中国科技核心期刊
中国林业核心期刊

ISSN 1671-3168
CN 53-1172/S

林业调查规划

FOREST INVENTORY AND PLANNING



第48卷 第6期
Vol.48 No.6

2023 6

云南省林业调查规划院 主办

林业调查规划
第48卷 第6期 Vol.48 No.6
二〇二三年十一月

《林业调查规划》编辑委员会

顾　　问　唐守正　孙汉董　刘国强　郭辉军　胥　辉　李凤日　张铁明

主　　编　胡宗华

常务副主编　华朝朗

副 主 编　许易琦　余昌元

编　　委　（按姓氏笔画排序）

马国强　国家林业和草原局西南调查规划院
王有兵　云南省林业调查规划院
王德军　国家林业和草原局西北调查规划院
艾建林　云南省林业调查规划院
龙廷位　云南省林业调查规划院
冯　源　云南省林业和草原科学院
刘　扬　西南林业大学
刘扬晶　国家林业和草原局中南调查规划院
安　科　云南省林业调查规划院
许易真　黑龙江省林业和草原调查规划设计院
贠新华　云南省林业和草原科学院
李　嵘　中国科学院昆明植物研究所
李元杰　云南省林业调查规划院
李敏敏　云南省林业调查规划院
杨　东　云南省林业调查规划院
杨士剑　云南师范大学
杨国斌　云南省林业调查规划院
杨忠兴　云南省林业调查规划院
吴　飞　中国科学院昆明动物研究所
吴富勤　云南省林业调查规划院
余志飞　云南省林业调查规划院
角媛梅　云南师范大学
邹光啟　云南省林业调查规划院
张　文　四川省林业和草原调查规划院
张大才　西南林业大学
张志明　云南大学
张忠涛　国家林业和草原局产业发展规划院
陈文红　云南省林业调查规划院
武瑞东　云南大学
林　辉　国家林业和草原局华东调查规划院
林寿明　广东省林业调查规划院
欧光龙　西南林业大学
岳彩荣　西南林业大学
郑进烜　云南省林业调查规划院
赵书学　云南省林业调查规划院
秋新选　云南省林业调查规划院
徐吉洪　云南省林业调查规划院
唐雪琼　西南林业大学
陶　晶　云南省林业调查规划院
曹顺伟　云南省林业调查规划院
曾伟生　国家林业和草原局林草调查规划院
温庆忠　云南省林业调查规划院
赖兴会　云南省林业调查规划院
廖声熙　中国林业科学研究院高原林业研究所
廖聪宇　云南省林业调查规划院
谭运洪　中国科学院西双版纳热带植物园
魏雪峰　云南省林业调查规划院

《林业调查规划》编辑部成员

许易琦　刘平书　陈　旭　杨焌熔　张瑞君　董　磊

林 业 调 查 规 划

第 48 卷　第 6 期　　(总第 258 期)　　2023 年 11 月

目　　次

●森林经理

基于 Sentinel-2 影像的火烧迹地快速提取方法比较研究 …… 刘逸娴,张 军,唐 莹,龙玉兰(1)

基于 Landsat 的香格里拉市高山松地上生物量动态研究 …… 罗利彬,张加龙(7)

浙江省森林资源年度监测技术方法探讨 …… 周加全,宋 盛,叶正凯,何伟平(13)

●资源管理

广东省湿地资源管理系统的设计与实现 …… 屈 明,刘新科,李艳丽,曾盛生,蒋 彤(17)

辽宁省国家级公益林成效监测与评价研究 …… 陈 静,于世勇(23)

我国森林生态补偿法律制度研究 …… 马友佳(28)

●生态保护修复

基于生态敏感性评价的森林公园生态保护及利用研究 …… 邱 雯,黄启堂(34)

基于动景再框和电影剪辑类比研究的采矿废弃地景观重构…… 包平安,李 闵,刘路祥(41)

元江干热河谷困难立地植被恢复技术 …… 赵保荣,杨春凤(48)

广东省自然保护地生态修复条件分析与对策研究 …… 朱宏伟,徐期瑚,文昌宇,李纪友(53)

●自然保护地

广东省自然保护地人类活动变化及对策探讨 …… 李纪友,杨志刚,黎颖卿(58)

基于 WPS 邮件合并功能实现自然保护地勘界立标定标点登记表的批量生成 …… 杨淑娇(64)

内蒙古毛登牧场国家草原自然公园规划…… 程燕芳,汤惠敏,夏 磊,刘永杰,陈俊松(68)

●生态系统

宾川县乌龙坝亚高山草甸植物多样性调查研究

…… 王有兵,杨淑娇,李子光,胡昌平,杨国斌,杨建军,姜健发,李 静(74)

滇西北重要生态系统分布特征研究…… 李 晋,徐吉洪,晁增华,华朝朗,陶 晶,龚纯伟(80)

●动植物

泡核桃林昆虫群落结构及其摄食功能研究 …… 李国锋,梅徐海,王春梅,吴兴兴,盛春勇,杨 帆(86)

巧家马树省级重要湿地维管植物多样性调查研究…… 董 磊,夏绪银,秦 燕,吴富勤(97)

西双版纳鸟类多样性研究 …… 姜志诚,陈 典,曹光洪,曾熙雯,段禾祥(102)

滇南苏铁种群结构与分布格局研究…… 郑静楠,郑进烜,王 勇,吴富勤,董 磊,郭汝平,苏贤海(108)

云南祥云水目山鸟类多样性研究 …… 杨建军,王荣兴,王有兵,刘起斌,姜健发,杨国斌(114)

●林草灾害

玉溪市红塔山自然保护区病虫害调查与防治 …… 陆俊宇,王宏勋,黄 燕,段凤莉,康晓燕(118)
基于 DRIS 法的大花序桉苗期"黄化症"苗圃营养状况诊断
…… 覃祚玉,唐 健,覃其云,石媛媛,邓小军,潘 波(125)
广东省松材线虫病疫情防控形势与策略
…… 杨超裕,陈传国,姜 杰,张阳锋,许文安,谭志权,陈黄礼,卢雅莉,莫宝盈,熊 清(132)

●森林土壤

施用基肥对杉木幼苗生长及土壤有效养分的影响 …… 张宏旺,陆星任,林海能,唐 健,石媛媛(138)
施肥对云南松生长及其器官和土壤养分的影响
…… 彭思华,余 杰,李莲芳,王慷林,陈 超,毛家伟,郭太堂(144)
云南松林土壤水文特征对计划烧除的响应 …… 杨建光,赵雨田,黎建强,杨学平(151)

●生态旅游与森林康养

基于数字信息模型的城市湿地公园生态分析与评价 …… 马文娟,王训迪,张 萌(159)
城郊森林公园康养资源评价及优化路径研究…… 李喜梅,赵君静,高春雨,廖晓宇,秦 怡,陈明珠(166)
康养旅游视角下近郊型乡村景观评价…… 杨振江,梁朋惠,高士勤,王 献(173)

●园林绿化

基于 SD 法的郑州市人民公园植物景观评价研究…… 杜 莹,牛任远,张泽玉,秦 雪(180)
郑州黄河风景名胜区文化景观认知与保护研究 …… 刘瑞洁,杨柳烟,刘保国(187)
郑州凤山森林公园植物季相景观研究 …… 胡宗上,高健康,刘保国(194)
北京动物园植物应用调查与分析 …… 李艳辉,崔雅芳,郭金辉,张雨辰,牟宁宁(201)
基于改进型两步移动搜索法的广州市南沙区公园绿地可达性及公平性分析
…… 韩珊珊,柳翠明,桂大伟,陈可蕴,丁 叶(207)

●其他

不同林下种植滇黄精产量及有效成分含量研究…… 徐钡昌,段丽华,杨维雄,杨利明,罗志传,严 毅(215)
基于空间句法和模糊综合评价法的濮阳戚城遗址公园使用后评价 …… 杨柳烟,刘瑞洁,刘保国(220)
琼楠人工林木材纤维形态径向变异研究…… 杨钦潮,黄平升,刘 衡,符韵林(226)
《林业调查规划》2023 年(第 48 卷)论文总目次 …… (**231**)

高山灌丛 …… 余昌元摄(封面)

[期刊基本参数] CN 53-1172/S * 1976 * b * A4 * 230 * zh * P * 20.00 * 600 * 37 * 2023-11 * n

Forest Inventory and Planning

Vol. 48 No. 6 (Sum No. 258) Nov. 2023

Contents

●Forest Management

Comparative Study of Rapid Extraction Methods of Burned Area Based on Sentinel-2 Images
…… LIU Yixian, ZHANG Jun, TANG Ying, LONG Yulan(1)

Aboveground Biomass Dynamics of *Pinus densata* in Shangri-La Based on Landsat …… LUO Libin, ZHANG Jialong(7)

Technical Methods for Annual Monitoring of Forest Resources in Zhejiang Province
…… ZHOU Jiaquan, SONG Sheng, YE Zhengkai, HE Weiping(13)

●Resource Management

Design and Implementation of Wetland Resources Management System in Guangdong Province
…… QU Ming, LIU Xinke, LI Yanli, ZENG Shengsheng, JIANG Tong(17)

Effectiveness Monitoring and Evaluation of National Public Welfare Forests in Liaoning Province … CHEN Jing, YU Shiyong(23)

Legal System of Forest Ecological Compensation in China …… MA Youjia(28)

●Ecological Protection and Restoration

Ecological Protection and Utilization of Forest Park Based on Ecological Sensitivity Evaluation … QIU Wen, HUANG Qitang(34)

Landscape Reconstruction of Mining Wasteland Based on Moving Scene Re-framing and Film Editing Analogy
…… BAO Ping'an, LI Min, LIU Luxiang(41)

Vegetation Restoration Techniques for Difficult Sites in Dry and Hot Valley of Yuanjiang River
…… ZHAO Baorong, YANG Chunfeng(48)

Ecological Restoration Conditions and Countermeasures for Natural Protected Areas in Guangdong
…… ZHU Hongwei, XU Qihu, WEN Changyu, LI Jiyou(53)

●Natural Protected Areas

Human Activities Changes and Countermeasures in Natural Protected Areas of Guangdong Province
…… LI Jiyou, YANG Zhigang, LI Yingqing(58)

Batch Input of Marked Point Tables of Delimiting Boundary and Making Markers in Nature Reserves Based on Mail-Merge Function of WPS …… YANG Shujiao(64)

Planning of Maodeng Pasture National Grassland Natural Park in Inner Mongolia
…… CHENG Yanfang, TANG Huimin, XIA Lei, LIU Yongjie, CHEN Junsong(68)

●Ecosystem

Plant Diversity of Subalpine Meadow in Wulongba of Binchuan County
…… WANG Youbing, YANG Shujiao, LI Ziguang, HU Changping, YANG Guobin, YANG Jianjun, JIANG Jianfa, LI Jing(74)

Distribution Characteristics of Important Ecosystems in Northwest Yunnan
…… LI Jin, XU Jihong, CHAO Zenghua, HUA Chaolang, TAO Jing, GONG Chunwei(80)

●Plant and Animal

Community Structure and Feeding Function of Insects in *Juglans sigillata* Forest
…… LI Guofeng, MEI Xuhai, WANG Chunmei, WU Xingxing, SHENG Chunyong, YANG Fan(86)

Investigation and Research of Vascular Plants Diversity in Qiaojia Mashu Provincial Important Wetland
…… DONG Lei,XIA Xuyin,Qin Yan, WU Fuqin(97)

Avian Diversity of Xishuangbanna in Yunnan
…… JIANG Zhicheng, CHEN Dian, CAO Guanghong, ZENG Xiwen, DUAN Hexiang (102)

Population Structure and Distribution Pattern of *Cycas diannanensis*
…… ZHENG Jingnan, ZHENG Jinxuan, WANG Yong, WU Fuqin, DONG Lei, GUO Ruping, SU Xianhai(108)
Species Diversity of Birds in Shuimu Mountain of Yunnan Province
…… YANG Jianjun, WANG Rongxing, WANG Youbing, LIU Qibin, JIANG Jianfa, YANG Guobin(114)

●Forest and Grassland Disaster

Investigation and Control of Diseases and Pests in Hongtashan Nature Reserve of Yuxi City
…… LU Junyu, WANG Hongxun, HUANG Yan, DUAN Fengli, KANG Xiaoyan(118)
Nutritional Diagnosis of "Chlorosis" Nursery of *Eucalyptus cloeziana* Seedlings Based on DRIS Method
…… QIN Zuoyu, TANG Jian, QIN Qiyun, SHI Yuanyuan, DENG Xiaojun, PAN Bo(125)
Situation and Strategy of Pine Wilt Disease Epidemic Prevention and Control in Guangdong Province
…… YANG Chaoyu, CHEN Chuanguo, JIANG Jie, ZHANG Yangfeng, XU Wen'an, TAN Zhiquan, CHEN Huangli, LU Yali, MO Baoying, XIONG Qing(132)

●Forest Soil

Effects of Basal Fertilizer Application on Growth of *Cunninghamia lanceolata* Seedlings and Soil Available Nutrients
…… ZHANG Hongwang, LU Xingren, LIN Haineng, TANG Jian, SHI Yuanyuan(138)
Effects of Fertilization on Growth and Soil Nutrients of *Pinus yunnanensis*
…… PENG Sihua, YU Jie, LI Lianfang, WANG Kanglin, CHEN Chao, MAO Jiawei, GUO Taitang(144)
Response of Soil Hydrological Characteristics to Prescribed Fire in *Pinus yunnanensis* Forest
…… YANG Jianguang, ZHAO Yutian, LI Jianqiang, YANG Xueping(151)

●Ecotourism and Forest Therapy

Ecological Analysis and Evaluation of Urban Wetland Park Based on Digital Information Model
…… MA Wenjuan, WANG Xundi, ZHANG Meng(159)
Evaluation and Optimization Path of Health Preservation Resources in Suburban Forest Park
…… LI Ximei, ZHAO Junjing, GAO Chunyu, LIAO Xiaoyu, QIN Yi, CHEN Mingzhu(166)
Landscape Evaluation of Suburban Rural Areas from Perspective of Health Preservation Tourism
…… YANG Zhenjiang, LIANG Penghui, GAO Shiqin, WANG Xian(173)

●Landscape Greening

Plant Landscape Evaluation of Zhengzhou People's Park Based on Semantic Differential Method
…… DU Ying, NIU Renyuan, ZHANG Zeyu, QIN Xue(180)
Cognition and Protection of Cultural Landscape in Zhengzhou Yellow River Scenic Area
…… LIU Ruijie, YANG Liuyan, LIU Baoguo(187)
Plant Seasonal Landscape of Fengshan Forest Park in Zhengzhou …… HU Zongshang, GAO Jiankang, LIU Baoguo(194)
Investigation and Analysis of Plant Application in Beijing Zoo
…… LI Yanhui, CUI Yafang, GUO Jinhui, ZHANG Yuchen, MU Ningning(201)
Accessibility and Equity of Park Green Space in Nansha District of Guangzhou City Based on Improved Two-step Floating Catchment Area Method …… HAN Shanshan, LIU Cuiming, GUI Dawei, CHEN Keyun, DING Ye(207)

●Other Column

Yield and Active Ingredient of *Polygonatum kinganum* under Different Forests
…… XU Beichang, DUAN Lihua, YANG Weixiong,YANG Liming, LUO Zhichuan, YAN Yi(215)
Post Use Evaluation of Qicheng Heritage Park in Puyang City from Perspective of Spatial Syntax and Fuzzy Comprehensive Evaluation …… YANG Liuyan, LIU Ruijie, LIU Baoguo(220)
Radial Variations of Fiber Morphology of *Beilschmiedia fordii* Plantation
…… YANG Qinchao, HUANG Pingsheng, LIU Heng, FU Yunlin(226)
General Contents of Forest Inventory and Planning in 2023(Vol. 48) …… (**231**)

Alpine Shrub …… Photographed by YU Changyuan(Front Cover)

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.06.001

基于 Sentinel-2 影像的火烧迹地快速提取方法比较研究

刘逸娴[1],张 军[1],唐 莹[2],龙玉兰[2]
(1. 云南大学 地球科学学院,云南 昆明 650504; 2. 云南大学 国际河流与生态安全研究院,云南 昆明 650504)

摘要:利用 Sentinel 卫星数据,特别是其中对植被敏感的红边波段与短红外波段,针对提取灾后火烧迹地研究不足的问题,选取四川省冕宁县 4 月 20 日森林火灾发生前后的 Sentinel-2 卫星数据,使用不同的提取方法探究识别火烧迹地的潜力,并进行对比研究。实验结果表明,决策树分类法识别火烧迹地的能力最好,提取精度最高,BAI 指数次之;其余方法均受道路、房屋和裸体不同程度的影响;用红边波段替换可见光红波段的效果相比原有指数提取效果并无明显提升。研究证明在各类方法中,采用决策树分类法能快速高精度地将火烧迹地准确提取出来。

关键词:Sentinel-2 影像;火烧迹地;植被指数分析;决策树分类法

中图分类号:TP753;S762 **文献标识码**:A **文章编号**:1671-3168(2023)06-0001-06

引文格式:刘逸娴,张军,唐莹,等. 基于 Sentinel-2 影像的火烧迹地快速提取方法比较研究[J]. 林业调查规划,2023,48(6):1-6. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.06.001

LIU Yixian, ZHANG Jun, TANG Ying, et al. Comparative Study of Rapid Extraction Methods of Burned Area Based on Sentinel-2 Images[J]. Forest Inventory and Planning,2023,48(5):1-6. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.06.001

Comparative Study of Rapid Extraction Methods of Burned Area Based on Sentinel-2 Images

LIU Yixian[1], ZHANG Jun[1], TANG Ying[2], LONG Yulan[2]
(1. School of Geosciences, Yunnan University, Kunming 650504, China;
2. Institute of International Rivers and Eco-security, Yunnan University, Kunming 650504, China)

Abstract: Aiming at the problem of insufficient research on extraction of burned area, Sentinel satellite data were used, especially the red-edge band and short-infrared band that were sensitive to vegetation, and Sentinel-2 satellite data in Mianning County, Sichuan Province before and after the forest fire on April 20 were selected to explore the potential for identifying burned areas using different extraction methods, and a comparative study was conducted. The experimental results showed that the decision tree method had the best ability to identify burned areas, with the highest extraction accuracy, followed by the BAI index; the other methods were influenced to varying degrees by roads, houses, and bare land; the effect of replacing the visible light red band with the red-edge band was not significantly improved compared to the original index extraction effect. This study proved that the decision tree method could meet the requirements of high-precision and rapid extraction of burned areas.

Key words: Sentinel-2 image; burned area; vegetation index analysis; decision tree method

收稿日期:2022-05-13.
基金项目:云南省研究生导师团队建设项目(C176230200);云南大学一流学科——地理学学科建设项目(C176210215).
第一作者:刘逸娴(1999-),女,湖北武汉人,硕士. 主要研究 GIS 应用与遥感信息提取. Email:yixianliu123@126.com
责任作者:张军(1972-),男,重庆人,博士,副研究员. 主要研究遥感应用与 GIS 开发. Email:zhjun@ynu.edu.cn

森林火灾是指失去人为控制,对森林、森林生态系统以及人类带来一定危害和损失的林火行为,是一种突发性强、破坏性大、处置救助较为困难的自然灾害。森林火灾不仅会直接大量减少森林面积,对生物环境产生巨大危害,还严重破坏森林结构,导致生态系统失衡,甚至造成多人伤亡,产生社会经济损失。高强度森林火灾后,土壤性质改变,土壤湿度和渗透能力减弱,加速水土流失,致使火烧迹地干燥。森林生长受到严重破坏,不利于森林更新与更替,甚至无法恢复森林原貌。在过去几十年中,由于全球变暖、土地利用变化以及各种人为因素,森林火灾发生频率以及过火面积均明显增加。

利用遥感影像提取火烧迹地的方法研究较多,主要基于火灾发生前后波段反射率的变化特征或者火烧迹地与其他区域波段反射率的差异。对植被敏感的波段包括可见光波段(red、green、blue)、红边波段(red-edge)、近红外波段(NIR)、短波红外波段(SWIR)等。此外,不同波段相互组合产生的指数在火灾后可产生显著变化,如 NDVI、NDMI、EVI、GEMI、NBR、BAI 与 SAVI 等。因此通过设定指数的阈值,便可从影像中提取出火烧迹地的信息。

对火烧迹地的提取探究了多种方法,并且已经有了显著成果。孙桂芬等[1]研究 5 种植被指数,用分离指数定量评价提取火烧迹地的精度。祖笑锋等[2]采用决策树模型进行火烧迹地的提取,并对比分析传统的最大似然监督分类法和非监督分类方法提取后的结果。陈本清等[3]采用最佳波段监督分类法、主成分分析法和 IHS 变换法,对森林灾后火烧迹地的提取精度进行比较研究。饶月明等[4]联合多源遥感数据数据进行四川木里县森林火灾的监测,其中用 Sentinel-2 数据提取火烧迹地,采用基于最大类间方差算法,分步骤确定不同程度火烧迹地与面积。李莹等[5]融合红边波段,采用主成分分析法与 NDVI 指数,探究高精度快速提取的方法。但是其中 Sentinel-2 遥感数据用于森林火灾典型植被指数提取缺少详尽的比较研究,并且其新增的红边波段和短波红外波段用于提取火烧迹地研究较少。鉴于此问题,选取火灾发生前后的哨兵遥感卫星影像,融合红边波段,利用短波红外波段,采用不同的方法分别提取火烧迹地,探求高精度的快速提取火烧迹地的方法。

1 研究区概况与数据来源

1.1 研究区概况

西南林区是我国火情十分严峻的地区之一。四川冕宁县位于西南林区内,凉山彝族自治州之北,坐标为东经 101°38′~102°25′,北纬 28°05′~29°02′,总面积达 4 420 km^2。冕宁处于较低纬度、高海拔地区,境内地势差异大,地形环境复杂,地貌类型丰富。气候特征明显,属亚热带季风气候。因地形特色,气候有明显的立体变化,冬暖夏凉,四季不甚分明。据资料统计,冕宁县树木丛生,百草丰茂,植被类型多样,其中有 140 科、341 属、608 种。四川省冕宁县火烧迹地影像见图 1。

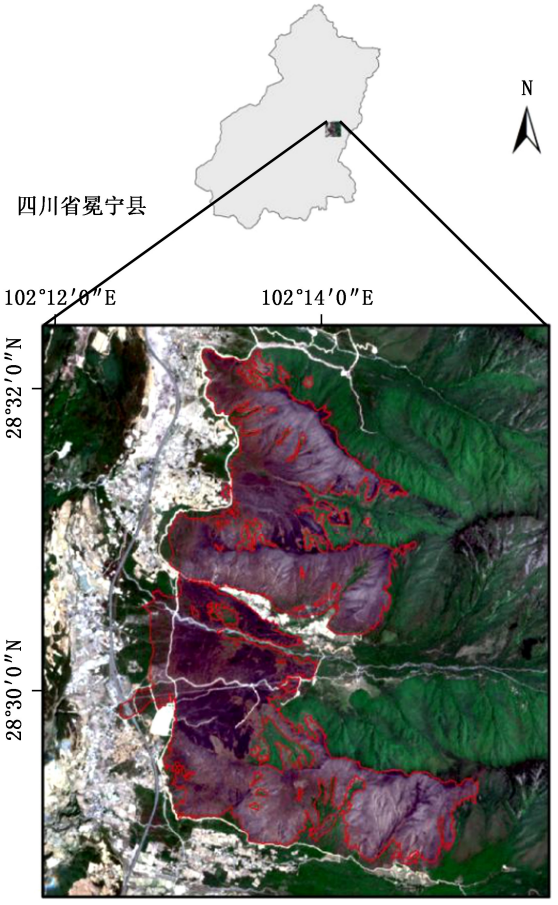


图 1　研究区影像

Fig. 1　Image of study area

1.2 数据来源

研究遥感数据源采用 Sentinel-2 数据,可在欧洲航天局官方网站下载。基于卫星数据的空间分辨率较高和重访周期短等特点,研究人员可以较好监测火灾的严重程度、受灾范围以及灾后恢复状况。两颗哨兵遥感卫星皆携带有高分辨率多光谱成像仪(MSI),且卫星的运行周期短达 5 d。利用森林火灾发生前后研究区域的遥感影像资料,其遥感卫星数据信息如表 1 所示。

表 1　Sentinel-2 数据信息

Tab. 1　Sentinel-2 data

名称	日期	产品级别
灾前影像	2021-04-04	L2A
灾后影像	2021-05-14	L2A

从欧洲航天局(https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home)直接下载获取的影像为 L2A 级产品,影像数据已经过大气校正和辐射校正。获取的数据一共 13 个波段,其中有 3 个红边波段和新增 1 个近红外窄波段,不同的波段空间分辨率略有差异,具体参数见表 2。为获取分辨率统一的数据以便后续处理,采用影像重采样处理为 10 m 分辨率。

表 2　Sentinel-2 数据参数

Tab. 2　Main parameters of Sentinel-2

波段	中心波长/nm	光谱宽度/nm	分辨率/m
B1-Violet	443	20	60
B2-Blue	490	65	10
B3-Green	560	35	10
B4-Red	665	30	10
B5-Red-edge1	705	15	20
B6-Red-edge2	740	15	20
B7-Red-edge3	783	20	20
B8-NIR	842	115	10
B8a-NIR narrow	865	20	20
B9-Water vapor	945	20	60
B10-SWIR-Cirrus	1375	30	60
B11-SWIR1	1610	90	20
B12-SWIR2	2190	180	20

2 研究方法

从遥感图像中识别灾后火烧迹地的方法较多,提取方法主要基于灾情发生前后波段反射率的变化特征和受灾区与其他区域波段反射率的差异。采用多时相影像前后指数的差值,能提高识别的准确度。

经过火灾燃烧后的区域,其植被叶绿素含量相比健康植被会明显减少,而叶绿素减少则会引起相应波段波长的显著变化。遥感数据的红波段、NIR 以及 SWIR 波段已被广泛使用于森林火烧迹地的研究中,然而红边波段的参与较少。在此探讨典型植被指数、主成分分析法、决策树以及融合红边波段改进的典型植被指数、随机森林分类方法提取火烧迹地。本研究采取数种方法,探讨和对比不同方法对火烧迹地识别提取的潜力,以便得到快速又准确地提取火烧迹地的最优办法,以供火灾后的辅助决策。

2.1 典型植被指数

植被指数依赖影像中不同地物的波谱特征,对不同的波段进行线性组合,从而有利于增强识别地物信息的能力,以便更好区分各类地物。基于可见光和近红外波段构建的对火烧迹地敏感的多种指数如表 3 所示。

表 3　对火烧迹地敏感的指数

Tab. 3　Index of sensitivity to burned areas

指数名称	公式
归一化植被指数[6]	$NDVI = \frac{\rho_{NIR} - \rho_R}{\rho_{NIR} + \rho_R}$
增强型植被指数[7]	$EVI = 2.5\frac{\rho_{NIR} - \rho_R}{\rho_{NIR} + 6\rho_R + 7.5\rho_B + 1}$
全球环境检测指数[8]	$\eta = \frac{2(\rho_{NIR}^2 - \rho_R^2) + 1.5\rho_{NIR} + 0.5\rho_R}{\rho_{NIR} + \rho_R + 0.5}$
	$GEMI = \eta(1 - 0.25\eta) - \frac{\rho_R - 0.125}{1 - \rho_R}$
火烧迹地识别指数[9]	$BAI = \frac{1}{(0.1 - \rho_R)^2 + (0.06 - \rho_{NIR})^2}$
归一化火烧指数[10]	$NBR = \frac{\rho_{NIR} - \rho_{SWIR2}}{\rho_{NIR} + \rho_{SWIR2}}$
归一化火烧指数 2[11]	$NBR2 = \frac{\rho_{SWIR1} - \rho_{SWIR2}}{\rho_{SWIR1} + \rho_{SWIR2}}$
中红外燃烧指数[12]	$MIRBI = 10\rho_{SWIR2} - 0.98\rho_{SWIR1} + 2$
土壤调整植被指数[13]	$SAVI = \frac{(1 + L)(\rho_{NIR} - \rho_R)}{\rho_{NIR} + 6\rho_R + 7.5\rho_B + 1}, L = 0.5$
归一化差分湿润指数[14]	$NDMI = \frac{\rho_{NIR} - \rho_{SWIR1}}{\rho_{NIR} + \rho_{SWIR1}}$

NDVI 是被最常使用的典型植被因子,随着植被覆盖度增加,NDVI 数值也会随之增加,其可以用于研究植被的健康状况,因此火烧后的植被 NDVI 指数会显著下降。BAI 指数是根据地物像元值与参考光谱值的距离计算,其中近红外波段的参考值是 0.06,而红光波段反射率的参考值为 0.1,可用于表明火烧迹地木炭信号的强弱。利用灾后影像火烧迹地的光谱反射率会在近红外波段下降和短波红外波段上升的特点,基于近红外和短波红外波段构建的

典型植被指数 NBR、NBR2 与 NDMI 可以较好地区别火烧迹地与其他地物。

分别采用 9 种植被指数对火灾前后的图像进行提取分析,对前后影像植被指数进行差值运算,最后对所得影像进行直方图阈值法,多次实验选择最佳的分割阈值提取火烧迹地。

2.2 主成分分析法

主成分变换(PCA),也被称为 K-L 变换,在遥感图像中是在统计特征对多波段进行的正交线性变换。主成分分析保证均方误差最小,常用于凸显遥感图像中的某些特征。通过变换对原始影像的 10 个波段(B2~B8a、B11 和 B12 波段)做主成分分析,将其中的重要信息集中表现在前几个主成分中,发现产生的第一主成分图像具有识别火烧迹地的高潜力,其像元在影像上显示最亮。利用图像分割结合影像直方图多次实验,选择主成分变换后第一主成分图像的最佳分割阈值 0.16。

2.3 决策树分类法

决策树分类法采用自上而下的方法,具有便于理解、实现容易、运行迅速等特点。其基本原理是构建多个节点对分类特征评价并生成二叉树。针对火烧迹地,本研究基于影像光谱特征,分析灾后火烧迹地和其他地物光谱特征之间的差异,运用 ENVI5.6 软件并基于专家知识建立分层分类树并逐层进行分类提取火烧迹地(图 2)。

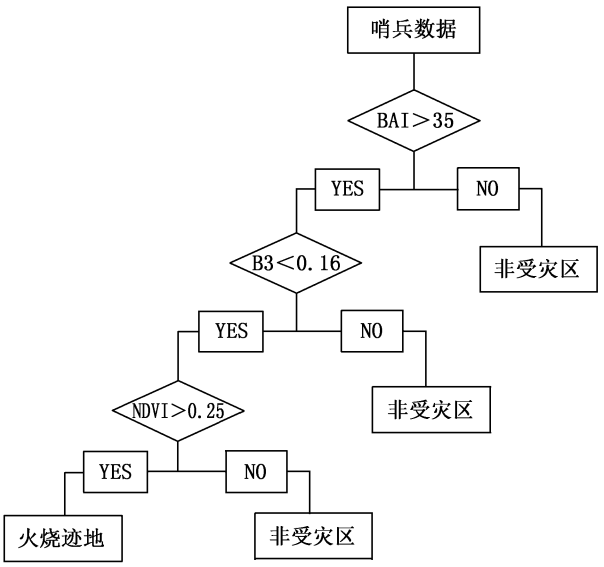


图 2　决策树分类

Fig. 2　Decision tree

由于 BAI 小于 35,能较好区分出建筑物来;B3 大于 0.16 时,可以较好地区分出植被;剩下的阴影像元可以通过受灾前后的 NDVI 差值小于 0.25 区分出来。

2.4 改进的植被指数

Sentinel-2 影像中增加了其他影像没有的 3 种红边波段以及近红外窄波段。其中有 NDVI、EVI、GEMI、BAI、SAVI 5 种典型植被指数用到红边波段,分别用 3 个红边波段替换可见光红波段进行植被指数分析,发现其中 Red-edge1 波段替换可见光红波段的效果比其他两个波段的提取效果好。以 Red-edge2 与 Red-edge3 波段改进的植被指数提取效果模糊且破碎,无法有效提取火烧迹地。故对用 Red-edge1 改进替换的指数进行受灾区的提取分析。

3 结果分析

3.1 最佳阈值的选择

当前研究中,最佳阈值的选择方法有多种,例如直方图阈值法、迭代阈值法以及 OTSU 算法(最大类间方差法)。由于直方图阈值法由人为观察直方图进行阈值判断,难免受主观因素影响,且误差较大。迭代阈值法与 OTSU 算法均有自动获取阈值的特点,但前者的噪声较大。OTSU 利用直方图积累区间来划分阈值。因为 OTSU 算法的原理是产生每个类别间最大的方差,所以可以降低类别之间错分概率,因此常用于进行图像分割中阈值的选取。各种方法的最佳阈值设置见表 4。

表 4　最佳阈值设置

Tab. 4　Optimal threshold setting

方法	最佳阈值	方法	最佳阈值	方法	最佳阈值
NDVI	0.31	NBR2	0.12	$NDVI_{re1}$	0.18
EVI	0.18	MIRBI	0.63	EVI_{re1}	0.10
GEMI	0.11	SAVI	0.19	$GEMI_{re1}$	0.14
BAI	22.00	NDMI	0.33	BAI_{re1}	10.00
NBR	0.35	PCA	0.16	$SAVI_{re1}$	0.14

本研究希望快速提取火烧迹地,因此将火烧迹地分为一类,其余云、房屋、耕地、林地、道路等归为非受灾区。但其中云、道路、房屋容易与受灾区混淆,因此 OTSU 算法会有明显误差。因此,在 OTSU 算法之后,结合各火烧迹地提取方法的影像直方图经过多次实验选择最佳分割阈值。火烧迹地的结果提取如图 3 所示。

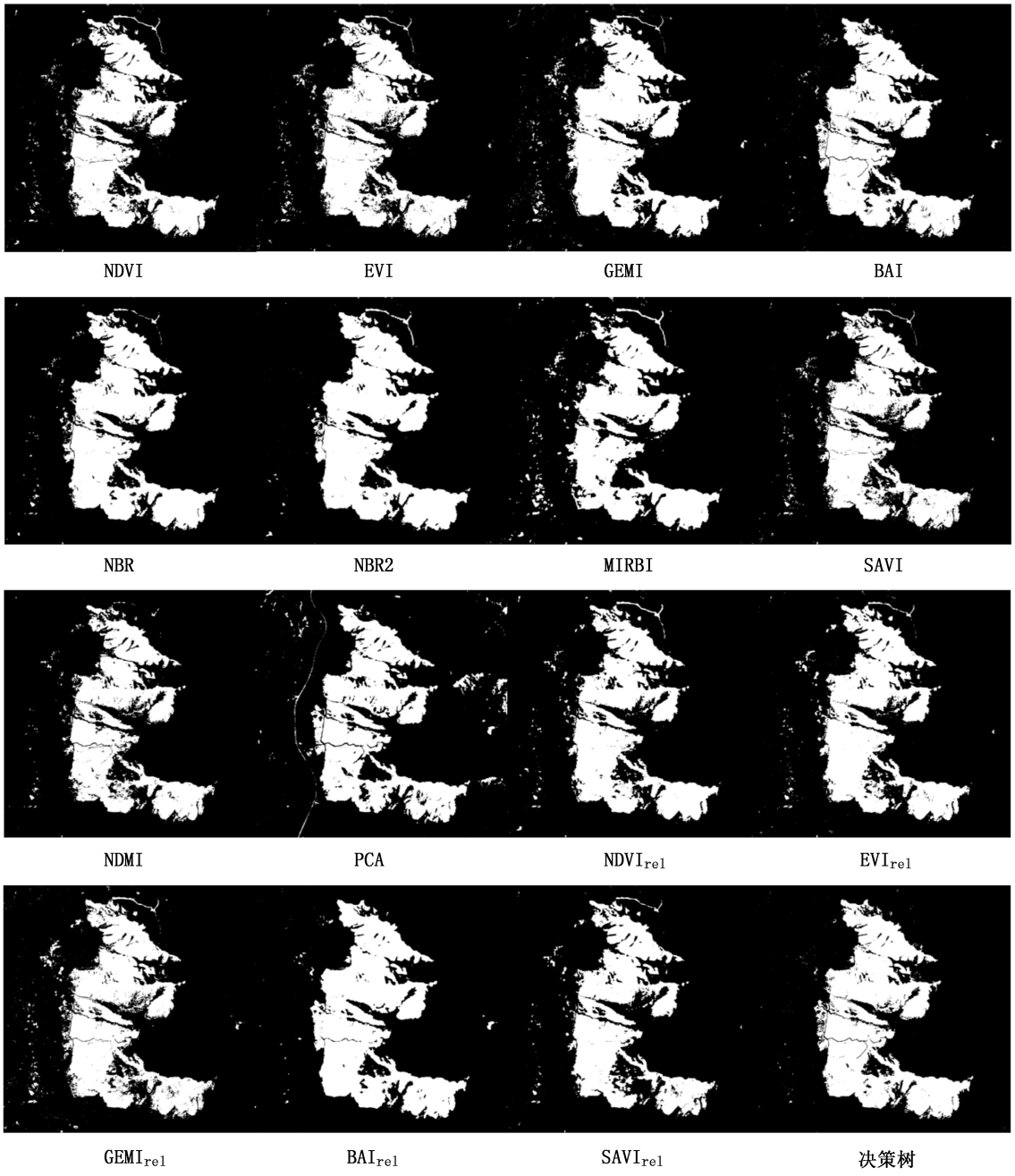


图 3　火烧迹地提取分类结果

Fig. 3　Extraction and classification results of burned areas

3.2 实验结果评价

实验中主要将研究区分为火烧迹地与非受灾区。图 3 中白色部分表示火烧迹地,黑色部分表示非受灾区。火烧迹地提取实验主要受道路、房屋和裸地影响。其中由于展开灾后救援的过程中开辟了新的道路,而本研究主要以火灾前后波段反射率变化为依据提取火灾发生后的过火区域,故受灾后新增道路影响较大。但是 BAI 强调过火区的木炭信息,因此能够规避新增道路的影响。图中可看出 BAI、BAI_{rel} 与决策树可以较好将道路和房屋与火烧迹地区分出来,提取效果较好。MIRBI 提取的区域较为破碎,是效果最差的一种方法。NDMI 虽然也能一定程度上避免房屋和道路的影响,但是提取的效果也较为破碎。PCA 是基于火烧迹地与其他区域波段反射率的差异,因此能够区分新增道路,其受裸地影响较大。其余指数提取效果不能较好区分道路。

除定性研究之外,采用精度检验评价本研究选择的提取方法,结合同一时期高分辨率的遥感图像。

其中选择均匀分布于整个区域内的各200个火烧迹地与非受灾区的样本点,用ENVI进行混淆矩阵的精度验证。各精度评价的结果如表5所示。

表5 不同提取方法精度评价

Tab. 5 Accuracy evaluation of different extraction methods

方法	总体精度/%	Kappa系数	方法	总体精度/%	Kappa系数
NDVI	92.51	0.8234	NDMI	90.10	0.7546
EVI	92.89	0.8322	PCA	89.05	0.7399
GEMI	90.44	0.7783	$NDVI_{re1}$	89.80	0.7566
BAI	94.22	0.8631	EVI_{re1}	90.12	0.7633
NBR	92.89	0.8315	$GEMI_{re1}$	90.44	0.7740
NBR2	91.56	0.8024	BAI_{re1}	93.25	0.8399
MIRBI	86.14	0.6630	$SAVI_{re1}$	88.89	0.7268
SAVI	92.27	0.8155	决策树	94.72	0.8981

从表5可知,精度高达94%以上,最佳提取方法是决策树分类法与BAI指数,佐证了前面定性分析的结果。此外,用Red-edge1波段替换可见光红波段的效果相比原有指数提取效果并无提升,除了GEMI指数的总体精度,其余指数均有略微下降。

4 结 论

Sentinel-2数据容易获取,重访周期短,空间分辨率较高,而且具备对植被敏感的3个红边波段。四川省冕宁县森林火灾附近有大量道路、居民区,林区中有部分裸地。快速提取火烧迹地需要将其区分出来。针对这些特点,根据本实验,得出如下结论:(1)经定性分析与精度检验可知,决策树法可以利用波段与指数对不同类别波段反射率的差异,以最高精度快速提取出火烧迹地,同时可以避免灾后新建道路的影响;(2)BAI强调火灾过后火炭信息,故对此次大型火灾具有较好识别功能,整体提取效果良好,且提取区域完整,仅次于决策树法;(3)与红波段参与的植被指数提取精度相比,其中以Red-edge2、Red-edge3融合的指数提取效果十分破碎,而用Red-edge1替换之后的指数提取效果无明显提高。

实验中也存在一些不足的地方:(1)在火烧迹地与道路联通区域,出现了较多的漏检现象;(2)研究中冕宁县Sentinel-2数据的获取时间与实际火灾结束时间有超过20 d时间间隔,期间部分受灾程度较小的区域会有些许植被恢复的可能,对研究结果的准确性造成一定的影响。

参考文献:

[1] 孙桂芬,覃先林,刘树超,等. 典型植被指数识别火烧迹地潜力分析[J]. 国土资源遥感,2019,31(1):204-211.

[2] 祖笑锋,覃先林,尹凌宇,等. 基于高分一号影像光谱指数识别火烧迹地的决策树方法[J]. 林业资源管理,2015(4):73-78,83.

[3] 陈本清,徐涵秋. 遥感技术在森林火灾信息提取中的应用[J]. 福州大学学报(自然科学版),2001(2):23-26.

[4] 饶月明,王川,黄华国. 联合多源遥感数据监测四川木里县森林火灾[J]. 遥感学报,2020,24(5):559-570.

[5] 李莹,于海洋,王燕,等. 融合红边波段的森林火烧迹地提取方法[J]. 遥感信息,2019,34(5):63-68.

[6] STROPPIANA D,BOSCHETTI M,ZAFFARONI P,et al. Analysis and interpretation of spectral indices for soft multicriteria burned-area mapping in Mediterranean regions[J]. IEEE Geoscience Remote Sensing Letters,2009(6):499-503.

[7] HUETE A,DIDAN K,MIURA T,et al. Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices[J]. Remote Sensing of Environment,2002,83(1):195-213.

[8] PINTY B,VERSTRAETE M M. GEMI:A non-linear index to monitor global vegetation from satellites[J]. Vegetatio,1992(101):15-20.

[9] MARTÍN M. Cartografía e inventario de incendios forestales en la península ibérica a partir de imágenes NOAA-AVHRR[D]. Universidad de Alcalá:Madrid,Spain,1998.

[10] KEY C H,BENSON N C. The normalized burn ratio (NBR):A landsat TM radiometric measure of burn severity[R]. Bozeman,MT:United States Geological Survey,Northern Rocky Mountain Science Center,1999.

[11] LUTES D C,KEANE R E,CARATTI J F,et al. FIREMON:Fire effects monitoring and inventory system[R]. Colorado:US Department of Agriculture,Forest Service,Rocky Mountain Research Station,2006.

[12] TRIGG S,FLASSE S. An evaluation of different bi-spectral spaces for discriminating burned shrub-savannah[J]. International Journal of Remote Sensing,2001,22:2641-2647.

[13] HUETE A. A soil-adjusted vegetation index (SAVI)[J]. Remote Sensing of Environment,1988,25:295-309.

[14] WILSON E H,SADER S A. Detection of forest harvest type using multiple dates of Landsat TM imagery[J]. Remote Sensing of Environment,2002,80:385-396.

责任编辑:杨竣焓

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.06.002

基于 Landsat 的香格里拉市高山松地上生物量动态研究

罗利彬[1],张加龙[2]
(1. 迪庆州林草种苗和国有林场管理工作站,云南 迪庆 674499; 2. 西南林业大学,云南 昆明 650224)

摘要:采用不同时期的 Landsat5 TM 卫星遥感影像数据和 1987—2007 年 5 期云南省香格里拉市森林资源连续清查样地调查数据,通过数据筛选,应用随机森林算法(RF)、梯度提升回归树算法(GBRT)等相关性分析模型,估测 1987—2007 年间云南省香格里拉市高山松地上生物量动态变化规律。结果表明,GBRT 算法的估测模型效果最好,决定系数 R^2 为 0.99,预估精度 P 为 70.07%;RF 算法次之,决定系数 R^2 为 0.89,预估精度 P 为 66.10%。1987—2007 年的 20 年间,香格里拉高山松地上生物量总量经历了先减又增的过程,1987、1992、1997、2002、2007 年地上生物量分别为 1 023.29、1 022.38、1 011.73、1 018.02、1 019.33 万 t。但截至 2007 年,高山松地上生物量仍然未恢复到 1987 年水平。结合 20 年的林业发展过程,对高山松地上生物量动态变化原因进行简要分析,对后续研究提出了建议。

关键词:高山松;地上生物量;动态变化;梯度提升回归树算法(GBRT);香格里拉市

中图分类号:S791.2594;S718.556;S771.8 **文献标识码**:A **文章编号**:1671-3168(2023)06-0007-06

引文格式:罗利彬,张加龙. 基于 Landsat 的香格里拉市高山松地上生物量动态研究[J]. 林业调查规划,2023,48(6):7-12. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.06.002

LUO Libin, ZHANG Jialong. Aboveground Biomass Dynamics of *Pinus densata* in Shangri-La Based on Landsat[J]. Forest Inventory and Planning,2023,48(6):7-12. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.06.002

Aboveground Biomass Dynamics of *Pinus densata* in Shangri-La Based on Landsat

LUO Libin[1], ZHANG Jialong[2]
(1. Deqen Administration of Forest and Grass Seedling and State-owned Forest Farm, Deqen, Yunnan 674499, China; 2. Southwest Forestry University, Kunming 650224, China)

Abstract: Based on Landsat5 TM satellite remote sensing image data from different periods and forest resource inventory data of five periods from 1987 to 2007 in Shangri-La City, Yunnan Province, the dynamic change law of aboveground biomass of *Pinus densata* in Shangri-La was estimated by using correlation analysis models such as random forest algorithm (RF) and gradient boost regression tree algorithm (GBRT). The results showed that the estimation model of GBRT algorithm had the best effect, with the determination coefficient R^2 of 0.99 and the estimation accuracy P of 70.07%; secondly, RF algorithm, the determination coefficient R^2 was 0.89, and the prediction accuracy P was 66.10%. In the past twenty years, the total aboveground biomass of *Pinus densata* in Shangri-La experienced a process of first decreasing and then increasing, with 10.232 9 million tons, 10.223 8 million tons, 10.117 3 million tons,

收稿日期:2022-06-23;**修回日期**:2022-12-27.

第一作者:罗利彬(1987-),男,云南迪庆人,硕士,工程师. 从事森林保护、林草种苗管理工作. Email:447332433@qq.com

责任作者:张加龙(1981-),男,云南昆明人,博士,教授. 主要研究方向为基于遥感的森林生物量建模、土地利用与覆盖变化、森林覆盖分类、森林资源信息管理、时空 GIS 等. Email:38398764@qq.com

10.180 2 million tons and 10.193 3 million tons in 1987, 1992, 1997, 2002 and 2007 respectively. But by 2007, the aboveground biomass of *Pinus densata* had not yet recovered to the level of 1987. Based on the 20-year forestry development process, this paper analyzed the reasons for the dynamic changes in aboveground biomass of *Pinus densata*, and put forward suggestions for further research.

Key words: *Pinus densata*; aboveground biomass; dynamic changes; gradient boost regression tree algorithm; Shangri-La City

森林生物量是衡量森林生态系统物质积累与物质循环的重要指标。探索森林生物量的动态变化对于研究森林碳循环具有重要意义。森林生物量是森林生态系统在长期的生产和代谢过程中积累的能量物质,是森林固碳能力的集中体现,通常以单位面积森林群落在一定时间内积累的有机质总量来表示,单位为吨每公顷(t/hm^2)[1]。森林生物量的准确估测对研究森林生态系统碳循环和区域性气候变化具有重要意义[2-3]。云南香格里拉市作为滇西北低纬度高海拔温带、寒温带森林典型分布区,长期以来对其森林生物量的研究较少。2016 年,陆驰等[4]建立了基于遥感因子的高山松生物量估测的非线性和线性模型,采用"交叉验证法"评价模型的预测能力,并认为线性模型的预测效果比非线性模型好。2013 年,孙雪莲等[5]以云南省香格里拉市高山松林为研究对象,以地面样地调查和单木生物量实测数据为基础,充分考虑遥感变量,运用参数和非参数模型构建高山松林生物量遥感估测模型,并反演香格里拉市高山松林生物量,实现森林生物量从小尺度向大区域的转变。徐云栋等[6]以 Landsat TM (30 m)影像和 DEM (30 m)数据为信息源,结合森林资源二类调查数据和地面样地实测数据,借助 MATLAB 平台,在前期进行基于遗传算法(genetic algorithm,GA)和粒子群算法(partical swarm optimization, PSO)优化 BP (back propagation)神经网络模型基础上,采用决定系数(coefficient of determination, R^2)、均方根误差(root mean square error, RMSE)及预测精度(P)3 个指标对优化后的 BP 神经网络模型进行评价,并建立了研究区高山松蓄积量估测模型。作者认为,遗传算法优化下的 BP 神经网络估测香格里拉市高山松蓄积量精度优于粒子群算法优化下的 BP 神经网络估测精度。张加龙等[7]2019 年使用 Landsat OLI 数据,以香格里拉市高山松为研究对象,采用对比参数和非参数的建模方法,得出 GBRT 为理想生物量估测模型。

本文在前人研究的基础上,使用不同时期的 Landsat5 TM 卫星遥感影像数据和 1987—2007 年间 5 期云南省香格里拉市森林资源连续清查样地调查数据,通过数据筛选,应用随机森林算法(RF)、梯度提升回归树算法(GBRT)等相关性分析模型,估测 1987—2007 年间云南省香格里拉市高山松地上生物量动态变化规律,以期能为该区域下一步制定森林经营方案及保护规划提供参考。

1 研究区概况

香格里拉市隶属云南省迪庆藏族自治州,地理坐标为东经 99°20′~100°19′,北纬 26°52′~28°52′,总面积 11 613 km^2[8]。位于横断山脉南麓,滇西北三江并流腹地,东与四川省稻城、木里二县接壤,西、南与丽江市、维西县接壤,北与德钦县接壤。根据 2020 年香格里拉市森林资源主要指标统计数据公报,全市土地面积 114.17 万hm^2,森林面积 89.75 万 hm^2,蓄积量 1.39 亿m^3,有林地面积 96.15 万hm^2,特殊灌木林面积 12.39 万hm^2,森林覆盖率 74.99%。

2 数据来源及预处理

2.1 固定样地数据

固定样地数据来源于 1987—2007 年每 5 年一次的香格里拉市森林资源连续清查(national forest inventory, NFI)数据,包含了连续清查样地、样木、成果分析、统计报表、遥感和基础地理数据等信息[10]。该固定样地是从云南省范围内按 6 km × 8 km 均匀布设的边长 28.28 m、面积 0.08 hm^2 的正方形固定样地中选取的[11]。高山松地上生物量计算采用 2016 年孙雪莲等[5]建立的高山松单木生物量计算方程转换。计算公式为:

$$W = 0.073 \times \mathrm{DBH}^{1.739} \times H^{0.880} \quad (1)$$

式中:W 为单木生物量(kg);DBH 为胸径(cm);H 为树高(m)。

利用上述方程式计算出高山松单木生物量,最后将样地内所有高山松的单木生物量进行汇总,得到标准样地尺度内的高山松地上生物量总量。

2.2 遥感影像数据

遥感影像数据来源于美国地质勘探局(United

States Geological Survey,简称 USGS)发布的 1987 年、1992 年、1997 年、2002 年和 2007 年 Landsat5 TM 数据。经过几何矫正配准,筛选云量小于 15% 的影像,数据获取年份如表 1 所示。

表 1　获取的研究区 Landsat TM 影像数据

Tab. 1　Collected images of Landsat TM in the study area

年份	ID	获取时间	云量/%
2007	LT51310412007060BJC00	2007-03-01	1.00
	LT51320402007003BJC01	2007-01-03	23.00
	LT51320412006288BJC00	2006-10-15	15.00
2002	LT51310412002302BJC00	2002-10-29	0.13
	LT51320402002005BJC00	2002-01-05	0.15
	LT51320412002005BJC00	2002-01-05	2.80
1997	LT51310411997320BKT01	1997-11-16	7.00
	LT51320401997279BKT00	1997-10-06	16.00
	LT51320411997311BKT00	1997-11-07	4.00
1992	LT51310411991320BKT00	1991-11-16	8.05
	LT51320401991311BKT00	1991-11-07	2.44
	LT51320411991311BKT00	1991-11-07	5.24
1987	LT51320411987364BKT00	1987-12-30	10.60
	LT51320401987364BKT00	1987-12-30	23.89

2.3 数字高程(DEM)数据

数字高程数据计算平台为谷歌地球引擎,数据源为 NASA 喷气推进实验室(jet propulsion laboratory, JPL)航天飞机雷达地形测绘使命(shuttle radar topography mission, SRTM)项目提供的 SRTM Version 3 产品(SRTM Plus),分辨率为 30 m,该数据集使用开放的源数据进行了空隙填充。香格里拉市不同年分高山松分布如图 1 所示。

2.4 数据预处理

对于 Landsat 数据源的预处理过程包括辐射定标、大气校正、几何校正。由于研究区地形起伏较大,需要通过地形校正来实现消除地形对遥感影像的影响,参考已经校正好的 SPOT-5 影像,将所有影像校正到北京 1954 坐标系,每景图像至少选择 30 个以上的地面控制点,使用双线性内插法将影像重采样为 30 m×30 m,误差控制在一个像元内,采用二项式方法来校正图像[12]。

3 研究方法

通过构建随机森林模型(RF)、梯度提升回归树模型(GBRT),将模型的拟合情况进行对比分析,以精度较高的模型进行 5 期高山松生物量估测。

3.1 生物量模型的建立

3.1.1 基于随机森林模型 RF 算法的模型构建

1)特征变量筛选

在本究中,利用随机森林算法构建高山松地上生物量估测模型时,使用变量重要性评分(variable importance measures, VIM)方式对输入的 126 个特征变量的训练数据进行筛选。在进行第一次分析时,输入模型的变量为 126 个,当变量的累积贡献度达

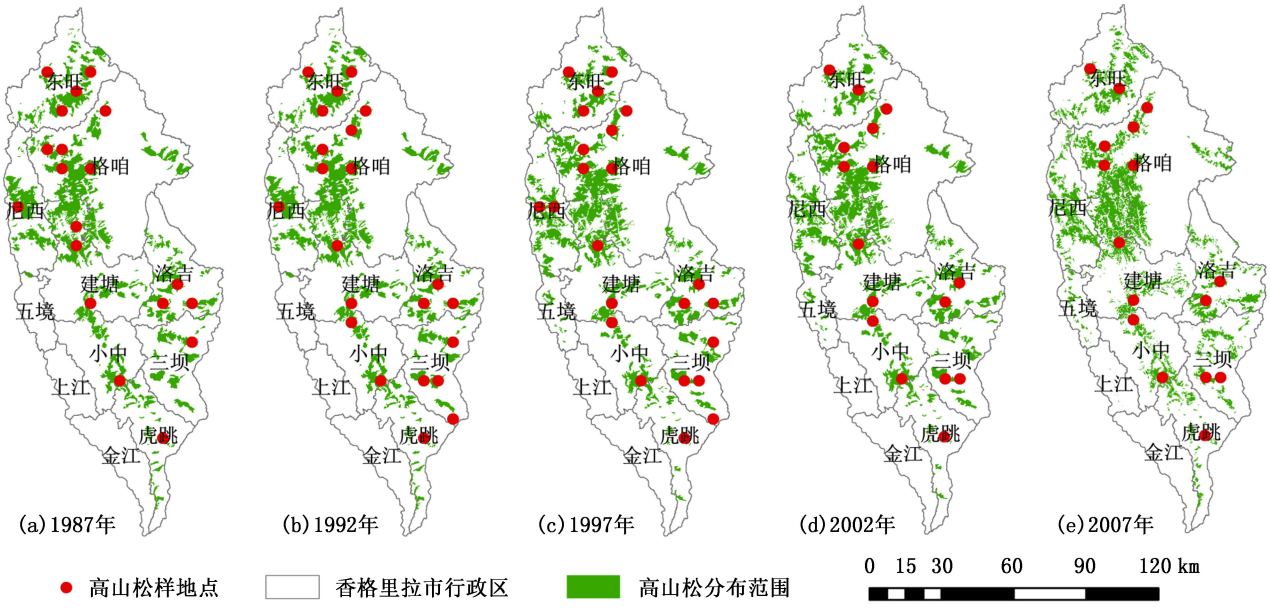


图 1　不同年份的高山松分布

Fig. 1　Distribution of *Pinus densata* in different years

到 80%时,共有 38 个特征参与重要性评分积累。继续使用这前 38 个变量进行第二次模型构建,当变量的累积贡献度达到 80%时,共有 17 个特征参与重要性评分积累。继续使用这前 17 个变量进行第三次模型构建,当变量的累积贡献度达到 80%时,共有 10 个特征参与重要性评分积累。进一步使用这前 10 个变量继续进行第四次模型构建。

2)模型拟合

可以看出,当模型进行第三次运算,参与运算的变量数为 17 时,模型具有最高的预测精度和最低的相对均方根误差。从拟合优度和估测均方根误差的评价角度来看,第三次运行结果略低于第四次运算结果,但因二者差异较小,本研究将选择第三次运算结果进行高山松地上生物量估测模型的构建(表 2)。

表 2 随机森林算法模型多次构建效果

Tab. 2 Multiple construction effects of random forest algorithm model

运算次数	变量数	R^2	RMSE /(t·hm^{-2})	P /%	rRMSE /%
第一次运算	126	0.86	36.48	57.80	49.52
第二次运算	38	0.87	35.79	61.90	49.22
第三次运算	17	0.89	32.26	66.10	40.92
第四次运算	10	0.99	29.72	64.60	44.77

此时参与模型构建的 17 个特征变量为:Elevation、Aspect、TM73、R9T3VA、R9T2CC、R9T4CC、R5T3CC、R5T5CC、R5T4VA、TM437、R5T7CC、ND32、R5T4HO、R5T7CO、R9T1VA、R9T7ME、R9T1EN。在模型中变量的贡献度排序如图 2 所示。

构成模型的各特征变量中,R9 和 R5 分别代表灰度共生矩阵计算时大小为 9×9 和 5×5 的窗口;TM1、TM2、TM3、TM4、TM5、TM7 分别代表 Landsat5 TM 影像的第 1、2、3、4、5、7 波段,即 Blue 波段、Green 波段、Red 波段、NIR 波段、SWIR1 波段和 SWIR2 波段;CC 代表纹理特征相关性,CO 代表纹理特征对比度,DI 代表纹理特征相异性,EN 代表纹理特征熵,HO 代表纹理特征均一性,ME 代表纹理特征均值。

3.1.2 基于梯度提升回归树模型 GBRT 算法的模型构建

1)特征变量筛选

在研究中,利用 GBRT 算法构建高山松地上生物量估测模型时,同样使用变量重要性评分方式对输入的 126 个特征变量的训练数据进行筛选。在进

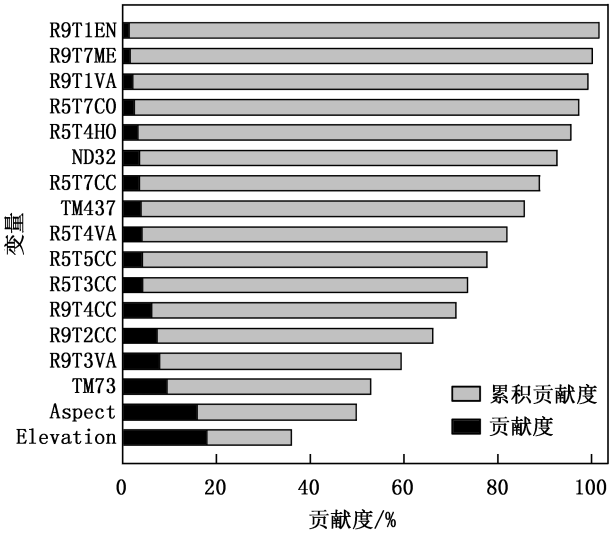


图 2 变量重要性指标

Fig. 2 Variable importance index

行第一次分析时,输入模型的变量为 126 个,当变量的累积贡献度达到 80%时,共有 24 个特征参与重要性评分积累。使用前 24 个变量继续进行第二次模型构建,当变量的累积贡献度达到 80%时,共有 20 个特征参与重要性评分积累。继续使用这前 10 个变量进行第三次模型构建,当变量的累积贡献度达到 80%时,共有 7 个特征参与重要性评分积累。进一步使用这前 7 个变量继续进行第四次模型构建。

2)模型拟合

可以看出,当模型进行第三次运算,参与运算的变量数为 10 时,模型具有最高的预测精度和最低的相对均方根误差。本研究将选择第三次运算结果进行高山松地上生物量估测模型的构建(表 3)。

表 3 梯度提升回归树算法模型多次构建效果

Tab. 3 Multiple construction effects of gradient boost regression tree algorithm model

运算次数	变量数	R^2	RMSE /(t·hm^{-2})	P /%	rRMSE /%
第一次运算	126	0.98	13.99	62.12	33.65
第二次运算	24	0.92	28.33	71.65	32.70
第三次运算	10	0.99	9.88	70.07	26.69
第四次运算	7	0.86	36.39	67.26	46.07

此时参与模型构建的 10 个特征变量为:R5T5CC、TM73、R5T3CC、R9T2CC、Aspect、R5T7CC、Elevation、R9T1HO、R5T4ME、NDVI。在模型中变量的贡献度排序如图 3 所示。

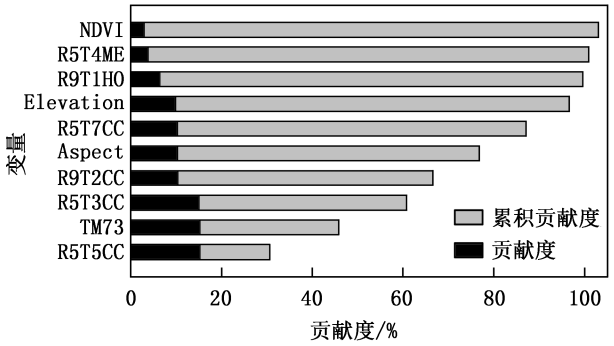


图 3　变量重要性指标

Fig. 3　Variable importance index

构成模型的各特征变量中,R9 和 R5 分别代表灰度共生矩阵计算时大小为 9×9 和 5×5 的窗口;TM1、TM2、TM3、TM4、TM5、TM7 分别代表 Landsat5 TM 影像的第 1、2、3、4、5、7 波段,即 Blue 波段、Green 波段、Red 波段、NIR 波段、SWIR1 波段和 SWIR2 波段;CC 代表纹理特征相关性,HO 代表纹理特征均一性,ME 代表纹理特征均值。

张加龙[7]等人的研究表明,纹理因子对生物量的研究具有重要影响,其中 HO、CC 和近红外波段信息对生物量的影响最大。在非参数方建模法中,以 GBRT 算法作为高山松遥感生物量估测模型,其相对均方根误差、P 值、R^2 均优于 RF 和 KNN 算法。

3.2 高山松地上生物量估测模型比较分析

采用不同回归算法构建的估测模型对高山松地上生物量进行估测,估测效果见表 4。

表 4　基于不同回归算法构建的估测模型效果比较

Tab. 4　Effects of estimation models based on different regression algorithms

算法	R^2	RMSE/(t·hm^{-2})	P/%	rRMSE/%
GBRT	0.99	9.88	70.10	26.69
RF	0.89	32.26	66.10	40.92

从表 4 可以看出,通过分析两种算法的建模效果,GBRT 表现出了最优的预测精度(70.10%)和最小的相对均方根误差(26.69%),拟合优度达 0.99。因 GBRT 算法在对训练数据优秀的拟合度以及对预测数据的精准预测,本研究将选择 GBRT 算法对 5 期香格里拉市的高山松地上生物量进行反演和制图。

4 结果与分析

根据模型比对,选择 GBRT 算法评估香格里拉市高山松地上生物量。反演时提取遥感影像每个像元对应的各个遥感因子值,根据最优模型计算得出每个像元的地上生物量值,使用高山松范围矢量数据进行裁剪,再进行统计并制图,最终得到各年份香格里拉市高山松地上生物量及其分布图(表 5,图 4)。

表 5　高山松地上生物量多年份反演结果

Tab. 5　Multiyear inversion results of aboveground biomass of *Pinus densata*

年份	分布面积/hm^2	地上生物量/(t·hm^{-2})	地上生物量总量/t
1987	171560.28	59.65	10232946.16
1992	171560.28	59.59	10223784.37
1997	170589.86	59.31	10117252.71
2002	170589.86	59.68	10180215.68
2007	174179.37	58.52	10193252.57

1987—1997 年间,香格里拉市高山松空间分布面积是净减少期间,同时,香格里拉市高山松分布区范围内的平均地上生物量呈减少趋势,二者的叠加影响直接导致此时段高山松地上生物量的净减少。80—90 年代,为了发展地方经济,盲目新建消耗森林资源的森工企业,加剧了森林资源的消耗。这时期香格里拉市高山松地上生物量总量由 1987 年的 1 023.29 万 t 下降至 1992 年的 1 022.38 万 t,1997 年下降至 1 011.72 万 t,这 10 年间生物量净损失 11.57 万 t。1997 年以后,中国采取了十分严格的天然林保护制度,1998 年 8 月 5 日国务院关于退耕还林工作的紧急通知中明确规定,凡坡度在 25°以上的坡耕地都要在 2003 年以前全部实行退耕还林。因此,1997—2002 年的 5 年间香格里拉市森林植被面积是净增长的,香格里拉市高山松地上生物量由 1997 年的 1 011.73 万 t 增长到 2002 年的 1 018.02 万 t,而这一系列森林保护措施成效也在 2007 年的高山松空间分布范围的大面积增长数据中体现出来。2002—2007 年的 5 年间,香格里拉市高山松空间分布面积由 2002 年的 170 589.86 hm^2 增长到 2007 年的 174 179.37 hm^2,净增长 3 589.51 hm^2。在这期间由于新苗增加,高山松平均单位面积地上生物量由 2002 年的 59.68 t/hm^2 下降至 2007 年的 58.52 t/hm^2。尽管平均值减少,但因总面积的增长,香格里拉市高山松地上生物量由 1997 年的 1 011.73 万 t 增长至 2007 年的 1 019.33 万 t,净增长 7.6 万 t。尽管 1987—2007 年的 20 年间香格里拉市高山松地上生物量总量净增长了 7.60 万 t,但由于 1987—1997 年净损失 11.57 万 t,因此,研究区高山松地上生物量仍然未恢复到 1987 年的水平。

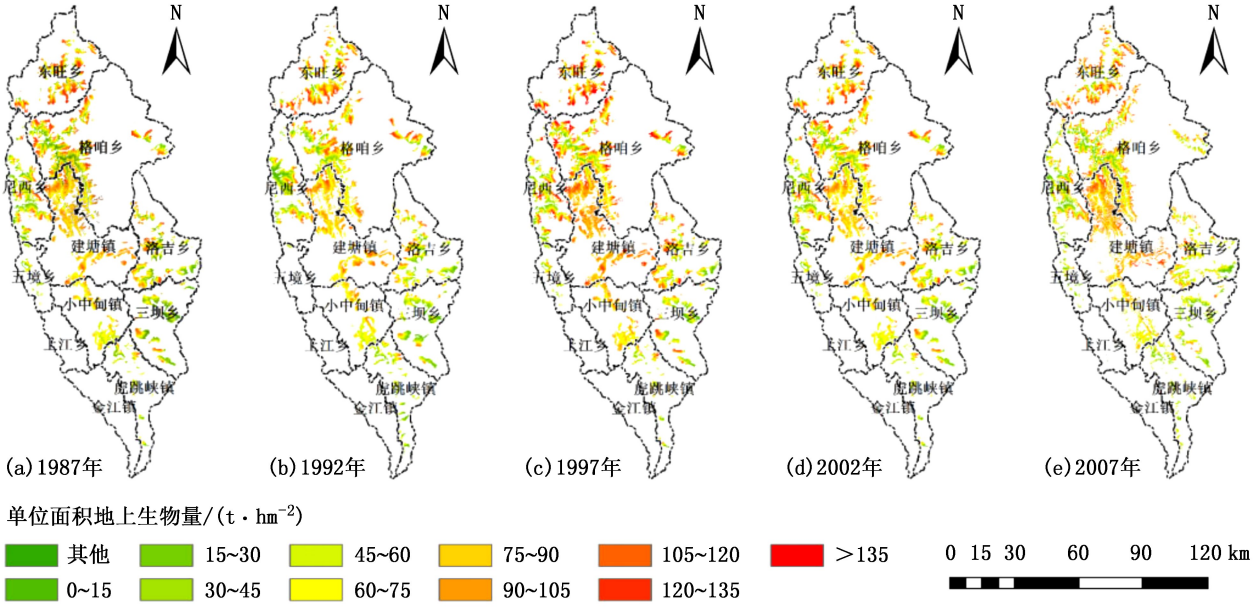


图 4　香格里拉市各年份高山松地上生物量分布

Fig. 4　Distribution of aboveground biomass of *Pinus densata* in different years in Shangri-La City

5 结论与讨论

基于 GBRT 算法构建的高山松地上生物量估测模型在拟合效果方面表现出较好的拟合度，同时其在预测效果方面也表现出最好效果。本研究中参与模型训练的样地实测数据相比于整个香格里拉市较为广阔的高山松分布区域仍显得不足(本文获得的样地记录数据为 96 条)。越多的数据训练意味着越精确的模型构建，更能精确反映出香格里拉市各年份高山松地上生物量分布。

本研究中存在诸多不足，对后续研究提出如下建议：

1)可以考虑采用技术手段消除不同时间传感器成像时受到传感器状态、大气状态、地表状态的影响，使影像之间的差异得到消除，得到更能够反应植被与植被光谱特征之间的更真实关系，不仅有利于提高数据质量，还能将森林资源调查成果的历史存档数据有效利用起来，充实森林地上生物量的样地可用数据。

2)充分利用现有研究成果，将更多的提高数据质量的方法引入到森林地上生物量估测研究中来，进一步提高森林地上生物量遥感估测精度。

3)进一步加强林业调查资料的搜集与整理，并进行电子归档，逐步提高研究深度。

参考文献：

[1] 李明泽，于欣彤，高元科，等．基于 SAR 极化分解与 Landsat 数据的森林生物量遥感估测[J]．北京林业大学学报，2018，40(2)：1-10.

[2] 温小荣．森林资源二类调查关键技术与方法的研究[D]．南京：南京林业大学，2017.

[3] 温小荣，孟雪，刘俊，等．基于不同立地质量的杉木生物量遥感估测[J]．林业科学研究，2016，29(4)：494-499.

[4] 陆驰．基于 Landsat 的香格里拉市高山松地上生物量及其动态变化建模研究[D]．昆明：西南林业大学，2017.

[5] 孙雪莲．基于 Landsat8-OLI 的香格里拉高山松林生物量遥感估测模型研究[D]．昆明：西南林业大学，2016.

[6] 徐云栋，舒清态，李圣娇，等．基于优化 BP 神经网络的香格里拉高山松蓄积量模型研究[J]．西北林学院学报，2015，30(6)：190-195.

[7] 张加龙，胥辉，陆驰．应用 Landsat8 OLI 和 GBRT 对高山松地上生物量的估测[J]．东北林业大学学报，2018，46(8)：25-30.

[8] 陆驰，张加龙，王爱芸，等．基于 Landsat TM 的香格里拉市高山松生物量估测重建[J]．林业调查规划，2016，41(6)：1-7.

[9] 张鹏，王学强．大气辐射校正软件 LEDAPS 与 FLAASH 对比研究[J]．安徽农业科学，2014，42(10)：3105-3108.

[10] ZHANG J L，LU C，XU H，et al. Estimating aboveground biomass of *Pinus densata*-dominated forests using Landsat time series and permanent sample plot data[J]. Journal of Forestry Research，2019，30(5)：1689-1706.

[11] 张加龙，胥辉．基于遥感的高山松连清固定样地地上生物量估测模型构建[J]．北京林业大学学报，2020，42(7)：1-11.

责任编辑：许易琦

doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2023. 06. 003

浙江省森林资源年度监测技术方法探讨

周加全[1],宋 盛[2],叶正凯[1],何伟平[2]
(1. 浙江省景宁畲族自治县自然资源和规划局,浙江 景宁 323500;
2. 浙江省森林资源监测中心,浙江 杭州 310020)

摘要:森林资源年度更新是林业部门的重要工作内容,主要介绍了浙江省森林资源年度更新的主要内容,并对年度更新的技术路线和技术方法进行研究,从加强技术人员的业务能力培训、加强软件开发力度、提升数据准确度方面提出提升森林资源更新质量的措施。

关键词:森林资源;年度监测;方法探讨

中图分类号:S758. 4 **文献标识码**:A **文章编号**:1671-3168(2023)06-0013-04

引文格式:周加全,宋盛,叶正凯,等. 浙江省森林资源年度监测技术方法探讨[J]. 林业调查规划,2023,48(6):13-16.
doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2023. 06. 003

ZHOU Jiaquan, SONG Sheng, YE Zhengkai, et al. Technical Methods for Annual Monitoring of Forest Resources in Zhejiang Province[J]. Forest Inventory and Planning,2023,48(6):13-16. doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2023. 06. 003

Technical Methods for Annual Monitoring of Forest Resources in Zhejiang Province

ZHOU Jiaquan[1], SONG Sheng[2], YE Zhengkai[1], HE Weiping[2]
(1. Jingning Bureau of Natural Resources and Planning, Jingning, Zhejiang 323500, China;
2. Zhejiang Center of Forest Resources Monitoring, Hangzhou 310020, China)

Abstract: The annual update of forest resources is an important work of the forestry department. This paper mainly introduced the main content of the annual update of forest resources in Zhejiang Province, studied the technical route and methods of the annual update, proposed measures to improve the quality of forest resource renewal by strengthening the professional ability training of technical personnel, intensifying software development efforts and improving data accuracy.

Key words: forest resources; annual monitoring; method discussion

森林资源年度监测是在现有森林资源数据的基础上,以年度为时间单位,对本年度内发生变化的图斑进行更新,对于未明显发生变化的图斑进行模型更新,通过外业调查、内业整理、软件处理后得到最新的森林资源数据库。开展森林资源年度监测的目的是为了准确掌握森林资源的增减情况及其管理属性情况,为政府部门及林业主管部门的科学管理和决策提供重要的数据支撑。

1 森林资源年度更新内容

1.1 小班属性因子

由于人类每年对于森林进行经营管理活动的影

收稿日期:2022-07-19.
基金项目:浙江省省院合作林业科技项目(2021SY05).
第一作者:周加全(1971-),男,浙江景宁人,工程师. 主要从事森林防火工作.

响,如采伐、造林、林地征占用、森林抚育、经济林培育、公益林调整等,导致很多小班的属性因子(自然属性和管理属性)发生变化,重要属性因子有地类、树种、权属、森林类别、林种、起源、事权等级、林地保护等级、树种组成、平均胸径、平均高、公顷株数、公顷蓄积量等。

1.2 小班界线变化

小班界线变化主要分为 3 类,包括灭失、新增和图形变更。小班灭失,如林地小班转为非林地后小班无明显边界,可与周边的非林地小班合并,导致前期小班图形的灭失;新增小班,如在非林地小班内造林等活动形成新的地类导致小班增加;图形变更主要是因自然和人为原因导致原来的小班分拆成两个或多个小班。小班界线变化示例如图 1 所示。

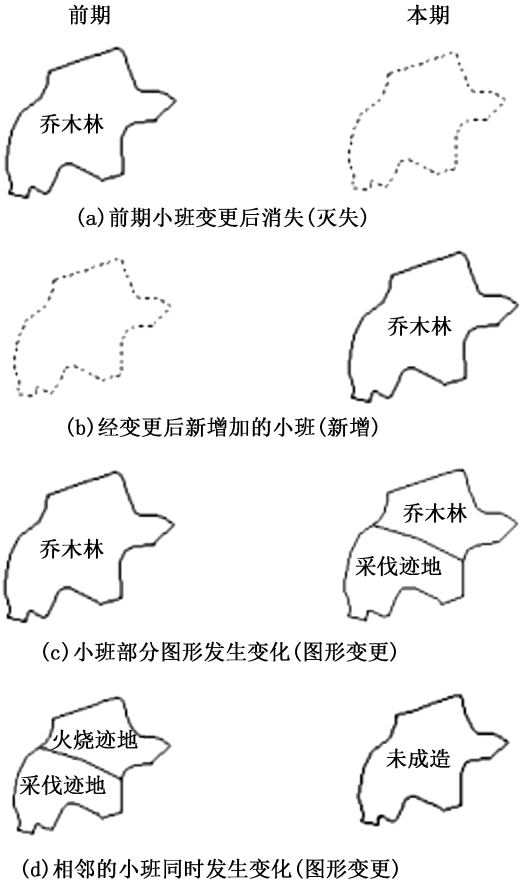


图 1 小班界线变化示例

Fig. 1 Example of sub-compartment boundary changes

1.3 树带变化

树带是浙江省森林资源年度监测的重要内容。树带的变化主要分为新增、灭失及长度的变化。树带因子的改变包括树种、树带宽度、平均胸径、平均高、树带株间距、株数及蓄积量的变化。

1.4 散生木和四旁树变化

散生木和四旁树虽然体量不大,但也是体现森林资源总量的一部分。主要包括散生木、四旁树增减的情况及其属性因子的变化情况,如树种组成、优势树种、平均胸径、平均高、株数及总蓄积量的变化。

1.5 区域界线范围的调整

界线范围的调整主要是行政区划、自然保护区、森林公园、国有林场或国有森林经营单位等范围界线的变化情况,以及公益林、退耕还林、天然林资源保护、国家储备林基地等重要界线变化情况。

2 森林资源年度监测技术方法

2.1 技术路线

浙江省 2014 年开展了新一轮二类调查并在之后开展了森林资源年度更新工作,充分应用各县(区、市)森林资源年度更新的数据,全面收集森林经营活动留下的经营档案和电子文档,利用两期影像所提取的变化图斑、固定样地进行胸径、树高、蓄积的数学模型更新,利用“3S”技术在外业调查的优势,采用遥感测绘影像、互联网技术、ArcGIS、平板电脑软件开发的数据采集等先进的技术手段,及时查清各类林地的面积、类型、种植密度、蓄积量、林种、权属和分布情况,及时准确地更新森林资源数据。森林资源年度更新具体技术路线如图 2 所示。

2.2 技术方法

2.2.1 遥感差异图斑更新

近年来遥感差异图斑的提取在林地变更方面的运用已越来越成熟,在高分辨率航天航空遥感正射影像图的基础上,叠加上期的森林资源监测数据,利用电脑自动比对功能和人机交互判读的方式,提取两期遥感影像植被特征不同、数据库地类与遥感影像地物特征不一致的图斑,预判林地利用类型及变化,制作调查底图,对遥感图斑开展内业核实和野外调查更新。遥感差异图斑提取的重要字段见表 1。

2.2.2 森林资源经营档案更新

森林资源档案数据是反应一段时间内森林资源变化状况和森林生态状况的记录资料,是组织和指导林业生产的重要依据[1]。森林采伐、人工造林、平原绿化、村庄绿化、林地征占用等人类各种森林经营活动引起的突变小班,依据森林资源经营档案资料,结合高清影像判读,进行档案更新,更新到森林资源“一张图”数据库。

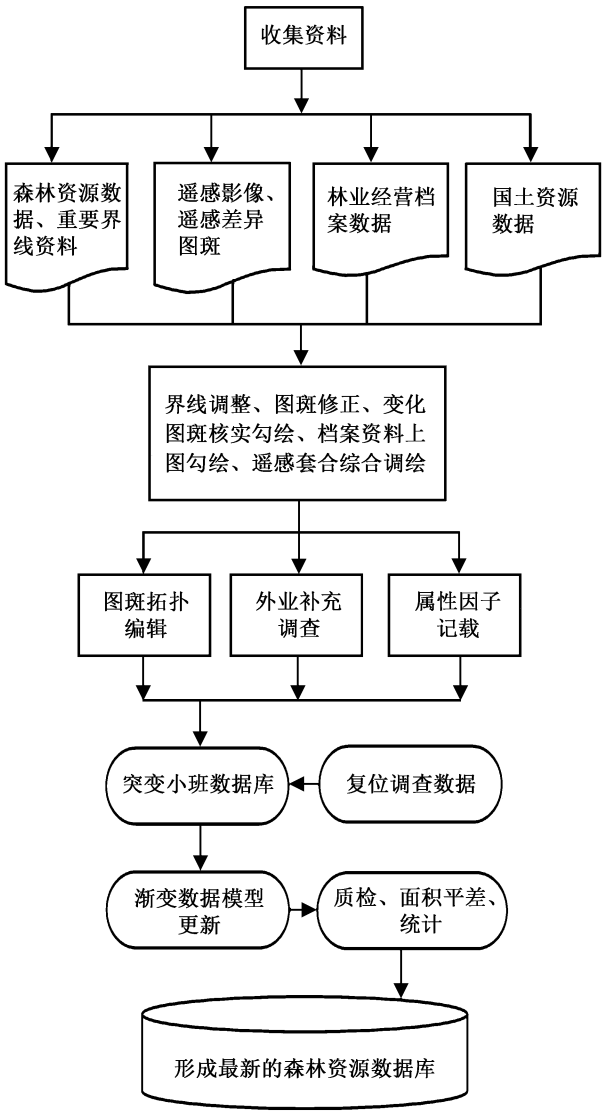


图 2　浙江省县级森林资源年度监测技术路线

Fig. 2　Technical route for annual monitoring of county-level forest resources in Zhejiang Province

表 1　遥感差异图斑提取所用主要字段

Tab. 1　Main fields used for remote sensing differential patch extraction

字段名称	字段代码	字段类型	字段长度
行政代码	XZDM	Char	6
判读图斑编号	PDTBBH	Char	6
图斑面积	TBMJ	Double	12
变化原因	BHYY	String	18
前期地类	QQDL	Char	12
前期影像	QQYX	String	18
后期影像	HQYX	String	18
分辨率	FBL	Char	20

2.2.3 外业补充调查更新

除森林资源档案更新外,林草部门还有很多在间隔期内发生变化而没有相对应的档案资料,就需要外业补充调查来进行更新。如发生自然灾害、盗伐滥伐,未在林业部门进行登记备案的小班,需要结合遥感影像进行实地调查。另有些小班存在蓄积进界、未成林造林地成林等地类发生变化的图斑,也需进行野外调查。由于部分林区山高路远,有些地方外业取证较困难,建议通过无人机、激光雷达等先进技术获取数据,以提升外业调查的效率。

2.2.4 小班复位调查

在现有的森林资源数据库若对森林进行全面调查是不现实的,为此设计了村庄轮动调查。即在全面完成森林资源数据更新的基础上,定期抽取部分村庄,以村为单位,开展小班复位调查,应对抽查的村庄进行预先判断,优先选择经济发展快、森林小班预判可能会发生变化的村优,更新森林资源“一张图”数据库。抽取的村庄进行复位调查后,今后一般不再重复调查。

2.2.5 模型更新

除地类发生明显变化的小班外,剩余小班均为无人为干扰下自然生长及枯损的林分。这些小班里森林资源会随时间而发生变化,其林分因子随之变化,如郁闭度、平均胸径、平均年龄、平均树高、公顷蓄积量等。这些小班的变化就需要进行模型更新,模型更新是一种快捷、高效、省时的方法[2]。浙江省每年均进行省级样地调查,这些无人为干扰的林分相对静态的变化数据可通过省级样地调查分析获取建模样本,建立数学模型,通过编制计算机程序来实现对剩余小班的模型更新。模型更新需考虑的主要因子包含平均胸径、公顷株数、平均树高、公顷蓄积量等。具体采用的类似方法模型公式为:

$$H_2 = H_1 F_H(A+1)/F_H(A) \quad (1)$$

$$N_2 = N_1 F_N(A+1)/F_N(A) \quad (2)$$

$$D_2 = D_1 F_D(A+1, N_2, H_2)/F_D(A, N_1, H_1) \quad (3)$$

$$V_2 = V_1 F_V(A+1, H_2, D_2)/F_V(A, N_1, H_1) \quad (4)$$

式中:H_1、H_2、N_1、N_2、D_1、D_2、V_1、V_2、A 分别表示前后两期平均树高、公顷株数、平均胸径、公顷蓄积量、平均年龄;F_H、F_N、F_D、F_V 分别表示平均树高、公顷株数、平均胸径、公顷蓄积量的拟合函数。此外,若公顷蓄积量模型精度不高时,可考虑使用更新后的平均树高、平均胸径、公顷株数查材积表计算公顷蓄积量[3]。

2.2.6 图形和属性数据质量检查

森林资源数据更新录入后,不仅要对矢量图形进行空间检查,也要对森林资源数据进行逻辑控制检查。检查通过后,与基态数据库进行叠加分析处理,建立现状数据库。现状数据库采用国家或省级的逻辑检查软件进行再次检查,做到图形无拓扑错误,数据填写要科学无逻辑错误。

3 质量控制

森林资源年度更新已成为林业部门的重要工作内容,应确保更新数据的准确。

3.1 加强技术人员的业务能力培训

重视技术指导人员的技术水平和综合素质,加强技术指导培训[4]。如 GIS 等软件的使用、技术规程的把握,公益林、天然商品林等政策的解读。同时鼓励省、市级技术人员送科技下县、下乡,广泛交流技术难题的解决方法,提升基层业务人员的业务能力。

3.2 加强软件开发力度

目前浙江省森林资源年度更新开发的软件已日趋成熟,对于前期已更新数据通过森林资源“一张图”的管理平台锁定,保障了一些森林资源重要因子的稳定。如地类、起源、森林类别等不得随意更改。但也存在一些短板,如数据运行偏慢,逻辑检查还不够完善,较大数据运行时易闪退或卡顿, 软件与高版本的 ArcGIS 兼容度不够等。为此软件开发者应加强软件的开发力度,进一步提升软件的功能,提升工作效率。

3.3 提升数据准确度

森林资源“年度出数”的主要指标包括各类土地面积、森林覆盖率和各类森林蓄积量[5]。由于省级部门对市、县的考核,尤其是森林覆盖率的增减对于林业部门来说考核压力较大,将导致行政部门要求技术员瞒报、漏报数据更新,虚报森林增量部分,降低森林资源的更新质量,不能真实体现全省森林资源实际情况。为此,省、市部门应加大抽查力度,对存在如上行为的部门进行通报批评,并责令要求其对森林资源数据进行如实更改修正,以提高森林资源年度更新的质量。

参考文献:

[1] 王福生. 基于 GIS 的森林资源档案数据更新方法[J]. 林业调查规划,2007,32(1):13-14.

[2] 杨超,武刚,卢泽洋. 森林资源数据更新[J]. 河北林果研究,2006,21(2):170-172.

[3] 余松柏,魏安世,何开伦. 森林资源档案数据更新模型和方法的探讨[J]. 林业调查规划,2004,29(4):99-102.

[4] 赫明钰. 浅谈辽宁森林资源年度更新现状及对策[J]. 辽宁林业科技,2021(4):57-58.

[5] 梁赛花,何齐发,王伟,等. 基于林分生长模型的森林资源年度档案更新技术探讨[J]. 江西林业科技,2013(6):36-39.

责任编辑:陈旭

doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2023. 06. 004

广东省湿地资源管理系统的设计与实现

屈 明[1],刘新科[1],李艳丽[2],曾盛生[2],蒋 彤[1]
(1. 广东省林业调查规划院,广东 广州 510520; 2. 北京地林伟业科技股份有限公司,广东 广州 510630)

摘要:为全面掌握湿地资源的数量、质量、分布、消长变化及受保护情况,通过对已有湿地成果数据进行规范整合,采用云计算、大数据、遥感等信息技术手段,设计开发广东省湿地资源管理系统,该系统具备湿地资源动态监测更新管理、湿地资源可视化与服务等功能,以期构建广东湿地资源管理“一张图”,建立省级湿地信息管理平台,促进湿地资源管理科学化、规范化,提高全省湿地资源保护管理信息化水平,提升湿地资源监管能力,为各级湿地管理人员提供方便的信息查询与管理支撑平台,为湿地管理提供辅助决策支撑服务。

关键词:湿地资源;总体架构;部署架构;功能设计;广东省

中图分类号:Q178. 5;C931. 6 **文献标识码**:A **文章编号**:1671-3168(2023)06-0017-06

引文格式:屈明,刘新科,李艳丽,等. 广东省湿地资源管理系统的设计与实现[J]. 林业调查规划,2023,48(6):17-22. doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2023. 06. 004

QU Ming, LIU Xinke, LI Yanli, et al. Design and Implementation of Wetland Resources Management System in Guangdong Province[J]. Forest Inventory and Planning,2023,48(6):17-22. doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2023. 06. 004

Design and Implementation of Wetland Resources Management System in Guangdong Province

QU Ming[1], LIU Xinke[1], LI Yanli[2], ZENG Shengsheng[2], JIANG Tong[1]
(1. Guangdong Forestry Survey and Planning Institute, Guangzhou 510520, China;
2. Beijing Forestar Technology Co., Ltd., Guangzhou 510630, China)

Abstract: For the comprehensive grasp of wetland resources quantity, quality, distribution, fluctuation and protected situation, through the standardized integration of the existing wetland data, cloud computing, big data and remote sensing technology were used to develop the Guangdong Wetland Resources Management System with functions such as dynamic monitoring and updating management, and visualization and services of wetland resources, which could build “Ome Map” of wetland resource management in Guangdong, establish a provincial-level wetland information management platform, promote the scientification and standardization of wetland resource management, improve the informationization level of wetland resource protection and management, and enhance wetland resource supervision capabilities, to provide a convenient information query and management support platform for personnel, and provide auxiliary decision-making support services for wetland management.

Key words: wetland resources; overall architecture; deployment architecture; functional design; Guangdong Province

收稿日期:2022-07-16.

基金项目:2022 年度广东省生态林业建设专项(44000220000000010904).

第一作者:屈明(1982-),男,河南遂平人,高级工程师. 主要从事湿地资源调查监测、湿地保护与修复工作. Email:46237038@ qq. com

湿地(wetland)是地球表面水陆交互作用形成的独特生态系统,在维系地球表层生物多样性和生态平衡等方面具有其他生态系统所不能替代的作用和功能,因此被誉为“地球之肾”“生物基因库”和“人类的摇篮”,与森林、海洋并称为全球三大生态系统。广东绵长的海岸线,星罗棋布的岛屿、珊瑚礁,以及纵横交错的河流、湖泊,孕育了丰富的湿地资源,湿地类型多样、面积大、分布广,热带及亚热带滨海特色明显,生物多样性丰富,是全国湿地资源最为丰富的省份之一[1-3]。随着《湿地保护法》的颁布实施,规范整合已有湿地成果数据,建立广东省湿地资源管理系统,为广东湿地管理和决策提供信息支撑平台已成当务之急。因此设计开发省级湿地资源管理系统,实现基于湿地资源数据的管理、查询、汇总分析和可视化展示,对广东湿地管理建立现代化治理体系和提高治理能力具有重要意义。

1 系统设计

1.1 总体架构设计

湿地资源管理系统面向广东湿地资源管理需求,利用云计算、大数据、遥感等信息技术手段,构建以湿地一张底图、一套系统为主要内容的湿地资源调查监测与管理体系,推进湿地资源大数据管理、智能化监测、云信息服务和立体化感知的统一技术体系,实现湿地资源数据及时更新、维护以及统计、展示等,满足广东省湿地资源管理的需要。系统总体架构设计如图 1 所示。

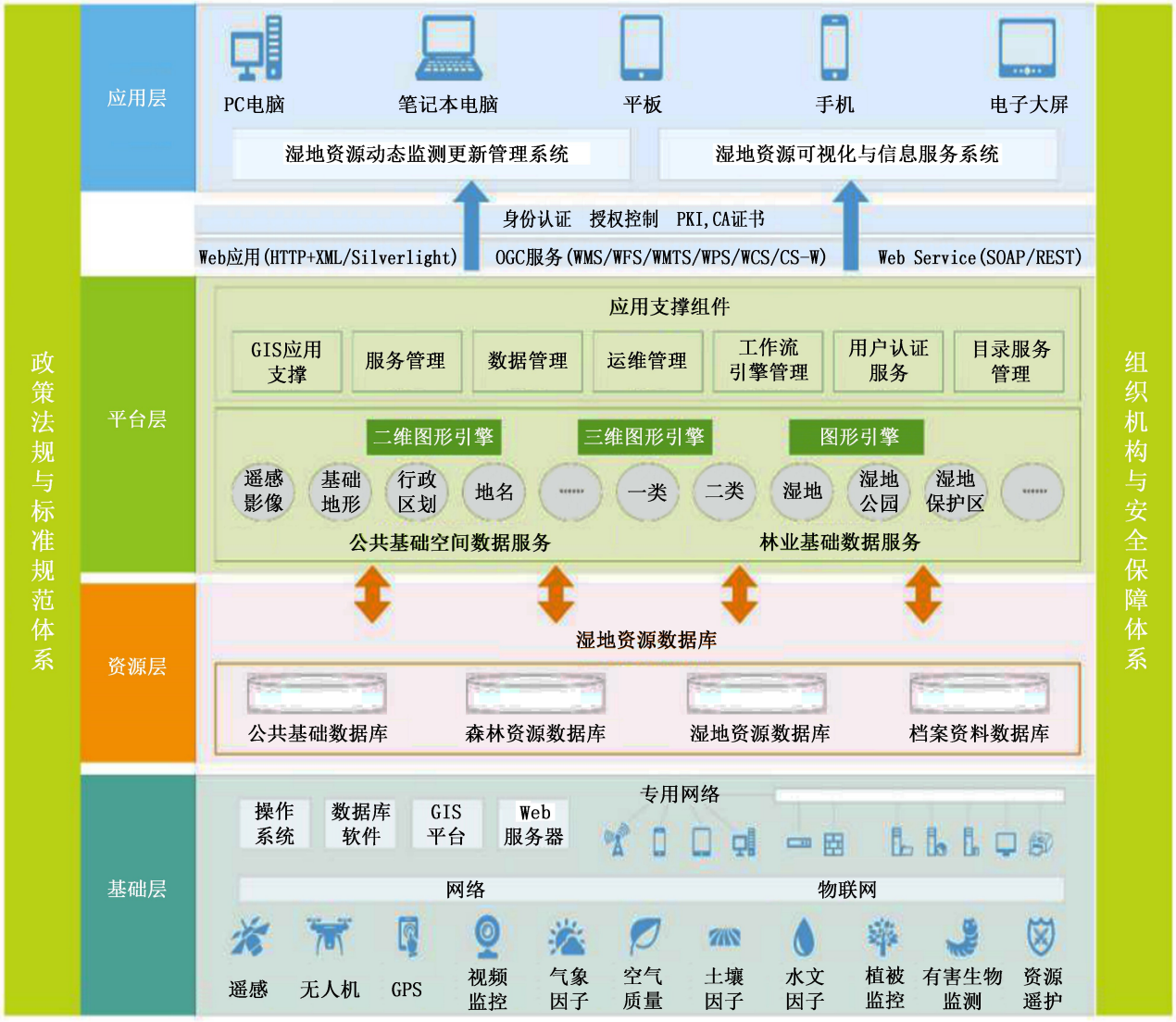


图 1　广东省湿地资源管理系统总体架构设计

Fig. 1　Overall architecture design of Guangdong Wetland Resources Management System

1.1.1 基础层

主要包括支撑平台的网络环境、硬件环境和软件平台支持环境,构建覆盖省、市、县林业管理部门的网络运行环境,实现各级之间外网的互联互通,为广东省湿地资源信息管理提供基础保障。

1.1.2 资源层

实现广东湿地资源数据集中管理,为应用系统提供基础数据支撑,主要包括公共基础数据、湿地资源基础数据、档案资料数据以及其他相关成果数据库。

1.1.3 平台层

以平台的基础框架和公共服务为基础,实现业务流程管理、数表模型、基础组件、工具软件等基础服务。基础公共服务包括统一的身份认证、数据和应用服务、建模服务层、GIS 应用服务、数据支撑环境(数据入库、更新、管理维护、共享、汇交和交换)等。

1.1.4 应用层

根据广东省林业信息化建设总体规划,设计开发湿地资源动态监测更新管理系统和湿地资源可视化与服务系统两个应用界面,建立覆盖省、市、县三级湿地管理体系,实现湿地资源全周期精细化管理,提高湿地资源管理水平。

1.1.5 安全保障及管理体系

参照国家及行业标准,结合广东省湿地资源管理要求,建立相应的技术规范,为项目建设提供标准支撑。安全保障及管理体系通过授权管理、数据保密等功能提供安全服务,通过信息化组织机构和人才队伍建设、运行机制建设实现管理体制保障。对于整个应用系统而言,安全管理将贯穿始终,为平台建立一个完整可靠的安全体系架构。

1.2 业务流程设计

广东省湿地资源管理业务包括湿地资源动态监测更新和湿地更新流程管理两条业务主线,其业务流程如图 2 所示。

湿地资源动态监测更新业务采用湿地资源监测业务和遥感变化监测模式,积累专项监测业务数据,为湿地资源数据更新提供支撑。

1)湿地资源监测业务主要监测湿地资源开展建设项目占用湿地、湿地破坏事件、生态修复工程、红树林采伐等导致湿地资源变化的业务,即时汇聚监测信息,为湿地资源监管更新提供档案数据来源。

2)遥感变化监测主要基于两期遥感影像,主动发现湿地资源的变化信息,提取湿地资源变化图斑,为湿地资源监管提供数据来源。

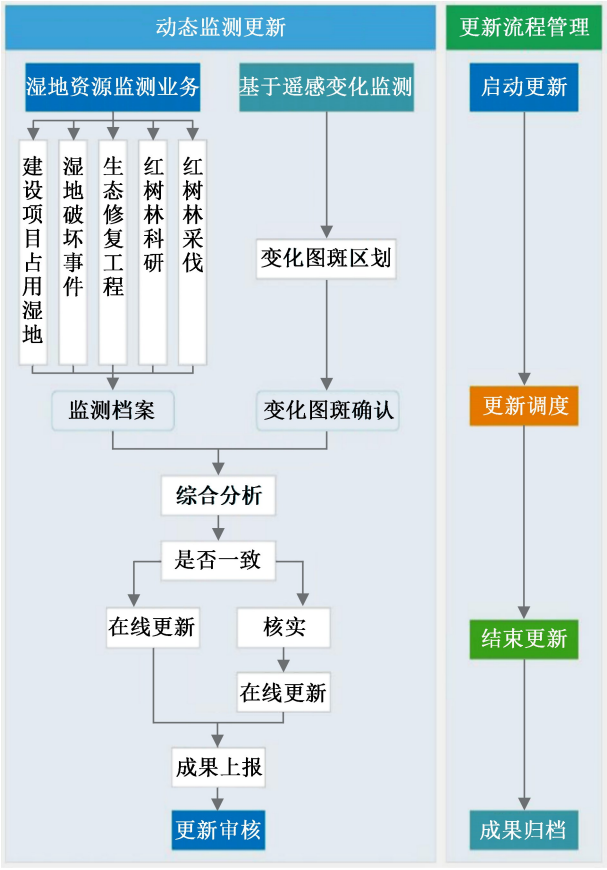


图 2　广东省湿地资源管理业务流程

Fig. 2　Process of wetland resources management in Guangdong Province

3)在线更新主要对资源监测和遥感变化监测形成的变化数据源,经过核实,最终形成湿地资源更新档案数据,采用在线更新方式实现湿地资源各类业务数据的更新。

4)成果提交与审核,更新结果经过审核,最终形成湿地资源年度更新成果数据。

更新流程管理主要承担湿地资源动态监测更新管理工作,实现湿地资源更新调度,保障湿地资源监测更新工作顺利开展。

1.3 系统部署架构设计

系统平台统一部署到广东省政务云,全省各级湿地管理人员和业务人员通过互联互通的政务外网进行数据以及系统访问。系统网络部署架构如图 3 所示。

网络和基础设施层面:网络和基础设施充分利用广东省政务云平台提供的网络和基础设施环境,同时考虑应用带宽、安全性、稳定性等要求。

数据库层面:系统采用集中式统一进行部署,业务数据库和系统统一部署到广东省政务云平台。

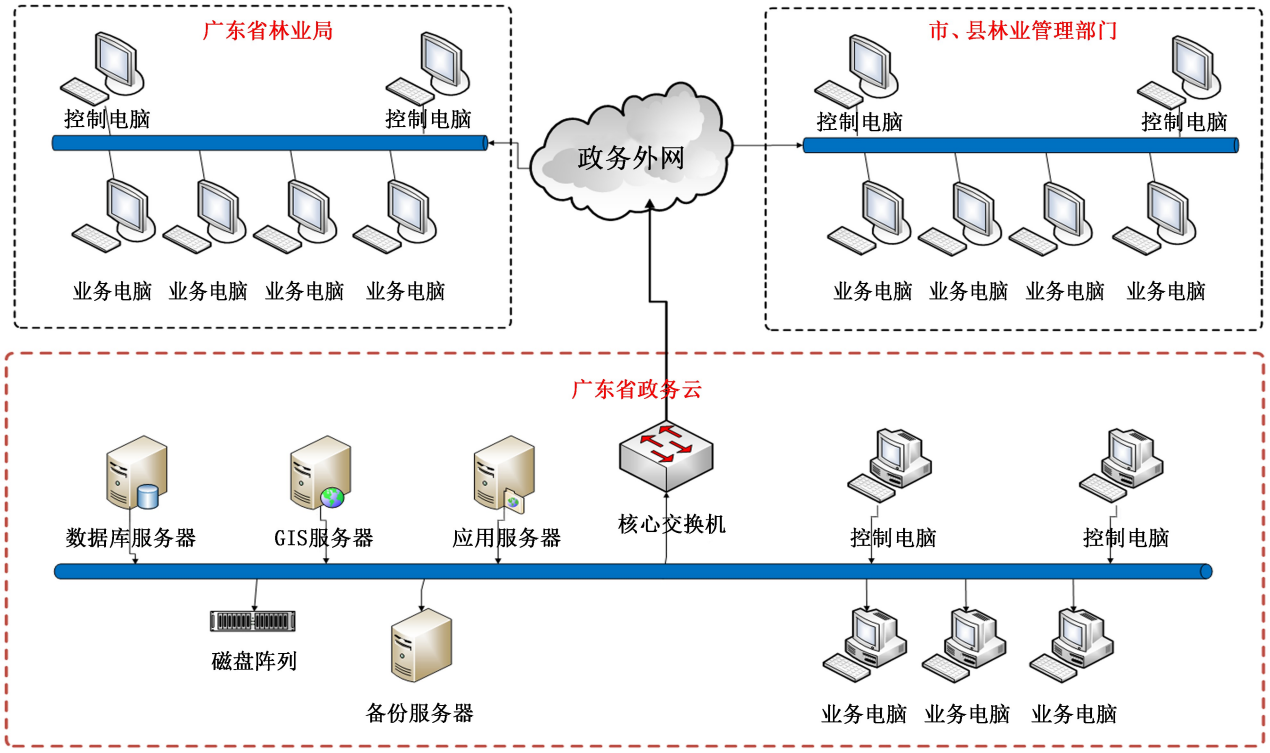


图 3 广东省湿地资源管理系统部署架构设计

Fig. 3 Deployment architecture design of Guangdong Wetland Resources Management System

应用系统建设层面:整个系统采用 B/S 架构体系建设,按照平台上移、应用下移的模式集中部署到广东省政务云平台,管理人员及业务人员通过网页或客户端访问。

2 系统功能设计

2.1 湿地资源动态监测更新管理功能

基于多期遥感影像数据和湿地专项监测档案数据,在湿地资源本底数据库的基础上,实现湿地图斑、环境要素、湿地野生动物、湿地植物、湿地植被、湿地保护和利用状况、湿地受威胁状况等湿地资源更新流程、数据更新、成果上报和数据审核管理,为湿地资源监管、决策提供支撑。

2.1.1 底图管理

基于广东省林业数据“一张图”,实现公共基础数据和森林资源数据服务集成调用、公共基础数据底图的切换,为数据的浏览、查询提供支撑。底图管理功能模块包括底图组织、数据权限显示控制和底图的切换等功能。

2.1.2 湿地数据组织

实现湿地资源专题数据、动态监测数据、各类业务数据及专题图等湿地数据图层控制信息的管理,为各级用户提供数据浏览、查询、分析及应用支撑。

2.1.3 湿地基础信息管理

实现湿地类型、流域、水环境、湿地野生动植物名录、植物群系等因子代码的管理与维护,为湿地资源数据管理提供支撑。湿地基础信息管理功能模块包括湿地名录管理、流域信息维护、湿地分类信息维护、野生动植物名录维护和植物群系维护等功能。

2.1.4 湿地监测更新流程管理

实现湿地资源监测更新流程信息的管理,按照湿地资源年度或监测业务需要,进行湿地更新流程的管理,实现湿地资源全生命周期的管理,提供更新流程、更新调度以及归档等的管理,为湿地监测更新、查询统计提供基础支撑。

2.1.5 湿地动态监测管理

实现湿地生态修复、征占用或破坏湿地事件、红树林采伐(挖)、红树林科研监测等监测档案的管理,为湿地资源数据更新提供档案数据支撑。

2.1.6 湿地资源更新管理

实现湿地图斑、自然要素、水环境要素、湿地野生动植物、湿地植物群落、湿地植被、湿地保护和利用状况、受威胁状况等管理内容的监测与更新,提供在线图斑编辑、属性更新等功能。

2.1.7 数据更新审核

基于湿地资源监测与更新体系,按照省级湿地资源调查监测质检技术要求,实现对县级湿地管理部门、湿地保护区、湿地公园、重要湿地更新成果的逐级审核,确保湿地资源更新成果质量。

2.1.8 系统集成

与广东省林业局林业综合管理平台的组织机构、用户、权限要求进行集成对接,实现全省统一的用户、角色、数据权限、功能权限、日志等系统运行维护管理,为湿地资源管理平台运行维护提供支撑。

2.2 湿地资源可视化与服务功能

实现对广东省湿地资源数据的处理、加工、统计、分析,并通过文字描述、统计图、统计表、专题图、多媒体等多种方式,将庞大的资源数据通过可视化技术直观展现出来,方便各级管理人员从宏观上全面了解全省湿地资源的各类指标,也可定位到某一具体湿地查看其资源详细信息,为湿地资源管理提供支撑服务。

2.2.1 生态云图

对全省湿地资源数据进行处理、加工、统计、分析,并通过专题图、统计图、统计表、多媒体等方式直观、综合展示全省以及各级行政区湿地资源宏观指标。支持省、市、县三级政区联动控制湿地资源指标展示,实现基于不同维度资源统计展示效果,方便各级管理人员直观了解湿地资源的各类核心指标。

2.2.2 数据展示

基于二三维一体化技术,按照行政分区、重点区域交互浏览全省湿地资源数据以及相关数据,从宏观到微观全方位浏览查看,全方位了解湿地资源分布情况,包括数据展示、时间轴浏览、分屏展示和照片、视频多媒体展示等功能模块。

2.2.3 数据查询

实现湿地资源数据空间和属性信息的查询,支持行政区、空间范围、属性、时间等多维查询功能,查询结果以列表方式展示,同时支持查询结果的详情查看;支持对查询结果多方式保存和输出。

2.2.4 专题图分析

实现湿地资源各类专题图的发布,方便管理人员从不同视角关注湿地资源的信息,提供各类专题图从宏观到微观逐级浏览查看,直观了解湿地资源情况,如湿地资源、重要湿地、湿地公园以及湿地野生动植物资源等分布图。

2.2.5 统计分析

基于湿地资源数据库,提供固定模板统计分析和在线的自定义统计分析,通过统计报表、统计图方式展示湿地资源统计数据,如全省及各地市湿地资源保有量、湿地保护率等考核指标数据,为管理部门科学决策提供依据。

2.2.6 空间分析

系统具有空间分析能力,能够支持湿地资源业务管理系统中的常用空间分析功能,实现空间分析信息的生成,并以统计图表展示分析结果,为湿地审核审批业务提供支撑。同时实现通过历史对比分析,方便了解湿地不同年度各类型面积趋势、演变情况,为湿地资源保护提供决策依据。

3 关键技术应用

3.1 在线编辑技术

基于 Web 的 GIS 数据在线编辑技术(WebGIS 技术),是互联网和地理信息系统的结合,使用互联网环境,为各种地理信息应用提供 GIS 功能(如分析工具、制图功能)、空间数据及其数据获取能力等[4-6]。在 Web 端实现接近原生的空间数据编辑操作体验,需要 3 个关键技术进行支撑:(1)复杂算法后置服务端,Web 前端的 Javascript 难于实现复杂的计算机图形学计算,而这正是复杂的图形编辑所必须的;本系统建立在互联网网速明显提升的前提下,利用服务端计算优势和 C++底层算法能力,在服务端为 Web 提供高级图形算法,算法做为一种计算能力,可以集群部署以提供实时反馈的高速响应。(2)相邻图斑在线拓扑,拓扑需要在真矢量数据集的基础上进行,而 Web 端全矢量访问在网速、展示能力方面均不足以支撑,本系统提出周边矢量动态获取技术,通过监控鼠标操作位置,动态渐进式获取周边矢量,实现实时的边界追踪,保持边界一致,最大限度降低服务端的依赖。(3)真矢量与静态切片的混合应用,本系统提供一种静态为底,动态随用随取的应用模式,使地图的要素不仅可以静态形式高速显示,也可任意的选择、查询图斑,并将图斑与其他业务数据结合展开分析。

3.2 在线动态自由统计技术

在线动态自由统计技术在大规模数据集的基础上,能简化常规出图、出表的交互复杂度,提供拖拽式的快速报表生成体验,并结合服务端并行计算技术,实现高效的数据自由统计,如可实现研究区范围任意区域湿地资源数据的快速统计。鲁东民等[7]对基于网络 GIS 的林业资源统计数据可视化进行了

研究,表明在线动态统计技术是传统报表先设计报表模板再统计报表应用模式的补充,其具有3个特点:对不同数据源的适应能力强,系统包含的各种关系型数据、空间数据,均可以使用自由报表进行统计;交互简洁灵活,可以使用拖拽式设计,快速进行表格的横纵分组设计,快速出多维汇总表格,还可展示丰富的报表样式,如表格、指标卡、仪表盘、折线图、条形图、雷达图等;统计报表(图)成果的固化保存,可对统计结果进行保存,形成数据成果,纳入系统统一管理。

4 结 语

湿地资源管理系统的开发建设能满足各级湿地管理部门对资源数据监管、查询、分析、应用等需要,符合"数字政府"改革要求,有助于推动数字政务技术革新,推进构建智慧林业大数据体系[8-13],因而势在必行。本研究中探讨了广东省湿地资源管理系统的开发思路,包括总体设计、业务流程、功能设计以及关键技术等,通过系统开发,能实现对湿地资源数据的规范化管理、查询以及空间分析、可视化展示服务,使之成为各级湿地管理人员快速、准确和全面掌握全省或区域湿地资源现状、湿地资源管理相关信息的重要基础平台,为全省湿地保护与利用提供有效的信息化技术支持,推进"互联网+政务服务"工作,切实提高广东省湿地管理政务服务质量和效率。

参考文献:

[1] 屈明,胡喻华. 广东省湿地资源利用现状与可持续发展对策探讨[J]. 中南林业调查规划,2015,34(4):18-21.

[2] 郭盛才. 广东湿地资源保护管理现状及其对策研究[J]. 广东林业科技,2011,27(2):100-103.

[3] 何克军,陈晓翔,何执谦,等. 广东湿地资源及其分布特征研究[J]. 生态科学,2005(3):207-211.

[4] 付品德,秦耀辰,闫卫阳, 等. Web GIS 原理与技术[M]. 北京:高等教育出版社,2018.

[5] 马林兵,张新长,吴苏杰,等. Web GIS 技术原理与应用开发[M]. 第三版. 北京:科学出版社,2019.

[6] 刘永杰,王雪军. 基于"互联网+"林地年度变更平台建设关键技术研究[J]. 林业资源管理,2018(5):70-75.

[7] 鲁东民,王忠明,付贺龙. 基于网络地理信息系统的林业资源统计数据可视化系统设计[J]. 世界林业研究,2017,30(3):46-51.

[8] 广东省林业局. 广东省林业局政务信息化规划(2019—2021年)[Z]. 2019.

[9] 广东省林业局. 广东省林业政务信息化建设规划(2022—2025年)[EB/OL]. (2022-06-06). http://lyj.gd.gov.cn/news/forestry/content/post_3944956.html.

[10] 国家林业和草原局,国家发展和改革委员会. "十四五"林业草原保护发展规划纲要[EB/OL]. (2021-08-19). http://www.gov.cn/xinwen/2021-08/19/content_5632036.htm

[11] 广东省人民政府.《广东"数字政府"改革建设方案》[Z]. 2017.

[12] 广东省人民政府. 广东省数字政府改革建设"十四五"规划[EB/OL]. (2021-07-14). http://www.gd.gov.cn/gkmlpt/content/3/3344/post_3344999.html#8.

[13] 广东省林业局. 广东省林业保护发展"十四五"规划[EB/OL]. (2021-09-09). http://lyj.gd.gov.cn/gkmlpt/content/3/3515/post_3515131.html#1988.

责任编辑:陈旭

doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2023. 06. 005

辽宁省国家级公益林成效监测与评价研究

陈 静,于世勇
(国家林业和草原局林草调查规划院,北京 100714)

摘要:国家级公益林是实行最严格保护的森林,是发挥生态保护功能的主体,是维系国土生态安全的基石。采用辽宁省森林资源管理“一张图”、第九次全国森林资源连续清查以及中国科学院 modis 等数据,从权属、生态区位、起源、林种、龄组、树种结构、群落结构以及植被覆盖、植被生长状况、森林质量、森林生态系统服务功能等方面分析辽宁省国家级公益林的分布、结构、质量以及生态价值,总结辽宁省国家级公益林现状,分析国家级公益林管理中存在的问题,以及国家级公益林区划中存在的局限性,提出对国家级公益林分布及布局进行调整,提升国家级公益林质量等建议。

关键词:国家级公益林;成效监测评价;群落结构;森林质量;生态价值;辽宁省

中图分类号:S759. 2;S758. 4 **文献标识码**:A **文章编号**:1671-3168(2023)06-0023-05

引文格式:陈静,于世勇 . 辽宁省国家级公益林成效监测与评价研究[J]. 林业调查规划,2023,48(6):23-27.
doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2023. 06. 005

CHEN Jing, YU Shiyong. Effectiveness Monitoring and Evaluation of National Public Welfare Forests in Liaoning Province [J]. Forest Inventory and Planning,2023,48(6):23-27. doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2023. 06. 005

Effectiveness Monitoring and Evaluation of National Public Welfare Forests in Liaoning Province

CHEN Jing, YU Shiyong
(Forestry and Grassland Survey and Planning Institute, National Forestry and Grassland Administration, Beijing 100714, China)

Abstract: National public welfare forest is the most strictly protected forest and the main body to play the function of ecological protection, and the cornerstone of ecological security of the land. This paper analyzed the distribution, structure, quality and ecological value of national public welfare forest and summarized the present situation of national public welfare forest in Liaoning Province from the aspects of ownership, ecological location, origin, forest species, age group, tree species structure, community structure, vegetation cover, vegetation growth and forest quality by using the “One Map” of forest resource management , the ninth national continuous inventory of forest resources and modis data of the Chinese Academy of Sciences. By analyzing the problems in the management of national public welfare forests in Liaoning Province and the limitations in the zoning of national public welfare forests, this paper proposed suggestions for adjusting the distribution and layout of national public welfare forests and improving their quality.

Key words: national public welfare forest; effectiveness monitoring and evaluation; community structure; forest quality; ecological value; Liaoning Province

收稿日期:2023-03-28.

第一作者:陈静(1977-),男,安徽太和人,硕士,工程师 . 从事森林资源监测评价与林业科技管理工作 .

责任作者:于世勇(1981-),男,山东梁山人,硕士,高级工程师 . 从事森林资源监测与评价工作 .

国家级公益林是指生态区位极为重要或极为脆弱,对国土生态安全、生物多样性保护和经济社会可持续发展具有重要作用,以发挥森林生态和社会服务功能为主要经营目的的防护林和特种用途林[1-3]。国家级公益林建设自 2001 年试点,2004 年在全国全面实施,目前已走过 20 多年的历程,但对国家级公益林的生态价值、经济价值、社会价值以及文化价值等如何评价,目前缺乏一个完整和统一的评价体系,不利于开展国家级公益林的绩效评价,也不利于对国民进行国家级公益林的宣传和教育[1,4-6]。

本研究以辽宁省为例,在分析辽宁省国家级公益林的分布、结构、质量以及生态价值的基础上,系统评价辽宁省国家级公益林建设成效,并进一步探讨辽宁省国家级公益林管理中存在的问题,以及国家级公益林区划中存在的局限性,以期为今后科学、合理管理国家级公益林提供参考。

1 研究区概况

辽宁省地处东北亚经济圈核心地带,位于我国东北地区最南部,地理坐标为 118°53′~125°46′E,38°43′~43°26′N,陆地面积 14.86 万km^2,海域面积 4.13 万km^2,大陆海岸线全长 2 110 km。全省地形概貌大体为“六山一水三分田”,地势北高南低,山地丘陵分列东西向中部平原下降。属温带大陆性季风气候,雨热同季,日照丰富,四季分明,年均温 8.8℃,自沿海向内陆逐渐递减,南北温差 5℃;年均降水量 648 mm,自西北向东南递增。辽宁省主要江河有辽河、浑河、太子河、大辽河、绕阳河、大凌河以及中朝两国共有的界河鸭绿江等;辽宁省矿产资源丰富,已探明储量矿产 110 种,其中,菱镁矿、铁矿、硼矿、金刚石的保有资源储量居全国首位。全省常住人口 4 197 万人。

据辽宁省 2020 年提交的森林资源管理“一张图”数据显示,全省林地面积 713.60 万hm^2,森林面积 612.94 万hm^2,森林蓄积量 3.47 亿m^3,森林覆盖率 41.64%。全省林业用地面积中,有林地 552.26 万hm^2,占林地总量的 77.39%;灌木林地 63.64 万hm^2,占 8.92%;其他林地 97.70 万hm^2,占 12.69%。

辽宁省国家级公益林对维护全省生态安全具有重要作用,不仅是重要的生态屏障,而且对保证粮食生产、经济发展均具有举足轻重的作用。截至 2019 年底,辽宁省国家级公益林面积 239.99 万hm^2,其中森林面积 214.48 万hm^2。森林面积中,乔木林 183.81 万hm^2,特灌林 30.67 万hm^2。国家级公益林活立木蓄积 13 619.07 万m^3(不含四旁蓄积);植被总生物量 14 538.28 万t,植被总碳储量 7 016.59 万t[7]。按生态区位划分,辽宁省国家级公益林生态区位以江河两岸为主,面积 189.35 万hm^2,占全省国家级公益林面积的 78.90%;江河源头 4.47 万hm^2,自然保护区和自然遗产地 5.70 万hm^2,湿地和水库 8.56 万hm^2,边境地区 7.90 万hm^2,荒漠化和水土流失严重地区 16.12 万hm^2,沿海防护林 7.89 万hm^2。从区域分布看,辽宁省国家级公益林主要分布在东部山区。

2 研究方法

2.1 数据来源

辽宁省国家级公益林数据来源于辽宁省 2020 年提交的森林资源管理“一张图”(图 1),有关生物量、碳汇量数据来源于第九次全国森林资源连续清查。NPP、NDVI 数据来源于中国科学院 modis 数据,生态服务价值来源于中国林业科学研究院。

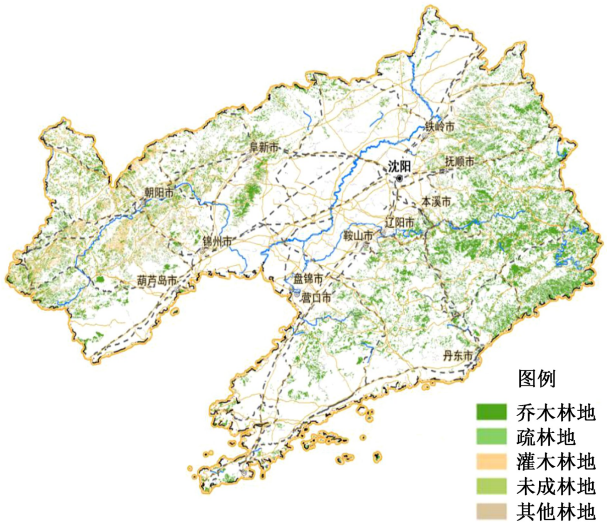


图 1 辽宁省国家级公益林分布

Fig. 1 Distribution of national public welfare forests in Liaoning Province

2.2 监测评价方法

监测评价办法依据《国家级公益林监测评价实施方案(试行)》(2019 年),国家级公益林监测评价指标由范围与数量、质量与结构、生态系统服务功能等指标组成,具体监测评价路线如图 2 所示。

3 结果分析

3.1 公益林结构分析

从地类构成看,辽宁省国家级公益林地(全部为乔木林地)183.81 万hm^2,占公益林地面积的 76.59%;

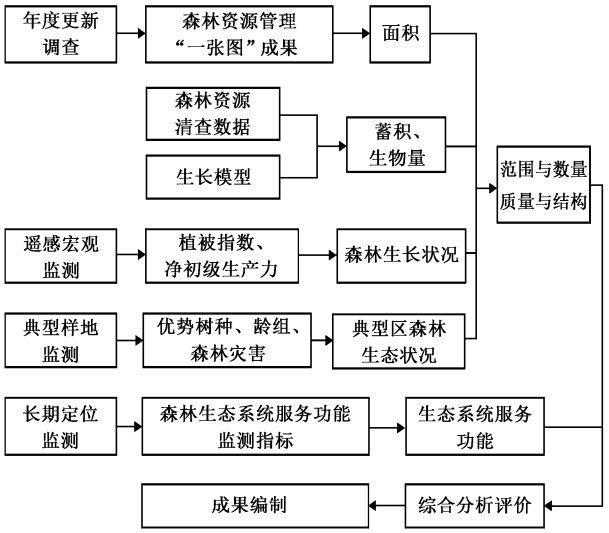


图 2　国家级公益林监测评价路径

Fig. 2　Monitoring and evaluation methods of national public welfare forests

疏林地 1.24 万hm^2,占 0.52%;灌木林地 36.77 万hm^2,占 0.89%;未成林地 1.13 万hm^2,占 0.47%;其他林地 17.04 万hm^2,占 7.10%。地类构成以乔木林地为主。按林地使用权划分,国有林 48.97 万hm^2,占公益林地面积的 20.41%;集体林 65.45 万hm^2,占 27.27%;个体林 125.57 万hm^2,占 52.32%。权属结构以个人为主。

从起源看,天然林 132.72 万hm^2,占公益林地面积的 55.30%;人工林 81.76 万hm^2,占 34.07%;其他公益林地 25.51 万hm^2,占 10.63%。起源以天然林为主。从林种结构看,防护林 204.08 万hm^2,占公益林地面积的 85.04%;特用林 10.40 万hm^2,占 4.33%;其他公益林地 25.51 万hm^2,占 10.63%。林种结构以防护林为主。从乔木林龄组结构看,幼龄林 52.68 万hm^2,占公益林地面积的 28.66%;中龄林 38.81 万hm^2,占 21.11%;近熟林 29.94 万hm^2,占 16.29%;成熟林 52.95 万hm^2,占 28.81%;过熟林 9.43 万hm^2,占 5.13%。龄组结构以幼龄林和成熟林为主,中龄林、近熟林比例低,林龄结构搭配一般。

从乔木林树种结构看,辽宁省国家级公益林以阔叶林为主,尤其是栎类,面积 96.34 万hm^2,占乔木林面积的 52.41%,其次是油松林,面积 40.28 万hm^2,占 21.91%;其他主要树种(组)包括其他软阔类 9.11 万hm^2,占 4.96%;刺槐林 8.02 万hm^2,占 4.37%;落叶松 7.47 万hm^2,占 4.06%;杨树 4.73 万hm^2,占 2.57%。栎类、其他软阔类、刺槐林等均属于混交结构的林分,且大多为天然林,凸显国家级公益林在抵抗病虫害能力方面较强,生物多样性保护能力较高。

从乔木林群落结构看,完整结构面积 126.07 万hm^2,占公益林地面积的 68.58%;较完整结构面积 56.65 万hm^2,占 30.82%;简单结构面积 1.10 万hm^2,占 0.60%。完整结构面积占比高于全国平均水平(64.95%)近 4 个百分点,说明辽宁省国家级公益林群落的完整性较好。

3.2 国家级公益林质量评价

3.2.1 植被覆盖状况

根据植被光谱特性,将卫星可见光和近红外波段进行组合,形成了各种植被指数。本研究中使用的植被指数为 NDVI,即归一化植被指数:NDVI = (NIR−R)/(NIR+R),其中 NIR 为近红外波段的反射值,R 为红光波段的反射值。根据 2018 年生长季的 NDVI 季度均值(第三季度),分析国家级公益林不同植被覆盖等级区域,即高植被覆盖区域(NDVI≥0.6)、植被覆盖一般区域(0.4≤NDVI<0.6)、较低植被覆盖区域(0.2≤NDVI<0.4)和植被覆盖很低区域(0<NDVI<0.2)的面积和分布范围。

2018 年辽宁省国家级公益林植被 NDVI 指数为 0.78,其中乔木林植被 NDVI 指数为 0.80。由于全省国家级公益林地类以乔木林地为主(占 76.59%),因此,全省均处于高植被覆盖区域。全省国家级公益林以高植被覆盖为主,面积 227.81 万hm^2,占总面积的 94.93%,主要分布于东部山区;植被覆盖一般区域面积 11.22 万hm^2,占 4.67%,主要分布于西北部;较低植被覆盖区域和植被覆盖很低区域面积 0.96 万hm^2,占 0.40%,主要分布西北边境与内蒙古自治区接壤区域。

国家级公益林植被 NDVI 指数由 2004 年的 0.75 增加至 2018 年的 0.78,乔木林植被 NDVI 指数由 0.77 增加至 0.80,总体维持在较高水平,由于绝大部分面积处于高植被覆盖区域,因此上升缓慢。14 年来国家级公益林植被覆盖状况整体得到明显改善,其面积占国家级公益林总面积的 78.16%,主要分布于西部和东北部,其中植被覆盖显著增加的面积占 28.68%,轻微增加的面积占 49.48%;植被覆盖减少的面积占 18.91%,其中,轻微减少的面积占 17.18%,明显减少的面积仅占 1.73%,主要分布于北部和西部地区;植被基本未发生变化的面积仅占 2.93%。

3.2.2 植被生长状况

植被生长状况用净初级生产力 NPP 来评价。初级生产力是指生态系统中植物群落在单位时间、面积上所产生的有机物质的总量。一般以每天、每平方米有机碳含量(质量数)表示。初级生产力又可分为总初级生产力和净初级生产力。总初级生产力是指单

位时间内绿色植物通过光合作用途径所固定的有机碳量(又称总第一性生产力),GPP 决定了进入陆地生态系统的初始物质和能量。净初级生产力则表示植被所固定的有机碳中扣除自身呼吸消耗部分后的有机碳量,这一部分用于植被的生长和生殖(也称净第一性生产力)。两者的关系为:净初级生产力=总初级生产力-自养生物本身呼吸所消耗的同化产物。

根据2017年NPP年均值,分析全国国家级公益林分不同生产力水平的面积和范围,Ⅰ级:100 g C/(m^2·a);Ⅱ级:100~200 g C/(m^2·a);Ⅲ级:200~300 g C/(m^2·a);Ⅳ级:300~400 g C/(m^2·a);Ⅴ级:400~500 g C/(m^2·a);Ⅵ级:大于500 g C/(m^2·a)。高生产力包括Ⅴ级、Ⅵ级;中生产力包括Ⅲ级、Ⅳ级;低生产力包括Ⅰ级、Ⅱ级。

2017年国家级公益林植被NPP值为579.84 g C/(m^2·a),其中乔木林植被NPP值为614.53 g C/(m^2·a),全省植被NPP值呈现自东至西递减趋势。全省国家级公益林植被以高生产力为主,区域面积223.65万hm^2,占总面积的93.19%,分布范围与高植被覆盖区域基本相同,该区域属气候湿润、水热条件较好、海拔相对较高、土壤条件较好的东部山区;中生产力区域面积13.94万hm^2,占5.81%,主要分布在辽宁省西部;低生产力区域面积2.40万hm^2,占1.00%,分布范围与低植被区域基本相同。

国家级公益林植被NPP值由2004年的531.93 g C/(m^2·a)增加至2017年的579.84 g C/(m^2·a),乔木林NPP值由559.79 g C/(m^2·a)增加至2017年的614.53 g C/(m^2·a),总体呈波动上升趋势。14年来,国家级公益林植被生长以向好发展为主,植被生长改善面积占总面积的76.72%,主要以轻微改善为主,面积占比为58.81%;退化面积占21.39%,其中显著退化面积占比仅为1.89%;未发生变化的面积占1.89%。

3.2.3 森林质量状况

在辽宁省国家级公益林中,森林面积214.48万hm^2,占国家级公益林总面积的89.37%。从森林资源连续清查的植被覆盖、森林结构、森林生产力、森林健康、森林干扰程度等方面选取指标,构建森林资源质量综合评价指标体系。采用层次分析法和专家咨询法计算森林质量综合评价指数,指数越高,表示森林质量越好[8]。

辽宁省国家级公益林森林质量为0.55,处于中等水平。全省质量"中等"的森林面积133.19万hm^2,占森林总面积的62.10%;其次为质量"差"的森林,面积42.83万hm^2,占19.97%;质量"好"的森林面积38.46万hm^2,占17.93%。质量好的森林占比略低于全国(20.68%)平均水平,说明辽宁省国家级公益林的森林质量略差,需要提升。

辽宁省健康森林面积199.21万hm^2,占森林总面积的92.88%;亚健康和中等健康森林面积12.01万hm^2,占5.60%;不健康森林面积3.26万hm^2,占1.52%。按灾害类型分,无灾害森林面积199.21万hm^2,占92.88%;受气候灾害的森林面积5.32万hm^2,占2.48%;受病虫害危害的森林面积9.80万hm^2,占4.57%;受其他灾害的森林面积0.17万hm^2,占0.08%。辽宁省国家级公益林以健康森林为主。

3.2.4 乔木林质量

在辽宁省国家级公益林中,乔木林面积183.81万hm^2,占国家级公益林总面积的76.59%。国家级公益林乔木林质量指数为0.57,处于中等水平。乔木林蓄积量78.27 m^3/hm^2,平均郁闭度0.62,平均胸径13.6 cm。其中,天然林蓄积量97.43 m^3/hm^2,人工林蓄积量42.08 m^3/hm^2。乔木林平均郁闭度、平均胸径略大于全国平均水平(全国乔木林平均郁闭度0.58,平均胸径13.4 cm),但公顷蓄积较全国(乔木林公顷蓄积94.83 m^3)平均水平有较大差距。表明辽宁省国家级公益林乔木林质量较差,提升空间较大。

3.3 国家级公益林生态系统服务功能分析

根据《森林生态系统服务功能评估规范》(LY/T 1721-2008),对辽宁省国家级公益林森林生态系统服务功能价值进行测算。据测算,国家级公益林年涵养水源量42.44亿m^3,年固土量9 274.66万t,年保肥量643.56万t(其中土壤固氮20.71万t,固磷8.97万t,固钾190.92万t,固有机质422.95万t),年吸收大气污染物量33.08万t(其中吸收二氧化硫30.65万t,吸收氟化物0.92万t,吸收氮氧化物1.53万t),年滞尘量3 758.86万t,年固碳量487.85万t,年释氧量1 187.94万t,年固沙量304.59万t。

采用机会成本法、市场价值法、防护成本法、恢复成本法等计算方法进行估算,辽宁省国家级公益林年涵养水源量价值415.52亿元,年固土量价值85.97亿元,年保肥量价值167.70亿元,年吸收大气污染物量价值4.41亿元,年滞尘量价值28.71亿元,年固碳量价值51.58亿元,年释氧量价值190.75亿元,年固沙价值2.87亿元,物种资源保育价值545.22亿元,森林康养81.44亿元,合计1 757.57亿元。

4 结论与讨论

4.1 国家级公益林的作用

辽宁省国家级公益林在保持水土、减少土壤流

失、保育生物多样性、固碳释氧、净化大气、提升生态质量等方面发挥了巨大作用,生态服务价值极高,达到了 2019 年辽宁省农林牧副渔产值(第一产业 1 333.42 亿元)的 80.7%,相当于 2019 年辽宁省 GDP(24 909.5 亿元)的 7.06%,对促进经济社会发展起到举足轻重的作用[9],极大地改善了居民生态环境,提高了人民健康水平。

4.2 国家级公益林管理中存在的问题

4.2.1 国家级公益林布局不合理

经监测发现,辽宁省国家级公益林布局不合理,存在将山区林农的蚕场(主要是天然栎类)划入国家级公益林范围的情况,同时辽南地区存在将樱桃树等经济林划入国家级公益林范围的情况。由于养蚕作为山区农民生活收入来源,蚕场的经营必须平茬,导致树木无法生长起来,并且会造成土地营养物质流失和水土流失,进而造成土地沙化。同时,樱桃树等经济林不利于发挥国家级公益林的生态价值,不适宜划入国家级公益林范围。

4.2.2 国家级公益林质量不高,结构不合理

国家级公益林作为生态位置最重要、保育功能最完善的森林,应具有较高的生态质量,发挥生态质量的主体是森林,尤其是乔木林。根据监测结果,辽宁省国家级公益林林龄结构中幼龄林和成熟林占比一半以上,结构不合理;而乔木林单位蓄积低于全国平均水平,质量“好”的森林占比也低于全国水平。因此,辽宁省国家级公益林存在质量不高、结构不合理的状况。

4.2.3 国家级公益林分布结构不合理

根据图 1 所示,辽宁省沈阳—大连以西、阜新—锦州线以东区域几乎无国家级公益林分布,这部分区域约占辽宁省国土面积的 1/4,同时也是辽宁省土地沙化最严重区域,是科尔沁沙地向辽宁延伸的主要区域,生态位置重要且脆弱。该区域地势平坦,是辽宁省主要产粮区域,分布极少的国家级公益林(农田防护林网)。这些农田防护林网大多是上个世纪建设的,经过多年的发展,部分防护林网已残缺,且当时栽植的树种几乎全部是杨树,大部分已进入成、过熟林阶段,生态效益、经济效益大幅度降低,同时面临着树种单一,易遭受病虫害风险。

5 建　议

5.1 对国家级公益林分布及布局进行调整

5.1.1 对于蚕场的建议

1)对于国家级公益林,特别是一级公益林内的蚕场,应停止放蚕行为;

2)进行详细调查,摸清辽宁省蚕场在国家级公益林范围内的面积;

3)对生态区位不是很重要,且又是农民赖以生存的蚕场,在适当时对这部分区域进行调整;

4)对所有蚕场进行规划,对蚕场中坡度较大或生态条件恶化区域及生态区位重要但不属于国家级公益林范围的区域逐步停止养蚕行为。

5.1.2 对于中部国家级公益林较少的建议

做到科学布局,尤其是科学规划农田防护林网的分布,根据适地适树原则,丰富树种的选择,避免杨树“一家独大”的布局,最大程度地发挥生态屏障作用,为农业增产增收做好保障。

5.2 提升国家级公益林质量

1)严格执行相关规定,将不适宜纳入国家级公益林的蚕场和果树剔除,发挥国家级公益林的生态价值;

2)科学开展抚育工作,提升国家级公益林质量;

3)做好国家级公益林资源的保护工作。

国家层面应尽快根据新的《森林法》调整区划界定办法,增减相应的生态区位,适应新的社会发展趋势。建立起一套科学评价体系,使政府部门及时了解和掌握国家级公益林建设成效,同时可以及时向社会和国民进行宣传,提高社会关注度。

参考文献:

[1] 蔡靖. 国家生态公益林管理存在问题及对策[J]. 新农业,2022(11):46-48.

[2] 景森. 辽宁省国家公益林区划落界工作中的问题及解决措施[J]. 山东林业科技,2019,49(4):112-114.

[3] 国家林业局,中华人民共和国财政部. 国家级公益林区划界定办法(林资发〔2017〕34 号)[Z]. 2017.

[4] 于世勇. 2019 年辽宁省国家级公益林监测评价报告[R]. 北京:国家林业和草原局调查规划院,2020.

[5] 宋立坤. 抚远市国家重点生态公益林森林生态系统功能评价[J]. 林业勘查设计,2021,50(3):33-36,54.

[6] 刘伟,潘永柱,徐肇友,等. 百山祖国家公园公益林碳储量及分配特征[J]. 生态学杂志,2021,40(1):1-10.

[7] 李大威. ArcGIS 在辽宁省国家公益林调整中的应用[J]. 陕西林业科技,2020,48(1):109-111.

[8] 于世勇. 2020 年辽宁省国家级公益林监测评价报告[R]. 北京:国家林业和草原局调查规划设计院,2021.

[9] 国家林业和草原局. 中国森林资源报告(2014-2018)[M]. 北京:中国林业出版社,2019.

[10] 2019 年辽宁省国民经济和社会发展统计公报[EB/OL]. (2020-03-04). http://district.ce.cn/newarea/roll/202003/04/t20200304_34400819.shtml.

责任编辑:许易琦

doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2023. 06. 006

我国森林生态补偿法律制度研究

马友佳
(河海大学,江苏 南京 211100)

摘要:良好的生态环境是人类生存和发展的必要外部条件,而森林资源是构成良好生态环境的重要基础。森林资源同时具有经济效益和生态效益,过度追求其经济价值导致森林生态系统遭受严重破坏,继而引发了一系列生态环境问题。森林生态补偿制度作为维护生态安全和生态公平的重要手段,日益受到各国的重视。我国在政府主导下开展的森林生态补偿实践取得了显著成效,但也暴露出我国森林生态补偿法律制度立法不健全、市场配套机制不完善等问题。森林生态补偿制度是国家生态文明建设的重要内容,"十四五"时期,立足新的发展阶段,碳达峰、碳中和纳入经济社会发展和生态文明建设整体布局,应该抓住机遇,构建开放的多元化、市场化的森林生态补偿机制,以完善的法律法规和配套机制作为支撑,加快推进森林生态补偿法律制度的建设完善。

关键词:森林资源;森林生态补偿;法律制度;市场机制;碳汇;森林认证;林下经济

中图分类号:S718. 56;F224. 5;DF463 **文献标识码**:A **文章编号**:1671-3168(2023)06-0028-06

引文格式:马友佳. 我国森林生态补偿法律制度研究[J]. 林业调查规划,2023,48(6):28-33. doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2023. 06. 006

MA Youjia. Legal System of Forest Ecological Compensation in China[J]. Forest Inventory and Planning,2023,48(6):28-33. doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2023. 06. 006

Legal System of Forest Ecological Compensation in China

MA Youjia
(Hohai University, Nanjing 211100, China)

Abstract: A good ecological environment is a necessary external condition to the survival and development of human beings, and forest resources are an important basis for creating a good ecological environment. Forest is a kind of natural resource with both economic and ecological benefits. Excessive pursuit of its economic value has caused serious damage to the forest ecosystem, which in turn caused a series of ecological and environmental problems. As an important means of cultivating forest resources and protecting forest ecosystems, forest ecological compensation system has been paid more and more attention by all countries. The forest ecological compensation practice led by the government in China has achieved significant results, but it has also exposed issues such as incomplete legislation of the legal system for forest ecological compensation and imperfect market supporting mechanisms. The forest ecological compensation system is an important part of national ecological civilization construction. During the 14th Five-Year Plan period, based on a new stage of development, carbon peaking and carbon neutrality should be incorporated into the overall layout of economic and social development and ecological civilization construction.

收稿日期:2022-03-28.

第一作者:马友佳(1997-),女,江苏南京人,硕士研究生. 主要研究方向为环境与资源保护法. Email:614057489@qq. com

This paper proposed to seize the opportunity to build an open, diversified, and market-oriented forest ecological compensation mechanism, which is supported by systematic laws and other significant regulations, to promote the construction and perfection of the legal system of forest ecological compensation.

Key words: forest resources; forest ecological compensation; legal system; market mechanism; carbon sink; forest certification; understory economy

森林是最古老的生物资源之一,在人类社会的各个发展阶段,它都为人类的生产和生活提供了最基础的物质支撑,保障着人类的衣食住行。相比于其经济实用价值,森林的生态价值长期以来并没有得到应有的重视。森林是地球上最大的陆地生态系统,素有“地球之肺”和“天然空调”等美誉,具有调节气候、固碳释氧、涵养水源、保持水土、保持生物多样性等多方面的生态防护效能。随着经济的快速发展,人口的扩张和城市化进程的推进,森林面积骤减,森林生态系统服务功能减弱,导致水土流失加剧、自然灾害频发乃至全球气候变暖等一系列生态环境问题。通过牺牲森林的生态效益来获取经济利益的发展方式破坏了人类赖以生存的外部生态环境,最终威胁到人类的永续发展。为了阻止生态情况进一步恶化,全球范围内很多国家开始呼吁并采取各种“抢救措施”保护森林资源,森林生态补偿政策兴起并逐渐成为最普遍和有效的保护森林生态效益、推进可持续发展的方式。

进入 21 世纪,《千年生态系统评估报告》(*The Millennium Ecosystem Assessment*)将生态系统服务界定为供给服务、调节服务、文化服务以及支持服务,具体到森林生态系统又有特定的功能表现。通过对森林主要的生态系统功能如碳汇功能、水质和水量控制功能、消解污染物功能、生物多样性保护功能等进行补偿,从而保持森林生态系统稳定性,提高森林生态系统服务质量。同时,在社会效益方面,森林生态补偿也具有一定的扶贫作用。

1 我国森林生态补偿法律制度概论

1.1 我国森林生态补偿制度发展沿革

在我国古代,保护自然生态、以法治林萌芽甚早。据《逸周书》记载:“禹之禁,春三月山林不登斧,以成草木之长”,体现了古人对自然规律的尊重和对森林资源的爱护,形成了“以时禁发”思想,对森林资源有节制地开发利用[1]。

我国国土辽阔,但总体上森林资源分布不平衡,森林覆盖率低。20 世纪 70 年代全国森林资源清查资料显示,我国的森林覆盖率持续降低,主要林区森林过伐。20 世纪 80 年代初,我国将保护环境确定为一项基本国策,生态补偿成为保护和修复生态环境的重要手段。对森林资源实施生态补偿是生态补偿政策较早的实践领域之一。1981 年,《中共中央、国务院关于保护森林发展林业若干问题的决定》发布,明确要建立森林生态效益补偿制度,成立“林业基金”和“绿化费”。上述文件为森林生态补偿的推进指明了方向。1998 年《森林法》修改,确立了森林生态效益补偿基金制度,2004 年中央森林生态效益补偿基金正式建立,加大了补偿资金的投入,补偿范围也随之扩大到全国,保障了退耕还林等森林生态补偿实践的开展,全国的森林覆盖率明显上升。党的十八大将生态文明建设纳入“五位一体”总体布局,对森林资源的保护工作提出了新的目标。2014 年修订的《环境保护法》增加了生态保护补偿制度,2019 年修改的《森林法》第 7 条明确规定国家建立森林生态效益补偿制度,森林生态补偿制度正式在法律层面确立。进入新时代以来,更加强调要加强生态修复,实现生态补偿机制的市场化和多元化。森林作为生态环境的重要基础,其生态效益发挥的好坏,直接影响着我国生态文明建设的成效。因此,进一步研究和完善我国森林生态效益补偿法律制度,是推进生态文明建设的必由之路,也是顺应时代发展的必然要求。

1.2 森林生态补偿相关概念界定

1.2.1 生态系统或环境服务付费

国际上,生态补偿一词主要指对自然生态系统本身的补偿;生态系统服务付费(payments for ecosystem services),或者说环境服务付费(payments for environmental services),则类似于我国的对因保护生态而遭受损失的主体的经济补偿[2]。生态系统服务付费(PES)的发源可以追溯到 19 世纪早期文献中对自然提供的服务应予付费的思想,然而视 PES 为一种激励生态保护的市场机制是在近 20 年才迅速发展起来[3]。关于 PES 的概念,RUPES 项目所界定的概念是国外最有影响力的观点之一,包含 4 个条件:现实性;自愿性;条件性;有利于穷人[4]。从

上述观点可以看出,国外的环境服务付费概念更多是在市场机制的语境下形成的。

1.2.2 森林生态补偿

法律概念是法律逻辑体系建构的基础。森林生态补偿法律制度的研究首先要界定森林生态补偿的概念[5]。生态学最初将生态补偿称为“自然生态补偿”,意指生态系统对于干扰的自我修复和自我调节能力,与外部行为无涉[6]。随着环境保护意识的兴起,经济学和环境科学等学科都对生态补偿制度展开了研究,并且主张通过经济刺激的方式调整相关主体间的利益关系,达到保护环境的目的。

法学也对生态补偿制度展开了研究,但学界对它的概念还没有形成统一的观点。学者们的观点虽然在补偿主体的范围、补偿标准等方面存在分歧,但都有一个共同的宗旨,就是通过对生态环境的保护者进行一定的补偿从而实现对生态系统的保护和持续利用。森林生态补偿属于生态补偿范畴。目前国内研究中针对森林生态补偿有 3 种表述:森林生态补偿、森林资源生态补偿以及森林生态效益补偿[7]。三者的区别在于表达的角度不同,前两者是从对森林生态环境和森林生态环境保护者进行补偿的角度出发,含义更广;而后者则是从对森林生态系统服务功能进行补偿的角度出发。从补偿支付主体和补偿客体角度出发,笔者倾向于森林生态补偿的提法,故本文统一称为森林生态补偿。

国内很多学者都尝试给森林生态补偿下定义。李文华等学者认为要通过经济激励的方式鼓励人们维护和保育森林生态系统服务功能[8],李国志则更强调法律法规在森林生态补偿开展中的引导和保障作用[9]。不同学者的观点各有侧重,笔者认为概念应当反映事物的本质属性和共同特性,森林生态补偿概念界定应该结合我国的实际情况,体现生态补偿的目的、对象和方式等内容。因此,笔者将森林生态补偿的概念界定为“为保持森林生态系统服务持续稳定供给,体现环境和社会的公平正义,依据相关法律法规,由政府或其他市场主体通过经济手段等方式对管理和保护森林的主体根据相关标准提供一定的利益补偿,对损害生态环境的主体施以惩罚,以此激励社会各主体积极主动参与森林生态保护的制度”[10]。

1.3 森林生态补偿的原则

我国《森林法》第三条规定,保护、培育、利用森林资源应当尊重自然、顺应自然,坚持生态优先、保护优先、保育结合、可持续发展的原则。由此可见,作为一种生态治理方式,生态补偿制度必须以可持续发展原则以及尊重生态规律原则为根本方向。同时,它推行的过程就是各方利益相互博弈和协调的过程,所以公平和正义原则也是必须坚守的底线。基于森林的公共物品属性,“谁开发谁保护、谁受益谁补偿”也是开展森林生态补偿的基本原则。

2 我国森林生态补偿法律制度的现状及问题

2.1 森林生态补偿立法不健全

森林生态补偿立法上的不健全首先体现在森林生态补偿表述上的不统一。《环境保护法》和《森林法》分别使用的是“生态保护补偿”和“生态效益补偿”的提法,不同的表述名称所指向的虽然是同一个制度,但是它们的内涵、外延和标准往往有所不同,所谓失之毫厘,差以千里。因此,完善森林生态补偿制度首要的就是要统一概念表达的口径,以实现立法技术与立法质量的同步提高[11]。

2010 年,《生态补偿条例》就已经列入国务院的立法计划,然而该条例直至今天仍停留在研究和讨论阶段,生态补偿专门性法规立法进程缓慢。另一方面,《环境保护法》和《森林法》都为森林生态补偿机制进行了顶层设计,但缺乏对具体操作规则的设计,不利于实际的执行。

2.2 单一性特征明显

我国森林生态补偿制度具有“单一性”的特点,通常表现在补偿支付主体单一,这在很大程度上是由单一的补偿模式和资金来源决定的。我国的森林生态补偿是在政府主导下进行的,相当长的一段时期内,中央政府几乎是唯一的补偿支付主体,虽然市场机制仍然发挥了一定的作用,但是政府的纵向财政转移支付是目前森林生态补偿资金的最主要来源,长此以往,既不利于森林生态补偿的持续健康发展,也给政府财政造成了巨大压力。

2.3 补偿范围过窄

现阶段,我国对森林实行分类经营管理,森林生态补偿主要指针对生态公益林的补偿,不包括商品林。对于国家公益林,一般由中央财政生态效益基金和地方财政补偿补助。商品林由于在经济市场中通过交易实现了其自身经济价值,因此被排除在补偿范围之外,但是不可否认,商品林具有经济效益的同时也发挥着生态效益,是整个林业生态系统的一部分。

2.4 补偿标准不科学

首先,我国森林生态补偿标准偏低。2004 年

《中央森林生态效益补偿基金管理办法》规定的平均补助标准为每年 75 元/hm^2,虽然到 2018 年对于集体和个人所有的国家级公益林补偿标准提高到每年 225 元/hm^2,但基于培育和管护森林的成本而言仍然偏低,直接影响到林权主体,特别是林农参与生态补偿的意愿。

其次,我国森林生态补偿标准单一。不论是森林生态效益补偿补助,还是退耕还林等工程,中央财政都是统一划定补助标准。固定统一的生态补偿标准既没有体现不同森林生态系统的生态区位、地理状况、林分质量和类型等特点,也没有考虑到不同地区的市场经济条件和不同地方政府财政情况,导致一些地区补偿标准和保护成本不相匹配,出现补偿不足或过度补偿的情况,进一步加剧了地区间的不公平,不利于森林生态效益的持续增加。

2.5 公众参与制度不健全

一方面,有学者对相关城市城镇居民森林生态补偿支付意愿情况进行了调查,有近三分之一的居民没有支付意愿,其中有相当一部分居民表示“对此事不关心”或认为“生态环境问题是政府的事”。可以看出,这部分居民生态保护意识薄弱,不能积极响应和配合政府的森林生态补偿工作。另一方面,无论是普通群众还是林农等参与主体,他们的建议和利益诉求往往不能通过相应渠道进行反映,这必然会降低社会公众的认同感和接受度,影响生态补偿目标的有效实现[12]。

3 展望与建议

《2021 年中国国土绿化状况公报》显示,全国完成造林 360 万hm^2,完成天然林抚育 113.33 万hm^2,退耕还林 38.08 万hm^2,森林覆盖率达到 23.04%,国土绿化成效显著。“十四五”时期,立足新的发展阶段,碳达峰、碳中和纳入经济社会发展和生态文明建设整体布局,应该抓住机遇,提升生态系统碳汇增量,加快完善森林生态补偿市场机制。

3.1 健全森林生态补偿政策法规

森林生态补偿法律制度的建设和完善重点在于立法。健全的法律法规是森林生态补偿能够顺利进行的制度依据和保障。除了在现有的法律法规等规范性文件中统一生态补偿的表述之外,针对现有的《环境保护法》和《森林法》中对森林生态补偿的规定内容较少,且多是原则性规定的问题,应该从法律体系角度出发,尽快制定《生态补偿条例》,对森林生态补偿进行专门规定。作为专门性行政法规,《生态补偿条例》应当在总则部分明确规定生态补偿的基本内容,包括内涵、目的、原则、适用范围以及监管机构等内容;森林生态补偿则作为《条例》中一个专门章节,具体地规定涉及的概念、补偿主体、补偿标准、补偿方式和法律责任等内容。只有在上位法中明确森林生态补偿的相关规则,才能为下位法对森林生态补偿制度的细化和实施奠定基础。

3.2 构建多元化的森林生态补偿机制

多元化的森林生态补偿机制要求森林生态补偿支付主体的多元化和补偿资金来源的多元化。

1)除了政府之外,按照“谁受益,谁补偿”的原则,其他森林生态补偿的受益主体应当分担一部分生态补偿所需资金。市场主体包括个人、企业或其他社会组织。

2)丰富森林生态补偿资金的来源渠道

增加政府的财政收入:日本的水源税制度和德国的生态税制度都对我国征收生态税有积极的借鉴意义。日本的水源税是以促进上游森林经营管理为出发点而对下游水源受益者征收的特殊税种。水源税向下游居住地的居民等额征收,但困于生计的低收入群体可享受免税特例。德国通过立法规定对破坏森林的行为征收森林维护税。笔者认为,一方面可以参考日本的做法,对特定地区森林的某一项生态系统功能设置税种,对依靠森林资源某一项生态系统功能获益的企业,包括大型水库、森林公园等征税;另一方面,可以参考德国的做法,对破坏森林资源的企业或个人征收生态税或者通过对这类主体进行处罚,比如责令其修复生态环境或者将其缴纳的罚金纳入生态补偿基金,来弥补破坏环境的行为。具体的制度设计如生态税税率,可以结合不同地区的经济水平,根据森林生态效益管护成本进行确定和动态调整。

通过市场机制或其他方式获取资金:借鉴澳大利亚和哥斯达黎加的经验,将市场补偿和社会补偿结合起来。一方面,要引入市场机制,如森林碳汇交易市场、保护生物多样性信托基金;另一方面,可以积极与世界银行等国际组织、全球环境基金等机构以及一些环保公益组织进行交流合作,申请贷款或接受捐款,充分吸收外部资金。

3.3 完善市场化的森林生态补偿机制

2018 年,国家发展改革委等九部门联合印发了《建立市场化、多元化生态保护补偿机制行动计划》,明确要推动建立由生态受益者对生态保护者补偿的市场机制。根据我国的实际情况,更进一步

地完善森林生态补偿市场机制,拓宽森林生态补偿资金来源势在必行。目前,通过借鉴国外的实践经验,我国已经对市场化补偿机制展开了积极探索,在此基础上也需要进行更多尝试并完善相关制度。

3.3.1 森林碳汇交易

森林有固碳释氧的生态服务功能,狭义的森林生态补偿市场机制主要指森林碳汇交易。通过一定的价值核算方法可以量化森林的固碳能力,进而作为一种生态资本在市场上进行交易。我国森林碳汇市场交易项目主要包括三种类型:一是《京都议定书》建立的清洁发展机制(clean development mechanism)中的林业碳汇项目。二是中国碳交易市场中认可的中国核证自愿减排量(Chinese certified emission reduction)中的林业碳汇项目,如企业向政府购买备案碳汇的履约市场。截至目前,全国已经建立了七个碳汇交易市场试点。三是其他自愿类项目。

2004 年我国碳汇工作开始起步,2020 年 4 月全国碳排放权交易系统已经完成系统建设。总体而言,我国森林碳汇项目发展较快,但也有很大的改进空间。首先,改进立法工作,对森林碳汇的基础问题进行明确规定。目前,我国森林碳汇交易市场的运行只有相关部门的指导性文件和针对具体问题的规范性文件作为依据,面临无法可依的尴尬境遇;其次,森林碳汇市场监管困难。对各个森林碳汇市场的监管并不是由独立和专业的监管机构进行,通常是由地方政府相关部门承担监管责任,可能会出现权利的重合,降低监管的效率。除了法律和制度上的问题,我国森林碳汇需求相对不足以及碳汇项目供给的交易成本高都会影响碳汇交易制度的进一步发展。

3.3.2 发展林下经济

林下经济主要是指以林地资源和森林生态环境为依托,利用林荫优势以及林下土地资源发展起来的林下观赏、种植、养殖等生态产业。林下经济能够通过一定的包装在市场上进行交易,比如,基于森林系统发展森林旅游和森林康养产业,这是基于森林净化空气、休养生息等生态系统服务功能。我国有一大部分森林资源处于西南深山区、边疆等欠发达地区[13],因地制宜地发展林下经济能够确保贫困区农民不砍树也能致富,是实现生态脱贫的重要模式和有效途径。然而林下经济的发展是一个系统工程,其经营和管理需要大量的技术、资金、市场、品牌等方面的投入和政策性支持。

3.3.3 开展森林认证

森林认证是指由一个独立且有一定权威的第三方认证机构依据公认的认证标准与原则,对森林或林业产品经营者的的经营管理活动进行审核与评估,对符合要求者发放证书的过程。森林认证主要分为两种不同的类型:自愿申请认证和强制性认证。通过认证的结果可以体现为环境标签或林产品标签等标志。从制度运行来看,森林认证是一种间接的森林生态补偿制度。经过认证的生态产品因为代表了更高的质量或者体现了生态友好等理念,价格往往更高,绿色消费者在购买该部分产品时多付出的金钱即可作为对森林生态服务的补偿。在“绿色”发展理念的引导下,我国可以借鉴欧盟的生态标志制度构建我国的森林认证制度。

3.4 实施更加科学的补偿标准

笔者认为,基于公平原则,补偿标准至少要覆盖生态保护的成本,但是以森林发挥的生态效益为依据确定补偿标准是最优选择。对森林生态系统的生态效益价值进行测算时要衡量多种因素对其产生的影响,包括生态区位、森林面积、树种、林龄和林分质量等,在此基础上实施差异化的补偿标准。很多国家都采取了类似的做法,例如哥斯达黎加根据生态系统类型以及林地不同的天然禀赋,提供差异化的财政激励价格;英国则是根据林种实行不同的生态补偿标准,针对阔叶林的补偿标准比针叶林要高近一倍。

3.5 完善森林生态补偿相关配套制度

3.5.1 建立健全责任监督机制

建立森林生态补偿的监督管理制度有利于保证生态补偿政策落实到位。实践中往往会发生生态补偿资金落实不到位或者层层盘剥的违法现象,使生态补偿制度沦为了形式主义,也增加了进一步实施的阻力。特别是在集体林权制度改革之后,林农可单独与林业单位签订管护合同,但作为弱势方,林农的权利有时也难以获得保障。在这种情况下,需要从法律上明确补偿制度涉及到的各个主体的责任承担问题。

此外,可以借鉴美国和哥斯达黎加等国的成功经验,鼓励社区参与森林生态补偿的管理和监督。相对成熟的社区参与协商机制在透明、开放、灵活的基础上,通过市场监督、政府监管,对生态补偿项目的顺利实施起到了非常重要的作用[14]。

3.5.2 完善公众参与制度

森林生态补偿制度的有效实施离不开公众的积

极参与[15-21]。相当一部分居民生态保护意识淡薄,甚至缺乏对森林重要性的认知。因此,完善森林生态补偿公众参与制度的第一步就是要加强生态环保理念的宣传。根据宣讲对象的不同,可以采取线上和线下相结合的方式,一方面,林草部门可以制作宣传片发布到网络平台,另一方面,可以制作宣传册和宣传标语,走进乡村、社区和学校,普及森林资源和森林生态补偿的信息,开展环保教育活动。

其次,拓宽公众的参与渠道。一方面,林草主管部门要建立听证制度或者设立留言信箱或平台,给公众针对森林生态补偿的实施提供建言献策的机会,并及时进行回应,通过多方的互动增进公众对森林生态补偿制度的了解和信任。另一方面,应该发挥社会环保组织的纽带优势,反映人民群众的利益诉求。

参考文献:

[1] 张连伟. 论《管子》的林业思想[J]. 农业考古,2021(3):101-106.

[2] 王会. 森林生态补偿理论与实践思考[J]. 中国国土资源经济,2019,32(7):25-33,51.

[3] 蔡晶晶. 从经济激励到规范导引:生态系统服务付费研究评析[J]. 林业经济,2020,42(4):20-33.

[4] 靳乐山,李小云,左停. 生态环境服务付费的国际经验及其对中国的启示[J]. 生态经济,2007(12):156-158,163.

[5] 李小强,史玉成. 生态补偿的概念辨析与制度建设进路——以生态利益的类型化为视角[J]. 华北理工大学学报(社会科学版),2019,19(2):15-19.

[6] 刘国涛. 生态补偿概念和性质[J]. 山东师范大学学报(人文社科版),2010(5):145-150.

[7] 马浩然,赵天忠. 森林生态效益补偿研究进展与展望[J]. 北京林业大学学报(社会科学版),2021,20(4):90-99.

[8] 李文华,李芬,李世东,等. 森林生态效益补偿的研究现状与展望[J]. 自然资源学报,2006(5):677-688.

[9] 李国志. 森林生态补偿研究进展[J]. 林业经济,2019,41(1):32-40.

[10] 陈开琦,杨红梅. 论我国森林生态补偿法律制度[C]//生态文明法制建设——2014 年全国环境资源法学研讨会(年会)论文集》(第二册),2015.

[11] 刘艳. 后脱贫时代生态补偿立法体系的构建[J]. 山西农业大学学报(社会科学版),2020(5):16-23.

[12] 刘蓓. 完善我国生态补偿相关法律制度[J]. 边缘法学论坛,2020(2):62-64.

[13] 李明川,于博洋. 集体林权制度改革中的森林生态补偿政策研究——以黎平县 D 侗寨为例[J]. 现代农业科技,2018(19):179-182.

[14] 彭诗言. 国际生态服务付费的经验借鉴[J]. 前沿,2011(12):196-200.

[15] 范苏,彭红军. 澳大利亚森林生态效益补偿市场化经验与启示[J]. 世界林业研究,2021,34(3):112-116.

[16] 梁增然. 我国森林生态补偿制度的不足与完善[J]. 中州学刊,2015(3):60-63.

[17] 李英,潘鹤斯. 社会信任与城镇居民森林生态补偿支付意愿研究——基于黑龙江省的调查数据[J]. 干旱区资源与环境,2020,34(7):90-96.

[18] 王璟睿,陈龙. 国内外生态补偿研究进展及实践[J]. 环境与可持续发展,2019,44(2):121-125.

[19] 李琪,温武军,王兴杰. 构建森林生态补偿机制的关键问题[J]. 生态学报,2016,36(6):1481-1490.

[20] 梁增然. 发达国家森林生态补偿法律制度分析与借鉴[J]. 郑州大学学报(哲学社会科学版),2015,48(4):42-46.

[21] 李莹. 森林生态价值核算及生态补偿研究—以牡丹江市为例[D]. 沈阳:东北农业大学,2016.

责任编辑:刘平书

doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2023. 06. 007

基于生态敏感性评价的森林公园生态保护及利用研究

——以福州国家森林公园为例

邱 雯[1],黄启堂[2]
(1. 福建林业职业技术学院,福建 南平 353000; 2. 福建农林大学,福建 福州 350000)

摘要:对福州国家森林公园生态因子进行选取和等级划分,从地形因子、气象因子和地表因子方面对森林公园进行生态敏感性调查分析,构建森林公园生态敏感性评价体系。采用自然间断法将所得数据划分为生态极度、重度、中度、轻度和不敏感区域 5 个等级,对森林公园整体生态敏感性进行分析。结果表明,福州国家森林公园表现出较高的生态敏感性,大部分处于生态重度至轻度敏感区域。对 2015—2020 年福建省生态敏感性分布进行调查分析。结果表明,福建省不同森林公园生态极度、重度、轻度和不敏感 4 个方面的森林面积整体保持增长趋势,不敏感和轻度生态敏感的森林面积约占总面积的 10%,中度生态敏感森林面积呈下降趋势。建议在今后森林公园资源开发利用中注重对生态敏感性的调查分析,对生态中度敏感区域进行基础设置优化和特色开发,减少对生态极度和重度敏感区域的开发,实现对森林公园生态的进一步保护。

关键词:生态敏感性;森林公园;生态保护;自然间断法;生态因子;福州国家森林公园

中图分类号:S759. 91;Q142. 8 **文献标识码**:A **文章编号**:1671-3168(2023)06-0034-07

引文格式:邱雯,黄启堂. 基于生态敏感性评价的森林公园生态保护及利用研究——以福州国家森林公园为例[J]. 林业调查规划,2023,48(6):34-40. doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2023. 06. 007

QIU Wen, HUANG Qitang. Ecological Protection and Utilization of Forest Park Based on Ecological Sensitivity Evaluation [J]. Forest Inventory and Planning,2023,48(6):34-40. doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2023. 06. 007

Ecological Protection and Utilization of Forest Park Based on Ecological Sensitivity Evaluation

——A Case Study of Fuzhou National Forest Park

QIU Wen[1], HUANG Qitang[2]
(1. Fujian Forestry Vocational & Technical College, Nanping, Fujian 353000, China;
2. Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350000, China)

Abstract: The ecological factors of Fuzhou National Forest Park were selected and classified to conduct ecological sensitivity investigation from topographic factors, meteorological factors and surface factors, and construct an ecological sensitivity evaluation system for the forest park. Using the natural discontinuity method, the obtained data was divided into five levels of ecological extreme, severe, moderate, mild sensitivity and insensitivity areas to analyze the overall ecological sensitivity of the forest park. The results

收稿日期:2022-04-05.
基金项目:2021 福建省教育厅中青年教师教育科研项目(JAT210769).
第一作者:邱雯(1989-),女,福建南平人,硕士,讲师. 主要从事园林规划设计、康复性景观规划研究.
责任作者:黄启堂(1963-),男,福建尤溪人,教授,硕士生导师. 主要从事风景园林规划设计、园林植物应用研究.

showed that Fuzhou National Forest Park showed high ecological sensitivity, and most of the ecological sensitivity was between severe and mild. The survey and analysis of the distribution of ecological sensitivity in Fujian Province from 2015 to 2020 showed that the forest area of different forest parks maintained an overall growth trend in terms of ecological extreme, severe, mild sensitivity and insensitivity, the forest area of insensitivity and mild sensitivity accounted for about 10% of the total area, while the forest area of moderate sensitivity showed a downward trend. This paper recommended to pay attention to the investigation and analysis of ecological sensitivity in the future development and utilization of forest park resources, optimize the basic settings and characteristic development of ecologically moderately sensitive areas, reduce the development of ecologically extremely and severely sensitive areas, and further protect the ecology of forest parks.

Key words: ecological sensitivity; forest park; ecological protection; natural discontinuity method; ecological factor; Fuzhou National Forest Park

福建省位于我国沿海地区,因雨量充足、气候适宜,造成当地森林资源及其丰富,目前已成为我国重要的生态屏障之一。福建历来依靠沿海发展经济贸易,尤其是改革开放以来,福建省经济得到飞速发展,促使生活在山区的大量福建人口牵往沿海城市,造成福建沿海城市人口密度过大,超出原有城市的最大饱和,促使大量基础设施拔地而起,占据了原有的森林植被区[1]。虽然在一定程度上缓解了人口压力,但却给福建的生态环境带来严重影响,例如环境污染、水土流失加重等。福建的地理环境较为特殊,每年都会遭到洪涝、台风等极端天气的影响,其自身生态环境本身就很脆弱,再加之人为因素的影响,使福建地区的森林环境遭到极其严重的破坏[2]。为了进一步响应国家生态文明建设号召,对福建省沿海生态环境展开生态环境脆弱性调查研究,以恢复南方沿海地区生态并提出更科学的生态治理措施,旨在通过相关研究建立生态环境保护机制,为处于海陆过渡带和气候过渡带地区生态修复提供指导[3]。虽然目前越来越多的国内外学者关注生态环境敏感性研究,但大多是通过一些自然因素分析其对生态环境敏感性的影响,如气象、地形等,鲜见将城市化因素或社会经济因素考虑到其中,一定程度使所得结论不利于表达出生态环境敏感性与自然和人为因素之间的关系[4]。

以福州国家森林公园为研究对象进行生态敏感性评价分析,可实现对森林公园的保护和利用。通过对福州国家森林公园进行 5 种敏感区域分析,提出相应的生态保护和资源利用措施。此次研究方案的创新点为采用自然间断法,设置极度、重度、中度、轻度和不敏感区域对森林公园各种地形进行深入分析,以期为福州国家森林公园的保护提供帮助。

1 研究方案设计

1.1 建立生态敏感性评价体系

以气象因子、地表因子和地形因子为基础,对福州国家森林公园生态因子进行选取和等级划分,开展生态敏感性调查分析,构建福州国家森林公园生态敏感性评价体系(图 1)。

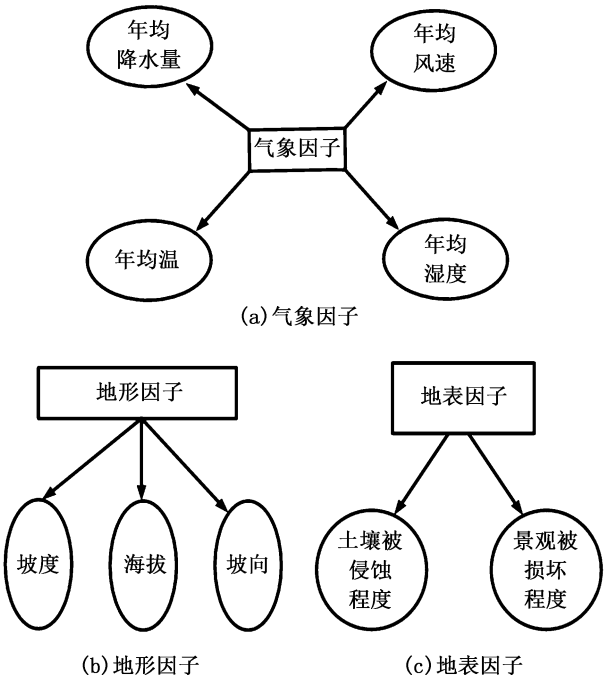


图 1　福州国家森林公园生态敏感性评价体系

Fig. 1　Ecological sensitivity evaluation system of Fuzhou National Forest Park

1.1.1 地形因子

选取地形因子主要包括高程、坡度、坡向等因子,上述因子均是利用数字高程模型通过 ArcGIS

10.2 软件分析获取,经对国家测绘地理信息的学习,将数字高程模型的分辨率设置为 30 m[5]。该模型中的 ArcGIS 10.2 软件具有较好的重分类功能,可实现对高程、坡向、坡度等生态环境因子的重分类。

1.1.2 气象因子

气象因子数据来自中国气象数据共享网络,其中温度、降水、相对湿度、平均风速等气象数据为月尺度点数据,时间年限为 2015—2020 年[6]。为保证气象因子的准确性,剔除数据的异常值,并以均值代替。为充分体现气象因子对生态环境脆弱性的影响,通过 ArcGIS 10.2 软件中插值功能实现对月气象点数据的权重法插值,从而获取福州国家森林公园 2015—2020 年间各类气象因子相关栅格数据,对其栅格数据进行计算,其结果即为福州国家森林公园最近 6 年间气象因子数据集,该数据集中包含森林公园年均风速、温度、湿度和降水量[7]。

1.1.3 地表因子

地表因子主要分为两部分,分别为景观破碎度和土壤侵蚀敏感度。这两大类数据分别来源于中国环境科学数据中心和地球系统科学数据共享网。

实验中利用土壤流失方程模型实现对福州国家森林公园土壤侵蚀强度的计算,其计算公式为:

$$S_e = \sqrt[4]{w_1 k \cdot w_2 \mathrm{LS} \cdot w_3 R \cdot w_4 C} \quad (1)$$

式中:R 为降雨侵蚀因子;C 为植被覆盖因子;S_e 为森林公园土壤被侵蚀后敏感性因子;LS 为坡度坡长因子;k 为土壤可侵蚀因子;w_1、w_2、w_3、w_4 分别为不同指标的权重系数。

利用层次分析法对福州国家森林公园的土壤侵蚀影响因子进行计算,权重系数分别为:0.52、0.05、0.15、0.28。

降雨侵蚀因子 R 的计算公式为:

$$R = \sum_{i=1}^{12} (-2.6398 + 0.3046 P_i) \quad (2)$$

式中:P_i 为森林公园月降雨量。

土壤可蚀因子 K 的计算公式为:

$$K = \mathrm{MP}/\mathrm{RP} \quad (3)$$

式中:RP 为实测时段森林公园的降雨侵蚀力因子;MP 为实测时段森林公园土壤流失量。

坡度坡长因子是影响区域土壤侵蚀的主要地形因素[8]。考虑到福州国家森林公园的山高坡陡,便采用公式 4 进行坡度坡长因子计算,公式为:

$$\mathrm{LS} = \left(\frac{\lambda}{22.1}\right)^m \cdot (65.41 \cdot \sin^2\theta + 4.56\sin\theta + 0.065) \quad (4)$$

式中:LS 为坡度坡长因子;λ 为坡长;θ 为坡度。

森林中的植被覆盖因子用 C 来表示,该因子主要是用来体现不同地表环境下森林中植被覆盖率对水土流失产生的影响,一般情况下,如果森林公园的植被覆盖率较高,说明该地区的水土保持效果好。

1.2 不同生态因子的等级划分

通过对相关文献的学习,结合福州国家森林公园自身综合特征,最终完成对生态因子的分类和筛选,主要分为六大类,分别为:土地利用类型、高程、植被覆盖度、坡度、水体和坡向。并把这 6 个生态因子作为此次对该森林公园进行生态敏感性研究的主要数据分析指标,对各生态因子进行分级和相应赋值,以便于最终的叠加分析[9]。单因子生态敏感性分为 A、B、C、D、E 5 个等级,分别表示:不敏感、轻度敏感、中度敏感;重度敏感、极度敏感,分别以 1、3、5、7、9 进行评分(表 1)。

表 1 生态敏感性评价因子分级标准

Tab. 1 Classification criteria of ecological sensitivity evaluation factors

级别	高程/m	坡度/(°)	坡向	植被覆盖率/%	土地利用类型	水域缓冲区/m
A	40~135	0~5	南部	>75	住房建筑	>50
B	135~240	5~15	东南、西南	60~75	公路交通	30~50
C	240~346	15~25	东部、西部	45~60	灌木林	10~30
D	345~443	25~35	东北、西北	30~45	森林	0~10
E	>443	>35	北部	<30	水域	水域

1.3 空间叠加分析

ArcGIS 10.2 软件具有空间分析功能,对生成的各因子生态敏感性分布图赋予对应的权重值并叠加得到福州国家森林公园的生态敏感性分布总图[10]。在模型的重分类工具选择中利用自然间断法将所得的分布数据依次分为极度、重度、中度、轻度和不敏感区域[11]。生态敏感性数学模型计算公式为:

$$P = \sum_i^n A_i \cdot W_i \quad (5)$$

式中:i 为生态敏感性评价指标编号;n 为生态敏感性评价指标总数;A_i 为各评价指标的生态敏感性赋

值(1,3,5,7,9);W 为生态因子指标的权重值;P 为生态敏感性指数。

2 结果与分析

2.1 高程对生态敏感性的影响

对福州国家森林公园进行不同敏感区域的高程生态敏感性调查,结果见图 2。

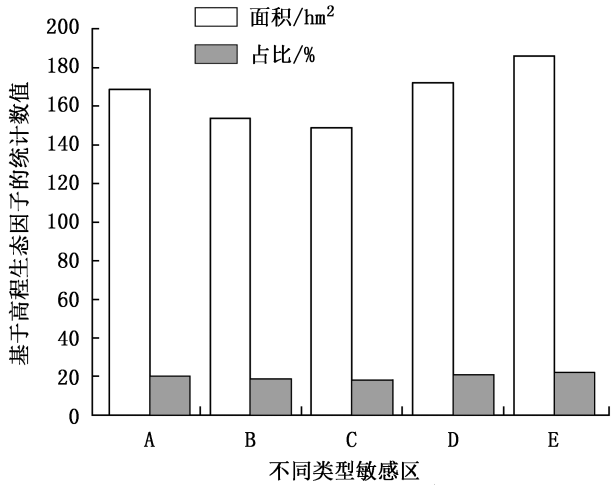


图 2　不同敏感区域的高程生态敏感性调查结果

Fig. 2　Ecological sensitivity survey results of elevation in different sensitive areas

从图 2 高程生态因子对福州国家森林公园的敏感性调查统计结果可以发现:极度敏感区占森林公园总面积的 22.41%,这部分区域林地植被种类相比其他区域要简单,且还有部分面积被用于耕地;轻度、中度、重度敏感区分别占森林公园总面积的 18.56%、17.94%、20.76%。从实际考察中可以发现:这些区域主要分布在森林公园的东北、北部和西南方向,这些区域植被很丰富,不仅有天然林,还有人工林;而森林公园中的平原和园区入口区域主要为不敏感区域,占森林公园总面积的 20.33%。所以,从高程生态因子方面分析福州国家森林公园的生态敏感性,该森林公园属于重度敏感。

2.2 坡度对生态敏感性的影响

对福州国家森林公园进行不同敏感区域的坡度生态敏感性调查,结果见图 3。

由图 3 可以发现:极度敏感区域占森林公园总面积的 17.61%,这部分区域主要为东北和西北方向山体的上坡区域;重度敏感区占森林公园总面积的 39.69%,主要分布在西北、西南和东北方向山体

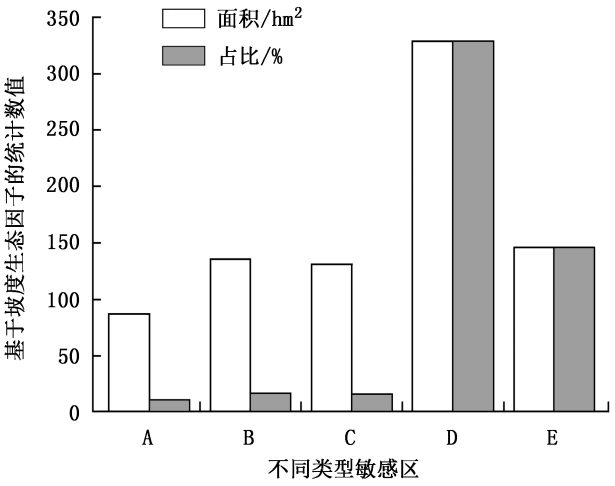


图 3　不同敏感区域的坡度生态敏感性调查结果

Fig. 3　Ecological sensitivity survey results of slope in different sensitive areas

的局部山腰区域,该区域坡度在 25°~35°范围;轻度和中度敏感区域主要分布在公园西北方向山体和南部水库周围,该区域坡度在 5°~25°范围,占森林公园总面积的 16.37%和 15.79%;公园的东部入口为不敏感区域。因坡度是影响地表承受能力和物质流动的因素之一,对森林自我生产的空间布局至关重要,由统计数据可以看出,随坡度的升高森林公园生态敏感性呈降低趋势。

2.3 坡向对生态敏感性的影响

对福州国家森林公园进行不同敏感区域的坡向生态敏感性调查,结果见图 4。

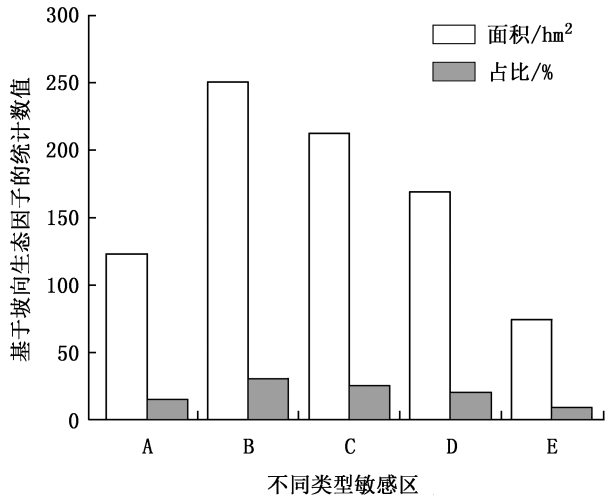


图 4　不同敏感区域的坡向生态敏感性调查结果

Fig. 4　Ecological sensitivity survey results of slope direction in different sensitive areas

由图 4 生态敏感性调查结果可以发现:森林公园的南面以及平原因受到更加充足的光照,这部分区域的敏感性极低,为不敏感区域;森林公园西部和西北方向区域受坡向影响,接收光照很少,敏感性较高,其中 8.96%的面积为极度敏感区,20.39%的区域为重度敏感区;森林公园中有 25.62%区域为中度敏感区,主要分布在公园的西南部、西部和西北部山区。因森林公园中不同区域的坡向不同,导致所受日照时间和光照辐射强度不同,造成敏感区域的明显划分。

2.4 植被覆盖度对生态敏感性的影响

对福州国家森林公园进行不同敏感区域的植被覆盖度生态敏感性调查,结果见图 5。

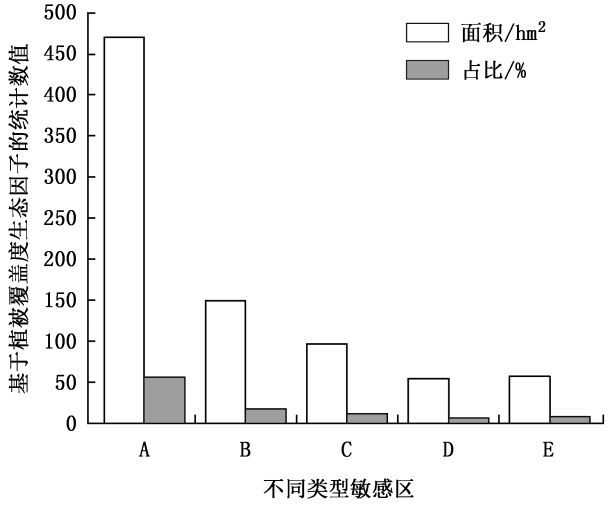


图 5　不同敏感区域的植被覆盖度生态敏感性调查结果

Fig. 5　Ecological sensitivity survey results of vegetation coverage in different sensitive areas

由图 5 生态敏感性调查结果可以发现:植被覆盖度对福州国家森林公园生态敏感性影响较低,其不敏感区域占森林面积的 56.77%,轻度敏感区占森林公园总面积的 18.05%,由此表明,伴随着植被覆盖度的增高,森林公园生态敏感性呈降低趋势,在受到外在因素破坏后,自我恢复能力较差,最终使得森林生态环境受到影响,从植被覆盖度层面分析福州国家森林公园的生态敏感性,该森林公园属于轻度敏感。

2.5 土地利用类型对生态敏感性的影响

对福州国家森林公园进行不同敏感区域的土地利用类型生态敏感性调查,结果见图 6。

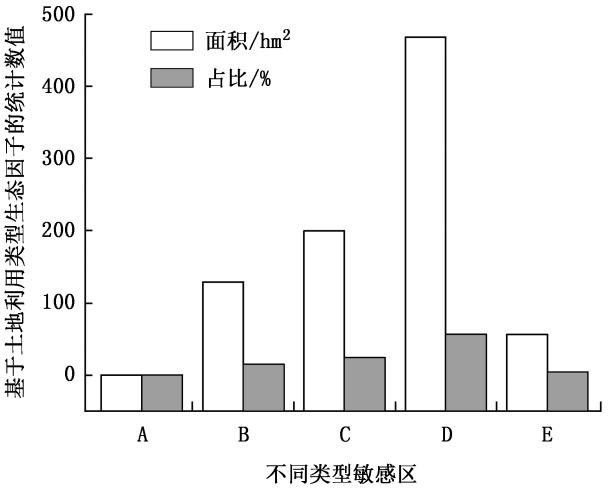


图 6　不同敏感区域的土地利用类型生态敏感性调查结果

Fig. 6　Ecological sensitivity survey results of land use types in different sensitive areas

由图 6 生态敏感性调查结果可以发现:福州国家森林公园中有 56.38%区域为重度敏感,轻度和中度敏感区域占森林公园总面积的 15.49%和 24.06%。因森林公园的土地利用类型为水体、林地和灌木林,主要分布在西北和南部登山线一带。从土地利用类型角度分析福州国家森林公园的生态敏感性,该森林公园属于重度敏感。

2.6 水域缓冲生态敏感性分析

对福州国家森林公园进行不同敏感区域的水域缓冲生态敏感性调查,结果见图 7。

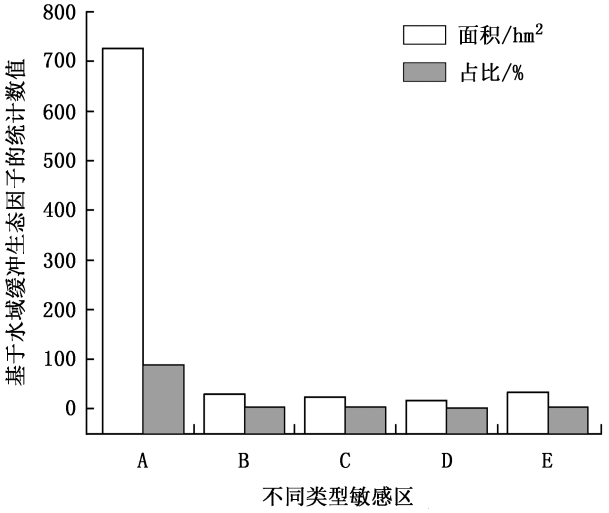


图 7　不同敏感区域的水域缓冲生态敏感性调查结果

Fig. 7　Ecological sensitivity survey results of water buffer in different sensitive areas

由图 7 生态敏感性调查结果可以发现:极度敏感区占森林公园总面积的 4.07%,重度、中度和轻度敏感区占森林公园总面积的 8.43%,而且大部分分布在河流周围。从水域缓冲角度分析福州国家森林公园的生态敏感性,该森林公园属于轻度敏感。

2.7 福建省生态敏感性等级分布面积

对 2015—2020 年福建省森林生态敏感性进行分布调查,结果见图 8。

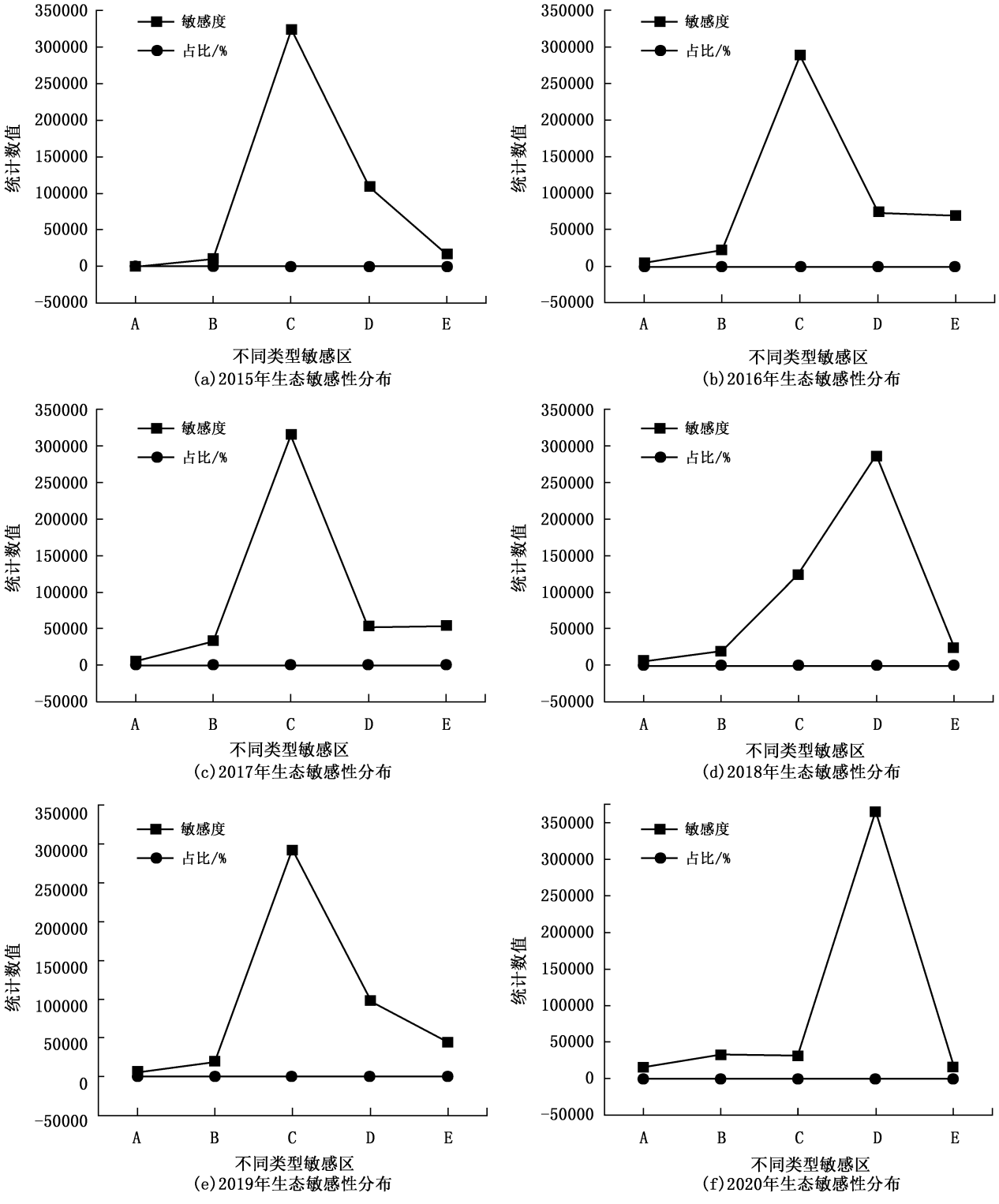


图 8　2015—2020 年福建省生态敏感性分布调查结果

Fig. 8　Survey results of ecological sensitivity distribution in Fujian from 2015 to 2020

对 2015—2020 年福建省生态敏感性分布进行调查分析,结果表明,福建省不同森林公园在生态敏感性极度、重度、轻度和不敏感 4 个方面的森林面积整体保持增长趋势,不敏感和轻度生态敏感的森林面积约占总面积的 10%,中度生态敏感的森林面积表现出下降趋势。纵观 6 年间中度生态敏感森林面积的发展,表现出 N 字型的变化趋势,发生了较大变化。

3 结 论

通过选取 6 个生态因子对福州国家森林公园的生态敏感性进行调查研究,结果表明,生态极度和重度敏感区域主要分布在东北、西北和西南的山坡上;生态中度敏感区域主要分布在海拔不高的山腰附近;生态轻度和不敏感区域主要分布在公园的入口和河流附近。因此,在森林资源开发利用中,应主要对生态中度敏感区域进行基础设置优化和特色开发,减少对生态极度和重度敏感区域的开发。此次研究还存在一定局限性:只考虑自然因素对森林公园的生态敏感性影响,未将人为因素考虑其中。在以后的研究中,如果将人为因素结合自然因素展开研究,会使结论更具说服力。

参考文献:

[1] 李振亚,魏伟,周亮,等. 中国陆地生态敏感性时空演变特征[J]. 地理学报,2022,77(1):150-163.

[2] 魏婵娟,蒙吉军. 中国土地资源生态敏感性评价与空间格局分析[J]. 北京大学学报(自然科学版),2022,58(1):157-168.

[3] 彭琳玉,胡希军. 基于 GIS 的湖南省植物园生态敏感性分析[J]. 绿色科技,2021,23(18):9-14

[4] VOGT M. Correction: Ecological sensitivity within human realities concept for improved functional biodiversity outcomes in agricultural systems and landscapes[J]. Palgrave Communications,2021,8:12-15.

[5] 彭宏杰,花磊,张雪松,等. 基于生态敏感性评价的城市用地扩张模拟研究[J]. 长江流域资源与环境,2022,31(1):83-92.

[6] 王李睿,邓西鹏,王晨,等. 基于生态系统服务重要性与生态敏感性的生态空间划划——以福建省永春县为例[J]. 生态学杂志,2022,41(1):166-173.

[7] POMBO-AYORA L,COKER D J,CARVALHO S,et al. Morphological and ecological trait diversity reveal sensitivity of herbivorous fish assemblages to coral reef benthic conditions[J]. Marine Environmental Research,2020,162:105102.

[8] 李亚茹,李静. 基于 GIS 的成都东部新区生态敏感性分析[J]. 智能建筑与智慧城市,2021(12):78-81.

[9] 汪晓锋,朱圻,向波. 九寨沟地震生态敏感区评估与道路重建方案论证[J]. 中国地质灾害与防治学报,2020,31(5):70-78.

[10] 李晶,王海星. 生态敏感的中国区域人类发展指数构建及空间收敛性研究[J]. 西北人口,2020,41(4):27-37.

[11] 娄云. 长春莲花山生态旅游度假区生态景观敏感性评价[J]. 绿色科技,2019(18):43-47.

责任编辑:许易琦

doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2023. 06. 008

基于动景再框和电影剪辑类比研究的采矿废弃地景观重构

包平安,李 闵,刘路祥
(淮北师范大学 建筑学院,安徽 淮北 235000)

摘要:以安徽省淮北市一处典型的露天采矿废弃地为研究对象,利用中国传统园林中的框景手法,仿照中国传统山水画中构筑物的位置经营方式,在设计基址内框选择美景,通过电影剪辑方式,对框选的景观进行片段选取、编辑,设置路线对其进行串联以形成观画般的叙事性。旨在探索框裁、剪辑和编景的空间营造方式在采矿废弃地这种特殊场地形式中的应用。

关键词:动景再框;电影剪辑方式;景观重构;生态修复;采矿废弃地

中图分类号:Q149;X171. 4 **文献标识码**:A **文章编号**:1671-3168(2023)06-0041-07

引文格式:包平安,李闵,刘路祥. 基于动景再框和电影剪辑类比研究的采矿废弃地景观重构[J]. 林业调查规划,2023,48(6):41-47. doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2023. 06. 008

BAO Ping'an, LI Min, LIU Luxiang. Landscape Reconstruction of Mining Wasteland Based on Moving Scene Re-framing and Film Editing Analogy[J]. Forest Inventory and Planning,2023,48(6):41-47. doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2023. 06. 008

Landscape Reconstruction of Mining Wasteland Based on Moving Scene Re-framing and Film Editing Analogy

BAO Ping'an, LI Min, LIU Luxiang
(School of Architecture, Huaibei Normal University, Huaibei, Anhui 235000, China)

Abstract: Taking a typical open-pit mining wasteland in Huaibei City, Anhui Province as the object, this paper used the frame view technique in Chinese traditional gardens, and imitated the location management mode of structures in Chinese traditional landscape painting to frame the beautiful scenery in the design base site and select and edit the fragments of the frame view by means of film editing, as well as set a route to connect them in series to form a painting like narrative, so as to explore the application of this space construction method of frame cutting, editing and landscape editing in the special site form of mining wasteland.

Key words: moving scene re-framing; film editing mode; landscape reconstruction; ecological restoration; mining wasteland

淮北市位于安徽省北部,是皖北地区的核心城市之一,也是国家能源城市,矿产资源丰富,素有"中国碳谷"之称。该案设计用地位于淮北市烈山区沱河东路北侧名为大山头的一处采石场(图 1),采石场东南方向为淮北师范大学滨湖校区,南侧为开阔绿地,北侧为泉山隧道,西侧为梧桐路,本案选取设

收稿日期:2021-09-06;**修回日期**:2021-11-04.

第一作者:包平安(1999-),男,安徽安庆人,风景园林专业本科生. 研究方向为风景园林规划设计与理论.

责任作者:刘路祥(1990-),男,河南周口人,硕士,助教. 研究方向为风景园林规划设计与理论. Email:liulx@ chnu. edu. cn



图 1　项目周边环境

Fig. 1　Surrounding environment of the project

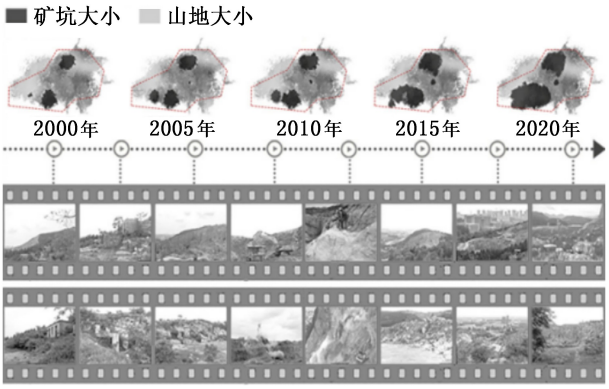


图 3　场地内部及矿坑动态演变

Fig. 3　Dynamic evolution of site interior and mine pit

计场地总占地面积约 13 hm^2。场地因过度开采导致山体裸露,植被破坏严重,景观秩序杂乱。根据政策引导,目前淮北市正在对该区域山体裸露岩面进行客土喷播复绿(图 2)和阶梯状植树形式的生态修复。本设计的侧重点是对现有景观进行整合和重构,以满足居民的游赏与体验。



图 2　场地现状

Fig. 2　Status of the site

1　设计用地分析

1.1　场地演变

以 5 年为一阶段,分析 2000—2020 年 20 年间场地内部环境及矿坑大小的演变(图 3)。2000—2005 年矿坑初具规模;2005—2010 年间演变为 3 个小矿坑;2010—2015 年间南部 2 个矿坑逐渐合并为一个;2015—2020 年间北部矿坑停止开采,南部矿坑仍继续开采至今,其开采宕口日趋变大。宕口内部存在开采时留下的大型坑口,现坑内滞水能力不足,无积水。

1.2　地理环境

通过 ArcGIS 软件对地理现状进行分析,从而得出高程、坡度、坡向现状。从高程数据可分析出该场地最高处高程约 140 m(图 4),需设置游玩路线为迂回登顶,并延长交通路线,减缓游客登山过程中的疲劳感。从坡度分析出该山体坡度集中于 21°~33°(图 5),

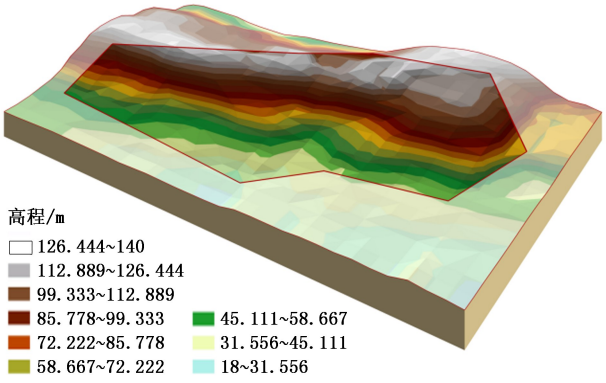


图 4　高程分析

Fig. 4　Elevation analysis

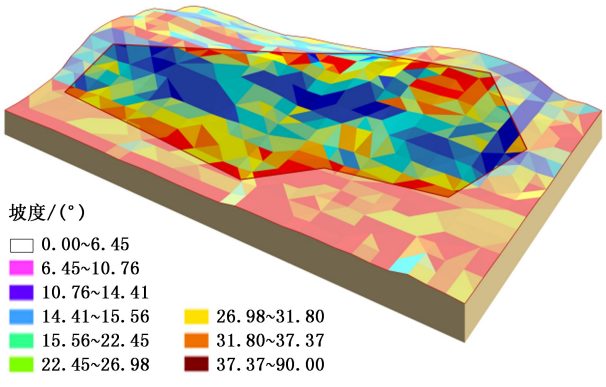


图 5　坡度分析

Fig. 5　Slope analysis

坡度较大,需要考虑到游人观景体验,增加休息停留平台。从坡向分析出场地朝向大多为南向(图 6),日照充足,需营造遮荫环境便于游人休息停留。

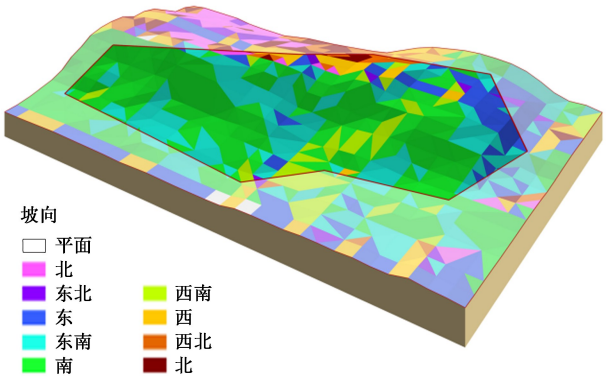


图 6　坡向分析

Fig. 6　Aspect analysis

1.3 水文现状

淮北市地处中纬度地区,属暖温带半湿润季风气候区。主要气候特征是季风明显,四季分明,气候温和,雨水适中,春温多变,秋高气爽,冬季显著,夏雨集中。经数据分析,淮北市全年在 6—10 月气温较高(图 7);在 4 月、5 月、11 月平均湿度较低(图 8);有效降水日和月降雨量多集中在 7—9 月(图 9)。

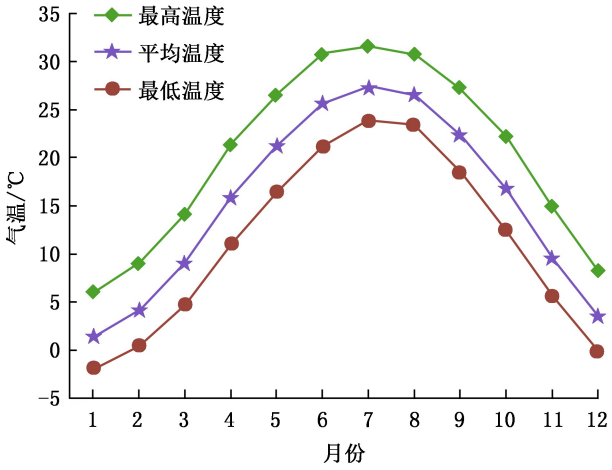


图 7　气温分析

Fig. 7　Air temperature analysis

1.4 植物现状

在实地调研后,整理资料得到现状植物中主要乔木有无患子、侧柏、旱柳;灌木有野生枣树、鸡爪槭等本土树种。地被荒芜,少部分区域分布有本土野草,大部分区域为采矿后废弃空地,处于无地被状态。

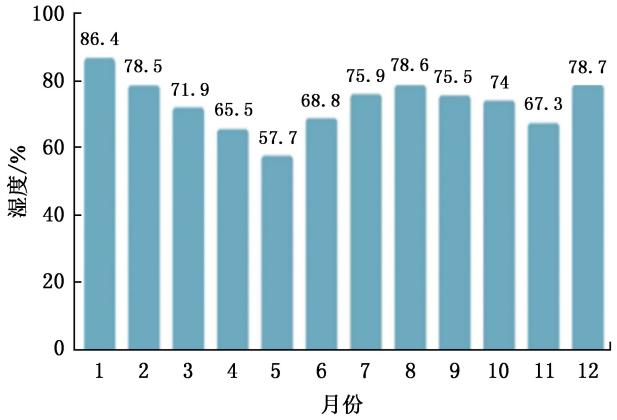


图 8　湿度分析

Fig. 8　Humidity analysis

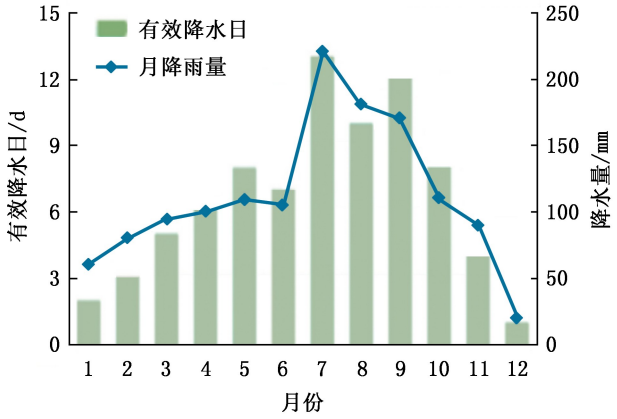


图 9　降水分析

Fig. 9　Precipitation analysis

从植物现状可以看出,本案区域自然恢复力较弱,水土流失严重,生态循环受阻,需人工干预以加速自然演替。

1.5 问题总结

经勘察,场地内部道路方面,由于原本登山道路处于山脊、山涧,缺乏大体规划,道路层次不明显且多崎岖不平;水体方面,由于缺乏有效保护措施,加之人为开采破坏,导致水土流失严重,水资源流失问题额外凸显;现场人文方面,由于残存的工业遗迹和随心搭建的房屋,极大地破坏了环境的协调性,环境群落单一。

通过以上分析并梳理问题得到图 10 所示问题及解决策略流程图,发现主要问题是山体植被被破坏,废弃材料堆放导致土地荒废、空间闲置、水土流失、山体滑坡等地质灾害。因此提出一系列解决策略,包括土壤修复、石材利用、生境营造、边坡护理、地形利用,以此达到生态循环景观重构的目标愿景。

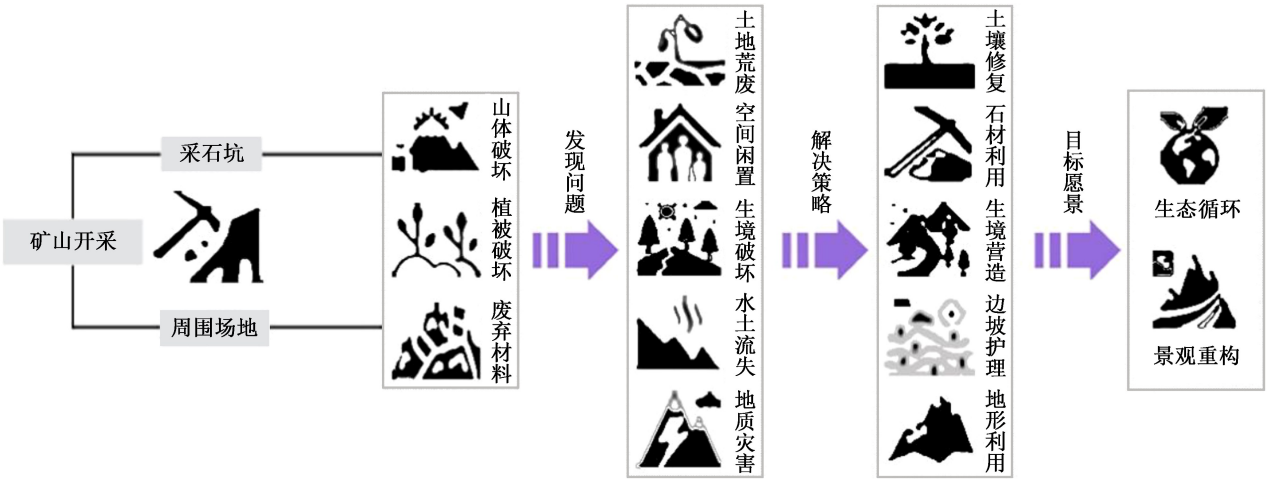


图 10　问题及解决策略

Fig. 10　Problems and solutions

2 设计表达

2.1 总体构思

从设计用地现有景观资源和生态资源角度出发,通过动景再框的手法和电影剪辑类比研究的原理对现有景观进行框、剪、编、换景[3],从而实现景观重构与提升。框、剪、编、换景由框剪装置完成,装置灵感主要源于文徵明《桃源仙境图》中观景建筑物位置所在,其画中山地之处建筑物即是此幅画中景物也是画中观景的绝佳位置,基于园画同构,以画入园[1]思想确定装置位置即装置朝向,再由仇英《桃花源图》中人物被周围景物所框形成画中画,由此得到框裁式样即装置窗样式,通过装置与窗的组合即可以对景物进行框、剪;再对装置顺序与观景顺序角度予以有机结合,从而对框剪的景物画面进行编、换,让人在步移景换之中感受到经过框、剪、编、换后所见之处风景的叙事性,使原本无序的一片风景变成一幅具有叙事性的画卷[2],使游览者赏景如观影观画一般,进一步增强画面感,使人印象深刻,从而提升游赏者的观赏体验。

2.2 位置经营

中国传统绘画的章法也是园林建筑构图布局章法。传统绘画在画面的布局上,画论画理与造园之理相通,在园林建筑布局构图中也毫无例外地遵循着意在笔先、置陈布势、起承转合、经营位置、主从疏密等原则。在实景设计中,主要体现在建筑景观与环境布置的设计中。在传统绘画中,园林建筑景观是构成画面的图形,其构图在其表层现象的深层意识下体现的是文化伦理观念。构图形式以伦理精神布局为依托,是人文精神的介入,其构图布局也是实景造园建筑艺术的人文精神呈现。中国传统绘画的构图方式和园林布局规划同源于共同的文化背景。古代画家文人在画面布局构图中与园林建筑设计中共用互通地遵循着同源文化审美准则和同构的创作方法,置陈布势与经营位置对于传统绘画和建筑园林是同源同构的设计理念[1]。依据园画同构的设计理念和现场场地条件确定框景构筑物的位置与朝向。

2.3 框裁式样

基于框景装置位置与朝向,对所框景物进行裁剪,去除所框景物之中影响整体框景观景效果的部分景物,保留具有良好观景效果的部分景物。源于以上目的,在观察仇英的《桃花源图》时,笔者发现此幅画中人物所到之处均有植物或山体或建筑景物在人物周围布下一种无形的框,在无形之中这种无形之框便形成了让观画者有种画中之画的感觉[7],将这些无形之框进行有形化从而得到 9 种式样,实现风景如画的体验,每一步都追求“眼前有景”。

2.4 园景框剪装置生成

基于以上框剪装置位置选取以及框裁式样的生成,需依托于框剪装置得以实现景物裁剪与编、换景。装置生成图见图 11。

装置由 4 个基本单元两两组合构成 16 种基本装置形态,从 16 种形态中挑选 5 种作为适应本项目的基本形态,基于基本形态开窗,从 9 种框裁式样筛选 5 组(每组 4 种样式)为开窗样式,再结合地形地貌适当变形,得到最终形态效果,即为景物框剪装置。

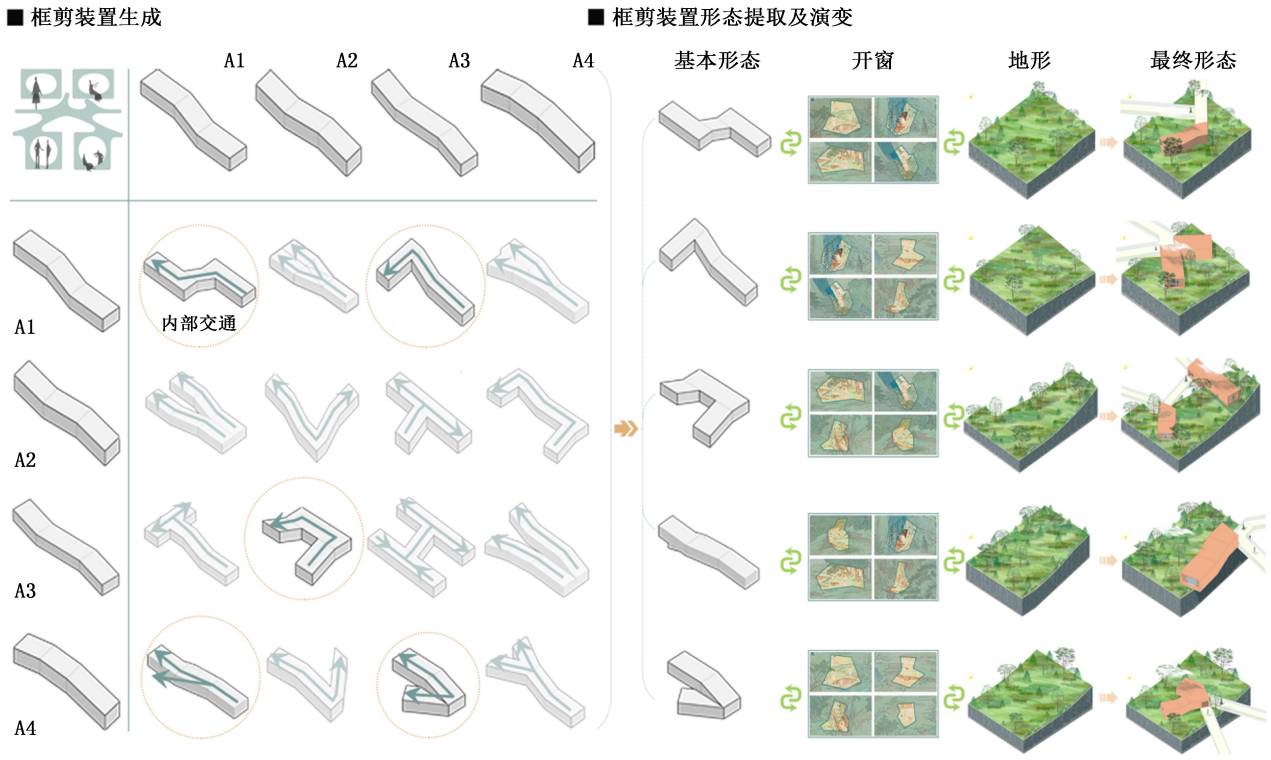


图 11　景观框裁装置样式推演

Fig. 11　Deduction of landscape frame cutting device style

郭熙的“三远”之后,韩拙在《山水纯全集》又增一说:郭氏谓山有三远,愚又论三远者:有近岸广水,旷阔遥山者,谓之“阔远”;有烟雾溟漠,野水隔而仿佛不见者,谓之“迷远”;景物至绝,而微茫缥缈者,谓之“幽远”[6]。综合上述观点,从山水画观法中受到启发,笔者将其八远分为平远、高远、迷远、开远、深远、渺远、辽远、幽远(图 12)。其中笔者认为平远为自近山望远山,意境绵邈旷远[7];高远为自山下而仰山巅[6];清侯方域《倪云林十万图记》:“ 顾愷之迹不逮意,声过其实。故跋中亦言其用景多幽暗,必开远,而自喜深秀过之”谓之开远;深远为自山前而窥山后[6];渺远为自山高处观远景并有云雾烟霭出现,使景物呈虚无缥缈之状;辽远为自山上而平视景物之辽阔,有近山景树。

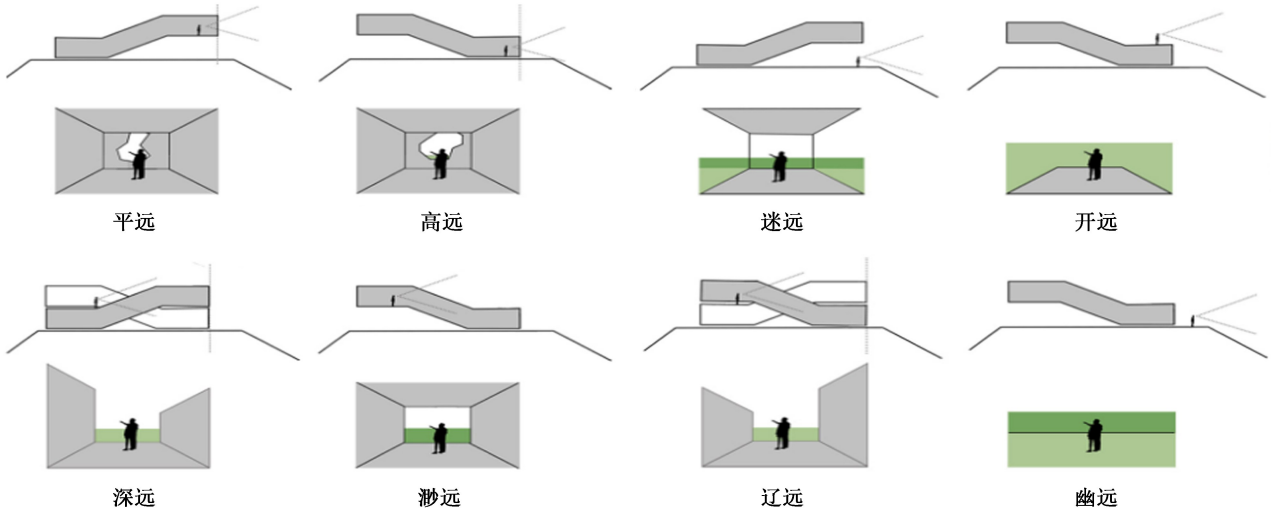


图 12　装置形成“八远”的视觉体验

Fig. 12　Visual experience of “Ba Yuan” formed by device

2.5 如画观景

经过以上对装置位置朝向以及框裁式样的确定,便可以得到在装置内观景效果(图 13)。由于框裁式样存在,可以有效规避不好的景观并重点突出优美之景,提升游人观景体验。图 13 选自装置其中一段,按从左至右分别为:深远、迷远、辽远、平远、渺远。由于景观所表达之客体与游于其中的主体当时内心情感呼应不同,客体脑海中便浮现出不同的景观画卷。

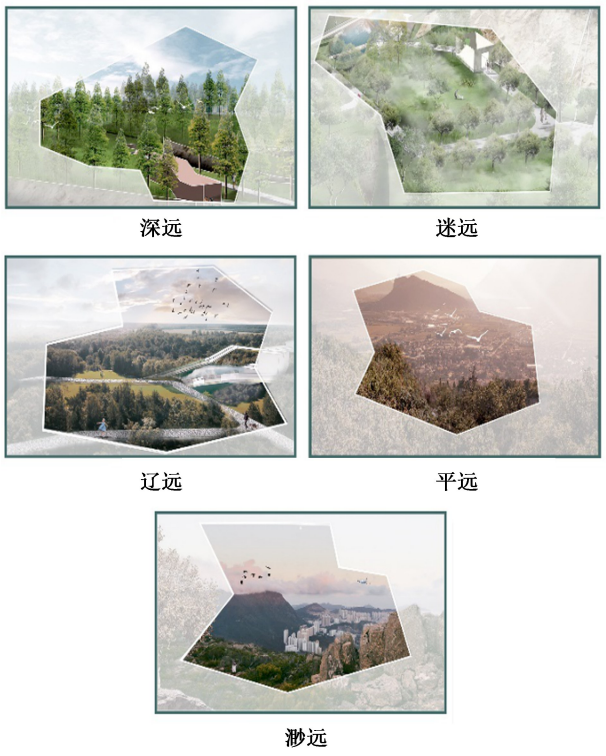


图 13 部分装置框裁效果

Fig. 13 Frame cutting effect of some devices

2.6 园景框剪系统策略

框剪系统策略分为框景、剪景、编景、换景[3]4 步。首先是框景,通过框景装置对周边风景进行框景;其次,基于框景,通过电影剪辑手法对所框景物进行剪切,提升观景效果。园林空间的体验通常都建立在连续时间和观景视线轴线上,虽然客观空间也是连续的,但通过界面选择,透过片段的景就需要“剪辑”来组合完成。这就改变了空间在时间轴线上的连续性,从而有了两个空间的跳接和重组[4];再通过编景让剪辑后的景在被观赏者欣赏时能感受到眼前景物的叙事性和故事性,达到一种人与自然天人合一之感;最后再进行换景,经过换景使景物在俯仰之间,前后之隙,片段之景具有叙事过程中的出画与入画不断交替产生,最终在入画时完成天人合一的升华(图 14)[4]。

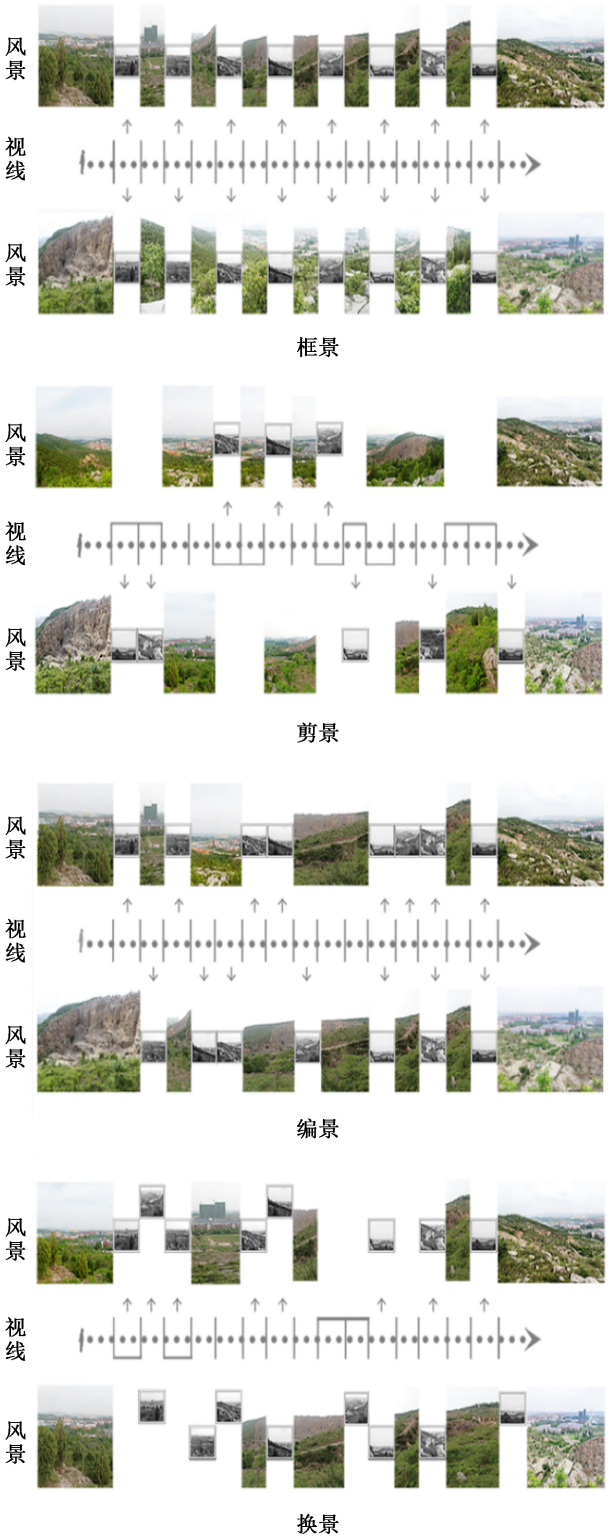


图 14 景观的“框”“剪”“编”“换”过程

Fig. 14 “Frame” “cut” “edit” and “change” process of landscape

2.7 生态修复

根据现状植物与水文调查,需对无地被区域进行土壤修复,再引入先锋植物进行前期环境改造,为后期生物生存提供保证,本案引入的先锋植物有合欢、花椒、忍冬、麦冬、苦草、香椿、乌桕、迎春等。先对土层薄弱以及无土区域铺设生态滞留土再铺设护根覆土层,提高栽种先锋植物的成活率。再对采石岩口周围石壁进行梳理,根据采石场的岩性、石壁坡度和石壁表面粗糙程度采取相应措施,如清除松动岩体,消除崩塌、滑坡等安全隐患。整理现状排水,疏通山涧,并根据地势修建排水沟,将地表径流汇集于蓄水池,并对修复区内少量面积较大的深坑进行清理,使之成为蓄水场所。在蓄水池周边建造观景设施和休息平台。蓄水池主要功能是承担来自地表径流与生态滞留区和透水铺装的水,其次为观景需求服务。本案生态修复核心是植被恢复与雨水管理,并在此基础上实现使原本自我维持困难的生态系统过渡到良性循环的生态系统这一目标(图 15)。

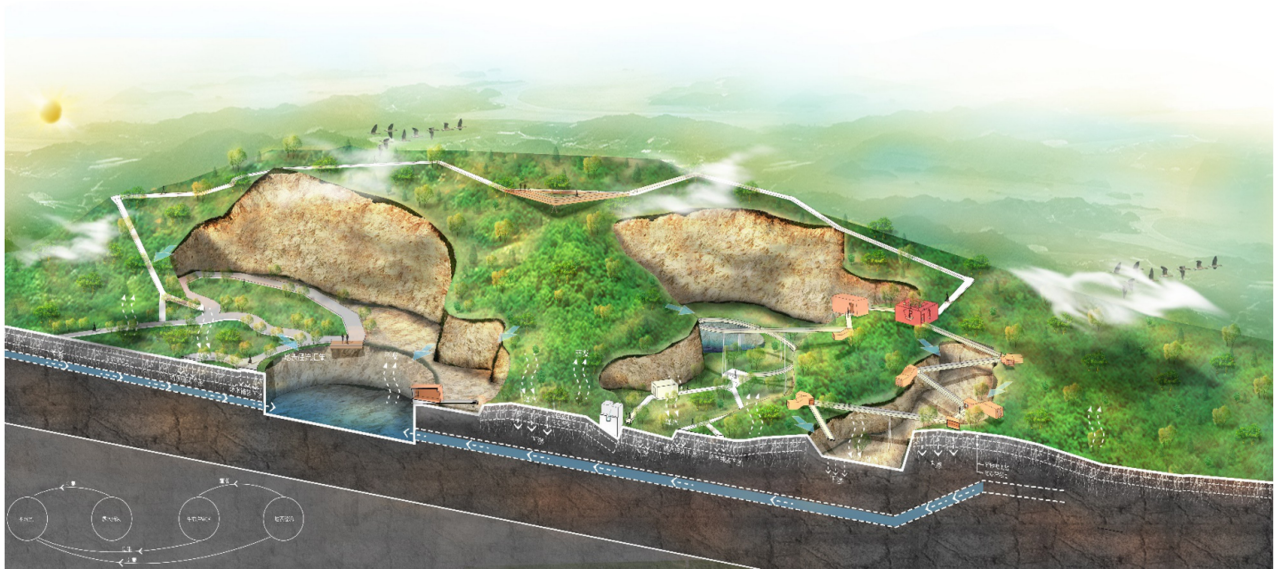


图 15　生态修复愿景

Fig. 15　Vision of ecological restoration

3 结　语

该设计主要通过中国传统绘画观法与现代电影剪辑手法的有机结合,对采矿废弃地进行景观重构以解决人与环境的矛盾,加强人与环境的对话,加以生态修复,重新使采矿废弃地景观得以活化与提升。实现在视线的跳跃间、视角的俯仰间、装置的遮蔽漏透间,观自然如观画一般,在观自然中有人的思想运动,在现实中有人身体的运动,二者相对运动,当灵魂与身体达到一致即相对静止时则会步入画中,达到天人合一的境界。期望本研究能为类似场地设计提供借鉴。

参考文献:

[1] 席田鹿,唐建. 置陈布势·经营位置——探析中国传统绘画与建筑园林同源同构的构图方法[J]. 建筑史,2015(1):136-141.

[2] 翟剑科. 景观空间设计的叙事性研究[D]. 西安:西安建筑科技大学,2010.

[3] 钟宏亮,姜伯源. 建筑观景器:王维仁西溪湿地设计中的动景再框与倾斜诗意[J]. 时代建筑,2012(4):138-145.

[4] 王瑶. 园景剪辑—园景经营与电影剪辑的类比研究及其在郧阳博物馆中的应用[D]. 北京:北京建筑大学,2014.

[5] 王欣. 建筑需要如画的观法[J]. 新美术,2013,34(8):31-53.

[6] 曹天彦. 山水画的“三远法”在现代景观设计中的运用[J]. 戏剧之家,2017(2):175-176.

[7] 金秋野. 建筑艺术论文摘要[C]//王文章. 中国建筑艺术年鉴. 南宁:广西师范大学出版社,2013.

责任编辑:刘平书
校　　对:许易琦

doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2023. 06. 009

元江干热河谷困难立地植被恢复技术

赵保荣,杨春凤
(元江县林业和草原产业发展中心,云南 元江 653300)

摘要:在元江干热河谷海拔 1 000 m 以下的困难立地上残存的植被较少,且立地条件衰退严重,林相单调、水土保持等生态功能较差,加之受干热河谷特有焚风、酷热、干燥的天气影响,形成了荒凉的植被景观,已成为区域重大生态问题。通过对元江干热河谷困难立地类型上的植被现状进行分析,结合前期众多试验结果和经营措施,提出了适宜于不同困难立地类型的生态修复造林技术措施,以期在生产中得到借鉴和推广。

关键词:干热河谷;困难立地;生态修复;人工造林;造林模式;整地方式;元江

中图分类号:S728. 2;X171. 4 **文献标识码**:A **文章编号**:1671-3168(2023)06-0048-05

引文格式:赵保荣,杨春凤. 元江干热河谷困难立地植被恢复技术[J]. 林业调查规划,2023,48(6):48-52.
doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2023. 06. 009

ZHAO Baorong, YANG Chunfeng. Vegetation Restoration Techniques for Difficult Sites in Dry and Hot Valley of Yuanjiang River[J]. Forest Inventory and Planning,2023,48(6):48-52. doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2023. 06. 009

Vegetation Restoration Techniques for Difficult Sites in Dry and Hot Valley of Yuanjiang River

ZHAO Baorong, YANG Chunfeng
(Yuanjiang Center of Forestry and Grassland Industry Development, Yuanjiang, Yunnan 653300, China)

Abstract: There is relatively little vegetation remaining on the difficult site below an altitude of 1 000 meters in the dry and hot valley of Yuanjiang River, where the site conditions have declined severely, the forest is monotonous, and the ecological functions such as soil and water conservation are poor. In addition, the unique foehn, scorching and dry weather of the dry and hot river valley has formed a desolate vegetation landscape, which has become a major ecological problem in the region. By analyzing the vegetation status of difficult site types in dry and hot valley of Yuanjiang River and combining experimental results and management measures in the early stage, ecological restoration and afforestation techniques suitable for different difficult site types were proposed, with the aim of gaining reference and promotion in production.

Key words: dry hot valley; difficult site; ecological restoration; artificial afforestation; afforestation mode; land preparation method; Yuanjiang River

困难立地是指水土流失严重、岩石裸露、石砾含量大、土层浅薄且干旱贫瘠等立地条件差的土地,以及地质条件复杂的地区,如土壤干旱瘠薄、石砾含量较高的山区、砾石戈壁、石灰岩裸露地区等。在困难

收稿日期:2022-05-23;**修回日期**:2022-06-10.

第一作者:赵保荣(1969-),男,云南元江人,高级工程师. 主要从事林业草原培育和经营技术研究. Email:z13987791564@ 126. com

立地上,树种组成单一,生态脆弱,毁坏后治理恢复困难,利用新材料新技术开展工程恢复,可有效地提高林木的成活率及生长量,但也存在投资大、见效慢等问题特点[2-3]。干热河谷是指高温、干旱的河谷地区,主要分布在热带或亚热带区域,有着特殊的峰高谷深的地貌。元江干热河谷平均海拔 1 000 m 以下的山区,是中国干热河谷困难立地的典型类型之一 ,处于脆弱生态环境类型地段,有着特殊的自然结构功能[4]。由于山势险峻、气候干旱炎热、土壤结构差,在植物覆盖率显著降低和人为活动频繁等多种因素的综合影响下,谷区地貌破碎、岩石裸露,山地冲沟侵蚀十分强烈,并且树种组成单一、水土保持等生态功能低下,景观效应较差,已引起了全县民众的普遍关注。

1 困难立地植被成因及修复可能性

据元江《府志》等资料记述:17 世纪以前,元江干热河谷的气候是“悦雨少雪”,植被茂密,所生长的多为季雨林和部分副热带地区的季节性雨林,到 18、19 世纪后气候转暖,环境转干,开始出现“疏林”[5]。目前的稀树灌木草丛、肉质多刺灌丛等植物都是由于人类过度砍伐、垦殖、火烧、放牧等,天然植被受到严重破坏,自然环境恶劣,生物物种日益减少、逆向演替后所形成的次生植物群落,且很不稳定[6]。而在极度衰退的干热河谷困难立地上,由于水土流失加重、土壤干燥荒芜,多样性的生物资源已受损失,且环境条件也比原来更为恶劣,稀树灌木丛及其它灌丛均可以因人为的进一步影响而变成草地,以致最后会因土壤侵蚀、干热而变成不毛之地。因此,唯有通过研究各种植物在衰退、复苏等不同阶段种群的演变及其与周围土壤立地自然环境条件之间的关联,并了解其演替变化规律,才能探索出适应自然法则的人工促进生态恢复对策。元江自 20 世纪 90 年代以来的封山育林及人工造林成败经验表明,在该地区植被已严重退化的困难立地上,仅靠简单的封育管护和常规造林措施恢复植被,成效很不显著。因此,必须采取更为科学、系统的生态修复技术体系进行定向改造,才能达到较好的修复效果。

2 困难立地自然环境要素

元江县地处青藏高原横断山系与云贵高原之间的过渡地区,在平均海拔 1 000 m 以下的峡谷,因受谷地气流、局部环流和焚风影响结合而形成了干燥闷热气候,气候特征属北热带季风气候,冬春干燥少雨,夏秋多雨而湿润,干湿季分明、雨热同季[7]。坝区年均温 23.8℃,年均降水量约 800 mm, 80%的雨量集中在 6—10 月。蒸发量 2 918.9 mm,蒸发量是降雨量的 3.5 倍,年干燥度 1.9。

由于地形地貌因素的影响,河谷区域各地气候条件的局部差异较大,不同坡向、坡度的降雨量和气温存在较大差别:河谷东岸山地则因东南暖湿气流沿途被阻降水和元江干热河谷的影响,降雨较少,仅 600~800 mm;河谷西岸山地为西南季风迎风面,年雨量显著偏高,达到 800~1 000 mm。

境内山高谷深,山势崎岖,为狭长型河谷相嵌地貌。河谷山体大多数坡面呈东北坡和西南坡。河谷二侧的山势坡度较大,多在 25°以上,沟谷狭窄深切,多伏流暗河,悬崖峭壁,地下水深,过度排水,无浅层地下水,为典型的喀斯特石灰岩岩溶地貌类型。主要由石灰岩、花岗岩、片麻岩、泥质砂岩发育而成的燥红壤石砾含量较高,且干燥瘠薄,通体呈微酸性至微碱性, pH 值 4.5~8.5,表层土有机质含量低。

3 困难立地植被现状

元江干热河谷海拔 1 000 m 以下的困难立地生长的植被,与非洲和印度等地的植被外形与构造基本相同,为半自然稀树灌丛,群体构造单一,季节性差异显著,物种丰富程度较低,草本层优势度突出,灌木层为次有,乔木面积较少,多数面积分布的是灌木草丛、低草草丛及肉质多刺灌丛,还有部分面积为不毛裸地。根据 2020 年的调查,元江干热河谷困难立地的热带植被类型主要有热带稀树灌木草丛、干热河谷灌丛、旱生常绿肉质多刺灌丛及石灰岩山地常绿阔叶灌丛等 4 种类型[6]。

3.1 稀树灌木草丛

热带稀树灌木草丛在元江干热河谷广泛分布在海拔 400~1 000 m 的山坡、山顶,植物多以耐旱的小乔木、灌木及多年生草本植物为主,稀树灌木草丛总盖度常达 80%以上。外貌特征是乔木层稀疏,以耐干热的旱生或落叶树种居多,树木低矮、分枝低、树冠大,乔木层的盖度不超过 20%;乔木层不高,一般都在 10 m 以下,树冠呈球形或伞形,呈典型稀树灌木草丛特征,附生和藤本植物少;树种主要有厚皮树(*Lannea coromandelica*)、心叶木(*Haldina cordifolia*)、蒙自合欢(*Albizia bracteata*)等。灌木层盖度一般不超过 50%,灌木种类丰富,主要有三叶漆(*Terminthia paniculata*)、余甘子(*Phyllanthus emblica*)、黄荆(*Vitex*

negundo)、灰毛浆果楝(*Cipadessa cinerascens*)、大叶紫珠(*Callicarpa macrophylla*)、鞍叶羊蹄甲(*Bauhinia brachycarpa*)、老人皮(*Polyalthia cerasoides*)、火索麻(*Helicteres isora*)、毛叶柿(*Diospyros mollifolia*)、虾子花(*Woodfrdia fruticosa*)、细叶黄皮(*Clausena anisumolens*)等。草丛盖度可到 80%以上。乔木和灌木分散生长,树木之间的距离较大。草本植物主要是禾本科的扭黄茅(*Heteropogon contortus*)、双花草(*Dich-anthium annulatum*)、拟金茅(*Eulaliopsis binata*)、橘草(*Cymbopogon goeringii*)等。

3.2 干热河谷灌丛

灌丛是指以灌木为主,乔木和草本植物不甚发育的较低矮而稳定的木本植被类型。元江干热河谷灌丛是在深陷河谷底部的干热生境中形成的一类非地带性植被类型,群落面积不大,植被低矮、稀疏、分枝低而成丛状的外貌特征。主要分布在海拔 400~800 m,坡度≥30°的石灰岩燥红壤、土层瘠薄地段,多成连续的小片状分布。

群落高 3.5~6 m,盖度 50%~95%。其中:乔木层高 3~6 m,盖度<20%,霸王鞭成树状,其他有高度不足 5 m 呈灌木状的厚皮树、白头树(*Garuga forrestii*)、灰布荆(*Vitex canescens*)、老人皮、蒙自合欢、心叶木、总状花羊蹄甲(*Bauhinia racemosa*)等。

灌木层高 1~3 m,盖度 40%~60%。以霸王鞭(*Euphorbia royleana*)、单刺仙人掌(*Opuntia monacantha*)、疏序黄荆(*Vitex negundo* f. *laxipaniculata*)、华西小石积(*Osteomeles schwerinae*)等占优势,其他有老人皮、清香木(*Pistacia weinmannifolia*)、鞍叶羊蹄甲、黄荆、假杜鹃(*Barleria cristata*)、白皮乌口树(*Tarenna depauperata*)、元江素馨(*Jasminum yuanjiangense*)、金合欢(*Acacia farnesiana*)、小叶臭黄皮(*Clausena excavata*)、茸毛木蓝(*Indigofera stachyodes*)、火索麻、牛角瓜(*Calotropis gigantea*)、梅蓝(*Melhania hamiltoniana*)等。

草本层高 0.7~1.2 m,盖度 40%~60%,优势种为扭黄茅。其他有多枝臂形草(*Brachiaria ramosa*)、飞扬草(*Euphorbia hirta*)、锈色蛛毛苣苔(*Paraboea rufescens*)、黄细心(*Boerhavia diffusa*)、九叶木蓝(*Indigofera linnaei*)、石蝴蝶(*Petrocosmea duclouxii*)、疏穗野荞麦(*Fagopyrum caudatum*)、穗状香薷(*Elsholtzia stachyodes*)、土丁桂(*Evolvulus alsinoides*)、香薷(*Elsholtzia ciliata*)、小牵牛(*Jacquemontia paniculata*)、叶下珠(*Phyllanthus urinaria*)、羽芒菊(*Tridax procumbens*)、芸香草(*Cymbopogon distans*)、蔗茅(*Eriantthus rufipilus*)、竹节草(*Commelina diffusa*)等。

层间植物有翅果藤(*Myriopteron extensum*)、虫豆(*Cajanus crassus*)、飞蛾藤(*Porana racemosa*)、假蓝叶藤(*Marsdenia pseudotinctoria*)、绒毛蓝叶藤(*Marsdenia tinctoria* var. *tomentosa*)、羽叶金合欢(*Acacia pennata*)、台湾乳豆(*Galactia formosana*)、相思子(*Abrus precatorius*)、小心叶薯(*Ipomoea obscura*)、托叶土蜜树(*Bridelia stipularis*)、粘黏黏(*Dioscorea melanophyma*)等。

3.3 旱生常绿肉质多刺灌丛

这是一类半荒漠植物,在元江干热河谷地区常分布在河谷两侧的石灰岩陡壁上,常见于海拔 400~650 m 的台阶地洼处、沟边的大石砾地上。组成这类植被特征的成分是生长成小乔木状的霸王鞭,其它尚有仙人掌、落地生根(*Kalanchoe pinnata*)、金合欢(*Acacia farnesfarnesiana*)、细叶黄皮等植物。

3.4 石灰岩山地常绿阔叶灌丛

这类植被在元江干热河谷困难立地上主要分布于海拔 700~1 000 m 范围岩石裸露的石灰岩山地上,多成小片状至散生状分布。群落结构简单,植株低矮稀疏,树干弯曲,以常绿、半常绿阔叶灌木为主,其中主要树种成分有三叶漆、清香木、老人皮,也有少数的厚皮树、心叶木、豆腐果(*Buchanania latifolia*)、毛叶柿等小乔木。

4 生态修复措施

4.1 造林技术措施

4.1.1 适生造林树种选择

元江干热河谷区域气候性质为非地带性气候,且主要由焚风作用产生,所以地带性树种对于元江干热河谷植被恢复也未必适宜,因此造林树种选择要依据该地区的自然立地条件和植物生长特点,并根据树种生物学特性,按适地适树的原则,优先选择在该区域生长表现好,抗逆能力强,生态、社会效益较好的乡土树种,或已引种证明能良好适应元江干热河谷困难立地的外来树种,进行定向改造修复,以加快演替进程。根据元江近年来县城面山改造及美丽公路建设造林成功经验总结,筛选出最适合元江干热河谷困难立地生长的常绿、半常绿树种主要有清香木、酸角(*Tamarindus indica*)、印楝(*Azadirachta indica*)、印度黄檀(*Pterocarpus indicus*)、余甘子、羊蹄甲、金凤花(*Caesalpinia pulcherrima*)、金合欢、五色梅(*Lantana camara*)、三角梅(*Bougainvillea spectabilis*)等。造林苗木要求选用 1~2 年生容器苗,苗高

在 1.5 m 以上,地径 2~2.5 cm,活力旺、主干粗状、主根发达、侧须根多、叶色正常、无病虫害的一、二级壮苗,并且要求容器土球完好不散。

4.1.2 推广蓄水保墒整地方法

元江干热河谷影响造林成活的最主要环境因子是高温、干燥。整地是能明显改善干燥地区造林立地状况的关键举措。通过整地可有效改善造林地微环境,提高土壤熟化能力,从而明显改善土壤墒情,有助于提高造林成活率,促进幼树生长发育。按照区域内降水分布的季节性特征,以及土壤水分积累消散动态规律,整地时间最宜在进入雨季前完成。通过及时整地能有效地截留和贮蓄雨水、保护土壤墒情,以便于最大程度地提高造林成活率。该区域困难立地由于自然环境的严重退化,天然植被稀少、土壤贫瘠、且土层较薄、石砾含量多、坡度陡,土壤蓄水保肥力较弱、地表径流流失严重,植被损毁后恢复十分困难,所以整地措施非常重要,应在充分保存好现有植物的情况下,推行蓄水保墒整地技术方法。

1)翼状鱼鳞坑整地

翼状鱼鳞坑由水平引水槽沟与大鱼鳞坑结合而成。鱼鳞坑形状似半月形,坑面一般取水平形,坑的二角沿等高线向外开挖引水沟槽,沟槽内形成微徐坡度,有利于径流沿引水沟槽汇集到坑穴中。翼形鱼鳞坑整地有集水、调蓄的作用,可降低水土流失,增加径流利用率。这种整地技术很适合坡度大于30°的荒山荒坡造林时应用。

2)燕翅形整地

燕翅形整地技术在传统深穴整地技术的基础上,加大了二道沟槽的整地,形状与燕子的二个翅膀相似。整地时要求把挖掘的土置放于沟槽外侧打埂,沟槽长度可直达上方的种植树坑穴,但不能与上方植树穴连通。燕翅形整地有较好的蓄水保水作用,防止水土流失尤其是形成超渗和超满流后,作用特别突出。这种整地技术很适合坡度 25°~30°的荒山荒坡造林时使用。

3)客土整地

元江干热河谷困难立地采用爆破或人工挖掘的石质树坑,因土壤石砾含量多、养分少,必须进行客土回填。客土土壤若较为黏重,可适量添加原坑碎土或山皮土,以提高土壤的透气性能。

4.1.3 推广抗旱造林技术

1)保水覆盖造林

高温蒸腾失水也是影响造林成活率的又一关键因素,所以,造林前期对苗木进行修枝、剪叶是避免苗木蒸腾失水主要措施。而对于元江等干热河谷的困难立地,造林栽植前期应对苗木进行必要的修枝、剪叶等技术处理,移栽后做好幼苗栽植遮阴和土壤覆盖,能有效地减少幼苗蒸腾失水和土壤水分挥发,从而达到幼苗保水、土壤润透保墒的效果,可增加造林成活率 30%以上。

2)利用容器苗造林

在起苗时,对容器苗床进行全面浇水,让培养基充分吸水,以提高苗木的持水耐力。在运苗前进行苗木修剪,及时剪除容器底部的根系和部分枝叶,尽量减少苗木根系的损伤和水分蒸腾,以保证苗木质量。搬运苗木时,忌使容器土团松散而损伤根系。植苗移栽要仔细,苗木进坑后小心去掉容器,避免营养土团松散。填埋土要密实,使底土与苗木紧紧相接。可采取生化处理措施,如施用抗旱保水剂、喷洒抗蒸腾剂等。

4.2 工程措施

工程造林主要是为改善造林地积水保湿、保土、保肥功能。而元江干热河谷困难立地的改良,主要包括土壤整理工程和水利灌溉工程。土壤整理工程是解决土壤干燥、贫瘠问题的重要措施,是保证植树造林成活的关键环节。水利灌溉工程主要是针对元江干热河谷等地形复杂的地区特殊困难立地环境所采取的生态环境修复辅助方法,主要涉及到电力、土木、水利等工程项目方面。

5 生态修复造林模式

5.1 干旱阳坡生态修复造林模式

在 30°以内干旱阳坡的凹地,土层稍厚,石砾含量较少的区域可栽酸角、印楝、余甘子等耐旱经济林树种,在土层较薄、石砾含量较多的地方栽植清香木、印度黄檀、金凤花、五色梅、三角梅等生态树种。整地技术:造林前 3~4 个月进行整地。整地方式要因地制宜:坡度在 30°以上,则选择翼形鱼鳞坑整地技术,整地尺寸为长径 100 cm ,短径 80 cm,坑深 60 cm,引水沟槽宽、深各 10 cm;若坡度在 30°以内,则选择燕翅形整地技术,坑穴尺寸一般为 60~80 cm 见方,引水壕沟的深度、宽度各 10 cm。种植技术:采用容器苗造林,雨季栽植,6—7 月进入雨季后穴土湿透时及时抢栽,栽后及时用薄膜覆盖和遮阳网遮荫保湿。对萌芽能力好的印楝等树种,可进行截干造林,截干后留干高度 8~10 cm,盖土高度至根颈以上 3~4 cm。抚育管护:造林后如遇久旱不雨时,应进行浇水保活。造林后 1~3 年内,每年 7—8 月杂草生长茂盛期松土除草追肥,以保持土壤墒情。

同时,对新造林地进行封山禁牧,严防人畜损毁及火灾发生。

5.2 石质山地生态修复造林模式

石质山地生态修复造林树种选择耐干旱瘠薄能力强、防护性能好、生长快的常绿、半常绿乡土树种或已引种证明在元江干热河谷困难立地生长表现良好的外来树种清香木、印度黄檀、三角梅等。整地技巧:采用燕翅形整地技术,尽可能根据山地的具体情况,把栽植点选定在径流集聚地以及土层较厚的区域,整地深度要达到 60 cm 以上。在覆土时应适当采用保水剂等,以改善土壤特性,从而提高保水能力。当土壤瘠薄,难于整足深度要求时,便可进行“二次整地”。坑穴尺寸通常为 100 cm × 80 cm × 60 cm,引水壕沟的宽和深各 10 cm。用容器苗造林。6—7 月进入雨季后,当种植穴内的回填土湿透后及时进行栽植,最迟不宜超过 8 月中旬完成。植苗造林后及时用农用地膜、杂草等覆盖树盘地表,并对幼苗进行遮荫。树盘覆盖面积一般要大于栽植穴 1 倍左右。

6 结论与讨论

元江干热河谷困难立地的生态十分脆弱,具有逆向演替的特点,其破坏影响在近期内难以消除。在实践中,对于生态恢复、林相季相改造一直是难点,简单的封育和常规造林对于该地区的困难林地生态修复、林相季相改善成效不明显。应采用以工程技术措施为主,生物技术措施并重的方法实施系统整治,科学合理地做好工程设计规划,认真制定具体计划,稳步推进实施,把干热河谷困难立地变成社会经济可持续发展的重要延伸地带。

元江干热河谷具有特殊的光、热资源优势,通过人为干预对困难立地进行科学治理,可使困难立地产生更多、更好的生态、经济效益。在今后的治理工作中,可依托元江干热河谷困难立地丰富的自然资源,把困难立地的生态修复与生产发展有机融合,重点开发富有地方特色的旅游资源,并把县城近郊的困难立地打造成热带树木公园、果园,进一步发展城郊旅游。

参考文献:

[1] 胡聃,奚增均. 生态恢复工程系统集成原理的一些理论分析[J]. 生态学报,2002,22(6):866-877.

[2] 和浩,和树华. 高海拔生态脆弱地带生态恢复产业化的前景分析[J]. 中国科技博览,2009(28):242-243.

[3] 党小虎,刘国彬,薛蓬. 中国黄土丘陵区水土保持与生态恢复模式[J]. 农业工程学报,2010,26(9):72-80.

[4] 欧朝蓉,助情况,孙永玉. 西南干热河谷景观格局研究进展[J]. 西部林业科学,2015,44(6):137-142.

[5] 许再富,陶国达,禹平华,等. 元江干热河谷山地五百年植被变迁探讨[J]. 云南植物研究,1985,7(4):403-412.

[6] 吴征镒. 中国植物志[M]. 北京:科学出版社,1982:6,77,365,489-490.

[7] 元江县人民政府. 元江县志[Z]. 1989.

责任编辑:刘平书

doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2023. 06. 010

广东省自然保护地生态修复条件分析与对策研究

朱宏伟,徐期瑚,文昌宇,李纪友
(广东省林业调查规划院,广东 广州 510520)

摘要:自然保护地生态修复是筑牢生态安全屏障的重要举措。在分析广东省自然保护地生态环境现状、生态修复有利条件及存在问题的基础上,提出了“一带两屏三廊多点”布局,同时采取加强组织政策、资金机制、管理制度、技术人才、监测评价、宣传引导等保障措施,以实现广东自然保护地生态修复。

关键词:自然保护地;生态修复;总体布局;广东

中图分类号:S759. 9;X171. 4 **文献标识码**:A **文章编号**:1671-3168(2023)06-0053-05

引文格式:朱宏伟,徐期瑚,文昌宇,等. 广东省自然保护地生态修复条件分析与对策研究[J]. 林业调查规划,2023,48(6):53-57,79. doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2023. 06. 010

ZHU Hongwei, XU Qihu, WEN Changyu, et al. Ecological Restoration Conditions and Countermeasures for Natural Protected Areas in Guangdong[J]. Forest Inventory and Planning, 2023, 48(6):53-57, 79. doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2023. 06. 010

Ecological Restoration Conditions and Countermeasures for Natural Protected Areas in Guangdong

ZHU Hongwei, XU Qihu, WEN Changyu, LI Jiyou
(Guangdong Forestry Survey and Planning Institute, Guangzhou 510520, China)

Abstract: The ecological restoration of natural protected areas is an important measure to build a solid ecological security barrier. Based on the analysis of the current situation and problems of the ecological environment of natural protected areas in Guangdong Province, this paper proposed the layout of “one belt, two barriers, three corridors and multiple points”, and put forward measures on organizational policies, financial mechanisms, management systems, technical talents, monitoring and evaluation, and publicity and guidance, to realize the ecological restoration of natural protected areas in Guangdong Province.

Key words: natural protected area; ecological restoration; layout; Guangdong

在经济飞速发展的当今社会,因荒漠化、水土流失、森林破坏、湿地萎缩等多种生态退化类型造成的生物多样性和生态系统功能降低问题受到极大关注[1-2],如何维护好现有的健康生态系统,恢复和重建退化的生态系统,已成为生态系统研究的热点问题之一[3]。生态修复是以优先恢复和重建受损生

收稿日期:2022-04-29.
基金项目:广东省 2020 年生态林业建设专项(20301).
第一作者:朱宏伟(1984-),男,内蒙古乌兰察布人,工程师. 主要从事生态恢复、林业调查规划和自然保护地体系建设. Email:546644236@ qq. com
责任作者:徐期瑚(1973-),男,湖北监利人,教授级高级工程师. 主要从事森林生态、林业碳汇和自然保护地体系建设. Email:csfuxqh@ 163. com

态系统为目标,采用自然或人工手段对受损生态系统进行恢复和重建,解决生态系统退化及受损问题,满足人类急剧增长的高质量生态空间的现实需求[4],是建设生态文明和实现可持续发展的重要途径[5]。为了改善生态环境,国家相继出台了《全国重要生态系统保护和修复重大工程总体规划(2021—2035年)》[6]和《国家公园等自然保护地及野生动植物保护重大工程建设规划(2021—2035年)》[7]等;广东省先后启动编制了《广东省国土空间生态保护修复规划(2020—2035年)》[8]和《珠三角地区水鸟生态廊道建设规划(2020—2025年)》[9]等。自然保护地是生态文明建设和美丽中国建设的最好载体,是一个国家或地区最具代表性的自然资源富集区及生态安全的关键保障地带[10],因此自然保护地生态修复是生态修复重要部分,是品牌与成果最直接且具体展示平台和窗口。《中共中央办公厅国务院办公厅印发<关于建立以国家公园为主体的自然保护地体系的指导意见>》(中办发〔2019〕42 号)文件[11]明确提出:“要切实加强自然保护地建设,以自然恢复为主,辅以必要的人工措施,分区分类开展受损自然生态系统修复”,目前生态修复研究大多聚焦于水体、土壤等单一生态要素,或水土流失等单一自然过程[12]以及单个自然保护地空间尺度,而在“统筹山水林田湖草系统治理”“深入实施山水林田湖草一体化生态保护和修复”背景下,生态修复更强调系统性、整体性、综合性,因此在省级区域空间尺度下,分析自然保护地生态修复条件,提出生态修复对策,为制定相关决策提供借鉴和依据。

1 广东自然保护地现状

1.1 数量特征

自 1956 年广东肇庆鼎湖山建成中国第一个自然保护区开始,广东省已形成种类齐全、数量庞大、生态效益和社会效益显著的自然保护地体系。迄今为止,广东省自然保护地数量居全国之首,约占全国自然保护地总数的 13%,保护地种类有 6 类,共 1 359 处,总面积 294.52 万hm^2,占全省土地面积的 16.39%。其中自然保护区 377 个,面积 166.74 万hm^2;风景名胜区 28 个,面积 11.57 万hm^2;地质公园 21 个,面积 11.30 万hm^2;森林公园 712 个,面积 93.78 万hm^2;湿地公园 214 个,面积 9.11 万hm^2;海洋公园(海洋特别保护区)7 个,面积 2.02 万hm^2。国家级自然保护地 94 个,省级自然保护地 177 个,市级自然保护地 299 个,县级自然保护地 789 个[13]。

1.2 自然保护地建设成效与发展

经过 60 余年发展,自然保护地建设从受到关注并提上日程,到以游憩旅游带动发展,再到资源保护全面多样化发展过程[14],各类森林、湿地等生态系统,重要地质遗迹和陆生野生动植物得到有效保护,并在全国以及全球资源储备和生态安全中发挥了积极作用。广东省成为全国唯一一个“自然保护区建设示范省”,在惠东港口建有我国唯一的国家级海龟自然保护区。当前,广东省积极开展以国家公园为主体的自然保护地体系建设,成立了国家公园建设工作领导小组,高水平谋划创建广东省第一个国家公园南岭国家公园,丹霞山国家公园、珠江口国家公园进入前期论证阶段,广东自然保护地建设已走向新的历史起点和新的高度。

2 广东自然保护地生态修复条件分析

2.1 广东自然保护地生态修复有利条件

2.1.1 具有丰富的生态修复与治理经验

广东自然保护地保护与发展是在不断解决问题中前进。由于广东省是多台风,降雨量较大的省份,山洪、塌方等自然灾害时有发生,同时山区面积较大,民间风俗习惯等原因造成的森林防火压力巨大,人为乱砍滥伐现象也屡禁不止。面对以上各种问题,广东自然保护地建设、保护、修复和治理同时进行,取得显著成效,尤其在红树林修复、有害生物防治和生物多样性保护中成效突出,并形成了具有区域特色而又有广泛性的实践和理论体系。

2.1.2 具有重要的生态区位

在全球范围,广东省是地球同纬度地区保存最为完整的一块绿洲的重要组成部分,分布在广东省的自然保护地是重要生物基因宝库,保存着具有全球性意义的生物,对全球生物多样性研究和地质研究有重要的科学意义,广东鼎湖山国家级自然保护区加入世界自然保护区网络,并设立森林生态系统定位研究站,成为中国 3 个首批国际生物圈保护区之一[15]。对于我国而言,广东南方丘陵山地带是国家“两屏三带”生态安全格局中的南方重要生态屏障,而广东自然保护地发挥重要作用,是地质和生态的“双重宝库”,最具广东代表性。由于重要的生态区位,广东自然保护地生态修复将得到全社会在政策、资金上大力支持,有更宽松的社会环境氛围。

2.1.3 具有坚实的生态修复自然禀赋基底

生态修复,主要靠生态系统自身修复来完成,而

该生态系统下生物多样性越高,系统越稳定,修复就更易实现。广东自然保护地经过多年的保护管理,逐渐形成了生态服务功能完善、结构层次多变、类型多样和保护价值较高的生态系统,如森林、湿地和海洋生态系统等,多样的生态系统为自然保护地生态治理与修复提供了坚实的本底条件。

2.2 广东自然保护地生态修复不利条件

2.2.1 管理体系和管理能力现代化水平不高

自然保护地管理机构设立不够健全,还存在尤其是县级自然保护地有牌而无边界范围、无人员配置和无实际管护“三无状态”自然保护地;自然保护地人员队伍结构单一,力量薄弱,专业人员老龄化和断层现象普遍,管理资金投入不足,部分林区道路、水电、通讯等基础设施陈旧;森林防火、林业综合执法、有害生物防治等技术手段或装备设施仍显落后。自然保护地管理较为粗放,大数据融合性、物联网的连通性、巡护智能性等与精准管理模式还有一定差距,这给自然保护地生态修复在人员配备和后期监测管理上带来一定压力。

2.2.2 自然保护地历史遗留问题仍存在

在自然保护地成立最早期,受到管理队伍技术水平、技术手段限制,自然保护地区划方式较为粗放、功能区划不够合理,自然保护地内仍存在村镇、道路、永久基本农田、集体人工商品林和矿业权争议等问题[16],有的还处于核心保护区,这些问题属于生态修复的内容,但涉及到权属争议、生态补偿等问题给生态修复带来一定阻力。

2.2.3 生态空间保护不够

根据广东省各地市生态保护价值评价和自然保护地空缺分析结果,结合自然保护地在全省生态保护格局分析[17]中的重要保护区域内分布来看,现有自然保护地在生态安全和资源保护中发挥了积极作用,但仍存在保护区域空缺。从现有自然保护地分布来看,主要呈中心集聚组团分布格局,珠三角地区分布最多[13]。空缺保护区域导致自然保护地间连通性差,斑块化明显,并形成生物多样性保护和生态系统保护空缺[18],最终与生态修复达到生态空间完整性目标有一定差距。

2.2.4 交叉重叠问题普遍存在

优化自然保护地的空间布局和解决自然保护地重叠现状问题,是自然保护地管理和建设最基础条件[19]。由于自然保护地边界不清[20]和不同管理部门对同一保护区域或生态系统形成不同功能定位造成空间重叠[21-23],目前,广东自然保护地存在不同类型保护地重叠和同类型不同级别保护地重叠情况,在 1 359 个自然保护地中共有 44.27 万hm^2 区域重叠,占自然保护地总面积的 15.03%,不同类型保护地间重叠占比最大,占总重叠面积的 85.19%[24],自然保护地空间重叠,加上缺乏统一规划,必然出现多个部门(环保、海洋、林业部门)对同一个项目重复修复和治理的现象,增加保护成本,降低保护成效,造成人力、物力、财力的浪费。

3 广东自然保护地生态修复对策

3.1 生态修复原则

根据广东国土空间生态修复要求,结合广东自然保护地生态修复条件,其原则为:生态优先、绿色发展;自然恢复为主、人工修复为辅;系统修复、突出重点;问题导向、分区分类修复;因地制宜、综合施策。

3.2 生态修复思路

在以建设国家公园为主体的自然保护地体系背景下,衔接广东省区域发展战略,对接省级国土空间规划以及重大生态修复规划[6-9]的生态修复任务,以广东省自然保护地为载体实施生态修复工程,坚持问题导向和目标导向,立足区域自然地理格局和生态系统状况,综合考虑行政区域划分、自然保护地管理单位等管理因素,基于生态系统演替规律和内在机理,通过遥感监测、大数据分析、实地调查等技术手段,精准分析识别生态问题,按照聚焦生态安全、突出生态功能、兼顾生态景观的次序,统筹开展系统治理和整体治理,采用从生态环境修复,再到生态系统修复,最后生物多样性恢复的逻辑思路,恢复自然生态系统功能。

3.3 生态修复技术路线

对广东省自然保护地体系的生态空间分布、自然资源特征进行全面调查和梳理,综合考虑自然生态的系统性、完整性和自然地理特点,以“一带两屏三廊多点”作为广东省自然保护地生态保护修复发展格局,以生态主导功能为主线,充分考虑广东生态地理格局,分区分地施策,在生态退化诊断的基础上开展生态治理与生态修复;遵循自然生态系统的演替规律和内在机理,充分发挥大自然的自我修复能力,减少对自然生态系统的负面干扰;统筹开展山水林田湖草一体化治理,通过采用复合的生物措施和工程措施,实施山地生态景观修复、水土保持生态治理、森林生态修复、湿地生态保护与修复、海洋及海岸生态治理与修复、生物多样性保护与修复等方面

的工程,使自然生态系统、自然遗迹、自然景观和生物多样性得到系统性保护和精准修复,提升自然保护地整体质量和生态服务功能,实现人与自然和谐共生。

3.4 生态修复技术措施

根据广东自然地理特征、区域经济和社会发展水平,围绕广东省委提出的“一核一带一区”区域发展新格局,为实现自然资源在空间布局上的均衡、合理配置,以便全方位立体式推进自然保护地生态治理与生态修复,确立全省自然保护地生态修复总体布局为“一带两屏三廊多点”。

3.4.1 南部蓝色海洋防护带自然保护地生态修复(简称“一带”)

主要范围包括广东沿海区域韩江出海口—南澳岛、大亚湾—稔平半岛、珠江口河口、红海湾、广海湾—镇海湾、北津港—英罗港等,“一带”修复重点加强陆海生态系统保护和修复,即修复以红树林、沿海基干林带、滨海湿地等要素为主体的南部海洋生态保护带自然保护地。

3.4.2 粤北生态屏障带自然保护地生态修复和珠三角外围生态屏障带自然保护地生态修复(简称“两屏”)

主要范围为南岭山地为核心的北部环形生态屏障自然保护地和以山地、森林为主体的珠三角外围生态屏障自然保护地。粤北环形山体生态屏障带范围包括以粤北南岭山脉、粤东凤凰—莲花山脉、粤西云开大山山脉为主体组成的北部环状生态屏障,珠三角外围生态屏障带范围包括肇庆鼎湖山区、开平天露山区、花都—从化北部、博罗山区和惠东天峰—莲花山区等为主体组成的珠三角外围环状生态屏障,“两屏”修复重点强化水土保持、水源涵养和生物多样性维护功能保护修复。

3.4.3 水系廊道、道路廊道、鸟类迁徙廊道生态修复(简称“三廊”)

修复以重要河流水系、主要骨架道路、鸟类迁徙通道为依托的自然保护地生态廊道,“三廊”修复,重点加强通山达海的生态廊道网络系统保护和修复。

3.4.4 广东省自然保护地中受损生态点状区域的修复(简称“多点”)

修复以废弃矿山、石场、泥口、边坡、石漠化地、水土流失地、动植物栖息地等自然保护地被破坏的生态系统,重点加强受损生态系统的恢复和重建。

4 保障措施

4.1 组织政策保障

加强组织领导,细化工作安排,结合林长制的全面推行,将自然保护地生态治理与生态修复纳入各级党政领导负责制中;建立健全政策法规,出台科学合理的生态保护补偿政策,提高自然保护地生态公益林补偿标准,有效解决人工商品林退出补偿等问题;加快自然保护地整合优化和勘界立标,彻底解决历史遗留问题。

4.2 资金机制保障

加大资金投入力度,以政府投入为主,同时拓宽资金筹措渠道,形成多元化筹措机制。争取将自然保护地生态治理与生态修复纳入到其他专项建设工程中,如国家天然林资源保护工程、沿海防护林体系建设工程,争取中央财政资金;各级政府将自然保护地发展建设纳入地方经济社会发展规划,安排相应的配套资金;综合运用财税、金融等政策,鼓励和引导各类投资主体积极参与。

4.3 管理制度保障

建立考核责任制度,地方各级党委、政府要建立自然保护地生态治理与生态修复实施监督机制和检查评估体系,抓好主要指标及任务的分解和落实,定期开展检查和评估,并作为工程资金支付的重要依据;建立社区共管制度,公众参与自然保护地管理,包括公众对自然保护地管理情况的知情权、决策的参与权以及监督权等。

4.4 技术人才保障

大力开展有害生物防治等方面的技术创新和应用,设立野生动植物物种库等科技攻关项目,为项目建设提供技术支撑;加强科研成果的转化,增强生态修复科技含量;积极引进高水平科技人才,与相关高校和有关科研院所建立长期合作,加强人才培养、技术研究和科研基地建设;加强自然保护地从业人员技能培训,不断提高从业人员的管理水平、专业水平和创新能力。

4.5 监测评价保障

建立“天空地”一体化监测平台,综合运用卫星遥感监测、航空遥感监测、地面物联网综合监测、人工调查、巡护监测等多种监测技术手段,构建及时、精准的自然保护地生态监测平台;整合广东省自然保护地生态治理和修复的相关数据,建成全省自然保护地生态保护和修复监测信息系统,综合应用大数据、云计算、人工智能等新一代信息技术,对自然

保护地各类监测数据进行分析;建设服务于生态保护和修复的实验室、生态定位观测研究站、科研示范基地等科研平台,为自然保护地生态治理和修复提供科学及时的监测和评价数据。

4.6 宣传引导保障

充分利用广播、电视、报纸、网络等各种新闻媒体,广泛深入地宣传自然保护地的类型、功能、作用和生态保护政策等;依托植树节、世界湿地日、野生动植物日、“穿越北回归线风景带—广东自然保护地探秘”“粤野觅镜—大美自然保护地探秘”等活动,开展生态治理与生态修复主题宣传;鼓励和组织公民以适当方式参与生态修复工作,积极开展义务植树、爱鸟护鸟等公益活动;加强和提升生态建设信息公开、新闻发布、政策解读、舆论引导工作。

5 结　论

广东是一个经济大省,GDP 已连续 30 多年位居全国第一,但经济发展的同时也产生了生态环境问题,作为生态系统和生物多样性保护最核心部分和人类生态安全最后生态屏障的自然保护地,一旦形成大规模的生态退化问题,需要投入大量人力和物力来恢复。广东省自然保护地是全国自然保护地发展的缩影,其完整地经历我国自然保护地从无到有发展全过程,并成为类型最为丰富的省份,但同时在过去几十年里,由于对自然保护地认识不清,缺乏统一管理框架,“先建设先破坏,后管理后保护”抢救式建设特征,形成保护地生态环境破坏、空间分布不合理,永久基本农田和社区发展与保护相矛盾等历史遗留问题[14],开展自然保护地生态修复对维护生态系统健康稳定,提升生态质量和服务功能有重要意义。

广东是七山一水二分田的省份,南北纵跨 3 个气候带,其特殊的先天地理环境孕育着丰富的生态资源和多元的生态系统,为自然保护地夯实了良好的生态本底和充分的发展空间。由于地理条件差异,不同的自然保护地发挥着不同的生态功能,而一个完整的生态系统单元可能并不与自然保护地边界重叠,所以将广东整个行政区域作为整体,明确重点修复的生态因子,按照实际生态分布格局,以“一带两屏三廊”多点修复布局为基本构架,为广东省保护地修复提供布局指引,点线面多层次全方位开展生态修复,增强自然生态系统的完整性、连通性和稳定性,以避免单个保护地或单个生态因子修复造成不协调性。

自然保护地生态修复是一个长期的,涉及多领域、多学科的系统工程,修复除达到一定生态目标,更要关注生态过程和生态联系,实现生态自然修复;在实践中,政策法规如何更好地服务生态修复项目[25],创新生态效益补偿机制,按照“谁受益,谁补偿”的原则,调动全域生态保护和修复积极性,耦合生态、社会、经济多重效益制定合理的生态修复成效评价体系[26],将大数据、人工智能等技术应用在生态修复全过程是今后研究的重点内容。

参考文献:

[1] 胡云锋,魏云洁,罗琦,等. 典型脆弱生态区生态退化趋势与治理技术需求分析[J]. 资源科学,2019,41(1):63-74.

[2] KATHARINA A,WERNER R,DOMINIK T,et al. Trade—otis between temporal stability and level of forest ecosystem services provisioning under climate change[J]. Ecological Applications,2018,28(7):1884-1896.

[3] 白降丽,彭道黎,庾晓红. 退化生态系统恢复与重建的研究进展[J]. 浙江林学院学报,2005,22(4):464-468.

[4] 易行,白彩全,梁龙武,等. 国土生态修复研究的演进脉络与前沿进展[J]. 自然资源学报,2020,35(1):37-52.

[5] 刘俊国,崔文惠,田展. 渐进式生态修复理论[J]. 科学通报,2021,66(9):1014-1025.

[6] 中华人民共和国自然资源部. 全国重要生态系统保护和修复重大工程总体规划(2021—2035 年)[EB/OL]. (2020-06-12)[2021-09-10]. http://www.mnr.gov.cn/dt/ywbb/202006/t20200612_2525856.html.

[7] 国家林业和草原局,国家发展改革委,财政部,自然资源部,农业农村部. 国家公园等自然保护地及野生动植物保护重大工程建设规划(2021—2035 年)[EB/OL]. (2022-03-11)[2022-04-12]. https://www.doc88.com/p-17287845025664.html.

[8] 广东省自然资源厅. 广东省国土空间生态保护修复规划(2020—2035 年)[EB/OL]. (2022-01-01)[2022-04-12]. http://nr.gd.gov.cn/hdjlpt/yjzj/answer/16883.

[9] 广东省林业局. 珠三角地区水鸟生态廊道建设规划(2020—2025 年)[EB/OL]. (2020-04-01)[2022-04-12]. https://wenku.baidu.com/view/d25cc7c29a8fcc22bcd126fff705cc1755275ff7.html.

[10] 余振国. 中国自然保护地体系构成研究[J]. 中国国土资源经济,2019,32(4):10-15.

[11] 中华人民共和国中央人民政府. 中共中央办公厅国务院办公厅印发《关于建立以国家公园为主体的自然保护地体系的指导意见》[EB/OL]. (2019-06-26)[2021-09-10]. http://www.gov.cn/zhengce/2019-06/26/content_5403497.htm?trs=1.

(下转第 79 页)

doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2023. 06. 011

广东省自然保护地人类活动变化及对策探讨

李纪友,杨志刚,黎颖卿
(广东省林业调查规划院,广东 广州 510520)

摘要:人类活动对自然保护地的生态系统、生物多样性等均造成较大的影响。采用遥感监测的方法对广东省自然保护地人类活动进行监测,获取自然保护地人类活动的变化情况,预警自然保护地存在的生态风险,为自然保护地开展日常监管等提供基础数据。基于自然保护地人类活动的变化情况,探讨控制和减少人类活动的相应对策,如加强管理监督、监测评估、科学绿化、解决历史遗留问题、社区共管和生态修复等,对于加强自然保护地管理和保护,提高自然保护地管护质量具有重要意义。

关键词:自然保护地;遥感监测;人类活动;社区共管;生态修复

中图分类号:S759. 9;S718. 524 **文献标识码**:B **文章编号**:1671-3168(2023)06-0058-06

引文格式:李纪友,杨志刚,黎颖卿. 广东省自然保护地人类活动变化及对策探讨[J]. 林业调查规划,2023,48(6):58-63. doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2023. 06. 011

LI Jiyou, YANG Zhigang, LI Yingqing. Human Activities Changes and Countermeasures in Natural Protected Areas of Guangdong Province[J]. Forest Inventory and Planning, 2023, 48(6):58-63. doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2023. 06. 011

Human Activities Changes and Countermeasures in Natural Protected Areas of Guangdong Province

LI Jiyou, YANG Zhigang, LI Yingqing
(Guangdong Forestry Survey and Planning Institute, Guangzhou 510520, China)

Abstract: Human activities have a great impact on the ecosystem and biodiversity of natural protected areas. Using remote sensing monitoring method to monitor human activities in the natural protected areas of Guangdong Province can quickly obtain the changes of human activities, give early warning of ecological risks, and provide basic data for the daily supervision of the natural protected areas. Based on human activity changes in natural protected areas, this paper discussed corresponding measures to control and reduce human activities, such as strengthening management supervision, monitoring and evaluation, scientific greening, solving historical problems, community co-management and ecological restoration, etc., for strengthening the management and protection of natural protected areas and improving the quality of management and protection.

Key words: natural protected areas; remote sensing monitoring; human activities; community co-management; ecological restoration

---

收稿日期:2022-06-23;**修回日期**:2022-07-12.
基金项目:广东省 2021 年生态林业建设专项“广东省自然保护地人类活动监测”项目(22108).
第一作者:李纪友(1976-),男,河南信阳人,高级工程师. 主要从事林业调查规划设计和自然保护地调查监测等工作.

自然保护地是国际公认的保护生物多样性、提供优质生态产品与服务、维系生态系统健康最重要和最有效的途径。自然保护地作为我国自然生态空间最重要、最精华的组成部分,是建设生态文明的核心载体,中华民族的宝贵财富,美丽中国的重要象征,在维护国家生态安全中居于首要地位,事关中华民族永续发展的千年大计[1]。农田开垦、居民点修建、工矿建设、能源资源开发等人类活动对自然保护地生态系统产生负面影响[2],减少了自然保护地的有效规模,导致原生栖息地破碎化和生物多样性下降,严重影响保护地的保护有效性。随着人类活动范围的急剧扩大,自然保护地面临的威胁逐渐增多,破坏自然保护地的人类活动越来越频繁[3]。

对人类活动进行长期、持续、稳定的监测,能为自然保护地环境状况研究提供可靠的依据[4]。自 20 世纪 90 年代以来,国内外学者针对自然保护地人类活动进行了相关研究:Luigi Maiorano[5]利用土地变化数据和 Landsat TM5 和 Landsat ETM+遥感数据进行分析;宋拥军[6]、罗仪宁[4]、刘晓龙[7]等研究了自然保护地遥感监测方法;刘晓曼[8]提出了遥感监测结果分析评价 NRHI 模型;张明莎[9]、栾卓然[10]、孔梅[11]等学者利用该 NRHI 模型进行了分析和评价。利用遥感监测方法对自然保护地进行监管和保护,提高对自然保护地的监管和保护工作质量,已经成为一种行之有效的方法。

本文以广东省省级以上自然保护区和国家级自然公园等自然保护地为研究对象,利用遥感监测方法判读自然保护地内 2020 年人类活动信息,分析人类活动变化情况,为自然保护地开展日常监管等提供基础数据;同时探讨控制和减少人类活动的相应措施,对于加强自然保护地管理和保护,提高保护质量和保护效能的发挥具有重要意义。

1 概　况

广东是我国唯一的自然保护区建设示范省。1956 年,广东省建立了全国第一个自然保护地——广东鼎湖山自然保护区。60 多年来,又相继建立森林公园、湿地公园、风景名胜区、地质公园、海洋公园、石漠公园等各级各类自然保护地。截至 2020 年年底,广东省共有批复自然保护地 1 361 处,批复总面积 306.72 万 hm^2,占全省陆海总面积的 12.54%[12]。在广东自然保护地中,森林公园、自然保护区和湿地公园 3 种类型数量合计 1 304 个,占总数量的 95.81%;风景名胜区、地质公园、海洋公园和石漠公园数量相对较少。全省自然保护地按级别划分,国家级自然保护地 95 处,面积为 70.47 万 hm^2,占比 23.79%;省级自然保护地 177 处,面积为 74.91 万 hm^2,占比 25.28%;市县区级自然保护地 1 089 处,面积为 150.90 万 hm^2,面积占比 50.93%。

2 研究方法

广东省自然保护地人类活动遥感监测采用 2020 年高分辨率影像,数据源包括“高分一号”(GF-1)卫星、“高分二号”(GF-2)卫星、“高分六号”(GF-6)卫星、“资源三号”(ZY-3)卫星、“资源一号”02C(ZY-1 02C)卫星等类型影像。要求单景影像平均云量小于 10%,重点监测区域尽量没有云层覆盖,影像尽量避免拉伸、断线等。同时,尽可能使用最新遥感影像数据。目前所取得的影像最新拍摄时间为 2020 年 12 月,如果保护地所在区域 12 月影像无覆盖,则使用 2020 年 11 月影像,以此类推。参照影像采用 2019 年国家林业和草原局下发的“森林资源一张图”影像,空间分辨率为 2 m。合计收集卫星图像 268 景,采集面积约 1 192 万 hm^2,实现广东省国家级自然保护区、省级自然保护区和国家级自然公园全覆盖。广东省省级以上自然保护区和国家级自然公园分布详见图 1,卫星图像收集情况详见表 1。

对采集的原始卫星图像进行正射校正、融合、镶嵌等预处理,提高卫星图像对比精度。采用人工目视判读方法,对两期影像进行对比判读。在地理信息系统(GIS)中,提取监测区内人类活动变化图斑,形成 2020 年广东省自然保护地人类活动信息并作为基础库。依据《自然保护地人类活动遥感监测技术规范》(HJ 1156-2021)填写各类活动变化图斑类型、前后期影像时间和地类、所在自然保护地名称、级别、功能区、面积、中心点坐标等属性信息,制作监测成果图[13]。按照判别的不同类别人类活动进行统计、汇总,形成人类活动监测成果数据库,并编制自然保护地人类活动遥感监测报告。最后将遥感判读结果分发到各地市自然保护地主管部门,开展实地核验,收集核验反馈信息。根据核验结果,对影像解译中误判地块属性进行修正。最后,分析统计不同类型人类活动的位置、面积、数量、百分比和所在功能分区等信息。

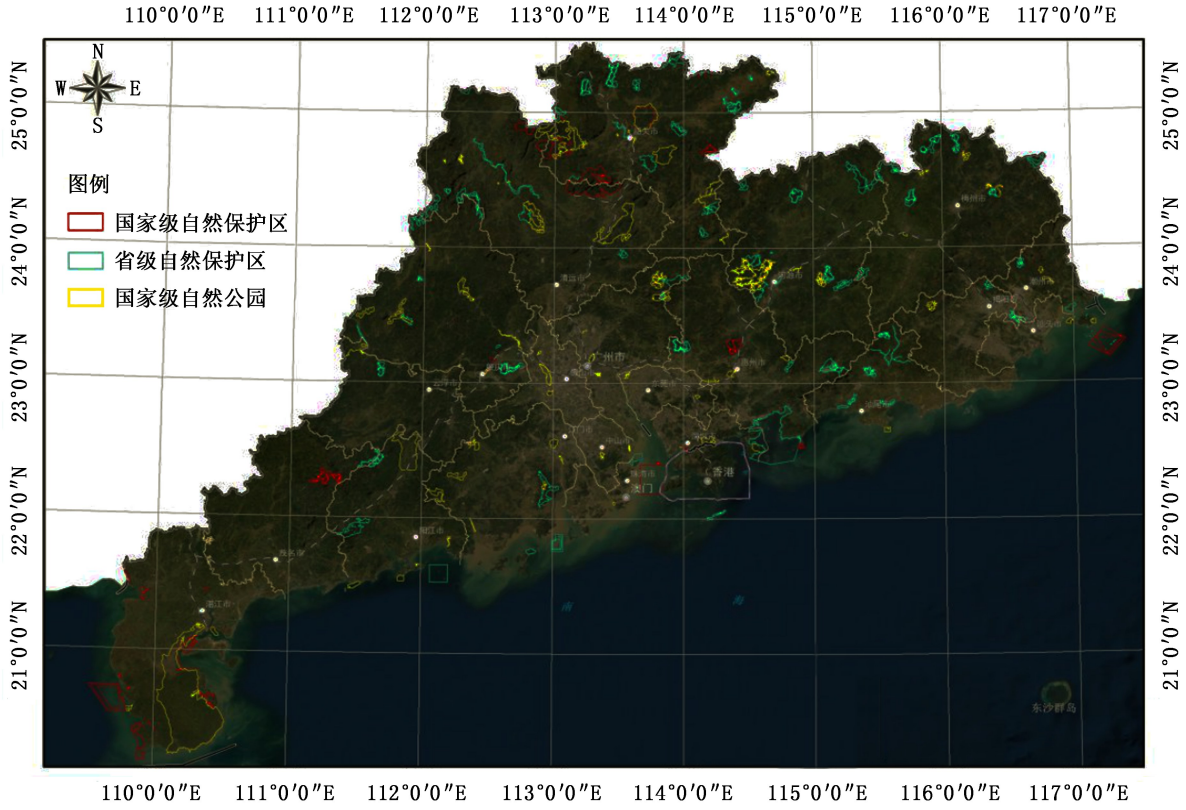


图 1　广东省省级以上自然保护区和国家级自然公园分布

Fig. 1　Distribution of nature reserves and national nature parks above the provincial level in Guangdong Province

表 1　卫星图像收集统计

Tab. 1　Satellite image collection statistics

卫星型号	数据量/景	地面空间分辨率/m
GF-1/PMS	104	2.00
GF-2/PMS	85	0.81
GF-6/PMS	25	2.00
ZY-3/MUX	39	5.80
ZY-1 02C/PMS	15	5.00
合计	268	

3　结果与分析

3.1　自然保护地人类活动变化总体情况

2020 年广东省自然保护地人类活动共计增加 799 处，总面积 1 484.11 hm^2，占自然保护地总面积的 0.118%。其中：全省共有 15 处国家级自然保护区，本次监测到其中 8 处存在人类活动，变化图斑 22 处，变化图斑面积 15.73 hm^2，占国家级自然保护区总面积的 0.005%；全省共有 63 处省级自然保护区，本次监测到其中 47 处存在人类活动，变化图斑 527 处，变化图斑面积 713.24 hm^2，占省级自然保护区总面积的 0.136%；全省共有 79 处国家级自然公园，本次监测到其中 51 处存在人类活动，变化斑块 250 处，变化图斑面积 755.14 hm^2，占国家级自然公园总面积的 0.192%。由此可见，广东省各级各类自然保护地均有人类活动增加，人类活动分布比较广泛，详见表 2。

表 2　广东省自然保护地人类活动变化图斑统计

Tab. 2　Patches of human activity changes in natural protected areas in Guangdong Province

自然保护地类别		总面积/万hm^2	变化图斑面积/hm^2	变化图斑数量/处	变化图斑面积占自然保护地面积比例/%
自然保护区	国家级自然保护区	33.66	15.73	22	0.005
	省级自然保护区	52.41	713.24	527	0.136
自然公园(国家级)		39.41	755.14	250	0.192
合计		125.48	1484.11	799	0.118

3.2 各类别自然保护地人类活动变化情况

广东省自然保护地类型多样,包括自然保护区和自然公园,自然公园又包括森林公园、湿地公园、地质公园、海洋公园、石漠公园和风景名胜区。本次监测到的广东省自然保护地人类活动,从数量上看,自然保护区、森林公园和地质公园人类活动数量较多,分别为 549、131 和 53 处,占广东省自然保护地人类活动总数量的 68.71%、16.40%和 6.63%。从面积上看,也是自然保护区、森林公园和地质公园人类活动面积增加较多,分别为 728.97、356.83、163.39 hm^2,占广东省自然保护地人类活动总面积的 49.12%、24.04%和 11.01%。总体来看,2020 年广东省自然保护区、森林公园和地质公园人类活动增加较多,其次为湿地公园和风景名胜区,而海洋公园和石漠公园相对较少(表 3)。

表 3　广东省各类别自然保护地人类活动变化图斑统计

Tab. 3　Patches of human activity changes in various types of natural protected areas in Guangdong Province

自然保护地类别		自然保护地面积/万hm^2	变化图斑数量/处	变化图斑数量占比/%	变化图斑面积/hm^2	变化图斑面积占比/%
自然保护区		86.07	549	68.71	728.97	49.12
自然公园	森林公园	15.52	131	16.40	356.83	24.04
	地质公园	10.96	53	6.63	163.39	11.01
	湿地公园	5.15	35	4.38	147.78	9.96
	风景名胜区	6.43	21	2.63	83.74	5.64
	海洋公园	1.20	8	1.00	2.56	0.17
	石漠公园	0.15	2	0.25	0.84	0.06
合计		125.48	799	100.00	1484.11	100.00

3.3 各种类型人类活动变化情况

参考《自然保护地人类活动遥感监测技术规范》(HJ 1156—2021)规定,自然保护地人类活动包括矿产资源开发、工业开发、能源开发、旅游开发、交通开发、养殖开发、农业开发、居民点与其他活动等共八种类型。结合广东省自然保护地和林业行业实际情况,本次遥感监测创新性地提出 3 个一级人类活动类型,即森林采伐、森林火灾和生态修复,因此,共计有 11 种一级人类活动类型。本次遥感监测实际监测到森林采伐、其它活动、养殖开发、交通开发、造林修复、旅游开发、矿产资源开发和森林火灾 8 种人类活动,人类活动类型多样。从数量上看,其他活动、森林采伐和养殖开发较多,分别为 498、157、64 处,占广东省自然保护地人类活动总数量的 62.33%、19.65%和 8.01%。从面积上看,森林采伐、其他活动和养殖开发较多,分别为 531.28、465.83、334.91 hm^2,占广东省自然保护地人类活动总面积的 35.80%、31.39%和 22.57%。总体来看,2020 年广东省自然保护地人类活动以森林采伐、其他活动和养殖开发为主,其次为交通开发、造林修复和旅游开发,而矿产资源开发和森林火灾相对较少(表 4)。

表 4　广东省自然保护地各种类型人类活动统计

Tab. 4　Various types of human activities in natural protected areas in Guangdong Province

序号	人类活动类型	变化图斑数量/处	变化图斑数量占比/%	变化图斑面积/hm^2	变化图斑面积占比/%
1	森林采伐	157	19.65	531.28	35.80
2	其他活动	498	62.33	465.83	31.39
3	养殖开发	64	8.01	334.91	22.57
4	交通开发	49	6.13	89.19	6.01
5	造林修复	4	0.50	39.34	2.65
6	旅游开发	24	3.00	21.52	1.45
7	矿产资源开发	2	0.25	1.33	0.09
8	森林火灾	1	0.13	0.71	0.04
	合计	799	100.00	1484.11	100.00

4 结论与讨论

4.1 结论

总体来看,2020 年广东省自然保护地人类活动新增共计 799 处,总面积 1 484.11 hm^2,占广东省自然保护地总面积的 0.118%;各级各类自然保护地均有人类活动发生,人类活动分布较广泛。从各类别自然保护地的人类活动变化情况来看,自然保护区、森林公园和地质公园增加的人类活动数量较多。从各种类型的人类活动来看,森林采伐、其它活动和养殖开发较多,其次为交通开发、造林修复和旅游开发,而矿产资源开发和森林火灾相对较少。利用遥感监测范围大、数据客观真实、效率高等优势对自然保护地人类活动进行监测,可以早发现、早制止各类人类活动,可以为自然保护地监管的专项行动提供基础数据,有利于保护自然保护地生态环境和生物多样性。

4.2 讨论

广东省自然保护地人类活动呈现以上变化特点，主要有以下 3 个因素：(1)广东省个别自然保护地历史遗留问题较多，存在城镇建成区、永久基本农田、人工集体商品林、矿业权、村庄和开发区等超 50 万 hm^2，涉及 300 多万人口[12]，导致保护地内土地权属纠纷、生态保护与林农发展经济的矛盾等较为突出：林农为了自身利益时常采伐自然保护地内商品林，形成森林采伐；居民为了生产生活在自然保护地内不断建设城镇居民点、农村居民点和其他人工设施，形成其它活动；渔民为了自身利益在在滩涂、浅海、沿江河及内陆，养殖经济动植物。(2)部分自然保护地之间存在交叉重叠、一地多牌，管理人员数量较少，导致有些保护地疏于监管，各种人类活动时有发生。(3)个别地方对自然保护地保护不够重视，破坏自然保护地的情况客观存在。针对自然保护地人类活动变化情况，探讨相应的对策以控制和减少人类活动的影响，对于加强自然保护地有效保护具有十分重要的意义。

4.3 对策

4.3.1 加强自然保护地管理监督

宣传、教育工作是自然保护事业重要的一环，自然保护地管理机构要加大宣传教育力度，让周边民众认识到自然保护地的重要性和破坏自然保护地的危害性、严重性，使广大人民群众积极参与自然保护事业[14]。要抓紧完善勘界立标工作，推动自然保护区规范化建设和精细化管理，确保自然保护区执法监督有据可依[15]。实施分类分区管理，重视各级各类自然保护地的保护；加强涉及自然保护区建设项目的准入审查，严禁不符合主体功能定位的各类开发建设活动；建设项目选址(线)应当避让自然保护地，确因重大基础设施建设和自然条件等因素限制无法避让的，需提供比选方案，经专家论证并审批后才能开工建设。要加强自然保护地专项督查，落实监管责任，严格执法，对破坏自然保护地的行为要严格追究责任，加大惩处，不断减少破坏自然保护地的行为；有条件的地区还可以为某一自然保护地制定法规，做到“一地一法”[16]，加大对自然保护地的立法保护。

4.3.2 加强自然保护地监测评估

基于遥感影像、无人机航摄与移动核查技术，构建集自然保护地“一张图”、图斑任务管理、移动核查为一体的天地一体化自然保护地人类活动监管系统[17]。“空中”监管采用遥感监测、无人机航摄等手段对自然保护地内基础设施建设、矿产资源开发等人类活动实行全面监控。“地面”监管要重点加强现场巡护，制定规范的日常巡护制度，充分利用 GPS、摄像机和移动设备，及时发现人类活动，并及时制止和处理，以遏制人类活动面积增加；对于已经处理的人类活动，要做好后期研究和监测，确保处理效果的可持续性。要将监测范围由省级以上自然保护区和国家级自然公园逐步扩大到省级自然保护地直至覆盖到所有保护地，使所有保护地都处于监测之下。要及时将监测到的结果进行纵向对比，评估人类活动变化情况，从而确定相应的对策。

4.3.3 加强自然保护地科学绿化

本次监测发现，森林采伐是面积最大的人类活动。森林采伐会对自然保护地的生态造成一些负面影响，如水土流失、破坏野生动物生境等。为此，自然保护地在进行森林采伐时，首先要进行科学规划和设计，每次采伐面积不要过大，同时要及时造林，力争第一年采伐第二年及时造林；科学选择绿化树种，积极采用乡土树种进行造林，审慎使用外来树种，使用多样化树种营造混交林，加强防范外来物种侵入；加强抚育管护、补植补造，建立完善绿化后期养护管护制度和投入机制，提高成林率[18]，使采伐迹地及时成长为有林地，减少森林采伐的负面影响。

4.3.4 加快解决自然保护地历史遗留问题

广东省自然保护地积累了大量的历史遗留问题，导致自然保护地内人类活动数量较多。因此，对于自然保护地内保护价值很低的城镇建成区、村庄、永久基本农田等，可以通过调整优化调出自然保护地，以减少相关的其他人类活动；对于自然保护地中的人工集体商品林，可以积极采取赎买、长期租赁、置换等方式逐渐转换为公益林，以减少自然保护地内的森林采伐活动；对于自然保护地内已存在的采矿、探矿、房地产、水(风)电开发、开垦、挖沙采石，以及旅游开发建设等其他破坏资源和环境的人类活动，先摸清违法违规项目的具体位置、建设时间、审批情况等，逐一列出项目清单，建立台账，分类处理，分步骤解决，以逐步减少由于各种开发建设造成的人类活动。

4.3.5 加强自然保护地社区共管

通过人类活动监测，发现有些人类活动是由于当地民众为了谋生而开展的活动，如养殖开发和其他活动等。对于这些人类活动，可以通过加强社区共管的模式化解。实行社区共管是行之有效的保护区管理模式，其根本目的是实现保护地区的可持续

发展[19]。一方面,当地政府和自然保护地管理机构要着眼大局,统筹考虑当地社区民众的生产和生活需求,通过合理规划当地社区民众的生产和生活空间,解决村民侵占自然保护地的问题,如异地规划养殖区域和居民生活生产区域等。另一方面,通过实施一些共管项目如自然资源项目、基础设施、生产项目和社会文化项目等,让当地社区民众积极参与到共管项目中,不断解决村民的生计问题,有效改善社区群众生产生活条件,提高社区群众生活水平。通过社区共管,使社区民众参与自然保护地管理的热情高涨,社区成员的生态保护意识大大增强,自觉从自然资源利用者转变成生态管护者[1],从而降低社区与自然保护地的各种矛盾冲突,使自然保护地得到更有效保护。

4.3.6 加强自然保护地生态修复

要充分利用生态系统自我恢复能力,综合采取自我恢复与人工干预方式,系统、全面、精准地进行生态保护修复实践[20]。对于自然保护地内人类活动造成的破坏和影响,要针对不同类型人类活动,积极采用各种措施进行生态治理和生态修复,不断减少人类活动存量面积。对矿产资源开发活动造成的破坏,可采用尾矿修复、水资源修复、土壤修复和植被恢复等措施进行修复;对交通开发活动造成的破坏,要及时进行边坡治理和植被修复;对养殖开发活动造成的破坏,要及时采取拆除养殖设施、水质治理、垃圾清理、重塑基床等措施进行修复;对森林采伐和森林火灾造成的森林破坏,要及时进行造林更新;对其它活动要进行现场调查,根据具体的人类活动类型,制定有针对性的生态治理和生态修复措施。生态修复不仅是控制和减少人类活动的重要手段,还可以不断修复生态系统和改善生态质量。

参考文献:

[1] 唐小平,蒋亚芳,刘增力,等. 中国自然保护地体系的顶层设计[J]. 林业资源管理,2019(3):1-7.

[2] 曹巍,黄麟,肖桐,等. 人类活动对中国国家级自然保护区生态系统的影响[J]. 生态学报,2019,39(4):1338-1350.

[3] 胡书玲,余斌,卓蓉蓉,等. 中国陆域地表人类活动与自然环境的空间关系研究[J]. 生态学报,2020,40(12):3935-3943.

[4] 罗仪宁,吴笛,丁强,等. 省级自然保护区人类活动遥感监测[J]. 地理空间信息,2019,17(1):68-71.

[5] MAIORANO L,FALCUCCI A,BOITANI L. Size-dependent resistance of protected areas to land-use change[J]. Proceedings of the Royal Society Biological Sciences,2008,275(1640):1297-1304.

[6] 宋拥军,吴静,王慧敏,等. 基于地理国情的自然保护区人类活动监测研究[J]. 地理空间信息,2020,18(10):5-9.

[7] 刘晓龙,徐瑞,付卓,等. 基于多源遥感数据的纳板河国家级自然保护区人类活动用地监测[J]. 农业工程学报,2018,34(19):266-275.

[8] 刘晓曼,李静,刘玉平,等. 自然保护区人类活动天地一体化监管与评价技术体系[J]. 中国环境科学,2016,36(10):3135-3142.

[9] 张明莎,刘乾飞,王敬文,等. 1992—2018 年轿子山自然保护区人为活动遥感监测[J]. 生态与农村环境学报,2020,36(9):1097-1105.

[10] 栾卓然. 河北省自然保护地人类活动遥感动态监测[J]. 环境与可持续发展,2020,45(3):134-138.

[11] 孔梅,孟祥亮,高洁,等. 山东省省级自然保护区人类活动遥感监测与评价[J]. 环境监控与预警,2020,12(1):16-19.

[12] 刘增力,马炜,蔺琛,等. 广东省自然保护地体系规划探讨[J]. 自然保护地,2021,1(4):55-64.

[13] 生态环境部卫星应用中心. 自然保护地人类活动遥感监测技术规范:HJ 1156-2021[S]. 北京:中国标准出版社,2021.

[14] 邓锡杰,魏志辉. 广东西江烂柯山自然保护区现状及发展对策[J]. 广东林业科技,2011,27(5):87-90.

[15] 马炜,刘增力,应国伟,等. 自然保护区勘界立标要点分析[J]. 林业资源管理,2019(5):7-11.

[16] 何克军,李意德. 广东自然保护区现状及发展对策[J]. 广东林业科技,2005,21(2):69-72.

[17] 杨海菊,闭馨月. 广西典型自然保护区监管天地一体化技术应用探究[J]. 环境监测管理与技术,2020,32(3):59-62

[18] 国务院办公厅. 国务院办公厅关于科学绿化的指导意见[J]. 绿色中国 A 版,2021(6):12-17.

[19] 秦清双. 广东象头山国家级自然保护区的现状及保护对策[J]. 野生动物,2008,29(5):269-272.

[20] 于辉胜,翟世斌,王力,等. 废弃露天矿山生态保护修复实践研究——以卡顶山矿区生态修复工程为例[J]. 国土资源情报,2021(8):50-56.

责任编辑:刘平书

doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2023. 06. 012

基于 WPS 邮件合并功能实现自然保护地勘界立标定标点登记表的批量生成

杨淑娇
(云南省林业调查规划院大理分院,云南 大理 671000)

摘要:以云南无量山国家级自然保护区勘界立标为例,应用 WPS 的邮件合并功能实现勘界立标成果中定标点登记表的批量生成。通过创建 WPS 主文档,建立并设置数据源表文件,进行邮件合并等步骤即可完成定标点登记表文字、图片的批量同步生成,大大提高了工作效率。最后就初次使用者可能会遇到“无法完成合并”的几种情况进行了讨论,并给出了相应的解决方法。

关键词:自然保护地勘界立标;定标点登记表;批量生成;WPS 邮件合并功能

中图分类号:S759. 9;TP311. 13 **文献标识码**:A **文章编号**:1671-3168(2023)06-0064-05

引文格式:杨淑娇. 基于 WPS 邮件合并功能实现自然保护地勘界立标定标点登记表的批量生成[J]. 林业调查规划,2023,48(6):64-67. doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2023. 06. 012

YANG Shujiao. Batch Input of Marked Point Tables of Delimiting Boundary and Making Markers in Nature Reserves Based on Mail-Merge Function of WPS[J]. Forest Inventory and Planning,2023,48(6):64-67. doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2023. 06. 012

Batch Input of Marked Point Tables of Delimiting Boundary and Making Markers in Nature Reserves Based on Mail-Merge Function of WPS

YANG Shujiao
(Dali Branch, Yunnan Institute of Forest Inventory and Planning, Dali, Yunnan 671000, China)

Abstract: This paper applied mail-merge function of WPS to achieve batch input of marked point tables based on the case of delimiting boundary and making markers of Wuliangshan National Nature Reserve in Yunnan Province. By creating the WPS main document, creating and setting the data source table file, and merging the mail, the batch input of words and pictures in the marked point tables could be completed, which greatly improved the work efficiency. Finally, this paper discussed several situations that the initial user may encounter “cannot complete the merge”, and put forward the corresponding solutions.

Key words: delimiting boundary and making markers in nature reserve; marked point tables; batch input; mail-merge function of WPS

自然保护地勘界立标是依法依规开展保护管理的最基础性工作,形成相关各方认可、准确清晰的边界,有助于推动自然保护地规范化建设和精细化管理,确保自然保护地执法监督有据可依[1-6]。但因技术、管理、自然和人为等因素限制,自然保护区勘界立标工作相对滞后,一些国家级和地方级(省、市、县级)自然保护区仍未完成勘界立标工作[6]。

根据国家林业和草原局印发的《自然保护区等

收稿日期:2021-07-16.

第一作者:杨淑娇(1992-),女,云南大理人,硕士,助理工程师. 从事林业调查规划相关工作.

自然保护地勘界立标工作规范》的要求,勘界成果包括勘界报告、边界走向说明、数据库和附图附表等。其中附表中的定标点登记表是对定标点详细信息的描述,是勘界成果的重要组成部分,是后期立标和保护区边界管理的重要依据。定标点登记表以定标点为单位填写,常用的方法就是逐一对每一个定标点按照定标点登记表的要求进行所在省区、定标点编号、位置及环境说明、实地照片等 20 个项目的填写。这种逐一填写的方法看似保险,但对于面积较大、定标点较多的保护地需要花费大量的时间,工作量大且效率低。另一方面,对于一些勘界时间跨度长的保护区,若勘界工作规范有了新的要求,也不利于批量修改。

目前对自然保护地勘界立标的研究成果较少,且大多研究针对的是“3S”技术在勘界立标过程中的应用,还未发现有针对勘界立标成果图表等材料批量生成的相关研究[7-8]。

经过对几个自然保护区勘界立标成果中定标点登记表的批量填写实践,发现应用 WPS 邮件合并功能可以实现登记表的批量生成。本文以云南无量山国家级自然保护区 2020 年勘界立标为例,阐述定标点登记表批量生成的具体方法,以期提高自然保护地勘界立标效率。

1 WPS 邮件合并功能的原理

WPS 邮件融合功能是将主文档和数据源两个基本元素融合成一个新文档[9]。主文档指的是文件中固定不变的文本内容,如 Word 格式的定标点登记表模板,其中的“所在省区、定标点编号、标识类型”等字段是固定不变的。数据源就是数据记录表,其中包含着主文档相关的字段和记录内容[10],用来存放变动文本,如 Excel 表中每一个定标点的“所在省区、定标点编号、标识类型、相邻定标点间距”等具体值。

2 数据准备

云南无量山国家级自然保护区 2020 年勘界立标共设置了 319 个定标点。按照国家林业和草原局 2019 年印发的《自然保护区等自然保护地勘界立标工作规范》中定标点登记表的要求,在勘界过程中需收集每一个定标点的坐标、高程、位置和实地照片等信息,并按要求对数据格式进行处理。插入表格中的标识位置略图按照相应的要求进行裁剪,每个定标点一张,以“jz1. jpg、jz2. jpg”等依次命名,并将所有标识位置略图保存在同一个文件夹下,以“标识位置略图”命名。同样,实地照片也依次以“JZ1. jpg、JZ2. jpg”等命名并保存在同一文件夹下,以“实地照片”命名。

3 WPS 邮件合并功能批量生成定标点登记表的方法及步骤

3.1 创建 WPS 主文档

新建一个 WPS 主文档,在文档里制作定标点登记表模板,按照需要调整好格式及页边距(图 1)。

云南无量山国家级自然保护区定标点登记表

所在省区			定标点编号		
标识类型			相邻定标点间距		
所在地					
选点单位		选点者		选点时间(年月日)	
设置单位		设置者		设置时间(年月日)	
观测单位		观测者		观测时间(年月日)	
坐标系			高程系统		
大地坐标(经纬度及大地高)					
标识位置略图			实地照片		
位置及环境说明					
备注					

填表人:　　检查人:
现场见证人:

图 1　主文档格式

Fig. 1　Format of main document

3.2 建立并设置数据源表文件

新建一个 Excel 空白文档,制作并填写数据表格,内容包括“所在省区、定标点编号、标识类型、相邻定标点间距、标识位置略图和实地照片”等需要插入到 WPS 主文档里的所有信息,如图 2 所示(由于填写信息过多,这里只展示表格的部分信息)。标识位置略图和实地照片分别填写照片文件名,如 jz1. jpg、jz2. jpg、jz3. jpg 等。最后将 Excel 文档以“无量山”命名并保存。

3.3 邮件合并

1)打开 WPS 文档中的定标点登记表,单击菜单栏中的“引用→邮件→邮件合并→打开数据源→找到无量山 . xls 表→选择表格 sheet1 $ ”(图 3)。

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	所在省区	定标点编号	标识类型	相邻定标点间距	所在地	选点单位	选点者	选点时间
2	云南省	云南无量山国家级自然保护区边界1号界桩	边界桩	距边界150号界桩122.4米 距1号区碑23.4米	云南省大理州南涧县公郎镇凤凰村	云南省林业调查规划院大理分院、云[	XXX	2020-11-07
3	云南省	云南无量山国家级自然保护区边界2号界桩	边界桩	距1号界碑126.5米 距1号标牌204.7米	云南省大理州南涧县拥翠乡龙凤村	云南省林业调查规划院大理分院、云[	XXX	2020-11-07
4	云南省	云南无量山国家级自然保护区边界3号界桩	边界桩	距1号标牌75.1米 距2号标牌63.4米	云南省大理州南涧县拥翠乡龙凤村	云南省林业调查规划院大理分院、云[	XXX	2020-11-07
5	云南省	云南无量山国家级自然保护区边界4号界桩	边界桩	距2号标牌220.6米 距边界5号界桩249.9米	云南省大理州南涧县拥翠乡龙凤村	云南省林业调查规划院大理分院、云[	XXX	2020-11-07
6	云南省	云南无量山国家级自然保护区边界5号界桩	边界桩	距边界4号界桩249.9米 距边界6号界桩312.8米	云南省大理州南涧县拥翠乡龙凤村	云南省林业调查规划院大理分院、云[	XXX	2020-11-07
7	云南省	云南无量山国家级自然保护区边界6号界桩	边界桩	距边界5号界桩312.8米 距3号标牌138.4米	云南省大理州南涧县拥翠乡龙凤村	云南省林业调查规划院大理分院、云[	XXX	2020-11-07
8	云南省	云南无量山国家级自然保护区边界7号界桩	边界桩	距2号界碑790.8米 距3号界碑120.3米	云南省大理州南涧县拥翠乡龙凤村	云南省林业调查规划院大理分院、云[	XXX	2020-12-01
9	云南省	云南无量山国家级自然保护区边界8号界桩	边界桩	距3号界碑503.1米 距边界9号界桩710.1米	云南省大理州南涧县拥翠乡龙凤村	云南省林业调查规划院大理分院、云[	XXX	2020-12-01
10	云南省	云南无量山国家级自然保护区边界9号界桩	边界桩	距边界8号界桩710.1米 距4号标牌320.0米	云南省大理州南涧县拥翠乡龙凤村	云南省林业调查规划院大理分院、云[	XXX	2020-12-01

图 2 数据源表格式

Fig. 2 Format of data source table

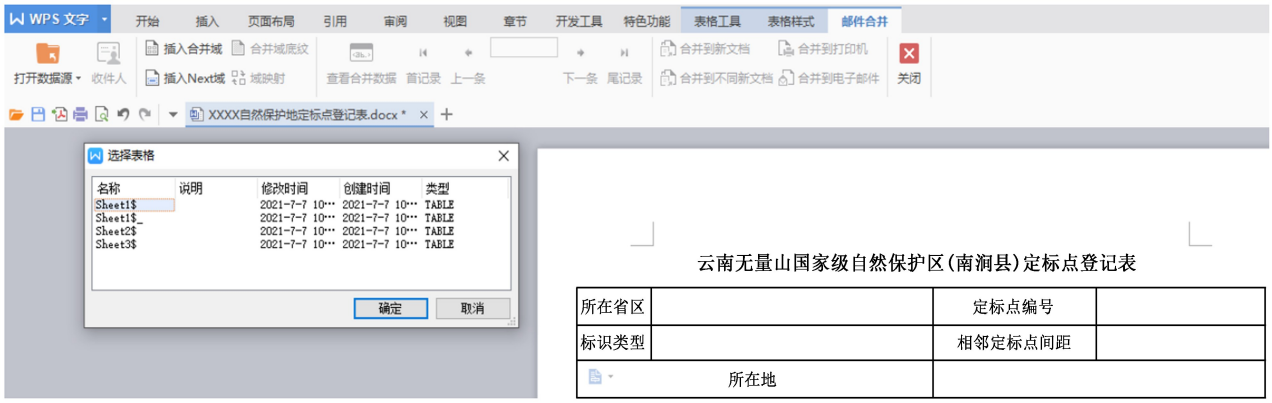


图 3 数据源选择

Fig. 3 Data source choosing

2)将光标依次定位于定标点登记表的“所在省区、定标点编号、标识类型、相邻定标点间距”等后的空格中,同时依次单击邮件合并下的“插入合并域”下拉列表中相应的“所在省区、定标点编号、标识类型、相邻定标点间距”等,完成数据域的插入。

3)对于定标点登记表中的标识位置略图和实地照片。首先,将光标定位于标识位置略图处,单击邮件合并下的“插入合并域”下拉列表中对应的“标识位置略图”,完成数据域的插入;然后单击 WPS 菜单栏中的“插入→域→插入图片”,输入域代码:INCLUDEPICTURE “D:\\无量山勘界\\标识位置略图\\”,点击确定(图 4)。此时定标点登记表的标识位置略图处将出现一个空的照片框,选中照片框并按“Shift+F9”即可切换为域代码。将“标识位置略图”域名拖到域代码的最后一个“\\”之后,完善域代码。最后,全选域代码,同时按“Shift+F9”,即显示一个空的照片框。选中照片框并单击鼠标右键设置照片的对象格式,将照片调整至合适尺寸。实地照片的插入同标识位置略图。

4)完成上述步骤后,单击“合并到新文档”,选择需要合并的记录数量,即可生成相应的文档。最后,按下“Ctrl+A”选中整个新文档,按 F9 刷新,可生成所有定标点的登记表,将其另存即可。

4 讨论

使用 WPS 邮件合并功能批量生成定标点登记表的方法简单高效,但对于初次使用者可能会遇到一些问题,导致无法完成合并,在此将可能会遇到的问题指出并给出相应的解决方法。

1)因字段名未位于数据源表第一行导致的无法完成合并

Excel 数据源表的第一行必须是字段名,而不能是其它格式,例如合并居中的大标题等都会导致无法完成合并。即 Excel 数据源表必须是一张以字段名为列标题的二维数据表[10]。

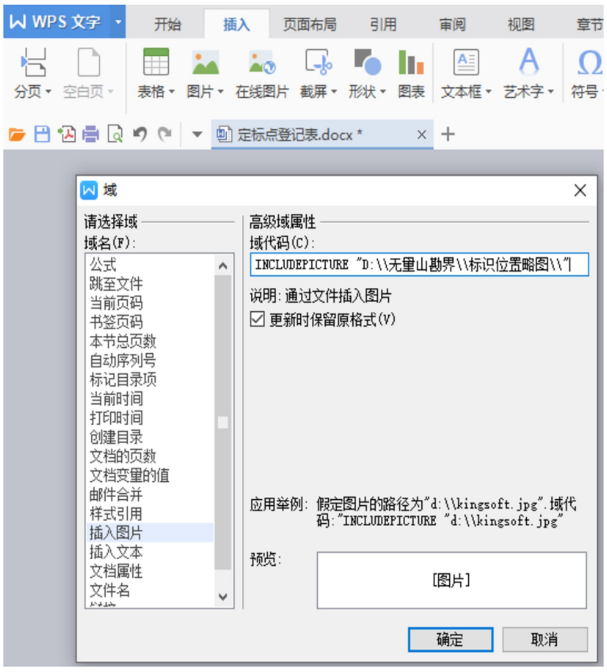


图 4　域代码的输入

Fig. 4　Entering of domain code

2)数据源存储位置发生变化导致的无法完成合并

邮件合并过程中,一旦建立了主文档和数据源的联系,就不能随意更改数据源的存储位置,否则主文档将无法自动链接数据源内容。若已经更改了数据源的存储位置,可通过重新“选取数据源”来解决。此外,插入主文档中的标识位置略图和实地照片文件夹的存储位置也不能进行随意更改,否则同样会导致无法合并到新文档。

3)合并到新文档后标识位置略图和实地照片未显示

当点击“合并到新文档”后,标识位置略图和实地照片并不会显示对应的图片,而是以一个照片框的形式呈现,这时需要同时按下“Ctrl+A”选中整个新文档,按 F9 刷新,即可显示对应的照片。

4)合并量过大影响合并速度

如果需要合并的文档过大,例如在这里笔者需要合并生成 319 张定标点登记表,就会出现因合并文档过大导致合并过程卡壳、速度慢等问题。解决的办法就是在“合并到新文档”时选择合并记录的范围,分 3 次进行合并,最后将新生成的 3 个文档进行合并即可。

5 结　语

自然保护地勘界立标形成相关各方认可、准确清晰的边界是保护地有效管理和实施保护工作的关键。但因技术、管理、自然和人为等因素限制,自然保护区勘界立标工作相对滞后[6]。按照《自然保护区等自然保护地勘界立标工作规范》的要求,勘界成果需包括勘界报告、边界走向说明、数据库和附图附表等,其中定标点登记表需以定标点为单位填写,包括照片在内包含了共 20 个项目。对于像无量山保护区这样面积大、边界长、定标点多的保护地,定标点登记表的填写成了勘界工作中任务量大、重复性强、耗时耗力的一项工作,严重滞后了保护地勘界立标工作进程。WPS 的邮件合并功能能够将 WPS 文档和 Excel 中的数据链接起来,从而实现文档的批量输出。将 WPS 的邮件合并功能应用于保护地勘界立标的定标点登记表自动填写输出,不仅能够实现表格中文字部分的批量生成,还能实现表格中图片的批量插入,通过简单的步骤即可完成定标点登记表生成,大大提高了工作效率,有利于保护地勘界立标工作的顺利推进。

参考文献:

[1] 国家林业局野生动植物保护司. 自然保护区现代管理[M]. 北京:中国林业出版社, 2001.
[2] 国家林业局. 自然保护区有效管理评价技术规范:LY/T17 26 2008[S]. 北京:中国标准出版社,2008.
[3] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 风景名胜区规划规范:GB 50298—1999[S]. 北京:中国标准出版社,1999.
[4] 刘世荣. 自然保护区组织管理[M]. 北京:中国林业出版社,2001.
[5] DUDLEY N. Guidelines for applying protected area management categories[M]. Gland,Switzerland:IUCN,2008.
[6] 马炜,刘增力,应国伟,等. 自然保护区勘界立标要点分析[J]. 林业资源管理,2019(5):7-12.
[7] 赵飞. 国家地质公园规划中勘界问题的研究[D]. 北京:中国地质大学,2010.
[8] 徐凤义. 集中式饮用水水源地保护区勘界的测量技术分析[J]. 农家参谋,2020(6):166.
[9] 蒋桂梅. Word 域在邮件合并中的作用[J]. 智能计算机与应用,2019,9(4):313-314,319.
[10] 王斯蕾. Word 2010 邮件合并在教学管理中的应用[J]. 河北软件职业技术学院学报,2014,16(4):54-57.

责任编辑:刘平书
校　　对:许易琦　刘平书

doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2023. 06. 013

内蒙古毛登牧场国家草原自然公园规划

程燕芳,汤惠敏,夏 磊,刘永杰,陈俊松
(国家林业和草原局西南调查规划院,云南 昆明 650216)

摘要:毛登牧场国家草原自然公园是锡林郭勒草原的重要组成部分,规划区为典型温性草原,是持续活动干扰下的半自然的草原生态系统,是全国主体功能区规划中北方防沙带的重要组成部分,占据着重要的生态区位。增强其生态功能,对筑牢祖国北方生态安全屏障,维护国家生态安全具有重要意义。对公园范围的确定、土地利用现状、生态与文化资源、功能定位及分区管控等方面的建设内容进行了系统分析和总体规划,以期为国家草原自然公园试点建设和管理提供参考。

关键词:国家草原自然公园;草原生态系统;总体规划;毛登牧场;锡林郭勒草原

中图分类号:S759. 91;P941. 75;P963 **文献标识码**:A **文章编号**:1671-3168(2023)06-0068-06

引文格式:程燕芳,汤惠敏,夏磊,等. 内蒙古毛登牧场国家草原自然公园规划[J]. 林业调查规划,2023,48(6):68-73. doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2023. 06. 013

CHENG Yanfang, TANG Huimin, XIA Lei, et al. Planning of Maodeng Pasture National Grassland Natural Park in Inner Mongolia[J]. Forest Inventory and Planning,2023,48(6):68-73. doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2023. 06. 013

Planning of Maodeng Pasture National Grassland Natural Park in Inner Mongolia

CHENG Yanfang, TANG Huimin, XIA Lei, LIU Yongjie, CHEN Junsong
(Southwest Survey and Planning Institute of National Forestry and Grassland Administration, Kunming 650216, China)

Abstract: Maodeng Pasture National Grassland Natural Park is an important component of the Xilin Gol Grassland. The planned area is a typical temperate grassland, a semi natural grassland ecosystem under continuous activity interference, an important component of the northern sand prevention belt in the national main functional area planning, occupying an important ecological location. Enhancing the ecological function of this area is of great significance for building a strong ecological security barrier in northern China and maintaining national ecological security. This paper systematically analyzed and planed the construction content of the park's scope, land use status, ecological and cultural resources, functional positioning and zoning control, in order to provide reference for the pilot construction and management of the National Grassland Natural Park.

Key words: National Grassland Natural Park; grassland ecosystem; master plan; Maodeng Pasture; Xilin Gol Grassland

草原被誉为“地球的皮肤”,是我国重要的陆地生态系统,也是传承草原文化的重要载体、维护民族团结和边疆长治久安的重要基础[1]。内蒙古作为我国北方重要生态屏障,是全国主体功能区规划中

收稿日期:2022-04-21.

第一作者:程燕芳(1988-),女,河北邯郸人,硕士,工程师. 从事林草生态规划、设计相关研究.

北方防沙带的重要组成部分。长期以来,由于受到干旱气候及自然灾害的影响,这一区域天然草原退化、沙化严重,成为京津地区扬沙、沙尘暴的主要沙源地,草原的绿色生态屏障作用明显削弱[2]。草原退化直接影响京津冀地区的生态安全,对生态系统造成了严重的威胁。

为贯彻落实习近平生态文明思想,加强新时期草原保护,发展草原生态旅游,传承草原文化,合理示范利用草原,完善以国家公园为主体的自然保护地体系,国家林业和草原局提出开展国家草原自然公园试点建设的通知,开启了草原保护的新时代。根据国家对草原自然公园创建试点工作的具体要求,毛登牧场以其典型的温性草原景观、丰富的生物资源、独特的蒙元文化、祖国北疆的重要生态区位和雄厚的科研实力,纳入到锡林郭勒盟开展草原自然公园试点建设的重点,并获批成为首批国家草原自然公园建设试点项目之一。开展草原自然公园总体规划,对指导新时期草原保护和利用工作具有重要的指导意义。

1　规划范围确定

拟建内蒙古毛登牧场国家草原自然公园位于锡林郭勒盟锡林浩特市(简称“锡市”)东部毛登牧场,距锡林浩特市区 36 km。锡市地处内蒙古高原的锡林郭勒草原中部,首都北京正北方,直线距离 460 km[3],是东北、华北、西北的交汇地带,具有对外贯穿欧亚、区内连接东西的重要作用(图 1)。地处中纬度西风气流带内,属中温带半干旱大陆性气候。基于拟建草原自然公园区域生态系统典型性、系统相对完整性和管理的可行性,规划建设范围拟为北接锡林郭勒草原国家级自然保护区,东为毛登牧场边界,南至 307 省道,西到毛登牧场边界。四至地理坐标为东经 116°10′7″~116°23′20″,北纬 44°7′30″~44°11′57″。整个草原自然公园规划总面积 17 478.38 hm^2,草地面积 15 844.12 hm^2,占规划区总面积的 99.74%。

2　公园现状

2.1　土地利用现状

内蒙古毛登牧场国家草原自然公园(以下简称公园)规划面积 17 478.38 hm^2。根据《土地利用现状分类标准》(GB/T 21010—2017)及《国土空间调查、规划、用途管制用地用海分类指南》(试行),对其土地利用现状进行统计(表 1)。



图 1　内蒙古毛登牧场国家草原自然公园区位

Fig. 1　Location of Maodeng Pasture National Grassland Natural Park in Inner Mongolia

表 1　内蒙古毛登牧场国家草原自然公园土地利用现状

Tab. 1　Land use status of Maodeng Pasture National Grassland Natural Park in Inner Mongolia

编号	国土三调地类名称	用地用海分类名称	面积/hm^2	比例/%
1	天然牧草地	天然牧草地	15843.86	90.65
2	内陆滩涂	内陆滩涂	1589.60	9.09
3	农村道路	乡村道路用地	30.31	0.17
4	裸土地	裸土地	4.20	0.02
5	商业服务业设施用地	商业用地	3.50	0.02
6	水浇地	水浇地	3.04	0.02
7	盐碱地	盐碱地	1.90	0.01
8	设施农用地	畜禽养殖设施建设用地	0.81	–
9	特殊用地	其他特殊用地	0.65	–
10	其他草地	其他草地	0.26	–
11	城镇住宅用地	城镇住宅用地	0.26	–
12	公用设施用地	环卫用地	0.01	–
	总计		17478.38	100.00

该公园土地类型主要为天然牧草地,面积为 15 843.86 hm^2,占公园总面积的 90.65%;其次为内陆滩涂,面积为 1 589.60 hm^2,占公园总面积的 9.09%;其余由农村道路、裸土地、商业服务设施用地、水浇地、盐碱地等 11 种类型组成,合计面积为 44.93 hm^2,占公园总面积的 0.26%。公园内土地性质为

国有,土地使用权属毛登牧场集体所有,未承包到户,权属无争议,四至清晰,无违法占用土地现象。

2.2 交通情况

锡林浩特市交通设施整体比较完善。该市设有机场两处:锡林浩特 4C 级机场、二连浩特机场。有过境高速公路 3 条,国道 10 条,省道 6 条。铁路有集二线、集通线、锡桑线、桑蓝线、贺珠线,通车里程超 960 km。四通八达的公路交通网络连接内地与友邻旗、县、市,但目前交通线路仍处于“线长面广、货强客弱、等级偏低”的发展现状。规划区离锡林浩特市为 36 km,省道 307 直接通达。但规划区内基础设施较为薄弱。目前从省道到达管理区为 3 m 宽水泥便道(长 13 km),其余巡护道路均为天然土路。

2.3 经营管理与旅游现状

锡盟旅游产业发展的强劲势头以及旅游发展的新特点和新趋势,为创建草原自然公园提供了良好的产业发展环境。拟建公园区作为最具典型性的中国草原,在草原生态旅游方面已经开展了一定的建设,现有锡林郭勒草原牧民传统那达慕景区 1 处,占地面积 80 hm^2,建筑面积 8 hm^2,共计建设蒙古包 56 座,涵盖娱乐区、参观区、餐饮区、客房区、办公区、烧烤区、游客服务区、乌兰牧骑表演区、五畜祈福区及“东西南北贺新春”原址等众多功能。

3 自然及文化资源状况

3.1 草原等植被类型、面积与分布

规划区位于锡林浩特市毛登牧场内,地形南高北低,坡度多在 10°左右,主要为平原丘陵和低山丘陵地貌,大部分属于丘陵和丘间平地,海拔高度间于 910~1 377 m。规划区为典型的温性草原,是在持续活动干扰下形成的半自然草原生态系统。规划区总面积为 17 478.38 hm^2,其中草原 15 844.12 hm^2,占规划区总面积的 90.65%。

3.2 生物多样性

规划区生物资源是自然公园保护恢复的重要对象,也是草原自然公园发展的基础。根据自然公园建设和管理的需要,当前重点对规划区内草原资源、植被、植物和动物资源进行分析。

3.2.1 植物

规划区为典型温性草原,持续人类活动干扰下的半自然的草原生态系统。规划区记录有维管植物 37 科、98 属、152 种(包括变种)。其中多数为单种或 5 种以下的科,豆科、禾本科、菊科、蔷薇科和十字花科为规划区的大科(包含植物 9 种以上)。从群落优势度看,禾本科和菊科是最重要的两个科。从属级单位来看,规划区内的维管束植物多为单种属,包含 3 种及以上的属共有 10 属,分别为蒿属、委陵菜属、蓼属、棘豆属、葱属、鸢尾属、唐松草属、风毛菊属、早熟禾属和黄芪属。有人工草地和天然草原 2 个植被型;有羊草群系、针茅群系 2 个群系;有羊草 + 大针茅群丛、大针茅 + 羊草群丛、克氏针茅 + 隐子草群丛、冷蒿 + 克氏针茅群丛、芨芨草 + 羊草群丛 5 个群丛。

3.2.2 动物

依据《内蒙古毛登牧场国家草原自然公园动植物资源调查报告》,规划区内共记录陆生脊椎动物 3 纲 24 目 41 科 110 种。其中:哺乳动物 4 目 7 科 17 属 20 种、鸟类 18 目 31 科 62 属 87 种、爬行动物 2 目 3 科 3 属 3 种;依据《国家重点保护野生动物名录》(2021)、《濒危野生动植物种国际贸易公约附录物种名录》(CITES,2019)和《世界自然保护联盟濒危物种红色名录》,规划区共记录珍稀、濒危和保护动物 21 种。

3.3 景观资源

根据中华人民共和国《旅游资源分类、调查与评价》(GB/T 18972—2017),对该草原自然公园旅游资源类型进行系统分类,公园范围内的旅游资源共分为 8 个主类,15 个亚类,31 个基本型,旅游资源丰富。公园旅游资源的利用应在分析不同资源的特色、科普价值和生态价值的基础上,分区域、分层次地制定开发方案,从而使资源的潜在价值得以永续发挥。

3.4 文化资源

锡林浩特市具有丰富的文化资源,如以元代上都为标识的历史文化凝聚了 13、14 世纪中华文化的核心部分和主流部分,是中原农耕文化与北方草原文化融汇的结晶,也是中华文化史不可或缺的重要组成部分;锡林浩特地区的民族文化与草原文化相融,民族手工艺承载着民族文化的主要特征,衍生出一批具有鲜明民族特色的工艺品;另外,锡林郭勒盟马业发展历史悠久,马文化底蕴深厚;同时,承载了浓郁的民族文化内涵与传统形成的饮食文化、祭敖包的传统习俗等等,都体现了蒙古族文明灿烂的文化资源。

3.5 生态系统与资源评价

锡林郭勒大草原是我国四大草原之一,也是我国天然草原保护最好的区域之一,典型的温性草原极高的生态旅游价值、丰富的科普宣教内涵是开展

草原文化宣教的良好场所。加之其典型的生态系统特征、丰富的生物资源,是难得的科研宝地。总体而言,该自然公园汇聚了壮美草原的各类景观要素,是人们感受辽阔草原风情、体验草原文化的绝佳之地,具有重要的草原生态保护价值和极高的生态旅游利用价值。

4 公园规划总体思路

4.1 形象定位

立足于公园的自然和人文景观特色,以“锡盟草原情,蒙元文化窗”作为其形象定位。“锡盟草原情”彰显创建草原自然公园将为人们提供亲近草原、了解草原的机会,激发人们自觉保护草原的内生动力,体现守好祖国北疆亮丽风景线,共创人与草原和谐共生的良好局面;“蒙元文化窗”彰显公园在传承与弘扬蒙元文化的同时,全力推动构建草、牧、科、教、文、旅融合发展的模式,为推动草原生态文明演进注入新的生机与活力,打造富有区域特色的草原文化。

4.2 发展定位

塑造祖国北方绿色生态安全屏障尖兵;打造协调草原生态保护和绿色发展的国家级样板;弘扬厚重蒙元文化和新时代生态文明思想的主阵地;构建草牧业科学研究和草原生态宣教的新高地。

4.3 功能区划及管控措施

根据公园内土地利用现状,结合公园的定位和发展目标,从维护草原生态系统的健康稳定、草牧业合理利用、生态旅游和高效管理的需要出发,为更好地处理保护、管理与合理利用之间的关系,充分发挥生态、社会、经济效益功能,对其进行功能区划。

4.3.1 分区原则

系统界限明显,功能分明,便于辨识和管理; 充分保证草原生态功能有效发挥,有利于改善环境,妥善处理保护与利用之间、旅游与草牧业发展和生产服务等诸多方面的关系;各功能区划分从各自的特点出发,之间又相互呼应,并合理组织游览线路; 立足当前,着眼未来,为今后发展留有余地。

4.3.2 区划结果

根据以上原则,将公园区划为可持续利用区、综合服务区、生态保育区等 3 个功能区,其中,综合服务区尽量结合草原自然公园主要交通道路及后期管理服务进行布置(表 2,图 2)。

从表 2 可以看出,可持续利用区、综合服务区和生态保育区面积分别为 15 584.88 hm^2、123.82 hm^2 和 1 769.68 hm^2,分别占公园规划总面积的 89.17%、0.71%和 10.12%。其中,综合服务区、交通运输用地、特殊用地和其他土地等建设用地的面积合计为 141.57 hm^2,占草原自然公园总面积的 0.81%。

表 2　功能分区的土地利用规划

Tab. 2　Land use planning of functional zoning

功能分区	面积/hm^2	占比/%
可持续利用区	15584.88	89.17
综合服务区	123.82	0.71
生态保育区	1769.68	10.12
总计	17478.38	100.00

4.3.3 公园分区建设目标与发展

1)可持续利用区

范围及面积:可持续利用区 15 584.88 hm^2,占公园总面积的 89.17%,是开展草原生态旅游和草原资源合理利用的主要区域。

建设目标:体现草原文化和独具北疆特色的旅游观光休闲度假基地和户外探险乐园;草原资源可持续利用的试验示范基地;生态修复的国家样板;生态文明教育和草原科普宣教基地。

建设思路:综合考虑草原自然公园的地貌特征和资源分布情况,在地势平坦、资源景观较为集中的区域,以亲近自然、体验为主的方式,开展草原观光、休闲和游憩体验活动。在地势起伏和缓、连绵不断,视野开阔的区域,设置采摘体验、游憩娱乐等项目,并开展适度的牛羊放牧等活动;在地势较高、地貌独特的区域,设置一定的康体健身、户外探险、研学游等项目;根据草地退化情况开展草原修复工程,并设置轮牧休牧区,确保生态功能提升的前提下合理利用。同时,结合生态旅游和草牧业发展进行公园的生态产品开发,开展科普宣教及科研监测活动。

主要建设项目:包括花海摄影、音乐之路、草原婚礼、策马漫游、星空露营、采摘体验、草原地质考察、观鸟专项游、研学基地、草原徒步、马拉松、自行车骑游、马术训练和赛马、定向越野、航空航模实践基地、滑草场、草原瑜伽、记忆收藏馆等景点建设以及观景台、休憩亭、步道等旅游服务配套设施建设等,并开展轮牧休牧、生态修复等。

2)综合服务区

范围:综合服务区面积 123.82 hm^2,占草原自然

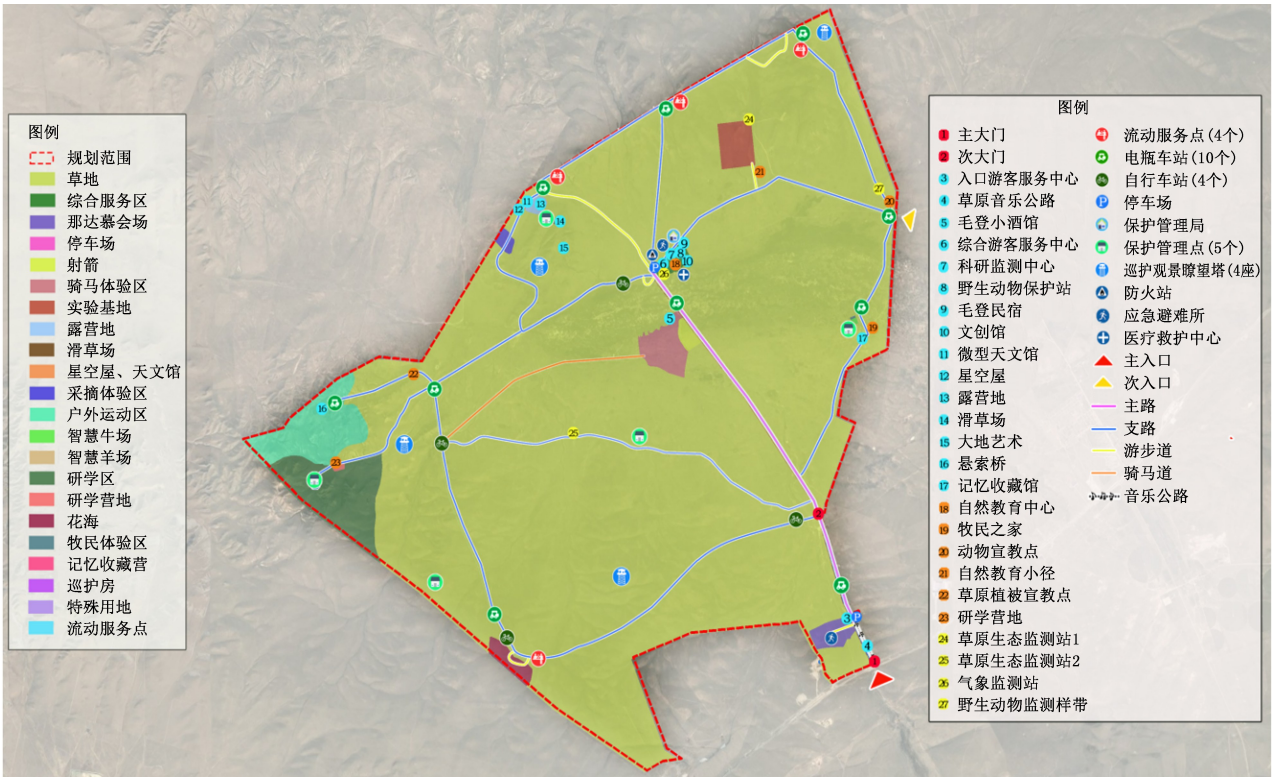


图 2　草原自然公园总体布局

Fig. 2　Overall layout of Grassland Natural Park

公园总面积的 0. 71%。充分考虑到公园范围、景点的布设情况及后期管理和服务的需要,综合服务区设置为两片。一片为入口综合服务区,设置在公园主入口,即省道 307 进入景区主路两侧,是草原自然公园对外的形象窗口,开展咨询服务、游客集散、接待和服务等活动的主要区域,并兼顾那达慕景区,弘扬、承传厚重的蒙元文化,以文化带动公园旅游,借旅游弘扬文化,将文化与旅游相结合;另外一片是中心综合服务区,位于公园的中部,与各个景区景点距离较近,同时考虑草牧业发展及合理利用,为各个景点及区域提供后期的管理和服务,使服务范围得以合理辐射。

建设目标:草原自然公园管理服务中心;草原自然公园对外形象窗口;. 草原自然公园科普宣教展示区。

建设思路:管理服务区是草原自然公园开展管理、接待和服务等活动的主要区域。根据保护、管理、宣教和旅游服务的需要,展示草原景观、传承与弘扬蒙元文化及开展自然教育和科普宣教等,建立草原自然公园完善的分区保护管理、科普宣教和服务体系,为公园良性运转提供坚实保障,实现良好的管理和服务功能。

主要建设内容:保护管理中心、草原科普宣教展示区(含科普宣教中心、植物认知园、草原恢复技术展示园、民族文化体验馆、民俗演艺体验等)、游客服务中心、游客休闲中心(含文创购物、主题展厅餐饮、生态产品销售商店等)、直升机飞行观光基地、生态停车场等基础设施建设。

3)生态保育区

范围:生态保育区面积 1 759. 68 hm^2,占草原自然公园总面积的 10. 12%。

建设目标:草原自然公园的野生动植物繁衍栖息地;草原生态修复示范区。

建设思路:生态保育区位于公园西部及中南部区域。主要设置在海拔较高、生态环境较为脆弱及草原退化较为严重的区域。在此区域内开展生态修复,提高植被盖度及物种多样性,恢复草原生态系统健康稳定,提升草地的生态功能,为野生动植物栖息繁衍提供空间。

主要建设内容:生态保护修复、巡护等。

5　讨论与思考

1)草原保护与利用的关系

草原是我国重要的生态系统,党的十九大报告

中“草”第一次被纳入生态文明建设,将草原的定位由以生产资料为主转变为以生态建设为主,对推进草原生态文明建设具有里程碑意义[4]。2021 年 4 月,国务院办公厅印发了《关于加强草原保护修复的若干意见》,标志着我国草原进入加强保护修复的新阶段。而草原自然公园作为新型的自然保护地的重要补充,是草原生态保护的重要抓手。遵循习近平新时代生态文明建设思想,加强草原保护,并不是绝对保护而忽视利用。中国科学院地理科学与资源研究所孙建研究组研究了围栏封育保护对青藏高原高寒草地生态系统功能的影响,结果显示,围栏禁牧时间长达 4 年或 8 年时可以有效地促进高寒草甸及草原地上植被生长,但更长时间的围栏并不能带来更多的生态和经济效益。新时期,应正确处理好草原保护与利用的关系,在保护草原重要生态系统的前提下,更好地利用草原,强化草畜平衡,大力发展草业,促进草原合理利用,推动草原地区绿色发展,促进草原生态系统稳定健康发展,提升草原“生产—生活—生态”的三生功能。

2)保护、传承和弘扬草原文化

草原是少数民族聚居的区域,据统计,我国有超过 70%少数民族人口长期生活在草原地区。生活在这里的人们,以草原自然生态为基础,敬畏自然、尊重自然、顺应自然,追求人与自然和谐共生[5]。这里孕育了丰富多彩的草原文化,是中华优秀传统文化的重要组成部分。毛登牧场草原自然公园通过开展生态旅游、自然教育等活动,搭建一个让公众充分享受草原自然生态,让当地游客回归记忆童真,让外来游客体验纯正蒙元风情的用于传承和弘扬草原文化的平台,激发公众了解草原、热爱草原、向往自然、建设生态文明的情怀。

3)巩固脱贫攻坚成果,实现乡村振兴

草原是牧区人民赖以生存和发展的最基本生产资料,实现其经济社会发展,从根本上说还是要紧紧依靠草原。草原自然公园是一种集生态保护、适度放牧、生态旅游为一体的自然保护地,在生态扶贫、为人民大众提供更多生态和旅游文化产品等方面发挥着独特的作用[1]。通过草原自然公园的建设,引导文化传承与创新,以文化带动旅游,借旅游弘扬文化,打造区域的特色草原生态旅游品牌,立足特色优势发展壮大草产业,带动旅游业发展,让绿水青山更好地转化为金山银山,实现生态美与百姓富,增强草原在脱贫攻坚、乡村振兴、生态文明和美丽中国建设中的作用。

6 结　语

按照《中共中央办公厅 国务院办公厅关于建立以国家公园为主体的自然保护地体系的指导意见》精神,及国家林业和草原局开展国家草原自然公园试点建设的通知,并充分贯彻落实国务院办公厅《关于加强草原保护修复的若干意见》的精神,坚持“生态优先、绿色发展、科学利用、高效管理”的原则,以生态保护和草原科学合理利用为主要目的,以草原景观和持续的生产力为保护对象,保护草原生态系统的稳定健康为目标,注重挖掘当地的自然与文化景观特色,充分展示草原资源、自然景观、生态与文化,使草原自然公园的教育功能、服务功能、使用功能得以充分发挥,推动草原保护和利用的协调发展,以便为草原自然公园的试点建设和管理提供更深入的实践经验。

参考文献:

[1] 赵金龙,刘永杰,唐芳林,等. 中国草原自然公园建设的必要性[J]. 中国草地学报,2020,42(4):1-5.

[2] 来强. 牧草含水量测定方法及在不同条件下牧草含水量的研究[D]. 呼和浩特:内蒙古农业大学,2008.

[3] 玉忠. 锡林浩特市征地补偿实证研究[D]. 呼和浩特:内蒙古师范大学,2012.

[4] 刘泽英. 新时代中国草原保护踏上新征程[EB/OL]. (2018-04-20). http://www.forestry.gov.cn/main/72/content-1093483.html.

[5] 王关区. 草原生态文化的概念与特征[J]. 实践(思想理论版),2013(4):49-51.

责任编辑:刘平书

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.06.014

宾川县乌龙坝亚高山草甸植物多样性调查研究

王有兵[1],杨淑娇[1],李子光[2],胡昌平[1],杨国斌[3],杨建军[1],姜健发[1],李 静[1]
(1. 云南省林业调查规划院大理分院,云南 大理 671000; 2. 昆明市海口林场,云南 昆明 650114;
3. 云南省林业调查规划院生态分院,云南 昆明 650031)

摘要:采用样方调查法,对宾川县乌龙坝草甸进行植物多样性调查,共记录到维管束植物 148 种,隶属 51 科 112 属(含变种),其中唇形科、豆科、禾本科及菊科的属数较多,菊科的属数高达 15 种;种数在 5 种以上的科有 8 个,分别为唇形科、豆科、禾本科、菊科、毛茛科、蔷薇科、伞形科及莎草科;寡种单种的科数量较多,是草甸植物种类的重要组成部分;菊科、禾本科、莎草科等植物是草地群落的重要组成种,西南野古草、蕨和糙野青茅的重要值最高,分别为 13.651、5.431、4.163。研究结果表明,该区域植物属的地理成分可划分为 10 个类型 2 个变型,以北温带分布成分为主,占比达 37.26%。该草甸植物物种丰富度及多样性较高,物种丰富度最高值达 45,Simpson 指数和 Shannon-Wiener 指数分别达 0.908 和 2.921;总体上低海拔区域物种丰富度和多样性相对较高。

关键词:亚高山草甸;植物多样性;群落组成;区系分析;宾川县乌龙坝

中图分类号:Q948.158;Q16 **文献标识码**:A **文章编号**:1671-3168(2023)06-0074-06

引文格式:王有兵,杨淑娇,李子光,等. 宾川县乌龙坝亚高山草甸植物多样性调查研究[J]. 林业调查规划,2023,48(6):74-79. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.06.014

WANG Youbing, YANG Shujiao, LI Ziguang, et al. Plant Diversity of Subalpine Meadow in Wulongba of Binchuan County [J]. Forest Inventory and Planning,2023,48(6):74-79. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.06.014

Plant Diversity of Subalpine Meadow in Wulongba of Binchuan County

WANG Youbing[1], YANG Shujiao[1], LI Ziguang[2], HU Changping[1], YANG Guobin[3], YANG Jianjun[1], JIANG Jianfa[1], LI Jing[1]
(1. Dali Branch, Yunnan Institute of Forest Inventory and Planning, Dali, Yunnan 671000, China;
2. Haikou Forest Farm, Kunming 650114, China; 3. Ecology Branch, Yunnan Institute, Forest Inventory and Planning, Kunming 650031, China)

Abstract: According to the quadrat survey, 148 species of vascular plants were recorded in Wulongba meadow of Binchuan County, belonging to 112 genera and 51 families (including varieties). The number of genera was large in Lamiaceae, Fabaceae, Poaceae and Asteraceae, with a total of 15 genera in Asteraceae; there were 8 families with species more than 5, including Lamiaceae, Fabaceae, Poaceae, Asteraceae, Ranunculaceae, Rosaceae, Apiaceae and Cyperaceae; most families only had few species or single species, which was the important part of meadow plant species; Asteraceae, Poaceae, Cyperaceae and other plants were important components of grassland community; the important values of *Arundinella hookeri*, *Pteridium aquilinum* var. *latiusculum* and *Deyeuxia scabrescens* were the highest, 13.651, 5.431

收稿日期:2021-11-16;**修回日期**:2021-12-06.

第一作者:王有兵(1986-),男,云南弥勒人,硕士,工程师. 从事保护地及森林资源调查研究. Email:1789908001@qq.com
责任作者:胡昌平(1970-),男,云南宣威人,高级工程师. 从事植物学及自然保护地研究.

and 4. 163 respectively. The results showed that the geographical composition of the genera could be divided into 10 types and 2 forms, with 37. 26% in the north temperate zone. The plant species richness and diversity of the meadow were high, the highest value of species richness was 45, and Simpson index and Shannon Wiener index were 0. 908 and 2. 921 respectively; in general, species richness and diversity were relatively high in low altitude areas.

Key words: subalpine meadow; plant diversity; community composition; flora analysis; Wulongba of Binchuan County

物种多样性是生物多样性在物种水平上的表现形式,是生物多样性最主要的结构和功能单位,也是生物多样性的核心,可表征生物群落的结构复杂性[1-2]。受生态因子时空异质性影响,物种多样性在不同尺度上呈现明显的空间异质性[3]。掌握物种多样性的空间异质性不仅对于深入理解生物多样性的形成和分布特征有重要的理论意义,而且对生物多样性保护也具有重要的实践意义[4]。草地是陆地生态系统的重要组成部分,具有调节气候、涵养水源、防风固沙、改良土壤、保护生物多样性等生态服务功能[5]。山地草地有其特殊性,其空间相对孤立,成为人们探索生物多样性、生态系统空间尺度、地方物种形成等问题的重要研究对象[6]。草甸作为川西高原特殊气候和地形地貌条件下形成的生态产物,对区域生态系统以及社会经济产生较大影响,是我国八大生态脆弱区中的 19 项重点保护区域之一[7]。草地植物群落的稳定是草地生态系统可持续发展的基础条件,近年来,随着人为干扰程度的增强,草地植物群落的稳定性逐渐下降,功能随之衰退[8-9]。乌龙坝草甸位于宾川县西南侧斗顶山,属洱海流域的一部分,海拔 2 780 m 以上区域零星分布着面积大小不一的亚高山草甸,是当地重要的畜牧场和生态系统保护区域。随着风车山、乌龙山和斗顶山的风电开发,人为干扰程度急剧增大,导致该区域原生植被破碎度增大,旅游观光人口密度增大,草地生态系统受到一定程度干扰。截至目前,尚未见该区域草甸植物多样性的有关研究报道,为了更好地实施该区域草甸植物多样性保护及监测,以乌龙坝主草场为调查研究对象,初步调查研究草地植物多样性及其分布特征,以期为该区域植物多样性保护及草地监测提供参考。

1 研究区域概况

研究区域位于大理白族自治州宾川县宾居镇乌龙坝村,草甸位于该村斗顶山山顶。研究区域地处宾川县、大理市及祥云县三地交汇处,地理坐标为 100°25′48″~100°26′37″E,25°35′41″~25°36′13″N,调查草甸面积为 55 hm^2(西侧、北侧及东侧以风电场路为界,不含灌木林地,南侧以灌木林缘为界),海拔 2 865~2 983 m,整体地形呈东北高,西南低,西南角地势相对平坦,草甸汇水区域靠近研究区域南侧边缘,流向西南,属洱海流域的一部分。近年来实施草场生态环境保护,放牧程度有所降低,但由于可达性较好,备受旅游爱好者青睐,生态环境受到一定程度干扰。

2 研究方法

以划定草甸外围界线为基础,在 ArcMap 中创建渔网(间隔距离 200 m),共获取 21 个渔网中心点,对部分靠近边界、道路及灌木丛的样方进行适当调整(图 1),以此中心点布设 1 m^2 样方,获取样方中心点坐标,采用 GPS 导航(精度保持在 2~3 m)对样方进行全面植物物种调查,现场无法鉴定者采集实体标本和照片进一步鉴定,调查时间为 2021 年 6—7 月,其中高大灌木丛多变石栎(*Lithocarpus variolosus*)及帽斗栎(*Quercus guyavifolia*)两个物种未纳入多样性分析,统计各样方中各种植物的名称和数量,测

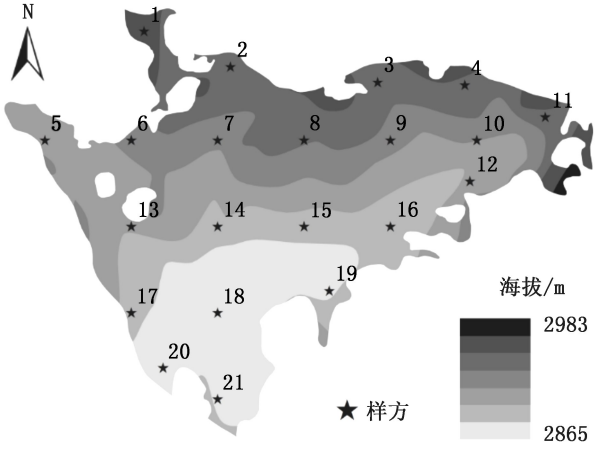


图 1　研究区域地形及调查样方布设

Fig. 1　Topography and survey quadrat layout of the study area

量株高、盖度。计算各物种的重要值(IV)、物种丰富度(R)、Simpson 优势度指数(D)、Shannon-Wiener 多样性指数(H')及 Pielou 均匀度指数(J),评价指标计算公式[4,10]为:

$$IV = (相对高度 + 相对盖度 + 相对多度)/3 \quad (1)$$

$$R = S \quad (2)$$

$$D = 1 - \sum P_i^2 \quad (3)$$

$$H' = -\sum P_i \ln P_i \quad (4)$$

$$J = H'/\ln S \quad (5)$$

式中:相对高度为某物种高度/全部物种高度之和×100%;相对盖度为某个物种盖度/全部物种盖度之和×100%;相对多度为某个物种株数/全部物种株数之和×100%;S 为 1 m^2 样方中所有植物种数;P_i 为物种 i 个体数占样方中所有物种个体总数的比例。

3 结果与分析

3.1 植物群落组成

研究区域共记录到维管束植物 51 科 112 属 148 种(含变种),其中壳斗科的多变石栎和帽斗栎未纳入群落结构分析。属数大于 5 种的科有唇形科、豆科、禾本科及菊科,特别是菊科,属数达 15 属之多,占总属数的 13.62%,仅有 1 属的科有 28 个,占总属数的 25.48%。从种水平来看,含种数在 5 种以上的科有唇形科、豆科、禾本科、菊科、毛茛科、蔷薇科、伞形科及莎草科等 8 个科,其中禾本科及菊科种数分别有 11 和 21 种,分别占总种数的 8.17%和 14.29%;含 3~4 种的科有报春花科、堇菜科、兰科、藜芦科、蓼科、茜草科、石竹科、天门冬科及鸭跖草科 9 个科,累计占总种数的 20.40%;仅含 1 种的科有 23 个,占总种数的 15.64%(表 1)。

计算 146 种植物的重要值,其中重要值大于 1 的种类有 22 种,按重要值大小顺序依次为西南野古草、蕨、糙野青茅、象牙参、云雾薹草、云南蒿、西南牡蒿、羊茅、云南毛连菜、夏枯草、滇西委陵菜、西南委陵菜、蓟、簇生卷耳、拟鼠麴草、小薹草、密穗马先蒿、牛至、大花韭、藏象牙参、蜈蚣薹草及歪头菜。重要值较高的植物主要由菊科、禾本科、莎草科等种类组成,西南野古草重要值高达 13.651,其次为蕨,重要值达 5.431,再次为糙野青茅,重要值达 4.163,第四为象牙参,重要值为 3.968(表 2)。

3.2 植物属的区系分析

宾川县乌龙坝在云南植被区划系统上位于亚热带常绿阔叶林区域,高原亚热带北部常绿阔叶林带,滇中高原盆谷滇青冈林、元江栲林、云南松林亚区。

表 1 研究区域植物群落种类组成

Tab. 1 Species composition of plant communities in the study area

序号	科名	属		种	
		数量	占比/%	数量	占比/%
1	百合科 Liliaceae	1	0.91	1	0.68
2	报春花科 Primulaceae	3	2.73	3	2.04
3	车前科 Plantaginaceae	2	1.82	2	1.36
4	唇形科 Lamiaceae	6	5.44	9	6.13
5	大戟科 Euphorbiaceae	1	0.91	1	0.68
6	灯心草科 Juncaceae	1	0.91	1	0.68
7	豆科 Fabaceae	7	6.35	9	6.13
8	杜鹃花科 Ericaceae	2	1.82	2	1.36
9	凤尾蕨科 Pteridaceae	1	0.91	1	0.68
10	禾本科 Poaceae	9	8.16	11	8.17
11	虎耳草科 Saxifragaceae	2	1.82	2	1.36
12	姜科 Zingiberaceae	1	0.91	2	1.36
13	金丝桃科 Hypericaceae	1	0.91	1	0.68
14	堇菜科 Violaceae	1	0.91	3	2.04
15	景天科 Crassulaceae	2	1.82	2	1.36
16	桔梗科 Campanulaceae	1	0.91	1	0.68
17	菊科 Asteraceae	15	13.62	21	14.29
18	兰科 Orchidaceae	3	2.73	4	2.72
19	冷蕨科 Cystopteridaceae	1	0.91	1	0.68
20	藜芦科 Melanthiaceae	2	1.82	3	2.04
21	蓼科 Polygonaceae	2	1.82	4	2.72
22	列当科 Orobanchaceae	1	0.91	1	0.68
23	柳叶菜科 Onagraceae	1	0.91	1	0.68
24	龙胆科 Gentianaceae	2	1.82	2	1.36
25	牻牛儿苗科 Geraniaceae	1	0.91	1	0.68
26	毛茛科 Ranunculaceae	3	2.73	6	4.08
27	茅膏菜科 Droseraceae	1	0.91	1	0.68
28	茜草科 Rubiaceae	3	2.73	3	2.04
29	蔷薇科 Rosaceae	3	2.73	5	3.40
30	伞形科 Apiaceae	3	2.73	5	3.40
31	莎草科 Cyperaceae	1	0.91	7	4.76
32	十字花科 Brassicaceae	1	0.91	1	0.68
33	石蒜科 Amaryllidaceae	1	0.91	1	0.68
34	石竹科 Caryophyllaceae	3	2.73	4	2.72
35	薯蓣科 Dioscoreaceae	1	0.91	2	1.36
36	水龙骨科 Polypodiaceae	2	1.82	2	1.36
37	天门冬科 Asparagaceae	3	2.73	3	2.04
38	天南星科 Araceae	1	0.91	2	1.36
39	铁角蕨科 Aspleniaceae	1	0.91	1	0.68

续表 1

序号	科名	属		种	
		数量	占比/%	数量	占比/%
40	碗蕨科 Dennstaedtiaceae	1	0.91	1	0.68
41	仙茅科 Hypoxidaceae	1	0.91	1	0.68
42	绣球花科 Hydrangeaceae	1	0.91	1	0.68
43	荨麻科 Urticaceae	1	0.91	1	0.68
44	鸭跖草科 Commelinaceae	3	2.73	3	2.04
45	罂粟科 Papaveraceae	1	0.91	1	0.68
46	鸢尾科 Iridaceae	1	0.91	1	0.68
47	远志科 Polygalaceae	1	0.91	1	0.68
48	紫草科 Boraginaceae	2	1.82	2	1.36
49	紫葳科 Bignoniaceae	1	0.91	1	0.68
50	酢浆草科 Oxalidaceae	1	0.91	1	0.68
	合计	110	100.00	146	100.00

注:多变石栎及帽斗栎 2 种未纳入上表统计。

表 2　乌龙坝草甸重要值大于 1 的植物种类

Tab. 2　Plant species with important value greater than 1 in Wulongba

科名	种名	重要值
禾本科	西南野古草 *Arundinella hookeri*	13.651
	糙野青茅 *Deyeuxia scabrescens*	4.165
	羊茅 *Festuca ovina*	3.171
姜科	藏象牙参 *Roscoea tibetica*	1.104
	象牙参 *Roscoea purpurea*	3.968
碗蕨科	蕨 *Pteridium aquilinum* var. *latiusculum*	5.431
菊科	云南蒿 *Artemisia yunnanensis*	3.271
	西南牡蒿 *Artemisia parviflora*	3.249
	云南毛连菜 *picris yunnanensis*	2.540
	蓟 *Cirsium japonicum*	1.815
	拟鼠麴草 *Pseudognaphalium affine*	1.420
蔷薇科	西南委陵菜 *Potentilla lineata*	1.855
	滇西委陵菜 *Potentilla delavayi*	1.942
石竹科	簇生卷耳 *Cerastium fontanum*	1.477
莎草科	云雾薹草 *Carex nubigena*	3.611
	小薹草 *Carex parva*	1.348
	蜈蚣薹草 *Carex scolopendriformis*	1.058
列当科	密穗马先蒿 *Pedicularis densispica*	1.285
唇形科	牛至 *Origanum vulgare*	1.185
	夏枯草 *Prunella vulgaris*	2.075
石蒜科	大花韭 *Allium macranthum*	1.182
豆科	歪头菜 *Vicia unijuga*	1.047

研究区域位于斗顶山顶部,海拔 2 865~2 983 m,植被类型为亚高山杂类草草甸。与其他地区的亚高山草甸相比,海拔较低,周边分布有云南松林、多变石栎林,草甸优势种不明显,总体以西南野古草、羊茅、糙野青茅、蕨和象牙参等为主。

根据吴征镒等[11]、李学梅[12]等对植物区系研究成果,对乌龙坝草甸植物属的区系进行分析(表 3)。

表 3　乌龙坝草甸植物属的区系分布类型

Tab. 3　Areal-types of meadow plants genera in Wulongba

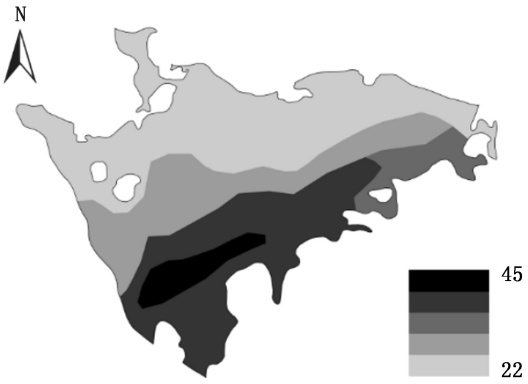
分布区类型	属数	占比/%
1 世界分布	23	20.91
2 泛热带分布	14	12.73
3 热带亚洲和热带美洲间断分布	2	1.82
4 旧世界热带分布	3	2.73
6 热带亚洲至热带非洲分布	2	1.82
8 北温带分布	41	37.26
9 东亚和北美间断分布	5	4.55
10 旧世界温带分布	9	8.18
10-1 地中海区、西亚和东亚间断分布	1	0.91
13 中亚分布	1	0.91
14 东亚分布	6	5.45
14 SH 中国—喜马拉雅	3	2.73

研究区域植物在属级水平上可划分为 10 个类型 2 个变型。该区域植物以北温带分布属的数量最多,达 41 个,占总属数的 37.26%,其次为世界分布属,占 20.91%,再次为泛热带分布属,占 12.73%,总体上该草甸植物属的区系以北温带分布属为主。

3.3 植物多样性分析

采用物种丰富度指数(R)、Simpson 优势度指数(D)、Shannon-Wiener 多样性指数(H')及 Pielou 均匀度指数(J)对研究区域草甸植物多样性进行评价(图 2)。

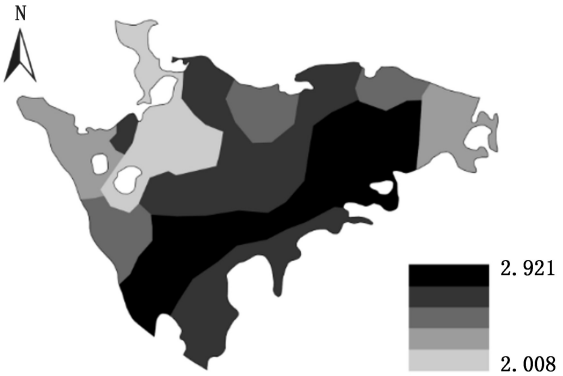
从图 2 可知,乌龙坝草甸物种丰富度较高,单位面积(1 m^2)内植物种类数量可达 22 种以上,最高达 45 种,海拔较高区域物种丰富度相对较低,随海拔的降低物种丰富度逐渐提高。从 Simpson 优势度指数来看,该区域植物多样性较高,其指数值介于 0.737~0.908 范围,从空间位置来看,多样性较高区域为南侧、中北部及东侧,中部次之,西北部相对较低;Shannon-Wiener 多样性指数呈现的空间分布规律



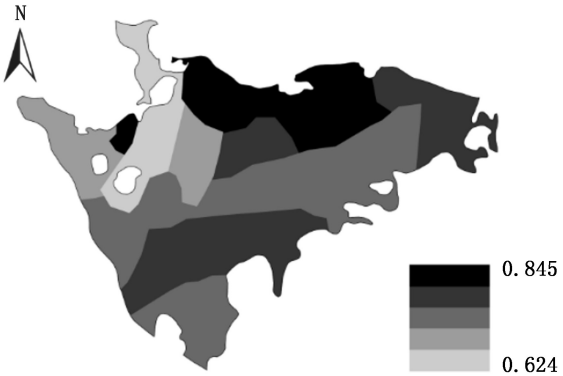
(a)物种丰富度指数(*R*)



(b)Simpson优势度指数(*D*)



(c)Shannon-Wiener多样性指数(*H'*)



(d)Pielou均匀度指数(*J*)

图 2 研究区域物种多样性空间分布

Fig. 2 Spatial distribution of species diversity in the study area

与 Simpson 优势度指数有所差异,多样性最高区域位于中南部海拔较低区域,向北坡和南侧逐渐过渡,其值最高达 2.921,表现出具有较高的多样性;从 Pielou 均匀度指数呈现的规律来看,物种丰富度较高区域均匀度并不高,相反,北部物种丰富度低的区域均匀度最高,中部、东部及海拔较低区域均匀度次之,达 0.7 以上,研究表明,在物种丰富度较高区域某些物种的优势度较大,导致样方内物种均匀度降低。

4 结论与讨论

经初步调查,乌龙坝草甸共记录到维管束植物 51 科 112 属 148 种(含壳斗科 2 属 2 种),唇形科、豆科、禾本科及菊科的属数较多,特别是菊科,属数达 15 属之多,含种数在 5 种以上的科有唇形科、豆科、禾本科、菊科、毛茛科、蔷薇科、伞形科及莎草科等 8 个,单种科有 23 个,占总种数的 15.64%。菊科、禾本科、莎草科等植物是草地群落的重要组成,重要值最高的 3 种植物分别为西南野古草、蕨和糙野青茅。在属一级水平上,该草甸植物区系以北温带分布属为主。

乌龙坝草甸植物物种丰富度及多样性较高,物种丰富度最高区域样方中植物种数多达 45 种/m^2,Simpson 优势度指数和 Shannon-Wiener 多样性指数分别可达 0.908 和 2.921。植物多样性较高区域总体上与海拔有一定关系,海拔较低区域植物多样性一般较高,部分高海拔区域也呈现较高的植物多样性。低海拔区域物种丰富度较高,但因某些种优势度较高而导致物种均匀度降低。

山地环境具有明显的空间异质性,受环境空间异质性的影响,植物物种多样性具有明显的空间异质性[13-14]。宾川县乌龙坝亚高山草甸面积虽小,但连片区域海拔高差达 118 m,小地形明显,气候特殊,两侧山脊及西南侧山坳对草甸积温较为有利,有利于提高草甸空气湿度和温度,对维持该区域物种多样性是积极有利的。从物种多样性的空间布局来看,海拔对物种多样性的影响较大,由于近年来西南部区域游客增加,放牧频率减少,加之水势条件较好,各类植物长势较好,形成了较高的物种丰富度;北部高海拔区域牧草被啃食现象明显,丰富度较低,但均匀度较高。调查过程中发现,海拔较低区域,蓟、云南蒿、蕨等牲畜不食的植物种类较多,部分区域已严重影响了放牧;北部部分区域蕨成为绝对优势种,降低了物种丰富度,一些区域采挖中草药现象明显,较为严重地破坏了草甸植被。总体上应加强

对游客行为的监督,禁止随意采挖野生植物、践踏草甸现象,禁止遗落生活垃圾,加强对草甸植被的保护及监测,维持好草甸物种多样性水平。

参考文献:

[1] 蒋志刚,马克平,韩兴国. 保护生物学[M]. 杭州:浙江科技出版社,1997.

[2] 康秀琴,魏小丛,李颜斐,等. 湘西南喀斯特石漠化地区植物多样性研究[J]. 中南林业科技大学学报,2019,39(1):100-107.

[3] 许涵. 海南尖峰岭热带天然林物种多样性时空变化规律研究[D]. 北京:中国林业科学研究院,2010.

[4] 富金赤,李晓莎,许中旗,等. 冀北山地阳坡草本植物物种多样性的空间异质性研究[J]. 草地学报,2018,26(6):1298-1304.

[5] 赵同谦,欧阳志云,贾良清,等. 中国草地生态系统服务功能间接价值评价[J]. 生态学报,2004,24(6):1101-1110.

[6] CLÉMENT C, LEGAY N, PELLET G, et al. Spatial scale and intraspecific trait variability mediate assembly rules in alpine grasslands[J]. Journal of Ecology, 2017, 105(1): 277-287.

[7] 刘军会,邹长新,高吉喜,等. 中国生态环境脆弱区范围界定[J]. 生物多样性,2015,23(6):725-732.

[8] 韦惠兰,祁应军. 中国草原问题及其治理[J]. 中国草地学报,2016,38(3):1-6,18.

[9] 赵敏,徐文兵,孔杨云,等. 祁连山东段干旱草原 2 种群落物种构成及稳定性研究[J]. 西北植物学报,2017,37(9):1847-1853.

[10] 马克平,刘玉明. 生物群落多样性的测度方法——多样性的测度方法(下)[J]. 生物多样性,1994,2(4):231-239.

[11] 吴征镒,周浙昆,孙航,等. 种子植物的分布区类型及其起源和分化[M]. 昆明:云南科技出版社,2006.

[12] 李学梅,陆树刚,徐成东. 云南蕨类植物的物种多样性和区系组成[J]. 广西植物,2015,35(2):273-281.

[13] 李晓莎,许中旗,赵娱,等. 冀北山地干旱阳坡土壤厚度及土壤养分的空间异质性[J]. 河北农业大学学报,2018,41(1):24-30,48.

[14] 王兴,宋乃平,杨新国,等. 荒漠草原植物多样性分布格局对微地形尺度环境变化的响应[J]. 水土保持学报,2016,30(4):274-280.

责任编辑:许易琦

(上接第 57 页)

[12] 傅伯杰. 国土空间生态修复亟待把握的几个要点[J]. 中国科学院院刊,2021,36(1):64-69.

[13] 樊晶,杨志刚,郭盛才,等. 广东省自然保护地空间分布特征研究[J]. 林业与环境科学,2021,37(6):111-117.

[14] 于萍萍. 广东省自然保护地体系构建研究[D]. 广州:华南理工大学建筑学院,2019.

[15] 徐国良,黄忠良,欧阳学军,等. 广东鼎湖山自然保护区动物物种多样性[J]. 林业与环境科学,2021,37(3):54-60.

[16] 李立合,江惠兰,刘雪芳. 新形势下自然保护地现状调查及可持续发展对策浅析——以国家公园为主体的自然保护地体系下惠州市自然保护地为例[J]. 农业与技术,2021,41(22):97-99.

[17] 广东省自然资源厅. 广东省国土空间规划(2020—2035 年)公众版[EB/OL]. (2021-04-01)[2021-09-10]. https://wenku.baidu.com/view/7445d4b6a06925c52cc58bd63186bceb18e8ed94.html.

[18] 黄金玲. 广东自然保护区空缺性分析[J]. 广州大学学报(自然科学版),2007,6(6):63-66.

[19] 唐小平,蒋亚芳,刘增力,等. 中国自然保护地体系的顶层设计[J]. 林业资源管理,2019(3):1-7.

[20] 徐网谷,王智,钱者东. 中国自然保护区范围界定和有效保护面积现状分析[J]. 生态与农村环境学报2015,31(6):791-795.

[21] 马童慧,吕偲,雷光春. 中国自然保护地空间重叠分析与保护地体系优化整合对策[J]. 生物多样性,2019,27(7):758-771.

[22] 王诗童,王锐锋, 黄治昊,等. 辽宁省自然保护地空间分布格局与重叠现状分析[J]. 北京林业大学学报,2021,43(11):89-98.

[23] 李永进,汤玉喜,黎蕾. 湖南省自然保护地空间分布特征及其重叠关系分析[J]. 生态与农村环境学报,2021,37(12):1540-1547.

[24] 杨志刚,郭盛才,林寿明,等. 广东省自然保护地数量类型及空间重叠分析[J]. 林业与环境科学,2021,37(3):54-60.

[25] 张瑶瑶,鲍海君,余振国. 国外生态修复研究进展评述[J]. 中国土地科学,2020,34(7):106-114.

[26] 李淑娟,郑鑫,隋玉正. 国内外生态修复效果评价研究进展[J]. 生态学报,2021,41(10):4240-4249.

责任编辑:陈旭

doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2023. 06. 015

滇西北重要生态系统分布特征研究

李 晋[1],徐吉洪[1],晁增华[1],华朝朗[1],陶 晶[1],龚纯伟[2]
(1. 云南省林业调查规划院,云南 昆明 650051; 2. 昆明理工大学津桥学院,云南 昆明 650106)

摘要:基于滇西北区域林地变更成果、高分辨率卫星影像等数据,采用影像判读确定滇西北区域的重要生态系统类型,采用随机抽样方法对初步成果进行实地验证。结果表明:滇西北重要生态系统总面积为 4 494 278. 26 hm^2,占滇西北土地总面积的 76. 96%,其中暖温性针叶林生态系统占比最大为 23. 10%,在滇西北各县均有分布;香格里拉市分布的重要生态系统面积最大,寒温性针叶林、温凉性针叶林和高寒山地硬叶常绿阔叶林生态系统主要分布于香格里拉市;纳入保护地的重要生态系统面积占滇西北重要生态系统面积的 77. 32%。

关键词:生态系统;分布特征;公益林管理;自然保护地;滇西北

中图分类号:S718. 55. 1 **文献标识码**:A **文章编号**:1671-3168(2023)06-0080-06

引文格式:李晋,徐吉洪,晁增华,等. 滇西北重要生态系统分布特征研究[J]. 林业调查规划,2023,48(6):80-85,101. doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2023. 06. 015

LI Jin, XU Jihong, CHAO Zenghua, et al. Distribution Characteristics of Important Ecosystems in Northwest Yunnan[J]. Forest Inventory and Planning,2023,48(6):80-85,101. doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2023. 06. 015

Distribution Characteristics of Important Ecosystems in Northwest Yunnan

LI Jin[1], XU Jihong[1], CHAO Zenghua[1], HUA Chaolang[1], TAO Jing[1], GONG Chunwei[2]
(1. Yunnan Institute of Forest Inventory and Planning, Kunming 650051, China;
2. Kunming University of Science and Technology Oxbridge College, Kunming 650106, China)

Abstract: Based on the data of forest land change and high-resolution satellite images in northwest Yunnan, the important ecosystem types in the region were determined by image interpretation and the preliminary results were verified by random sampling. The results showed that the total area of important ecosystems in northwest Yunnan was 4 494 278. 26 hm^2, accounting for 76. 96% of the total land area in northwest Yunnan, among which, the warm coniferous forest ecosystem accounted for 23. 10% of the total area of important ecosystems, which was distributed in all counties of northwest Yunnan; the important ecosystem area distributed in Shangri-La was the largest, mainly distributed with cold-temperate coniferous forests, warm cool coniferous forests, and alpine hard-leaved evergreen broad-leaved forest; the area of important ecosystems included in natural protected areas accounted for 77. 32% of the area of important ecosystems in northwest Yunnan.

Key words: ecosystem; distribution characteristics; public welfare forest management; natural protected area; northwest Yunnan

收稿日期:2022-05-07;**修回日期**:2022-06-06.

第一作者:李晋(1985-),女,山西长治人,工程师. 主要从事林业调查规划、自然保护地研究监测及规划工作. Email:953383565@ qq. com
责任作者:徐吉洪(1978-),男,曲靖马龙人,高级工程师. 主要从事林业调查规划、自然保护地研究监测及规划工作. Email:23213076@ qq. com

1 研究区概况

滇西北包括迪庆藏族自治州、怒江傈僳族自治州和丽江市,位于东经 98°08′~101°30′,北纬 25°33′~29°14′,西与缅甸接壤,东与楚雄州相邻,北与四川省、西藏自治区毗邻,南与保山市、大理州相连,土地总面积 584.1 万 hm^2。

滇西北属于东喜马拉雅山系南部的横断山脉腹地,区内山脉高耸,峡谷深切,形成世界地理上独有的三江平流奇观,最高为梅里雪山的卡瓦格博峰,海拔达 6 740 m,最低为怒江边的蛮云村,海拔 738 m,相对高差达 6 002 m。滇西北植被类型丰富多样、保存完整,垂直变化明显,发育了从亚热带河谷到寒温带高山的各种森林、灌丛、湿地、草甸和高山流石滩等各类植被,陆地生物地理景观类型占全省的 80%以上。该区是北半球生态系统最具代表性的地区之一[1]。

重要生态系统指反映云南水平、垂直地带性气候特点的生态系统以及对云南的生物多样性保护、生态服务功能、社会经济发展有重要意义的生态系统。为提高滇西北生态系统保护的科学性和针对性,开展滇西北重要生态系统调查工作,选择其最具代表性、最重要、最具保护价值的重要生态系统进行调查,摸清区域内重要生态系统的分布和数量,分析保护管理状况,提出相关建议,为滇西北重要生态系统保护管理工作的开展提供科学决策依据。

2 调查方法

2.1 资料收集和整理

1)滇西北最新森林资源二类调查及林地变更成果数据;

2)滇西北重点保护植物调查数据;

3)湿地资源调查数据;

4)滇西北历次森林资源连续清查成果数据;

5)滇西北高分辨率卫星影像数据;

6)滇西北自然保护区、国家公园、森林公园、湿地公园、风景名胜区、国家级和省级公益林等资料;

7)以滇西北高分辨率卫星影像为基础,加载森林资源一类、二类调查成果数据、湿地资源调查数据等,进行叠加分析。

2.2 确定滇西北重要生态系统类型

1)初步确定滇西北分布的生态系统类型。以滇西北高分辨率卫星影像为基础,加载森林资源一类、二类调查成果数据、湿地资源调查数据等,对照初步筛选确定的云南重要生态系统类型,初步确定滇西北分布的生态系统类型。

2)初步建立生态系统重要性评价指标体系。以滇西北为研究区域,从兼顾科学性和可操作性角度出发,初步确定生态系统典型性、自然性、特有性、稀有性、生态服务功能和面积系数等指标为评价生态系统重要性的一级指标,进一步细化为具体二级指标并赋分,确定具体生态系统的评分值,初步建立生态系统重要性评价指标体系。根据初步拟定的生态系统重要性评价指标,确定调查区域内的重要生态系统作为调查对象(表 1)。

表 1　自然生态系统重要性评价指标体系

Tab. 1　Evaluation index system of ecosystems importance

一级指标	二级指标	赋分值/分
典型性	反映云南水平、垂直地带性气候特点的生态系统,以及特定土壤、地形条件形成的稳定生态系统(天然沼泽、湖泊,山顶和风口部位形成的较稳定群落等)	25
	亚顶极群落(采伐和火烧等任何一种原因反复作用的结果,演替长期地停留在接近顶极阶段前的群落),以及天然河流生态系统	15
	次生演替中不稳定的生态系统,以及人工库塘等湿地生态系统	5
自然性	未受人为影响而依然在自然状态下发育的天然植被或湿地生态系统	15
	轻微受人为影响而没有扰乱其基本组成和结构的亚天然植被或河流生态系统	10
	人工植被和人工湿地生态系统	5
特有性	建群种为区域特有种	15
	建群种为云南特有种	10
	其他	5
稀有性	建群种为国家重点保护野生植物	15
	建群种为省级重点保护野生植物	10
	其他	5
生态系统服务功能单位面积价值/(万元·hm^{-2}·a^{-1})	≥15	15
	10~14.9	10
	≤9.9	5
面积系数	≥20%	15
	15%~19%	10
	≤14%	5

注:生态系统服务功能价值评估参照《云南省自然保护区森林生态系统服务功能价值评估报告》[2]和《云南省湿地生态系统服务功能价值评估报告》[3];面积系数指某生态系统类型占全部生态系统(不含农田生态系统和城市生态系统)的面积比例。

依据以上评价标准,本区域内评分值大于 60 分的生态系统类型为:大型丛生竹林生态系统、干热河谷生态系统、高寒草甸生态系统、寒温山地硬叶常绿阔叶林生态系统、寒温性灌丛生态系统、寒温性针叶林生态系统、寒温性竹林生态系统、落叶阔叶林生态系统、暖温性针叶林生态系统等 15 个,确定为本区域的重要生态系统,纳入调查范围(表 2)。

表 2 滇西北生态系统重要性评分

Tab. 2 Scoring of ecosystems importance in northwest Yunnan 分

生态系统类型	评分指标						
	典型性	自然性	特有性	稀有性	生态系统服务功能单位面积价值	面积系数	合计
大型丛生竹林生态系统系统	25	10	10	10	5	15	75
干热河谷生态系统	25	10	10	5	5	5	60
高寒草甸生态系统	15	15	10	10	5	10	65
寒温山地硬叶常绿阔叶林生态系统	25	15	10	10	10	15	85
寒温性灌丛生态系统	15	10	10	5	10	15	65
寒温性针叶林生态系统	25	15	10	5	10	15	80
寒温性竹林生态系统	25	10	5	10	10	5	65
落叶阔叶林生态系统	15	10	10	5	10	15	65
暖温性针叶林生态系统	25	15	10	10	15	15	90
热带季雨林生态系统	25	15	5	10	15	5	75
湿地生态系统	15	10	10	10	15	5	65
石灰岩灌丛生态系统	25	10	5	5	10	15	70
温凉性针叶林生态系统	25	10	10	5	15	15	80
亚热带常绿阔叶林生态系统	25	15	10	5	15	15	85
云南特有、稀有的生态系统	25	10	15	10	15	5	80

2.3 卫星影像目视解译

区划系统:滇西北、州(市)、县(县级市)、乡(自然保护区、森林公园等保护地)、重要生态系统图班。

判读方法:采用影像判读、人工监督区划方法。根据影像判读标志,综合考虑影像解译特征,结合各种地理要素之间相互依存、相互制约的关系,借助专业知识、生活常识和专家经验,分析、推断调查区域内重要生态系统的性质、类型、分布状况,区划重要生态系统的边界。

采取背靠背判读。当两名判读人员的一致率差异较大时,应重新判读。对于室内判读有疑问的图斑需到现地核实。

2.4 野外验证

采用随机抽样法选择部分图斑进行实地验证,对滇西北重要生态系统调查初步成果进行面积、分布验证。主要包括两方面:检验专题解译中图斑内容是否正确;验证图斑界线是否定位准确,并根据野外实际考察情况修正目标地物的分布界线。验证比例不少于图斑总数的 10%。

滇西北野外验证线路共设 21 条,覆盖滇西北所有县,主要依托现有的高黎贡山、白马雪山国家级自然保护区,哈巴雪山、云岭省级自然保护区,普达措国家公园,箐花甸湿地公园,以及黎明老君山、老窝山、千湖山等保护地作为本次调查、验证的重点区域。

3 结果与分析

3.1 滇西北重要生态系统类型及分布

通过现地调查,滇西北 15 个重要生态系统类型中,暖温性针叶林生态系统、亚热带常绿阔叶林生态系统、石灰岩灌丛生态系统、落叶阔叶林生态系统、高寒草甸生态系统、湿地生态系统在滇西北各县均有分布,而热带季雨林生态系统、大型丛生竹林生态系统和云南特有、稀有的生态系统分布较局限(表 3)。

3.2 滇西北重要生态系统面积

据调查,滇西北重要生态系统总面积为 4 494 278.26 hm^2,占滇西北土地总面积的 76.96%。按生态系统类型分:暖温性针叶林生态系统 1 038 228.64 hm^2,占滇西北重要生态系统总面积比例最大,为 23.10%,占其土地总面积的 17.77%;其次寒温性针叶林生态系统 901 805.97 hm^2,占滇西北重要生态系统总面积的 20.07%,占其土地总面积的 15.44%(表 4)。

3.3 滇西北重要生态系统特点分析

滇西北重要生态系统面积占滇西北土地面积的比例较高,其中,面积最大的为暖温性针叶林生态系统,占 17.77%;其次为寒温性针叶林生态系统,占 15.44%;另外,温凉性针叶林生态系统、亚热带常绿阔叶林生态系统、寒温山地硬叶常绿阔叶林生态系统、石灰岩灌丛生态系统、寒温性灌丛生态系统面积也较大,分别占 9.48%、7.95%、7.37%、7.11%、5.73%。面积较小的生态系统类型为热带季雨林生态系统、大型丛生竹林生态系统和云南特有、稀有的生态系统,均仅占 0.01%(图 1)。

表 3　滇西北重要生态系统类型及分布状况

Tab. 3　Types and distribution status of important ecosystems in northwest Yunnan

重要生态系统类型	古城区	玉龙县	永胜县	华坪县	宁蒗县	泸水县	福贡县	贡山县	兰坪县	香格里拉市	德钦县	维西县
暖温性针叶林生态系统	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
寒温性针叶林生态系统	√	√	√		√	√	√	√	√	√	√	√
温凉性针叶林生态系统	√	√			√	√	√	√	√	√	√	√
亚热带常绿阔叶林生态系统	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
寒温山地硬叶常绿阔叶林生态系统	√	√	√	√	√	√			√	√	√	√
石灰岩灌丛生态系统	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
寒温性灌丛生态系统	√	√	√		√	√	√	√	√	√	√	√
落叶阔叶林生态系统	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
高寒草甸生态系统	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
湿地生态系统	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
干热河谷生态系统	√	√	√	√	√	√	√	√	√			
寒温性竹林生态系统						√	√	√	√			
热带季雨林生态系统						√	√					
大型丛生竹林生态系统			√	√		√	√	√				
云南特有、稀有的生态系统							√	√	√	√		√

表 4　滇西北重要生态系统面积统计

Tab. 4　Area statistics of important ecosystems in northwest Yunnan

重要生态系统类型	面积/hm^2	占滇西北重要生态系统总面积比例/%	占滇西北土地总面积比例/%
暖温性针叶林生态系统	1038228.64	23.10	17.77
寒温性针叶林生态系统	901805.97	20.07	15.44
温凉性针叶林生态系统	553743.10	12.32	9.48
亚热带常绿阔叶林生态系统	464098.09	10.33	7.95
寒温山地硬叶常绿阔叶林生态系统	430678.61	9.57	7.37
石灰岩灌丛生态系统	415553.13	9.25	7.11
寒温性灌丛生态系统	334793.74	7.45	5.73
落叶阔叶林生态系统	173240.66	3.85	2.97
高寒草甸生态系统	137590.44	3.06	2.36
湿地生态系统	21129.80	0.47	0.36
干热河谷生态系统	15620.34	0.35	0.27
寒温性竹林生态系统	6917.40	0.15	0.12
热带季雨林生态系统	351.96	0.01	0.01
大型丛生竹林生态系统	295.86	0.01	0.01
云南特有、稀有的生态系统	230.52	0.01	0.01
合计	4494278.26	100.00	76.96

滇西北重要生态系统各县(市、区)分布情况为:香格里拉市分布的重要生态系统面积最大,德钦县、玉龙县次之,华坪县和古城区分布的重要生态系统面积较小(图 2)。

重要生态系统类型在滇西北区域各县(市、区)分布情况见图 3。

由图 3 可以看出:寒温性针叶林、温凉性针叶林和高寒山地硬叶常绿阔叶林生态系统主要分布于香格里拉市;暖温性针叶林生态系统、亚热带常绿阔叶林生态系统、石灰岩灌丛生态系统、落叶阔叶林生态系统、高寒草甸生态系统、湿地生态系统所有县(市、区)均有分布;干热河谷生态系统除香格里拉市、德钦县、维西县外,均有分布;湿地生态系统在永胜县、香格里拉市分布较多;寒温性竹林生态系统在福贡县、兰坪县分布较多;热带季雨林、大型丛生竹林和云南特有、稀有生态系统在滇西北区域分布较少,热带季雨林生态系统仅分布于泸水县和福贡县;大型丛生竹林生态系统主要分布于福贡县和华坪县;云南特有稀有生态系统主要集中分布在贡山县。

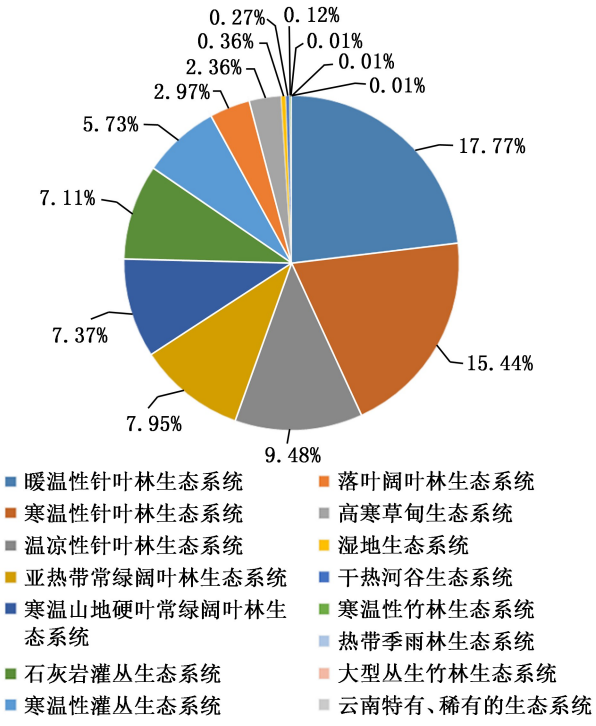


图 1　滇西北重要生态系统面积占比

Fig. 1　Area proportion of important ecosystems in northwest Yunnan

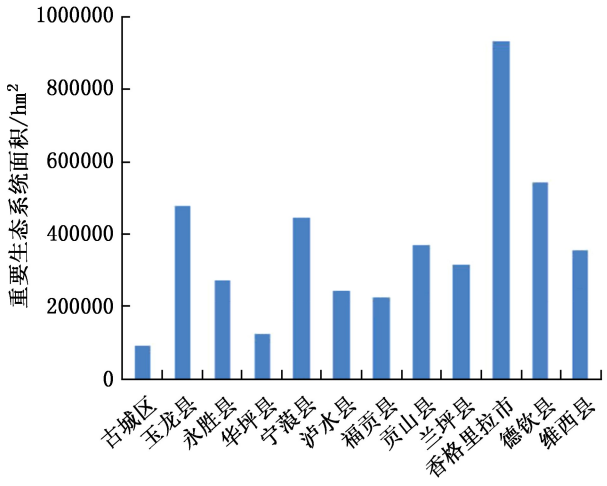


图 2　滇西北重要生态系统各县(市、区)分布

Fig. 2　Area of important ecosystems in counties (cities or districts) of northwest Yunnan

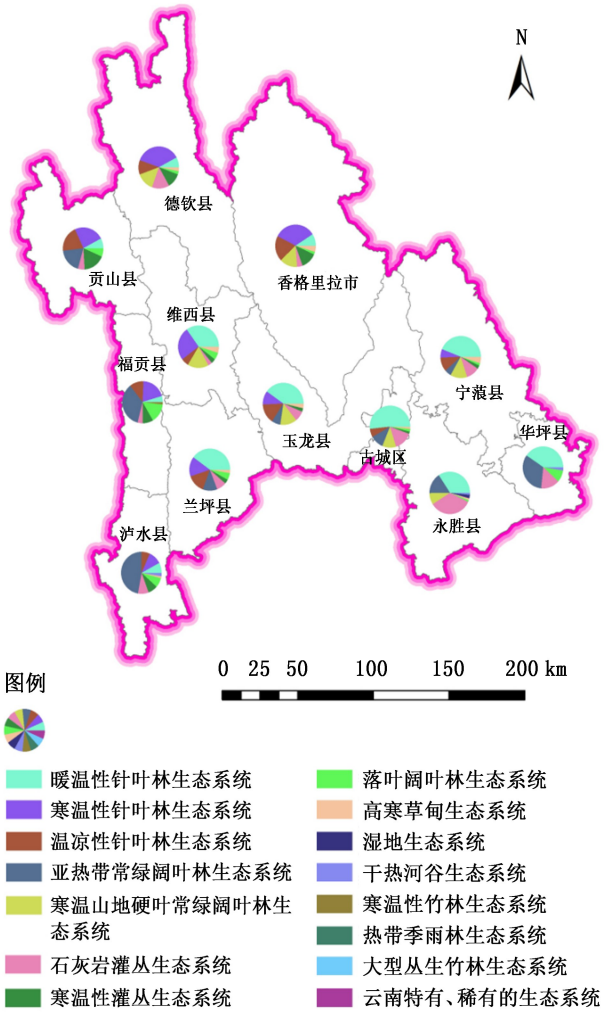


图 3　滇西北区域各县(市、区)重要生态系统分布

Fig. 3　Distribution of important ecosystems in counties (cities or districts) of northwest Yunnan

3.4　保护管理分析

3.4.1　保护管理现状

1)纳入自然保护地管理

根据调查,纳入自然保护地管理的重要生态系统面积 3 474 961.11 hm^2,占滇西北重要生态系统面积的 77.32%。其中,丽江自然保护地内重要生态系统面积 844 456.41 hm^2、怒江自然保护地内重要生态系统面积 954 171.69 hm^2、迪庆自然保护地内重要生态系统面积 1 676 333.01 hm^2(表 5)。

表 5　滇西北区域自然保护地内重要生态系统面积

Tab. 5　Area of important ecosystems included in natural protected areas of northwest Yunnan　hm^2

重要生态系统类型	丽江	怒江	迪庆	合计
寒温性针叶林生态系统	59901.19	189626.24	557781.69	807309.12
暖温性针叶林生态系统	324826.54	127756.45	245933.49	698516.48
温凉性针叶林生态系统	71732.45	147215.35	233046.41	451994.21
寒温山地硬叶常绿阔叶林生态系统	104001.06	6.30	248492.88	352500.24
亚热带常绿阔叶林生态系统	97505.06	248337.11	6264.73	352106.90
石灰岩灌丛生态系统	130636.63	51819.42	125185.26	307641.31
寒温性灌丛生态系统	20852.16	106138.90	165390.93	292381.99
落叶阔叶林生态系统	13180.03	63719.91	45179.03	122078.97
高寒草甸生态系统	14436.03	8758.84	44613.27	67808.14
湿地生态系统	4309.40	746.98	4432.57	9488.95
寒温性竹林生态系统	0	6699.81	0	6699.81
干热河谷生态系统	3045.87	3080.76	0	6126.63
云南特有、稀有的生态系统	0	215.79	12.75	228.54
热带季雨林生态系统	0	45.99	0	45.99
大型丛生竹林生态系统	29.99	3.84	0	33.83
总计	844456.41	954171.69	1676333.01	3474961.11

2)纳入国家级、省级公益林管理

根据调查,纳入国家级、省级公益林管理的重要生态系统面积 3 265 121.39 hm^2,占滇西北重要生态系统面积的 72.65%。其中,在自然保护地内纳入国家级、省级公益林管理的重要生态系统面积 1 267 666.25 hm^2,占纳入国家级、省级公益林管理的重要生态系统面积的 38.82%(表 6)。

表 6　滇西北区域纳入公益林的重要生态系统面积

Tab. 6　Area of important ecosystems included in public welfare forests of northwest Yunnan　hm^2

重要生态系统类型	丽江	怒江	迪庆	合计
寒温性针叶林生态系统	49587.85	179965.00	531586.40	761139.22
暖温性针叶林生态系统	316651.30	117387.40	244485.20	678523.88
温凉性针叶林生态系统	67460.22	136925.00	215469.60	419854.81
亚热带常绿阔叶林生态系统	96510.83	238875.30	6249.23	341635.31
寒温山地硬叶常绿阔叶林生态系统	97476.91	5.85	238194.80	335677.57
石灰岩灌丛生态系统	130058.70	47862.47	123432.20	301353.37
寒温性灌丛生态系统	17557.87	96415.75	154614.80	268588.44
落叶阔叶林生态系统	12513.51	61136.27	43188.28	116838.06
高寒草甸生态系统	8437.64	7392.25	11876.19	27706.08
寒温性竹林生态系统	0	6660.28	0	6660.28
干热河谷生态系统	3034.31	3080.76	0	6115.07
湿地生态系统	24.50	181.87	544.56	750.93
云南特有、稀有的生态系统	0	215.79	12.75	228.54
热带季雨林生态系统	0	45.99	0	45.99
大型丛生竹林生态系统	0	3.84	0	3.84
总计	799313.60	896153.70	1569654.00	3265121.39

3.4.2 受威胁因素

1)人类活动

滇西北区域少数民族人口多,经济文化发展水平相对滞后,重要生态系统受人为活动影响较大,如林下采药、采野生菌、作物种植蚕食、放牧、非法捕猎、森林火灾、零星采伐和林下种植等。

2)保护空缺

调查发现,滇西北境内部分重要生态系统尚未纳入自然保护地体系,受到人为活动影响,如怒江东部的碧罗雪山,香格里拉大峡谷分布的寒温性针叶林和硬叶常绿阔叶林[4],丽江宁蒗县西部和北部较高海拔区域分布的暗针叶林、硬叶常绿阔叶林、落叶阔叶林、寒温性灌丛、亚高山和高山草甸,丽江华坪县金沙江支流沿线海拔 1 500 m 以上分布的暖温性针叶林、半湿润常绿阔叶林、落叶阔叶林等重要生态系统。滇西北在生物廊道和通道建设方面也存在较大空缺,例如从滇西北维西县至云龙县的滇金丝猴迁徙廊道等[4]。这些生态系统、重要生物迁移廊道和通道均未纳入自然保护地管理,保护空缺较大,亟待加强保护。

4 对策建议

4.1 提高认识

生态系统是生态安全的基础和保障,地方政府和各级管理部门要提高对生态系统重要性的认识,站在建设森林云南、最美丽省份、生态文明建设排头兵的高度,保护重要生态系统,保护生态环境,维护生态安全。滇西北高黎贡山是我国西南生态安全重要生态屏障,开展滇西北重要生态系统的分布特征研究,有利于推进高寒山区、生态脆弱区生态安全保护管理。

4.2 加强保护地保护管理、监测和研究

重要生态系统是保护地的重要组成部分,也是保护地的主要保护对象之一,滇西北区域林草主管部门要加强当地保护地的保护管理,联合大专院校、科研机构,监测重要生态系统的演替和变化情况,研究变化因素,掌握生态系统动态变化规律,为保护管理提供基础依据。

4.3 加大重要生态系统保护

滇西北地区分布在保护地以外的寒温性针叶林和暖温性针叶林等重要生态系统具有重要生态价值,应加强巡护、严防森林火灾、制止林下采摘、种植和采伐行为,加大重要生态系统保护力度。维护生态系统正向演替,保障保护地外的重要生态系统安全。

(下转第 101 页)

doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2023. 06. 016

泡核桃林昆虫群落结构及其摄食功能研究

李国锋[1],梅徐海[2],王春梅[3],吴兴兴[1],盛春勇[2],杨 帆[1]
(1. 云南林业职业技术学院,云南 昆明 650224; 2. 禄劝县林业和草原局,云南 昆明 651500;
3. 云南省林业调查规划院营林分院,云南 昆明 650000)

摘要:采用灯诱法,于 2021 年 4 月上旬至 6 月中旬对泡核桃林昆虫群落结构及其摄食功能进行研究。共诱捕到昆虫 2 968 头,隶属 13 目 63 科 172 属 187 种,其中 74 种取食植物叶片,29 种刺吸植物汁液,22 种捕食其他昆虫,17 种取食植物花、芽、果,10 种取食腐烂物,12 种钻蛀植物茎干,8 种为地下昆虫,5 种寄生其他昆虫,4 种取食植物花蜜,3 种取食苔藓,3 种传授植物花粉,3 种取食腐木,2 种取食粪,隶属 13 个营养生态位集团。对泡核桃造成严重危害的昆虫有核桃星尺蛾、漫绿刺蛾、星天牛、梗天牛、绿凹缘花金龟、暗异花金龟。个体数量以鳞翅目最多,鞘翅目次之,螳螂目最少;物种数以鞘翅目最多,鳞翅目次之,螳螂目最少。核桃星尺蛾、粗狭肋鳃金龟、华锐红蝽、黑翅土白蚁为优势物种。昆虫群落组成与泡核桃林物候关系密切,在泡核桃开花、结果的高峰期,昆虫群落呈较高的多样性、均匀度分布格局。在一定程度上,捕食与寄生昆虫控制了林内害虫;食粪与腐烂物、食腐木与苔藓昆虫分解了林内有机物,促进了生态系统的物质循环。

关键词:昆虫;群落结构;摄食功能;营养生态位集团;泡核桃林

中图分类号:S718. 7;S792. 13 **文献标识码**:A **文章编号**:1671-3168(2023)06-0086-11

引文格式:李国锋,梅徐海,王春梅,等. 泡核桃林昆虫群落结构及其摄食功能研究[J]. 林业调查规划,2023,48(6):86-96. doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2023. 06. 016

LI Guofeng, MEI Xuhai, WANG Chunmei, et al. Community Structure and Feeding Function of Insects in *Juglans sigillata* Forest[J]. Forest Inventory and Planning,2023,48(6):86-96. doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2023. 06. 016

Community Structure and Feeding Function of Insects in *Juglans sigillata* Forest

LI Guofeng[1], MEI Xuhai[2], WANG Chunmei[3], WU Xingxing[1], SHENG Chunyong[2], YANG Fan[1]
(1. Yunnan Forestry Technological College, Kunming 650224, China;
2. Luquan Bureau of Forestry and Grassland, Kunming 651500, China;
3. Yinglin Branch, Yunnan Institute of Forest Inventory and Planning, Kunming 650000, China)

Abstract: The trapping light method was used to research community structure and feeding function of insect in the *Juglans sigillata* forest. A total of 2 968 insects were captured, belonging to 187 species, 172 genera, 63 families and 13 orders, among which, 13 trophic groups were recorded as details: 74 species were leaf-feeding, 29 species were juice-sucking, 22 species were predators, 17 species were blossom &

收稿日期:2022-05-31;**修回日期**:2022-06-24.
基金项目:中央财政林业科技推广示范资金项目(云 2020TG12 号).
第一作者:李国锋(1971-),男,湖南衡阳人, 教授. 主要从事昆虫分类与多样性研究. Email:lgfwh@ 163. com

bud & fruit-feeding, 10 species were decay-feeding, 12 species were stem-drillers, 8 species were underground, 5 species were parasites, 4 species were nectar-feeding, 3 species were moss-feeding, 3 species were pollinators, 3 species were rottenwood-feeding, and 2 species were feces-feeding. The most serious damage to *J. sigillata* was caused by *Ophthalmodes albosignaria juglandaria*, *Latoia ostia*, *Anoplophora chinensis*, *Arhopalus rustieus*, *Dicranobia potanini* and *Thaumastopeus pullus*. The number of individuals was highest in Lepidoptera, followed by Coleoptera, and lowest in Mantodea; the number of species was highest in Coleoptera, followed by Lepidoptera, and lowest in Mantodea. *Ophthalmodes albosignaria juglandaria*, *Holotrichia scrobiculata*, *Euscopus chinensis*, *Odontotermes formosanus* were the dominant species. There was a close relationship between the composition of insect community and the phenological stages of *J. sigillata*. During the peak in flower and fruit abundance, the parameter of species diversity and evenness increased. To some extent, predators and parasites insects controlled pests, while feces-feeding, decay-feeding, rottenwood-feeding and moss-feeding decomposed organism and promoted material cycle of the ecological system in the *J. sigillata* forest.

Key words: insects; community structure; feeding function; trophic group; *Juglans sigillata* forest

泡核桃(*Juglans sigillata* Dode)隶属胡桃科(Juglandaceae)胡桃属,分布于云南、贵州、四川西部、西藏雅鲁藏布江中下游等地。2011 年,禄劝彝族苗族自治县林业和草原局从景东、永平、大姚等县引进云新核桃、漾濞大泡核桃、大姚三台核桃在禄劝兴新核桃种植专业合作社进行培育,经过 9 年的生长,如今有 33.3 hm^2 的核桃林已枝繁叶茂,生态效益显著。鉴于云新核桃的经济效益较低,2020 年项目组在此地实施了泡核桃提质增效技术推广示范项目,对示范地 30%~40%的云新核桃采用昭通良种麻 1 号或麻 2 号进行良种更换,以此促进当地群众增产增收。泡核桃林面临的虫害有:食叶害虫大袋蛾、黄刺蛾、缀叶螟;蛀果害虫举肢蛾;蛀干害虫云斑天牛、蓝绿窄吉丁;吸汁害虫斑衣蜡蝉、绿盲蝽;根部害虫芳香木蠹蛾、横沟象甲等。为探索害虫的生物防治方法和有效保护泡核桃种植地生态环境及物种多样性的途径,急需进行泡核桃林昆虫群落动态过程的生态学研究。本文采用频振式杀虫灯调查泡核桃 9 年栽培龄期中昆虫物种多样性,分析昆虫群落结构和功能,旨为泡核桃树种的有效保护和管理及天敌昆虫资源的保护和利用提供科学依据。

1 研究地概况

研究地选择在云南省昆明市禄劝县东南部的翠华镇,地理位置为 25°37′N,102°34′E,属亚热带高原季风气候类型,海拔 1 280~1 710 m。由于受山地地形条件和印度洋季风的影响,雨量适中(年均降雨量 920~960 mm),年均相对湿度 60%~80%,冬春干旱、夏秋多雨、夏无酷暑,冬无严寒。研究样地附近主要树种有云南松(*Pinus yunnanensis*)、华山松(*Pinus armandii*)、川滇桤木(*Alnus ferdinandi-coburgii*)、桉树(*Eucalyptus robusta*)、板栗(*Castanea mollissima*)、樟树(*Cinnamomum Camphora*)、栓皮栎(*Quercus variabilis*)、麻栎(*Quercus acutissima*)等;灌丛层主要是花椒(*Zanthoxylum bungeanum*)、火棘(*Pyracantha fortuneana*)、无花果(*Ficus carica*)、桃(*Amygdalus persica*)和一些幼树;草本层有紫茎泽兰(*Eupatorium coelesticum*)、节节草(*Equisetum ramosissimum*)、反枝苋(*Amaranthus retrofexus*)、刺苋(*Amaranthus spinosus*)、多种蒿(*Artemisia* spp.)、鬼针草(*Bidens pilosa*)、空心莲子草(*Alternanthera philoxeroides*)、野坝子(*Elsholtzia ruygulosa*)、荠菜(*Capsella bursa-pastoris*)、蒟蒻(*Amorphophallus konjac*)等[24]。

2 研究方法

2.1 调查步骤

2021 年 4 月 10 日—6 月 17 日,在禄劝县翠华镇兴新核桃种植专业合作社的泡核桃种植基地,利用昆虫的趋光性,采用 3ST-15/40 型太阳能杀虫灯与 3SJ-2*15 型高效频振式杀虫灯进行调查。

1)根据环境特征和食叶害虫的危害程度,在坡地南面选择危害程度较大的泡核桃树附近设置太阳杀虫灯 1 盏,挂频振式杀虫灯 2 盏(间隔距离 700 m)进行捕虫。

2)太阳杀虫灯为自动光控诱杀灯(开灯时间:19∶30 至次日 06∶30),频振式杀虫灯为人工光控诱杀灯(开灯时间:21∶00—23∶00),连续调查 67 d,对诱捕的鳞翅目昆虫(未电死)采用 95%的酒精即时腹部注射 1~2.5 mL 至昆虫死亡,拍照并保存于采集箱中,对诱捕的其他类群昆虫(未电死)采用 75%的酒精浸泡至死,拍照并保存于塑料瓶中。

3)分类鉴定诱捕到的昆虫[1-23,25-28],统计物种与个体数量,掌握泡核桃林昆虫群落结构与动态。

2.2 数据分析

为了对诱捕到的昆虫进行科学、有效地鉴定和研究,基于昆虫群落动态与取食情况,采用 5 项指标和计算公式对样地昆虫物种多样性与群落结构进行研究。

根据诱捕的昆虫个体数量占诱捕昆虫个体总数的百分比确定优势种、常见种、稀有种 3 个等级,占比>10%为优势种;1%~10%为常见种;<1%为稀有种。

1)物种多样性指数:根据 Shannon-Wiener 多样性公式计算物种多样性指数,计算公式为:

$$H' = -\sum_{i=1}^{s} p_i \ln P_i \quad (P_i = N_i/N) \tag{1}$$

式中:P_i 为第 i 个物种的个体占比;N_i 为第 i 个物种的个体数;N 为诱捕的昆虫个体总数。

2)均匀度指数:根据 Pielou 均匀度公式计算均匀度指数,计算公式为:

$$J = H'/\ln S \tag{2}$$

式中:H'为 Shannon-Wiener 物种多样性指数;S 为诱捕的昆虫物种总数。

3)优势度指数:根据 Berger Parker 优势度公式计算优势度指数,计算公式为:

$$D = N_{max}/N_t \tag{3}$$

式中:N_{max} 为优势种的个体总数;N_t 为诱捕的昆虫个体总数。

4)最大多样性指数:根据 Shannon-Wiener 最大多样性公式计算最大多样性指数,计算公式为:

$$H_{max} = \log 2S \tag{4}$$

式中:H_{max} 为最大物种多样性指数;S 为诱捕的昆虫物种总数。

3 结果与分析

3.1 昆虫群落结构特征

泡核桃多为嫁接繁殖,少数实生。一般树干分枝较低,侧枝向四周扩展,树冠庞大成伞形或半圆球形,果枝密集,结实量高。树皮粗糙,裂纹较深,小枝棕黄色,侧芽大而圆,小叶黄绿色呈长椭圆状、披针形。果实扁圆形,外果皮光滑,黄绿色,具黄白色斑点。坚果种壳厚 0.5~1.1 mm,用手可捏开;内褶壁明显而不发达,内隔膜质,容易整仁取出,出仁率 55%~56%,种仁含油率约 70%,味极香,具有很高的经济价值和用途。

禄劝县翠华镇兴新核桃种植专业合作社于 2011 年在基地内进行了云新核桃、漾濞大泡核桃、大姚三台核桃的定植。在此期间,由于部分苗木死亡,企业进行了不定期补苗。如今大部分核桃树已开花结果,均高 3~6 m,长势良好。2021 年 2 月至 3 月上旬,项目组利用蓄热保湿嫁接法对示范地 30%~40%的云新核桃采用昭通良种麻 1 号或麻 2 号进行了良种更换。在开展调查工作期间,虽然错过了泡核桃树的盛花期(3—4 月),但其还在陆续开花、结果。此次研究中总计诱集昆虫 2 968 头,隶属 13 目 63 科 172 属 187 种(表 1)。

表 1 不同时间昆虫目、科、属、种的丰富度

Tab. 1 Richness of insect species, genera, families and orders in different months

时间	目数		科数		属数		种数	
	数量/目	占比/%	数量/科	占比/%	数量/属	占比/%	数量/种	占比/%
4 月上旬	6	46	30	48	81	47	77	41
4 月中旬	7	54	35	56	110	64	94	50
4 月下旬	8	62	37	59	120	70	103	55
5 月上旬	9	69	45	71	138	80	125	67
5 月中旬	10	77	48	76	147	85	136	73
5 月下旬	10	77	50	79	155	90	147	79
6 月上旬	11	85	55	87	162	94	164	88
6 月中旬	12	92	57	90	166	97	171	91
总计	13	100	63	100	172	100	187	100

在研究样地中,鳞翅目 13 科 43 属 48 种,膜翅目 4 科 12 属 13 种,鞘翅目 17 科 50 属 56 种,双翅目 3 科 6 属 7 种,同翅目 2 科 5 属 5 种,蜚蠊目 3 科 3 属 3 种,半翅目 8 科 30 属 31 种,螳螂目 1 科 1 属 1 种,直翅目 5 科 12 属 12 种,等翅目 1 科 2 属 2 种,缨翅目 2 科 3 属 3 种,脉翅目 2 科 2 属 3 种,革翅目 2 科 3 属 3 种。优势目 4 个,优势科 4 个,优势种 4 个(表 2,表 3,表 4)。

表 2　不同时间昆虫优势目个体数量动态

Tab. 2　Dynamics of individual numbers of dominant orders in different months

时间	鳞翅目		鞘翅目		半翅目		等翅目	
	数量/目	占比/%	数量/目	占比/%	数量/目	占比/%	数量/目	占比/%
4 月上旬	74	8	71	8	22	4	0	0
4 月中旬	104	11	97	11	18	4	0	0
4 月下旬	135	15	116	13	47	10	0	0
5 月上旬	150	16	143	16	155	31	129	42
5 月中旬	161	17	173	20	168	34	180	58
5 月下旬	105	11	96	11	44	9	0	0
6 月上旬	103	11	94	11	24	5	0	0
6 月中旬	98	11	91	10	16	3	0	0
总计	930	100	881	100	494	100	309	100

表 3　不同时间昆虫优势科个体数量动态

Tab. 3　Dynamics of individual numbers of dominant families in different months

时间	尺蛾科		鳃金龟科		红蝽科		白蚁科	
	数量/科	占比/%	数量/科	占比/%	数量/科	占比/%	数量/科	占比/%
4 月上旬	16	4	0	0	0	0	0	0
4 月中旬	24	6	27	8	3	1	0	0
4 月下旬	77	18	45	13	35	11	0	0
5 月上旬	94	22	82	24	103	32	129	42
5 月中旬	125	30	108	31	118	37	180	58
5 月下旬	37	9	30	9	25	8	0	0
6 月上旬	25	6	31	9	21	7	0	0
6 月中旬	20	5	21	6	14	4	0	0
总计	418	100	344	100	319	100	309	100

表 4　不同时间昆虫优势种个体数量动态

Tab. 4　Dynamics of individual numbers of dominant species in different months

时间	核桃星尺蛾		粗狭肋鳃金龟		华锐紅蝽		黑翅土白蚁	
	数量/种	占比/%	数量/种	占比/%	数量/种	占比/%	数量/种	占比/%
4 月上旬	0	0	0	0	0	0	0	0
4 月中旬	14	4	20	7	3	1	0	0
4 月下旬	67	21	42	14	35	11	0	0
5 月上旬	84	27	72	24	102	32	127	42
5 月中旬	95	30	98	33	117	37	178	58
5 月下旬	27	9	23	8	25	8	0	0
6 月上旬	15	5	26	9	21	7	0	0
6 月中旬	10	3	17	6	14	4	0	0
总计	312	100	298	100	317	100	305	100

表 5　不同时间昆虫物种及其多样性动态参数

Tab. 5　Parameters of the dynamics of insect species and species diversity in different months

时间	动态参数				
	物种总数(S)	多样性指数(H')	均匀度指数(J)	优势度指数(D)	最大多样性指数(H_{max})
4 月上旬	77	1.6258	0.3108	0	1.8865
4 月中旬	94	1.9847	0.3794	0.0125	1.9731
4 月下旬	103	2.1746	0.4157	0.0485	2.0128
5 月上旬	125	2.6388	0.5044	0.1297	2.0969
5 月中旬	136	2.8714	0.5489	0.1644	2.1335
5 月下旬	147	3.1035	0.5933	0.0253	2.1673
6 月上旬	164	3.4624	0.6619	0.0209	2.2148
6 月中旬	171	3.6102	0.6901	0.0138	2.2330

根据样地中诱集的物种情况,采用 Shannon-Wiener 多样性指数(H')、均匀度指数(J)、优势度指数(D)、最大多样性指数(H_{max})4 个参数计算物种多样性(表 5)。

3.2 昆虫群落摄食特征与功能分析

根据样地中诱集到的昆虫食性,分析摄食功能特征。据统计分析,不同摄食习性的物种及其占比见表 6。

对 187 种昆虫的摄食功能进行分析,发现有 53 种昆虫(幼、成虫)摄食泡核桃树叶、花、芽、花蜜、果实和传粉及钻蛀茎干,推测可能既与泡核桃林的物候变化相关,又与其花果的丰盛度相关。另外 134 种昆虫既与泡核桃林的物候状况相关联,又与林内外植被结构和食物链关系密切。样地内昆虫群落组成、各取食营养生态位集团及物种个体相对多度分析见表 7。

在样地中诱捕的昆虫隶属 13 个营养生态位集团,其中 74 种取食植物叶片,29 种刺吸植物汁液,22 种捕食其他昆虫,17 种取食植物花、芽、果,10 种取食腐烂物,12 种钻蛀植物茎干,8 种为地下昆虫,5 种寄生其他昆虫,4 种取食植物花蜜,3 种取食苔藓,3 种传授植物花粉,3 种取食腐木,2 种取食粪。其中对泡核桃造成严重危害的是核桃星尺蛾、漫绿刺蛾、

表 6 不同时间不同摄食习性的昆虫物种及其占比

Tab. 6 Percentage of insect species with different feeding habits in different months

摄食习性	物种数															
	4 月上旬		4 月中旬		4 月下旬		5 月上旬		5 月中旬		5 月下旬		6 月上旬		6 月中旬	
	数量	占比/%	数量	占比/%	数量	占比/%	数量	占比/%	数量	占比/%	数量	占比/%	数量	占比/%	数量	占比/%
Bi	7	9	8	9	1	9	8	7	9	9	9	9	8	9	7	9
De	4	5	4	5	6	5	6	6	5	5	5	5	4	5	4	5
Fe	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	2	2	1	1
J	11	15	13	15	19	16	18	17	14	14	14	14	13	15	12	15
L	21	28	26	31	29	25	29	27	30	30	29	29	26	30	23	29
M	3	4	3	4	4	3	4	4	4	4	4	4	3	3	3	4
N	1	1	1	1	3	3	2	2	3	3	3	3	1	1	1	1
Pa	3	4	4	5	7	6	6	6	6	6	6	6	4	5	4	5
Pi	15	20	15	18	25	21	22	20	18	18	19	19	13	15	15	19
Po	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
R	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
St	3	4	5	6	5	4	5	5	4	4	4	4	5	6	4	5
U	4	5	4	5	5	4	5	5	4	4	4	4	4	5	4	5
总计	74	100	85	100	118	100	109	100	101	100	100	100	86	100	78	100

注:Bi 为食花、芽、果昆虫;De 为食腐昆虫;Fe 为食粪昆虫;J 为吸汁昆虫;L 为食叶昆虫;M 为食苔藓昆虫;N 为食花蜜昆虫;Pa 为寄生昆虫;Pi 为捕食昆虫;Po 为传粉昆虫;R 为食腐木昆虫;St 为钻蛀昆虫;U 为地下昆虫(下同)。

表 7 昆虫群落组成、各取食营养生态位集团及物种个体相对多度分析

Tab. 7 Insect community composition, trophic groups and relative abundance of individual species

目	科	种	生态位集团	数量	物种个体相对多度	$P_i \ln P_i$
一 鳞翅目 Lepidoptera	(一)毒蛾科 Lymantriidae	1. 钩茸毒蛾 *Dasychira pennatula* Fabricius ▲	L(幼虫)	38	0.0128	−0.0558
		2. 幻带黄毒蛾 *Euproctis varians* Walker ※		5	0.0017	−0.0108
		3. 轻白毒蛾 *Arctornis cloangesunata* Collenette ※		3	0.0010	−0.0069
		4. 霉茸毒蛾 *Dasychira catocaloides* Leech ※		7	0.0024	−0.0145
	(二)灯蛾科 Arctiidae	5. 仿首丽灯蛾 *Callimorpha tequitalis* Kollar ※	L(幼虫)	14	0.0047	−0.0252
		6. 净雪灯蛾 *Spilosoma album* Bremer et Grey ※		3	0.0010	−0.0069
		7. 白污灯蛾 *Spilarctia neglecta* Rothschild ▲		47	0.0158	−0.0655
		8. 昏斑污灯蛾 *Spilarctia irregularis* Rothschild ※		4	0.0013	−0.0086
		9. 显脉污灯蛾 *Spilarctia bisecta* Leech ※		4	0.0013	−0.0086
	(三)夜蛾科 Noctuidae	10. 后夜蛾 *Trisuloides sericea* Butler ※	L(幼虫)	7	0.0024	−0.0145
		11. 白斑胖夜蛾 *Orthogonia canimaculata* Warren ※		6	0.0020	−0.0124
		12. 间纹德夜蛾 *Lepidodelta intermedia* Bremer ※		8	0.0027	−0.0160
		13. 梨剑纹夜蛾 *Acronicta rumicis* Linnaeus ▲		53	0.0179	−0.0720
	(四)螟蛾科 Pyralidae	14. 松梢斑螟 *Dioryctria rubella* Hampson ※	L(幼虫)	6	0.0020	−0.0124
		15. 冷杉梢斑螟 *Dioryctria abietella* Fabricius ※		12	0.0040	−0.0221
		16. 麦牧野螟 *Nomophila noctuella* Schiffermüller et Denis ※		7	0.0024	−0.0145
		17. 棕带绢野螟 *Diaphania stolalis* Guenèe ※		5	0.0017	−0.0108
	(五)大蚕蛾科 Saturniidae	18. 点目大蚕蛾 *Cricula andrei* Jordan ※	L(幼虫)	14	0.0047	−0.0252
	(六)尺蛾科 Geometridae	19. 大造桥虫 *Ascotis selenaria* Schiffermüller et Denis ※	L(幼虫)	12	0.0040	−0.0221
		20. 双云尺蛾 *Biston comitata* Warren ※		10	0.0034	−0.0193
		21. 苹烟尺蛾 *Phthonosema tendinosaria* Bremer ※		5	0.0017	−0.0108

续表 7

目	科	种	生态位集团	数量	物种个体相对多度	$P_i \ln P_i$
		22. 核桃星尺蛾 *Ophthalmodes albosignaria juglandaria* Oberthür ★		312	0.1051	−0.2368
		23. 樟翠尺蛾 *Thalassodes quadraria* Guenée ※		7	0.0024	−0.0145
		24. 白脉青尺蛾 *Hipparchus albovenaria* Bremer ※		9	0.0030	−0.0174
		25. 草绿尺蛾 *Hipparchus fragilis* Oberthür ※		10	0.0034	−0.0193
		26. 黄尺蛾 *Sirinopteryx parallela* Wehrli ▲		42	0.0142	−0.0604
		27. 烤焦尺蛾 *Nobila avellanea* Prout ※		11	0.0037	−0.0207
	(七)天蛾科 Sphingidae	28. 栗六点天蛾 *Marumba sperchius* Ménéntriés ※ E	L(幼虫)	3	0.0010	−0.0069
		29. 豆天蛾 *Clanis bilineata tsingtauica* Mell ※ E	N(成虫)	3	0.0010	−0.0069
		30. 团角锤天蛾 *Gurelca hyas* Walker ※ E		5	0.0017	−0.0108
		31. 青背长喙天蛾 *Macroglossum bombylans* Boisduval ▲ E		33	0.0111	−0.0500
	(八)斑蛾科 Zygaenidae	32. 华庆锦斑蛾 *Erasmia pulchella chinensis* Jordan ※	L(幼虫)	15	0.0051	−0.0269
	(九)苔蛾科 Lithosiidae	33. 代土苔蛾 *Eilema vicaria* Walker ※	M(幼虫)	5	0.0017	−0.0108
		34. 秧雪苔蛾 *Chionaema arama* Moore ※		5	0.0017	−0.0108
		35. 瑰痣苔蛾 *Stigmatophora roseivena* Hampsonn ※		7	0.0024	−0.0145
	(十)刺蛾科 Limacodidae	36. 长须刺蛾 *Hyphorma minax* Walker ※	L(幼虫)	6	0.0020	−0.0124
		37. 暗扁刺蛾 *Thosea loesa* Moore ※		6	0.0020	−0.0124
		38. 漫绿刺蛾 *Latoia ostia* Swinhoe ▲		56	0.0189	−0.0750
		39. 背刺蛾 *Belippa horrida* Walker ※		10	0.0034	−0.0193
	(十一)舟蛾科 Notodontidae	40. 朝鲜新林舟蛾 *Neodrymonia coreana* Matsumura ※	L(幼虫)	3	0.0010	−0.0069
		41. 白斑胯白舟蛾 *Quadricalcarifera fasciata* Moore ※		5	0.0017	−0.0108
		42. 云舟蛾 *Neopheosia fasciata* Moore ※		6	0.0020	−0.0124
		43. 杨二尾舟蛾 *Cerura menciana* Moore ※		8	0.0027	−0.0160
	(十二)钩翅蛾科 Drepantidae	44. 白星黄钩蛾 *Tridrepana crocea* Leech ※	L(幼虫)	6	0.0020	−0.0124
	(十三)枯叶蛾科 Lasiocampidae	45. 云南松毛虫 *Dendrolimus houi* Lajonquière ▲	L(幼虫)	67	0.0226	−0.0856
		46. 白缘云毛虫 *Hoenimnema clarilimbata* Lajonquière ※		7	0.0024	−0.0145
		47. 昆明小毛虫 *Cosmotriche kunmingensis* Hou ※		8	0.0027	−0.0160
		48. 焦褐枯叶蛾 *Gastropacha quercifolia thibetana* Lajonquière ※		5	0.0017	−0.0108
二 膜翅目 Hymenoptera	(一)姬蜂科 Ichneumonidae	1. 夜蛾瘦姬蜂 *Ophion luteus* Linnaeus ※	Pa(卵)	5	0.0017	−0.0108
		2. 台湾弯尾姬蜂 *Diadegma akoensis* Shiraki ※		2	0.0007	−0.0051
		3. 螟蛉悬茧姬蜂 *Charops bicolor* Szepligeti ※		5	0.0017	−0.0108
		4. 朝鲜紫姬蜂 *Chlorocryptus coreanus* Szepligeti ※		3	0.0010	−0.0069
		5. 食蚜蝇姬蜂 *Diplozon laetatorius* Fabricius ※		4	0.0013	−0.0086
	(二)胡蜂科 Vespidae	6. 褐胡蜂 *Vespa binghami* Buysson ※	Pi(成虫)	10	0.0034	−0.0193
		7. 拟大胡蜂 *Vespa analis nigrans* Buysson ※		5	0.0017	−0.0108
	(三)蜜蜂科 Apidae	8. 中华蜜蜂 *Apis cerana* Fabricius ※	Po(成虫)	14	0.0047	−0.0252
		9. 黄胸木蜂 *Xylocopa appendiculata* Smith ※		5	0.0017	−0.0108
		10. 高值熊蜂 *Bombus pretiosus* Bischoff ※		4	0.0013	−0.0086
	(四)蚁科 Formicidae	11. 长足切叶蚁 *Aphaenogaster longipes* Smith ※ A	L(成虫)	5	0.0017	−0.0108
		12. 尼氏大头蚁 *Phiedole nietneri* Emery ※	Pi(成虫)	9	0.0030	−0.0174
		13. 罗氏铺道蚁 *Tetramorium rothneyi* Forel ※		7	0.0024	−0.0145
三 鞘翅目 Coleoptera	(一)叩甲科 Elateridae	1. 棕羽角叩甲 *Campsosternus Rotundifrons* Guerin ※ B	Bi(成虫) U(幼虫)	7	0.0024	−0.0145
	(二)叶甲科 Chrysomelidae	2. 莫沟胫跳甲 *Hemipyxis moseri* Weise ※ B	L(幼虫)	3	0.0010	−0.0069
		3. 黑斑粗角跳甲 *Phygasia dorsata* Baly ※ B	Bi(成虫)	5	0.0017	−0.0108

续表7

目	科	种	生态位集团	数量	物种个体相对多度	$P_i \ln P_i$
		4. 黄守瓜 *Aulacophora femoralis* Motschulsky ▲ B		31	0.0104	−0.0475
		5. 黄足黑守瓜 *Aulacophora lewisii* Baly ▲ B		33	0.0111	−0.0500
		6. 黑头异跗萤叶甲 *Apophylia nigriceps* Laboissiere ※ B		4	0.0013	−0.0086
		7. 桤木里叶甲 *Linaeidea placida* Chen ▲ B		45	0.0152	−0.0636
		8. 褐背小萤叶甲 *Galerucella grisescens* Joannis ※ B		4	0.0013	−0.0086
		9. 粗角哈萤叶甲 *Haplosomoidis laticornis* Laboissiere ※ B		3	0.0010	−0.0069
		10. 长软米萤叶甲 *Mimastra gracilis* Baly ※ B		3	0.0010	−0.0069
	(三)鳃金龟科 Melolonthidae	11. 粗狭肋鳃金龟 *Holotrichia scrobiculata* Brenske ★ A	L(成虫)	298	0.1004	−0.2308
		12. 短距狭肋鳃金龟 *Holotrichia brevispina* Chang ▲ A	U(幼虫)	36	0.0121	−0.0534
		13. 昆明齿爪鳃金龟 *Holotrichia kunmina* Chang ※ A		7	0.0024	−0.0145
		14. 毛臀齿爪鳃金龟 *Holotrichia pilipyga* Chang ※ A		3	0.0010	−0.0069
	(四)步甲科 Carabidae	15. 双斑青步甲 *Chlaenius bioculatus* Motschulsky ▲	Pi(成虫)	30	0.0101	−0.0464
		16. 中华婪步甲 *Harpalus sinicus* Hope ※		3	0.0010	−0.0069
		17. 铜胸短角步甲 *Trigonotoma lewisii* Baly ※		2	0.0007	−0.0051
	(五)花金龟科 Cetoniidae	18. 绿凹缘花金龟 *Dicranobia potanini* Kraatz ▲ B	Bi(成虫)	30	0.0101	−0.0464
		19. 云罗花金龟 *Rhomborrhina yunnana* Moser ※ B	U(幼虫)	4	0.0013	−0.0086
		20. 暗异花金龟 *Thaumastopeus pullus* Billberg ▲ B		72	0.0243	−0.0903
		21. 褐锈花金龟 *Poeilophilides rusticola* Burmeister ※ B		3	0.0010	−0.0069
	(六)丽金龟科 Rutelidae	22. 弱斑弧丽金龟 *Popillia histeroidea* Gyllenhal ※ A	L(成虫)	4	0.0013	−0.0086
		23. 陷缝异丽金龟 *Anomala rufiventris* Redtenbacher ※ A	U(幼虫)	3	0.0010	−0.0069
	(七)象甲科 Curculionidae	24. 云南松镰象 *Drepanoderus leucofasciatus* Voss ※	St(幼、成虫)	5	0.0017	−0.0108
		25. 三带筒喙象 *Lixus distortus* Csiki ※		3	0.0010	−0.0069
	(八)埋葬甲科 Silphidae	26. 皱翅亡葬甲 *Thanatophilus rugosus* Linnaeus ※	De(成虫)	2	0.0007	−0.0051
		27. 亚洲尸葬甲 *Necrodes littoralis* Linnaeus ※		3	0.0010	−0.0069
	(九)天牛科 Cerambycidae	28. 棕须天牛 *Cyrtonops punctipennis* White ※	St(幼虫)	3	0.0010	−0.0069
		29. 梗天牛 *Arhopalus rustieus* Linnaeus ▲ D		32	0.0108	−0.0489
		30. 光胸断眼天牛 *Tetropium castaneum* Linnaeus ※		2	0.0007	−0.0051
		31. 星天牛 *Anoplophora chinensis* Förster ▲ D		45	0.0152	−0.0636
		32. 毛角薄翅天牛 *Megopis marginalis* Fabricius ※		3	0.0010	−0.0069
		33. 茶丽天牛 *Rosalia lameerei* Brongniart ※		2	0.0007	−0.0051
		34. 黄蓝眼天牛 *Baccisa guerryi* Pic ※ D		3	0.0010	−0.0069
	(十)拟步甲科 Tenebrionidae	35. 中华垫甲 *Lyprops sinensis* Mars ※	R(成虫)	2	0.0007	−0.0051
		36. 扁土潜 *Gonocephalum depressum* Fabricius ※		3	0.0010	−0.0069
		37. 赤拟谷盗 *Tribolium castaneum* Herbst ※		4	0.0013	−0.0086
	(十一)金龟子科 Scarabaeidae	38. 神农蜣螂 *Catharsius molossus* Linnaeus ※	Fe(幼、成虫)	8	0.0027	−0.0160
	(十二)长蠹科 Bostrychidae	39. 六齿双棘长蠹 *Sinoxylon anale* Lesne ※	St(幼虫)	5	0.0017	−0.0108
	(十三)吉丁虫科 Buprestidae	40. 绿窄吉丁 *Agrilus viridis* Linnaeus ※ B	Bi(成虫)	2	0.0007	−0.0051
		41. 中华窄吉丁 *Agrilus chinensis* Kerr ※ B	U(幼虫)	3	0.0010	−0.0069
		42. 云南松脊吉丁 *Chalcophora yunnana* Fairmaire ※ B		2	0.0007	−0.0051
	(十四)瓢虫科 Coccinellidae	43. 黑条长瓢虫 *Macronaemia hauseri* Weise ※	Pi(成虫)	1	0.0003	−0.0024
		44. 奇变瓢虫 *Aiolocaria hexaspilota* Hope ※		2	0.0007	−0.0051
		45. 异色瓢虫 *Harmonia axyridis* Pallas ▲		30	0.0101	−0.0464
		46. 七星瓢虫 *Coccinella septempunctata* Linnaeus ▲		35	0.0118	−0.0524
		47. 奇斑瓢虫 *Harmonia eucharis* Fabricius ※		2	0.0007	−0.0051

续表 7

目	科	种	生态位集团	数量	物种个体相对多度	$P_i \ln P_i$
		48. 六斑月瓢虫 *Menochilus sexmaculata* Fabricius ※		3	0.0010	−0.0069
		49. 黄缘巧瓢虫 *Oenopia sauzeti* Mulsant ※		3	0.0010	−0.0069
		50. 黄斑裸瓢虫 *Calvia muiri* Timberlake ※		2	0.0007	−0.0051
	(十五)负泥虫科 Crioceridae	51. 紫茎甲 *Sagraa femorata purpurea* Lichts ※ A	L(成虫)	7	0.0024	−0.0145
		52. 异负泥虫 *Lilioceris impressa* Fabricius ※ A	St(幼虫)	4	0.0013	−0.0086
	(十六)肖叶甲科 Eumolpidae	53. 腹斑隐头叶甲 *Cryptocephalus rainwaterae* Kimoto ※ A	L	3	0.0010	−0.0069
		54. 褐足角胸叶甲 *Basilepta fulvipes* Motschulsky ※ A	(幼、成虫)	7	0.0024	−0.0145
	(十七)隐翅虫科 Staphylinidae	55. 梭毒隐翅虫 *Paederus fuecipes* Curtis ※	Pi(成虫)	12	0.0040	−0.0221
		56. 双色印度肩隐翅虫 *Indoquedius bicoloris* Smetana ※		5	0.0017	−0.0108
四 双翅目 Diptera	(一)粪蝇科 Scathophagidae	1. 小黄粪蝇 *Scathophaga stercoraria* Linnaeus ※	Fe(成虫)	11	0.0037	−0.0207
	(二)寄蝇科 Tachinidae	2. 隔离狭颊寄蝇 *Carcelia excisa* Fallén ※	Pa(幼虫)	13	0.0044	−0.0239
		3. 三化螟肿额寄蝇 *Metoposisyrops scirpophagae* Chao ※		4	0.0013	−0.0086
		4. 夜蛾土蓝寄蝇 *Turanogonia chinensis* Wiedemann ※		3	0.0010	−0.0069
		5. 洛灯茸毛寄蝇 *Servillia rohdendorfi* Chao ※		6	0.0020	−0.0124
	(三)果蝇科 Drosophilidae	6. 黑腹果蝇 *Drosophila melanogaster* Meigen ※	De(成虫)	7	0.0024	−0.0145
		7. 斑翅果蝇 *Drosophila suzukii* Matsumura ▲		30	0.0101	−0.0464
五 同翅目 Homoptera	(一)蝉科 Cicadidae	1. 暗翅蝉 *Scieroptera splendidula* Fabricius ▲	J(成虫)	30	0.0101	−0.0464
		2. 苏利圭蝉 *Quintilia soulii* Diatant ※	U(若虫)	7	0.0024	−0.0145
		3. 绿鸣蝉 *Oncotympana virescens* Distant ※		5	0.0017	−0.0108
	(二)叶蝉科 Cicadelloidae	4. 纹翅叶蝉 *Nakaharanus maculosus* Kuoh ※	J(成虫)	3	0.0010	−0.0069
		5. 艳扁喙叶蝉 *Idioscopus nitidinus* Kuoh ※		4	0.0013	−0.0086
六 蜚蠊目 Blattaria	(一)姬蠊科 Blattellidae	1. 广纹小蠊 *Blattella latistriga* Walker ※	De(成虫)	3	0.0010	−0.0069
	(二)蜚蠊科 Blattidae	2. 美洲大蠊 *Periplaneta americana* Linnaeus ※	De(成虫)	5	0.0017	−0.0108
	(三)弯翅蠊科 Panesthiidae	3. 拟大弯翅蠊 *Panesthia spadica* Shiraki ※	De(成虫)	2	0.0007	−0.0051
七 半翅目 Hemiptera	(一)蝽科 Pentatomidae	1. 丽盾蝽 *Chrysocoris grandis* Thunberg ※	J(成虫)	3	0.0010	−0.0069
		2. 长盾蝽 *Scutellera perplexa* Westwood ※		11	0.0037	−0.0207
		3. 山字宽盾蝽 *Poecilocoris sanszesignatus* Yang ※		1	0.0003	−0.0024
		4. 黑腹兜蝽 *Aspongopus nigriventris* Westwood ※		3	0.0010	−0.0069
		5. 异色巨蝽 *Eusthense cupreus* Westwood ※		6	0.0020	−0.0124
		6. 二斑历蝽 *Cantheconidea binotata* Distant ※		3	0.0010	−0.0069
		7. 耳蝽 *Troilus luridus* Fabricius ※		2	0.0007	−0.0051
		8. 印度片蝽 *Sciocori indicus* Dallas ※		3	0.0010	−0.0069
		9. 稻绿蝽黄肩型 *Nezara viridula forma torquata* Fabricius ※		10	0.0034	−0.0193
		10. 尖角普蝽 *Priassus spiniger* Haglund ※		5	0.0017	−0.0108
		11. 昆明真蝽 *Pentatoma kunmingensis* Xiong ※		2	0.0007	−0.0051
		12. 茶翅蝽 *Halyomorpha halys* Stål ※		3	0.0010	−0.0069
	(二)红蝽科 Pyrrhocoridae	13. 华锐紅蝽 *Euscopus chinensis* Blöte ★	J(成虫)	317	0.1068	−0.2389
		14. 地紅蝽 *Pyrrhocoris tibialis* Stal ※		2	0.0007	−0.0051
	(三)猎蝽科 Reduviidae	15. 二色短猎蝽 *Brachytonus bicolor* China ※	Pi(成虫)	7	0.0024	−0.0145
		16. 敏猎蝽 *Thodelmus falleni* Stal ※		6	0.0020	−0.0124
		17. 棘猎蝽 *Polididus armatissimus* Stal ※		3	0.0010	−0.0069
		18. 暴猎蝽 *Agriosphodrus dohrni* Signoret ※		2	0.0007	−0.0051

续表7

目	科	种	生态位集团	数量	物种个体相对多度	$P_i \ln P_i$
		19. 红缘猎蝽 *Reduvius lateralis* Hsiao ▲		35	0.0118	-0.0524
	(四)土蝽科 Cydnidae	20. 黑龟土蝽 *Lactistes longirostris* Hsiao ※ C	U(成虫)	10	0.0034	-0.0193
		21. 侏地土蝽 *Geotomus pygmaeus* Fabricius ※ C		3	0.0010	-0.0069
	(五)龟蝽科 Plataspidae	22. 狄豆龟蝽 *Megacopta distanti* Montandon ※	J(成虫)	7	0.0024	-0.0145
	(六)同蝽科 Acanthosomatidae	23. 云南尖同蝽 *Cyphostethus yunnanensis* Liu ※	J(成虫)	3	0.0010	-0.0069
		24. 光角翘同蝽 *Anaxandra levicornis* Dallas ※		4	0.0013	-0.0086
	(七)异蝽科 Urostylidae	25. 四星华异蝽 *Tessaromerus quadriaticulatus* Kirkaldy ※	J(成虫)	7	0.0024	-0.0145
		26. 斑带盲异蝽 *Urolabida tenerakhasiana* Westwood ※		6	0.0020	-0.0124
	(八)缘蝽科 Coreidae	27. 肩异缘蝽 *Pterygomia humeralis* Hsiao ※	J(成虫)	2	0.0007	-0.0051
		28. 黑赭缘蝽 *Ochrochira fusca* Hsiao ※		5	0.0017	-0.0108
		29. 锈赭缘蝽 *Ochrochira ferruginea* Hsiao ※		9	0.0030	-0.0174
		30. 曲胫侎缘蝽 *Mictis tenebrosa* Fabricius ※		3	0.0010	-0.0069
		31. 云南岗缘蝽 *Gonocerus yunnanensis* Hsiao ※		11	0.0037	-0.0207
八 螳螂目 Mantodea	(一)螳螂科 Mantidae	1. 大刀螂 *Tenodera aridifolia* Stoll ※	Pi(成虫)	3	0.0010	-0.0069
九 直翅目 Orthoptera	(一)蟋蟀科 Gryllidae	1. 双斑蟋 *Gryllus bimaculatus* de Geer ※ C	U(成虫)	3	0.0010	-0.0069
		2. 花生大蟋 *Brachytrupes portentosus* Lichtenstaein ※ C		2	0.0007	-0.0051
		3. 黄脸油葫芦 *Tleogryllus emma* Ohmachi & Matsumura ※ C		11	0.0037	-0.0207
	(二)蝗科 Acrididae	4. 昆明拟凹背蝗 *Pseudoptygonotus kunmingensis* Zheng ※ A	L(成虫)	7	0.0024	-0.0145
		5. 方异距蝗 *Heteropternis respondens* Walker ※ A		3	0.0010	-0.0069
		6. 丽足踵蝗 *Pteroscirta pulchripes* Uvarov ※ A		4	0.0013	-0.0086
		7. 东亚飞蝗 *Locusta migratoria manilensis* Meyen ※ A		12	0.0040	-0.0221
		8. 中华剑角蝗 *Acrida cinerea* Thunberg ※ A		3	0.0010	-0.0069
	(三)露螽科 Phaneropteridae	9. 日本条螽 *Ducetia japonica* Thunberg ※ A	L(成虫)	3	0.0010	-0.0069
		10. 秋奇螽 *Mirollia fallaxa* Bey-Bienko ※ A		4	0.0013	-0.0086
	(四)织娘科 Mecopodidae	11. 纺织娘 *Mecopoda elongata* Linnaeus ※ A	L(成虫)	3	0.0010	-0.0069
	(五)蝼蛄科 Gryllotalpidae	12. 东方蝼蛄 *Gryllotalpa orientalis* Burmeister ※ C	U(成虫)	8	0.0027	-0.0160
十 等翅目 Isoptera	(一)白蚁科 Termitidae	1. 土垅大白蚁 *Macrotermes annandalei* Silvestri ※	U(成虫)	4	0.0013	-0.0086
		2. 黑翅土白蚁 *Odontotermes formosanus* Shiraki ★		305	0.1028	-0.2339
十一 缨翅目 Thysanoptera	(一)蓟马科 Thripidae	1. 暗翅棍蓟马 *Dendrothrips stannardi* Ananthakrishnan ※	L(成虫)	2	0.0007	-0.0051
		2. 八节黄蓟马 *Thrips flavidalus* Bagnall ▲		35	0.0118	-0.0524
	(二)管蓟马科 Phlaeothripidae	3. 华筒管蓟马 *Haplothrips chinensis* Priesner ※	J(成虫)	2	0.0007	-0.0051
十二 脉翅目 Neuroptera	(一)褐蛉科 Hemerobiidae	1. 点线脉褐蛉 *Micromus multipunctatus* Matsumura ※	Pi(成虫)	3	0.0010	-0.0069
	(二)草蛉科 Chrysopidae	2. 中华草蛉 *Chrysopa sinica* Tjeder ※	Pi(成虫)	6	0.0020	-0.0124
		3. 大草蛉 *Chrysopa septempunctata* Wesmael ※		1	0.0003	-0.0024
十三 革翅目 Dermaptera	(一)肥螋科 Labiduridae	1. 环纹小肥螋 *Euborellia annulipes* Lucas ※	De(成虫)	3	0.0010	-0.0069
	(二)蠼螋科 Labiduridae	2. 异螋 *Allodahlia scabriuscula* Servill ※	De(成虫)	3	0.0010	-0.0069
		3. 迭球螋 *Forficula vicaria* Semenov ※		2	0.0007	-0.0051
		合计		2968	1.0000	-3.9480

注:★为优势种;▲为常见种;※为稀有种。食性(推测):A为取食泡核桃叶片种;B为取食泡核桃花、芽、果实种;C为取食泡核桃地下根茎种;D为钻蛀泡核桃茎干种;E为取食泡核桃花蜜种。

星天牛、梗天牛、绿凹缘花金龟、暗异花金龟。根据不同物种选择寄主的习性,推测结果认为,有 19 种可能取食泡核桃叶片;16 种取食泡核桃花、芽、果实;6 种取食泡核桃地下根茎;7 种钻蛀泡核桃茎干;4 种取食泡核桃花蜜。因泡核桃林花果期多种昆虫卵、幼虫的发生,寄生与捕食其的天敌接踵而来,捕食性天敌有 26 种;寄生性天敌有 9 种;其不仅与泡核桃林植被结构相关,也与植物叶、花果上昆虫分布状况关系密切。食腐昆虫(食粪、腐木和其他腐烂物)直接与林地中的地表层状况和腐烂物的腐烂程度相关,同时也与林地中的食物链紧密联系。从昆虫群落物种组成看,隶属多种取食生态位集团的昆虫均在林中活动,以获得食物资源。苔蛾科昆虫的幼虫取食苔藓,始终与泡核桃林关系密切;地下害虫种群动态与泡核桃林的管理(翻耕土壤、除草、施腐熟肥、清除枯木)密切相关。

4 结论与讨论

泡核桃目前已培育出许多品种,具有一定经营规模和经济收入的品种达 30 余种,分布在不同的适宜地区。大力推广发展的主要品种为漾濞大泡核桃、大姚三台核桃、昭通麻 1 号、昭通麻 2 号 4 个品种。此树种的大面积推广栽培是昆明地区特色经济林产业之一,发展前景广阔。研究发现,泡核桃林昆虫群落结构各参数的季节动态与地区气候变化和泡核桃林物候关系密切,昆虫群落结构与个体数量随气温、降雨量及泡核桃开花、结果物候特征而变化。在泡核桃林开花、结果期,昆虫多样性与种群动态与泡核桃花量、果量及其分布相关:从泡核桃开花到结果期,昆虫种类与个体数量逐渐递增。在研究样地中,6 月中旬泡核桃林诱集的昆虫种类最多,占总诱集数的 91%,涉及的目、科、属也最多,分别占总诱集数的 93%、90%和 94%,这些昆虫一部分来自于泡核桃林,一部分可能来自于周边森林,呈现出多样性、均匀度高的分布格局。对不同时间昆虫种类分布状况分析表明:4 月下旬在泡核桃林内诱集到的昆虫种类半数以上在随后的月份中也能见到,4 月下旬诱集到的昆虫种类与其他月份诱集到的相似性较高;5 月、6 月上中旬除有与 4 月下旬相似的物种外还增加了许多其他物种,泡核桃林昆虫种类组成有变动;6 月下旬以后泡核桃林内预测到的昆虫种类随花果量的大量减少和降雨量的增加而减少。

在物候演变过程中,泡核桃林生境条件与昆虫群落相互作用、协同发展:(1)泡核桃林为昆虫提供了栖息地与丰富的食源,维持着相应的昆虫群落,对昆虫多样性与森林生态系统功能的维护起着积极作用;(2)传粉益虫为其传播花粉并促进结果;(3)食叶、花、芽、果昆虫以及吸汁、钻蛀和地下害虫对泡核桃树造成危害。人们往往非常重视对这些害虫的化学防治,而人工栽培泡核桃林对昆虫多样性的维护作用及与昆虫群落结构、功能动态的关系却被忽视。如泡核桃林一旦发生核桃星尺蛾,有机磷杀虫剂的过度使用,不仅影响到昆虫多样性保护和天敌昆虫功能的发挥,而且还会造成环境污染、农药残留。

5 建　议

应加强生态知识普及教育,使技术人员了解培育泡核桃林的生态过程,自觉地保护植物、保护昆虫。昆虫多样性、昆虫种群数量的多度是决定昆虫发挥其生态功能的基础;昆虫群落结构与组成决定于其栖息地的植被与环境条件,昆虫群落与植被和环境条件相铺相成、协同发展。泡核桃林的抚育需要基于对系统的认知和科学的管理,对天敌昆虫的保护不容忽视。

当食叶害虫核桃星尺蛾、漫绿刺蛾、绿凹缘花金龟、暗异花金龟与钻蛀害虫星天牛、梗天牛猖獗危害时,应坚持害虫防治的综合防治策略。

5.1 栽培管理技术措施

加强肥水管理,促进树木健康成长,提高抗害虫能力;合理修剪、整枝以增强树势,改善通风透光条件,使花叶并茂,减少害虫危害;调节林地温度和湿度,扎实搞好林间卫生,清除杂草,翻耕土壤,破坏害虫越冬环境,减少来年害虫虫口基数。

5.2 生物防治

充分利用天敌昆虫进行防治,如褐胡蜂、拟大胡蜂、长足切叶蚁、尼氏大头蚁、罗氏铺道蚁、双斑青步甲、中华婪步甲等捕食性天敌昆虫;夜蛾瘦姬蜂、台湾弯尾姬蜂、螟蛉悬茧姬蜂、朝鲜紫姬蜂、食蚜蝇姬蜂、隔离狭颊寄蝇、三化螟肿额寄蝇等寄生性天敌昆虫,必要时可进行人工饲养释放;戴胜、杜鹃、啄木鸟、卷尾、喜鹊、画眉、山雀等食虫鸟,必要时可悬挂鸟巢进行人工招引。也可采用苏云金杆菌等病原细菌;白僵菌、绿僵菌、蚜霉菌等真菌;核型多角体病毒、颗粒体病毒、质型多角体病毒等病毒进行害虫的有效防治。

5.3 化学防治

提倡使用国家大力推广的溴氰菊酯类、拟除虫

菊酯类、苯甲酰脲类、氯化烟酰类杀虫剂,既避免了有机磷杀虫剂对环境的污染,又不影响天敌昆虫在泡核桃林中的积极作用与正常功能的发挥,从而有效保障示范林的健康成长。

致谢:在此次野外调查工作中,禄劝兴新核桃种植专业合作社李加辉、赵永华、李光勤、李自红、王静茹、杨兴明、吕祖学、杨永光、李金福、李青华等同志给予了大力帮助,特表感谢!

参考文献:

[1] 蔡邦华. 昆虫分类学(中册)[M]. 北京:科学出版社,1973.

[2] 陈守坚. 我国步甲常见属的检索[J]. 昆虫天敌,1984,6(3):165-180.

[3] 黄复生. 云南森林昆虫(第一版)[M]. 昆明:云南科技出版社,1987.

[4] 李铁生. 中国经济昆虫志(第三十册)[M]. 北京:科学出版社,1985.

[5] 李国锋,王慧. 南充市郊瓢虫物种多样性的初步研究[J]. 昆虫知识,2005,42(3):311-314.

[6] 李国锋,郑发科,王慧,等. 马边大风顶自然保护区东南坡垂直带地表甲虫群落研究[C]//第七届全国昆虫区系分类与多样性学术研讨会会议论文集. 2005:133-142.

[7] 李国锋,郑发科,王慧. 南充市郊瓢虫科昆虫的初步研究[J]. 西华师范大学学报,2005,26(2):145-148.

[8] LI G F, GARY S. *Neocollyris purpureomaculata* borea - a new tiger beetle species for the fauna of China (Coleoptera: Cicindelidae)[J]. Journal of the Entomological Research Society,2008,10(3):33-34.

[9] 李国锋,周远,王慧,等. 中国大陆巨须隐翅虫属一新记录[J]. 西华师范大学学报,2009,30(3):244-245.

[10] LI G F,ZHOU Y,ZHENG F K. A new species of the genus *Oxyporus* Fabricius (Coleoptera: Staphylinidae: Oxyporinae) from Yunnan Province, China [J]. Zootaxa, 2011,3067:65-68.

[11] 黄埔则,李国锋,周建,等. 云南省虎甲科昆虫区系与物种多样性研究[J]. 林业调查规划,2012,37(3):43-47.

[12] 李国锋,林平,秦石友. 中国虎甲科昆虫区系研究[J]. 西华师范大学学报,2012,33(2):125-130.

[13] LI G F,LI H W,HUANG R W,et al. A new species of the subgenus *Stigmatochirus* of *Plastus* Bernhauer (Coleoptera: Staphylinidae: Osoriinae) from Yunnan Province, China [J]. Zootaxa,2013,3636(1):190-195.

[14] LI G F,WANG C M,LI Z E,et al. A new species of the genus *Thoracochirus* Bernhauer (Coleoptera: Staphylinidae: Osoriinae) from Yunnan Province, China [J]. Zootaxa, 2013,3750(1):89-94.

[15] LI G F,WANG C M,LI H F,et al. A new species of the genus *Oxyporus* Fabricius (Coleoptera: Staphylinidae: Oxyporinae) in Yunnan Province, China [J]. Zootaxa, 2015,3986(5):591-596.

[16] LI G F,WANG C M,LI H W,et al. A new species of the genus *Oxyporus* Fabricius (Coleoptera: Staphylinidae: Oxyporinae) in Yunnan Province, China [J]. Zootaxa, 2015,3926(4):595-599.

[17] 李国锋,侯云萍,王春梅,等. 西双版纳奇楠沉香林昆虫群落结构与功能研究[J]. 四川动物,2016,35(2):190-200.

[18] LI G F,WANG C M,LI H F,et al. A new species of the genus *Oxyporus* fabricius (Coleoptera:Staphylinidae:Oxyporinae) in Yunnan Province, China[J]. Zootaxa, 2017, 4268(4):588-592.

[19] LI G F,LI H W,WANG C M,et al. Two new species of the genus *Oxyporus* fabricius (Coleoptera: Staphylinidae: Oxyporinae) in Yunnan Province, China [J]. Zootaxa, 2018,4369(1):93-100.

[20] LI G F,WANG C M,LI H F,et al. A new species of the genus *Oxyporus* fabricius (Coleoptera:Staphylinidae:Oxyporinae) in Yunnan Province, China[J]. Zootaxa, 2019, 4551(2):231-236.

[21] LI G F. A new species of the genus *Oxyporus* fabricius (Coleoptera:Staphylinidae:Oxyporinae) in Yunnan Province, China[J]. Zootaxa, 2020, 4786(1):145-150.

[22] 马文珍. 中国经济昆虫志(第四十六册)[M]. 北京:科学出版社,1995.

[23] 谭娟杰,虞佩玉,李鸿兴,等. 中国经济昆虫志(第十八册)[M]. 北京:科学出版社,1985.

[24] 吴征镒. 云南植被(第一版)[M]. 北京:科学出版社,1987.

[25] 虞佩玉,王书永,杨星科. 中国经济昆虫志(第五十四册)[M]. 北京:科学出版社,1996.

[26] 袁锋. 昆虫分类学(第一版)[M]. 北京:中国农业出版社,1996.

[27] 郑发科. 隐翅虫形态分类学纲要[M]. 成都:四川大学出版社,1992.

[28] 朱弘复. 蛾类图册(第一版)[M]. 北京:科学出版社,1973.

责任编辑:许易琦

doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2023. 06. 017

巧家马树省级重要湿地维管植物多样性调查研究

董 磊[1],夏绪银[2],秦 燕[1],吴富勤[1]
(1. 云南省林业调查规划院,云南 昆明 650051 2. 巧家县林业和草原局,云南 巧家 654600)

摘要:采用野外调查与查阅文献资料相结合的方法,对云南巧家马树省级重要湿地维管植物多样性及其区系进行统计分析。结果表明,该重要湿地共有湿地维管植物 56 科 120 属 162 种,以莎草科、禾本科 、菊科、蓼科种数最多,含珍稀濒危植物 4 种、中国特有种 14 种、外来入侵植物 7 种;生活型划分为 3 类,以多年生草本植物占优势,生态型划分为 5 类,以湿生植物居多;从属的区系成分来看,以温带性质为主,热带性质是其重要组成;从资源多样性来看,可划分为观赏植物、药用植物、食用植物等 6 类,资源类型较丰富。提出建立云南马树省级湿地自然公园,加强对外来物种的管控等湿地植物资源保护建议。

关键词:植物多样性;植物区系;生活型;生态型;巧家马树省级重要湿地

中图分类号:Q178. 5;S718. 521. 2;Q16 **文献标识码**:A **文章编号**:1671-3168(2023)06-0097-05

引文格式:董磊,夏绪银,秦燕,等. 巧家马树省级重要湿地维管植物多样性调查研究[J]. 林业调查规划,2023,48(6):97-101. doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2023. 06. 017

DONG Lei,XIA Xuyin,QIN Yan,et al. Investigation and Research of Vascular Plants Diversity in Qiaojia Mashu Provincial Important Wetland[J]. Forest Inventory and Planning,2023,48(6):97-101. doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2023. 06. 017

Investigation and Research of Vascular Plants Diversity in Qiaojia Mashu Provincial Important Wetland

DONG Lei[1], XIA Xuyin[2], QIN Yan[1], WU Fuqin[1]
(1. Yunnan Institute of Forest Inventory and Planning, Kunming 650051, China;
2. Qiaojia Forestry and Grassland Bureau, Qiaojia, Yunnan 654600, China)

Abstract: Based on the field investigation and consulting literature, the diversity and flora of vascular plants in Qiaojia Mashu Provincial Important Wetland of Yunnan Province were analyzed and evaluated. The results showed that there were 162 species of vascular plants in the provincial important wetland, belonging to 120 genera and 56 families, and species of Cyperaceae, Gramineae, Compositae, and Polygonaceae accounted for a larger proportion, among which, 4 species were listed in rare and endangered vascular plants, 14 species endemic to China, 7 alien invasive plants; the life types were divided into 3 categories, dominated by perennial herbs, while the ecotypes were divided into 5 categories, dominated by hygrophytes; the flora of the genera was mainly characterized by temperate elements, with tropical properties as an important component; the plant resources were diversity and rich, which could be divided into

收稿日期:2022-06-16;**修回日期**:2022-09-16.
基金项目:云南省林业调查规划院青年联合会项目(1QL001Z00018)资助.
第一作者:董磊(1987-),男,新疆乌鲁木齐人,工程师. 主要从事湿地资源调查、监测与保护工作. Email:dl-donald@ 163. com
责任作者:吴富勤(1986-),男,云南保山人,博士,高级工程师. 从事自然保护地监测、保护与恢复工作. Email:fqwu1986@ 163. com

6 categories: ornamental plants, medicinal plants, and edible plants and so on. Finally, this paper proposed to establish Mashu Provincial Wetland Park, strengthen the control of alien species, and other wetland plant resource protection suggestions.

Key words: plant diversity; flora; life type; ecotype; Qiaojia Mashu Provincial Important Wetland

湿地处于陆地与水域之间的过渡性地带,是水陆相互作用形成的自然综合体,兼有水域和陆地生态系统的特点[1],其特殊的生态过程,使其对维护区域生态安全、提高区域环境质量和人类社会可持续发展具有重要意义[2-3]。湿地植物作为湿地生态系统的初级生产者,为其他生物类群提供物质和能量,是湿地生态系统的基础组成部分[4]。湿地植物多样性可以有效地反应出湿地生态质量[5],通过对湿地植物群落多样性的研究,能够有效预测植物群落的演替方向,科学指导湿地保护与恢复[6-7]。马树为彝语“马书”汉译地名,意为一片湖泊沼泽之地[8],云南省巧家马树湿地于 2016 年被认定为云南省省级重要湿地,其良好的自然湿地环境是黑颈鹤(*Grus nigricollis*)等候鸟迁徙通道上重要的越冬栖息地[9-10]。根据当地林草部门统计数据,2021—2022 年越冬期在马树湿地栖息的黑颈鹤种群数量达 169 只。目前对于巧家马树湿地的研究多集中于黑颈鹤分布及其行为学方面[11-12],对于其栖息地野生维管植物资源的研究尚无报道。鉴于该湿地维管植物资源本底不清,笔者多次考察了该区域湿地维管植物资源,结合相关文献资料对该湿地维管植物资源多样性进行分析,旨在为云南高原湿地保护与恢复、植物资源保护利用、湿地生态系统服务功能评估等提供参考。

1 研究区概况

巧家马树省级重要湿地位于云南省巧家县马树镇,地处乌蒙山西侧,牛栏江、金沙江交汇的三角地带,包含大海子和孔家营两个片区。其中:大海子片区坐标为 103°14′57.56″~103°16′7.14″E,26°46′26.70″~26°47′29.58″N,平均海拔 2 400 m;孔家营片区坐标为 103°19′15.05″~103°21′0.40″E,26°44′56.76″~26°45′49.60″N,平均海拔 2 750 m。2016 年云南省人民政府将巧家马树湿地认定为省级重要湿地,认定区域总面积 117.54 hm^2,其中:湿地面积 92.72 hm^2,包含草本沼泽 19.67 hm^2,永久性淡水湖 35.84 hm^2,库塘 37.21 hm^2;土地权属为集体。该重要湿地属金沙江水系一级支流以礼河右岸支流马树河的河源区,具有典型的高原岩溶地貌特征,湿地水源补给方式为综合补给。区域内春季气候温和,夏季受西南海洋季风的影响,无酷热、多雨,秋季凉爽,冬季受大陆性季风影响,干燥寒冷、多雪。年均降水量 900~1 165 mm,年均温 6.2~10.7℃,年阴天日数达 150~200 d。区域内有 3 个植被型(暖性针叶林、沼泽化草甸和湖泊水生植被),4 个植被亚型(暖温性针叶林、杂类草沼泽化草甸、挺水植物群落和漂浮植物群落)。

2 研究方法

结合重要湿地的地形地貌特点和遥感卫星影像数据,2016—2021 年对巧家马树省级重要湿地进行全面踏查,在线路调查的基础上,确定重点调查地段和重要植被类型。通过实地调查,现场记录所见植物种类,辅以标本采集、拍照和当地居民访问。依据《中国湿地资源(云南卷)》[13]《云南湿地植物名录》[14]进行鉴定,获得该重要湿地维管植物名录。参照《中国蕨类植物区系》[15]《种子植物分布区类型及其起源和分化》[16]划分湿地维管植物属的分布区系;依据《Flora of China》[17]及相关文献[18],划分维管植物的生态型与生活型;依据《Flora of China》《资源植物学》[19]及相关文献[20-21]确定药用、观赏、食用植物等资源类型。

3 结果与分析

3.1 种类组成多样性

根据实地调查并结合相关文献资料分析,初步统计得出巧家马树省级重要湿地调查范围内共有维管束植物 56 科 120 属 162 种,其中蕨类植物有 5 科 5 属 7 种,被子植物有 51 科 115 属 155 种;在 162 种维管植物中,共有珍稀濒危植物 4 种,即金荞麦(*Fagopyrum dibotrys*)、云南龙胆(*Gentiana yunnanensis*)、小报春(*Primula forbesii*)、黑鳞扁莎(*Pycreus delavayi*),其中金荞麦被《国家重点保护野生植物名录(2021)》收录为国家二级重点保护野生植物,云南龙胆被《中国生物多样性红色名录(高等植物

卷)》收录为易危种(VU)、被《云南省生物物种红色名录(2017 版)》收录为近危种(NT);小报春和黑鳞扁莎被《中国生物多样性红色名录(高等植物卷)》收录为近危种(NT);共有中国特有种 14 种,占总种数的 8.64%,如鸡心梅花草(*Parnassia crassifolia*)、流苏龙胆(*Gentiana panthaica*)、云南獐牙菜(*Swertia yunnanensis*)、云南莎草(*Cyperus duclouxii*)等,无云南特有种。分布有外来入侵植物 7 种[22],其中:严重入侵类有 1 种,为白车轴草(*Trifolium repens*),局部入侵类有 2 种,为假酸浆(*Nicandra physalodes*)、阿拉伯婆婆纳(*Veronica persica*),一般入侵类有 3 种,为荠(*Capsella bursa-pastoris*)、豆瓣菜(*Nasturtium officinale*)、香附子(*Cyperus rotundus*),有待观察类 1 种,为秋英(*Cosmos bipinnatus*)。

3.2 科、属多样性分析

对巧家马树省级重要湿地野生维管植物按科所含种的数量进行统计(表 1),该重要湿地含 10 种以上物种的大科有 4 科,分别为莎草科 Cyperaceae(15)、禾本科 Gramineae(14 种)、菊科 Compositae(11 种)、蓼科 Polygonaceae(10 种),共 31 属 50 种;含 6~9 种的科有 7 科,分别为蔷薇科 Rosaceae(8 种)、玄参科 Scrophulariaceae(8 种)、毛茛科 Ranunculaceae(7 种)、龙胆科 Gentianaceae(7 种)、蝶形花科 Papilionaceae(6 种)、唇形科 Labiatae(6 种)、灯心草科 Juncaceae(6 种),共 34 属 48 种;含 2~5 种植物的科有 13 科,共 23 属 32 种;单种科有 32 科,共 32 属 32 种。

表 1　巧家马树省级重要湿地维管植物科属种统计

Tab. 1　Statistics of families, genera and species of vascular plants in Qiaojia Mashu Provincial Important Wetland

含种数量级别/种	科		属		种	
	科数/科	占比/%	属数/属	占比/%	种数/种	占比/%
≥10	4	7.14	31	25.83	50	30.86
6~9	7	12.50	34	28.33	48	29.63
2~5	13	23.21	23	19.17	32	19.75
1	32	57.14	32	26.67	32	19.75
总计	56	100.00	120	100.00	162	163.00

依据属内含有的植物种数,将巧家马树重要湿地维管束植物 120 属划分为 3 个等级:中等属(5~9 种)、小属(2~4 种)、单种属(含 1 种)(表 2)。

表 2　巧家马树省级重要湿地维管植物属级统计

Tab. 2　Statistics of genera of vascular plants in Qiaojia Mashu Provincial Important Wetland

含种数量级别/种	属		种	
	属数/属	占比/%	种数/种	占比/%
5~9	2	1.67	14	8.64
2~4	21	17.50	51	31.48
1	97	80.83	97	59.88
总计	120	100.00	162	100.00

由表 2 可知,含有 5~9 种的中等属有 2 属,为蓼属 *Polygonum*(9 种)和灯心草属 *Juncus*(5 种),占总属数的 1.67%,含种数共 14 种;小属有 21 属,占总属数的 17.50%,含种数共 51 种;单种属有 97 属,占总属数的 80.83%,占比最高,含种数共 97 种。

3.3 植物属的分布区类型分析

根据吴征镒、陆树刚对维管植物属分布区类型的划分原则[15-16],巧家马树省级重要湿地维管植物 116 属(不含外来属)可划分为 11 个类型和 6 个变型(表 3)。这在一定程度上说明该重要湿地维管植物在区系组成上较为复杂、具有广泛性。扣除世界分布属后,热带分布属占 25.86%,温带分布属占 49.14%。由此可见,该重要湿地维管植物属的区系成分以温带性质为主。在 116 个属中,属数最多的植物区系类型依次为世界分布、北温带和南温带间断分布、泛热带分布类型,分别占总属数的 25.00%、23.28%、16.38%。其他属的分布类型均在 5% 以下。综上表明,该重要湿地种子植物区系地理成分以温带性质为主,与该区域的地理特点相一致。

3.4 生活型与生态型多样性

根据植物茎的木质化程度与其生活史,将巧家马树省级重要湿地野生维管植物生活型划分为 3 类,其中多年生草本 118 种、一年生草本 39 种、灌木 5 种,分别占总物种数的 72.84%、24.07%、3.09%,以多年生草本植物占绝对优势。

根据湿地植物生长环境和生态习性,将巧家马树省级重要湿地野生维管植物生态型划分为 5 类,其中湿生植物 129 种、沼生植物 15 种、挺水植物 9 种、浮叶植物 4 种、沉水植物 11 种,分别占总物种数的 76.79%、8.93%、5.36%、2.38%、6.55%,以湿生植物居多。

表 3 巧家马树省级重要湿地野生维管植物属的分布区类型

Tab. 3 Genera area-types of vascular plants in Qiaojia Mashu Provincial Important Wetland

分布区类型	属数	占比/%
1. 世界分布	29	25. 00
2. 泛热带分布	19	16. 38
2-2. 热带亚洲、大洋洲(至新西兰)和中、南美(或墨西哥)间断分布	2	1. 72
4. 旧世界热带分布	3	2. 59
5. 热带亚洲至热带大洋洲分布	2	1. 72
6. 热带亚洲至热带非洲分布	2	1. 72
7. 热带亚洲(印度—马来西亚)分布	2	1. 72
8. 北温带分布	12	10. 34
8-2. 北极—高山分布	1	0. 86
8-3. 北温带和南温带间断分布	27	23. 28
9. 东亚和北美洲间断分布	5	4. 31
10. 旧世界温带分布	4	3. 45
10-1. 地中海、西亚、东亚间断分布	1	0. 86
10-3. 欧亚和南部非洲(有时也在大洋洲)间断分布	3	2. 59
11. 温带亚洲分布	1	0. 86
14. 东亚分布	1	0. 86
14. (SH)中国—喜马拉雅分布	2	1. 72
合计	116	100. 00

注:不含外来属。

3.5 资源多样性

通过野外调查与查阅相关资料发现,巧家马树省级重要湿地野生植物资源丰富,依据植物原料与经济用途,可划分为观赏植物、药用植物、食用植物、饲料植物、绿肥植物、纤维植物 6 类经济植物资源。其中观赏植物 48 种,如蜈蚣草(*Pteris vittata*)、水毛茛(*Batrachium bungei*)、睡菜(*Menyanthes trifoliata*)、绶草(*Spiranthes sinensis*)等;药用植物 41 种,如金荞麦、百脉根(*Lotus corniculatus*)、川续断(*Dipsacus asper*)、香附子(*Cyperus rotundus*)等;食用植物 27 种,如蕺菜(*Houttuynia cordata*)、圆叶节节菜(*Rotala rotundifolia*)、车前(*Plantago asiatica*)、菰(*Zizania latifolia*)等;饲料植物 6 种,如沼泽蔊菜(*Rorippa palustris*)、藜(*Chenopodium album*)、广布野豌豆(*Vicia cracca*)、皱叶狗尾草(*Setaria plicata*)等;绿肥植物 2 种,即紫云英(*Astragalus sinicus*)、广布野豌豆;纤维植物 2 种,即长叶水麻(*Debregeasia longifolia*)、密蒙花(*Buddleja officinalis*)。

4 结论与建议

研究表明,云南省巧家马树省级重要湿地共有湿地维管植物 56 科 120 属 162 种,含珍稀濒危植物 4 种、中国特有种 14 种、外来入侵植物 7 种。生活型划分为 3 类,以多年生草本植物占优势;生态型划分为 5 类,以湿生植物居多;从属的区系成分来看,以温带性质为主,热带性质是其重要组成;从资源多样性来看,可划分为药用植物、观赏植物、食用植物等 6 类,资源类型较丰富。针对该重要湿地野生维管植物的保护现状,提出以下建议。

4.1 建立云南马树省级湿地自然公园

该重要湿地生态系统完整,湿地植物种类多样,植物区系丰富,湿地生态环境良好,需加强保护,防止生态环境恶化。然而,该重要湿地保护形式为县级自然保护区,该保护区目前存在科研技术力量薄弱、资金投入不足的情况。因此,建议借云南省自然保护地整合优化之机,将马树县级自然保护区升级为云南马树省级湿地自然公园,以保障资金投入,提升管护能力,协调和调动各方力量来保护该重要湿地的植物资源。

4.2 加强对游客的管理与宣传教育

每年冬季,有黑颈鹤、灰鹤等湿地旗舰物种前来越冬。大量游客自驾到该湿地观赏黑颈鹤等珍稀水禽,但由于缺乏有效引导,游客驱车碾压草本沼泽和驱赶水禽的行为时有发生,破坏了湿地植被,影响到水禽正常活动[12]。因此,应加强对湿地内旅游活动的管理,加强对游客的爱鸟护鸟教育,提高游客的保护意识,同时规范旅游活动,限制游客行为,减少人为活动对鸟类的影响。

4.3 加强对外来物种的管控

持续开展流域内外来入侵物种的调查与监测,科学制定防控措施。加强对周边村民的宣传,严禁在重要湿地范围内进行放生活动。

参考文献:

[1] 赵魁义,孙广友,杨永兴,等. 中国沼泽志[M]. 北京:科学出版社,1999:95-96.

[2] 李楠,李龙伟,陆灯盛,等. 杭州湾滨海湿地生态安全动态变化及趋势预测[J]. 南京林业大学学报(自然科学版),2019,62(3):107-115.

[3] 肖涛,石强胜,闻熠,等. 湿地生态系统服务研究进展[J]. 生态学杂志,2021,40(12):1-13.

[4] 杨岚,李恒 . 云南湿地[M]. 北京:中国林业出版社,2009:11-13.
[5] 李果,孙光,赵梓伊,等 . 基于植物多样性的北京市湿地生态质量评价[J]. 环境科学,2022,43(4):1988-1996.
[6] 李自珍,韩晓卓,李文龙,等 . 高寒湿地植物群落的物种多样性保护及生态恢复对策[J]. 西北植物学报,2004,24(3):363-369.
[7] 娄彦景,赵魁义,马克平 . 洪河自然保护区典型湿地植物群落组成及物种多样性梯度变化[J]. 生态学报,2007,27(9):3883-3891.
[8] 段丽元 . 中华人民共和国政区大典 · 云南卷[M]. 北京:中国社会出版社,2016:1058-1059.
[9] 孙德辉 . 云南昭通地区越冬的黑颈鹤[J]. 野生动物,1998,19(6):21.
[10] 李凤山,杨芳 . 云贵高原黑颈鹤的种群数量和分布[J]. 动物学杂志,2003,38(3):43-46.
[11] 李国刚 . 云南省巧家马树黑颈鹤越冬习性研究[D]. 西宁:青海师范大学,2011.
[12] 卯霞,丁伟,李国刚,等 . 云南巧家马树黑颈鹤日间越冬时间分配和活动节律[J]. 野生动物学报,2014,35(3):307-310.
[13] 温庆忠,华朝朗,彭华,等 . 中国湿地资源(云南卷)[M]. 北京:中国林业出版社,2015:185-262.
[14] 李恒 . 云南湿地植物名录[M]. 北京:科学出版社,2009:25-252.
[15] 陆树刚 . 中国蕨类植物区系概论[C]//李承森 . 植科学进展 (第六卷). 北京:高等教育出版社,2004:29-40.
[16] 吴征镒,周浙昆,孙航,等 . 种子植物分布区类型及其起源和分化[M]. 昆明:云南科学技术出版社,2006:1-80.
[17] 中国科学院植物志编辑委员会 . Flora of China[M/OL]. 北京:科学出版社,1994-2013. [2022-05-10]. http://www. iplant. cn/foc/.
[18] 侯志勇,谢永宏,陈心胜,等 . 洞庭湖湿地植物生活型与生态型[J]. 湖泊科学,2016,28(5):1095-1102.
[19] 何明勋 . 资源植物学[M] . 上海:华东师范大学出版社,1995:1-205.
[20] 袁晓初,张弯弯,王发国,等 . 广东省湿地维管植物资源现状及保护利用[J]. 植物科学学报,2018,36(2):211-220.
[21] 吴富勤,马丽翠,郑进烜,等 . 云南省湿地药用维管植物资源多样性研究[J]. 中国野生植物资源,2021,40(9):75-80.
[22] 李嵘,邓涛 . 云南外来入侵植物现状和防控策略[J]. 西部林业科学,2021,50(5):23-35.

责任编辑:许易琦

(上接第 85 页)

4.4 优化整合到保护地

分布在保护地外的重要生态系统,特别是寒温性针叶林和暖温性针叶林生态系统,在云南省自然保护地优化整合完善修改时,尽量将与保护地相临、相连的重要生态系统整合到保护地内,使其得到更好的保护。如怒江东部的碧罗雪山区域、香格里拉大峡谷分布的寒温性针叶林和硬叶常绿阔叶林[4]。目前云南省正在积极申报高黎贡山国家公园的建设工作,开展滇西北重要生态系统分布特征研究,将对云南省自然保护地体系和国家公园建设[5]提供科学依据。

4.5 纳入公益林补偿范围

对没有纳入保护地、公益林范围的重要生态系统,纳入到公益林补偿范围,争取一定的管护资金来源,为加强保护管理提供资金支持。

4.6 建立生态效益补偿机制

建议从国家、省级层面建立重要生态系统补偿机制,加大生态补偿力度,确保重要生态系统安全。

参考文献:

[1] 云南省林业和草原局,云南省林业调查规划院 . 云南省自然保护区[M]. 昆明:云南科技出版社,2018.
[2] 云南省林业和草原局,云南省林业调查规划院 . 云南省自然保护区森林生态系统服务功能价值评估报告[R]. 2018.
[3] 云南省林业和草原局,云南省林业调查规划院 . 云南省湿地生态系统服务功能价值评估报告[R]. 2016.
[4] 云南省林业和草原局,云南省林业调查规划院 . 云南省自然保护地整合优化预案[Z]. 2020.
[5] 云南省委办公厅,云南省政府办公厅 . 关于建立以国家公园为主体的自然保护地体系的实施意见[EB/OL]. (2020-06-24). https://www. yn. gov. cn/zwgk/zfgb/2020/2020d16q/swbgtszfbgtlfwj/202010/t20201013_211775. html.

责任编辑:杨焌焓

doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2023. 06. 018

西双版纳鸟类多样性研究

姜志诚[1],陈 典[2],曹光洪[2],曾熙雯[1],段禾祥[1]
(1. 云南省生态环境科学研究院,云南 昆明 650034;
2. 云南省西双版纳纳板河流域国家级自然保护区管理局,云南 景洪 666100)

摘要:随着观鸟活动在国内的盛行,非自然保护地的观测数据逐年增多,及时开展区域鸟类编目工作是掌握本底资源的基础工作。全方位地收集来自自然保护地的文献资料,统计整理 2003—2021 年西双版纳州观鸟数据,形成西双版纳州鸟类名录并分析其鸟类多样性。结果表明,西双版纳州有鸟类 21 目 83 科 301 属 605 种,其中留鸟占比 70. 58%。有国家重点保护鸟类 160 种,其中 110 种仅分布于个别县市,有 118 种鸟类被评估为受威胁物种,需要重点关注。各县市鸟类种的相似度一般,但科的相似度较高,全州鸟类属-科多样性较高。根据研究结果提出西双版纳州鸟类保护建议。

关键词:西双版纳;鸟类多样性;区系组成;居留型;物种相似度

中图分类号:S718. 63;Q16 **文献标识码**:A **文章编号**:1671-3168(2023)06-0102-06

引文格式:姜志诚,陈典,曹光洪,等. 西双版纳鸟类多样性研究[J]. 林业调查规划,2023,48(6):102-107,113.
doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2023. 06. 018

JIANG Zhicheng, CHEN Dian, CAO Guanghong, et al. Avian Diversity of Xishuangbanna in Yunnan[J]. Forest Inventory and Planning,2023,48(6):102-107,113. doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2023. 06. 018

Avian Diversity of Xishuangbanna in Yunnan

JIANG Zhicheng[1], CHEN Dian[2], CAO Guanghong[2], ZENG Xiwen[1], DUAN Hexiang[1]
(1. Yunnan Research Academy of Eco-enviromental Sciences, Kunming 650034, China;
2. Xishuangbanna Nabanhe National Nature Reserve Administration, Jinghong, Yunnan 666100, China)

Abstract: With the popularity of bird watching activities in China, the observation data outside the natural protected areas is increasing year by year. Timely making regional bird catalog is the basic work for the management and protection of biological resources. By collecting the literature materials from the natural protected areas, the bird watching data of Xishuangbanna was counted and sorted out from 2003 to 2021, the bird checklist was formed and the avian diversity was analyzed. A total of 605 species from 301 genera, 83 families and 21 orders were recorded in Xishuangbanna, of which 70. 58% were resident birds. There were 160 national key protected species, of which 110 species were narrowly distributed in individual county, and 118 species were assessed as threatened and need special attention. The similarity of species in counties was general, but the similarity of families was high, and the diversity of genera and families in the whole prefecture was high. According to the research results, some suggestions on bird protection in Xishuangbanna were put forward.

收稿日期:2022-04-22;**修回日期**:2022-05-09.
第一作者:姜志诚(1994-),男,云南昆明人,硕士,助理工程师. 研究方向为动物生态学. Email:279644739@ qq. com
责任作者:段禾祥(1981-),男,湖南益阳人,硕士,正高级工程师. 研究方向为生态环境保护. Email:hxduan_yn@ 126. com

Key words: Xishuangbanna; avian diversity; fauna composition; resident type; species similarity

鸟类是物种多样性的组成之一,也是生物资源、生物多样性指标中的重要参考内容之一,是生态系统生产总值核算中不可或缺的部分[1-3]。西双版纳的鸟类调查可追溯到 20 世纪 50 年代末,随着 20 世纪 80 年代西双版纳国家级自然保护区的建立,西双版纳鸟类科学考察也有序开展[4-11]。同时观鸟旅游在国内的推广盛行,对中国及各省、市鸟类新记录的发现也做了重要贡献[12-13],例如自 2011 年春节期间中国科学院西双版纳热带植物园成功举办第一届观鸟节之后,至 2021 年已陆续举办了 7 届观鸟节活动,为勐腊县勐仑镇甚至整个西双版纳州的鸟类观测记录做出重要贡献[14]。开展鸟类资源编目,可为地区、自然保护地等鸟类生态建设提供基础资料,同时为生物多样性保护与管理提供科学依据。

1 研究区域概况

西双版纳位于云南省南部,土地面积 19 124.5 km^2,占云南省土地面积的 4.85%。东北、西北与普洱市接壤,东南与老挝相连,西南与缅甸接壤,所处的印缅生态热点地区(Indo-Burma)是全球 36 个生物多样性热点区之一[15]。西双版纳处于滇西横断山系南段尾端,分属无量山和临沧大雪山南段山缘、低中山地区。州内最高点为勐海县勐宋乡的滑竹梁子,海拔 2 429 m,最低点为澜沧江与南腊河会合处,海拔 477 m。高温多雨、干湿季分明而四季不明显[16]。西双版纳作为中国生物多样性功能保护区和重点生态功能区,同时也是云南省生态空间格局“三屏两带”的重要组成部分[17-18]。

2 材料与方法

2.1 观鸟数据收集

在中国观鸟记录中心(www.birdreport.cn)收集西双版纳地区 2003—2021 年公开经审核的县级观鸟数据。

2.2 文献收集

系统地收集西双版纳境内自然保护地鸟类相关文献资料(包括综合科考报告、专项调查、出版物及鸟类新纪录等)。

2.3 数据处理

2.3.1 数据统一

目前国内鸟类观测与分类的依据主要为《中国鸟类野外手册》和《中国鸟类分类与分布名录(第三版)》构成,但收集得到的各类数据时间相差较远,同时中国鸟类分类体系也发生了一些变化[19-20]。因此,以《中国鸟类分类与分布名录(第三版)》的分类系统和鸟类名称为依据,对鸟类中文名、拉丁学名、分类阶元进行统一。

2.3.2 区系分析

参考中国和云南鸟类学专著[21-25]对鸟类区系、居留型等进行整理和编目,并参照中国和云南脊椎动物受威胁等级[26-29]进行标注。分析研究区域内鸟类动物地理区系、居留型、保护级别及受威胁等级等。

2.3.3 G-F 指数分析

对形成的西双版纳鸟类名录,采用蒋志刚和纪力强[30]的 G-F 指数公式分析物种多样性。

1)科的多样性指数 D_F

$$D_{Fk} = -\sum_{i=1}^{n} P_i \ln P_i \tag{1}$$

式中:k 为科,F 为科一级的参数;n 为科 k 中属的数量;$P_i = sk_i/Sk$,sk_i 为 k 科中某一属 i 的物种数,Sk 为 k 科中总的物种数。

总 F 指数:

$$D_F = \sum_{k=1}^{m} D_{Fk} \tag{2}$$

式中:m 为该名录中所有科的数量。

2)属的多样性指数 D_G

$$D_G = -\sum_{j=1}^{p} D_{Gi} = -\sum_{j=1}^{p} q_j \ln q_j \tag{3}$$

式中:$q_i = s_j/S$,s_j 为某一属下物种数量 j;S 为某一科下所有属中物种数量;p 为某一科下所有属的数量。

3)G-F 指数 D_{G-F}

$$D_{G-F} = 1 - \frac{D_G}{D_F} \tag{4}$$

若动植物中所有的科都是单科种,即 DF=0 时,则该地区的 G-F 指数为 0。

2.3.4 各行政单元鸟类多样性比较

采用 Jaccard 相似性指数[31-33]对 3 个行政单元鸟类种类相似性进行分析。其中包含科与种两个分类阶元的相似性比较。

Jaccard 物种相似性指数:

$$I = c/(a + b - c) \tag{5}$$

式中:a 为 A 地物种数;b 为 B 地物种数;c 为 A 地和 B 地共有的物种数。

3 结果与分析

3.1 鸟类物种组成

西双版纳州境内鸟类有 605 种,隶属 21 目 83 科 301 属,各阶元鸟类数量及占比见表 1。

表 1 西双版纳州鸟类组成

Tab. 1 Composition of birds in Xishuangbanna

目	科		种	
	数量/科	占比/%	数量/种	占比/%
鸡形目 Galliformes	1	1.20	13	2.15
雁形目 Anseriformes	1	1.20	13	2.15
鸊鹈目 Podicipediformes	1	1.20	1	0.17
鸽形目 Columbiformes	1	1.20	16	2.64
夜鹰目 Caprimulgiformes	1	1.20	4	0.66
雨燕目 Apodiformes	2	2.41	8	1.32
鹃形目 Cuculiformes	1	1.20	16	2.64
鹤形目 Gruiformes	2	2.41	11	1.82
鸻形目 Charadriiformes	9	10.84	27	4.46
鹳形目 Ciconiiformes	1	1.20	2	0.33
鲣鸟目 Suliformes	1	1.20	1	0.17
鹈形目 Pelecaniformes	2	2.41	14	2.31
鹰形目 Accipitriformes	2	2.41	32	5.29
鸮形目 Strigiformes	2	2.41	15	2.48
咬鹃目 Trogoniformes	1	1.20	2	0.33
犀鸟目 Bucerotiformes	2	2.41	5	0.83
佛法僧目 Coraciiformes	3	3.61	16	2.64
䴕形目 Piciformes	2	2.41	27	4.46
隼形目 Falconiformes	1	1.20	6	0.99
鹦鹉目 Psittaciformes	1	1.20	4	0.66
雀形目 Passeriformes	46	55.42	372	61.49
合计	83	100.00	605	100.00

注:分类系统参照中国鸟类分类与分布名录(第三版)[20]。

由表 1 可见,统计结果较《西双版纳鸟类多样性》[13]一书中的鸟类数据 20 目 74 科 260 属 469 种增加了 1 目 9 科 41 属 136 种,种一级增幅 29.00%。本次统计西双版纳州鸟类占云南省鸟类记录(945 种)[33]的 64.02%,占《中国鸟类观察手册》(1 491 种)[34]的 40.58%。雀形目鸟类 372 种,占此次统计鸟类的 61.49%;非雀形目鸟类中,物种数量前三的为鹰形目(32 种,5.29%)、鸻形目(27 种,4.46%)和䴕形目(27 种,4.46%)。

3.2 区系组成和居留型分析

按照中国综合自然区划的划分,西双版纳属 VIIA3 云南南缘谷地丘陵,在中国动物地理区划中,西双版纳所处区域为东洋界,中印亚界,VII 华南区 VIIB 滇南山地亚区[25]。对西双版纳州鸟类区系开展统计分析,统计结果,东洋界鸟种 427 种,占鸟类物种数的 70.58%;古北界鸟种 58 种,占 9.59%;东洋-古北界广布种 120 种,占 19.83%,是典型的以东洋界鸟类为主要区系组成的区域(表 2)。按居留类型,留鸟 427 种,占鸟类物种数的 70.58%;夏候鸟 47 种,占 7.77%;冬候鸟 97 种,占 16.03%;旅鸟和迷鸟 34 种,占 5.62%(表 3)。

表 2 西双版纳州及下辖县市鸟类区系组成

Tab. 2 Statistics of bird fauna in Xishuangbanna 种

行政单位	东洋界	广布种	古北界	合计
西双版纳州	427	120	58	605
景洪市	373	112	43	528
勐海县	325	91	22	438
勐腊县	387	96	38	521

表 3 西双版纳州及下辖县市鸟类居留型

Tab. 3 Statistics of bird resident types in Xishuangbanna 种

行政单位	留鸟	冬候鸟	夏候鸟	旅鸟和迷鸟	合计
西双版纳州	427	97	47	34	605
景洪市	379	84	44	15	522
勐海县	328	63	35	12	438
勐腊县	383	69	43	26	521

3.3 濒危和保护物种

在西双版纳分布的鸟类中,有国家一级重点保护野生动物 18 种,国家二级重点保护野生动物 142 种(表 4)。被 IUCN 物种红色名录和中国脊椎动物红色名录及云南省生物物种红色名录评估为受威胁(即极危、濒危、易危和近危)的物种分别有 36 种、116 种和 118 种,共有 118 种鸟类需要重点关注,占鸟类物种数的 19.50%。

对西双版纳州下辖县市鸟类记录深入分析,县级狭域分布的物种数量为:景洪市 41 种,勐海县 6 种,勐腊县 63 种(表 5)。国家一级保护物种狭域分

表 4　西双版纳州及下辖县市国家重点保护鸟类数量组成

Tab. 4　Statistics of key protected wild birds in Xishuangbanna　　种

保护级别	西双版纳州	景洪市	勐海县	勐腊县
国家一级保护物种	18	13	11	13
国家二级保护物种	124	113	92	104
合计	142	126	103	117

表 5　西双版纳州下辖县市狭域分布鸟类数量组成

Tab. 5　Statistics of narrowly distributed species in counties of Xishuangbanna　　种

狭域分布	景洪市	勐海县	勐腊县
物种数量	41	6	63
国家一级保护物种	1	2	2
国家二级保护物种	10	0	9

布为:景洪市有草原雕(*Aquila nipalensis*);勐海县有彩鹮(*Plegadis falcinellus*)、乌雕(*Clanga clanga*);勐腊县有白肩雕(*Aquila heliaca*)、棕颈犀鸟(*Aceros nipalensis*)。

3.4 G-F 指数分析

使用 G-F 指数对西双版纳州及下辖县市鸟类开展种和属一级阶元的多样性计算(表 6)。

表 6　西双版纳州及下辖县市鸟类 G-F 指数

Tab. 6　G-F index of birds in Xishuangbanna

G-F 指数	景洪市	勐海县	勐腊县	均值	西双版纳州
D_G	3.44	3.94	3.48	3.62 ± 0.21	3.07
D_F	58.85	54.28	59.03	57.39 ± 2.07	59.83
D_{G-F}	0.94	0.93	0.94	0.94 ± 0.01	0.95

西双版纳州总体 G-F 多样性指数达 0.95,属间多样性 D_G 相对较低,而种间多样性 D_F 均较高。各县 G-F 指数均处于较高水平,说明在西双版纳州及各县市分布的鸟类中,单科种占比较少。计算 3 县市的 G 指数、F 指数及 G-F 指数均值,西双版纳州属的多样性指数 D_G 低于各县及县级均值,科的多样性指数 D_F 高于各县及县级均值,因此,全州的鸟类 G-F 多样性指数均高于各县。

3.5 物种相似度

利用 Jaccard 相似性指数开展西双版纳州鸟类相似性的科、种阶元比较(表 7)。

表 7　西双版纳下辖县市鸟类科、种相似度

Tab. 7　Similarity of bird families and species in counties of Xishuangbanna　　%

相似度	景洪市	勐海县	勐腊县
景洪市		92.59	91.46
勐海县	78.23		91.25
勐腊县	75.13	70.04	

科的相似度较高,而种的相似度一般,且种的相似度随经度增加而降低。

3.6 数据贡献

3.6.1 自然保护地数据

西双版纳州境内有自然保护地 12 处[35],包括国家级、州级、县级自然保护区、风景名胜区及森林公园,面积占西双版纳州国土面积的 28.60%。自然保护地覆盖西双版纳州下辖的景洪市、勐海县及勐腊县,其中面积最大的是西双版纳国家级自然保护区,也是本研究中数据贡献最大的自然保护地。各保护地鸟类物种数据见表 8。

3.6.2 观鸟数据

收集 2003—2021 年中国观鸟中心发布的西双版纳州及下辖县市的观鸟数据,其中勐腊县鸟类物种数据最丰富,占全州观鸟数据的 88.84%;勐海县最少,仅占全州观鸟数据的 32.42%(表 9)。

3.6.3 数据比较

整个西双版纳州的观鸟数据与全境自然保护地科考和监测数据相比,二者重叠度较高,特别是西双版纳国家级自然保护区下辖 5 个互不相连的片区跨景洪市、勐海县和勐腊县,占西双版纳国土面积的 12.68%,对反映西双版纳州整体鸟类具有一定代表性。

从各县的观鸟数据和境内各自然保护地(含跨行政区)科考与监测数据分析,勐腊县观鸟数据较科考数据而言记录的鸟类更为丰富,其原因是中国科学院西双版纳热带植物园位于勐腊县勐仑镇,紧邻西双版纳国家级自然保护区勐仑子片区,是非常易于观察野生鸟类的区域(食宿行及基础生态环境条件较优越),同时,定期开展的观鸟节活动为勐腊县鸟类监测提供了重要数据来源。勐海县观鸟数据最少,主要为保护区数据。

表 8 西双版纳州境内保护地及鸟类数据

Tab. 8 Natural protected areas and data of birds in Xishuangbanna

序号	自然保护地	级别	类型	行政区域	面积/hm²	鸟类物种数据	数据来源
1	西双版纳国家级自然保护区	N	F	JH,MH,ML	242510.00	20 目 74 科 469 种	[4,13]
2	云南西双版纳纳板河流域国家级自然保护区	N	F	JH,MH	26600.00	15 目 46 科 278 种	[36]
3	西双版纳澜沧江—湄公河流域鼋、双孔鱼州级保护区	P	W	ML	67.00	—	
4	西双版纳罗梭江鱼类州级自然保护区	P	W	ML	600.00	—	
5	西双版纳布龙州级自然保护区	P	F	JH,MH	35485.00	16 目 54 科 309 种	[37]
6	西双版纳易武州级自然保护区	P	F	ML	33369.90	—	
7	景洪县级自然保护区	C	F	JH	47258.00	—	
8	勐海县级自然保护区	C	F	MH	28315.73	16 目 45 科 290 种	[38]
9	勐腊澜沧江绿三角县级自然保护区	C	F	ML	14752.00	—	
10	西双版纳风景名胜区	N	S	JH,MH,ML	114790.00	16 目 68 科 275 种	[39]
11	云南西双版纳国家森林公园	N	F	JH	1801.70	—	
12	景洪嘎洒省级森林公园	Pr	F	JH	1338.66	—	

注:级别:N 为国家级,Pr 为省级,P 为州级,C 为县级;类型:F 为森林生态,W 为野生动物,S 为风景名胜;行政区域:JH 为景洪市,MH 为勐海县,ML 为勐腊县。

表 9 2003—2021 年中国观鸟中心发布的西双版纳州及下辖县市鸟类数据

Tab. 9 Bird data of Xishuangbanna released by China Bird Report from 2003 to 2021

观鸟数据	景洪市	勐海县	勐腊县	西双版纳州
目	19	15	19	20
科	69	51	69	77
种	342	154	422	475

4 结论与建议

4.1 区系特点突出

西双版纳地处滇西横断山系南段尾端、东亚—澳大利亚候鸟迁徙通道上,又紧邻中亚—印度候鸟迁徙通道[40]。西双版纳作为我国与老挝、缅甸接壤的陆地区域,鸟类区系以东洋界为主,古北界及东洋-古北广布种较少,鸟类分布型的组成以南中国型和东洋型为主。

4.2 鸟类物种丰富度高,各县存在差异

通过对西双版纳州及下辖 3 个县市鸟类 G-F 多样性指数及 Jaccard 相似性指数进行计算与分析,西双版纳州及各县市鸟类物种丰富度指数较高,同时,各县科一级相似度较高,但种一级相似度勐海和勐腊县较低,存在差异。西双版纳州海拔变化呈西北高东南低的特点,在海拔上勐海县高于景洪市,景洪市高于勐腊县;通过对 3 个不同海拔区域的县市鸟类进行统计对比分析,在物种数量上,景洪市高于勐腊县,勐腊县高于勐海县,呈近似驼峰分布形态,该分布形态接近 Colwell and Lee[41] 提出的物种分布在空间梯度的中间地带达到最高的“中间膨胀效应”(Mid-Domain effect)。

4.3 观鸟旅游成为鸟类数据重要来源

我国传统的鸟类数据获取,以林业和草原主管部门牵头,在自然保护地由经过专业培训的人员开展,特点是集中、高效且具有系统性;而随着低投资、低影响的观鸟生态旅游在国内的盛行,现如今鸟类数据获取方式已发生改变,大量观鸟爱好者分布在全国各地,可实时更新区域鸟类状况,同时也对非自然保护地鸟类的监测起到补充。观鸟旅游是一项跨学科的旅游产业,科学合理地发展观鸟旅游,需要各主管部门积极协作,对社会发展具有重要意义。

4.4 鸟类保护建议

4.4.1 加大鸟类资源保护及监管力度

现有林业和草原、自然保护区管理部门等可以联合院所、高校、地方鸟类协会等开展鸟类监测工作,逐步摸清西双版纳州鸟类迁徙通道、迁徙周期等基本信息。各级保护地主管部门不定期地组织人员深入森林公园、湿地公园、山塘水库、农田村庄等各处鸟类栖息地开展候鸟保护专项执法检查,重点清理捕鸟网、粘网等非法猎捕工具,制止候鸟等野生动物活动区域的人为干扰活动。

4.4.2 规划和建设重点保护鸟类保护小区

针对在中国、云南省、西双版纳州特有和珍惜濒

危鸟种,规划和建设鸟类保护小区。例如笔者于2020 年经现场调研了解到西双版纳州与缅甸交界某处存在国家一级濒危保护鸟类跨境种群,鉴于我国境内该物种保护现状及种群遗传方面的考虑,有关部门及科研机构是否需对该种群进行分子遗传方面的鉴定,并开展该物种在西双版纳州境内的保护小区建设,值得商榷。

4.4.3 提高对鸟类保护的科普宣传教育

在习近平生态文明思想指导下,促进生物多样性保护科普教育是提高全面生态文明意识的重要手段之一。为贯彻《全民科学素质行动计划纲要》,各地各级宣传教育部门应联合林业和草原、生态环境部门推动生物多样性保护进校园、进社区,并通过互联网媒体扩大宣传力度。结合科普宣传教育,主管部门可因地制宜,组织观鸟协会在人员相对集中的少数民族节日开展常见、珍惜濒危鸟类摄影展,发放保护鸟类宣传资料,讲述鸟类保护知识、法律法规等,呼吁大众积极参与鸟类保护工作。

致谢:对自然保护地工作人员、提供西双版纳州鸟类文献资料的老师和朋友表示感谢!

参考文献:

[1] 白杨,李晖,王晓媛,等. 云南省生态资产与生态系统生产总值核算体系研究[J]. 自然资源学报,2017,32(7):1100-1112.

[2] 欧阳志云,林亦晴,宋昌素. 生态系统生产总值(GEP)核算研究——以浙江省丽水市为例[J]. 环境与可持续发展,2020,45(6):80-85.

[3] 陈宗铸,雷金睿,吴庭天,等. 国家公园生态系统生产总值核算——以海南热带雨林国家公园为例[J]. 应用生态学报,2021,32(11):3883-3892.

[4] 郑作新,潘清华,唐瑞昌. 中国鸟类的新纪录[J]. 动物学报,1957(1):36-48,103-104.

[5] 郑作新. 云南南部新近采得的中国鸟类新纪录[J]. 科学通报,1958,3(4):111-112.

[6] 杨元昌,张庆,何纪昌. 西双版纳鸟类区系 I [J]. 西南林学院学报,1989,9(1):70-83.

[7] 杨元昌,张庆,何纪昌. 西双版纳鸟类区系 II [J]. 西南林学院学报,1989,9(2):87-114.

[8] 杨元昌,张庆,何纪昌. 西双版纳鸟类区系 III [J]. 西南林学院学报,1990,10(6):108-115.

[9] 依万诺夫. 云南南部鸟类调查报告 I [J]. 动物学报,1959,11(2):329-352.

[10] 依万诺夫. 云南西双版纳及其附近地区鸟类调查报告 II [J]. 动物学报,1960,13(1-4):70-96.

[11] 罗爱东,陈明勇,董永华. 西双版纳鸟类多样性(全 2 册)[M]. 昆明:云南美术出版社,2015.

[12] 李雪艳,梁璐,宫鹏,等. 中国观鸟数据揭示鸟类分布变化[J]. 科学通报,2012,57(31):2956-2963.

[13] 桂巧玲,杨建美. 基于观鸟数据的云南省鸟种分布特征与观鸟旅游研究[J]. 旅游纵览,2021,9:133-135.

[14] 中国科学院昆明分院. 版纳植物园将迎来第二届观鸟节[EB/OL]. (2011-12-27). http://www.kmb.cas.cn/kpyd/201112/t20111227_3418097.html.

[15] 张洋,林广思. 印缅生态热点地区(中国区)生物多样性保护现状与分析[J]. 风景园林,2015(6):16-24.

[16] 西双版纳国家级自然保护区管理局. 西双版纳国家级自然保护区[M]. 昆明:云南教育出版社,2006.

[17] 董文渊,王逸之. 生态保护红线划定对云南生物多样性保护影响研究[J]. 环境科学导刊,2015,34(6):18-21.

[18] 吴学灿. 划定生态保护红线优化生态安全格局[J]. 社会主义论坛,2017(5):17,8.

[19] 约翰·马敬能,卡伦·菲利普斯,何芬奇. 中国鸟类野外手册[M]. 长沙:湖南教育出版社,2000.

[20] 郑光美. 中国鸟类分类与分布名录(第三版)[M]. 北京:科学出版社,2017.

[21] 郑作新. 中国鸟类区系纲要[M]. 北京:科学出版社,1987.

[22] 彭燕章,杨德华,匡邦郁. 云南鸟类名录[M]. 昆明:云南科技出版社,1987.

[23] 杨岚,文贤继,韩联宪,等. 云南省鸟类志(上卷·非雀形目)[M]. 昆明:云南科技出版社,1995.

[24] 杨岚,文贤继,杨晓军,等. 云南省鸟类志(下卷·雀形目)[M]. 昆明:云南科技出版社,2004.

[25] 张荣祖. 中国动物地理[M]. 北京:科技出版社,2011.

[26] 蒋志刚,江建平,王跃招,等. 中国脊椎动物红色名录[J]. 生物多样性,2016,24:500-551.

[27] 高正文,孙航,夏峰,等. 云南省生物物种红色名录(2017 版)[M]. 昆明:云南科技出版社,2017.

[28] IUCN. The IUCN red list of threatened species. Version[EB/OL]. [2021-03-10]. https://www.iuc-nredlist.org.

[29] 国家林业和草原局,农业农村部. 国家重点保护野生动物名录[EB/OL]. [2021-03-06]. http://www.forestry.gov.cn/main/146/20210208/102043002888786.html.

[30] 蒋志刚,纪力强. 鸟兽物种多样性测度的 G-F 指数方法[J]. 生物多样性,1999,7(3):220-225.

(下转第 113 页)

doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2023. 06. 019

滇南苏铁种群结构与分布格局研究

郑静楠[1],郑进烜[1],王 勇[1],吴富勤[1],董 磊[1],郭汝平[2],苏贤海[2]
(1. 云南省林业调查规划院,云南 昆明 650051; 2. 双柏恐龙河州级自然保护区管护局,云南 双柏 675100)

摘要:滇南苏铁(*Cycas diannanensis*)是云南特有种,为国家一级重点保护植物。通过样方法对滇南苏铁种群及其所在群落进行调查,分析其群落结构和物种多样性,以及其种群密度、年龄结构、存活曲线、空间分布格局与森林郁闭度的关系。结果表明,森林中林下植物主要伴生种与其群落物种的组成极具相关性,恐龙河州级自然保护区森林郁闭度整体为 0.6 以下的次生林是滇南苏铁生长的主要生境,共分布有 61 科 127 属 196 种维管束植物,滇南苏铁种群密度为 0.23/m^2;受不同森林郁闭度以及种间关系影响,滇南苏铁种群在Ⅰ~Ⅵ龄级整体表现出种群数量逐渐减少的趋势,年龄结构呈金字塔型,其存活曲线趋近于 Deevey-II 型;滇南苏铁种群呈聚集分布,各指标中 k 值随着森林郁闭度的增加而逐渐变小,说明其种群密度受森林郁闭度影响。

关键词:滇南苏铁;种群结构;分布格局;年龄结构;存活曲线

中图分类号:S791. 11;S718. 542;P966 **文献标识码**:A **文章编号**:1671-3168(2023)06-0108-06
引文格式:郑静楠,郑进烜,王勇,等. 滇南苏铁种群结构与分布格局研究[J]. 林业调查规划,2023,48(6):108-113. doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2023. 06. 019
ZHENG Jingnan, ZHENG Jinxuan, WANG Yong, et al. Population Structure and Distribution Pattern of *Cycas diannanensis* [J]. Forest Inventory and Planning,2023,48(6):108-113. doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2023. 06. 019

Population Structure and Distribution Pattern of *Cycas diannanensis*

ZHENG Jingnan[1], ZHENG Jinxuan[1], WANG Yong[1], WU Fuqin[1], DONG Lei[1], GUO Ruping[2], SU Xianhai[2]
(1. Yunnan Institute of Forest Inventory and Planning, Kunming 650051, China;
2. Administration of Shuangbai Konglonghe Nature Reserve, Shuangbai, Yunnan 675100, China)

Abstract: *Cycas diannanensis* is an endemic species in Yunnan and a national first-class key protected plant. The *C. diannanensis* population and its community were investigated by sampling method, and its community structure and species diversity, as well as the relationship between population density, age structure, survival curve, spatial distribution pattern and forest canopy density were analyzed. The results showed that the main associated species of understory plants in the forest were highly correlated with the composition of their community species, and the secondary forest with an overall forest canopy density of less than 0.6 in Konglonghe Nature Reserve was the main habitat for *C. diannanensis*, where there were

收稿日期:2022-05-13.
基金项目:云南省第二次重点保护野生植物资源项目(000036Z00015).
第一作者:郑静楠(1993-),女,山西昔阳人,硕士,工程师. 从事植物学、林业调查规划、生物多样性保护与自然保护地研究工作. Email:349027767@ qq. com
责任作者:郑进烜(1981-),男,福建大田人,硕士,高级工程师. 从事植物学、林业调查规划、生物多样性保护与自然保护地研究工作. Email:zjx3410@ 163. com

196 species of vascular plants belonging to 127 genera and 61 families, and the population density of *C. diannanensis* was 0.23/m^2; affected by different forest canopy density and interspecific relationship, the population showed a gradual decreasing trend from Ⅰ-Ⅵ age class, the age structure was pyramid, and the survival curve was close to Deevey-II type; the *C. diannanensis* population was clustered, and the *k* value in each aggregation degree index gradually decreased with the increase of forest canopy density, indicating that its population density was affected by forest canopy density.

Key words: *Cycas diannanensis*; community structure; distribution pattern; age structure; survival curve

种群结构动态和数量特征是植物种群的两个基本特征。植物种群结构主要包括结构动态、空间结构动态、年龄结构动态和遗传结构动态[1]。种群大小、数量、年龄、密度、表现型(高度、胸径)特性等均是种群结构要素[2-4]。种群分布格局是指种群个体在水平空间的配置或分布状态,反映了种群个体在水平空间上的相互关系,是植物种群生态学特征对环境生长适应和选择的结果[2,4]。滇南苏铁(*Cycas diannanensis*)是常绿棕榈状木本植物,模式标本产地为云南省个旧市,属云南特有种,国家一级重点保护植物,CITES 附录Ⅱ,IUCN 等级和 2017 年中国高等植物受威胁物种名录等级为 CR,云南省极小种群物种[5-6]。该物种历史分布于云南省楚雄州、玉溪市和红河州的红河流域干热河谷中,目前对滇南苏铁的种群动态变化、年龄结构、分布格局及其与森林群落郁闭度的关系研究尚属空白。因此,通过调查恐龙河州级自然保护区滇南苏铁的种群结构及其与森林郁闭度的变化关系,开展群落动态、年龄结构变化与空间分布格局及其相互关系等方面研究,进而预测滇南苏铁种群动态演替方向,为开展其野外回归与保护提供科学依据。

1 研究概况与方法

1.1 研究地概况[7]

恐龙河州级自然保护区位于双柏县鄂嘉镇和独田乡境内石羊江两侧,北纬 24°22′48.6″~24°34′6.4″,东经 101°9′55.3″~101°24′43.9″,总面积 10 391 hm^2。保护区及其周边地区位于双柏县西部的哀牢山北段,整体处于石羊江干热河谷内,其最主要的地貌类型为低山河谷,最高海拔 1 796 m,最低海拔 623 m,相对高差 1 173 m。保护区主要分布于干热河谷气候区内,少部分位于亚热带季风气候区,其中:海拔 1 400 m 以下至河床为河谷区,全年干燥少雨,属典型的干热河谷气候;海拔 1 400~2 000 m 低山地区,地势陡峭,可见多级河流阶地分布,为典型的亚热带季风气候,气温和降水适中;2 300 m 以上山地地区,为温带季风气候,寒凉多雨。保护区境内共分布有紫色土和红壤 2 个土类,在空间上表现出与等高线平行的垂直带状分布。

按照《云南植被》和《中国植被》区划,保护区以季雨林、常绿阔叶林、硬叶常绿阔叶林、暖性针叶林和稀树灌木草丛为主要植被类型。在森林植被类型中,以千果榄仁林(Form. *Terminalia myriocarpa*)、木棉林(Form. *Bombax malabaricum*)、白头树林(Form. *Garuga forrestii*)、毒药树林(Form. *Sladenia celastrifolia*)、刺栲林(Form. *Castanopsis hystrix*)、毛叶青冈林(Form. *Cyclobalanopsis kerrii*)、高山栲林(Form. *Cast-anopsis delavayi*)、滇青冈林(Form. *Cyclobalanopsis glaucoides*)、锥连栎林((Form. *Quercus franchetii*)、云南松林(Form. *Pinus yunnanensis*)、滇油杉林(Form. *Keteleeria evelyniana*)、含虾子花的中草草丛(Form. *Woodfordia fruticosa*)、滇榄仁灌草丛(Form. *Terminalia franchetii*)等群系为主。

1.2 研究方法

1.2.1 野外调查与样地设置

在恐龙河州级自然保护区干热河谷天然疏林灌丛设置 5 个 30 m×30 m 的样方(编号依次为 1、2、3、4、5),各样方具体情况如表 1 所示。

表 1　恐龙河州级自然保护区滇南苏铁调查样方基本情况

Tab. 1　Basic information of the survey samples of *Cycas diannanensis* in Konglonghe Nature Reserve

样方	经度	纬度	海拔/m	坡度/(°)	森林郁闭度
1	101°13′42.9″	24°23′34.1″	835	13	0.23
2	101°16′45.3″	24°24′12.6″	936	11	0.52
3	101°10′0.7″	24°26′48.5″	978	9	0.63
4	101°10′11.3″	24°24′50.3″	1021	10	0.57
5	101°13′12.0″	24°24′12.7″	966	8	0.29

样方总面积 4 500 m^2,属低山—高丘陵地貌,受人类活动的轻微干扰。利用相邻样方格子法将每个样方划分成 9 个 10 m×10 m 的小样方,共 45 个小样方,开展小样方内的物种每木调查,在小样方内设置 1 个 1 m×1 m 的草本样方,调查草本植物种类、数量;记录整个样方的生境条件、植被情况。

1.2.2 数据统计与分析

1)群落特征

滇南苏铁所在群落的物种多样性运用 Simpson 多样性指数(D)、Shannon-Wiener 多样性指数(H')以及 Pielou 均匀度指数(E)进行分析。

2)种群结构

苏铁类植物生长周期长,主干生长不明显,其年龄难以判断,采用高度级或叶片长度等结构特征替代种群年龄结构,分析种群各龄级的生存和生长动态。结合本研究实际情况,根据其最长叶片长度进行龄级划分[8-9](表 2);存活曲线根据其特定龄级的相对个体数量绘制[10]。

表 2 苏铁类龄级划分

Tab. 2 Age classification of *Cycas*

龄级	植物高/cm
Ⅰ级幼苗	0~50
Ⅱ级幼树	50.1~100
Ⅲ级小树	100.1~150
Ⅳ级中树	150.1~200
Ⅴ级大树	200.1~250
Ⅵ级老树	>250

3)种群空间分布格局

根据样方法获得的数据,用种群分布格局的聚集强度,即丛生指数(I)、负二项参数(k)、格林指数(GI)、Cassie 指标(CA)、扩散型指数(I^δ)、平均拥挤度(m^*)、聚集指数(Pai)等 7 种指数测定分析[11],并运用方差均值比率法测定整个群落滇南苏铁种群的分布格局类型,用 t 检验判定显著性。

2 结果与分析

2.1 群落特征

2.1.1 群落结构

调查共记录了高度≥1.5 m 的维管束植物 61 科 127 属 196 种,活个体数 2 988 株。其中:乔木层 29 科 58 属,灌木层 21 科 65 属,草藤本 11 科 73 属。群落中平均树高 6.05 m,平均胸径 5.68 cm;森林郁闭度 0.3~0.6,平均冠幅 2.63 m^2。群落内乔木物种高度主要集中在 5~9 m,占比为 93.65%,冠幅面积集中在 16 m^2 以下,占比为 94.12%。每个 100 m^2 样方,高度≥1.5 m 的活立木有 26 种 59 株,以栓皮栎(*Quercus variabilis*)、火绳树(*Eriolaena spectabilis*)、银柴(*Aporusa dioica*)等为主。滇南苏铁群落结构层次清晰,群落垂直结构分为乔木层、灌木层、草本层,其中:乔木层可分上层和下层,上层高 10~20 m,胸径 8~34 cm,以栓皮栎、滇青冈(*Cyclobalanopsis glaucoid*)、滇石栎(*Cyclobalanopsis dealbatus*)等为主;下层高 5~10 m,胸径 3~20 cm,以银柴、白枪杆、岩柿(*Diospyros dumetorum*)等为主。在灌木层中,滇南苏铁群落出现频度最高,种群密度也相对较大,其他主要灌木有狭叶山黄麻(*Trema angustifolia*)、虾子花(*Woodfordia fruticosa*)、余甘子(*Phyllanthus emblica*)、茶条木(*Delavaya toxocarpa*)、毛叶黄杞(*Engelhardia spicataa*)、坡柳(*Salix myrtillacea*)、粉叶羊蹄甲(*Bauhinia glauca*)、假地豆(*Desmodium heterocarpon*)、见血飞(*Caesalpinia cucullata*)、须弥茜树(*Himalrandia lichiangensis*)、扁担杆(*Grewia biloba*)等。草本层黄茅(*Heteropogon contortus*)独占优势,主要有芸香草(*Cymbopogon distans*)、苞子营(*Themeda caudata*)、棕叶芦(*Thysanolaena maxima*)等,局部地段飞扬草(*Euphorbia hirta*)较为优势(表 3)。

2.1.2 群落多样性

滇南苏铁所在群落多样性分析结果表明,Simpson 多样性指数、Shannon-Wiener 多样性指数和 Pielou 均匀度指数在 5 个不同样方中存在差异(表 4)。

在样方 3 中,Simpson 多样性指数、Shannon-Wiener 多样性指数和 Pielou 均匀度指数均达到最大值,表明样方 3 物种丰富且分布较均匀。其他 4 个样方的指数除样方 5 的 Simpson 多样性指数较高外,总体相差不大,样方 4 的 Simpson 多样性指数、Shannon-Wiener 多样性指数和 Pielou 均匀度指数最小,物种丰富度为样方 4 最大(9.897),样方 2 最小(7.287),说明样方 2 物种种类较少,物种多样性指数低,物种分布整体表现较均匀,样方 5 的物种是否出现的不确定性较高。

2.2 年龄结构

滇南苏铁作为一种生长极其缓慢的植物,其径向生长不明显,具体年龄调查困难。根据野外调查数据统计各龄级滇南苏铁种群数量特征(图 1)。

表 3　乔木层、灌木层和草本层主要植物物种的多度与频度

Tab. 3　Abundance and frequency of major plant species in arbor layer, shrub layer and herb layer

层次	物种	多度	频度
乔木层	栓皮栎 *Quercus variabilis*	0. 010	0. 31
	火绳树 *Eriolaena spectabilis*	0. 005	0. 27
	银柴 *Aporusa dioica*	0. 016	0. 44
	山槐 *Albizia kalkora*	0. 018	0. 60
	白枪杆 *Fraxinus malacophylla*	0. 024	0. 72
	锥连栎 *Quercus franchetii*	0. 009	0. 24
	滇青冈 *Cyclobalanopsis glaucoid*	0. 007	0. 18
	滇石栎 *Cyclobalanopsis dealbatus*	0. 009	0. 21
	臭椿 *Ailanthus altissima*	0. 054	0. 36
	岩柿 *Diospyros dumetorum*	0. 008	0. 14
	白头树 *Garuga forresti*	0. 023	0. 78
灌木层	狭叶山黄麻 *Trema angustifolia*	0. 141	0. 98
	虾子花 *Woodfordia fruticosa*	0. 028	0. 77
	余甘子 *Phyllanthus emblica*	0. 032	0. 94
	茶条木 *Delavaya toxocarpa*	0. 025	0. 81
	毛叶黄杞 *Engelhardia spicataa*	0. 012	0. 60
	见血飞 *Caesalpinia cucullata*	0. 008	0. 38
	坡柳 *Salix myrtillacea*	0. 012	0. 35
	粉叶羊蹄甲 *Bauhinia glauca*	0. 009	0. 58
	假地豆 *Desmodium heterocarpon*	0. 010	0. 64
	须弥茜树 *Himalrandia lichiangensis*	0. 018	0. 41
	扁担杆 *Grewia biloba*	0. 004	0. 11
草本层	黄茅 *Heteropogon contortus*	0. 015	0. 04
	芸香草 *Cymbopogon distans*	0. 009	0. 03
	苞子营 *Themeda caudata*	0. 007	0. 02
	棕叶芦 *Thysanolaena maxima*	0. 012	0. 08
	四棱猪屎豆 *Crotalaria tetragona*	0. 001	0. 01
	云南兔耳风 *Ainsliaea yunnanensis*	0. 005	0. 02
	黄背草 *Theneda triandra*	0. 004	0. 01
	土丁桂 *Evolvulus alsinoides*	0. 002	0. 01
	飞扬草 *Euphorbia hirta*	0. 005	0. 02

从图 1 可以看出,随着龄级的增加,滇南苏铁种群个体数量呈减少趋势,种群龄级Ⅰ∶Ⅱ∶Ⅲ∶Ⅳ∶Ⅴ∶Ⅵ数量比为 374∶199∶192∶172∶138∶7;幼年个体数量多,大树个体少,老年期个体数量仅有 7 株,年龄结构呈金字塔型,说明更新能力较强,只要原生境不被破坏,种群能够自然增长或维持现有种群数量。

表 4　群落物种多样性指数

Tab. 4　Species diversity index of community

样方	Simpson 多样性指数	Shannon-Wiener 多样性指数	Pielou 均匀度指数	物种丰富度
1	0. 915	3. 350	0. 804	9. 652
2	0. 949	3. 332	0. 858	7. 287
3	0. 967	3. 651	0. 877	9. 557
4	0. 913	3. 250	0. 789	9. 897
5	0. 951	3. 466	0. 809	8. 745

在不同的样方郁闭度下,各个样方中的种群数量有较大差别,同时龄级个体数分布不均,生长有差异。在种群数量上,样方 3(郁闭度 0. 63)中的各龄级个体数量相对较多,总株数为 319 株;样方 4(郁闭度 0. 57)次之,总株数为 273 株;样方 2(郁闭度 0. 52)第三,总株数为 204 株。在不同龄级的种群数量上,在第Ⅰ、Ⅱ和Ⅴ龄级中,样方 3 的个体数最多,样方 4 次之;第Ⅲ、Ⅳ龄级中,样方 3 的个体数最多,其次为样方 2。在郁闭度为 0. 5~0. 6 的森林群落中滇南苏铁种群整体生长较好,表现为Ⅰ、Ⅱ龄级幼苗生长最好;郁闭度低于 0. 3 的种群数量均少于 150 株。

2. 3 存活曲线

以存活个体数[12]的对数值(以 10 为底)为纵坐标,以龄级为横坐标作存活曲线图(图 2)。

图 2 显示,所有样方存活个体数最大值在Ⅰ龄级,表现出幼树个体多,随龄级的增加,整体缓慢减少,在Ⅱ~Ⅳ龄级中相对平缓,至Ⅴ龄级开始大幅下降,Ⅵ龄级个别样方出现存活率为负值。样方 2 和 5 无Ⅵ龄级的个体数,死亡率随之增加,存活数量逐渐减少,样方 1 和 3 的存活率呈直线下降,且在Ⅵ龄级时存活率为负值,样方 2、4 和 5 为 0。总体来看,滇南苏铁的存活曲线趋近于 Deevey-II 型,但因Ⅵ龄级的幼树偏少、几乎无老树,未来种群将会发生衰退,但由于Ⅰ~Ⅳ龄级的个体数量相对稳定,只要原生境不被人为破坏或发生区域自然灾害,滇南苏铁种群灭绝的可能性极小。

2. 4 种群空间分布格局

滇南苏铁的空间分布格局方差均值比(DI > 1),说明种群趋于集群分布;5 个样方差异显著($P < 0. 05$),样方 1 差异不显著($P > 0. 05$),说明滇南苏铁在森林中郁闭度(0. 29~0. 63)的环境下虽然拥挤生长,但聚集程度有所差异[12](表 5)。

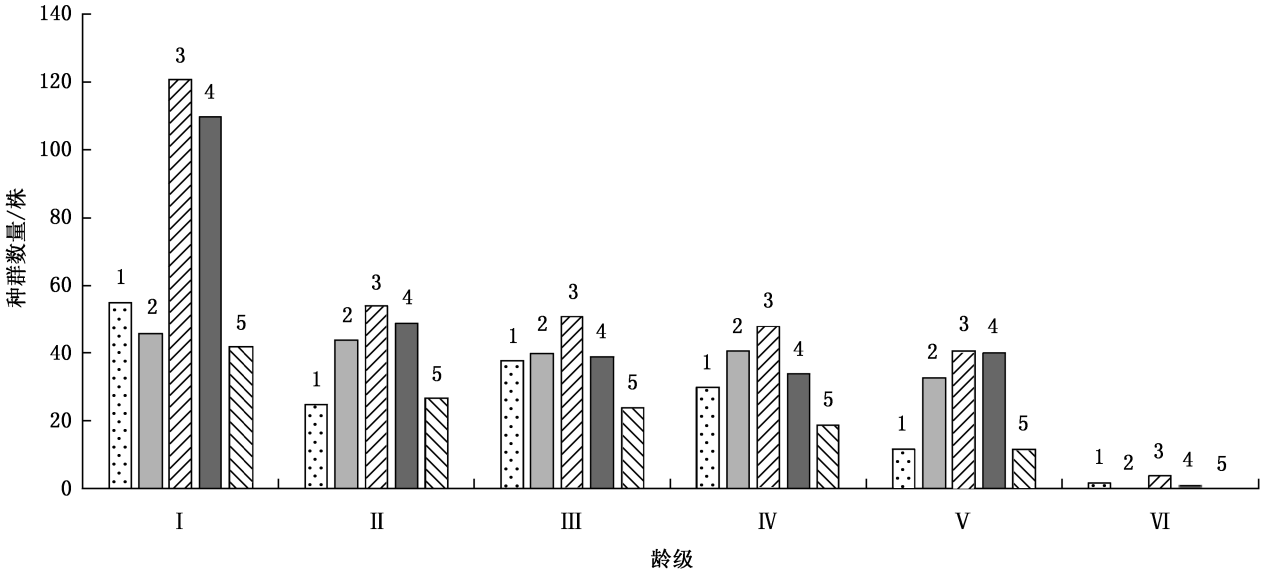


图 1 恐龙河州级自然保护区不同样方滇南苏铁年龄结构

Fig. 1 Age structure of *Cycas diannanensis* in different samples of Konglonghe Nature Reserve

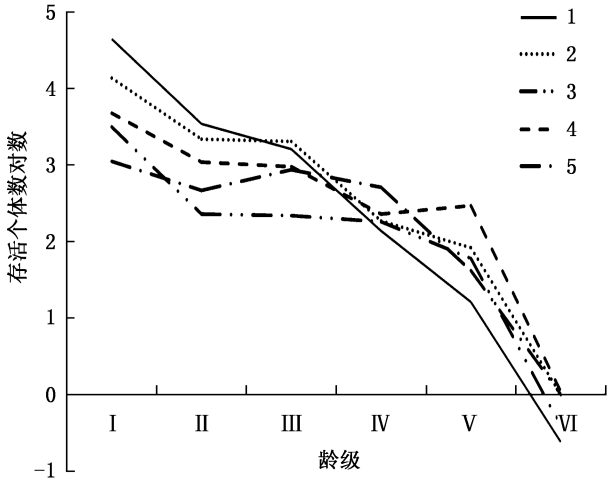


图 2 恐龙河州级自然保护区不同样方滇南苏铁种群存活曲线

Fig. 2 Survival curve of *Cycas diannanensis* population in different samples of Konglonghe Nature Reserve

调查研究发现,聚集程度指标中 k 值随着森林郁闭度的增加而逐渐变小,说明其种群密度受森林郁闭度影响。在恐龙河州级自然保护区的次生林中,滇南苏铁聚集分布于中等郁闭、光线较充足的森林地块。调查中发现样方 3 的乔木立木较多且高,林隙较多,且岩石的裸露率也大,样方内滇南苏铁的种群分布较为密集,一定程度上说明滇南苏铁喜生于裸露的岩石或是碎石成堆的区域。

2.5 种群数量及密度与样方郁闭度的关系

通过计算 5 个样方内的滇南苏铁个体数量和样方面积的关系,得出幼苗(Ⅰ级)平均密度分别为 6.1、5.1、13.4、12.2 和 4.7 株/100 m^2,种群总密度分别为 18、21.7、35.4、30.3 和 14.3 株/100 m^2。可以看出,各样方内滇南苏铁数量分布不均且有着明显差异,其中样方 3 的平均密度最大,其次是样方 4,样方 5 最小。通过表 1 和表 4 的数据对滇南苏铁个体数量进行多元回归分析,发现滇南苏铁的种群大小与种群龄级均呈现不相关,这与森林郁闭度

表 5 恐龙河州级自然保护区滇南苏铁种群空间分布格局

Tab. 5 Spatial distribution pattern of *Cycas diannanensis* population in Konglonghe Nature Reserve

样方	郁闭度	方差	方差均值比	t	负二项参数	丛生指数	平均拥挤指数	聚集指数	扩散型指数	格林指数	Cassie 指标
1	0.23	132.60	24.56	10.80	5.74	14.27	25.44	1.13	1.19	12.30	0.18
2	0.52	187.30	14.19	31.20	4.72	13.25	24.36	2.37	2.08	19.60	0.54
3	0.63	34.67	3.10	5.35	2.87	2.65	12.29	1.39	1.33	2.64	0.26
4	0.57	18.33	2.48	3.15	4.59	1.64	8.36	1.42	1.36	1.01	0.19
5	0.29	137.32	29.32	13.21	5.56	16.25	27.63	1.37	1.33	13.21	0.28

0.29~0.63 适宜滇南苏铁生长的结论基本吻合。因此,可以得出滇南苏铁不适宜在郁闭度大的森林环境中分布。

3 结论与讨论

1)森林中林下植物主要伴生种与其群落物种的组成极具相关性。恐龙河州级自然保护区森林郁闭度整体为 0.6 以下的次生林是滇南苏铁生长的主要生境,共分布有 61 科 127 属 196 种维管束植物;在 5 个样方中共调查到 1 078 株,种群密度为 0.23/m^2。目前保护区的森林环境是滇南苏铁的适生环境,但随着森林植被的恢复或郁闭度的增加,可能影响滇南苏铁种群数量,因此维持现有的森林郁闭度是对滇南苏铁种群的一种保护措施。

2)受不同森林郁闭度以及种间关系影响,滇南苏铁种群在Ⅰ~Ⅵ龄级整体表现出种群数量逐渐减少的趋势,年龄结构呈金字塔型,说明更新能力较强,只要原生境不被破坏,种群能够自然增长或维持现有种群数量。滇南苏铁的存活曲线趋近于 Deevey-II 型,种群未来可能会发生衰退,但由于Ⅰ~Ⅳ龄级的个体数量相对稳定,只要原生境不被人为破坏或发生区域自然灾害,滇南苏铁种群灭绝的可能性极小。

3)滇南苏铁种群呈聚集分布,且指标中 k 值随着森林郁闭度的增加而逐渐变小,说明其种群密度受森林郁闭度影响;根据森林郁闭度 0.29~0.63 适宜滇南苏铁生长的结论,认为滇南苏铁不适宜在郁闭度大的森林环境中分布。

参考文献:

[1] HARPER J L. Approaches to the study of plant competition [J]. Symp Soc Exp Biol,1961(15):1-39.

[2] HARPER J L. The demography of plants with clonal growth [M]. Amsterdam:North-Holloud Publishing Company,1978.

[3] HARPER J L,WHITE J. The demography of plants[J]. Annual Riview of Ecology and Systmaics,1974(5):419-463.

[4] 祝廷成,钟章成,李建东. 植物生态学[M]. 北京:高等教育出版社,1998.

[5] 李玉媛. 云南国家重点保护野生植物[M]. 昆明:云南科技出版社,2005.

[6] 孙卫邦. 云南省极小种群野生植物保护名录(2021 版)[M]. 昆明:云南科技出版社,2021.

[7] 郑进烜,余昌元. 双柏恐龙河州级自然保护区[M]. 昆明:云南科技出版社,2021.

[8] 谢春平,吴昌魁,付桂,等. 五指山地区海南苏铁种群结构特征与动态[J]. 中南林业科技大学学报,2019,39(1):77-85.

[9] 李娟,林建勇,何应会,等. 广西崇左叉叶苏铁种群结构与分布格局研究[J]. 广东农业科学,2016,43(12):25-29.

[10] 李苑菱,张丽,杨小波,等. 海南岛野生茶树空间分布及种群动态研究[J]. 林业资源管理,2017,46(2):81-87,138.

[11] 茹文明,张桂萍,毕润成,等. 濒危植物脱皮榆种群结构与分布格局研究[J]. 应用与环境生物学报,2007,13:14-17.

[12] 吴二焕,李东海,杨小波,等. 海南苏铁种群结构与森林群落郁闭度的关系[J]. 生物多样性,2021,29(11):1461-1469.

责任编辑:杨竣焓

(上接第 107 页)

[31] 孙儒泳. 动物生态学原理(第三版)[M]. 北京:北京师范大学出版社,2001.

[32] 卢双珍,喻庆国,曹顺伟. 云南糯扎渡自然保护区热带林群落物种多样性相似性研究[J]. 安徽农业科学,2008,36(9):3773-3775.

[33] 孙航,高正文. 云南省生物物种名录(2016 版)[M]. 昆明:云南科技出版社,2016.

[34] 刘阳,陈水华. 中国鸟类观察手册[M]. 长沙:湖南科学技术出版社,2021.

[35] 云南省林业和草原局. 云南自然保护地年报 2020[R]. 昆明,2021.

[36] 刘峰. 纳板河流域国家级自然保护区综合科学考察报告[M]. 昆明:云南科技出版社,2014.

[37] 陈明勇. 西双版纳布龙州级自然保护区科学考察报告[M]. 昆明:云南科技出版社,2012.

[38] 刘国龙,马杰. 西双版纳勐海县级自然保护区[M]. 昆明:云南科技出版社,2019.

[39] 王西敏,赵江波,顾伯健. 雨林飞羽——中国科学院西双版纳热带植物园鸟类[M]. 北京:中国林业出版社,2017.

[40] 亚太地区迁徙水鸟保护委员会. 2001-2005 亚太地区迁徙水鸟保护战略[R]. 北京:湿地国际-中国办事处,2002.

[41] COLWELL R K,LEES D C. The mid-domain effect:geometric constraints on the geography of species richness [J]. Trends Ecol Evol,2000,15:70-76.

责任编辑:许易琦

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.06.020

云南祥云水目山鸟类多样性研究

杨建军[1],王荣兴[2],王有兵[1],刘起斌[1],姜健发[1],杨国斌[3]
(1. 云南省林业调查规划院大理分院,云南 大理 671000; 2. 大理大学 东喜玛拉雅研究院,云南 大理 671003;
3. 云南省林业调查规划院昆明分院,云南 昆明 650200)

摘要:结合样线法和样点法、红外相机陷阱法对云南祥云水目山的鸟类资源进行调查。调查结果,共记录鸟类 77 种(或亚种),分属 9 目 27 科,其中以雀形目鹟科鸟类种数最多,为 29 种,占记录种数的 37.7%。统计结果,居留类型属于留鸟的有 64 种;区系划分中东洋种鸟类有 70 种;有 8 种列入国家重点保护野生动物名录,国家一级重点保护鸟类 1 种黑颈长尾雉(*Syrmaticus humiae*),属祥云县境内首次发现,其余 7 种为国家二级重点保护鸟类。多样性分析结果,在不同生境中,Shannon-Wiener 多样性指数和 Pielou 均匀度指数变化趋势为:针叶林>阔叶林>灌丛>农田;而 Simpson 优势度指数变化趋势相反。受宗教文化影响,一些珍稀濒危物种得以保存。

关键词:鸟类多样性;物种组成;保护物种;居留类型;区系分析;生境类型;云南祥云水目山

中图分类号:S718.63;Q16 **文献标识码**:A **文章编号**:1671-3168(2023)06-0114-04

引文格式:杨建军,王荣兴,王有兵,等. 云南祥云水目山鸟类多样性研究[J]. 林业调查规划,2023,48(6):114-117,124. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.06.020

YANG Jianjun, WANG Rongxing, WANG Youbing, et al. Species Diversity of Birds in Shuimu Mountain of Yunnan Province[J]. Forest Inventory and Planning,2023,48(6):114-117,124. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.06.020

Species Diversity of Birds in Shuimu Mountain of Yunnan Province

YANG Jianjun[1], WANG Rongxing[2], WANG Youbing[1], LIU Qibin[1],
JIANG Jianfa[1], YANG Guobin[3]
(1. Dali Branch, Yunnan Institute of Forest Inventory and Planning, Dali, Yunnan 671000, China;
2. Institute of Eastern-Himalaya Biodiversity Research, Dali University, Dali, Yunnan 671003, China;
3. Kunming Branch, Yunnan Institute of Forest Inventory and Planning, Kunming 650200, China)

Abstract: The bird resources of Shuimu Mountain in Xiangyun, Yunnan Province were investigated by using line spline method, point sample method and infrared camera trap method. A total of 77 species (or subspecies) were recorded, belonging to 27 families and 9 orders, of which the highest number of species was 29 (37.7%) in Muscicapidae of Passeriformes. According to statistics, there were 64 species of resident birds, 70 species of Oriental birds, 8 species national key protected wild animals, including 1 species national first level key protected bird *Syrmaticus humiae* which was first discovered in Xiangyun County, and the remaining 7 species national second level key protected bird. The results of diversity analysis showed that Shannon-Wiener index and Pielou evenness index in different habitat types were co-

收稿日期:2022-05-09;**修回日期**:2022-05-22.

第一作者:杨建军(1989-),男,云南大理人,硕士,工程师. 研究方向为森林培育及林业资源调查规划. Email:1016456726@qq.com

责任作者:杨国斌(1970-),男,云南祥云人,硕士,正高级工程师. 主要从事自然保护区科研及林业调查规划设计工作. Email:dlygb@163.com

niferous forest > broad-leaved forest > shrub > farmland. However, the trend of Simpson dominance index was opposite. Due to the influence of religious culture in the past, some rare and endangered species were preserved.

Key words: bird diversity; species composition; protecting species; residence type; fauna analysis; habitat type; Shuimu Mountain in Xiangyun

鸟类作为生态系统的重要组成成分,是生物多样性保护和评价中的重要指示类群[1-2],对维持生态系统功能的完整性发挥着关键作用[3]。对于鸟类多样性研究多集中在湿地、城市、农业景观[4]、自然保护区等区域,其中自然保护区是多样性研究的焦点,对于一些珍稀濒危物种是最后的避难所[5],此外,仍然有许多地方等待学者去调查研究。祥云水目山为佛文化的重要发源地[6],自 1988 年设立州级自然保护区以来资源状况一直处于空白阶段。由于未实施过具体的保护措施,长期受到人为活动干扰。笔者带着保护区是否还保有保护物种的疑问,对水目山鸟类资源进行调查研究,为科学研究和保护管理提供参考。

1 研究区域概况

水目山位于滇中西缘,大理州祥云县与弥渡县交界处,调查区域介于东经 100°34′~101°38′、北纬 25°20′~25°25′范围,面积 1 500 hm^2,森林覆盖率约 91%。该区域周边城镇、村落较多,人为活动频繁,在地理上形成了一个相对孤立的“森林岛屿”。

将生境划分为针叶林、阔叶林、灌丛和农田 4 个类型。针叶林主要为暖温性针叶林,以云南松(*Pinus yunnanensis*)和华山松(*Pinus armandii*)为优势种;阔叶林主要为半湿性常绿阔叶林,以元江锥(*Castanopsis orthacantha*)和高山锥(*Castanopsis delavayi*)为主要优势种;灌丛以马桑(*Coriaria nepalensis*)、华西小石积(*Osteomeles schwerinae*)等为优势种;农田主要栽培作物为玉蜀黍(*Zea mays*)。

2 研究方法

2.1 调查方法

2.1.1 样线、样点调查法

样线穿越保护区不同植被类型和不同海拔段,共设置 5 条样线,每条样线长度大于 2 km。于 2018 年 9—11 月和 2019 年 5—8 月开展调查。调查时以 1~2 km/h 的速度行走,采用 8×40 双筒望远镜观察,记录样线两侧和前进方向上出现的鸟类种类、数量、海拔、生境等信息。听到能够识别种类的鸟叫声时,虽未见到鸟也予以记录;对未能识别的种类进行及时拍照和录音,后期在室内准确鉴定。每条样线每隔 200 m 设置 1 个样点,样点半径为 25 m,每个样点至少观察 10 min。

2.1.2 红外相机陷阱法

红外相机陷阱法是在样线中根据生境状况,鸟类活动痕迹、粪便、羽毛等进行布置,共布设 15 台红外相机。相机固定在树干等自然物体上,高度 0.3~0.8 m,镜头与地面平行,避免阳光直射镜头。

2.2 物种名录和濒危等级

参考郑光美主编的《中国鸟类分类与分布名录(第三版)》[7],对调查到的鸟类进行居留类型和区系分析。保护等级参考《国家重点保护野生动物名录》[8],濒危等级参考《中国脊椎动物红色名录》[9],濒危野生动植物国际贸易公约(CITES)附录收录情况参考 2019 年第 18 届缔约国大会通过的 CITES 附录修订案。

2.3 物种多样性计算

1)Shannon-Wiener 多样性指数[10],计算公式为:

$$H = -\sum P_i \log(P_i) \tag{1}$$

$$P_i = n_i / N \tag{2}$$

2)Pielou 均匀度指数[11],计算公式为:

$$J = H / H_{\max} \tag{3}$$

$$H_{\max} = \log_2 S \tag{4}$$

3)Simpson 优势度指数[12],计算公式为:

$$C = \sum_{i=1}^{S} (n_i / N)^2 \tag{5}$$

式中:n_i 为物种 i 的个体数量;N 为全部物种的总个体数量;S 为物种数。

3 结果与分析

3.1 鸟类组成和保护物种

调查共记录到鸟类 77 种或亚种,共计 2 219 只个体,隶属 9 目 27 科(另 4 亚科)。以雀形目鸟类种数最多,高达 17 科 60 种,其余各目鸟类种数较少,分别为:鸡形目 1 科 3 种、鸽形目 1 科 2 种、雨燕目 1 科 1 种、鹃形目 1 科 1 种、鸮形目 1 科 1 种、佛法僧

目 2 科 2 种、鸮形目 1 科 3 种和隼形目 2 科 4 种。其中,雀形目以鹟科物种数最多,共 29 种,占雀形目物种数的 48.3%,具体包含画眉亚科 10 种、鸫亚科 4 种、鹟亚科 6 种和莺亚科 9 种。

列入国家重点保护野生动物名录的有 8 种,占保护区已知鸟类种数的 14.3%,包含国家一级保护动物 1 种和国家二级保护动物 7 种(表 1)。

表 1 水目山鸟类保护物种及保护级别

Tab. 1 Bird protection species and levels in Shuimu Mountain

目名	科名	种名	保护级别		
			国家级别	CITES 公约	中国物种红色名录
隼形目	鹰科	黑翅鸢 *Elanus caeruleus*	二级	Ⅱ	NT
		普通鵟 *Buteo buteo*	二级	Ⅱ	
	隼科	红隼 *Falco tinnunculus*	二级	Ⅱ	
		游隼 *Falco peregrinus*	二级	Ⅱ	
		白鹇 *Lophura nycthemera*	二级		
鸡形目	雉科	黑颈长尾雉 *Syrmaticus humiae*	一级	Ⅰ	VU
		白腹锦鸡 *Chrysolophus amherstiae*	二级		
鸮形目	鸱鸮科	林鵰鸮 *Bubo nipalensis*	二级	Ⅱ	

注:中国物种红色名录受胁物种(近危 Near Threatened,NT;易危 Vulnerable,VU)。

3.2 居留类型

居留类型以留鸟为主,达 64 种,占记录鸟类种数的 83.1%。夏候鸟有白腰雨燕(*Apus pacificus*)、黄腹柳莺(*Phylloscopus affinis*)、鹰鹃(*Cuculus sparverioides*)、家燕(*Hirundo rustica*)等 8 种,占记录鸟类种数的 10.4%;冬候鸟有普通鵟(*Buteo buteo*)和北红尾鸲(*Phoenicurus auroreus*)2 种,占记录鸟类种数的 2.6%;旅鸟有黄腰柳莺(*Phylloscopus proregulus*)、小鸦(*Emberiza pusilla*)和橙胸姬鹟(*Ficedula strophiata*)3 种,占记录鸟类种数的 3.9%。由于调查时间较短,造成居留类型分析不够客观,其它居留类型的鸟类较少。

3.3 区系组成

区系分析显示,以东洋种鸟类为主,共有 70 种,占记录鸟类种数的 90.9%;古北区的有 7 种,占记录鸟类种数的 9.1%。

3.4 生境类型分布

不同生境鸟的种类差异明显,针叶林和阔叶林生境鸟类数量最多(表 2),依次为 52 种和 46 种,分别占记录鸟类种数的 67.5%和 59.7%;灌草丛和周边农田较少,分别为 31 种和 15 种,分别占记录鸟类种数的 40.3%和 19.5%。

针叶林和阔叶林 2 种生境共有的鸟类数量最多,达 39 种,占记录鸟类种数的 50.6%;针叶林、阔叶林和灌丛 3 种生境共有的鸟类有 12 种,其余组合共有鸟类数量较少(表 2)。

表 2 不同生境中共有的鸟类数量

Tab. 2 Number of bird species in different habitats

生境类型	针叶林	阔叶林	灌丛	农田
针叶林	6			
阔叶林	39	3		
灌丛	4	2	7	
农田	3	2	6	4
针叶林+阔叶林+灌丛	12			

3.5 多样性分析

经统计,针叶林、阔叶林鸟类优势种为斑胸钩嘴鹛(*Pomatorhinus erythrocnemis*)、蓝喉太阳鸟(*Aethopyga gouldiae*)和白腰雨燕(*Apus pacificus*),灌丛内优势种为斑胸钩嘴鹛和黄臀鹎(*Pycnonotu xanthorrhous*),这 3 种生境的优势种个体数量均在 70~100 范围;农田内优势种为山斑鸠(*Streptopelia orientalis*)和鹊鸲(*Copsychus saularis*),但个体数量都不超过 20 只。

多样性数据分析结果显示,鸟类多样性指数和均匀度指数变化趋势为:针叶林>阔叶林>灌丛>农田;而优势度指数变化相反,农田鸟类优势度指数最高。整个调查区域鸟类多样性指数为 1.838 5,均匀度指数为 0.293 4,优势度指数为 0.020 2(表 3)。

表 3 不同生境鸟类多样性

Tab. 3 Diversity of birds in different habitats

生境	指标					
	物种数量/种	占比/%	个体数量/只	Shannon-Wiener 多样性指数	Pielou 均匀度指数	Simpson 优势度指数
针叶林	52	67.5	854	1.4133	0.2255	0.0515
阔叶林	46	59.7	735	1.3391	0.2137	0.0618
灌丛	31	40.3	567	1.2043	0.1922	0.0873
农田	15	19.5	63	1.0347	0.1651	0.1131

4 结论与讨论

4.1 水目山鸟类组成与生境特点

种群结构和数量大小很大程度上取决于栖息条件[13],森林能最大程度地提供稳定的食物资源、良好的营巢和求偶环境[14-15],因此,针叶林或是阔叶林鸟类物种数量、Shannon-Wiener 多样性指数和 Pielou 均匀度指数均高于灌丛和农田生境,指数越大则生物多样性越丰富。农田生境食源丰富,优势种地位突出,其 Simpson 优势度指数高于其余 3 种生境;但干扰较大,不适宜鸟类栖息,所以物种数量少,多样性指数和均匀度指数低,生物多样性低。鸟类多样性指数变化从针叶林、阔叶林、灌丛、农田生境呈依次降低趋势,主要受栖息条件、干扰程度和面积效应的影响,生境类型多样造就较高的空间异质性,使鸟类多样性水平也随之变化,甚至达到显著水平[16]。

鸟类组成中以雀形目鹟科鸟类最为丰富,大部分属于共有鸟种,能适应多种生境,其中斑胸钩嘴鹛为针叶林、阔叶林和灌丛优势种群。区系特征明显以东洋界鸟类为主,古北界鸟类较少,未记录到广布种。由于调查时间、次数、样线等局限性因素,调查到的鸟类种数未达到饱和,不同生境中鸟类种数变化和共有物种数依然很难发现,区系、居留类型分析也不够全面。虽然区域面积较小,生存资源有限,物种间的竞争激烈,但为 77 种(或亚种)鸟类共 2 219 只鸟提供了栖息环境,并且绝大多数属于留鸟,占比达 83.1%。与同面积级别的保护地相比,水目山鸟类多样性指数和均匀度指数均高于云南武定狮子山保护区[17],物种之间的个体分配相对均匀,多样性水平高。

4.2 人为干扰对物种多样性的影响

水目山佛教文化历史悠久,景观资源质量评价达到二级标准[18],生态环境健康等级评价较接近“一般”等级[19],庙宇周边旅游专线公路、旅游步道、旅游活动对鸟类栖息环境影响较大,但在庙宇周边依然保存着较为完好的森林植被,为黑颈长尾雉、白鹇、白腹锦鸡等珍稀濒危物种提供了必要的生存空间,这也表明在实施宗教文化传承的同时也保护了周边生态环境,文化多样性的保护也能惠济于生物多样性的保护。

4.3 黑颈长尾雉的发现意义

黑颈长尾雉是鸡形目中的濒危物种,其分布局限于印度东北部、缅甸西北部、泰国西北部以及中国的云南中西部、广西西北部以及贵州西南部[20-21]。主要栖息环境为栎类和云南松为优势树种的阔叶林和针阔混交林。由于种群数量稀少,加之其在繁殖季节不像其他雉类那样大声鸣叫,野外很难见其踪迹。

随着红外相机的广泛应用,在巍山青华绿孔雀省级自然保护区[22]、无量山国家级自然保护区[23]南涧段、漾濞县和大理市均发现了黑颈长尾雉踪迹,这也证实了韩联宪[20]教授的观点:在滇西分布区的中间地带可能存在该物种的分布;而此次在祥云县的首次发现进一步支持了该观点。本次仅获得黑颈长尾雉照片 2 张,对其种群数量、活动范围尚不清楚,建议在进一步的研究中加强对该物种的监测。

参考文献:

[1] MULDOON K M, GOODMAN S M. Primates as predictors of mammal community diversity in the forest ecosystems of Madagascar[J]. PloS One, 2015, 10(9): 136787.

[2] 王斌,彭波涌,李晶晶,等. 西藏珠穆朗玛峰国家级自然保护区鸟类群落结构与多样性[J]. 生态学报,2013,33(10):3056-3064.

[3] 郑光美. 鸟类学(第二版)[M]. 北京:北京师范大学出版社,2012.

[4] 洪咏怡,卢训令,赵海鹏. 黄淮平原农业景观不同生境鸟类多样性特征及年际动态[J]. 生态学报,2021,41(5):2045-2055.

[5] 施小刚,胡强,李佳琦,等. 利用红外相机调查四川卧龙国家级自然保护区鸟兽多样性[J]. 生物多样性,2017,25(10):1131-1136.

[6] 廖德广. 祥云水目山史考[M]. 昆明:云南民族出版社,2017.

[7] 郑光美. 中国鸟类分类与分布名录(第三版)[M]. 北京:科学出版社,2017.

[8] 国家林业和草原局. 农业农村部公告(2021 年第 3 号):国家重点保护野生动物名录[EB/OL]. (2021-02-05). http://www.forestry.gov.cn/main/5461/20210205/122418860831352.html.

[9] 蒋志刚,江建平,王跃招,等. 中国脊椎动物红色名录[J]. 生物多样性,2016,24(5):501-551.

[10] 马克平. 生物群落多样性的测度方法Ⅰ:α 多样性测度方法(上)[J]. 生物多样性,1994,2(3):162-168.

[11] WHITTAKER R H. Evolution and measurement of species diversity[J]. Taxon, 1972, 21: 213-251.

[12] 宋晶,郭珏伦,高丽芬,等. 大同市郊区及近郊夏季繁殖鸟类多样性研究[J]. 大同大学学报(自然科学版),2019,35(2):62-65.

(下转第 124 页)

doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2023. 06. 021

玉溪市红塔山自然保护区病虫害调查与防治

陆俊宇,王宏勋,黄 燕,段凤莉,康晓燕
(玉溪市红塔山自然保护区管护局,云南 玉溪 653100)

摘要:采用线路踏查、专项调查、标准地调查、辅助调查等方法,对玉溪市红塔山自然保护区的病虫害进行调查。结果表明,区内分布的主要病虫害种类分属 6 目17 科共 35 种;造成危害的有 10 种,其中以蛀干害虫鞘翅目小蠹科、象虫科、天牛科和膜翅目蚁科、檀香目桑寄生科危害最重。对危害严重的云南切梢小蠹、松褐天牛、红火蚁等 10 种病虫害的主要形态特征、生物学特性、危害情况进行阐述,提出了防治技术措施。

关键词:病虫害调查;病虫害防治;云南切梢小蠹;红火蚁;蛀干害虫;玉溪市红塔山自然保护区

中图分类号:S759. 9;S763 **文献标识码**:A **文章编号**:1671-3168(2023)06-0118-07

引文格式:陆俊宇,王宏勋,黄燕,等. 玉溪市红塔山自然保护区病虫害调查与防治[J]. 林业调查规划,2023,48(6):118-124. doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2023. 06. 021

LU Junyu, WANG Hongxun, HUANG Yan, et al. Investigation and Control of Diseases and Pests in Hongtashan Nature Reserve of Yuxi City[J]. Forest Inventory and Planning, 2023, 48(6): 118-124. doi: 10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2023. 06. 021

Investigation and Control of Diseases and Pests in Hongtashan Nature Reserve of Yuxi City

LU Junyu, WANG Hongxun, HUANG Yan, DUAN Fengli, KANG Xiaoyan
(Yuxi Administration of Hongtashan Nature Reserve, Yuxi, Yunnan 653100, China)

Abstract: A survey was conducted on the pests and diseases in the Hongtashan Nature Reserve of Yuxi City using methods such as line inspection, special investigation, sample plot investigation, and auxiliary investigation. The results showed that the main types of pests and diseases distributed in the area belong to 6 orders, 17 families, and a total of 35 species; there were 10 species of pests causing harm, among which Scolytidae, Curculionidae and Cerambycidae of Coleoptera, Formicidae of Hymenoptera, Loranthaceae of Santalales were the most harmful. This paper elaborated the main morphological characteristics, biological characteristics, and harm situation of 10 serious pests and diseases in Yunnan, including *Tomicus yunnanensis*, *Monochamus alternatus* and *Solenopsis invicta*, and proposed prevention and control measures.

Key words: investigation of pests and diseases; prevention of pests and diseases; *Tomicus yunnanensis*; *Solenopsis invicta*; pests harmful to trunk; Hongtashan Nature Reserve of Yuxi City

收稿日期:2022-04-14.

第一作者:陆俊宇(1986-),男,云南玉溪人,硕士研究生,工程师. 从事林业和草原有害生物防治、林业和草原防灭火技术工作. Email:88141867@ qq. com

责任作者:王宏勋(1971-),男,云南玉溪人,高级工程师. 从事林业和草原有害生物监测和生物多样性保护工作.

玉溪市红塔山自然保护区(以下简称保护区)位于云南省玉溪市红塔区中心城区东北部,最低海拔 1 670 m(东风水库附近),最高海拔 2 443.2 m(龙马山),多年平均气温 16.5℃,年均降雨量 886.5 mm。针叶林面积占森林面积的 86.73%,树种相对单一,各类森林病虫害频发。保护区紧邻中心城区,通往林区的道路较为便利,人员活动频繁,病虫害入侵和传播的途径较广,机率较高:1986 年、1997 年,石拱桥、徐家山文山松毛虫大发生;1987 年、1990 年,灵照山思茅松毛虫大发生;2005—2009 年,东风水库南北两岸云南松发生切梢小蠹危害,最严重时发生面积占松林面积的 43%,其中重度发生面积占发生面积的 66.84%,林内虫口密度极高,云南松呈片状死亡,局部区域呈现灾害状态。

1 材料与方法

1.1 调查内容

调查保护区范围内林木受病虫害危害的情况,记录病虫害的植物寄主、害虫名称、危害方式,植物受害部位、受害等级等内容。对病虫害种类及植物种类无法确定的,采集标本带回,请教专家鉴定。

1.2 调查对象

根据《14 种全国林业检疫性有害生物名单》《192 种全国林业危险性有害生物名单》《506 种其他林业有害生物名单》《4 种云南省林业补充检疫性有害生物名单》和 2003 年以来从国(境)外或国内省外传入的林业有害生物新纪录种类。

1.3 调查方法

1.3.1 走访(问卷)调查

通过向熟悉情况的职工、护林员走访了解,结合资料查询,摸清区域内是否曾经发生过病虫危害情况,为线路踏查作好准备。

1.3.2 线路踏查

踏查选择在其发生盛期进行。踏查线路重点考虑选择生长异常林分、火烧迹地、基站、塔架等病虫害易发林地。

1.3.3 标准地调查

根据调查情况,对发生病虫危害的区域设置标准地进行详细调查。

1)病害调查

每块标准地面积约 0.2 hm^2,标准地内寄主植物至少随机调查 30 株以上病害发生情况。林木病害的发生程度常以感病指数表示。

$$感病指数=\sum(病级株数\times该病级代表数值)/(总株数\times最高一级代表值)\times100\% \quad (1)$$

2)虫害调查

地上害虫调查:每块标准地面积约 0.2 hm^2,标准地内寄主植物按对角线法调查 30 株以上虫害发生情况。

地下害虫调查:采用挖土坑法,土坑大小一般为 0.5 m×0.5 m,挖到无害虫深度为止。

1.3.4 辅助调查

1)切梢小蠹引诱剂调查

分别于 2013—2016 年、2020—2022 年在区内东风水库南北两岸开展信息素监测切梢小蠹防治技术研究。使用中捷公司的十字诱捕器、中国林业科学研究院提供的诱芯。每个样地面积为 4~5 hm^2,设置 3 个诱捕器,在林间呈三角形分布。诱捕器之间相距 20~30 m。诱捕器挂在林间云南松树上,底部距离地面 1.5 m。每 7 d 进行虫量调查 1 次,并鉴定诱捕的切梢小蠹种类和数量。

2)松墨天牛引诱剂调查

2013—2021 年,在徐家山、红山、灵照山、大湾山、烂头山等区域,使用福建三涌生物科技有限公司的诱捕器、诱芯(APF~Ⅰ固体型)和杭州科森农化有限公司的液体型诱芯,每个样地面积为 2~3 hm^2,设置 1 个诱捕器。每年 6—9 月对危害区域实施诱捕监测防治研究,期间每 10 d 进行一次虫量及种类调查。

2 结果与分析

2.1 分布的主要病虫害种类

根据上述调查,保护区内分布的主要病虫害分属 6 目 17 科(表 1),共 35 种(表 2)。

表 1　玉溪市红塔山自然保护区主要病虫害组成情况

Tab. 1　Composition of main diseases and pests in Hongtashan Nature Reserve of Yuxi City

目	科		种	
	数量	占比/%	数量	占比/%
鞘翅目 Coleoptera	8	47.05	17	48.57
鳞翅目 Lepidoptera	4	23.52	13	37.13
半翅目 Hemiptera	2	11.76	2	5.72
膜翅目 Hymenoptera	1	5.89	1	2.86
檀香目 Santalales	1	5.89	1	2.86
茄目 Solanales	1	5.89	1	2.86
合计	17	100.00	35	100.00

表 2 玉溪市红塔山自然保护区分布的主要病虫害种类

Tab. 2 Species of main pests and diseases distributed in Hongtashan Nature Reserve of Yuxi City

目	科	种
鞘翅目 Coleoptera	小蠹科 Scolytidae	云南切梢小蠹 *Tomicus yunnanensis*
		横坑切梢小蠹 *Tomicus minor*
		柏肤小蠹 *Phloeosinus aubei*
	天牛科 Cerambycidae	松墨天牛 *Monochamus alternatus*
		短角幽天牛 *Spondylis buprestoides*
		星天牛 *Anoplophora chinensis*
		云斑天牛 *Batocera horsfieldi*
		桑天牛 *Apriona germari*
		栗山天牛 *Massicus raddei*
	象虫科 Curculionidae	松瘤象 *Hyposipalus gigaus*
		萧氏松茎象 *Hylobitelus xiaoi*
	叶甲科 Chrysomelidae	棓木叶甲 *Chrysomela adamsi ornaticollis*
	金龟科 Scarabaeidae	铜绿丽金龟 *Anomala corpulenta*
		暗黑鳃金龟 *Holotrichia parallela*
	鳃金龟科 Melolonthidae	大栗鳃金龟 *Melolontha hippocastani*
	郭公虫科 Cleridae	郭公虫 *Thansimus* sp.
	吉丁虫科 Buprestidae	云南脊吉丁虫 *Chalcophora yunnana*
鳞翅目 Lepidoptera	枯叶蛾科 Lasiocampidae	思茅松毛虫 *Dendrolimus kikuchii*
		文山松毛虫 *Dendrolimus punctatus wenshanensis*
	尺蛾科 Geometridae	云尺蛾 *Buzura thibetaria*
		灰星尺蛾 *Arichanna jaguarinaria*
		接骨木尺蛾 *Ourapteryx sambucaria*
	天蛾科 Sphingidae	红天蛾 *Pergesa elpenorlewisi*
		桃六点天蛾 *Marumba gaschkewitschi*
		白薯天蛾 *Herse convolvuli*
		鬼脸天蛾 *Acherontia lachesis*
		雀纹双线天蛾 *Theretra oldenlandiae*
	天蚕蛾科 Saturniidae	大蚕蛾 *Actias selene ningpoana*
		乌桕大蚕蛾 *Attacus atlas*
		樗蚕蛾 *Philosamia cynthia*
半翅目 Hemiptera	球蚜科 Adelgidae	华山松球蚜 *Pineus armandicola*
	珠蚧科 Margarodidae	中华松针蚧 *Sonsaucoccus sinensis*
膜翅目 Hymenoptera	蚁科 Formicidae	红火蚁 *Solenopsis invicta*
檀香目 Santalales	檀香科 Santalaceae	滇油杉矮槲寄生 *Arceuthobium chinense*
茄目 Solanales	旋花科 Convolvulaceae	菟丝子 *Cuscuta chinensis*

续表 2

2.2 造成较严重危害的病虫害种类及防治

造成较严重危害的有 10 种,属 4 目 7 科,其中鞘翅目小蠹科、象虫科、天牛科和膜翅目蚁科、檀香目桑寄生科危害最重(表 3)。

表 3 玉溪市红塔山自然保护区造成危害的病虫害种类

Tab. 3 Species of pests and diseases causing harm in Hongtashan Nature Reserve of Yuxi City

目	科	种
鞘翅目	小蠹科	云南切梢小蠹
		横坑切梢小蠹
		柏肤小蠹
	天牛科	松墨天牛
		星天牛
	象虫科	萧氏松茎象
	叶甲科	棓木叶甲
半翅目	球蚜科	华山松球蚜
膜翅目	蚁科	红火蚁
檀香目	檀香科	滇油杉矮槲寄生

其主要形态特征、生物学特性、危害情况、防控技术如下。

2.2.1 云南切梢小蠹

蛀干性害虫。成虫、幼虫在树皮和边材之间筑坑道危害。主要取食寄主的干部韧皮组织和梢头的髓部组织,切断树内水分和养分供应,造成树叶枯黄凋落,树木枯死。主要危害云南松等松属植物。

1) 主要形态特征:成虫头部、前胸背板黑色至黑褐色,有强光泽。鞘翅斜面第二沟间部凹陷,凹陷部位平坦,没有颗瘤,刻点呈两列或“Z”字型。鞘翅斜面上颗瘤的刚毛长而尖,约与沟间距等长。幼虫体长 5~6 mm。蛹白色,腹面末端有 1 对针突。

2) 生物学特性:云南切梢小蠹在区内一年发生

1 代,世代不整齐,以成虫在被害树干内越冬。越冬成虫于翌年 3 月中下旬至 4 月上旬开始离开越冬场所,侵入嫩梢补充营养,辗转危害枝梢。卵期 9~11 d,幼虫期 15~20 d,蛹期 8~13 d。平均每一雌虫产卵 79 粒。蛀梢危害期 4—11 月,蛀干危害期 11 月至翌年 4 月。

3)防控技术

蠹害木清理:利用小蠹虫在干内危害的幼虫期、蛹期和新成虫未羽化出来的 3—4 月间,采取人工清理的方式将蠹害木Ⅲ级木和Ⅳ级木伐除后,实施无害化处理。

化学防治:在小蠹虫成虫转梢、转干的暴露期采用吡虫啉喷粉防治。

人工采梢防治:每年 6—9 月小蠹虫成虫转梢危害高峰期内,针对其集中危害的低矮中、幼龄树,将当年危害的有虫梢剪除并集中无害化处理。

物理防治:成虫活动期,采用信息素,在林间挂置诱捕器诱杀成虫。

打孔注药防治:每年 7—9 月在树干基部钻孔,注射 240 g/L 虫螨腈或 20%氯氰·三唑磷 3 倍液,通过树液流动杀灭枝梢内害虫。

营林措施:在受害区域实施林分改造或补植补造,营造混交林,改善林分结构,切断小蠹虫的食源,形成生物隔离带或缓冲带,遏制蔓延。

2.2.2 横坑切梢小蠹

蛀干性害虫。成虫、幼虫在树皮和边材之间蛀坑道危害。主要取食寄主的干部韧皮组织和梢头的髓部组织,切断树内水分和养分供应,造成树叶枯黄凋落,树木枯死。主要危害云南松等松属植物。

1)主要形态特征:与云南切梢小蠹极为相似。但鞘翅斜面第二沟间部不凹陷,并且有颗瘤,其中的刻点在斜面末端消失。前胸背板上的刻点稀疏。

2)生物学特性:横坑切梢小蠹在区内一年发生 1 代,世代不整齐。越冬成虫于翌年 3 月中下旬至 4 月上旬开始离开越冬场所,侵入嫩梢补充营养,辗转危害枝梢。当年 11 月,成虫渐次飞到云南松干上蛀坑繁殖。繁殖期从 11 月至翌年 3 月。卵期 17~21 d,幼虫期 15~25 d,蛹期 6~10 d。每一雌虫产卵 1~59 粒。

3)防控技术:同云南切梢小蠹。

2.2.3 柏肤小蠹

别名侧柏小蠹,蛀干性害虫。越冬成虫侵入嫩梢补充营养,辗转危害枝梢,常将枝梢蛀空,韧皮部啃光。补充营养后转入干内进行繁殖,繁殖期以幼虫危害树干、主枝,造成枯枝和树木死亡。主要危害圆柏、藏柏、墨西哥柏、塔柏等。

1)主要形态特征:成虫体长 2~3 mm,赤褐色或黑褐色,体表无光泽。头部小,触角末端的纺锤部呈椭圆形。前胸背部有粗点刻,中央有一条隆起线。前翅上有颗粒,沟间部各有 1 纵列颗瘤,靠近翅缝的第 1、3 沟间部的颗瘤比其他的大,每个鞘翅上有 9 条纹,雌虫的颗瘤要比雄虫的大,雄虫鞘翅斜面齿状突起。

2)生物学特性:柏肤小蠹在区内一年发生 1 代,世代不整齐,以成虫在柏树枝梢内越冬。越冬成虫于翌年 2 月上旬至 3 月开始离开越冬场所实施危害。4 月上旬新成虫开始羽化,4 月中、下旬为羽化盛期。卵期 7 d,幼虫期 45~50 d,蛹期约 10 d。雌虫一生产卵 26~104 粒。

3)防控技术:同云南切梢小蠹。

2.2.4 松褐天牛

别名松墨天牛,蛀干性害虫,危害云南松枝、干,尤其是幼虫繁殖期危害树干,造成树木枯死。松褐天牛是传播松材线虫的主要媒介,一头成虫携带线虫数最高可达 28 万条。松材线虫病短期内可引起松树萎焉、死亡,是全国林业检疫性有害生物。

1)主要形态特征:成虫体长 15~28 mm,体宽 4.5~9.5 mm,橙黄色至赤褐色。雄虫触角比雌虫的长。每个鞘翅上有 5 条纵纹,由方形或长方形黑色及灰白色绒毛斑点相间组成。卵长约 4 mm,略呈镰刀形。幼虫乳白色,老熟时长约 43 mm。蛹长 20~26 mm。

2)生物学特性:松褐天牛在区内一年发生 1 代,以老熟幼虫在木质部坑道内越冬。翌年 3 月下旬至 4 月上旬越冬幼虫在虫道末端蛹室中化蛹。4 月上旬开始羽化,6—8 月为活动盛期。羽化的新成虫飞到 1~2 年生枝条上补充营养,然后寻找生长较弱的松树进行产卵繁殖。卵期 2~3 个月,一生产卵 10~100 粒。

3)防控技术

物理防治:每年 4—9 月,采用信息素引诱剂在林间挂置诱天牛诱捕器诱杀成虫。

药物防治:成虫活动期,50%杀螟松或 25%灭幼脲Ⅲ号胶悬剂 1 000~1 500 倍夜喷雾;4 月中旬和 5 月中旬用 50%杀螟松·噻嗪酮 100 倍液喷雾杀灭成虫。

天敌防治:林间释放管氏肿腿蜂;招引啄木鸟等天敌。

2.2.5 星天牛

别名花牯牛、钻木虫等,蛀干性害虫。以成虫啃食枝干嫩皮,幼虫钻蛀枝干危害。被害严重的树易风折枯死。主要危害栎木、杨树等。

1)主要形态特征:成虫每鞘翅有多个白点,体长 50 mm,头宽 20 mm;前胸背板左右各有一枚白点。触角呈丝状,黑白相间,长约 10 cm。卵长椭圆形,长约 5~6 mm,宽约 2.2~2.4 mm。老熟幼虫体长 38~60 mm,乳白色至淡黄色。蛹纺锤形,长 30~38 mm。

2)生物学特性:在区内一年发生 1 代,以幼虫在被害寄主基部木质部及根内越冬。翌年 3 月越冬幼虫继续蛀食危害,幼虫蛀食树干基部和主根。4 月中下旬至 5 月上旬蛹期,6 月中旬至 7 月上旬为羽化高峰期,羽化后成虫咬食枝条补充营养。7 月为产卵盛期,平均每一雌虫产卵 30 粒左右。卵期 9~14 d,幼虫期 300 d,蛹期 3~4.5 d,成虫寿命 30~60 d。

3)防控技术

人工防治:初羽化的成虫常在枝条上补充营养,或在树干基部爬行,可采用人工捕捉的方法捕杀成虫。

物理防治:在成虫羽化前,林间挂置天牛诱捕器,采用信息素诱杀成虫。

药物防治:50%敌敌畏乳油、40%氧化乐果乳油 20~40 倍液注入或用药棉沾药塞入虫孔。

天敌防治:保护或招引啄木鸟,实施自然控制。

2.2.6 栎木叶甲

成虫、幼虫取食叶片,严重时将叶片食光,造成树势衰弱甚至死亡。主要危害栎木。

1)主要形态特征:成虫体长 4.5~8 mm,头部、鞘翅绿色或蓝色,具金属光泽;前胸背板黄色。卵长椭圆形,长约 1.4 mm,宽约 0.6 mm。幼虫纺锤形,体长 1~11 mm。蛹长 5~6 mm,宽 3 mm 左右,呈浅黄褐色。

2)生物学特性:栎木叶甲为食叶类害虫,以幼虫和成虫危害叶部。在区内一年发生 3 代,有明显世代重叠现象,发生期内同时可见到不同世代或同一世代的卵、幼虫、蛹及成虫等不同的虫态。6 月中下旬为羽化高峰期。成虫具有假死性。平均每一雌虫产卵 49~601 粒。卵期 4~6 d,幼虫期 10 d,预蛹期 1~3 d,蛹期 3~6 d,成虫寿命 60~90 d。幼虫及成虫食性专一,幼虫一生吃叶 1 000 mm^2 左右,成虫一般可吃 5 000 mm^2 树叶。

3)防控技术

药物防治:幼虫、成虫危害期采用 8%高效氯氟氰菊酯杀虫剂 1 000~1 500 倍液喷雾或 20 倍烟剂防治。

人工防治:对低矮的受害林分,人工摘除虫卵。利用成虫假死性,危害盛期震落捕杀。

营造混交林:栎木叶甲幼虫食性专一,迁移能力不强,可通过营造混交林隔离带阻断食源,使幼虫饥饿死亡。

2.2.7 萧氏松茎象

主要以幼虫侵害树干基部和根颈部,蛀食韧皮部,严重时切断全部输导组织,导致树木死亡。主要危害云南松、华山松、湿地松等。

1)主要形态特征:成虫前胸背板被覆赭色毛状鳞片。鞘翅上的毛状鳞片形成两行斑点。卵椭圆形,长 2.9 mm,宽 1.8 mm。幼虫体白色略黄,头黄棕色,口器黑色,前胸背板具浅黄色斑纹,体柔软弯曲呈“C”型,节间多皱褶。蛹乳白色,长约 15.5~18.4 mm,腹末两侧有一对刺突。

2)生物学特性:萧氏松茎象在区内两年发生 1 代,世代不重叠。以大龄幼虫在蛀道、成虫在蛹室或土中越冬。2 月下旬越冬成虫出孔或出土活动,5 月上旬开始产卵。卵期 12~15 d。5 月中旬幼虫开始孵化,11 月上旬开始越冬,翌年 3 月重新取食,8 月中旬化蛹,9 月上旬开始羽化。

3)防控技术

人工捕捉幼虫和蛹:萧氏松茎象幼虫期长,每年 12 月至次年 7 月份组织人工捕捉根部幼虫和蛹,尤其是 7 月中下旬至 8 月上旬,老熟幼虫高峰期至蛹高峰期,是其生活史过程中最薄弱的一个环节,人工捕捉能极大降低虫口密度。

注药防治:对受害林木进行根部注药,用 40%氧化乐果 2 倍液从幼虫排泄孔注药,3~5 mL/孔。

灌根防治:在受害林木根部围土一圈,用 48%毒死蜱乳油 1 000 倍液灌根防治。

森林抚育:据报道,在成虫出孔后产卵前(3—4 月)采取穴状抚育、全铲、全垦等措施,对其虫口密度影响最大,虫口密度可下降 30%~100%。

2.2.8 华山松球蚜

主要危害华山松针叶,严重时导致树木死亡。

1)主要形态特征:有翅侨蚜成蚜体椭卵形,长 1.74 mm,宽 0.94 mm。活体黑褐色,被少量黑色蜡粉。前翅仅 3 斜脉、中脉、肘脉。后翅有一斜脉。若蚜椭卵形,触角 3 节。体色桔色,无分泌白色蜡粉或

略少;无翅侨蚜成蚜体椭卵形,长 1.4 mm,活体褐色,被白色絮状蜡丝。

2)生物学特性:华山松球蚜在区内一年发生 8 代左右,世代重叠,以成虫、老熟若虫及少量卵在松针及松梢芽苞片内越冬;2 月上旬随气温上升,越冬雌成虫开始产卵,老熟若虫逐渐发育为成虫并进入产卵期,3 月中旬随雌成虫数量大幅增长,产卵量达到最高峰值,随即若蚜数量开始急剧上升,4—5 月进入全年高峰期。

3)防控技术

药物防治:4—5 月采用 8%高效氯氟氰菊酯杀虫剂 1 000~1 500 倍液喷雾或 20 倍烟剂防治。连续防治 3 次,间隔期 10 d,效果明显。

天敌保护:注意对瓢虫、食蚜蝇等天敌的保护。

2.2.9 红火蚁

为杂食性的土栖蚁类害虫,是国际上有名的重大外来有害生物。2005 年入侵中国大陆,同年农业部将该虫定为我国进境植物检疫性有害生物。该虫主要危害草坪、林地等,破坏生态系统平衡。同时,该虫具有很强的攻击行为,威胁人类健康:受该虫叮咬后会引起灼痛和疼痒,出现白色脓包,可以造成过敏性休克,严重时甚至导致死亡。

1)主要形态特征:体色红棕色至深棕色,唇基内缘中央有一明显的齿。成熟蚁巢中有蚁后、雄蚁、兵蚁、工蚁,婚飞期还有具翅膀的雌雄繁殖蚁。成虫体长 3~6 mm,头部的蜕裂线呈倒“Y”形。工蚁腹部棕褐色,触角 10 节,鞭节端部 2 节膨大呈棒状。兵蚁体橘红色,腹部背板深褐色。生殖型有翅雄蚁体黑色,着生翅 2 对,触角丝状。生殖型有翅雌蚁头及胸部棕褐色,触角膝状。

2)生物学特性:社会性昆虫,没有特定的婚飞时期,雌雄蚁会飞到约 90~300 m 的空中进行婚飞配对与交尾,雄蚁在交尾过后即死亡。交尾后的雌蚁专事产卵繁衍后代。蚁后每天约产 1 500~5 000 枚卵,平均每年约产 4 500 只生殖雌蚁。成熟蚁巢会堆出高约 10~30 cm,直径约 30~50 cm 的蚁丘。蚁巢多分布在池塘、河流、沟渠旁边和一些开阔且阳光充足的地方。每个成熟的蚁巢约有 5 万~50 万头红火蚁。

3)防控技术

加强检疫:对可能携带红火蚁的苗木、草坪、植物种子、盆栽等园艺产品、栽培介质、原木和木质包装、集装箱箱体或货物包装等传播介质进行严格检疫,防止该虫传播扩散。检疫中一旦发现该虫应就地集中进行熏蒸或热处理。

药物防治:加强监测,一旦发现红火蚁立即扑灭。可使用 0.1%含量茚虫威饵剂或 0.2%高效氯氰菊酯粉剂连续投放 1~3 次,直到彻底消灭红火蚁为止。

生物防治:可通过引入小芽孢真菌(*Thelohania solenopsea*)和火蚁寄生蚤蝇(*Psuedacteon tricuspis*)进行生物防治。

2.2.10 滇油杉矮槲寄生

别名油杉寄生,属桑寄生科槲寄生亚科油杉寄生属,主要危害滇油杉。受危害植株病部常表现丛枝症状,发育畸形,病部以上针叶变得短小,顶梢逐渐枯萎。严重感染的植株,树冠的大部分甚至整个树冠均被寄生物所取代,病株生长衰弱,生长量显著下降,甚至死亡。

1)症状:滇油杉矮槲寄生的茎直立,圆柱形,有明显的节,侧枝对生,一年生植株不分枝,二年生以上植株分枝。茎、叶均为黄绿色至绿色,含叶绿素。叶退化为鳞片状,对生,无柄。茎具有 4 束维管束,少数 2 束,对称排列。花单性,异株,腋生或顶生,直径 2~2.5 mm,无花梗。滇油杉矮槲寄生性病害的诊断主要根据寄生植株的存在:寄生植株脱落后,常在侵入部位的表面留有一个杯状窝;另一个显著症状特征是寄主植物病部常表现丛枝现象。

2)生物学特性

滇油杉矮槲寄生主要靠果实弹射传播:果实于每年 7 月份发育成熟,种子自由弹射距离达 10 m,水平弹射距离达 2~4 m,弹落在树冠上的种子有 60%~80%会发生再侵染,很容易在纯林中传播,且传播能力很强,但很少在混交林中传播。滇油杉矮槲寄生的侵染传播基本上是以一个发生点为中心,逐年向四周成辐射状扩散。

3)防控技术

人工清理:种子成熟前,对危害重度的油杉受害木,采取伐除措施;对危害中度以下的受害木,剪除寄生枝。

营林措施:营造混交林,阻断侵染源传播。

3 结论与讨论

通过监测调查,目前区内分布的主要林业有害生物种类有 35 种,其中全国检疫性有害生物红火蚁 1 种,云南省补充检疫性有害生物萧氏松茎象 1 种,全国林业危险性有害生物 33 种。危害严重的主要

是蛀干类害虫云南切梢小蠹、横坑切梢小蠹、松墨天牛、萧氏松茎象、红火蚁及滇油杉矮槲寄生。

蛀干害虫的防治,难度极大,一旦造成灾害,需要花费大量的时间、财力才能取得一定效果。小蠹虫的防治,通过多年来进行打孔注药、蠹害木清理、信息素诱捕、烟剂粉剂防治、补植补造、封山育林、人工采梢等综合防治,危害面积、受害株率、枯死率、蠹害指数等指标大幅降低,受害云南松林逐步得到修复,部分已经恢复健康状态。松褐天牛的防治,主要采取诱捕成虫的方法,自 2009 年至今,历时 13 年,共诱捕到成虫 3 万余头,有效降低了发生区虫口密度。

滇油杉矮槲寄生病害的防治,因其传播机制影响,除了实施清理和营造混交林外,目前尚无有效阻断其传播危害的方法。学术界有一种争论,从生物多样性的角度,滇油杉矮槲寄生也是一个物种,可以为鸟类等提供一定的食物来源和生存环境。

红火蚁由于其传播形式多样,繁殖力极强,无有效天敌,已经造成严重危害,亟需加强检疫和监测除治,开展多部门联防联治,引入社会力量实施群防群治,才能取得实效,阻止其进一步危害蔓延。

参考文献:

[1] 李娟,崔永三,宋玉双,等. 我国林业检疫性和危险性有害生物新名单的特点[J]. 中国森林病虫,2013,32(5):42-47.

[2] 国家林业局森林病虫害防治总站. 林业有害生物防治历(一)[M]. 北京:中国林业出版社,2010.

[3] 李丽莎. 云南天牛[M]. 昆明:云南科技出版社,2007:114.

[4] 国家林业局森林病虫害防治总站. 中国林业检疫性有害生物检疫技术手册[M]. 北京:中国林业出版社,2014.

[5] 解开宏. 萧氏松茎象的研究与综合防治[M]. 昆明:云南科技出版社,2020:12-14.

[6] 西南林学院,云南省林业厅. 云南森林病害[M]. 昆明:云南科技出版社,1992:14-18.

[7] 马骏,郑润兰,张毅宁. 昆明地区华山松球蚜发生规律研究[J]. 云南林业科技,2000(2):55-58.

责任编辑:刘平书

(上接第 117 页)

[13] SEYMOUR C L,DEAN W R J. The influence of changes in habitat structure on the species composition of bird assemblages in the southern Kalahari[J]. Austral Ecology,2010,35(5):581-592.

[14] 杨楠,李波,黄薇,等. 四川察青松多白唇鹿国家级自然保护区鸟类多样性和区系分析[J]. 四川动物,2020,39(4):465-480.

[15] 谢凡,鲁碧耕,油志远,等. 四川格西沟国家级自然保护区鸟类多样性初探[J]. 四川动物,2022,41(1):107-120.

[16] 李敏,何可,李建国,等. 卧龙国家级自然保护区鸟类多样性[J]. 西华师范大学学报(自然科学版),2019,40(2):105-111.

[17] 胡莹嘉,严娟,周伟. 楚雄狮子山州级自然保护区鸟类多样性分析[J]. 西南林业大学学报(自然科学),2019,39(2):151-159.

[18] 王有兵,杨建军,刘起斌,等. 水目山文化旅游区景观资源分析及评价[J]. 林业调查规划,2020,45(6):87-91.

[19] 王有兵,余皖云,杨建军,等. 祥云水目山自然保护区生态环境健康等级变化研究[J]. 林业调查规划,2021,46(2):66-70.

[20] 韩联宪. 云南黑颈长尾雉(*Syrmaticus humiae*)分布及栖息地类型调查[J]. 生物多样性,1997,5(3):185-189.

[21] 蒋爱伍,原宝东,覃国乐,等. 黑颈长尾雉生物学研究进展[J]. 生物学教学,2012,37(11):2-5.

[22] 李斌强,李鹏映,杨佳伟,等. 运用红外相机调查云南巍山青华绿孔雀自然保护区的鸟兽多样性[J]. 生物多样性,2018,26(12):1343-1347.

[23] 罗增阳. 无量山自然保护区鸟类多样性及保护管理对策[J]. 林业调查规划,2004,29(3):43-45.

责任编辑:许易琦

doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2023. 06. 022

基于 DRIS 法的大花序桉苗期“黄化症”苗圃营养状况诊断

覃祚玉[1,2,3],唐 健[1,2,3],覃其云[1,2,3],石媛媛[1,2,3],邓小军[1,2,3],潘 波[1,2,3]
(1. 广西林业科学研究院,广西 南宁 530002; 2. 国家林草局中南速生材繁育实验室,广西 南宁 530002;
3. 广西优良用材林资源培育重点实验室,广西 南宁 530002)

摘要:植物营养诊断是评估大花序桉营养状况的可靠、便捷方法。本研究采用诊断施肥法(DRIS),对广西崇左发生“黄化症”的大花序桉苗木营养状况进行调查、诊断。结果表明,大花序桉苗期叶片营养元素含量与“黄化症”之间密切相关。大花序桉叶片苗期养分供给状况以及需肥顺序为 Fe > P > N > Mg > K > B > Cu > Zn > Mn > Ca。黄化症的叶片 N、P、Fe 和 Ca 诊断指数均小于 0,属于缺乏水平,是影响苗木黄化的关键因子,而其他营养元素的 DRIS 诊断指数均为正值,供给较为充足。大花序桉苗期的各营养元素的适宜范围为 N(7. 50 ~ 10. 80) g/kg、P(1. 25 ~ 2. 98) g/kg、K(10. 37 ~ 30. 64) g/kg、Ca(5. 13 ~ 23. 631) mg/kg、Mg(1. 55 ~ 3. 82) mg/kg、Cu(4. 53 ~ 8. 34) mg/kg、Zn(46. 57 ~ 62. 83) mg/kg、Fe(140. 03 ~ 226. 31) mg/kg、Mn(252. 95 ~ 426. 99) mg/kg、B(18. 80 ~ 39. 85) mg/kg。

关键词:大花序桉;苗期叶片;营养诊断;黄化症;DRIS 法;广西

中图分类号:S792. 39;S723. 13;Q945. 1 **文献标识码**:A **文章编号**:1671-3168(2023)06-0125-07

引文格式:覃祚玉,唐健,覃其云,等. 基于 DRIS 法的大花序桉苗期“黄化症”苗圃营养状况诊断[J]. 林业调查规划,2023,48(6):125-131. doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2023. 06. 022

QIN Zuoyu, TANG Jian, QIN Qiyun, et al. Nutritional Diagnosis of “Chlorosis” Nursery of *Eucalyptus cloeziana* Seedlings Based on DRIS Method[J]. Forest Inventory and Planning, 2023, 48(6): 125-131. doi: 10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2023. 06. 022

Nutritional Diagnosis of “Chlorosis” Nursery of *Eucalyptus cloeziana* Seedlings Based on DRIS Method

QIN Zuoyu[1,2,3], TANG Jian[1,2,3], QIN Qiyun[1,2,3], SHI Yuanyuan[1,2,3],
DENG Xiaojun[1,2,3], PAN Bo[1,2,3]
(1. Guangxi Forestry Research Institute, Nanning 530002, China; 2. Key Laboratory of Central South Fast-growing Timber Cultivation of National Forestry and Grassland Administration, Nanning 530002, China;
3. Guangxi Key Laboratory of Superior Timber Trees Resource Cultivation, Nanning 530002, China)

Abstract: Plant nutrition diagnosis is a reliable and convenient method for evaluating the nutritional status of *Eucalyptus cloeziana*. This study used diagnosis and recommendation integrated system (DRIS) to investigate and diagnose the nutritional status of Eucalyptus grandiflorus seedlings subjected to “chlorosis” in Chongzuo, Guangxi. The results indicated that there was a close correlation between the nutrient content of *Eucalyptus cloezianas* leaves at the seedling stage and “chlorosis”. The nutrient supply status

收稿日期:2022-05-17.
基金项目:广西自然科学基金项目(2022GXNSFBA035630);中央引导地方科技发展资金项目(桂科 ZY21195026)
第一作者:覃祚玉(1986-),女,广西蒙山人,硕士,高级工程师. 从事植物营养与土壤研究. Email:474050475@ qq. com

of *Eucalyptus cloeziana* leaves at seedling stage as well as the order of fertilizer requirement were Fe > P > N > Mg > K > B > Cu > Zn > Mn > Ca. The values of leaf N, P, Fe, and Ca diagnostic indices of etiolated leaves were all less than 0 and belonged to deficiency levels, which were key factors affecting seedling yellowing, whereas the values of DRS diagnostic indices of other nutrients were all positive and in more adequate supply standard. The suitable range of each nutritional element for the seedling stage of *Eucalyptus cloeziana* was N (7.50 - 10.80) g/kg, P (1.25 - 2.98) g/kg, K (10.37 - 30.64) g/kg, Ca (5.13 - 23.631) mg/kg, Mg (1.55 - 3.82) mg/kg, Cu (4.53 - 8.34) mg/kg, Zn (46.57 - 62.83) mg/kg, Fe (140.03-226.31) mg/kg, Mn (252.95-426.99) mg/kg, B (18.80-39.85) mg/kg.

Key words: *Eucalyptus cloeziana*; seedling leaf; nutrition diagnosis; chlorosis; DRIS; Guangxi

大花序桉(*Eucalyptus cloeziana* F. Muell.)是澳大利亚特有的用材树种,从 19 世纪末开始引入我国,可为工业生产提供原材料,包括花蜜、叶精油、燃料和木制品。其木材呈现黄褐色,坚固、沉重,非常耐用[1],因此被广泛用于家具、码头和桥梁建设、房屋和造船、电线杆、坑木、地雷道具和铁路枕木[2]。目前已可以通过生根扦插和组织培养进行繁殖,这极大地促进了它在无性系林业中的应用[3]。目前,亚洲、非洲和南美洲的其他热带和亚热带地区也开展营建大花序桉商品人工林[4]。关于大花序桉的研究主要集中在遗传改良[5-8]、栽培利用[9-13]和材性研究[14-19]上。目前,随着广西桉树人工林大面积单一树种造林,短周期多代次连栽和不科学的经营管理,使桉树林地的土壤质量和持续生产力受阻。研究表明,大花序桉无论是在材用价值和生长率上都有很好表现,目前已在广西多地大力开展试种,每年都需要大量的苗木。但在大花序桉苗木培育中,如果管护不当,常常会出现整片苗木“黄化”现象,上山造林恢复力差,带来了严重的经济滞后效应。养分诊断在大田作物生产中应用广泛,起到了较好的促产稳产效果,而在森林培育中常用的养分诊断方法有田间实验法、土壤诊断法和叶分析法等,其中以临界值法和 DRIS 法的叶片诊断法应用最为普遍[20-22]。DRIS 法又称营养诊断与施肥建议综合法(diagnosis and recommendation integrated system),该法不仅可诊断叶内各元素的丰缺,还可排出需肥顺序[23]。DRIS 法已被发现适用于诊断大田作物的营养状况,如玉米[24]、棉花[25]、甘蔗[26]和马铃薯[27],但是基于 DRIS 方法的大花序桉植株营养状况诊断研究未见报道。本研究旨在对发生“黄化病”的大花序桉苗圃营养状况进行诊断,以期能正确指导其苗期的科学施肥及苗期专用肥的生产,提高苗木质量。

1 材料与方法

1.1 样品的采集与测定

本试验所用试验材料来自广西壮族自治区国有东门林场林科所育苗基地苗圃,该苗圃位于广西西南部的崇左市扶绥县东门镇(东经 107°55′00″,北纬 22°24′54″),地势平坦、阳光充足。将苗木分为黄化组和正常组,各组内随机选取生长基本一致、无虫害的 4 个月大的营养杯苗,各 200 株。其中正常组平均苗高 45 cm,黄化组平均苗高 37 cm。每组分内选取苗木中部高度为 1/2 ~ 3/4 间、无病虫害、无机械损伤的叶片均匀混合后分为 5 个待测叶样品(每个样品约 0.2 kg)。叶片采集后用保鲜袋装袋,洗涤干净后烘干,参照《中华人民共和国林业行业标准 LY/T 1267—1999》测定叶片的 N、P、K、Cu、Mn、B、Zn、Fe、Ca 和 Mg 含量,每组 4 次重复。将分组后的轻基质土壤样品进行测定,土壤 pH 值、有机质、全量(N、P、K)、速效(N、P、K)、交换性 Ca、交换性 Mg、有效 Cu、有效 Zn、有效 Fe、有效 Mn 和有效 B 等养分指标含量测定方法参照《中华人民共和国林业行业标准 LY/T 1210-1275—1999》[28]进行测定。

1.2 DRIS 指数计算方法

偏函数 $f(X/Y)$ 计算公式:

$$\begin{cases} f(X/Y) = [(X/Y)_{低}/(X/Y)_{高} - 1] \times 1000/C.V. \\ \qquad (X/Y)_{低} \geqslant (X/Y)_{高} \\ f(X/Y) = [1 - (X/Y)_{高}/(X/Y)_{低}] \times 1000/C.V. \\ \qquad (X/Y)_{低} < (X/Y)_{高} \end{cases} \quad (1)$$

式中:X、Y 代表任意两种养分浓度,用 $(X/Y)_{低}$ 和 $(X/Y)_{高}$ 分别表示黄化组和正常组大花序桉叶片 X、Y 养分浓度的比值。$f(X/Y)$ 为偏函数,代表 $(X/Y)_{低}$ 与 $(X/Y)_{高}$ 偏离程度,$f(X/Y)$ 越接近于 0,表示该元素与其它元素值之间相对平衡。$C.V.$ 为 $(X/Y)_{高}$ 的变异系数。DRIS 指数表示树体对某一营养

元素的需求强度,负指数表示树体需要这一元素,负值的绝对值越大,表示需要强度越大;反之,表示大花序桉对这一元素需要强度小或不需要,甚至是过量的;当指数为 0 或接近 0 时,表明该元素与其它元素处于相对平衡状态。所有元素 DRIS 指数的代数和为零[20]。若观测元素为 X/Y 中的 X 时,$f(X/Y)$ 取正值,若观测的元素为 X/Y 中的 Y 时,$f(X/Y)$ 取负值。因此,X 指数计算公式可表示为:

$$X\text{ 指数} = [f(X/A) + f(X/B) + \cdots - f(H/X) - f(I/X)\cdots]/n \quad (2)$$

式中:n 代表偏函数 $f(\ )$ 的个数,A、B、H、$I\cdots$代表所考察的元素,所有元素 DRIS 指数绝对值的代数和称为养分不平衡指数,用 NII 表示,NII 越大,说明苗木营养元素间越不平衡[29]。

1.3 叶片营养诊断临界标准

将 DRIS 营养诊断的标准浓度分为过剩↑、偏高↗、平衡→、偏低↘、缺乏↓5 个等级,旨在矫治大花序桉苗期缺素症,预防营养失调。将正常组叶片各营养元素含量平均值与标准差相结合,综合判断大花序桉叶片养分分级标准。以正常组大花序桉叶片营养元素 DRIS 诊断平均值作为平衡指标,则营养诊断的标准浓度的计算公式均可用公式(3)表示:

$$\begin{cases} \text{偏高值} = \text{平衡值} + 4/3\ \text{标准差} \\ \text{过剩值} = \text{平衡值} + 8/3\ \text{标准差} \\ \text{偏低值} = \text{平衡值} - 4/3\ \text{标准差} \\ \text{缺乏值} = \text{平衡值} - 8/3\ \text{标准差} \end{cases} \quad (3)$$

DRIS 营养诊断的浓度偏离±4/3 标准差为该元素相对适宜浓度范围,偏离 4/3~8/3 标准差为该元素缺乏或相对富集,偏离±8/3 标准差以上为严重缺乏或过量,极易造成缺素或毒害[20]。

2 结果与分析

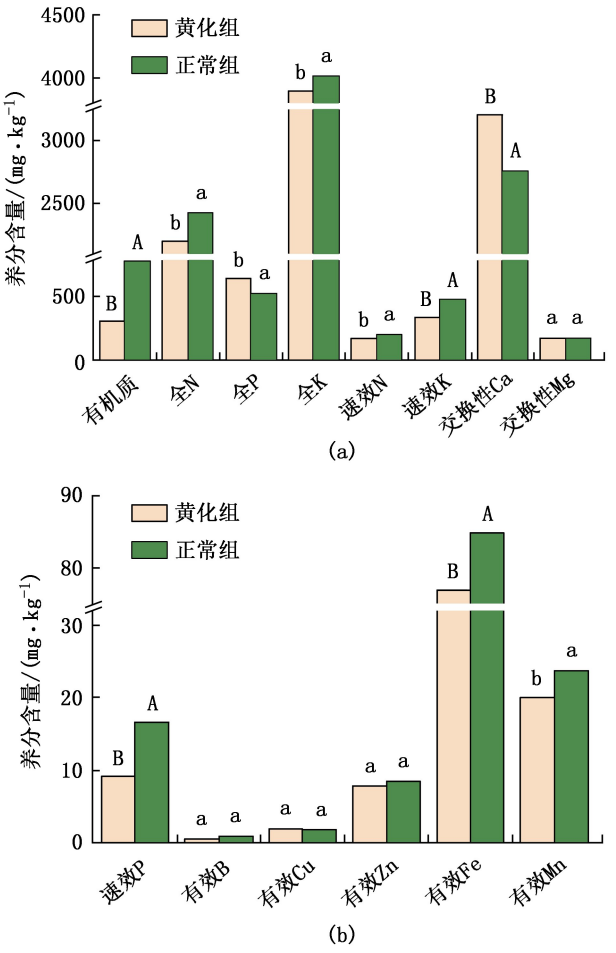
2.1 苗圃基质土养分分析

根据对大花序桉培育基质土诊断结果(图 1(a),图 1(b)),除土壤有效 Cu、全 P、交换性 Mg 含量表现为正产组低于黄化组,其余的养分含量均表现为正产组>黄化组,其中两者之间的土壤有机质、交换性 Ca、速效 K、速效 P、有效 Fe 呈极显著差异($P<0.01$),两者之间的土壤全 N、全 P、全 K、速效 N 和有效 Mn 存在显著性差异($P<0.05$)。说明轻基质土中大量元素可能是影响大花序桉黄化的主要因素。

2.2 苗圃叶片营养诊断

2.2.1 不同表现形式的参数统计检验

根据系统综合诊断法(DRIS),对正常组和黄化组叶片中的大、中、微量元素含量选用两元素含量比的不同表示形式进行统计,计算各营养元素含量比值(N/K、N/P、N/Ca……Fe/Mn)及各形式下的平均值、标准差、变异系数、方差,计算正常组与黄化组的方差比(表 1)。此时的正常组该参项的叶片养分均值视为元素的最佳含量,对应的含量比值为最佳比例[20]。从表 1 可见,用 45 种表现形式来表示各元素含量比值,86.7%的表现形式的变异系数表现为黄化组>正常组,说明正常组营养元素含量及各元素含量比例状况的平衡度优于黄化组。方差差异显著性检验的结果表明,正常组和黄化组间 P、Fe 2 元素含量间存在显著差异($F=0.05$ 水平),其余的元素浓度方差比没有显著性差异。统计分析结果表明,正常组叶片的 N、P、Fe 元素含量高于黄化组,其它元素含量则为黄化组>正常组。



注:不同小写字母表示不同组分间的养分含量差异显著($p<0.05$),不同大写字母表示不同组分间的养分含量存在极显著差异($P<0.01$)。

图 1　苗圃轻基质土养分分析

Fig. 1　Nutrient analysis of light matrix soil in the nursery

表 1 正常组和黄化组 DRIS 诊断参数统计

Tab. 1 DRIS diagnosis parameters for normal group and chlorosis group

元素	正常组				黄化组				黄化组/正常组方差
	平均值	标准差	变异系数	方差	平均值	标准差	变异系数	方差	
N/(g·kg^{-1})	9.15	1.235	13.50	1.525	5.80	5.040	24.19	5.585	1.479
P/(g·kg^{-1})	2.11	0.649	30.72	0.421	0.93	1.792	40.89	1.064	0.507
K/(g·kg^{-1})	20.50	10.602	51.70	112.402	12.42	16.452	12.86	15.364	0.700
Ca/(mg·kg^{-1})	6.77	1.231	18.17	1.515	3.68	3.148	34.16	6.580	1.760
Mg/(mg·kg^{-1})	2.69	0.853	31.75	0.728	2.37	2.029	6.94	2.355	0.034
Cu/(mg·kg^{-1})	6.44	1.430	22.22	2.045	3.03	6.230	35.57	7.345	1.740
Zn/(mg·kg^{-1})	54.70	6.098	11.15	37.186	35.07	39.740	19.62	54.800	1.912
Fe/(mg·kg^{-1})	183.17	32.356	17.66	1046.911	178.09	109.220	26.25	105.500	1.087
Mn/(mg·kg^{-1})	339.97	65.265	19.20	4259.520	379.31	285.270	25.73	243.000	1.222
B/(mg·kg^{-1})	29.32	7.895	26.92	62.331	25.77	16.130	34.85	23.550	0.717
N/P	4.67	1.490	31.89	2.220	6.22	2.813	56.85	5.248	6.049
N/K	0.45	0.032	7.09	0.001	0.47	0.306	22.26	0.363	8.251
N/Ca	1.36	0.086	6.33	0.007	1.58	1.601	25.83	0.849	17.106
N/Mg	3.44	0.386	11.23	0.149	2.45	2.484	22.91	2.371	2.661
N/Cu	1.43	0.151	10.53	0.023	1.91	0.809	47.29	0.760	17.276
N/Zn(10^{-2})	16.86	1.588	9.42	0.025	16.54	12.682	28.80	10.191	7.234
N/Fe(10^{-3})	50.02	1.707	3.41	0.003	32.57	46.145	30.45	52.934	80.343
N/Mn(10^{-2})	2.71	0.307	11.32	0.001	1.53	1.767	45.42	2.298	12.412
N/B	0.33	0.070	21.39	0.005	0.23	0.312	154.18	0.237	12.526
P/K	0.10	0.039	37.00	0.002	0.08	0.109	36.07	0.069	0.476
P/Ca	0.31	0.093	29.81	0.009	0.25	0.569	72.37	0.162	4.706
P/Mg	0.81	0.309	38.22	0.096	0.39	0.883	49.31	0.452	0.668
P/Cu	0.33	0.094	28.62	0.009	0.31	0.288	37.78	0.145	0.822
P/Zn(10^{-1})	0.39	0.129	33.15	0.002	0.27	0.451	46.63	0.194	0.962
P/Fe(10^{-2})	1.17	0.407	34.87	0.002	0.52	1.641	54.09	1.009	1.575
P/Mn(10^{-3})	6.14	1.429	23.29	0.002	2.46	6.282	39.48	4.379	1.304
P/B	0.08	0.039	49.34	0.002	0.04	0.111	192.59	0.045	0.738
K/Ca	3.03	0.262	8.62	0.068	3.38	5.226	36.09	2.335	22.852
K/Mg	7.69	1.012	13.15	1.024	5.25	8.108	17.93	6.524	1.452
K/Cu	3.21	0.441	13.73	0.194	4.10	2.641	29.29	2.092	4.276
K/Zn	0.38	0.038	10.02	0.001	0.35	0.414	16.39	0.280	2.454
K/Fe(10^{-2})	11.18	0.540	4.83	0.003	6.97	15.063	30.04	14.563	49.035
K/Mn(10^{-1})	6.10	1.060	17.37	0.011	3.27	5.767	32.52	6.323	3.155
K/B	0.72	0.121	16.79	0.015	0.48	1.020	48.58	0.652	13.241
Ca/Mg	2.56	0.457	17.88	0.209	1.56	1.551	30.68	2.794	1.991
Ca/Cu(10^{-2})	4.98	0.970	19.46	0.009	6.74	5.106	18.90	4.297	1.101
Ca/Zn(10^{-2})	3.52	0.445	12.64	0.002	1.70	5.704	50.56	6.962	26.587
Ca/Fe(10^{-2})	16.17	2.036	12.59	0.041	9.25	13.931	36.37	22.551	8.554
Ca/Mn	6.48	1.189	18.36	1.415	6.91	6.771	35.90	4.480	4.755
Ca/B	1.06	0.058	5.54	0.003	1.21	0.505	35.64	0.896	34.517
Mg/Cu	0.42	0.092	21.77	0.009	0.78	0.326	44.94	0.321	5.447
Mg/Zn(10^{-2})	4.98	0.970	19.46	0.009	6.74	5.106	18.90	4.297	1.101

续表 1

元素	正常组				黄化组				黄化组/正常组方差
	平均值	标准差	变异系数	方差	平均值	标准差	变异系数	方差	
Mg/Fe (10^{-3})	14.66	1.334	9.10	0.002	13.28	18.578	20.43	22.322	7.811
Mg/Mn(10^{-4})	80.19	17.402	21.70	0.030	62.35	71.127	24.76	96.914	1.436
Mg/B(10^{-2})	9.44	1.641	17.39	0.027	9.18	12.579	259.19	10.000	9.318
Cu/Zn(10^{-2})	11.77	0.533	4.53	0.003	8.64	15.677	25.08	13.403	32.720
Cu/Fe(10^{-2})	3.52	0.445	12.64	0.002	1.70	5.704	50.56	6.962	26.587
Cu/Mn(10^{-3})	18.97	1.817	9.57	0.003	7.99	21.839	45.11	30.226	25.654
Cu/B	0.23	0.062	26.94	0.004	0.12	0.386	231.44	0.312	4.508
Zn/Fe	0.30	0.033	11.16	0.001	0.20	0.364	36.90	0.519	15.617
Zn/Mn(10^{-1})	1.62	0.204	12.59	0.004	0.92	1.393	36.37	2.255	8.554
Zn/B	1.95	0.472	24.18	0.222	1.36	2.464	39.56	2.327	4.305
Fe/Mn	0.54	0.081	14.86	0.007	0.47	0.383	16.72	0.434	0.917
Fe/B	6.48	1.189	18.36	1.415	6.91	6.771	35.90	4.480	4.755
Mn/B	12.32	3.789	30.76	14.359	14.72	17.686	24.88	10.318	1.025

2.2.2 叶片营养的 DRIS 诊断

通过 DRIS 诊断法可判断元素比值的最佳平衡态,实测的元素与最适值越接近越平衡[20]。通过公式(1)~(2)计算大花序桉叶片养分比值的偏函数 $f(X/Y)$(表 2)和养分 DRIS 指数(表 3)。

由表 2 可知,45 种养分表现形式的参数中,$f(X/Y)$ 结果为正、负值的表现形式分别有 24 和 21 种,占比 53.3% 和 46.7%,表明各元素间同时存在相对缺乏和相对过量情况,各元素间的比例不平衡。

表 3 数据显示,试验地大花序桉营养不平衡指数 NII 为 55.423,苗期大花序桉的需肥顺序为:Fe > P > N > Mg > K > B > Cu > Zn > Mn > Ca。黄化的大花序桉叶片的 N、P、Fe 元素较为缺乏,而 Ca、Mg、Cu、Zn、Mn、B 元素相对充足。叶片 DRIS 诊断指数 Fe 元素负值最大,为-9.794,表示黄化大花序桉叶片 Fe 元素相对缺乏,是黄化症发生的主要影响因子。叶片 N、P、Ca、Fe 诊断指数均小于 0,属于缺乏水平,而其它元素 DRIS 诊断指数为正值,供给相对充足。结合大花序桉需肥结果(Ca 排名靠后)可知,Fe、P、N 为苗期大花序桉正常生长必不可少的主要营养,在培育过程中应重视 N、P、Fe 肥的添加。

2.2.3 大花序桉叶片营养诊断临界标准

大花序桉苗期各养分分级标准如表 4 所示,各营养元素的适宜范围分别为:N(7.50~10.80) g/kg、P(1.25~2.98) g/kg、K(10.37~30.64) g/kg、Ca(5.13~23.631) mg/kg、Mg(1.55~3.82) mg/kg、Cu(4.53~8.34) mg/kg、Zn(46.57~62.83) mg/kg、Fe(140.03~226.31) mg/kg、Mn(252.95~426.99) mg/kg、B(18.80~39.85) mg/kg。

表 2　单偏离程度函数 $f(X/Y)$ 统计

Tab. 2　Single degree of deviation function statistics

比值参数	$f(X/Y)$	比值参数	$f(X/Y)$
N/P	8.63	K/B	12.20
N/K	-12.01	Ca/Mg	-9.94
N/Ca	2.12	Ca/Cu(10^{-2})	3.82
N/Mg	-17.83	Ca/Zn(10^{-2})	17.75
N/Cu	-7.10	Ca/Fe (10^{-2})	0.96
N/Zn(10^{-2})	-12.81	Ca/Mn	5.63
N/Fe(10^{-3})	1.34	Ca/B	-15.78
N/Mn(10^{-2})	-10.81	Mg/Cu	5.30
N/B	-11.37	Mg/Zn(10^{-2})	3.82
P/K	-7.89	Mg/Fe (10^{-3})	21.60
P/Ca	-3.57	Mg/Mn(10^{-4})	2.20
P/Mg	-9.59	Mg/B(10^{-2})	-26.99
P/Cu	-10.94	Cu/Zn(10^{-2})	6.94
P/Zn(10^{-1})	-9.13	Cu/Fe (10^{-2})	17.75
P/Fe (10^{-2})	-5.48	Cu/Mn(10^{-3})	7.30
P/Mn(10^{-3})	-14.01	Cu/B	-15.89
P/B	-3.72	Zn/Fe	14.62
K/Ca	14.43	Zn/Mn (10^{-1})	0.96
K/Mg	-8.80	Zn/B	8.74
K/Cu	-2.25	Fe/Mn	-10.02
K/Zn	-4.23	Fe/B	5.63
K/Fe (10^{-2})	23.16	Mn/B	6.54
K/Mn(10^{-1})	-2.94		

表 3 叶片养分 DRIS 诊断指数及需肥顺序

Tab. 3 DRIS diagnosis index of foliar nutrient concentration and order of nutrient requirement

N	P	K	Ca	Mg	Cu	Zn	Fe	Mn	B	NII
-7.481	-9.121	6.433	-1.316	6.514	3.409	2.749	-9.794	3.529	5.078	55.423
需肥顺序:Fe > P > N > Mg > K > B > Cu > Zn > Mn > Ca										

表 4 大花序桉叶片养分浓度 DRIS 诊断范围等级

Tab. 4 DRIS diagnosis scope of foliar nutrient concentration of *Eucalyptus cloeziana*

养分元素	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Zn	Fe	Mn	B
	/(g · kg^{-1})					/(mg · kg^{-1})				
过剩↑	12.44	3.84	40.78	10.06	4.96	10.25	70.96	269.45	514.01	50.38
偏高↗	10.80	2.98	30.64	23.63	3.82	8.34	62.83	226.31	426.99	39.85
平衡→	9.15	2.11	20.50	6.77	2.69	6.44	54.70	183.17	339.97	29.32
偏低↘	7.50	1.25	10.37	5.13	1.55	4.53	46.57	140.03	252.95	18.80
缺乏↓	5.86	0.38	0.23	3.49	0.41	2.62	38.44	96.88	165.93	8.27

3 结论与讨论

1)用 DRIS 法对植物实施营养诊断,可以采用高产组各营养元素间比值的实测值来代替最适值进行计算[30-31]。本研究发现,正常和黄化组之间对各营养元素需求量存在较大的差异。黄化组的轻基质土的有机质、速效 K、速效 P、有效 Fe 和交换性 Ca 含量与正常组存在极显著差异;苗木叶片各元素浓度及各元素含量比值的变异系数均为黄化组>正常组,说明相对正常组而言,黄化组的大花序桉叶片各元素间较为不平衡;叶片养分分析结果显示,黄化组叶片的 N、P、Fe 含量属于缺乏水平,而 K、Ca、Mg、Cu、Zn、Mn 含量满足苗木需求或过量。正常组叶片的 N、P、Fe 元素含量高于黄化组,而其余元素含量则反之。可见,植物养分浓度高低与其健康生长并非均呈正比,N、P、Fe 元素为大花序桉黄化症发生的主要影响因子,营养的过度添加可能影响植物的健康生长,因此在大花序桉苗圃培育过程中,应科学补充 N、P、Fe 元素,消除黄化障碍,提高苗木质量。

2)利用 DRIS 指数法分析正常组与黄化组叶片营养,可为大花序桉苗圃施肥管理提供参考。本研究对黄化症和正常大花序桉叶片 10 种营养元素进行 DRIS 指数诊断。结果表明,大花序桉叶片的 DRIS 诊断结果科学地反映大花序桉苗期叶片各养分的平衡状况,苗期叶片 N、P、Fe、Ca 处于缺乏水平(元素诊断指数均小于 0),而其它元素的 DRIS 诊断指数为正值,说明这些营养元素的供给相对充足;试验苗圃大花序桉苗期需肥强度为 Fe > P > N > Mg > K > B > Cu > Zn > Mn > Ca。不平衡指数 NII 为 55.423,养分相对稳定。大花序桉虽属桃金娘科桉属植物,但与其他桉树营养平衡状态和需肥强度有所区别,如闽南尾巨桉人工林[32]和巨桉[20]的营养平衡状态较差,营养需求次序分别为 N > P > K 和 N > K > P。

3)采用 DRIS 营养诊断法对苗圃中大花序桉幼苗叶片的营养平衡状态进行分析,大花序桉苗期的各营养元素的适宜范围为:N(7.50 ~ 10.80) g/kg、P(1.25 ~ 2.98) g/kg、K(10.37 ~ 30.64) g/kg、Ca(5.13 ~ 23.631) mg/kg、Mg(1.55 ~ 3.82) mg/kg、Cu(4.53 ~ 8.34) mg/kg、Zn(46.57 ~ 62.83) mg/kg、Fe(140.03 ~ 226.31) mg/kg、Mn(252.95 ~ 426.99) mg/kg、B(18.80 ~ 39.85) mg/kg。大花序桉叶片中的大、中量营养元素的适宜范围与其他桉属树种有所区别,比如:巨桉[20]的大中量元素适宜范围 N(11.02 ~ 22.76) g/kg、P(0.79 ~ 1.52) g/kg、K(8.29 ~ 14.45) g/kg、Ca(3.26 ~ 8.05) g/kg、Mg(13.25 ~ 23.90) g/kg,雷林 1 号桉 N、P、K 最适值浓度分别为 20.3 ~ 25.4 g/kg,1.7 ~ 2.1 g/kg 和 7.0 ~ 10.0 g/kg[33],巨尾桉为 N(23.08 ~ 26.74) g/kg ,P(0.86 ~ 2.54) g/kg,K(14.4 ~ 16.0) g/kg, Ca(5.56 ~ 9.19) g/kg, Mg(15.76 ~ 22.84) g/kg[34]。因此,在苗圃施肥管理时,要把握好施肥用量和各用肥的合理搭配。

参考文献:

[1] Mr JACOBS. FAO forestry[M]. Rome, Italy: FAO forestry,

1979.
[2] BOOTLE K R. McGraw-Hill Book Company (2nd editio) [M]. Sydney, Australia. ,2005.
[3] LV J B,LI C R,ZHOU C P,et al. Genetic diversity analysis of a breeding population of *Eucalyptus cloeziana* F. Muell. (Myrtaceae) and extraction of a core germplasm collection using microsatellite markers[J]. Crossref,2020(1):112-157.
[4] 李昌荣,陈奎,周小金. 大花序桉研究现状与发展趋势[J]. 桉树科技,2012,29(2):40-46.
[5] 邓紫宇,陈健波,郭东强,等. 大花序桉的遗传多样性分析[J]. 林业科学研究,2019,32(4):41-46.
[6] 王莉,李昌荣,李发根,等. 大花序桉群体适应性相关的 SSR 位点[J]. 南京林业大学学报(自然科学版),2019,43(5):59-66.
[7] 陈小中,张临萍,陈炙,等. 大花序桉优树家系苗期性状的遗传变异[J]. 四川林业科技,2020,41(2):8-14.
[8] HUNG T D,BRAWNER J T,ROGER M,et al. Estimates of genetic parameters for growth and wood properties in *Eucalyptus pellita* F. Muell. to support tree breeding in Vietnam [J]. Crossref,2014(2):205-217.
[9] 吕曼芳,覃祚玉,曹继钊,等. 大花序桉幼苗营养吸收及分配规律研究[J]. 林业调查规划,2021,46(1):38-42.
[10] 陈水亮. 大花序桉与尾巨桉生长比较[J]. 林业勘察设计,2020,40(3):73-75.
[11] 张立,吴红英,吕月保,等. 大花序桉实生苗育苗技术要点[J]. 南方农业,2020,14(12):5-7.
[12] 徐耀昌. 闽南山地大花序桉不同家系的早期生长适应性[J]. 福建林业,2021,212(1):37-39.
[13] 卢翠香,潘尚慧,黄黎敏,等. 大花序桉+红椎/火力楠混交造林早期生长效应分析[J]. 桉树科技,2021,38(1):41-44.
[14] 覃卫星,刘衡,黎巍,等. 29 年生大花序桉生材性质的研究[J]. 江西农业学报,2020,32(6):52-56.
[15] 张磊,刘衡,陈黎强,等. 树龄对大花序桉木材物理性质的影响[J]. 宁夏农林科技,2020,61(5):27-29.
[16] 刘鑫,刘衡,汪深洋,等. 17 年生大花序桉生材性质的研究[J]. 江西农业学报,2020,32(7):45-49.
[17] 罗佳,马若克,韦鹏练,等. 大花序桉心边材的径向和轴向的变异[J]. 北京林业大学学报,2021,43(4):132-140.
[18] CARLOS M,HUGO O N,ANDREA C,et al. Physical and Mechanical Properties of Wood From a Population of *Eucalyptus bosistoana* F. Muell. Grown in Uruguay [J]. Crossref,2014(1):76-80.
[19] LI C R,WENG Q J,CHEN J B,et al. Genetic parameters for growth and wood mechanical properties in *Eucalyptus cloeziana* F. Muell. [J]. Crossref,2016(1):33-49.
[20] 冯茂松,张健,钟宇. 四川巨桉人工林大中量营养元素 DRIS 诊断[J]. 四川农业大学学报,2009,27(1):55-59.
[21] 姜成英,赵梦炯,吴文俊,等. 油橄榄叶片营养诊断研究[J]. 果树学报,2022,39(2):232-242.
[22] 冯茂松,张健,杨万勤,等. 不同方法在巨桉人工林养分诊断中的应用[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版),2009,37(2):81-87,92.
[23] 覃祚玉,曹继钊,覃其云,等. 马尾松人工幼林营养综合诊断[J]. 林业与环境科学,2019,35(3):50-55.
[24] ALIYU K T,HUISING J,KAMARA A Y,et al. Understanding nutrient imbalances in maize (Zea mays L.) using the diagnosis and recommendation integrated system (DRIS) approach in the Maize belt of Nigeria[J]. Scientific Reports,2021,11(1):1-13.
[25] SINGH D,SINGH K,HUNDAL H S. Diagnosis and recommendation integrated system (DRIS) for evaluating nutrient status of cotton (gossipium hirsutum)[J]. Journal of Plant Nutrition,2012,35(2):192-202.
[26] SILVA G P D, PRADO R D M, WADT P G S, et al. Modeling formulas of the comprehensive diagnosis and recommendation system (DRIS) for phosphorus in sugarcane[J]. Journal of Plant Nutrition, 2020, 44(9):1316-1329.
[27] OLIVEIRA R C,SILVA J,LANA R,et al. Fertilizer application levels in potato crops and the diagnosis and recommendation integrated system (DRIS)[J]. Agronomy, 2020,11(1):51.
[28] 国家林业局. 森林土壤分析方法:LY/T 1210—1275-1999[S]. 北京:中国标准出版社,1999.
[29] 冯大兰,魏立本,黄小辉,等. 梁平柚果实膨大期叶片矿质营养诊断研究[J]. 南京林业大学学报(自然科学版),2020,44(2):111-116.
[30] 高黎涛,唐荣伟,高帅帅,等. 基于 DRIS 法的不同速生柳营养诊断[J]. 天津农林科技,2022(2):4-9.
[31] ALVES M F D A. DRIS:concepts and applic ations on nutritional diagnosis in fruit crops[J]. Scientia Agricola, 2004,61(5):550-560.
[32] 臧国长,吴鹏飞,马祥庆,等. 闽南尾巨桉人工林叶片营养的 DRIS 诊断[J]. 福建农林大学学报(自然科学版),2013,42(4):381-384.
[33] 李淑仪,林书蓉,廖观荣,等. 雷林 1 号桉叶片营养诊断研究[J]. 林业科学研究,1997(1):13-18.
[34] 胡厚臻. 配方施肥下巨尾桉的生长生理及土壤肥力特征研究[D]. 南宁:广西大学,2016.

责任编辑:刘平书

doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2023. 06. 023

广东省松材线虫病疫情防控形势与策略

杨超裕[1],陈传国[1],姜 杰[1],张阳锋[1],许文安[1],谭志权[1],陈黄礼[1],卢雅莉[1],莫宝盈[1],熊 清[2]
(1. 广东省林业调查规划院,广东 广州 510520; 2. 昆明海关,云南 昆明 650000)

摘要:结合目前广东省松材线虫病的发生现状,分析疫情防控面临的形势,提出坚持系统防控、精准施策、科学防控、联防联控的总体思路以及提升防控综合水平、建立体制机制、健全保障体系三大防控策略,全面提高防控能力和水平,维护全省的森林资源和生态生物安全。

关键词:松材线虫病;防控区域划分;防控策略;广东

中图分类号:S763. 1 **文献标识码**:B **文章编号**:1671-3168(2023)06-0132-06

引文格式:杨超裕,陈传国,姜杰,等. 广东省松材线虫病疫情防控形势与策略[J]. 林业调查规划,2023,48(6):132-137. doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2023. 06. 023

YANG Chaoyu, CHEN Chuanguo, JIANG Jie, et al. Situation and Strategy of Pine Wilt Disease Epidemic Prevention and Control in Guangdong Province[J]. Forest Inventory and Planning, 2023, 48(6): 132-137. doi: 10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2023. 06. 023

Situation and Strategy of Pine Wilt Disease Epidemic Prevention and Control in Guangdong Province

YANG Chaoyu[1], CHEN Chuanguo[1], JIANG Jie[1], ZHANG Yangfeng[1], XU Wen'an[1], TAN Zhiquan[1], CHEN Huangli[1], LU Yali[1], MO Baoying[1], XIONG Qing[2]
(1. Guangdong Forestry Survey and Planning Institute, Guangzhou 510520, China;
2. Kunming Customs, Kunming 650000, China)

Abstract: Based on the occurrence status of pine wilt disease in Guangdong province, this paper analyzed the situation of the epidemic prevention and control, and put forward the overall thinking as insisting systematical prevention and control, precise countermeasures implementation, scientific prevention and control, and joint prevention and control, as well as three control strategies as improving the comprehensive level of prevention and control, establishing the system and mechanism, completing the security system, to comprehensively improve prevention and control capabilities and levels, and maintain forest resources and ecological biosecurity in the province.

Key words: pine wilt disease; division of prevention and control areas; prevention and control strategies; Guangdong

松材线虫病是由松材线虫(*Bursaphelenchus xylophilus*)寄生在松树体内引起松树迅速死亡的一种毁灭性林木病害,常被称为松树的"癌症",是世界上最具危险性的森林病害之一[1-2]。松树一旦染病最快 40 d 就死亡,易感松树死亡率近 100%,目前尚无有效药物可治[3-4]。自 1982 年松材线虫病在我

收稿日期:2022-08-17;**修回日期**:2022-10-12;**二次修回日期**:2022-10-25.
基金项目:广东省林业科技创新项目(2022KJCX005).
第一作者:杨超裕(1987-),女,广东吴川人,硕士,高级工程师. 主要从事林业调查规划方面工作. Email:554159346@qq. com

国江苏省南京市中山陵首次被发现后[5-6],松材线虫病不断扩散,危害寄主和传播媒介昆虫种类逐渐增多,目前我国近 6 000 万hm^2 松科植物受到严重威胁[7-8]。2021 年,国家林业和草原局将松材线虫病定性为重大植物疫情,这是国家层面首次在林业方面"明文公告"的首个重大植物疫情。

自 1988 年在深圳首次发现松材线虫病以来,广东省松材线虫病总体上呈现点多、面广的发生态势,危害日趋严重,已对全省松林资源、生态安全、自然景观、乡村振兴等造成较大的影响。结合当前全省松材线虫病的发生现状,分析研判疫情防控面临的形势,提出"十四五"以及今后一段时期松材线虫病防控的总体思路和策略,推进松材线虫病灾害治理现代化,切实打赢防控攻坚战,维护全省的森林资源和生态生物安全,为美丽广东建设提供重要生态基础,为新时代广东林业现代化建设走在全国前列提供强有力的生态支撑。

1 松材线虫病发生概况

1.1 病害发生现状

松材线虫病自 1988 年在深圳沙头角被首次发现;1997 年蔓延至惠州市、东莞市的部分地区;2000 年广州市出现了松材线虫病疫情。此后,由于广东自然条件因素,加之疫情防控工作中存在的监测精准性不足、疫木管理力度不够、除治质量不高等人为因素,直接导致全省松材线虫病扩散蔓延态势迅猛,目前南岭、车八岭、丹霞山等保护地亦遭受松材线虫病入侵,部分地区出现老松树枯死现象,河源、梅州、肇庆、云浮等粤北重点生态区域疫情危害日趋加剧。根据全省 2021 年秋季普查统计结果,截至 2021 年底,广东省松材线虫病发生面积共计 29.54 万hm^2,病枯死树共计 96.86 万株。松材线虫病在全省 19 个地级以上、市 75 个县级区均有分布,共有镇级疫点 619 个(表 1)。

1.2 病害影响范围

松材线虫是广东省目前危害最严重的外来重大林业有害生物。纵观全省松材线虫病疫情蔓延过程,总体上由南向北、由沿海向内陆、由珠三角向粤东、粤北、粤西扩散。松材线虫病的持续蔓延扩散,直接限制了松林资源的经营利用,严重影响了林农收入。同时,大量防控经费的投入增加了经济基础薄弱地区的地方财政负担。若广东省疫情蔓延扩散态势得不到有效控制,将进一步威胁全省森林资源安全,妨碍全省林业的高质量发展和乡村振兴。

表 1　广东省各地级以上市及省属林场松材线虫病疫情发生情况统计

Tab. 1　Epidemic situation of pine wilt disease in various cities and provincial forest farms in Guangdong Province

序号	统计单位	发生面积/hm^2	死亡松树数量/株
1	广州市	48160.47	19360
2	珠海市	1072.54	18306
3	汕头市	736.20	11819
4	佛山市	2199.20	22596
5	韶关市	18442.67	122603
6	河源市	77993.94	223579
7	梅州市	58186.60	119465
8	惠州市	22073.73	29928
9	汕尾市	8878.67	52238
10	东莞市	216.73	796
11	中山市	887.34	7644
12	江门市	515.00	13952
13	阳江市	108.31	6474
14	茂名市	12.33	11
15	肇庆市	5458.85	73703
16	清远市	32520.99	180808
17	揭阳市	4850.53	26439
18	潮州市	2710.87	26299
19	云浮市	4753.33	9239
20	省属国有林场	5574.33	3309

2 松材线虫病防控形势

2.1 防控区域划分

2.1.1 划分标准

根据《国家林业和草原局关于科学防控松材线虫病疫情的指导意见》(林生发〔2021〕30 号)要求[9],以防控目标为导向,将防控区域划分为一般预防区、轻型疫区、重型疫区(表 2)。

表 2　广东省松材线虫病防控区域划分标准

Tab. 2　Standard for regional division of prevention and control of pine wilt disease in Guangdong Province

防控区域	划分依据
一般预防区	未发生疫情的松林分布区域
轻型疫区	发生面积小、危害程度轻,或生态区位重要必须拔除的疫区
重型疫区	发生面积大、危害程度重的疫区

2.1.2 划分结果

综合各县(市、区)松材线虫病发生情况,以及所属区域生态重要性,将广东省划分为 27 个一般预防区、24 个轻型疫区和 53 个重型疫区[10](表 3)。

2.2 防控形势分析

2.2.1 疫情防控难度不断增大

广东地处亚热带地区,气候温暖,雨量充沛,自然环境非常适宜森林植被生长和有害生物繁殖扩散。虽然近 2 年松材线虫病发生总面积得到控制,但在分布范围上仍呈现扩散趋势,尤其在北部山区尤为明显。目前按照广东省统计局的统计结果[11],轻型疫区有 6 个、重型疫区有 41 个属于山区县(市、区),如图 1 所示,由此带来交通不便,监测防治作业难度大,存在盲区,疫情极易成灾。

2.2.2 疫情防控整体力量亟须增强

松材线虫病疫情防控是需全社会力量共同参与、持续推进的长期工作。但在实际工作中,因森防机构撤并,专业人员转岗调岗,导致管理人员缺乏,总体防控工作缺乏有效的统筹协调;主要依靠病虫害普查,未有效调动日常森林资源管理、巡护人员力量,导致疫情监测出现盲区;参与疫情防控的社会力量,其技术水平参差不齐,未能严格执行相关标准规定,导致防治成效打折扣。此外公众对松材线虫病防治缺乏有效认知,防控意识不高、参与度不足;部分木材加工、经营企业和个人依法检疫意识淡薄,主动配合防治检疫不够。

2.2.3 防控综合水平有待提升

松材线虫病防控是世界难题,缺乏有效的治本措施,需不断提升完善防控能力,多管齐下,做好监测、除治、检疫等各环节防控工作,确保防控效果。

表 3 广东省松材线虫病防控区域划分

Tab. 3 Regional division of prevention and control of pine wilt disease in Guangdong Province

防控区域	数量/个	行政区名称
一般预防区	27	广州市(1 个):番禺区;珠海市(2 个):金湾区、斗门区;汕头市(2 个):金平区、潮阳区;汕尾市(2 个):汕尾市城区、陆丰市;江门市(4 个):江海区、台山市、开平市、恩平市;阳江市(2 个):阳东区、阳西县;湛江市(5 个):麻章区、雷州市、廉江市、吴川市、遂溪县;茂名市(4 个):茂南区、电白区、信宜市、化州市;肇庆市(2 个):端州区、高要区;云浮市(3 个):云城区、云安区、新兴县
轻型疫区	24	广州市(5 个):白云区、黄埔区、花都区、从化区、增城区;珠海市(1 个):香洲区;汕头市(3 个):澄海区、濠江区、潮南区;佛山市(3 个):南海区、高明区、三水区;东莞市;中山市;江门市(3 个):蓬江区、新会区、鹤山市;阳江市(1 个):江城区;茂名市(1 个):高州市;肇庆市(1 个):四会市;清远市(1 个):连南瑶族自治县;潮州市(3 个):湘桥区、潮安区、饶平县
重型疫区	53	汕头市(1 个):南澳县;韶关市(10 个):浈江区、武江区、曲江区、乐昌市、南雄市、仁化县、始兴县、翁源县、新丰县、乳源瑶族自治县;河源市(6 个):源城区、东源县、和平县、龙川县、紫金县、连平县;梅州市(8 个):梅江区、梅县区、兴宁市、平远县、蕉岭县、大埔县、丰顺县、五华县;惠州市(5 个):惠城区、惠阳区、惠东县、博罗县、龙门县;汕尾市(2 个):海丰县、陆河县;阳江市(1 个):阳春市;肇庆市(5 个):鼎湖区、广宁县、德庆县、封开县、怀集县;清远市(7 个):清城区、清新区、英德市、连州市、佛冈县、阳山县、连山壮族瑶族自治县;揭阳市(6 个):榕城区、揭东区、空港经济区、普宁市、揭西县、惠来县;云浮市(2 个):罗定市、郁南县

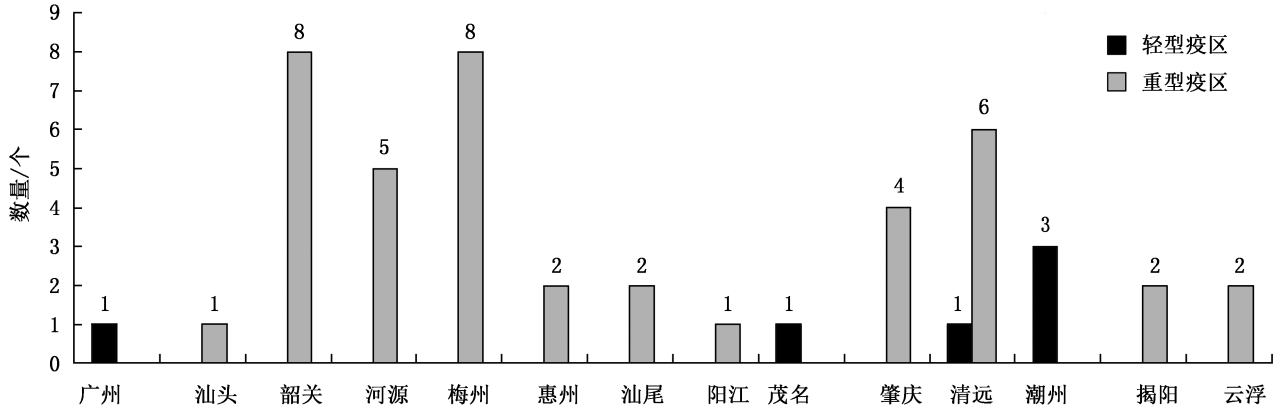


图 1 广东省山区县(市、区)防控区域统计

Fig. 1 Statistics of prevention and control areas in mountainous counties (cities and districts) of Guangdong Province

目前广东省松材线虫病疫情防控综合水平不高,基础数据采集、检疫检测等工作仍以人工地面踏查、监测、取样为主,数据采集不够全面;部分技术人员的专业性不够高,存在因技术水平不足导致一些新技术难以得到全面应用的现象;部分地区防治技术措施落实不到位,防治项目管理不规范,防治作业跟踪检查不力,存在诸如病死木和伐桩处理不及时、不彻底、不规范、不科学等问题;社会化防治专业公司的技术力量薄弱,且根据当前财政资金使用管理规定,政府购买社会服务的期限通常是 1 年,不同年度所用防治专业公司不能保证相同,使得防治工作易脱节,整体防控效果达不到预期。

2.2.4 防控资金投入亟须加大

在松材线虫病疫情蔓延扩散的背景下防控资金需求不断加大。但由于前期对林业有害生物防治工作不够重视,加之近几年受新冠肺炎疫情等客观因素影响,经济发展增速放缓,各级政府尤其是僻远山区的地方财政压力增大,造成防治资金缺口大,防控压力重,直接影响防治效果,具体统计见图 2,图 3。

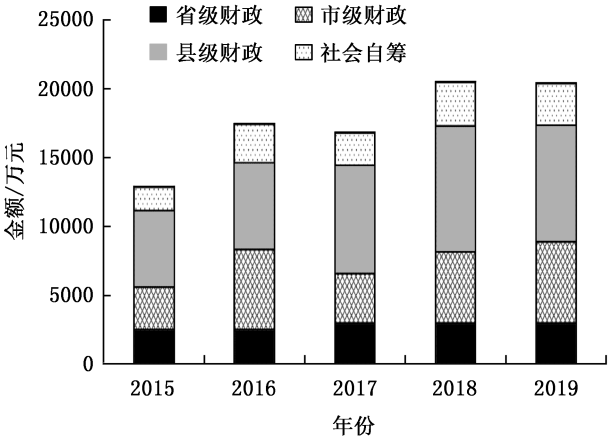
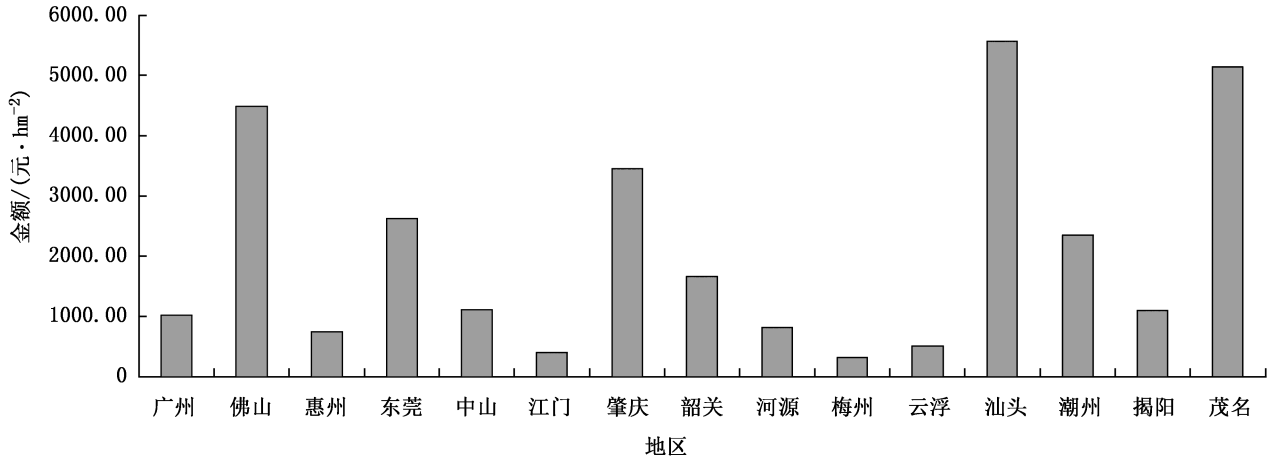


图 2　2015—2019 年防控资金投入统计

Fig. 2　Statistics of prevention and control fund investment from 2015 to 2019



注:图中所统计地市,珠三角地区包括广州、佛山、惠州、东莞、中山、江门、肇庆;粤北地区包括韶关、河源、梅州、云浮;粤东地区包括汕头、潮州、揭阳;粤西地区包括茂名。

图 3　2021 年部分地市防治单位面积投入统计

Fig. 3　Statistics of investment of prevention and control unit area in some regions in 2021

2015—2019 年统计数据显示,防控资金投入总额逐渐加大,但从 2021 年广东省防治单位面积投入方面分析可知各地存在一定差距,其中珠三角地区、粤东地区和粤西地区的资金投入普遍较高,而粤北地区投入相对较低。

2.2.5 联防联控机制效能发挥不足

从广东省目前防控情况看,联防联控机制效能尚未充分发挥。主要表现在部分地区仅将联防联治机制定位于类似常态化管理的“联席会议”;目前松材线虫病联防联控工作更多是由地方林业主管部门及森防机构承担,存在“孤军奋战”的现象;联防联控的目标不明确,部分防控目标量化难,难以采取针对性的措施,影响防控工作落实。

3 松材线虫病防控策略

3.1 明确松材线虫病防控综合思路

切实做到控制增量,消减存量,遏制疫情严重发生和快速扩散势头。针对全省各疫区间生态环境、

地理特征、疫情发生情况等差异性，通过分区、分级管理，进一步提升松材线虫病防控精细化管理水平（表 4）。充分依托全省林长制考核，压实各级政府防治主体责任，充分发挥地方各级重大林业有害生物防控指挥机构作用，高位推动、部门联动、上下齐动，健全完善联防联治机制，形成各负其责、齐抓共管的防控格局。

表 4 各区防控措施

Tab. 4 Prevention and control measures in each region

防控区域	防控措施
一般预防区	以疫情监测、检疫防御为主要措施，确保不发生疫情；或发生疫情后，1 年内实现无疫情，3 年内实现疫情拔除
轻型疫区	以疫情监测、灾害除治、林分更新改造等为主要措施，限期实现疫情拔除
重型疫区	以疫情监测、疫情除治和林分更新改造为主要措施，实现疫情整体可控、逐步压缩、定点清除，逐步压缩发生面积、减少疫点数量

3.2 提升松材线虫病防控综合水平

3.2.1 系统谋划疫情防控

从构建广东省生态安全体系的高度，做好松材线虫病疫情防控顶层设计，科学编制防控行动方案以及年度防控实施方案等，为打好疫情防控攻坚战提供科学指导。统筹松材线虫病防控与生态修复等工作，将疫情防控、疫木除治与“十四五”期间全省开展的高质量水源林建设、大径材基地建设、森林抚育等工程项目相结合，系统开展疫情防控和森林生态系统的修复。

3.2.2 提高疫情防控能力

在疫情监测预警方面，推动数字赋能疫情防控，构建松材线虫病疫情精细化监管平台，形成数据可动态展示、源头可追溯的“智慧监管”系统，全面提升精细化管理水平。在防治技术方面，坚持集中清理和即死即清相结合。严格按照有关防治技术规程，大力开展病（枯）死木集中清理。依托日常森林资源管护、林业科研及工程项目，统筹护林员、科研院所、高等院校和社会化防治组织等力量，形成疫情常规化巡护和发现报告机制，对零星病（枯）死木做到即死即清。对具有重要人文价值和社会意义的古树名木采取树干注药等重点防护措施。结合全省林业重点工程建设，有计划地进行林分结构调整，开展纯松林更新改造，加快除治迹地以实现森林恢复。

3.2.3 完善防控标准体系

根据国家层面最新印发的相关文件、技术规范，结合广东省松材线虫病发生特点、防控实际，制定出台相关指导文件，制修订地方技术标准，完善全省防控标准体系，统一防控思路，规范防治方法，保障防控成效。

3.3 健全松材线虫病防控机制

3.3.1 健全联防联控组织领导机制

按照法律法规，严格落实地方政府在松材线虫病防控中的主体责任，健全责任明确的联防联控工作机制。充分发挥地方各级重大林业有害生物防控指挥机构的作用，完善与农业农村、住房城乡建设、交通运输、水利、海关、气象局等部门间协调联动机制，形成防控合力。开展跨区域重大林业有害生物联防联治，建立重点生态区域联防联控机制，重点推进省际间、县际间的防治协作，健全省、市、县（区）、乡（镇）间多层次联防联控机制。强化联防联治目标管理，完善联防联治项目储备制度，加强联防联控目标考核和考核结果综合运用。

3.3.2 推行防控绩效承包制

推行年度防控绩效承包模式，以全年防控效果为评价核心，改变仅以疫木除治株数作为防治目标的模式。推进全年常态化防治，采取即死即清措施，确保秋季普查基本实现发病小班动态清零。鼓励有条件的地方积极探索 3 年以上的绩效承包防治模式，科学合理设置除治期和质保期。

3.3.3 强化防控监管考核机制

建立健全松材线虫病防控管理长效机制，对疫情监测、检疫封锁、山场除治、疫木处理等关键环节进行全过程监管。加强对社会化防治组织的管理，推动建立社会化防治组织登记备案制度，组织开展防控成效评估和企业信用评价，建立“黑名单”管理制度。以松材线虫病等防治成效的春季核验、夏季暗访、秋季督导、冬季评估为抓手，以通报、提醒、追责为手段，结合林长制工作，建立完善的检查督促机制，进一步落实严谨的防治标准、严格的疫木监管、严厉的行政处罚、严肃的责任追究，推动防控工作落实到位。

3.4 健全松材线虫病防控保障体系

3.4.1 加强政策支持

针对发生病害松林的改造需求，特别是疫点镇拔除松林采伐的需求，出台采伐指标倾斜政策，允许以县为单位统筹各年度采伐指标用于松林改造，县采伐指标不足的可向市级申请统筹。各级林业主管

部门要加强与发展改革、财政、工商管理等部门的沟通协调,推动市县完善变性疫木利用机制。

3.4.2 强化资金保障

用好中央财政林业有害生物防治补助资金和森林抚育补助资金,继续将“林业有害生物防控”作为省级对市县的涉农资金考核事项,保障年度预算安排。地方政府应将松材线虫病疫情防控工作所需资金纳入财政预算。加强资金使用监管,开展疫情防控资金使用绩效评价,创新资金管理方式。

3.4.3 提升科技支撑力度

加大研发资金投入力度,加强松材线虫病防控基础研究、应用技术研究和集成创新,积极推动疫情精准高效监测、疫木无害化处理、生物防治、发生病害松林改造等技术的提升,加强推进新药剂、新技术的研发,建立松材线虫病防控示范区,推广应用先进的防控技术。根据科技攻关最新成果,及时更新、发布广东省松材线虫病防治技术工作方案或指引等。

4 结　语

根据近 2 年松材线虫病疫情普查情况,广东省松材线虫病防控取得一定成效,相较于 2020 年,2021 年病害发生面积由 29.56 万hm^2 下降到 29.53 万hm^2,疫情发生乡镇数量由 625 个下降到 619 个。但是松材线虫病依然是广东省危害最严重的森林病害,且呈扩散蔓延态势,对标国家林草局印发的《全国松材线虫病疫情防控五年攻坚行动计划》和广东林长制考核的要求,防控形势严峻,防控任务仍艰巨。

在松材线虫病的防控过程中,要以全面推行林长制为契机,落实地方人民政府的防治主体责任和林业主管部门的部门主管责任,加强部门协作与区域联防联治,严格执行疫情防治的相关技术规范,建立健全相应体制机制和保障措施,全面提升灾害现代化治理能力和水平,才能有效遏制松材线虫病疫情严重发生和扩散蔓延的势头,维护好国家生态安全和生物安全。

参考文献:

[1] 全国植物检疫标准化技术委员会. 松材线虫普查监测技术规程:GB/T 23478—2009[S]. 北京:中国标准出版社,2009.

[2] 赵宇翔,吴坚,骆有庆,等. 中国外来林业有害生物入侵风险源识别与防控对策研究[J]. 植物检疫,2015,29(1):42-47.

[3] 叶建仁. 松材线虫病在中国的流行现状、防治技术与对策分析[J]. 林业科学,2019,55(9):1-10.

[4] 胡龙娇,吴小芹. 松树抗松材线虫病机制研究进展[J]. 生命科学,2018,30(6):659-666.

[5] 孙永春. 南京中山陵发现松材线虫[J]. 江苏林业科技,1982(4):47.

[6] 程瑚瑞,林茂松,黎伟强,等. 南京黑松上发生的萎蔫线虫病[J]. 森林病虫通讯,1983(4):1-5.

[7] 于海英,吴昊,张旭东,等. 落叶松自然条件下感染松材线虫初报[J]. 中国森林病虫,2019,38(4):7-10.

[8] 于海英,吴昊. 辽宁发现松材线虫新寄主植物和新传播媒介昆虫[J]. 中国森林病虫,2018,37(5):61.

[9] 国家林业和草原局. 国家林业和草原局关于科学防控松材线虫病疫情的指导意见(林生发〔2021〕30 号)[Z]. 2021.

[10] 广东省人民政府办公厅. 广东省人民政府办公厅关于转发省自然资源厅 省林业局《广东省松材线虫病疫情防控五年攻坚行动实施方案(2021—2025 年)》的通知(粤办函〔2021〕343 号)[EB/OL]. (2021-12-23). http://www.gd.gov.cn/xxts/content/post_3732255.html.

[11] 广东省统计局,国家统计局广东调查总队. 广东省统计年鉴 2021[M]. 北京:中国统计出版社,2022.

责任编辑:陈旭

doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2023. 06. 024

施用基肥对杉木幼苗生长及土壤有效养分的影响

张宏旺[1,2],陆星任[1,2],林海能[1,2],唐 健[1,3],石媛媛[1,3]
(1. 广西林用新型肥料研发中心,广西 南宁 530002; 2. 广西华沃特生态肥业股份有限公司,广西 南宁 530022;
3. 广西林业科学研究院,广西 南宁 530002)

摘要:以杉木为研究材料,探讨在同一纬度区域、立地条件较为一致的天峨县林朵林场、融安县西山林场、融水县贝江河林场施用基肥和不施用基肥处理对杉木 1~3 年生长量及对应地块土壤有效养分含量的影响,分别在种植 1、2、3 年后测定其树高、胸径及对应土壤 pH 值、有机质及速效氮、磷、钾、有效铁、硼等指标。结果表明:施用基肥处理促进了杉木平均树高、胸径的增长,显著或极显著提高土壤碱解氮、有效磷、速效钾等养分有效含量,有利于提高土壤综合肥力系数;试验区地块磷、钾有效养分含量较低,施用基肥后土壤速效钾养分得到缓解,但土壤有效磷养分仍严重缺乏。

关键词:杉木;基肥;生长量;土壤有效养分;土壤肥力

中图分类号:S723. 7;S791. 27;S723. 13;S714. 8 **文献标识码**:A **文章编号**:1671-3168(2023)06-0138-06
引文格式:张宏旺,陆星任,林海能,等. 施用基肥对杉木幼苗生长及土壤有效养分的影响[J]. 林业调查规划,2023,48(6):138-143. doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2023. 06. 024
ZHANG Hongwang, LU Xingren, LIN Haineng, et al. Effects of Basal Fertilizer Application on Growth of *Cunninghamia lanceolata* Seedlings and Soil Available Nutrients[J]. Forest Inventory and Planning,2023,48(6):138-143. doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2023. 06. 024

Effects of Basal Fertilizer Application on Growth of *Cunninghamia lanceolata* Seedlings and Soil Available Nutrients

ZHANG Hongwang[1,2], LU Xingren[1,2], LIN Haineng[1,2], TANG Jian[1,3], SHI Yuanyuan[1,3]
(1. Guangxi Research and Development Center of New Forest Fertilizer, Nanning 530002, China;
2. Guangxi Huawote Ecological Fertilizer Co., Ltd., Nanning 530022, China;
3. Guangxi Academy of Forestry Sciences, Nanning 530002, China)

Abstract: This study explores the effects of applying base fertilizer and not applying base fertilizer on the 1-3 year growth of *Cunninghamia lanceolata* and the corresponding soil available nutrient content in the same latitude area and site conditions in Linduo Forest Farm of Tian′e County, Xishan Forest Farm of Rong′an County, and Beijianghe Forest Farm of Rongshui County. The tree height, diameter at breast height and corresponding soil pH, organic matter and available N, P, K, available Fe, B and other indicators were measured after planting for 1, 2, and 3 years respectively. The results showed that the application of basal fertilizer promoted the growth of average height and DBH of *Cunninghamia lanceolata*, significantly or extremely significantly improved the effective contents of soil available N, P and K, and im-

收稿日期:2022-04-27.
第一作者:张宏旺(1990-),男,广西百色人,硕士研究生. 主要从事植物营养与土壤研究. Email:1271134786@qq. com
责任作者:唐健(1980-),男,广西桂林人,博士,高级工程师. 主要从事植物营养与土壤化学研究. Email:21712104@qq. com

proved the comprehensive fertility coefficient of soil; the content of available P and K nutrients in the experimental plot was low, and the available K nutrients were alleviated after the application of base fertilizer, but the available P nutrients were still seriously lacking.

Key words: *Cunninghamia lanceolata*; base fertilizer; growth; soil available nutrients; soil fertility

杉木(*Cunninghamia lanceolata*)是我国特有的原生树种,其材质优良、易于加工、耐腐朽,是广西人工林主要造林树种之一[1],也是目前我国人工林中面积最大的树种[2]。目前广西杉木林面积 150.38 万 hm^2,蓄积 12 922.9 万 m^3,分别占全区人工林总面积和蓄积的 25.38%和 37.44%,为广西林业发展起到了巨大推动作用[3]。随着广西杉木人工林普遍进入主伐期,伐后如何进行树种更新、维持土壤养分、基肥施用等实际生产经营问题受到普遍关注[4-5]。受立地条件的制约,大部分区域在采伐后采取连续种植杉木的经营方式,少部分气候温和、海拔较低的区域在采伐后种植桉树等短轮伐期速生树种以提高经济效益[6]。同时,涉及杉木人工林土壤养分维持的研究也取得了一定的进展,宋政凯等[7]以经遗传改良的半年生二代杉木良种实生苗为研究对象,采用"3414"试验设计,通过肥料效应函数得出,无微肥处理的 N、P、K 理论最佳施肥量分别为 0.407、0.193、0.262 g/kg。目前杉木幼苗对于基肥及追肥的响应机制研究较缺乏,为此,以桂北丘陵区域杉木人工新造林为研究对象,开展施用基肥对杉木生长及土壤有效养分影响的效果研究,为精准提升森林质量、培育大径材优质杉木提供合理科学的施肥技术参考。

1 材料与方法

1.1 试验区概况

试验地点位于天峨县林朵林场(107°17′E,25°09′N)、融安县西山林场(109°36′E,25°22′N)、融水县贝江河林场(109°24′E,25°08′N),试验林场均处于同一纬度区域,立地条件较为一致。试验区均属中亚热带季风气候,冬暖夏凉,四季分明,年均温 17.4~18.3℃,年均降水量 1 370 mm,地貌类型以丘陵和低山为主,土壤以红壤和山地黄壤为主;海拔 160~650 m,土层厚度 50~100 cm。其中,天峨县林朵林场造林时间为 2017 年 3 月,种植面积为 3.34 hm^2,种植密度为 2 475 株/hm^2;融安县西山林场造林时间为 2017 年 3 月,种植面积为 13.34 hm^2,种植密度为 2 505 株/hm^2;融水县贝江河林场造林时间为 2015 年 3 月,种植面积为 20.47 hm^2,种植密度为 3 000 株/hm^2。

1.2 试验方法

试验地在采伐结束后进行全面劈草、整地、造林。幼龄期进行抚育除草,林下植被稀少。在每个林场的杉木试验地块设置 2 个处理,分别为每株施基肥处理(1.0 kg/株)、对照处理(不施基肥),3 次重复,肥料为广西兴嘉农生态科技有限公司生产的有机肥,其中总养分≥8%、有机质≥45%。施基肥处理在挖穴时进行,把有机肥施在穴底,施后回填表土,一段时间后种植长势相似的优质杉树苗。标准地面积为 400 m^2(20 m×20 m),共 18 个标准地 。

1.3 生长调查

2016—2018 年期间,每年 11 月分别对各试验地进行林木调查。树高测量采用测高杆,胸径测量采用胸径尺,计算各试验地块林木的平均树高和平均胸径。计算种植 3 年后林木材积(融水县贝江河林场试验地块),林木单株材积按照广西壮族自治区杉木单株材积[8]方程计算:

$$V = 0.656\,71 \times 10^{-4} \times D^{1.769\,412} \times H^{1.069\,769} \quad (1)$$

蓄积量 = 单株材积 × 种植密度　　(2)

式中:V 为单株材积(m^3);D 为胸径(cm);H 为树高(m)。

1.4 土壤样品采集

在 2018 年 11 月调查林木生长情况时,各小区按照"S"形线路取样法分别采集试验地 0~20、20~40 cm 土层土样。采回的样品经混合、风干、分选、去杂、磨碎、过筛、登记等初步处理后,分别测定土样的 pH、有机质、碱解氮、有效磷、速效钾、有效硼等主要指标。

1.5 样品分析方法

土壤化学性质测定方法:pH 测定采用电位法(pH 计,水土比为 2.5∶1);碱解氮测定采用碱式扩散吸收法;有效磷测定采用 0.025 mol/L HCl-0.03 mol/L NH_4F 溶液浸提,钼兰比色法;土壤速效钾测定采用 0.1 mol/L NH_4AC 浸提,火焰光度计法。有效硼含量的测定参照 LY/T 1258—1999[9],有效铁、锰、锌、铜含量的测定参照 LY/T 1262—1999、LY/T 1261—1999、LY/T 1260—1999、NY/T 890—2004 等[10-13]。

1.6 土壤综合肥力评价

选择和土壤肥力有关的土壤 pH、有机质、碱解氮、有效磷、速效钾等指标，并参考全国第二次土壤普查的结果和分级标准[14]进行综合评价。采用改进的内梅罗公式[15]计算综合肥力系数，从而较全面又简单地定量化反映土壤肥力水平。

数据的标准化：上述的各单项指标之间不可加和，因此应先对数据进行标准化，从而消除各指标间量纲差别，计算公式为：

$$P_i = \begin{cases} X/X_a & X < X_a \\ 1 + (X - X_a)/(X_c - X_a) & X_a < X < X_c \\ 2 + (X - X_c)(X_p - X_c) & X_c < X < X_p \\ 3 & X > X_p \end{cases} \quad (3)$$

式中：P_i 为分肥力系数；X 为该属性测定值；X_a、X_p 为分级标准上、下限；X_c 为介于分级标准上、下限间。属性分级标准（X_a、X_p、X_c）主要参考第二次全国土壤普查标准（表 1）。

表 1 土壤养分指标分级标准

Tab. 1 Grading standards of soil nutrient indicators

指标	等级		
	X_a	X_c	X_p
pH(<7)	4.5	5.5	6.5
有机质/(g·kg^{-1})	10	20	30
水解性氮/(mg·kg^{-1})	60	120	180
有效磷/(mg·kg^{-1})	3	10	20
速效钾/(mg·kg^{-1})	40	100	150

将得到的养分分肥力系数计算养分综合指数：

$$P = \sqrt{\frac{(P_{iave})^2 + (P_{imin})^2}{2}} \cdot \left(\frac{n-1}{n}\right) \quad (4)$$

式中：P 为土壤综合肥力；P_{iave}、P_{imin} 为土壤各属性分肥力均值与最小值。根据求得的土壤肥力指数，将土壤肥力分为很肥沃、肥沃、一般、贫瘠 4 个等级（表 2）。

表 2 土壤肥力等级划分

Tab. 2 Classification of soil fertility grades

肥力等级	肥力评语	综合肥力系数
一等	很肥沃	≥2.7
二等	肥沃	1.8~<2.7
三等	一般	0.9~<1.8
四等	贫瘠	<0.9

2 结果与分析

2.1 树高、胸径、蓄积量分析

2.1.1 树高和胸径分析

施用基肥对幼林杉木树高和胸径的生长均有促进作用，且效果明显优于对照处理。对于树高生长，施用基肥后，3 个林场的 1 年生幼林杉木树高比对照增加 7.10%~32.97%，其中贝江河林场的树高增加最显著，增加了 32.97%；贝江河林场施用基肥的 2 年生和 3 年生幼林杉木树高均极显著高于不施基肥的杉木树高，且分别增加 17.89%、24.19%。对于胸径生长，融安县西山林场 1 年生幼林施用基肥处理高出对照 4.68%；融水县贝江河 2 年生、3 年生幼林施用基肥处理均极显著高于对照，分别高出 15.11%、38.35%（表 3）。

表 3 种植 1~3 年后杉木生长量调查统计

Tab. 3 Statistics of the growth of *Cunninghamia lanceolata* after planting 1−3 years

样地	处理	树高		胸径	
		均值/m	比 CK 增长/%	均值/cm	比 CK 增长/%
天峨县林朵林场	不施基肥 1 a	2.63±0.12			
	施基肥 1 a	3.05±0.13	15.82		
融安县西山林场	不施基肥 1 a	2.58±0.13		3.13±0.03	
	施基肥 1 a	2.77±0.15	7.10	3.28±0.07	4.68
融水县贝江河林场	不施基肥 1 a	1.57±0.15			
	施基肥 1 a	2.08±0.10	32.97		
	不施基肥 2 a	3.17±0.06		3.86±0.07	
	施基肥 2 a	3.73±0.07 **	17.89	4.44±0.06 **	15.11
	不施基肥 3 a	4.13±0.11		5.16±0.05	
	施基肥 3 a	5.13±0.12 **	24.19	7.14±0.09 **	38.35

注：* 表示在 $LSD_{0.05}$ 水平下显著，** 表示在 $LSD_{0.01}$ 水平下显著；1 年、2 年、3 年分别表示杉木种植 1 年后、2 年后、3 年后。下同。

2.1.2 蓄积量分析

对于蓄积量，1年生、2年生、3年生幼林杉木

施用基肥处理均极显著高于对照处理,且随着幼林树龄的增加,效果更显著;1 年生幼林杉木施用基肥处理每公顷蓄积量较对照处理增加量最差,为 17.19%;3 年生幼林杉木施用基肥处理每公顷蓄积量较对照处理增加量最好,为 124.04%(表 4)。

表 4　种植 1~3 年后杉木蓄积量调查统计

Tab. 4　Statistics of the stock volume of *Cunninghamia lanceolata* after planting 1−3 years

样地	处理	蓄积量	
		均值 /($m^3 \cdot hm^{-2}$)	比 CK 增长 /%
融安县西山林场	不施基肥 1a	$15.18\times10^{-3}\pm0.85$	
	施基肥 1 a	$17.79\times10^{-3}\pm1.08$ **	17.24
融水县贝江河林场	不施基肥 2 a	$32.83\times10^{-3}\pm1.23$	
	施基肥 2 a	$50.05\times10^{-3}\pm1.67$ **	52.48
	不施基肥 3 a	$72.81\times10^{-3}\pm2.03$	
	施基肥 3 a	$163.12\times10^{-3}\pm3.12$ **	124.02

2.2 肥料效应分析

2.2.1 pH 和有机质

施用基肥处理较对照组处理均提高了土壤的 pH 值、有机质含量。施用基肥后,融安县西山林场和融水县贝江河林场土壤 pH 值均有提高,但不显著;天峨县林朵林场土壤 pH 值显著性提高。施用基肥处理的有机质含量较对照处理均极显著提高,其中融安县西山林场、融水县贝江河林场、天峨县林朵林场土壤有机质含量较对照处理分别提高 0.79%、1.04%、1.14%(表 5)。

表 5　土壤 pH 和有机质

Tab. 5　Soil pH and organic matter

样地	处理	土层	pH	有机质 /($g \cdot kg^{-1}$)
天峨县林朵林场	不施基肥 1 a	土壤 A+B 层	4.18± 0.04	38.53± 0.04
	施基肥 1 a	土壤 A+B 层	4.35± 0.03 *	38.97± 0.07 **
融安县西山林场	不施基肥 1 a	土壤 A+B 层	4.23± 0.02	30.41± 0.04
	施基肥 1 a	土壤 A+B 层	4.28± 0.04	30.65± 0.03 **
融水县贝江河林场	不施基肥 3 a	土壤 A+B 层	4.52± 0.06	36.42± 0.03
	施基肥 3 a	土壤 A+B 层	4.58± 0.05	36.80± 0.04 **

2.2.2 大量元素养分分析

施用基肥有利于提高土壤中的碱解氮、有效磷、速效钾大量元素有效养分含量。施用基肥处理碱解氮含量均极显著高于对照处理,其中,融安县西山林场的土壤碱解氮含量较对照处理增加 34.54%,效果最好,而天峨县林朵林场的增加效果最差,增加 9.94%。施用基肥处理有效磷含量均显著或极显著高于对照处理,其中,贝江河林场的有效磷含量较对照处理增加 150.00%,效果最好,而天峨县林朵林场增加 38.46%,效果最差。施用基肥处理速效钾含量均极显著高于对照处理,其中,融安县西山林场的土壤有效钾含量较对照处理增加 44.28%,效果最好,而天峨县林朵林场增加 39.79%,效果最差(表 6)。

表 6　土壤大量元素养分分析

Tab. 6　Analysis of soil macroelement nutrients

样地	处理	土层	碱解氮 /($mg \cdot kg^{-1}$)	有效磷 /($mg \cdot kg^{-1}$)	速效钾 /($mg \cdot kg^{-1}$)
天峨县林朵林场	不施基肥 1 a	土壤 A+B 层	136.25 ± 0.18	0.13 ± 0.01	26.29 ± 0.15
	施基肥 1 a	土壤 A+B 层	149.80 ± 1.57 **	0.18 ± 0.12 *	36.75 ± 0.09 **
融安县西山林场	不施基肥 1 a	土壤 A+B 层	127.43 ± 1.55	0.10 ± 0.01	47.38 ± 0.50
	施基肥 1 a	土壤 A+B 层	171.44 ± 1.60 **	0.20 ± 0.01 **	68.36 ± 0.53 **
融水县贝江河林场	不施肥 3 a	土壤 A+B 层	153.47 ± 2.85	0.08 ± 0.01	52.53 ± 0.52
	施基肥 3 a	土壤 A+B 层	175.44 ± 2.04 **	0.20 ± 0.01 **	73.92 ± 0.83 **

2.2.3 微量元素养分分析

施用基肥处理有利于提高土壤中有效铜、有效锌、有效锰、有效硼含量,而降低有效铁含量。施用基肥处理相较于对照处理,显著地提高了天峨县林

朵林场土壤有效铜含量,极显著地提高了贝江河林场土壤有效锰含量,显著地提高了土壤有效硼含量,极显著地提高土壤有效锌含量,而极显著性地降低了土壤有效铁含量(表 7)。

表 7 土壤中微量元素养分分析

Tab. 7 Analysis of soil microelement nutrients

样地	处理	土层	有效铜 /(mg · kg^{-1})	有效锌 /(mg · kg^{-1})	有效铁 /(mg · kg^{-1})	有效锰 /(mg · kg^{-1})	有效硼 /(mg · kg^{-1})
天峨县林朵林场	不施基肥 1 a	土壤 A+B 层	1.03 ± 0.06	4.93 ± 0.06	81.48 ± 0.52 **	0.63 ± 0.52	0.33 ± 0.02
	施基肥 1 a	土壤 A+B 层	1.33 ± 0.07 *	5.34 ± 0.05 **	75.90 ± 0.38	0.73 ± 0.60	0.51 ± 0.04 *
融安县西山林场	不施基肥 1 a	土壤 A+B 层	1.16 ± 0.06	5.94 ± 0.09	81.65 ± 0.69 **	1.94 ± 0.07	0.33 ± 0.03
	施基肥 1 a	土壤 A+B 层	1.25 ± 0.07	6.97 ± 0.07 **	61.36 ± 0.75	2.08 ± 0.05	0.53 ± 0.05 *
融水县贝江河林场	不施基肥 3 a	土壤 A+B 层	1.41 ± 0.06	5.04 ± 0.09	68.33 ± 0.42 **	1.75 ± 0.04	0.23 ± 0.03
	施基肥 3 a	土壤 A+B 层	1.52 ± 0.05	6.04 ± 0.11 **	51.42 ± 0.45	2.19 ± 0.07 **	0.40 ± 0.02 *

2.3 土壤综合肥力分析

各林场土壤综合肥力系数为 1.22 ~ 1.44,属于一般肥力水平。各处理的土壤最小分肥力系数均为有效磷,且土壤磷分肥力系数均小于 0.9,说明这几个地块杉木种植区土壤严重缺磷。各对照处理地块的土壤钾分肥力系数均小于 0.9,说明这几块杉木种植区土壤严重缺钾。施用基肥处理的分肥力系数和综合肥力系数均高于对应的对照处理,表明了施用基肥有利于缓解氮、钾等养分缺乏现象,同时提高土壤综合肥力(表 8)。

表 8 土壤肥力综合评价结果

Tab. 8 Comprehensive evaluation results of soil fertility

样地	处理	P_i					平均值	P
		pH 值	有机质	碱解氮	有效磷	速效钾		
天峨县林朵林场	不施基肥 1 a	0.93	3.00	2.27	0.04	0.66	1.38	1.22
	施基肥 1 a	0.97	3.00	2.50	0.06	0.92	1.49	1.32
西山林场	不施基肥 1 a	0.94	3.00	2.12	0.03	0.79	1.38	1.22
	施基肥 1 a	0.95	3.00	2.86	0.07	1.14	1.60	1.42
融水县贝江河林场	不施基肥 3 a	1.00	3.00	2.56	0.03	0.88	1.49	1.32
	施基肥 3 a	1.02	3.00	2.92	0.07	1.23	1.65	1.46

3 讨 论

林木施肥是重要的集约型营林措施,合理的施肥可以提高林地生产力,从而提高杉木种植的经济收益。适量增施氮对杉木的苗高、地径生长和干重积累均有良好的促进作用[16]。施肥能显著促进杉木幼苗苗高和地径的生长,但需配施 N、P、K 肥,单施 N 肥的效果较 N、P、K 配施的效果差,单施 N 肥和 N、P、K 肥配施的处理达到极显著差异[17]。本研究主要探讨施用基肥对杉木的生长以及土壤养分的影响。通过研究发现,施用基肥后,促进 3 个不同地块的杉木树高和胸径的增长,陈金林等[18]研究表明,施肥能促进杉木各营养器官生物量的增长,与该实验结果一致。施基肥处理第二年、第三年的杉木树高和胸径均极显著高于不施基肥处理,林文龙[19]研究得出基肥的施用对树高生长、胸径生长均有促进作用,方差分析均达到了极显著差异,多重比较均为施肥与不施肥间达到了显著或极显著差异,与该实验结果一致。

土壤是林木生长的基质,土壤养分与土壤肥力相关息息相关[20],是决定树林生产力的关键因素[21]。本试验研究表明,施用基肥后,各地块均提高了土壤酸碱度,极显著提高了土壤有机质含量,显著或极显著地提高了土壤的速效钾、有效磷含量,刘吉青等[22]研究得出施用有机底肥可提高土壤速效

氮、速效钾、有机质等含量,增加土壤肥力,与该试验一致。对照处理的土壤中磷、钾分肥力系数在施肥前均小于 0.9,而施肥处理后各地块磷肥力系数均有提高、钾肥力系数均高于 0.9,说明施用基肥有利于缓解土壤磷、钾不足。

4 结　论

施用基肥处理促进幼龄杉木的胸径和树高生长,同时也提高了单株蓄积量。施用基肥处理对土壤的酸碱度及有机质含量影响不大,但能显著或极显著提高土壤中氮、磷、钾等大量元素速效养分含量,提高铜、锌、锰等微量元素有效养分含量,提高土壤综合肥力水平。

参考文献:

[1] 赵隽宇,张泽尧,覃祚玉,等. 长期连作下广西杉木人工林主产区土壤肥力演变特征与评价[J]. 中南林业科技大学学报,2020,40(9):124-131.

[2] 吴建强, 王懿祥, 杨一,等. 干扰树间伐对杉木人工林林分生长和林分结构的影响[J]. 应用生态学报,2015,26(2):340-348.

[3] 戴俊,陈代喜,黄开勇,等. 广西杉木第二代良种林分生长量调查分析[J]. 广西林业科学,2020,49(2):237-240.

[4] 王亭然. 广西地区杉木和桉树人工林生态经济风险评价[D]. 泰安:山东农业大学,2020.

[5] 吴阳光. 广西杉木良种选育与高效培育技术的研究[J]. 农业技术与装备,2020,368(8):115-116.

[6] 班荣辽. 杉木高效经济生态造林技术探讨[J]. 绿色科技,2017(19):185-186.

[7] 宋政凯,李惠通,赖慧捷,等. 二代杉木良种苗木的施肥配方研究[J]. 森林与环境学报,2020,40(4):420-427.

[8] 黄道年. 广西杉木立(林)木材积表的编制[J]. 林业科学,1957,3(1):43-53.

[9] 中国林业科学研究院林业研究所森林土壤研究室. 森林土壤有效硼的测定:LY/T 1258—1999[S]. 北京:中国林业科学院林业研究所,1999.

[10] 中国林业科学研究院林业研究所森林土壤研究室. 森林土壤有效铁的测定:LY/T 1262—1999[S]. 北京:中国林业科学院林业研究所,1999.

[11] 中国林业科学研究院林业研究所森林土壤研究室. 森林土壤有效锌的测定:LY/T 1261—1999[S]. 北京:中国林业科学院林业研究所,1999.

[12] 中国林业科学研究院林业研究所森林土壤研究室. 森林土壤有效铜的测定:LY/T 1260—1999[S]. 北京:中国林业科学院林业研究所,1999.

[13] 中国农业科学院土壤肥料研究所. 土壤有效态锌、锰、铁、铜含量的测定:NY/T 890—2004[S]. 北京:中国农业部,2004.

[14] 全国土壤普查办公室. 中国土壤[M]. 北京:中国农业出版社,1998.

[15] 阚文杰,吴启堂. 一个定量综合评价土壤肥力的方法初探[J]. 土壤通报,1994(6):245-247.

[16] 范少辉,俞新妥. 杉木苗期氮素营养诊断的研究[J]. 森林与环境学报,1986(2).

[17] 李真子,徐玉梅,袁莲珍,等. N,P,K 对杉木幼苗生长量的影响[J]. 四川林业科技,2015,36(2):95-97.

[18] 陈金林,俞元春. 杉木幼林施肥肥效分析[J]. 林业科学研究,1996,9(4):426-430.

[19] 林文龙. 不同施肥方式对杉木幼林生长的影响[J]. 农村经济与科技,2016,27(7):76-78.

[20] 覃其云,唐健,邓小军,等. 广西马尾松人工林土壤肥力评价研究[J]. 林业调查规划,2017,42(6):16-21,32.

[21] 方晰,田大伦,秦国宣,等. 杉木林采伐迹地连栽和撂荒对林地土壤养分与酶活性的影响[J]. 林业科学,2009,45(12):65-71.

[22] 刘吉青,兰挚谦,田兴武,等. 不同有机底肥对设施番茄生长和土壤肥力的影响[J]. 北方园艺,2019(19):67-74.

责任编辑:杨竣焓

doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2023. 06. 025

施肥对云南松生长及其器官和土壤养分的影响

彭思华[1],余 杰[1],李莲芳[2],王慷林[2],陈 超[1],毛家伟[1],郭太堂[1]
(1. 中国地质调查局昆明自然资源综合调查中心,云南 昆明 650111; 2. 西南林业大学,云南 昆明 650224)

摘要:为探究配方施肥对云南松松针养分含量和土壤理化性质的影响,为云南松幼林抚育提供科学依据,以 8 年生云南松为试材,采用 $U*_{15}(15^7)$ 均匀设计开展复合肥、氮肥、磷肥、镁肥和硼肥配施的试验。处理组合的针叶长、烘干含水率、针叶全氮、全磷和全钾分别为 23. 90~27. 34 cm、55. 47%~60. 88%、0. 17%~0. 57%、0. 13%~0. 33% 和 0. 17%~0. 82%,对照的则为 24. 14 cm、60. 75%、0. 35%、0. 17%和 0. 29%。其中,全磷和全钾具有显著的差异。处理组合的土壤 pH、烘干含水率、速效氮、速效磷、速效钾和胸径增长率分别为 4. 08~4. 69、17. 27%~34. 59%、22. 77~41. 91、7. 70~11. 80、66. 44~174. 67 mg/kg 和 23. 5%~50. 3%,对照的则为 4. 42、17. 27%、23. 70、8. 23、81. 11 mg/kg 和 22. 4%,处理组合间速效磷、速效钾和胸径增长率具有极显著的差异。土壤理化性质与因素具有复杂的相关性,硼肥与胸径增长率呈现显著的正相关;配施复合肥 1. 6 kg/3 cm、氮肥 0. 10 kg/3 cm、磷肥 0. 2 kg/3 cm,镁肥 7. 5 g/3 cm 和硼肥 1. 5 g/3 cm 可改善土壤理化性质,促进云南松幼树胸径生长。

关键词:云南松;均匀试验;施肥;松针;土壤理化性质

中图分类号:S791. 257;S753. 532;S714. 5 **文献标识码**:A **文章编号**:1671-3168(2023)06-0144-07
引文格式:彭思华,余杰,李莲芳,等. 施肥对云南松生长及其器官和土壤养分的影响[J]. 林业调查规划,2023,48(6):144-150. doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2023. 06. 025
PENG Sihua, YU Jie, LI Lianfang, et al. Effects of Fertilization on Growth and Soil Nutrients of *Pinus yunnanensis*[J]. Forest Inventory and Planning,2023,48(6):144-150. doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2023. 06. 025

Effects of Fertilization on Growth and Soil Nutrients of *Pinus yunnanensis*

PENG Sihua[1], YU Jie[1], LI Lianfang[2], WANG Kanglin[2], CHEN Chao[1], MAO Jiawei[1], GUO Taitang[1]
(1. Kunming Natural Resources Comprehensive Investigation Center, China Geological Survey, Kunming 650111, China; 2. Southwest Forestry University, Kunming 650224, China)

Abstract: To explore the effects of combined application on the nutrient content of pine needles and soil physical and chemical properties of *Pinus yunnanensis*, and to provide scientific basis for the tending of young forests, the uniform design of $U*_{15}(15^7)$ was used to carry out the experiment of combined application of compound fertilizer, nitrogen fertilizer, phosphate fertilizer, magnesium fertilizer and boron with 8-year-old growing *P. yunnanensis* as the test material. The needle length, drying moisture content, total

收稿日期:2022-06-01.
基金项目:国家"十三五"重点研发计划"林业资源培育及高效利用技术创新重点专项"(2017YFD 0600504-1).
第一作者:彭思华(1994-),女,云南腾冲人,硕士研究生. 主要从事森林培育方向的研究. Email:2356922321@ qq. com
责任作者:李莲芳(1964-),女,云南墨江人,教授,博士生导师. 主要从事森林培育和林木遗传育种及林学相关教学和研究. Email:1764199393@ qq. com

nitrogen, total phosphorus and total potassium of the treatment combination were 23.90 - 27.34 cm, 55.47%-60.88%, 0.17%-0.57%, 0.13%-0.33% and 0.17%-0.82%, respectively, while the controls were 24.14 cm, 60.75%, 0.35%, 0.17% and 0.29%, and total phosphorus and total potassium had significant difference. The growth rates of soil pH, drying moisture content, available nitrogen, available phosphorus, available potassium and DBH were 4.08 - 4.69, 17.27% - 34.59%, 22.77 - 41.91, 7.70-11.80, 66.44-174.67 mg/kg and 23.5%-50.3%, respectively, while the values in the control group were 4.42, 17.27%, 23.70, 8.23, 81.11 mg/kg and 22.4%, and the growth rates of available P, available K and DBH in the control group were significantly different. The physical and chemical properties of soil had a complex correlation with the factors, and boron fertilizer was significantly positively correlated with the growth rate of DBH. The combined application of 1.6 kg/3 cm compound fertilizer, 0.10 kg/3 cm nitrogen fertilizer, 0.2 kg/3 cm phosphate fertilizer, 7.5 g/3 cm magnesium fertilizer and 1.5 g/3 cm boron fertilizer could improve the soil physical and chemical properties, and promote the DBH growth of young *P. yunnanensis* forest.

Key words: *Pinus yunnanensis*; uniformity trial; fertilization; pine needles; soil physical and chemical properties

云南松(*Pinus yunnanensis*)为松科(Pinaceae)松属常绿针叶大乔木,是西南特有的用材树种,在云南社会经济和环境可持续发展中具有其它树种不可替代的作用[1]。植物生长所需要的水分由土壤提供,酸碱度和含水量是研究土壤质量的重要指标[2-3]。施肥可改善土壤理化性质、调节酸碱度,为植物的生长提供养分并促进林木速生。土壤的化学性状影响根的分布进而影响林木的生长,尤其氮(N)、磷(P)和钾(K)与之紧密相关。酸碱度影响营养物质的存在状态、微生物的活性、土壤的透气性及肥料的有效利用[4-7]。

氮、磷和钾是植物生长必需的三大元素,施入含此三类元素的肥料可改善林分的土壤特性。目前,已有相关的研究表明,不同肥料配施改善柚木(*Tectona grandis*)、杉木(*Cunninghamia lanceolata*)和泡桐(*Paulownia fortunei*)人工林土壤氮磷钾含量和pH值,进一步促进林木生长[8-11]。施肥是人工林培育的重要措施之一,科学合理的施肥促进林木的生长。樟树(*Cinnamomum camphora*)、湿地松(*P. elliottii*)、思茅松(*P. elliottii*)、南方红豆杉(*Taxus wallichiana*)和墨西哥柏(*Cupressus lusitanica*)等人工林试验表明,施肥可促进胸径生长,对林分生长有积极的促进效果[12-16]。

本研究采用 $U*_{15}(15^7)$ 均匀设计开展复合肥、氮肥、磷肥、镁肥和硼肥配施的试验,施肥 2 a 后测定松针和土壤含水率、pH 值、总氮磷钾和速效氮磷钾含量,了解施肥对云南松人工林土壤理化特性及林木针叶养分的影响,丰富云南松人工林施肥的土壤及针叶养分相关资料,为云南松人工林施肥提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验地和林分概况

研究地位于昆明市宜良县禄丰村林场尖山林区,地理位置为 103°09′54.7″E,24°33′70.7″N,海拔 1 970~2 100 m,亚热带季风气候,常年多西南季风。属云南松中心分布区,年平均及最高和最低气温分别为 17.5、31.5 和 -5℃,年平均降雨量约 995.3 mm,蒸发量约 1 710.9 mm,相对湿度约 68%。土壤属风化程度高的酸性红壤,弱酸性的沉积岩或河流沉积物堆积成土母质发育形成的山原红壤[17-18]。试验林分为 8 年生人工林,采用 1 m×2 m×4 m 的非均匀密度(初始密度 3 334 株/hm^2)造林。施肥前,林分经过 1 次修枝和疏伐,密度降低至 2 211 株/hm^2。

1.2 研究方法

试验因素包括复合肥(N∶P∶K = 15∶39∶8)、氮肥(尿素,含 N ≥ 46.4%)、磷肥($CaP_2H_4O_8$)、镁肥(含 Mg ≥ 98%)和硼肥(含 B = 98%)5 因素,每因素 5 水平(表 1)。根据因素水平,采用 $U*_{15}(15^7)$ 均匀设计开展试验。采用样本代重复进行统计分析。

施肥前对选好的林木开展每木检尺(胸径和树高),根据胸径逐株计算施肥量。施肥后 2 a 时,每一处理组合(包括不施肥的对照)随机选取 3 株林木,在选取的林木冠幅下,以及周边林窗下设置 3 个土壤采样点,清理枯落物和土壤腐殖质层,开挖土壤剖面。采用环刀取土样。将土壤组成混合土样,用

表 1 试验的因素及水平

Tab. 1 Factors and levels of the trial

水平	A-复合肥	B-尿素	C-磷肥	D-镁肥	E-硼肥
	/(kg · 3 cm^{-1})			/(g · 3 cm^{-1})	
1	0.80	0.20	0.10	0.00	2.50
2	1.60	0.25	0.20	2.50	3.00
3	0.00	0.00	0.30	5.00	3.50
4	0.20	0.10	0.40	7.50	1.50
5	0.40	0.15	0.00	10.00	2.00

注:表中 kg/3 cm 指按每 3 cm 胸径作为单位计算施肥量;横杠前字母 A~E 为因素代码。

四分法取混合土,及时称量土壤重量后装入自封袋带回实验室。共计 15 个土样,自然风干后称取干重。

选择同样的林木,在阳面的中上部采集针叶,3 株林木的针叶混合为一个样品,共 15 个针叶样品,装入自封袋中,带回实验室测定相关指标。对土壤样品 pH 值采用电位法测定;分别采用奈氏比色法、钒钼黄比色法和火焰光度计法测定针叶的全氮(TN)、磷(TP)和钾(TK);土壤速效氮(AN)、磷(AP)和钾(AK)分别用碱解扩散法、1/2 H_2SO_4 法和火焰光度计法测定[19]。对数据采用 SPSS 软件进行分析,采用 Duncan's 和 Person 法分别进行多重比较和相关分析。

2 结果与分析

2.1 施肥对松针性状和养分的影响

2.1.1 施肥水平组合对松针性状和养分的影响

处理组合的针叶长和烘干含水率分别为 23.90~27.34 cm 和 55.47%~60.88%,对照的则为 24.14 cm 和 60.75%,施肥对此 2 指标无显著的差异影响($P_{针}$ = 0.546、$P_{含}$ = 0.205 > 0.05);处理组合的 TN、TP 和 TK 分别为 0.17%~0.57%、0.13%~0.33%和 0.17%~0.82%,对照的则为 0.35%、0.17%和 0.29%;处理组合间 TP 和 TK 呈现显著的差异($P_{磷}$ = 0.025,$P_{钾}$ = 0.047 < 0.05),除处理组合 13(复合肥 0.8 kg/3 cm、氮肥 0.1 kg/3 cm、磷肥 0.2 kg/3 cm、镁肥 10.0 g/3 cm、硼肥 2.5 g/3 cm)和 14(复合肥 1.6 kg/3 cm、氮肥 0.2 kg/3 cm、镁肥 7.5 g/3 cm、硼肥 2.5 g/3 cm)外,其余的 TP 均高于对照;除处理组合 3(复合肥 0.4 kg/3 cm、氮肥 0.25 kg/3 cm、磷肥 0.4 kg/3 cm、硼肥 2.0 g/3 cm)和 8(磷肥 0.30 kg/3 cm、镁肥 5.00 g/3 cm、硼肥 3.50 g/3 cm)外,其余的 TK 均大于对照的(表 2)。试验结果揭示,复合肥和微量元素配施能极显著促进云南松幼林松针养分含量增长,多数处理组合呈现养分 3 要素增加的现象。

表 2 处理组合的松针理化性质

Tab. 2 Physical and chemical properties of pine needles

处理组合	TN/%	TP/%	TK/%	针叶长/cm	含水率/%
1	0.32±0.07	0.25±0.07ab	0.43±0.06b	25.78±0.27	59.02±0.85
2	0.27±0.06	0.31±0.07a	0.63±0.07ab	26.92±0.82	59.44±0.36
3	0.40±0.03	0.18±0.05b	0.17±0.03c	27.27±1.58	58.78±0.99
4	0.33±0.08	0.19±0.01b	0.43±0.14b	27.34±1.88	59.40±0.79
5	0.31±0.07	0.25±0.02ab	0.54±0.11b	23.90±1.66	59.89±1.24
6	0.19±0.01	0.28±0.05ab	0.82±0.01a	24.93±0.81	59.79±1.05
7	0.39±0.10	0.25±0.02ab	0.61±0.19ab	24.33±0.55	58.75±1.01
8	0.42±0.12	0.15±0.03bc	0.26±0.10bc	24.81±1.14	60.25±0.25
9	0.36±0.09	0.23±0.01ab	0.34±0.14bc	26.71±1.08	58.76±1.04
10	0.38±0.02	0.24±0.08ab	0.30±0.12bc	26.63±2.18	59.00±1.12
11	0.57±0.19	0.33±0.02a	0.33±0.20bc	25.44±0.94	55.47±1.90
12	0.30±0.06	0.20±0.00b	0.66±0.09ab	25.44±0.98	60.43±1.79
13	0.17±0.01	0.13±0.01c	0.36±0.11bc	25.83±1.11	59.49±0.57
14	0.41±0.02	0.15±0.00bc	0.42±0.01b	27.34±1.31	60.88±0.30
15	0.29±0.06	0.19±0.02b	0.52±0.18b	25.06±1.00	59.23±1.30
16(ck)	0.35±0.11	0.17±0.03bc	0.29±0.17bc	24.14±0.68	60.75±0.98

注:大写字母为 0.01 水平的差异显著,小写字母为 0.05 水平的差异显著(下同)。

2.1.2 影响松针养分含量的主导因子及其优水平组合

影响 TN 含量的主导因子是氮肥,影响 TP 和 TK 的则是磷肥;置信区间 90%时,TP 的 B、C 和 E 因素的水平间具有显著的差异($P_{氮、磷、钾}$ = 0.063、0.086 和 0.056 < 0.10),其中 B_5(氮肥 0.15 kg/3 cm)的 TP 显著地高于其余 4 个水平,E_2(硼肥 3.00 g/3 cm)的 TP 显著地高于 E_1(硼肥 2.50 g/3 cm)的;

影响 TN 和 TP 的理论优水平组合为 $A_3B_5C_5D_3E_2$,与实际最高的处理组合 11($A_3B_5C_1D_3E_2$)仅 C 因素不一致,但 C_5(0.00 kg/3 cm)和 C_1(0.10 kg/3 cm)是相邻水平,不一致或许是因素水平间具有交互作用所致;TK 的理论优组合为 $A_4B_4C_2D_2E_4$,与实际增长率最高的处理组合 6($A_5B_4C_2D_1E_4$)因素 A 和 D 不一致(表 2、表 3)。因宜良尖山林区的土壤特性是缺氮,适宜的氮肥能提高云南松松针的全氮含量;不施磷肥时 TP 含量最高,也许是因为复合肥中的磷肥即可满足松针养分含量的需求所致。

表 3　松针养分含量的极差分析

Tab. 3　Range analysis of nutrient content in pine needles　%

水平	TN					TP					TK				
	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
1	0.31	0.37	0.34	0.32	0.29	0.21	0.21b	0.23ab	0.23	0.16b	0.42	0.53	0.53	0.44	0.43
2	0.35	0.36	0.30	0.28	0.41	0.20	0.21b	0.23ab	0.23	0.26a	0.43	0.37	0.55	0.60	0.43
3	0.43	0.34	0.34	0.43	0.39	0.24	0.20b	0.20ab	0.24	0.21ab	0.38	0.40	0.40	0.38	0.40
4	0.28	0.23	0.29	0.35	0.28	0.23	0.20b	0.16b	0.20	0.24ab	0.60	0.54	0.26	0.43	0.60
5	0.32	0.40	0.41	0.31	0.33	0.23	0.29a	0.27a	0.21	0.25ab	0.44	0.44	0.46	0.42	0.41
R	0.15	0.17	0.12	0.15	0.13	0.04	0.09	0.11	0.04	0.10	0.22	0.17	0.29	0.22	0.20
主次因子	B > A = D > E > C					C > E > B > A = D					C > A = D > E > B				
优水平组合	$A_3B_5C_5D_3E_2$					$A_3B_5C_5D_3E_2$					$A_4B_4C_2D_2E_4$				

2.2 施肥对土壤养分的影响

2.2.1 土壤 pH 和含水率及速效氮磷钾对施肥的响应

处理组合的 pH 和含水率分别为 4.08~4.69 和 17.27%~34.59%,对照的则为 4.42 和 17.27%,处理组合 9(复合肥 0.4 kg/3 cm、氮肥 0.15 kg/3 cm、磷肥 0.1 kg/3 cm,硼肥 3.5 g/3 cm)的 pH 值极显著地高于 5 和对照的,施肥处理组合的含水率均高于对照的($P \approx 0.000 < 0.01$),即复合肥和微量元素配施可改善土壤环境。15 个处理组合的土壤 AN、AP、AK 和胸径增长率分别为 22.77~41.91、7.70~11.80、66.44~174.67 mg/kg 和 23.5%~50.3%,对照的则为 23.7、8.23 和 81.11 mg/kg 和 22.4%;处理组合间 AP 和 AK 具有极显著的差异($P \approx 0.000 < 0.01$)。除处理组合 5 外,其余施肥处理的 AN 和 AP 均高于对照的。15 个处理组合的胸径增长率极显著地高于对照的(表 4)。表明施肥极显著地增加土壤 AN、AP 和 AK 的含量,进一步促进林木胸径生长,且处理组合 4(复合肥 1.6 kg/3 cm、氮肥 0.10 kg/3 cm、磷肥 0.2 kg/3 cm,镁肥 7.5 g/3 cm,硼肥 1.5 g/3 cm)的效果最优。

2.2.2 指标对因素水平的响应

影响土壤 pH 和胸径增长率的主导因子是硼肥,pH 仅 E 因素水平间具有极显著的差异($P_E \approx 0.000 < 0.01$),理论优水平组合为 $A_1B_5C_5D_5E_1$;胸径增长率因素水平间都具有极显著的差异($P \approx 0.000 < 0.01$),理论优组合为 $A_2B_3C_3D_4E_4$;影响 AN、AP、AK 和含水率的主导因子均是复合肥和镁肥,AN 仅因素 A 和 D 具有显著差异($P_A = P_D = 0.035 < 0.05$),理论优组合为 $A_2B_2C_2D_4E_2$;影响 AP 的因素 A、D 和 E 具有极显著差异($P \approx 0.000 < 0.01$),理论优组合为 $A_4B_2C_2D_2E_2$;影响 AK 的因素 A、C、D 和 E 具有极显著差异($P \approx 0.000 < 0.01$),因素 B 具有显著差异($P = 0.02 < 0.05$),理论优组合为($A_5B_4C_2D_1E_4$),与实际 AK 最大的处理组合 6 完全一致,其余的理论优组合均与实际最大的不一致(表 5)。以上试验结果中,影响有效氮磷钾的均不是氮肥和磷肥,而是复合肥和镁肥,或许是复合肥中的氮和磷元素即可满足土壤对有效氮磷钾的需求;理论最优和实际最高的不一致,也许是因素间具有交互作用导致。

2.3 指标间的相关性分析

相关性分析(表 6)表明,针叶长与土壤 pH($P = 0.01 < 0.05$)和 B 因素($P = 0.049 < 0.05$)呈显著负相关,即土壤越偏酸越能促进针叶伸长;增加氮肥能提高土壤 pH,从而抑制针叶长。针叶含水率、TN、TP 和 TK 与所有指标和因素水平间未呈现显著差异($P > 0.05$),揭示这些指标受施肥的影响较小。

表 4 处理组合的土壤养分含量和胸径增长率

Tab. 4 Soil nutrient content and DBH growth rate of treatments

处理组合	pH	含水率/%	AN/(mg·kg^{-1})	AP/(mg·kg^{-1})	AK/(mg·kg^{-1})	胸径增长率/%
1	4.21±0.02BC	17.41±0.58C	37.24±6.42	8.50±0.19B	145.00±0.38AB	44.0±4.0A
2	4.09±0.03C	21.12±0.58AB	27.91±0.93	8.57±0.59B	125.11±1.60B	33.8±3.4AB
3	4.16±0.01BC	23.70±1.15AB	27.91±2.60	8.17±0.12C	144.89±1.64AB	31.9±2.4AB
4	4.13±0.01BC	21.20±0.57AB	33.97±4.74	8.34±0.30B	162.22±0.62A	50.3±4.5A
5	4.08±0.02C	19.79±1.15BC	22.77±3.27	7.70±0.20C	96.11±0.78B	37.4±4.0AB
6	4.25±0.05BC	30.10±1.53A	30.24±4.28	8.55±0.09B	174.67±1.07A	34.6±2.5AB
7	4.39±0.07B	19.15±0.58BC	34.44±4.28	7.90±0.18C	66.44±1.75C	27.7±2.4B
8	4.53±0.04B	20.92±0.49AB	29.31±3.65	7.95±0.37C	96.44±0.91B	37.0±4.0AB
9	4.69±0.04A	23.21±0.48AB	36.31±4.15	7.89±0.13C	121.89±2.39B	24.6±2.3B
10	4.55±0.03B	20.43±0.54B	41.91±2.60	8.24±0.21C	154.67±0.92AB	28.0±3.4B
11	4.59±0.01AB	19.84±0.32BC	30.24±6.42	9.79±0.18AB	88.89±1.42BC	26.2±2.3B
12	4.55±0.03B	17.87±0.51BC	31.17±2.60	11.80±0.26A	75.44±0.29C	23.5±1.7C
13	4.60±0.01AB	18.48±0.28BC	31.64±3.52	9.55±0.23AB	83.44±0.89BC	28.5±2.3B
14	4.58±0.03AB	19.87±0.18BC	37.71±3.06	8.74±0.29AB	109.33±0.51B	27.6±3.0B
15	4.57±0.01AB	34.58±0.48A	30.71±3.82	11.05±0.37A	77.89±0.40C	33.8±5.3AB
16(ck)	4.42±0.01B	17.27±0.60C	23.71±2.60	8.23±0.42C	81.11±0.29BC	22.4±2.4C

表 5 土壤各指标的极差分析

Tab. 5 Range analysis of soil indexes

水平	pH					AN/(mg·kg^{-1})					胸径增长率/%				
	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
1	4.51	4.35	4.33	4.37	4.59A	36.00a	31.64	32.81	31.48ab	33.35	28.06B	30.92AB	28.18B	30.34B	29.99B
2	4.31	4.42	4.37	4.40	4.56A	36.31a	33.66	34.32	29.93ab	34.44	40.65A	27.80B	37.79A	30.38B	25.89B
3	4.40	4.44	4.44	4.40	4.54A	27.44b	32.42	32.42	27.44b	33.35	33.54AB	38.29A	38.29A	33.54AB	29.77B
4	4.40	4.33	4.38	4.31	4.15B	29.93ab	31.95	29.77	36.31a	29.00	30.38B	37.79A	27.80B	40.65A	40.75A
5	4.37	4.46	4.45	4.51	4.16B	31.48ab	31.48	30.94	36.00a	31.02	30.34B	28.18B	30.92AB	28.06B	36.58A
R	0.20	0.13	0.12	0.20	0.44	8.87	2.18	4.55	8.87	5.44	12.59	10.49	10.49	12.59	14.86
主次因子	E>A=D>B>C					A=D>E>C>B					E>A=D>B=C				
优组合	$A_1B_5C_5D_5E_1$					$A_2B_2C_2D_4E_2$					$A_2B_3C_3D_4E_4$				

水平	AP/(mg·kg^{-1})					AK/(mg·kg^{-1})					含水率 MC/%				
	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
1	8.56B	8.11	8.66	8.20B	9.78A	101.52B	90.63b	117.22AB	147.15A	90.22B	19.35B	19.60	20.49	25.67A	24.31
2	8.53B	9.41	9.23	10.47A	9.95A	138.85A	125.00ab	141.75A	92.81B	106.33B	19.50B	20.67	22.40	24.52AB	19.38
3	8.48B	9.16	9.16	8.48B	7.91B	93.81B	106.44b	106.44AB	93.81B	94.93B	20.18B	24.31	24.31	20.18B	21.09
4	10.47A	8.81	8.86	8.53B	8.20B	92.81B	140.11a	114.17AB	138.85A	144.33A	24.52AB	23.26	21.09	19.50Bb	23.70
5	8.20B	8.75	8.32	8.56B	8.41B	147.15A	111.96ab	93.33B	101.52B	138.33AB	25.67A	21.39	20.50	19.35Bb	20.74
R	2.27	1.30	0.91	2.27	2.04	54.34	49.48	48.42	54.34	54.11	6.32	4.71	3.82	6.32	4.93
主次因子	A=D>E>B>C					A=D>E>B>C					A=D>E>B>C				
优组合	$A_4B_2C_2D_2E_2$					$A_5B_4C_2D_1E_4$					$A_5B_3C_3D_1E_1$				

表 6　指标和因素间的相关性分析

Tab. 6　Correlation analysis between indicators and factors

相关指标		针叶长				土壤					胸径增长率	因素				
		含水率	TN	TP	TK	含水率	pH	AN	AP	AK		A	B	C	D	E
针叶	针叶长	−0.071	−0.028	−0.036	0.030	0.078	−0.367*	−0.223	−0.193	0.041	0.144	−0.027	−0.295*	−0.153	0.027	0.154
	含水率	1	−0.155	−0.119	−0.176	0.017	0.180	−0.040	0.031	0.189	−0.077	0.008	0.223	−0.160	−0.008	−0.039
	TN		1	0.001	−0.185	−0.136	0.155	0.194	−0.133	−0.098	−0.067	−0.054	−0.060	0.194	0.054	−0.041
	TP			1	0.193	0.053	−0.191	0.063	0.023	0.170	0.081	0.158	0.266	0.096	−0.158	0.292
	TK				1	0.234	−0.237	0.063	0.180	0.015	0.255	0.130	−0.009	−0.208	−0.130	0.075
土壤	含水率					1	0.010	−0.006	0.191	0.208	0.062	0.538**	0.188	−0.093	−0.538**	−0.086
	pH						1	0.209	0.378**	−0.451**	−0.418**	−0.133	0.078	0.146	0.133	−0.830**
	AN							1	−0.023	0.219	−0.094	−0.298*	−0.039	−0.168	0.298*	−0.196
	AP								1	−0.377**	−0.213	0.141	0.079	−0.193	−0.141	−0.517**
	AK									1	0.166	0.190	0.242	−0.408**	−0.190	0.563**
胸径	增长率										1	0.051	0.080	0.082	−0.051	0.350*
因素	A											1	0.333*	0	−1.000**	0.333*
	B												1	0	−0.333*	0.133
	C													1	0.000	0.000
	D														1	−0.333*

注:* 表示指标间显著相关($P<0.05$),** 表示指标间极显著相关($P<0.01$)。

土壤含水率与因素 A 和 D 分别呈极显著正相关和负相关($P\approx0.000<0.01$),即施复合肥可增加含水率,但镁肥又会产生抑制作用;pH 与 AP 呈极显著正相关($P=0.008<0.01$),即土壤越偏碱 AP 含量越高,同时与 AK($P=0.001<0.01$)、胸径增长率($P=0.003<0.01$)和因素 E($P\approx0.000<0.01$)呈极显著负相关;施硼肥会降低土壤 pH,增加土壤 AK 含量。与含水率不同,AN 与因素 A 和 D 分别呈显著负相关和正相关($P=0.047<0.05$),减少复合肥或增加镁肥可提高 AN 含量;AP 与 AK($P=0.008<0.01$)和因素 E($P\approx0.000<0.01$)分别呈极显著负相关和正相关,增加硼肥可提高 AP 含量或降低 AK 含量;AK 与因素 C($P=0.005<0.01$)和 E($P\approx0.000<0.01$)分别呈极显著负相关和正相关,减少磷肥或增加硼肥可提高 AK 含量。

胸径增长率与 pH 呈极显著负相关,也许土壤中的养分通过改变其 pH 而影响林木生长,同时与 E 因素呈显著正相关($P=0.018<0.05$),即硼肥促进胸径生长。这与施肥显著促进云南松胸径增长的结果相符合,验证了硼肥为影响胸径增长率的主导因子。根据极差分析的主次因子排序,结合相关分析中的指标和因素间相关性,该林分施复合肥和镁肥可改善土壤养分含量,施硼肥则改变土壤 pH,进一步促进胸径生长。

3 讨论与结论

沈松等[8]指出,复合肥和尿素等肥料配施的柚木胸径增长率与土壤全钾和氮含量呈正相关,土壤施肥促进柚木生长;廖承锐等[10]研究杉木施肥对土壤养分及林木生长的影响,结果表明,施 500 g/株复合肥林地的土壤有效磷和钾含量比未施肥的高 6.01%和 37.36%,林分平均胸径比未施肥的高 7.27%。本试验施复合肥能促进速效磷和钾含量增加,利于林木胸径生长结果与其一致,即氮磷钾肥配施对土壤养分含量产生显著的积极影响。本研究中,复合肥和微量元素配施的土壤有效氮和磷高于未施肥的,与郭玉文等[20]和胡诚等[21]氮磷钾配施提高土壤养分含量结果类似,揭示氮磷钾配施的重要性。谢国阳等[22]研究表明,氮磷钾配施可提高杉木针叶的单叶面积并促进针叶生长,这也与本试验中结果一致,即配施复合肥和微量元素可改善林木针叶养分含量以及利于针叶生长,进一步利于林分生长。陈家法等[13]研究表明,施肥对促进湿地松胸径生长效果显著,本试验结果与其一致,表明氮磷钾配施可促进林木生长,提高经济效益。

潘一峰等[9]施石灰和复合肥对柚木人工林进行土壤改良,结果使酸性土壤得到改良的同时 pH 值提高,从而促进林木生长。但本试验与其相悖,胸径增长率与土壤 pH 值呈极显著的负相关,即 pH 值

越高,对胸径生长反而产生抑制作用,可能是不同的树种对土壤 pH 值要求不同导致。本研究对照的有效钾含量不是最低,原因也许是尖山林区的土壤富钾,增施钾肥对其影响较小,这有待进一步试验研究。

综合分析,土壤理化性质与肥料种类具有复杂的相关性。结合不同肥料种类对云南松松针养分含量和土壤理化性质的影响,在所有施肥处理中,镁肥和硼肥对 AN 和胸径增长率呈现显著的正相关。建议对云南松幼林施肥时采用复合肥和微量元素配施,复合肥 1.6 kg/3 cm、氮肥 0.10 kg/3 cm、磷肥 0.2 kg/3 cm、镁肥 7.5 g/3 cm、硼肥 1.5 g/3 cm 的组合可改善土壤理化性质,促进云南松林木的胸径生长,进而提高林分的蓄积量。

参考文献:

[1] 杨永洁,张青青,李莲芳,等. 激素和基质及缓释肥对云南松苗木生长的影响[J]. 东北林业大学学报,2020,48(8):6-10.

[2] 王勤,孙孟瑶,遆建航,等. 垦复结合施肥对毛竹林生长及土壤理化特性的影响[J]. 西北林学院学报,2020,35(4):13-17.

[3] 杨红,徐唱唱,赛曼,等. 不同土地利用方式对土壤含水量、pH 值及电导率的影响[J]. 浙江农业学报,2016,28(11):1922-1927.

[4] 张平,洪坚平,乔志伟,等. 不同施肥处理对复垦土壤生物活性的影响[J]. 山西农业大学学报(自然科学版),2015,35(6):577-581,596.

[5] 吴昊,董思谨,王文浩. 秦岭山地松栎林土壤理化性质耦合关系[J]. 中南林业科技大学学报,2020,40(10):117-126.

[6] CHENG Y,WANG J,MARY B, et al. Soil pH has contrasting effects on gross and net nitrogen mine ralizations in adjacent forest and grassland soils in central Alberta,Canada[J]. Soil Biology and Biochemistry,2013,57:848-857.

[7] 付晓凤,朱原,黄杰,等. 氮磷钾配比施肥对扁桃幼苗生长及叶片养分含量的影响[J]. 四川农业大学学报,2019,37(5):629-635.

[8] 沈松,吴俊多,李莲芳,等. 施肥对柚木目标树土壤理化性质及其胸径生长的影响[J]. 西南林业大学学报(自然科学),2020,40(4):38-46.

[9] 潘一峰,刘文明. 酸性土壤改良对不同种源的柚木生长的影响[J]. 热带亚热带土壤科学,1997(1):9-14.

[10] 廖承锐,周哲名,苏治南,等. 间伐与施肥对柳杉近熟林土壤养分及林木生长的影响[J]. 广东农业科学,2014,41(12):59-62.

[11] 李鹏. 泡桐人工林养分吸收分配规律与土壤养分特征研究[D]. 长沙:中南林业科技大学,2019.

[12] 刘新亮,刘蕾,何小三,等. 施肥和修枝对材用樟树幼林生长的影响[J]. 中南林业科技大学学报,2020,40(12):54-59.

[13] 陈家法,魏志恒,吴际友,等. 湿地松中龄林施肥经济效应与最优施肥量研究[J]. 中南林业科技大学学报,2020,40(10):28-34.

[14] 苏俊武,槐可跃,刘永刚,等. 不同施肥方式对山地思茅松幼林生长的影响[J]. 西部林业科学,2019,48(5):37-42.

[15] 卢艺,李瑞瑞,王益明,等. 氮素添加对墨西哥柏人工林生长和生理特性的影响[J]. 西部林业科学,2019,48(4):94-100.

[16] 简荣林. 不同施肥技术对南方红豆杉幼林生长量的影响[J]. 林业资源管理,2007(6):61-63.

[17] 彭超,李莲芳,王慷林,等. 宜良禄丰村林场云南松天然更新分析[J]. 中南林业科技大学学报,2012,32(11):42-46.

[18] 杨历雨,王慷林,李莲芳,等. 云南松人工林不同等级目标树生长分析[J]. 扬州大学学报(农业与生命科学版),2020,41(5):119-124.

[19] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京:中国农业出版社,2000.

[20] 郭玉文,李贻铨,宋菲. 不同产区杉木幼林施肥效应及主要影响因子[J]. 植物营养与肥料学报,2000(1):91-97.

[21] 胡诚,宋家咏,李晶,等. 长期定位施肥土壤有效磷与速效钾的剖面分布及对作物产量的影响[J]. 生态环境学报,2012,21(4):673-676.

[22] 谢国阳,林思祖,张文富,等. 不同施肥处理对杉木针叶生理特性的影响[J]. 浙江林学院学报,1999(2):3-5.

责任编辑:刘平书

doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2023. 06. 026

云南松林土壤水文特征对计划烧除的响应

杨建光[1],赵雨田[2],黎建强[2],杨学平[3]
(1. 新平县林业和草原局,云南 新平 653499; 2. 西南林业大学 生态与环境学院,云南 昆明 650224;
3. 新平县漠沙镇农业综合服务中心,云南 新平 653499)

摘要:为探究计划烧除对云南松林土壤水文特征的影响,为计划烧除后森林生态系统服务功能评价提供依据,以云南省新平县实施多年计划烧除的云南松纯林为研究对象,设立 20 m×20 m 计划烧除样地和不进行计划烧除的自然对照样地各 3 块。2019 年 2 月实施计划烧除作业,进行样地调查、火烧强度和枯落物储量调查,2020 年 6 月采集土样,测定土壤物理、化学性质和土壤入渗性能。结果表明,计划烧除后土壤容重增加且在 0~10 cm 土层差异显著;毛管孔隙度和总孔隙度减少但差异不显著;有机质减少并在 0~20 cm 土层差异显著。计划烧除后土壤自然含水率、饱和持水率、毛管持水率和田间持水量减少但差异不显著;吸湿水量减少并且在 0~20 cm 土层差异显著。计划烧除后土壤初渗速率、土壤平均入渗速率和土壤稳定入渗率减少;土壤初渗速率和平均入渗速率在不同样地 0~20 cm 土层差异显著。计划烧除对土壤稳定入渗率的显著影响因素为土壤容重、孔隙度、有机质和饱和持水率。说明计划烧除后云南松林土壤持水性能下降,入渗性能下降,对于入渗性能的影响主要是源于土壤理化性质的改变。

关键词:土壤水文特征;土壤容重;土壤孔隙度;计划烧除;云南松林

中图分类号:S791. 257;S714. 4;S715. 7;S762. 8 **文献标识码**:A **文章编号**:1671-3168(2023)06-0151-08

引文格式:杨建光,赵雨田,黎建强,等. 云南松林土壤水文特征对计划烧除的响应[J]. 林业调查规划,2023,48(6):151-158. doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2023. 06. 026

YANG Jianguang, ZHAO Yutian, LI Jianqiang, et al. Response of Soil Hydrological Characteristics to Prescribed Fire in *Pinus yunnanensis* Forest[J]. Forest Inventory and Planning,2023,48(6):151-158. doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2023. 06. 026

Response of Soil Hydrological Characteristics to Prescribed Fire in *Pinus yunnanensis* Forest

YANG Jianguang[1], ZHAO Yutian[2], LI Jianqiang[2], YANG Xueping[3]
(1. Xinping Bureau of Forestry and Grassland, Xinping, Yunnan 653499, China;
2. College of Ecology and Environment, Southwest Forestry University, Kunming 650224, China;
3. Mosha Center of Agricultural Comprehensive Service, Xinping, Yunnan 653499, China)

Abstract: The influence of prescribed fire on soil hydrological characteristics in *Pinus yunnanensis* forest was explored to serve as scientific basis of evaluating forest ecosystem services after prescribed fire. Series of prescribed fire were conducted on the *Pinus yunnanensis* forest in Xinping County during the past years. Six plots with size of 20 m×20 m were selected to investigate soil hydrological characteristics which

收稿日期:2022-05-05.
第一作者:杨建光(1969-),男,云南新平人,高级工程师. 从事森林资源调查规划及森林资源保护工作.

included 3 in unburned forest and 3 in burned forest. In February 2019, the site investigation, fire intensity and litter storage were investigated after prescribed fire. In June 2020, soil samples were collected to determine soil physical and chemical properties and infiltration performance. The results showed that the bulk density of soil increased significantly in 0-10 cm soil layer after prescribed fire; the capillary porosity and total porosity decreased but not significantly; the organic matter decreased significantly in the 0-20 cm soil layer. Natural moisture content, saturated water capacity, capillary water capacity and field capacity decreased but not significantly after prescribed fire; hygroscopic water decreased significantly in 0-20 cm soil layer. After prescribed fire, the initial infiltration rate, average infiltration rate and stable infiltration rate descended; the initial infiltration rate and average infiltration rate had a significant difference in the 0-20 cm soil layer. Soil bulk density, porosity, organic matter and saturated water capacity were noticeable factors affecting the stable infiltration rate after prescribed fire. After conducting prescribed fire, soil water-holding capacity and infiltration capacity of *Pinus yunnanensis* forest were both lowed, which were mainly due to the change of soil physical and chemical property.

Key words: soil hydrological characteristics; soil bulk density; soil porosity; prescribed fire; *Pinus yunnanensis* forest

云南松(*Pinus yunnanensis*)是云南省的乡土树种,多形成大面积纯林或与其他树种组成混交林,是西南地区主要用材树种之一,也是云贵高原上常见的主要针叶树种。云南松针叶富含油脂,极易燃烧引发森林火灾。云南省多地在云南松林地开展计划烧除工作达二十多年,取得了良好的防火效果。计划烧除的实施虽然能大幅降低森林火灾隐患,但容易引起水土流失、地力衰退等问题,多项研究证实其对环境的潜在风险[1],如影响土壤理化性质和生态水文功能等。刘瑞斌等[2]研究认为,森林火灾改变了土壤理化性质,短期内引起地力衰退;王丽红等[3]研究发现,火灾后土壤水分入渗性能下降,水分入渗受土壤物理化学性质等的综合影响;Akihiro等[4]研究认为,火烧改变了森林植被组成和土壤理化性质。由此可见,森林生态系统的土壤理化性质和水文特征受计划烧除或天然火灾的影响较大。前人的研究主要集中在计划烧除后土壤理化性质的变化,对于计划烧除后的土壤水文功能也仅关注土壤水指标的变化,有关土壤水文功能对计划烧除的响应研究较少。随着全球变暖,火灾的数量和燃烧的面积预计会增加[5],计划烧除措施的必要性也更加凸显。本研究以云南松纯林计划烧除样地为研究对象,通过测定计划烧除样地与自然未烧除样地的土壤理化性质和水文功能指标,定量评价计划烧除后土壤水文功能变化及影响因素,为计划烧除区的森林生态系统功能评价提供依据。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

研究地点位于云南省玉溪市新平县照壁山。照壁山地处北纬 24°2′38″~24°2′41″、东经 102°0′7″~102°0′8″,平均海拔 1 990~2 050 m,是云南省亚热带北部与亚热带南部的过渡地带,多年平均降水量 1 050 mm,年平均气温 15℃。当地云南松林为 20 世纪 80 年代飞播造林后,经自然稀疏、抚育管理形成的人工林,林相为单层林,树种为云南松纯林,代表性土壤为红壤。

照壁山每年 1 月底至 2 月中旬进行计划烧除,30 多年从未间断。2019 年 2 月 12—13 日实施了 2019 年度森林防火计划烧除工作。火焰高度 1.5 m。火烧过后云南松林下草本、灌木及枯落物全部烧成灰烬。

1.2 样地选取与土样采集

研究对象为云南松人工林计划烧除样地和对照自然样地,样地位于坡中上部,计划烧除样地与自然样地中间间隔一条防火通道。两个样地云南松林起源相同,林龄平均为 30 a,树高、胸径、郁闭度相似,土层厚度大于 1 m。自然样地的灌木主要有木荷(*Schimasuperba* Gardn. et Champ.)、杜鹃(*Rhododendron decorum* Fr.)等,草本主要有紫茎泽兰、贯众(*Cyrtomiumfortunei* J. Sm.)、毛茛(*Ranunculus japonicus* Thunb)等。

2020 年 6 月进行土壤样品的采集。在自然样地与计划烧除样地分别设置 3 个间隔超过 100 m 的

20 m×20 m 标准样地。在样地选取典型地段进行土壤调查和取样,用对角线法在样地内选取 5 个采样点,每个采样点分别设置 0~10、10~20、20~40 和 40~60 cm 土层,每层 3 个重复,用容积为 100 cm^3 的环刀采集测定土壤物理性质的土样,共采集 360 个环刀土样。同时,每个土壤层采集 1 000 g 扰动土样,用于测定土壤有机质。

1.3 土壤样品的测定

1.3.1 土壤理化性质的测定

将带回实验室的环刀原状土样浸水饱和以及扰动土样风干处理后测定相关土壤理化性质,其中土壤容重、土壤孔隙度采用环刀法测定,土壤有机质含量采用重铬酸钾氧化法测定。

1.3.2 土壤水的测定和计算

土壤饱和含水率 θ_s、毛管持水量、田间持水量 θ_f 和凋萎含水量 θ_w 分别以环刀土在离心实验 0、0.1、0.33 和 15 bar 离心力下的土壤质量含水量表示[6-7]。其中,各土样的毛管持水率、田间持水量均通过土样的离心实验测定,15 bar 时的凋萎含水量则利用吸湿系数进行计算[8]:

$$\theta_w = 1.75 \times \theta_h \quad (1)$$

式中:θ_h 为吸湿系数。

1.3.3 土壤饱和入渗率的测定

将原状土样饱和 24 h 后使用土壤渗透仪(ST-70)以定水头法测定土壤饱和入渗率 K[8]。测定过程中,维持马氏瓶进气口内气泡点至渗透仪出水口之间的距离 H 不变,测定总流出量和相应流出时间,计算 K。

$$K_s = \frac{QL}{AtH} \quad (2)$$

式中:K 为饱和入渗率(mm/min);Q 为出流量(mm^3);L 为环刀长度(mm);A 为样品横截面积,即环刀底面积(mm^2);H 为水头差(mm);t 为流出时间(min)。

1.4 数据分析

采用 Excel、SPSS 22 软件进行实验数据的统计分析;采用单因素方差分析和最小显著法(LSD)比较不同数据间的差异,显著性水平设定为 $P=0.05$。土壤入渗影响因素分析采用逐步回归分析,筛除不显著因子后得到回归方程并检验拟合 R^2,显著性水平设定为 $P=0.05$。

2 结果与分析

2.1 土壤理化性质对计划烧除的响应

计划烧除后土壤表层地被物量锐减甚至燃尽,这时伴随着雨水冲刷和太阳直射,改变了浅层土壤小气候。温、湿度的改变以及向土壤输送的养分减少等因素会使土壤物理性质和土壤有机质发生改变,改变情况见表 1。

表 1　计划烧除后土壤理化性质变化及方差分析

Tab. 1　Variation of soil physical and chemical properties after prescribed fire and analysis of variance

样地	土壤深度/cm	土壤容重/(g·cm^{-3})	土壤毛管孔隙度/%	土壤总孔隙度/%	土壤有机质/(g·kg^{-1})
计划烧除样地	0~<10	1.1±0.1aA	39.33±3.22aA	50.74±4.48aA	57.87±10.4baA
	10~<20	1.19±0.02aA	37.24±1.14aA	48.46±1.87aA	33.44±6.29bA
	20~<40	1.2±0.03aA	36.87±0.22aA	48.46±0.29aA	24.5±6.26aA
	40~60	1.22±0.1aA	39.60±1.48aA	48.59±4.6aA	8.35±3.73cA
自然样地	0~<10	0.77±0.1aB	40.13±1.37aA	54.93±8.29aA	63.09±4.87bB
	10~<20	1.05±0.19bA	38.9±2.13aA	51.87±7.25aA	49.59±1.19aB
	20~<40	1.08±0.03bA	40.27±1.23aB	53.87±1.62aB	39.55±5.03aA
	40~60	1.15±0.13bA	40.01±2.1aA	51.01±4.59aA	17.11±3.06aA

注:表中数值为平均值±标准误差;同一列数值后不同小写字母表示同样地不同土层在 $P<0.05$ 水平上存在显著差异,下同。

土壤容重是在自然状况下单位容积土体的质量,可以反映土壤通气性和透水性[9]。两种样地土壤容重均随着土层的加深而增加,计划烧除样地 0~60 cm 土层的平均容重在 1.1~1.22 g/cm^3,各土壤层容重差异不显著。自然样地 0~60 cm 土层的平均容重在 0.77~1.15 g/cm^3,0~<10 cm 土层与其他各土层容重差异显著且显著高于自然样地,这说明计划烧除后云南松林土壤表层枯落物组成及地下根系的生长发育情况、枯落物的分解状况受到一定抑制,使得计划烧除样地的土壤容重变大。

土壤毛管孔隙度主要反应植物吸持水分供其正

常生理活动的能力。自然样地的各层土壤总孔隙度和毛管孔隙度都比计划烧除样地更大。计划烧除样地的土壤毛管孔隙度各层间无显著差异,自然样地 20~<40 cm 土层土壤毛管孔隙度与其他土层差异显著。此外,计划烧除样地 20~<40 cm 土层土壤毛管孔隙度显著低于自然样地,土壤总孔隙度显示出和毛管孔隙度相同的规律。

土壤有机质可以促进土壤团聚体的形成,进而改善土壤的孔隙状况,增强土壤入渗能力[10]。随着土层深度的增大,两种样地的土壤有机质含量均表现出不同程度的减小趋势。两个样地 0~<20 cm 土层有机质含量差异显著,同一样地不同土层间差异不显著。出现这种差异可能是由于计划烧除减少了云南松林下盖度,土壤中根系分布减少,同时浅层土壤微生物的活性受温度影响分解有机质速度变慢所致。

2.2 土壤持水性能对计划烧除的响应

土壤水分是土壤中营养循环流动与物质转化的载体,对不同林分类型土壤蓄水能力的研究有助于了解不同林分类型的森林土壤保水性能[11]。计划烧除后土壤理化性质的变化会改变土壤质地和土壤组成,随之而来的土壤持水量也会发生改变(表 2)。

表 2 计划烧除后土壤持水量变化及方差分析

Tab. 2 Variation of soil water capacity after prescribed fire and analysis of variance

样地	土层/cm	自然含水率/%	饱和持水率/%	毛管持水率/%	田间持水量/%	吸湿水量/%	萎蔫系数
计划烧除样地	0~<10	19.61±2.54aA	46.57±6.89aA	36.01±4.64aA	43.36±8.37cA	3.72±0.34bA	2.13
	10~<20	18.71±0.55aA	40.81±2.19aA	31.35±1.43aA	35.94±4.97bA	3.1±0.01aA	1.77
	20~<40	19.26±0.34aA	40.5±1.24aA	30.82±0.93aA	36.94±3.87bA	3.43±0.26abA	1.96
	40~60	20.95±0.65bA	40.1±7.52aA	32.51±3.52aA	30.35±3.15aA	3.46±0.16abA	1.98
自然样地	0~<10	22.67±2.3aA	73.01±4.67bA	52.82±7.63bA	47.55±6.63bA	4.72±0.3cB	2.70
	10~<20	20.69±0.63aB	51.18±6.17abA	37.73±5.93abA	40.56±8.65abA	4±0.02bB	2.29
	20~<40	19.66±0.69aA	49.93±2.62abB	37.33±2.05abB	37.3±6.68aA	3.52±0.3abA	2.01
	40~60	20.83±0.5bA	44.94±9.29aA	35±4.19abA	34.08±9.97aA	3.45±0.33aA	1.97

土壤自然含水率是土壤持水性能的重要指标之一。饱和持水率代表土壤最大蓄水能力。毛管水为植物生存的基础,可为植物根毛及土壤中细菌所利用;非毛管持水量主要受重力水作用向下运动,运动速度较快,可起到调蓄洪峰的重要作用[12-13]。土壤吸湿水是土壤接近植物永久凋萎点时土层中土壤水的主要组分。由表 2 可以看出,除自然含水率、饱和持水率、毛管持水率在各层无显著差异以外,两种林分各层的田间持水量以及吸湿水量大部分存在显著差异,且计划烧除样地的各指标均不同程度低于自然样地。两种样地的田间持水量随着土层深度的增加均表现出下降的趋势,在 10~<20 cm 和 20~<40 cm 土层土壤田间持水量差异不显著,两种样地的最大田间持水量均在 0~<10 cm 土层最高。计划烧除样地 0~<10 cm 与 10~<20 cm 吸湿水量差异显著,与 20~<40 cm 和 40~60 cm 土层差异不显著,说明计划烧除降低了浅层土壤的吸湿水量。自然样地的吸湿水量随着土层加深不断下降,0~<10 cm、10~<20 cm 和 20~<40 cm 的吸湿水量相互差异显著,40~60 cm 土壤层与其他三层差异显著,这说明自然样地的吸湿水量随土层不断下降,但到达一定土层深度后吸湿水量保持稳定。

土壤持水性能的各项指标出现表 2 这种情况可能是由于计划烧除使得土壤的物理性质发生改变,土壤容重增加和土壤总孔隙度、毛管空隙度减小,使计划烧除样地持水性指标均不同程度地低于自然样地。从自然含水量和吸湿水量上来看,计划烧除对于土壤持水性的影响主要表现在浅层土壤,对于深层土壤的影响并不明显。

2.3 土壤入渗特征对计划烧除的响应

2.3.1 计划烧除后土壤入渗特征变化

土壤入渗特性关系到地表径流的产生和土壤侵蚀等过程,是评价土壤抗侵蚀能力的重要指标之一[14]。计划烧除对云南松林土壤物理性质产生影响势必会影响到土壤的入渗特征,具体见表 3。

根据土壤水分渗透所受作用力和运动特性,土壤水分渗透大致可分为 3 个阶段:渗透率瞬变阶段、渐变阶段和平稳阶段。本研究将入渗开始后 5 min 内的平均入渗速率当做土壤的初渗速率,两个样地的入渗速率均在 60 min 时稳定。为了便于比较,渗透总量统一取 60 min 内入渗量。由表 3 可以看出,除计划烧除样地 0~<10 cm 外,两个样地的初渗速率均表现出随着土层深度增加不断减少的趋势。计划

表 3　计划烧除后土壤水分入渗特征参数

Tab. 3　Characteristic parameters of soil water infiltration after prescribed fire

样地	土层/cm	初渗速率/(mm·min^{-1})	平均入渗速率/(mm·min^{-1})	稳定入渗速率/(mm·min^{-1})
计划烧除样地	0~<10	0.36±0.08bcA	0.30±0.15aA	0.23±0.13aA
	10~<20	0.99±0.47cA	0.78±0.36bA	0.53±0.28aA
	20~<40	0.51±0.24bA	0.39±0.19abA	0.32±0.14aA
	40~60	0.16±0.03aA	0.15±0.03aA	0.14±0.03bA
自然样地	0~<10	1.55±0.09baB	0.97±0.24aB	1.03±0.01aA
	10~<20	0.89±0.08abB	0.57±0.18aA	0.44±0.1aA
	20~<40	1.30±0.08bA	1.35±0.48aB	0.98±0.07aB
	40~60	0.68±0.07aA	0.56±0.26aA	0.18±0.07aA

烧除后土壤 0~<10 cm 和 10~<20 cm 土层的初渗速率显著低于自然样地,而其余两土层无显著影响。初渗期渗透速率很快,为渗透率瞬变阶段。计划烧除样地 0~<10 cm 土层的初渗速率较低的原因可能是由于计划烧除后地被物减少,土壤裸露导致土壤板结和空隙堵塞导致。计划烧除样地平均入渗速率除 10~<20 cm 土层外均低于自然样地,且 10 cm 土层以下随土层深度增加逐渐变小。自然样地的平均入渗速率未显示出明显规律,但 0~<10 cm 和 20~<40 cm 土层的平均入渗率与计划烧除样地有显著差异且 10~<20 cm 低于计划烧除样地。土壤稳定入渗速率的规律与平均入渗速率的规律相似,计划烧除样地的稳定入渗速率在数值上除 10~<20 cm 外均低于自然样地,在 20~<40 cm 土层与自然样地有显著差异。出现这种规律的原因可能是由于计划烧除样地表层土壤的板结,一方面使表层土壤渗透性变差,另一方面对于 10~<20 cm 土层也起到了屏障作用。

2.3.2 计划烧除后土壤入渗变化影响因素

土壤水分入渗受植被和土壤理化性质影响较大,土壤机械组成、土壤含水量、有机质、土壤密度、土壤孔隙度等均可影响土壤入渗性能[15]。因土壤稳定入渗率更能准确表达土壤的渗透性,故本研究将土壤理化性质(表 1)和土壤持水量(表 2)与土壤的饱和稳定入渗率做逐步回归分析,筛除不相关因子后得到回归方程。土壤的机械组成在本研究中不予考虑。得到的回归方程见表 4。

由表 4 可以看出,两个样地的稳定入渗率与对应影响因子的回归方程拟合程度较好,但对土壤入渗影响显著的因素并不相同。计划烧除样地 0~<10 cm 土层稳定入渗率的影响因子有容重、毛管孔隙度和自然含水率,这三者对土壤稳定入渗都有显著影响。10~<20 cm 土层稳定入渗影响因子有总孔隙度、有机质和田间持水量,但只有有机质和田间持水量影响显著。20~<40 cm 土层稳定入渗影响因子只有自然含水率且影响不显著。40~60 cm 土层稳定入渗率影响因子有自然含水率和饱和含水率,两个因子对土壤稳定入渗均有显著影响。自然样地 0~<10 cm 土层的影响因子为容重但影响不显著。10~<20 cm 土层稳定入渗影响因子为容重、毛管孔隙度和饱和含水率,三个因子影响显著。20~<40 cm 土层稳定入渗影响因子为饱和含水率且影响显著。40~60 cm 土层稳定入渗影响因子为容重、有机质、饱和含水率和田间持水量,但只有容重对稳定入渗影响显著。这里我们可以看出,自然状态下土壤稳定入渗速率只与容重和饱和含水率有关,这是因为自然状态下的云南松林地被物丰富、枯落物层复杂,这会抑制土壤蒸发,地被物对表层土壤的养分输入也更充足,这促进根系的生长及微生物生长,进而影响土壤孔隙度,而土壤的饱和持水率与土壤孔隙度密切相关。由计划烧除样地与自然样地不同,计划烧除样地土壤稳定入渗的影响因子更为复杂,由计划烧除 0~<10 cm 土层回归方程可以看出,计划烧除削减了地表枯落物层,使得表层土壤裸露在

表 4　土壤稳定入渗影响因子回归分析

Tab. 4　Stepwise regression analysis of soil stable infiltration rate and influencing factors

样地	土层深度	回归方程	R^2	显著性
计划烧除样地	0~<10	$y=-0.405+0.442X_1+0.659X_2-0.224X_5$	0.99	X_1、X_2、X_5: $P<0.05$
	10~<20	$y=-1.026-1.862X_8-0.004X_4+5.07X_3$	0.97	X_8、X_4: $P<0.05$
	20~<40	$y=0.394-0.092X_5$	0.64	X_5: $P>0.05$
	40~60	$y=-0.218+0.251X_6+1.286X_5$	0.86	X_5、X_6: $P<0.05$
自然样地	0~<10	$y=1.615-0.728X_1$	0.53	X_1: $P>0.05$
	10~<20	$y=1.334+2.166X_6+1.159X_1-8.091X_2$	0.85	X_6: $P<0.05$
	20~<40	$y=6.053-9.678X_6$	0.73	X_6: $P<0.05$
	40~60	$y=13.182-6.443X_1-0.043X_4-5.664X_6-4.343X_8$	0.92	X_1: $P<0.05$

注:X_1 容重,X_2 毛管孔隙度,X_3 总孔隙度,X_4 有机质,X_5 自然含水率,X_6 饱和含水率,X_8 田间持水量。

外容重增加,同时计划烧除后的草木灰也会堵塞土壤孔隙,土壤孔隙与土壤含水率密切相关。从 10~<20 cm 土壤稳定入渗速率影响因子我们可以看出,土壤容重未在影响因子之中,说明计划烧除对容重的影响只在 0~<10 cm 土层内,计划烧除后的植物灰分进入更深一层土壤,同时地表枯落物层和土壤层的有机质释放到下一层土壤,但由于计划烧除原因释放的土壤有机质量并不大,所以在 20~<40 cm 土层中有机质并不是影响因素。40~60 cm 土层的影响因子饱和含水率同自然样地一致。由此可以看出,计划烧除后云南松林土壤由浅层至深层都有不同程度的退化,土壤容重增加、孔隙度变小,使得土壤的稳定入渗率降低,土壤渗透性变差,而在深土层的稳定入渗率则趋近于自然样地。

3 讨 论

3.1 计划烧除对云南松林土壤理化性质的影响

研究区 6 个样地空间距离较近,气候特征差异小,土壤性质的差异主要源于计划烧除对样地植被的影响,对植被的影响间接地影响了土壤中根系的生长发育,影响土壤的机械组成,进而影响土壤容重与土壤空隙。同时,计划烧除后土壤裸露,会导致土壤层温度的改变,从而影响到土壤微生物活性。对土壤层养分输入的降低还会影响到土壤团聚体的稳定,土壤团聚体大小决定了土壤空隙状况,团聚体越多土壤空隙越大。计划烧除过程中地表枯落物的燃烧使土壤化学性质从轻微的挥发到炭化或者完全的氧化等不同程度的损失,造成有机质的减少,影响着森林生态系统的物质循环[16]。针对计划烧除对森林土壤理化性质的影响研究已有许多[17-18],刘发林等[19]对火干扰后的枫香次生林的研究显示火干扰后土壤容重增加,这与本研究中土壤容重的规律一致。土壤毛管空隙度和总孔隙度随土层深度变化没有普遍规律性,但从数值上来看计划烧除样地小于自然样地,此研究结果与王丽红等[3]对大兴安岭重度火烧迹地土壤孔隙度的研究一致。

许多研究表明,轻度火烧对表层土壤有机质含量的影响不明显,随着林火强度的升高,土壤表层有机质损失加剧。随土壤深度增加,火烧对土壤中有机质含量的影响越来越小[20]。已有研究[21-22]发现,不同强度火烧后土壤有机质含量会增加、减少或者没有影响,这些都是因为其受火强度、火持续时间、立地类型,特别是土层深度的影响。本研究中两个样地的有机质含量均随土层深度增加而减少,计划烧除样地表层土壤有机质含量低于自然样地但差异不显著,深层有机质含量与自然样地相似,这与刘发林等[19]研究结果部分一致。至此,本研究中计划烧除后土壤理化性质指标多数与前人研究结果一致,具有很好的可靠性。

3.2 计划烧除对云南松林土壤持水性能的影响

土壤持水性是反映土壤保水、供水能力的重要指标,而土壤的贮水能力则多用来反映植被调节水分和涵养水源的能力[23],其与土壤的孔隙状况密切相关。一般认为,不同林地随着土层深度的增加,土壤容重增加,土壤孔隙度减少[24]。在研究区自然样地森林土壤中,各样地随着土层深度的增加,土壤容重逐渐上升,孔隙度逐渐下降,与本研究所得结果一致。

自然样地的土壤持水量各项指标均随着土层深度不断增加而减小。张晓梅等[25]对黄土高原典型林分土壤持水性能的研究结果表明,不同林分的土壤持水能力在 0~60 cm 土层均呈现逐渐降低的趋势,在 80~100 cm 土层略有增加或不变,这与本研究结果部分一致,出现部分差异的原因可能是由于地理区位因素影响及林分差异性区别所致。

计划烧除样地各水文特征指标在土层间未显示出明显的规律性,出现此原因可能是由于计划烧除后地被物燃烧殆尽,云南松生长也受到抑制,由此导致稳定的土壤生态循环遭到破坏,表层土壤由枯落物覆盖变为裸露在外,经受降雨侵蚀与太阳炙烤,使土壤容重增加变得板结,同时地被物燃烧后的灰分会渗入土层,堵塞土壤空隙同时会改变土壤结构。地被物的消失使得土壤养分供给不足,加上根系与微生物受计划烧除影响活性降低,这会影响土壤团聚体的稳定性,进而影响到土壤孔隙度。

计划烧除样地表层土壤的自然含水率和吸湿水量与自然样地出现显著差异。自然含水率的差异主要是因为土壤表层物理性质的改变所致;吸湿水量的差异则不同,吸湿水是以分子形式紧附在土壤颗粒上,所以出现差异的原因是计划烧除的火焰高温所致,从 20~60 cm 土层两种林分无差异也可以证明此观点。

3.3 计划烧除对云南松林土壤入渗特征的影响及机制

土壤渗透性是森林生态系统涵养水源和保持水土的重要指标,与其他土壤物理性状密切相关[26]。从总体上来看,两种林分的初渗速率、平均入渗速率和稳定入渗速率均随着土层的加深而减小。娄淑兰

等[27]对三峡山地土壤入渗特征的研究结果与本研究结果一致。计划烧除样地的各土壤入渗在 0~<10 cm 和 10~<20 cm 土层上与自然样地差异较大,这说明林木根系对土壤的穿插作用和林内凋落物的积累、分解使自然样地土壤渗透性更佳。而计划烧除样地由于地表裸露、地上植被少,在雨水的冲刷下导致土壤板结、结构较差,其渗透能力更弱。本研究中,自然样地的土壤初渗速率和稳定入渗速率低于李永涛等[28]有关黄河三角洲地区的土壤渗透性指标,这可能与研究区立地条件、植被类型有关系。已有研究表明,重度火烧会严重破坏土壤结构,使土壤容重增加,孔隙度减少,有机质几乎全部被破坏,土壤入渗性能降低[29],这与本研究结果一致。本研究中,计划烧除样地 10~<20 cm 土壤稳定入渗速率较自然样地更高的原因,可能是由于计划烧除后有机残体颗粒物和碳化颗粒物混入,经过后期水分淋移作用,增加了土壤中碳含量[30];有机质有助于改善土壤空隙状况,提高土壤入渗性能[10]。

土壤水分入渗是一个复杂的过程,其入渗特征与土壤质地、土壤空隙状况、土壤颗粒组成等因素有关[31]。自然样地的稳定入渗率与容重和饱和含水率有显著的相关性,饱和含水率与土壤空隙密切相关。韩春兰等[1]研究表明,土壤入渗性能与土壤孔隙度关系显著,而容重则是反映土壤质地的重要指标,自然样地反映出的稳定入渗特征可能是由于土壤受森林植被影响浅层土壤的持水性能,深层土壤受影响较小,所以影响土壤入渗的因素只在土壤质地方面。计划烧除样地 0~<10 cm 土层稳定入渗率受容重、毛管孔隙度和自然含水率的显著影响。有研究表明,饱和导水率受到土壤孔隙度、土壤容重、土壤机械组成等多种因素影响[32-33],本研究中计划烧除样地常年规律的计划烧除作业使得林地植被丰富度差,根系分布不发达,导致计划烧除样地土壤非毛管孔隙度低且容重更大,水分不易渗透。计划烧除样地 10~<20 cm 土层稳定入渗速率受有机质和田间持水量显著影响。王丽红等[3]的研究表明,土壤入渗性能与土壤有机质含量呈正相关关系。

土壤田间持水量是土壤毛管空隙中的水量达到最大时的量,它包含了吸湿水、薄膜水和毛管悬着水,在衡量水土保持特性和表示不同林地土壤持水能力变化中起到重要作用[34]。有研究表明,土壤田间持水量与土壤物理性质密切相关[27],故田间持水量对稳定入渗速率的影响是因为计划烧除对土壤物理性质的影响所致。计划烧除样地 20~<40 cm 土层的稳定入渗速率只与土壤自然含水量有关,但影响不显著。可以看出,计划烧除样地的土壤稳定入渗率从这一土层有接近自然样地的趋势。自然样地深层土壤比较稳定,而计划烧除样地的表层土壤受扰动较大,深层土壤的理化性质也不如自然样地。计划烧除样地 40~60 cm 土层稳定入渗速率受自然含水率和饱和含水率的显著影响,由此可以认为计划烧除后的样地的土壤水文功能由下至上逐渐恢复。

4 结　论

1)计划烧除后土壤容重、总孔隙度和毛管空隙度物理性质变差,但影响尚未到达显著水平,土壤有机质变少,在 0~<20 cm 土层影响显著。

2)计划烧除后土壤自然含水率、饱和持水率、毛管持水率、田间持水率和吸湿水量变小,对土壤水的影响主要集中在表层土壤,土壤持水性变差。

3)计划烧除后土壤初渗率、平均入渗率和稳定入渗率减小,土壤入渗能力变差。土壤饱和稳定入渗率主要受土壤容重、孔隙度、有机质和饱和持水率的影响。

参考文献:

[1] 韩春兰,邵帅,王秋兵,等. 兴安落叶松林火干扰后土壤有机碳含量变化[J]. 生态学报,2015,35(9):3023-3033.

[2] 刘瑞斌,李莉,陈鹏东,等. 森林火灾对烟台蓁山次生林土壤性质的影响[J]. 生态环境学报,2016,25(8):1300-1305.

[3] 王丽红,辛颖,赵雨森,等. 大兴安岭重度火烧迹地植被恢复过程中土壤入渗特征研究[J]. 水土保持学报,2014,28(4):13-17.

[4] AKIHIRO K,KATHLEEN L. Kavanagh,Kirsten Stephan. Wildfire effects on soil gross nitrogen transformation rates in coniferous forests of central Idaho,USA[J]. Ecosystems,2010,13(7):1112-1126.

[5] MORIONDO M,GOOD P,DURAO R,et al. Potential impact of climate change on fire risk in the Mediterranean area [J]. Climate Research,2006,31(1): 85-95.

[6] 冯杰,解诃海,黄国如,等. 土壤大孔隙流机理及产汇流模型研究[M]. 北京:中国水利水电科学研究院,2012.

[7] ASSOULINE S D. The concept of field capacity revisited: defining intrinsic static and dynamic criteria for soil internal drainage dynamics [J]. Water Resources Research,2014,50(6):4787-4802.

[8] 邵明安,王全九,黄明斌. 土壤物理学[M]. 北京:高等教育出版社,2006.

[9] 刘淑燕,秦富仓,项元和,等. 基于 WEPP 模型进行坡度因子与侵蚀量关系研究[J]. 干旱区资源与环境,2006(4):97-101.
[10] 李岩,欧名豪,赵庚星. 土地整理的区域生态环境影响评价研究[J]. 生态环境学报,2010,19(2):398-403.
[11] 梁博,聂晓刚,杨东升,等. 西藏尼洋河流域下游 5 种典型土地利用方式土壤物理性质差异分析[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版),2018,46(1):119-128.
[12] 王光玉. 杉木混交林水源涵养和土壤性质研究[J]. 林业科学,2003(S1):15-20.
[13] 顾宇书,邢兆凯,韩友志,等. 浑河上游 4 种典型水源林土壤物理性质及其水源涵养功能[J]. 东北林业大学学报,2013,41(1):37-41.
[14] 幸定武,高建恩. WEPP 在黄土高原坡面径流调控中的适用性研究[J]. 人民黄河,2008(4):66-67.
[15] 韩芳芳,刘秀花,马成玉. 不同降雨历时梯田和坡耕地的土壤水分入渗特征[J]. 干旱地区农业研究,2012,30(4):14-20.
[16] 高仲亮,周汝良,李浩,等. 计划烧除对思茅松林下可燃物碳贮量的影响[J]. 福建林业科技,2011(2):37-41.
[17] 罗菊春. 大兴安岭森林火灾对森林生态系统的影响[J]. 北京林业大学学报,2010(5):101-107.
[18] CERTINI G. Effects of fire on properties of forest soils: A review[J]. Oecologia,2005,143:1-10.
[19] 刘发林,陈小伟,曾素平. 不同火干扰强度对枫香次生林土壤理化性质的影响[J]. 水土保持学报,2019,33(5):132-138.
[20] 耿玉清,周荣伍,李涛,等. 北京西山地区林火对土壤性质的影响[J]. 中国水土保持科学,2011(5):69-73.
[21] DOERR S H,DEKKER L W,RITSEMA C J,et al. Water repellency of soils[J]. Society of America Journal,2002,66(2):401-405.
[22] ROBICHAUD P R,HUNGERFORD R D. Water repellency by laboratory burning of four northern rocky mountain forest soils[J]. Journal of Hydrology,2000,231/232(1):207-219.
[23] 刘端,张毓涛,郝帅,等. 天山云杉林下土壤物理性质空间异质性研究[J]. 安徽农业大学学报,2009,36(3):397-402.
[24] 毕建琦,杜峰,梁宗锁,等. 黄土高原丘陵区不同立地条件下柠条根系研究[J]. 林业科学研究,2006,19(2):225-230.
[25] 张晓梅,杨宝宝,邸利,等. 黄土高原典型林分土壤水文物理性质及持水性能[J]. 甘肃农业大学学报,2019,54(3):117-124,133.
[26] 李卓,吴普特,冯浩,等. 容重对土壤水分入渗能力影响模拟试验[J]. 农业工程学报,2009,25(6):40-45.
[27] 娄淑兰,刘目兴,易军,等. 三峡山地不同类型植被和坡位对土壤水文功能的影响[J]. 生态学报,2019,39(13):4844-4854.
[28] 李永涛,魏海霞,王振猛,等. 黄河三角洲不同林分类型对土壤水分物理特性的影响[J]. 中南林业科技大学学报,2020,40(8):106-112.
[29] 张野,苏芳莉. 土地整理过程中的水土流失与防治对策[J]. 水土保持应用技术,2008(5):31-32.
[30] 严冬春,文安邦,张忠启,等. 坡面版 WEPP 模型在川中丘陵区的应用研究[J]. 水土保持学报,2007(5):42-45,63.
[31] 蒋定生,黄国俊. 黄土高原土壤入渗速率的研究[J]. 土壤学报,1986(4):299-305.
[32] 郑纪勇,邵明安,张兴昌. 黄土区坡面表层土壤容重和饱和导水率空间变异特征[J]. 水土保持学报,2004(3):53-56.
[33] LIU Z PENG,MA D H,HU W,et al. Land use dependent variation of soil water infiltration characteristics and their scale-specific controls[J]. Soil and Tillage Research,2018,178:139-149.
[34] 宋林松,汪京,王棋,等. 喀斯特石漠化区顶坛花椒林地土壤水分物理性质变化[J]. 贵州科学,2016,34(2):19-25.

责任编辑:刘平书

doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2023. 06. 027

基于数字信息模型的城市湿地公园生态分析与评价

——以白鹭湾国家城市湿地公园为例

马文娟[1],王训迪[2],张 萌[3]
(1. 西安明德理工学院,陕西 西安 710124; 2. 浙江省国土空间规划研究院,浙江 杭州 311121;
3. 呼伦贝尔市住房与城乡建设事业发展中心,内蒙古 呼伦贝尔 021000)

摘要:为增强城市湿地公园生态分析与评价体系的准确性和科学性,以白鹭湾湿地公园为研究对象,运用卫星影像解译、采样点预选、调查记录等方法,现场采集获取了大量数据及模型,通过综合信息平台整合形成公园地表信息模型、专题分析模型、叠加评价模型、各项专题图、生态评价报告、数据统计等现阶段重要信息。在定性、定量、定位研究基础上,对地理高程、坡向、坡度、汇水通道、湿地及水域、动物主要活动分布、湿地植物分布、景点分布、建筑与人工设施分布等具体因子进行量化评价及特征总结,并进行综合因子叠加分析,提出量化模型参考,有针对性地提出公园生态建设与管理建议。

关键词:城市湿地公园;数字信息模型;生态分析与评价;白鹭湾国家城市湿地公园

中图分类号:Q178. 5;TU986. 51;S718. 557;S711 **文献标识码**:A **文章编号**:1671-3168(2023)06-0159-07

引文格式:马文娟,王训迪,张萌. 基于数字信息模型的城市湿地公园生态分析与评价——以白鹭湾国家城市湿地公园为例[J]. 林业调查规划,2023,48(6):159-165. doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2023. 06. 027

MA Wenjuan, WANG Xundi, ZHANG Meng. Ecological Analysis and Evaluation of Urban Wetland Park Based on Digital Information Model——A Case Study of Bailuwan National Urban Wetland Park[J]. Forest Inventory and Planning, 2023, 48(6):159-165. doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2023. 06. 027

Ecological Analysis and Evaluation of Urban Wetland Park Based on Digital Information Model

——A Case Study of Bailuwan National Urban Wetland Park

MA Wenjuan[1], WANG Xundi[2], ZHANG Meng[3]
(1. Xi′an Mingde Institute of Technology, Xi′an 710124, China;
2. Zhejiang Institute of Land and Space Planning, Hangzhou 311121, China;
3. Hulunbuir Housing and Urban-Rural Development Center, Hulunbeir, Inner Mongolia 021000, China)

Abstract: In order to enhance the accuracy and scientificity of the ecological analysis and evaluation system for urban wetland parks, a large amount of data and models of Bailuwan Wetland Park were collected on-site using methods such as satellite image interpretation, pre-selection of sampling points, and survey records. Through the integration of comprehensive information platforms, information of surface information model, thematic analysis model, overlay evaluation model, various thematic maps, ecological evaluation

收稿日期:2022-10-18;**修回日期**:2022-10-27.
基金项目:陕西本科和高等继续教育教学改革研究项目(21BY191).
第一作者:马文娟(1982-),女,陕西铜川人,硕士,副教授. 研究方向为风景园林规划设计. Email:31344702@ qq. com
责任作者:王训迪(1992-),女,浙江杭州人,硕士,工程师. 研究方向为风景园林规划设计. Email:383776177@ qq. com

report and data statistics of the park at this stage were formed. On the basis of qualitative, quantitative, and positioning research, specific factors such as geographical elevation, slope direction, slope, catchment channels, wetlands and water bodies, distribution of main animal activities, distribution of wetland plants, distribution of scenic spots, and distribution of buildings and artificial facilities were quantitatively evaluated and summarized. A comprehensive factor superposition analysis was conducted to propose a quantitative model reference and targeted suggestions for park ecological construction and management.

Key words: urban wetland park; digital information model; ecological analysis and evaluation; Bailuwan National Urban Wetland Park

城市湿地公园的主要组成要素分为自然要素和人工要素,这些要素相互依赖又相互影响,其建设的重要内容是平衡人与自然的相互关系[1]。通过数字信息模型模拟、数据信息专项管理等方式,研究提升城市湿地公园的分析评价与技术手段,促进评价更加合理、客观、准确、科学,使规划设计或优化建议的效率更高,并能达到保护生态系统安全与稳定等目标[2]。以成都白鹭湾国家湿地公园为研究对象,采用定性、定量、定位的研究方法,对公园资源与生态环境各项因子进行量化分析及特征总结,并进行综合因子叠加评价[3],提出量化模型与规划建设意见。

1 湿地公园概况

白鹭湾国家城市湿地公园(以下简称"湿地公园")位于成都市东南近郊,区域范围为东经 104°6′41.04″~104°9′14.32″,北纬 30°34′19.34″~30°33′54.87″,处于川西北高原至四川盆地的交接过渡区域,属于典型的人工湿地类型。一期开发含湿地缓冲区面积约 412 hm^2,湿地核心建设区约 199 hm^2。公园充分发挥了水系保护与净化、城市生态防护、动植物生境营造、区域经济增长、游憩、科普宣教等重要作用[4],于 2017 年获批成为成都首个"国家城市湿地公园"。

2 研究方法与数据处理

外业前已做好公园的卫星影像解译、采样点预选、调查记录表设计等准备工作。现场数据采集了地形地貌、水系水文、植被与其他生物、生境条件、人工要素等现状专题内容,并强调了公园生境条件及生物多样性的分析[5]。过程中产生了大量数据、模型、图纸等,通过综合信息平台整合形成现阶段信息模型,包括公园地表信息模型、专题分析模型、叠加评价模型、各项专题图、生态评价报告、数据统计表等信息。

湿地的保护与修复是公园建设重点之一,需要对相关因子做重点分析并进行综合因子叠加评价。评价因子及权重以保持生态地理完整性、保护生物多样性、保障景观多样性与公园服务性为基准,最终选择了地理高程、坡向、坡度、汇水通道、湿地及水域、动物主要活动分布、湿地植物分布、景点分布、建筑与铺装人工设施分布 10 项内容作为评价叠加因子;因子权重通过 AHP(analytic hierarchy process)层次分析法计算确定,其中主要目标层是公园生态敏感性,基准层是地理空间完整性、生物资源多样性、景观多样性、人工设施低影响性,方案层是 10 项具体评价因子[6]。通过矩阵判断、权重计算的一致性检验,并征询专家建议,最终获得白鹭湾湿地公园评价指标叠加权重(表 1)。

表 1 白鹭湾国家城市湿地公园综合评价权重

Tab. 1 Comprehensive evaluation weight of Bailuwan National Urban Wetland Park

评价因子	湿地与水系	湿地植物	汇水通道	动物分布	坡度	坡向	景点分布	铺装道路	高程	建筑物
权重	0.192	0.129	0.086	0.069	0.058	0.048	0.041	0.039	0.036	0.033

3 生态分析与评价结果

3.1 地形地貌特点

白鹭湾国家城市湿地公园核心区的生境特征主要由山(地形、坡度、坡向等地理因子)与水(河、湖、池等水系因子)等自然属性的内在联系分析所得,通过对整体生境分层、分阶段的分析过程,进一步得出公园生境多样性与生物多样性等特征(图 1)。

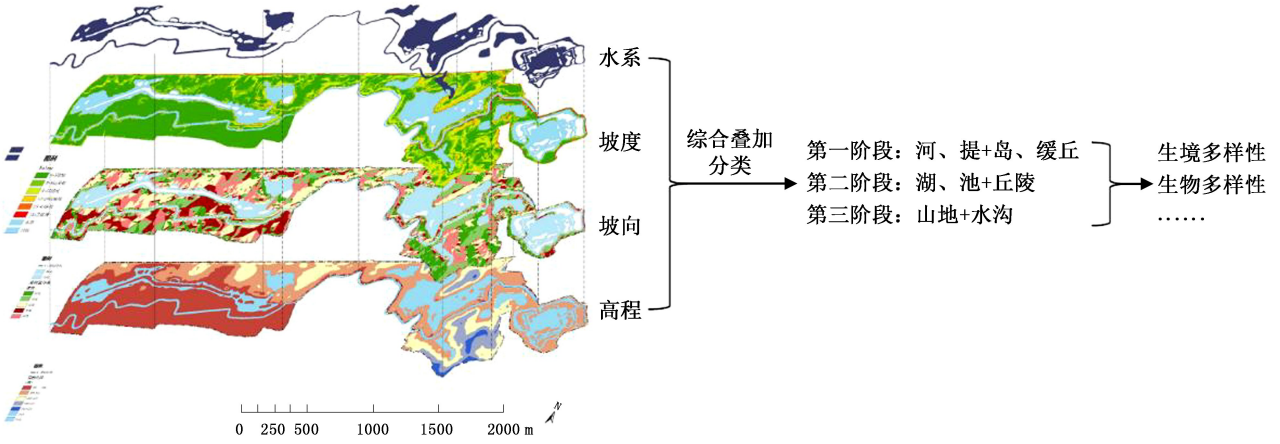


图 1　白鹭湾国家城市湿地公园核心区地理条件分析过程

Fig. 1　Analysis process of geographical conditions in the core area of Bailuwan National Urban Wetland Park

3.1.1 整体地形地貌特点

1)高程坡降特点

公园核心区海拔 490~540 m,但地表走势呈东高西低状态,相对高差 20~50 m;公园东西向坡降约 0.1%,整体地形不利于地表排水,但利于湿地土壤的水分涵养;白鹭溪河堤段最大坡降约 5.7%,人工湖部分最大坡降约 3%,湿地水体区坡降 3%~5%,整体坡降有利于园内水系的流动更新,提高湿地净化水的效率。

2)坡度特点

园内陆地大面积坡度在 0°~8°区域,占总面积的 76.0%。整体平缓坡区域约占总面积的 92.0%,坡度大于 15°的区域仅占 8.0%。公园西区陆地有大量平缓地分布,地表排水较缓慢、土壤含水量增大,营造了陆地栖居动物和陆生植物的生境条件;公园东区坡度变化丰富,塑造了多样的地形,丰富了林地生境和游览体验[7]。

3)坡向特点

公园总体地形结构为阴坡较陡、阳坡较缓结构,为湿地植物生长提供了更适宜的光照和水湿条件。据统计,公园内 0°~15°平缓坡阳坡占 57.5%,比阴坡多 15%;15°以上较陡坡的阳坡与阴坡相近。地表坡度越陡,受光面所占表面积占比越小,土壤水分蒸发量小;反之亦然。但平缓坡地表排水不快,水分补充大,这种互补关系共同营造了适合湿地公园动植物生长栖息的自然环境,同时地表水的自我补充也有利于公园节水浇灌等维护管理。

3.1.2 生境分级特点

根据公园地形地貌、坡度坡向的整体特点,结合水陆基底与生境的营造氛围,以及园内河流、湖、池与其他因子的空间分布,公园自西向东整体分为静态水体水生生境、动态水体湿生生境、陆生林地生境三级阶地[8],三级阶地特征差异明显(表 2)。

表 2　白鹭湾国家城市湿地公园三级阶地基本信息

Tab. 2　Basic information of third terrace in Bailuwan National Urban Wetland Park

类型	高程范围/m	陆地面积(含岛屿)/hm^2	水面面积/hm^2	总面积/hm^2	陆地占比/%	水面占比/%	全园占比/%
第一阶地	≥486~490	59.9	11.1	71.0	84.4	15.6	35.8
第二阶地	≥490~495	53.2	35.6	88.8	59.9	40.1	44.8
第三阶地	≥495	38.5	-	38.5	100.0	-	19.4

白鹭湾湿地公园三级阶地不同坡度占比见图 2。

由图 2 可知,一级至三级阶地的地表特征由单一类型向多样类型均衡分布变化[9]。第一阶地中不同坡型占比差异波动最大,平地微坡占绝对优势,其余类型占比小且差异不大,地形条件较单一,适合耐积水的湿地植物生长;第二阶地坡型差异波动较小,微坡仍处于优势地位,其余坡度类型占比增大,15°以上坡型占比依然很小,整体比第一阶地丰富;第三阶地坡型占比差异波动最小,较陡坡、陡坡占比增大,地表类型最丰富。此外,坡向决定的受光强度,由一级到三级阶地阳坡减少、阴坡增加,坡向变化丰富,受光照更均匀,提供了多样的光照、湿度环境。

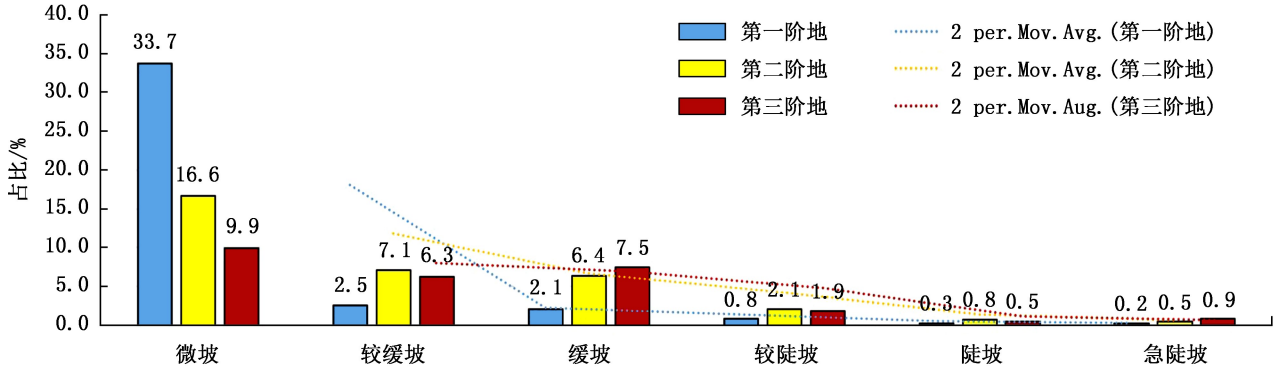


图 2 白鹭湾国家城市湿地公园三级阶地不同坡度占比

Fig. 2 Proportion of different slopes of third terrace in Bailuwan National Urban Wetland Park

3.2 水系与水文特点

3.2.1 水系分布特点

水体是湿地公园建设的核心[10]，白鹭湾湿地公园的水体占公园总面积比重较大，且水体类型丰富、空间分布均匀，提供了良好的水资源基础。公园内水体总面积约 55.5 hm^2（含岛屿），占全园面积的 1/3，包括陡坎河 7.7 hm^2、湖面 39.0 hm^2，水体内有岛屿、堤岸约 8.8 hm^2。

公园内静态水体在空间分布的高程面差异不大，依地势分层分布的格局保证了地表水体循环正常运作，补充了每一台层内土壤的含水量，外加不同小区域就近取水，节约了植物浇灌成本，也有利于提升土壤对污染物的吸附与净化能力。

公园水体水面植物长势较好，覆盖率高达 39.8%（不包括沉水植物），且不同水面类型的植被覆盖率不同，水生生境类型多样。湿地净化展示池的覆盖率高达 91.5%；荷塘覆盖率次之，达 65.0%，集聚生态功能与景观效果；动态水体在 30%～38%范围，可保证水体自我更新及植被的净水作用；其余水体覆盖率约 25%，形成了较完整的湿地水体景观。

3.2.2 驳岸与缓冲区特点

公园水体驳岸线曲折悠长，类型以自然式驳岸为主。与公园地形相结合，静态水体驳岸坡度较缓和，动态水体驳岸坡度较陡、长度较长，水岸的缓冲区对全园的覆盖性较高且均匀，创造了连续性强的水陆过渡地带，增强了园内水体联系。

水岸线由不同尺度规模的湖、池、岛屿、堤岸等构成，总长度约 43.5 km，是全园周长的 3.7 倍，水岸线在空间分布密度达 143 m/hm^2，形成超长的水生植物生境带，保障了湿地植物与动物的多样性。东部荷塘与白鹭溪内的堤岸、岛屿使区域水体驳岸线密度增加。

根据湿地水体的敏感性做半径 30、80、200 m 的缓冲区，敏感度由强到弱。河岸缓冲区作为“生态廊道”，区内耐水湿的植被能过滤地表及土壤径流中的杂质、净化水质、消减地表径流流速、保护水岸、提升水生生物生存的环境质量[11]。

3.2.3 地表水文特点

水文特征主要由地表水位变化与地表汇水特征组成，水文变化起到搬运湿地内的营养物质与动植物生存生长的必需物的作用，影响其他自然因子的存在状态[12]。公园经人工地表建设后，子汇流单元保持连续且具一定规模，汇流单元随地形完整地分布在山脊两侧，形成连续的子流域空间。整体改建地形对公园地表自然汇水影响较小，能保障游人使用且几乎无需补充人工排水。地表径流汇入水体的重点区域中近 86%的区域被乔木覆被保护，同时植被减缓地表径流流速，增强了地表径流的净化能力[13]。

3.3 植被特点

3.3.1 植物种类

1）植物种类丰富且数量较大

公园植物整体绿化率达 65%，陆地绿化率达 90%以上。按植物质地分类，园内有木本植物 105 种、草本植物 116 种，草本植物种类占总数的 52.5%，为园内昆虫、鸟类创造了栖息地与食物来源，并保证了湿地生态系统的稳定发展[14]；按栽培类型分类，园内有野生植物 96 种，占总数的 43.4%；栽培植物 125 种，占 56.6%，种的数量比例相差不大，粗放管理下优胜劣汰可促进植物群落自然演替以及更稳定地发展[15]。

2）湿地植物种类丰富且分布面积大

公园内的湿地植物种类丰富，分布面积广且规模较大，创造了良好的湿地环境及湿地生态功

能[16]。据统计,园内湿地植物种的数量占总种数的48%,其中湿生植物 82 种,水生植物 25 种。不同类型在不同规模、深度的水体边缘生长,创造了公园多样的湿地植物景观。

3.3.2 草本植物群落

草本植物群落最常见的有草坪和草甸两种。公园内总体草本地被种植面积约 59.71 hm^2。草坪面积 0.56 hm^2、草甸面积 40.21 hm^2,其余林下地被约 18.94 hm^2,草甸与草坪占比约 70∶1,草甸占绝对优势。公园草本植物群落多样性丰富,受自然因素影响较大,群落演替速度较快、程度较高。采样群落的内部种类均不是单一品种生长,目前群内的优势种仍为人工播种品种,其余大量伴生种多为自然繁衍,有利于生物多样性的培育[17],并促进湿地公园从人工体向自然复合体演变,但过度的自然演替也会对正常生态平衡造成威胁[18],需进行人工干预控制。

3.4 动物特点

3.4.1 动物多样性

公园动物类型多样,分布较密,种群数量较大,繁衍与栖息条件好,食性较稳定。核心区内包括两栖类、爬行类、鸟类、昆虫类、鱼类、哺乳类等,且比例分布合理。园内鸟类占动物总数的 52%,其中冬候鸟种类超 30 种,次之留鸟 28 种,公园生态环境非常适宜鸟类繁衍、栖息。

3.4.2 湿地生物链结构

湿地生物链结构分为链状、梳状、网状 3 种结构[19]。据调查发现,食物链多为网状结构,园内生物链较稳定,动物多样性强,动物生存繁衍的保障较好。园内主要存在的食物链为水体中藻类→浮游动物→小鱼→大鱼→鸟类的食物链;陆地上从生产者开始为植物→草食动物→肉食动物。

3.4.3 动物活动生境分析

园内分布的开阔水面、浅滩水塘及混交林等不同生境适合各种鸟类及其他动物觅食、栖居。重点关注鸟类活动特点,结合调研总结,园内需重点保护的区域占全园的 43.8%(图 3),主要是鸟类适合栖居的陆地混交林及水体边缘沼生的植物区。

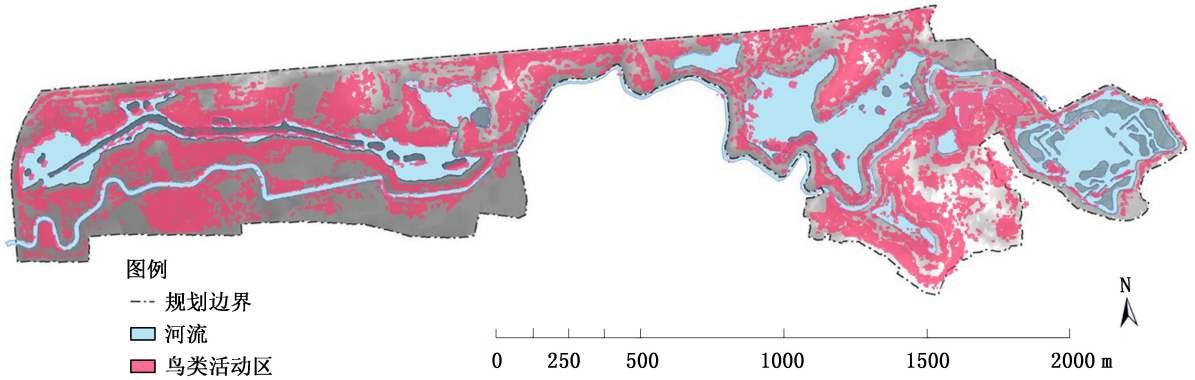


图 3　白鹭湾国家城市湿地公园需重点保护的鸟类活动范围

Fig. 3　Key protected areas of bird activity in Bailuwan National Urban Wetland Park

3.5 人工要素特点分析

综合人工要素在湿地公园的建设是以最小限度影响湿地自然生态为目标,最大限度地发挥其服务功能[20]。公园内建筑物面积占全园的 2%,低于公园规范 3%~5%的建筑面积,对湿地造成的环境影响小。园内建筑类型为茶室、游客服务中心、水利配套建筑及其他小型服务建筑,材料为当地石材与木材,对湿地环境的阻隔、干扰较小;公园内道路铺装建设密度低,面积占 3%,低于公园规范的 5%~15%,园内除游客中心等配套建筑室外场地,几乎未设置活动广场,避开生态敏感区的同时使游人接近自然。

据计算,公园游人容量为 1 万人,远低于按城市公园标准计算的 4.5 万人,人均游览面积为 317 m^2/人,是规范人均占有面积的 5 倍多。根据游人容量与游览质量的关联关系分析,公园的游人密度较低,游人游园感受为较大空间,游览品质较高。

3.6 综合叠加评价

对白鹭湾湿地公园各项因子的最终分析成果综合叠加评价,完成了公园内生态保护结构专题图,并获得了湿地生态最敏感区与需重点保护区域(图 4)。

通过对白鹭湾湿地公园的专项分析与综合评价,结合其他公园信息,得到白鹭湾湿地公园的自然、人工要素等建设因子的特点(表 3)。

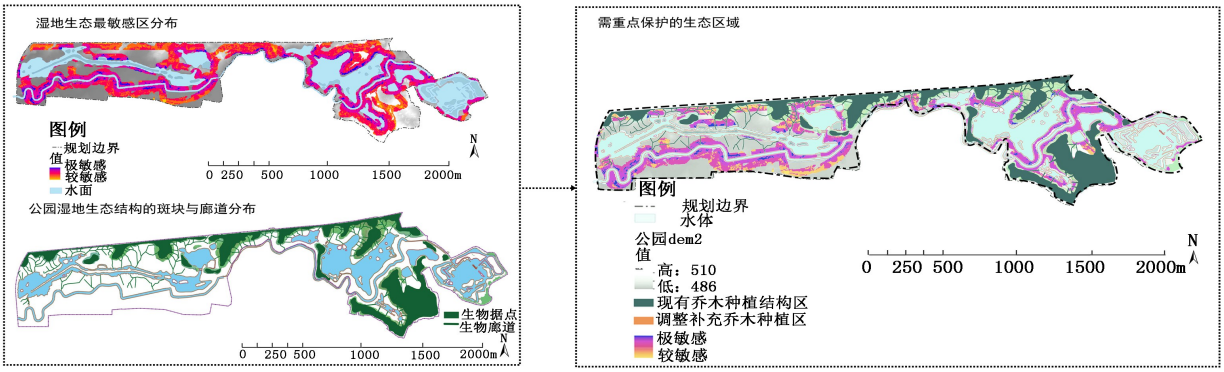


图 4 白鹭湾国家城市湿地公园重点保护区域的斑块分布

Fig. 4 Patch distribution of key protected areas in Bailuwan National Urban Wetland Park

表 3 白鹭湾国家城市湿地公园各项因子的建设特点

Tab. 3 Construction characteristics of various factors in Bailuwan Wetland Park

类别			白鹭湾城市湿地公园
公园层面	建设目标与服务对象		坚持“自然优先”,重点关注动物(鸟类与昆虫)、植物与人共存的环境
	公园区位		位于城市近郊区,周围自然资源丰富且有利于公园建设,公园服务区域半径更大
	管理边界		公园管理边界由资源而定,核心区-缓冲区分级调控,同心圆式分级管理
	公园功能与分区		公园强调生态性,注重湿地的养护,功能分区有:湿地重点保护养育区、展示区、游览活动区与管理服务区等
自然要素	自然地理	地形地貌	强调地理完整性,受大地形限制,顺应自然地形走势,人工干预少
		气候气象	受区域气候影响,气象能源资源条件良好,适宜湿地生物生存
		土壤	整体水陆过渡带土层深厚,土壤含水量较大,保水性好,陆地部分种植与城市公园相同
	水系水文	空间分布与形态	基于现有水体建设,自然边界具有可变性与不确定性,水体形态自然
		水文过程与净化	水文过程多样,水位随季节变动,促进驳岸植物群落的更替,且水体植被覆盖率高,净化水质功能强
		园内汇水与排水	保持流域完整性,园内排水顺应水文过程,上游林地,汇水通道顺畅,保障枯枝落叶积累,保留低处湖池汇水,实现自然汇水,地表无积水
		驳岸与缓冲区	自然式驳岸长度较长,丰富驳岸生境,增大缓冲区面积,更适合鸟类生存
	植被	植被类型比重	注重湿地植物景观的塑造,草本植物种类、数量、生长条件占优势,湿地植物所占比重较大
		植物养护与群落演替	粗放式管理,植物养护成本小,植物群落演替程度大,随自然条件变化存在自我更新现象,群落稳定性抗风险性强
		其他生物	关注鸟类、昆虫的生存情况,保证动物生存的环境条件、食物链的完整,控制人类干扰
人工要素	建筑		服务型建筑为主,满足基本服务需求,所占比例小,材料选择对自然影响较小的类型
	铺装		铺装比例较小,除了指引、连接功能,铺装路线选择更多考虑降低生态影响,避开敏感区,优选对自然景响较小的材料
	构筑物		基础服务设施还需考虑动物栖息庇护所、动植物观察设施等构筑物

4 结论与建议

4.1 结论

1)公园所处区域自然资源丰富,气候气象资源适宜,水资源充沛,地表水网密集、水量充足,能充分养育湿地、灌溉植被,给公园建设发展提供了良好的物质环境基础,有利于公园湿地的保护养育与开发利用。

2)公园湿地生态结构稳定,林地与湿地的生境类型多样且保护较好,有利于各种生物生存繁衍。公园湿地基底较好,水岸线悠长,创造了大范围的优势湿地生境。此外,湿地敏感区的高植被覆盖,提高了湿地的养育功能及生物多样性。

3)公园生态功能发挥较好。公园自东向西的引水顺应了公园内三级梯度的地形结构,引入水推动土壤内水体流动并促进园内水体的整体净化程度,水质改善效果显著。

4)公园的景观资源类型多样,包含自然湿地水

景、湿地植物景观、动物景观、山林景观等,整体休闲娱乐价值高,游览品质好。

5)公园人工建设强度低,集中服务设施少,人工活动对自然的负面影响小。核心区以自然保护为主,缓冲区配套游客服务的发展模式有利于公园自身的可持续发展,同时也利于区域经济发展。

6)园内生物群落自然演替水平和可持续发展性均较高。由于园内地形、水系、植被等元素分布合理,植物群落人工配植与自然选择相融合的特点突出,降低了人工养护的要求和成本。

4.2 建议

4.2.1 顺应自然过程,保障湿地稳定

顺应地形地貌、水文过程,保持地表汇流通道通畅,高处种树、低处蓄水,使地表径流充分汇入湖中、补充水源,用以园内其他生物生长所需,实现公园水资源利用最大化。

4.2.2 加强植被养护,提升生态效益

加强生态结构重点区域的植被保护,保障园内生态结构安全。重点保护湿地植物,适当增加水生植物对水体的覆盖,提升水体净化能力,同时提供园内动物(尤其是鸟类)的食物储备与栖息地,保障园内生物多样性。

4.2.3 允许自然演替,丰富物种多样性

园内建设时减少草坪的使用,且允许草坪向草甸自然演变,形成更稳定的草本植物群落。公园建设酌情粗放,适量增加野生种,但对园内演替出现的入侵种需及时清理控制,以防生态、经济损失。

4.2.4 积累枯枝落叶,增加土壤营养

控制园内枯枝落叶的清扫强度,在保障游人活动安全的前提下,允许园内(尤其林地区域)地表枯枝落叶的积累,增加腐殖质层厚度,丰富土壤营养物及土壤生物,保持自然生态能量的流动循环。

4.2.5 减少人工要素,控制人为影响

在满足游人基本游览需求下,降低人工建筑面积占比,减少铺装、道路、建筑、构筑物等集中使用。注意人工建设区需避让生态极敏感区,降低人为活动对湿地环境的负面影响。

参考文献:

[1] 马广仁. 中国湿地公园建设研究[M]. 北京:中国林业出版社,2016.

[2] 崔国发. 自然保护区建设与管理关键技术[M]. 北京:中国林业出版社,2018.

[3] 宋爽,许大为,石梦溪,等. 基于集对分析的国家湿地公园生态旅游资源评价——以白渔泡国家湿地公园为例[J]. 西北林学院学报,2021(2):1-7.

[4] 陈炜,张雨珂,炊雯,等. 黄土高原湿地生态系统服务功能价值评估——以陕西省千湖国家湿地公园为例[J]. 水土保持通报,2019,39(4):270-274,280.

[5] 张艳春,毛旭锋,魏晓燕,等. 湟水国家湿地公园湿地价值及其辐射格局研究[J]. 生态学报,2022,42(2):569-580.

[6] 苏辉东,贾仰文,牛存稳. 河流健康评价指标与权重分配的统计分析[J]. 水资源保护,2019,35(6):138-144.

[7] 王立帅,徐诗文,林浩文,等. 城市湿地公园建成后综合效绩评估——以广州大观湿地为例[J]. 生态学报,2019(16):6001-6016.

[8] 傅伯杰. 景观生态学原理及应用[M]. 北京:科学出版社,2011.

[9] 毛旭锋,魏晓燕,陈琼,等. 基于 ECPS 模型的青海湟水国家湿地公园湿地恢复评估[J]. 地理研究,2019,38(4):760-771.

[10] 陈云浩. 基于多源信息的北京城市湿地价值评价与功能分区[M]. 北京:科学出版社,2012.

[11] 徐国荣,马维伟,李广,等. 基于 PSR 模型的甘南尕海湿地生态系统健康评价[J]. 水土保持通报,2019,39(6):275-280.

[12] 雷茵茹,崔丽娟.《北京市湿地保护条例》解读[M]. 北京:中国林业出版社,2019.

[13] 秦趣,黄艳,崔小平. 基于 PSR 模型的云贵高原湿地生态系统健康评价[J]. 水生态学杂志,2019,40(5):26-31.

[14] 崔丽娟,雷茵茹,张曼胤,等. 小微湿地研究综述:定义、类型及生态系统服务[J]. 生态学报,2021,41(5):2077-2085.

[15] 曹子祯,柴硕,孙浩. 官厅水库国家湿地公园维管植物多样性[J]. 湿地科学,2020,18(1):101-109.

[16] 杨利,杨静涵,石道良. 神农架大九湖国家湿地公园景观健康变化研究[J]. 湖南师范大学自然科学学报,2021(4):1-8.

[17] 张益红,铁军. 漳泽湖国家城市湿地公园维管植物区系分析[J]. 湿地科学,2021,19(6):702-714.

[18] 谢勇,徐永福,游健荣. 黄金河国家湿地公园外来植物种类组成、区系与入侵危害[J]. 生态学杂志,2020,39(11):3613-3622.

[19] 李相逸,曹磊. 基于景观环境综合评价的七里海湿地恢复研究[J]. 天津大学学报(社会科学版),2017(3):241-247.

[20] 易阿岚,孙清,王钧. 基于 SD 模型的上海市湿地生态系统服务变化过程与情景研究[J]. 生态学报,2020,40(16):5513-5524.

责任编辑:许易琦

doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2023. 06. 028

城郊森林公园康养资源评价及优化路径研究

——以郑州市文博森林公园为例

李喜梅,赵君静,高春雨,廖晓宇,秦 怡,陈明珠
(河南农业大学 林学院,河南 郑州 450002)

摘要:梳理社会背景及国内外研究成果,基于层次分析法,从生态维度、康养维度、需求维度 3 个层面筛选评价指标,构建城郊森林公园康养资源评价体系,对郑州市文博森林公园进行实践评价。评价结果表明,文博森林公园康养总得分 85. 84 分,资源等级为二级,其优势在于森林覆盖率、森林健康、空气负离子浓度等方面。根据评价结果从林木资源合理规划和科学开发经营园区资源等方面提出康养资源优化路径。

关键词:城郊森林公园;康养资源;评价指标;优化路径;文博森林公园

中图分类号:S759. 91;S788. 1;P964 **文献标识码**:A **文章编号**:1671-3168(2023)06-0166-07

引文格式:李喜梅,赵君静,高春雨,等. 城郊森林公园康养资源评价及优化路径研究——以郑州市文博森林公园为例[J]. 林业调查规划,2023,48(6):166-172. 179. doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2023. 06. 028

LI Ximei, ZHAO Junjing, GAO Chunyu, et al. Evaluation and Optimization Path of Health Preservation Resources in Suburban Forest Park——A Case Study of Wenbo Forest Park in Zhengzhou[J]. Forest Inventory and Planning,2023,48(6):166-172. 179. doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2023. 06. 028

Evaluation and Optimization Path of Health Preservation Resources in Suburban Forest Park

——A Case Study of Wenbo Forest Park in Zhengzhou

LI Ximei, ZHAO Junjing, GAO Chunyu, LIAO Xiaoyu, QIN Yi, CHEN Mingzhu
(College of Forestry, Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, China)

Abstract: By analyzing the social background and domestic and foreign research results, this paper selected evaluation indicators from ecological dimension, health preservation dimension and demand dimension based on AHP to construct the evaluation system for the health preservation resources of suburban forest parks and carry out practical evaluation of Wenbo Forest Park in Zhengzhou. The evaluation result showed that the total score of health preservation resources in Wenbo Forest Park was 85. 84, classified as Level 2, with the advantages of forest coverage, forest health and air negative ion concentration. Based on the evaluation results, this paper proposed optimization paths for health preservation resources from the aspects of rational planning of forest resources and scientific development and management of park resources.

Key words: suburban forest park; health preservation resources; evaluation indicator; optimization

收稿日期:2022-06-07.

基金项目:河南省重点研发与推广专项(科技攻关)项目“研学旅行视域下经济林与自然科普融合开发技术研究”(202102310635);河南省高等学校青年骨干教师培养计划项目“生态旅游精准扶贫效应评价与提升研究”(2019GGJS049).

第一作者:李喜梅(1980-),女,河南方城人,副教授,硕导. 主要从事森林康养与生态旅游方面的研究. Email:liximei009@126. com

path; Wenbo Forest Park

城郊森林公园作为我国森林公园发展的新方向,在构建城市生态屏障、推动城乡生态一体化等方面具有重要作用。在城市经济快速变革的背景下,居民生活压力增加,慢性病患病率不断上升,通过绿色生态空间舒缓生活压力的需求快速膨胀[1-2]。森林旅游、森林康养等养生旅游方式逐渐进入大众视线。城郊森林公园作为我国森林公园发展的新方向和新亮点,具有足够的森林空间和资源,是城市及周边居民开展森林康养活动的主要阵地[3]。与大部分城市绿地相比,城郊森林公园在自然资源、建设面积上的优势使其能够更好地发挥城市生态屏障作用[4]。

通过文献检索发现,有关城郊森林公园资源评价研究以景观资源为主[5]。胡承康[6]利用专家问卷法和层次分析法,从景观资源质量、生态环境条件、开发利用条件构建了城郊型森林公园景观资源评价指标体系,对福州国家森林公园景观资源进行评价。王娜等[7]利用 SBE 法,从季相与色彩、林木密度、郁闭度、通视性等多个指标对广西 7 个城郊森林公园进行评价,提出城郊森林公园林内景观美学质量提升方法。有关城郊森林公园康养资源评价的研究较少,多针对康养基地资源进行评价研究,且评价目标较为单一,康海滨等[8]选取气候评价指标,利用 GIS 技术分析三明市森林康养基地的气候舒适度。廖荣俊等[9]选取康养因子空气负氧离子,对灵鹫山森林康养基地空气负氧离子的日变化及季节变化特征进行分析评价。目前研究缺少对城郊森林公园康养资源的多维度科学评价。因此,建立城郊森林公园康养资源评价体系对开展城郊森林公园康养环境建设及质量评价具有指导作用,是落实生态文明建设,加快林业产业转型升级的积极举措。

1 研究区概况与数据来源

1.1 研究区概况

文博森林公园位于河南省郑州市二七区侯寨乡,紧邻尖岗水库,是尖岗水库水源涵养林工程的重要组成部分,对郑州市森林生态城建设具有重要意义。文博森林公园距离市区约 10 km,可以方便快捷地到达机场、周边景区及周边县市,交通辐射半径为 0.5 h,具有明显的区位优势。

文博森林公园总占地面积约 280.90 hm^2,森林覆盖率约 80%,主要分为树木园和花博园两大区域,树木园建设面积约 227.57 hm^2,花博园约 53.33 hm^2,是集名花名树展示、科普宣传教育、休闲游憩健身、生态文化体验及森林生态示范为一体的综合性树木花卉博览园。园内收集、保育、驯化中部地区及南方树种约 700 种,其中珙桐、红豆杉、金钱松、银杏、水杉等国家一级、二级和河南珍稀保护树种 20 余种,是一个丰富、多样的木本植物种质资源库。

1.2 数据来源

数据主要来源于两方面:(1)问卷调查,通过参考文献资料从森林景观资源、森林康养环境、基础设施条件 3 个层面制作问卷,共发布 18 份专家问卷和 35 份研究生问卷,问卷回收率 100%。(2)实地调查收集相关资料以及园区内 2 个物联网环境监测系统的信息及数据。

2 康养资源评价体系的构建

2.1 评价指标的选取

基于全面与客观性相结合等指标选取原则[10-12],从森林景观资源、森林康养环境和基础配套条件 3 个层面构建城郊森林公园康养资源评价体系。该体系包括 1 个目标层,3 个准则层,6 个一级指标层,32 个二级指标层(表 1)。

2.2 指标评价依据

指标评价依据以国家和行业相关规范、标准及相关研究[13-16]为基础进行制定,保证指标评分标准的合理性,包括《全国城郊森林公园规划(2016—2025 年)》《森林康养基地质量评定(LY/T 2934—2018)》《国家级森林公园总体规划规范(LY/T 2005—2010)》《公园设计规范(GB 51192)》《国家康养旅游示范基地标准(LB/T 051—2012)》《环境空气质量标准(GB 3095—2012)》《中国森林公园风景资源质量等级评定(GB/T 18005—1999)》等,每个指标总分为 100 分,根据以上标准在 3~5 个指标范围内进行打分,最终获得各项指标的平均得分。

2.3 权重的确立

2.3.1 构建判断矩阵

对递阶层次结构中同一层次的每个因子进行两两比较,构建判断矩阵 A:

$$A=(a_{ij})_{n\times n}=\begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{n2} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ a_{n1} & a_{2n} & \cdots & a_{nn} \end{pmatrix} \quad (1)$$

表 1 城郊森林公园康养资源指标评价体系

Tab. 1 Evaluation index system of health preservation resources in suburban forest parks

目标层	代码	准则层	代码	一级指标层	代码	二级指标层
G 城郊森林公园康养资源评价体系	P1	森林景观资源	A	森林资源	A1	森林面积
					A2	森林覆盖率
					A3	森林健康
					A4	森林季相
					A5	物种多样性
					A6	物种来源
					A7	生态干扰度
			B	景观资源	B1	地形资源
					B2	水域资源
					B3	人文资源
					B4	景观吸引度
					B5	资源融合度
	P2	森林康养环境	C	林分结构	C1	林分色彩
					C2	林分类型
					C3	林分密度
					C4	郁闭度
					C5	林龄
			D	康养环境	D1	温度
					D2	湿度
					D3	风速
					D4	空气负离子浓度
					D5	空气颗粒物浓度
	P3	基础配套条件	E	康养设施	E1	自然教育设施
					E2	绿色步道建设
					E3	休憩娱乐设施
					E4	康体健身设施
					E5	配套基础设施
			F	区位交通	F1	内部道路系统
					F2	外部交通系统
					F3	停车场规划
					F4	地理区位
					F5	客源市场

判断矩阵两两比较时，对重要性程度采用 1~9 标度法赋值[17-18]，即用 1、3、5、7、9 分别表示同等重要、稍微重要、重要、很重要、极为重要，2、4、6、8 表示重要性介于 1、3、5、7、9 之间。

2.3.2 指标权重计算

采用几何平均法（方根法）对判断矩阵的权重进行计算，流程如下。

1）计算判断矩阵每一行元素乘积的 n 次方根 $\overline{W_i}$，计算公式为：

$$\overline{W_i} = \sqrt[n]{\prod_{j=1}^{n} a_{ij}},\ (i,j = 1,2,3,\cdots,n) \tag{2}$$

2）对特征向量 $\overline{W} = (\overline{W_1}, \overline{W_2}, \overline{W_3} \cdots \overline{W_n})^T$ 进行归一化处理，得到权重 W_i，计算公式为：

$$W_i = \frac{\overline{W_i}}{\sum_{i=1}^{n} \overline{W_i}}\ (i = 1,2,3,\cdots,n) \tag{3}$$

3）一致性检验

计算判断矩阵最大特征根 λ_{max}，计算公式为：

$$\lambda_{max} = \sum_{i=1}^{n} \frac{(AW)_i}{nW_i}\ (i = 1,2,3,\cdots,n) \tag{4}$$

式中：$(AW)_i$ 为 A 第 i 个指标。

进行一致性检验：

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \tag{5}$$

$$CR = \frac{CI}{RI} \tag{6}$$

当判断矩阵阶数小于等于 2 时，即 $n \leqslant 2$ 时，CR = 0，判断矩阵一致性检验通过。当 $n \geqslant 3$ 且 CR<0.10 时，表示该判断矩阵一致性检验通过，矩阵中各指标权重值符合要求。当 CR > 0.10 时，表示该判断矩阵一致性未通过一致性检验，需要进行修正（表 2）。

表 2 不同判断矩阵阶数 RI 取值

Tab. 2 RI values of judgment matrix order

判断矩阵阶数	RI 值	判断矩阵阶数	RI 值	判断矩阵阶数	RI 值
1	0.00	4	0.89	7	1.36
2	0.00	5	1.12	8	1.41
3	0.52	6	1.26	9	1.46

4）计算评价指标的层次总排序

计算某一层次所有因素对于最高层（目标层）相对重要性的权值，称为层次总排序。

$$W'_{C_i} = W_{A_k} \times W_{B_i} \times W_{C_j} \tag{7}$$

式中：W'_{C_i} 表示对应目标层的二级指标层各指标的总权重；W_{A_k} 表示对应目标层的准则层各指标的权重；W_{B_i} 表示对应准则层的一级指标层各指标的权重；W_{C_j} 表示对应一级指标层的二级指标层各指标的权重。

为了验证层次总排序计算结果是否也具有满意的一致性，需要计算总随机一致性指标，计算公式为：

$$CR = \frac{\sum_{i=1}^{n} a_i CI_i}{\sum_{i=1}^{n} a_i RI_i} \quad (8)$$

将专家问卷结果通过判断矩阵得出的各层次指标权重值赋值 0.6,研究生问卷结果通过判断矩阵得出的各层次指标权重值赋值 0.4,根据以上分析得出评价指标的层次总排序(表 3)。

表 3　城郊森林公园康养资源评价指标体系权重

Tab. 3　Evaluation system weight of health preservation resources in suburban forest parks

评价体系		权重		权重	总权重	排序
		专家问卷	研究生问卷			
准则层	P1 森林景观资源	0.5396	0.6491	0.5834	—	—
	P2 森林康养环境	0.2970	0.2790	0.2898	—	—
	P3 基础配套条件	0.1634	0.0719	0.1268	—	—
一级指标层	A 森林资源	0.8000	0.8411	0.8164	0.4763	—
	B 景观资源	0.2000	0.1589	0.1836	0.1071	—
	C 林分结构	0.4495	0.4721	0.4585	0.1329	—
	D 康养环境	0.5505	0.5279	0.5415	0.1569	—
	E 康养设施	0.4721	0.8000	0.6033	0.0765	—
	F 区位交通	0.5279	0.2000	0.3967	0.0503	—
二级指标层	A1 森林面积	0.1061	0.2548	0.1656	0.0789	3
	A2 森林覆盖率	0.3146	0.3615	0.3334	0.1588	1
	A3 森林健康	0.3146	0.1817	0.2614	0.1245	2
	A4 森林季相	0.0757	0.0882	0.0807	0.0384	8
	A5 物种多样性	0.1266	0.0590	0.0996	0.0474	7
	A6 物种来源	0.0227	0.0334	0.0270	0.0129	22
	A7 生态干扰度	0.0397	0.0214	0.0324	0.0154	18
	B1 地形资源	0.0622	0.1731	0.1066	0.0114	24
	B2 水域资源	0.0493	0.2744	0.1393	0.0149	19
	B3 人文资源	0.1240	0.0504	0.0946	0.0101	25
	B4 景观吸引度	0.5143	0.4258	0.4789	0.0513	6
	B5 资源融合度	0.2502	0.0763	0.1806	0.0193	17
	C1 林分色彩	0.4777	0.4631	0.4719	0.0627	5
	C2 林分类型	0.1242	0.2604	0.1787	0.0237	13
	C3 林分密度	0.0850	0.0976	0.0900	0.0120	23
	C4 郁闭度	0.2695	0.1379	0.2169	0.0288	9
	C5 林龄	0.0436	0.0410	0.0426	0.0057	29
	D1 温度	0.0938	0.2759	0.1666	0.0261	10
	D2 湿度	0.0938	0.1755	0.1265	0.0198	16
	D3 风速	0.0490	0.0849	0.0634	0.0099	26
	D4 空气负离子浓度	0.5486	0.4257	0.4994	0.0784	4
	D5 空气颗粒物浓度	0.2148	0.0380	0.1441	0.0226	15
	E1 自然教育设施	0.0478	0.0740	0.0583	0.0030	32
	E2 绿色步道建设	0.4190	0.5072	0.4543	0.0230	14
	E3 休憩娱乐设施	0.2666	0.2544	0.2617	0.0133	21
	E4 康体健身设施	0.1643	0.1163	0.1451	0.0074	27
	E5 配套基础设施	0.1023	0.0480	0.0806	0.0041	30
	F1 内部道路系统	0.2313	0.4809	0.3311	0.0252	12
	F2 外部交通系统	0.3882	0.2747	0.3428	0.0261	11
	F3 停车场规划	0.0907	0.0683	0.0817	0.0062	28
	F4 地理区位	0.2313	0.1410	0.1952	0.0148	20
	F5 客源市场	0.0586	0.0351	0.0492	0.0037	31

准则层中指标权重占比排序为森林景观资源(0.583 4)>森林康养环境(0.289 8)>基础配套条件(0.126 8)。森林景观资源是康养资源评价的核心要素,丰富的森林景观资源是进行森林康养活动的基础,决定康养活动的质量;森林康养环境是重要的评价因素,是进行森林康养活动的必需空间;完善的基础配套条件为开展康养活动提供保障。

在一级指标层中,森林资源(0.476 3)权重占比重远超其余指标,其余依次是康养环境(0.156 9)、林分结构(0.132 9)、景观资源(0.107 1)、康养设施(0.076 5)、区位交通(0.050 3)。森林资源是康养资源中最核心的评价因素,丰富多样的森林资源为康养活动提供物质基础;适宜的康养环境、合适的林分结构影响康养活动质量;丰富多彩的景观资源和充足的康养设施能够提升康养活动趣味性,丰富活动类型;良好的区位交通可以保障游客能够顺利抵达康养场所。

在二级指标层中,权重排序前五位分别是森林覆盖率(0.158 8)、森林健康(0.124 5)、森林面积(0.078 9)、空气负离子浓度(0.078 4)、林分色彩(0.062 7)。森林覆盖率是康养资源评价的核心要素,覆盖率高说明资源质量高,森林物种多样性丰富;足够的森林面积和健康的森林是开展康养活动的基础条件;空气负离子浓度、林分色彩是衡量康养

资源质量的有效指标,研究显示,空气负离子对人的神经系统具有正面影响[19-21],是关键的康养因子,丰富的林分色彩能够有效提高森林的美景度。在这些指标中,停车场规划、林龄、配套基础设施、客源市场、自然教育设施权重较小,对康养资源评价影响较小。

3 文博森林公园康养资源评价

对文博森林公园康养资源评价数据进行整理分析,依据指标评价标准得出各指标得分,计算公园康养资源得分与评价等级,从森林景观资源、森林康养环境、基础设施条件 3 个维度进行分析评价。

3.1 森林景观资源

森林景观资源包括森林资源、景观资源两个方面,森林资源提供近自然的体验,景观资源提供地貌、水域、人文景观来增加森林景观的趣味性,各项指标得分见表 4。

表 4 文博森林公园森林景观资源各项指标得分

Tab. 4 Index scores of forest landscape resources in Wenbo Forest Park

指标	指标描述	指标得分
A1 森林面积	公园基地面积约 280.90 hm^2,森林面积约占基地面积的 80%	90
A2 森林覆盖率	森林覆盖率约 80%	85
A3 森林健康	受病虫害危害面积约占 1%	90
A4 森林季相	森林资源质量较高,春夏秋季森林景观变化丰富,冬季景观较单一	90
A5 物种多样性	物种有 700 多种,主要植被隶属 79 科 186 属 264 种,珍稀物种 20 多种	80
A6 物种来源	区内引种(45.45%)>国内引种(43.56%)>国外引种(10.99%)	95
A7 生态干扰度	中度干扰	80
B1 地形资源	地势起伏多变,沟壑交叉,高程落差约 68 m,属于丘陵地形,人工林景观特色一般,趣味感较强	83
B2 水域资源	紧邻尖岗水库,有水库观景台,景观美景度高	75
B3 人文资源	人文资源缺乏	40
B4 景观吸引度	景观资源独特,有 49 个植物专类园、26.67 hm^2 海棠园及其他植物景观资源以及休闲型、运动型、休憩型、游览型等景观空间,拥有建设完善的健康步道	95
B5 资源融合度	景观资源组合后优势一般,融合度高,有利于康养活动开展	82

3.2 森林康养环境

森林康养环境包括林分结构、康养环境两个方面,合理的林分构成是营造良好森林环境的基础,康养环境是开展康养活动的前提条件,各项指标得分见表 5。

表 5 文博森林公园森林康养环境各项指标得分

Tab. 5 Index scores of forest health preservation environment in Wenbo Forest Park

指标	指标描述	指标得分
C1 林分色彩	有红色、黄色、绿色、蓝绿色 4 种林分色彩,色彩对比较明显,林木花期花色丰富,景观可观赏性高	92
C2 林分类型	针叶林和针阔混交林占比约 25%,阔叶林占比 75%	58
C3 林分密度	约 1125 株/hm^2,林分密度合理	95
C4 郁闭度	约 0.67	85
C5 林龄	以不同树种的近、成熟林和中龄林为主	67
D1 温度	约 132 d	80
D2 湿度	约 125 d	78
D3 风速	约 0.52 m/s	87
D4 空气负离子浓度	约 1500~4420 个/cm^3	96
D5 空气颗粒物浓度	PM_{10} 日均浓度 82 μg/m^3 $PM_{2.5}$ 日均浓度 57 μg/m^3	72

3.3 基础设施条件

基础设施是森林公园开展森林康养活动的载体,包括康养设施和区位交通两方面,日本、韩国等发达国家康养建设已较为成熟,并以此为载体充分开发多种森林康养活动,区位交通与园区客源市场联系密切,二者各项指标得分见表 6。

3.4 康养资源综合评价

由各二级指标得分与权重可以得出文博森林公园康养资源总得分为 85.84,资源等级为二级,表明康养资源丰富,质量高,适宜开展多种康养活动。准则层得分为森林景观资源(50.44 分)>森林康养环境(24.77 分)>基础设施条件(10.63 分);一级指标层得分为森林资源(41.51 分)>康养环境(13.66 分)>林分结构(11.11 分)>景观资源(8.93 分)>区位交通(6.46 分)>康养设施(4.17 分);二级指标层中,得分前 10 位的为森林覆盖率(13.50 分)>森林健康(11.21 分)>空气负离子浓度(7.52 分)>森林

表 6　文博森林公园基础设施条件各项指标得分

Tab. 6　Index scores of infrastructure conditions in Wenbo Forest Park

指标	指标描述	指标得分
E1 自然教育设施	有环境教育、自然体验场所,设施建设较差	63
E2 绿色步道建设	健身步道 1 号线 8 km 以上,健身步道 2 号线 1~3 km,宽度 1.5~2.0 m,建设完善	89
E3 休憩娱乐设施	有为儿童及青少年设计的宝宝乐园和童趣园,有可供中年人士各种休憩娱乐的景观空间,建设较完善	85
E4 康体健身设施	受丘陵地形影响无骑行车道,健身广场内设有篮球场及各种健身器材,建设程度不够完善	65
E5 配套基础设施	有安全防护及服务设施;洗手间、垃圾箱、垃圾处理站等环卫设施;标识系统、水电设施等均建设完善,通信系统全覆盖,缺少医疗服务及应急设施	80
F1 内部道路系统	公园内建设有 3 级道路系统,5 m 宽主道路、3 m 宽道路以及健康步道 1 号线和 2 号线,道路旁景观特色较明显,建设完善	88
F2 外部交通系统	市内乘坐 722 路或 560 路公交车可抵达公园入口 150~250 m 范围内;东临郑密路、南临西南绕城高速,距离市区约 10 km,自驾便利	80
F3 停车场规划	停车场以林下停车场为主,悬铃木和栾树覆盖率达 80%,沿主干道设置多个停车区,主要分布在东门和南门区域,有停车位超 1500 个	92
F4 地理区位	属于省会优先发展区域,紧邻郑州市区建成区,0.5 h 可达;周边有郑州白寨樱桃沟景区及建业电影小镇,对经济发展有一定的促进作用	85
F5 客源市场	游客人群主要是儿童、青少年、中年,人群与公园主题定位和功能较为契合	85

面积(7.10分)>林分色彩(5.77分)>景观吸引度(4.87 分)>物种多样性(3.79 分)>森林季相(3.46 分)>郁闭度(2.45 分)>内部道路系统(2.22 分);人文资源(0.41 分)、林龄(0.38 分)、配套基础设施(0.33 分)、客源市场(0.32 分)、自然教育设施(0.19 分)几项指标得分最低。

由二级指标得分值分布图(图 1)可以明显看出,文博森林公园康养资源优势在于森林资源丰富、森林覆盖率高、病虫害较少、森林面积大,丰富的康养资源为康养活动的开展提供了极大保障。优良的康养环境和高浓度的空气负离子对森林康养活动质量的提升具有促进作用。色彩多样的林分、合理的郁闭度、变化丰富的景观,能够提升康养活动的趣味性。园区景观资源吸引力强,感官体验丰富。内部道路系统完善,外部交通系统便利,可达性良好。

另外,比较各指标得分值可以发现,文博森林公园康养资源存在以下劣势:林木树龄相近,同龄林占比高,异龄林少,而异龄林结构能够稳定森林生态系统;园区缺乏人文资源;配套基础设施、自然教育设施建设不完善,不能满足多类型康养活动的需求;客源市场单一,本土化特征明显,知名度不高。

4　文博森林公园康养资源优化路径

4.1　林木资源合理规划

4.1.1　分区域进行康养树种优化

西部林区可引进不同林龄级别的树种,增加混

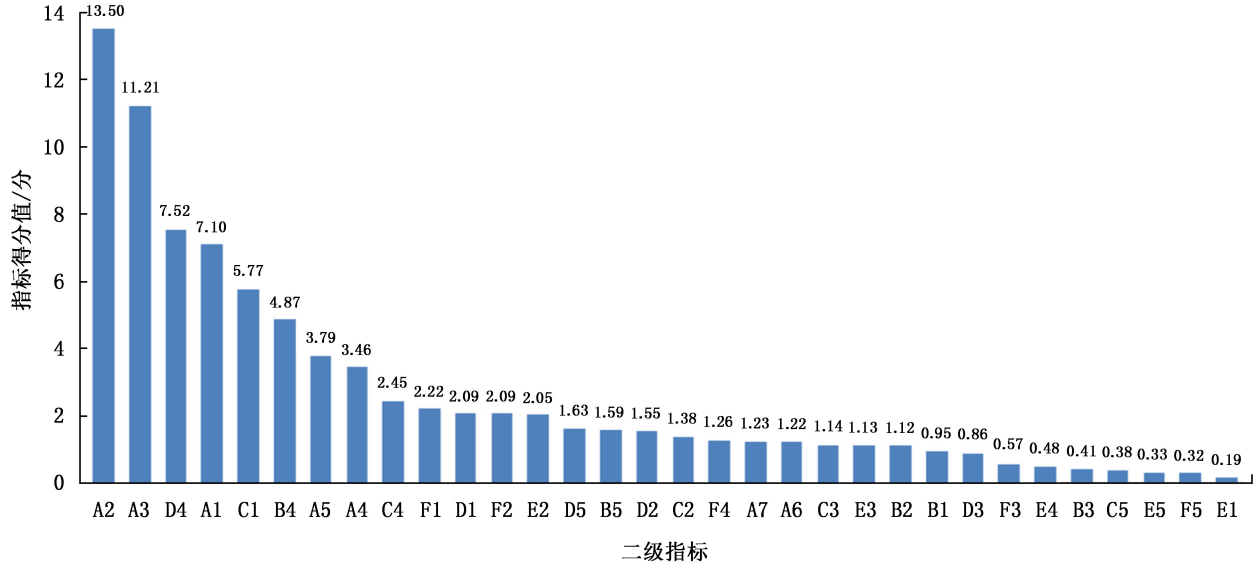


图 1　文博森林公园二级指标得分值分布

Fig. 1　Score distribution of secondary indicators in Wenbo Forest Park

交林占比,增强生态系统稳定性。人群聚集区域如园区广场附近可增加观赏价值高、叶色变化丰富的树种,并对影响景观和长势衰弱的林木及时伐除或补种。

4.1.2 分林区丰富康养活动形式

针叶林内植物精气含量相对较高,在针叶树种占主导地位的林区可以建设能够开展森林浴、森林瑜伽等活动的场所;阔叶树种为主的林区可以开展森林露营活动及森林课堂,以森林文化体验、科普为主要内容,如利用园区内杏林开展森林采摘活动。

4.2 科学开发经营园区资源

4.2.1 梳理整合园区资源

多角度挖掘人文历史背景,提升人文资源丰富度;对园区内有特殊观赏价值和文化历史意义的树种进行合理保护与利用,比如特殊树种所在林区可适当开展偏重于科普的森林康养活动。

4.2.2 加大设施建设的资金投入力度

完善基础设施,如增加长椅、凉亭等休息场所;丰富康养设施,如增加绿色步道、康体健身场所;添设教育设施,如增加植物知识科普展示牌,科普解说设施,植物专类园引导标识等。

4.2.3 提升园区影响力

分析各类人群需求,结合林区功能开设不同的康养活动,吸引不同目标群体,增加园区客流量;利用网络等信息载体对公园康养活动进行宣传推广,增加园区曝光度的同时打造特色园区定位,进一步拓宽客源市场。

5 结论与展望

城郊森林公园康养水平提升的关键是建立多维度科学评价体系。本研究以文博森林公园为例,利用问卷调查法和层次分析法从生态、康养、需求 3 个维度构建了城郊森林公园康养资源评价体系,包括 1 个目标层,3 个准则层,6 个一级指标,32 个二级指标。准则层中指标权重占比为森林景观资源(0.583 4)>森林康养环境(0.289 8)>基础配套条件(0.126 8);一级指标层中权重占比为森林资源(0.476 3)>康养环境(0.156 9)>林分结构(0.132 9)>景观资源(0.107 1)>康养设施(0.076 5)>区位交通(0.050 3);二级指标层中排前五位的为森林覆盖率(0.158 8)、森林健康(0.124 5)、森林面积(0.078 9)、空气负离子浓度(0.078 4)、林分色彩(0.062 7)。评价结果显示,文博森林公园总得分为 85.84 分,资源等级为二级,发展潜力较大,康养资源优势在于森林资源,体现在森林覆盖率、森林健康、空气负离子浓度、森林面积、林分色彩等 10 个指标上。园区自然资源丰富,有良好的旅游开发基础,康养设施建设提升空间较大。未来在保持优势的基础上可以从林木资源优化、设施建设投入与经营管理策略等方面进行提升改进。

城郊森林公园康养资源的评价与经营缺乏系统的理论研究。建立全面且实践性强的评价体系需要筛选大量指标,部分指标的获取与量化存在一定困难,对评价结果会有一定程度的影响,未来可以对不同类型的城郊森林公园进行实践评价,进一步增强评价体系的可行性,以期推动各地区城郊森林公园康养水平的提升与发展,增加百姓生态福祉。

参考文献:

[1] 李房英,朱哲民,周璐,等. 基于多元回归模型的城郊森林公园绿色锻炼空间吸引力研究[J]. 西北林学院学报,2020,35(6):288-295.

[2] 陆晓梅,张鑫,高淑春. 森林养生旅游开发潜力评价研究[J]. 林业经济问题,2017,37(1):44-49.

[3] 林菲菲,陈秋华,严羽爽,等. 城郊森林公园游憩满意度影响因素研究[J]. 中国林业经济,2020(2):79-83.

[4] 钟永德,郝爽,刘小矛. 国内城郊森林旅游研究综述[J]. 中南林业科技大学学报(社会科学版),2012,6(2):8-11.

[5] GAO Y,ZHANG T,ZHANG W,et al. Research on visual behavior characteristics and cognitive evaluation of different types of forest landscape spaces[J]. Urban Forestry & Urban Greening,2020,54:126788.

[6] 胡承康. 城郊型森林公园景观资源评价及其发展对策研究[D]. 福州:福建农林大学,2016.

[7] 王娜,钟永德,黎森. 基于 SBE 法的城郊森林公园森林林内景观美学质量评价[J]. 西北林学院学报,2017,32(1):308-314.

[8] 康海滨,李衣长,李仁忠,等. 基于 GIS 的三明市森林康养基地气候舒适度分析[J]. 福建林业科技,2022,49(1):121-127.

[9] 廖荣俊,颜晓捷,江波,等. 灵鹫山国家森林康养基地空气负离子浓度变化特征及其影响因素研究[J]. 浙江林业科技,2021,41(5):36-41.

(下转第 179 页)

doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2023. 06. 029

康养旅游视角下近郊型乡村景观评价

——以安阳市宗村为例

杨振江,梁朋惠,高士勤,王 献
(河南农业大学 风景园林与艺术学院,河南 郑州 450002)

摘要:以安阳市宗村为研究对象,采用层次分析法(AHP 法)与熵权法相结合的综合评价法,构建以 1 个目标层、4 个项目层、10 个因素层和 22 个指标层为基础的评价指标体系,对影响康养旅游视角下近郊型乡村景观的重要景观因素进行研究。结果表明,康养旅游视角下,聚落景观和自然景观在近郊型乡村景观建设过程中优先级较高,其次为农业景观和文化景观;影响近郊型乡村景观的 3 项重要因子分别为:聚落景观清洁度、植物季相变化、基础设施完善性;宗村乡村景观综合评价得分为 3. 050 7,评级为“良”。对村庄景观存在的问题进行分析,提出加大对具有季相变化和康养功能植物的运用力度,注重驳岸与植物的结合,增加康养活动场地等优化建议。

关键词:康养旅游;近郊型乡村景观;综合评价;优化建议;安阳市宗村

中图分类号:S788. 1;S788. 2;P901;P946 **文献标识码**:A **文章编号**:1671-3168(2023)06-0173-07

引文格式:杨振江,梁朋惠,高士勤,等. 康养旅游视角下近郊型乡村景观评价——以安阳市宗村为例[J]. 林业调查规划,2023,48(6):173-179. doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2023. 06. 029

YANG Zhenjiang, LIANG Penghui, GAO Shiqin, et al. Landscape Evaluation of Suburban Rural Areas from Perspective of Health Preservation Tourism——A Case Study of Zongcun Village in Anyang City[J]. Forest Inventory and Planning, 2023,48(6):173-179. doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2023. 06. 029

Landscape Evaluation of Suburban Rural Areas from Perspective of Health Preservation Tourism

——A Case Study of Zongcun Village in Anyang City

YANG Zhenjiang, LIANG Penghui, GAO Shiqin, WANG Xian
(College of Landscape Architecture and Art, Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, China)

Abstract: Taking Zongcun Village in Anyang City as the research object, this paper constructed an evaluation index system based on 1 target layer, 4 project layers, 10 factor layers, and 22 indicator layers by using the comprehensive evaluation method combining analytic hierarchy process (AHP) and entropy weight method, to study the important landscape factors affecting the suburban rural landscape from the perspective of health preservation tourism. The results indicated that settlement landscapes and natural landscapes had higher priority in the construction process of suburban rural landscapes, followed by agri-

收稿日期:2022-05-31.
基金项目:河南省科技攻关(农业领域)项目(152102110052).
第一作者:杨振江(1997-),男,河南安阳人,硕士研究生. 研究方向为风景园林规划设计. Email:1561227337@ qq. com
责任作者:王献(1970-),女,河南南阳人,教授. Email:1263689573@ qq. com

cultural landscapes and cultural landscapes; the three important factors affecting the landscape of suburban rural areas were cleanliness of settlement landscape, seasonal changes of plants, and completeness of infrastructure; the comprehensive evaluation score of Zongcun rural landscape was 3.050 7, rated as "good". This paper analyzed the problems existing in the village landscape, and proposed optimization suggestions such as increasing the use of plants with seasonal changes and health preservation functions, emphasizing the combination of revetment and plants, and increasing health preservation activity venues.

Key words: health preservation tourism; suburban rural landscape; comprehensive evaluation; optimization suggestions; Zongcun Village in Anyang City

2020 年新冠疫情的突然爆发,使人们对于健康问题的关注度日益提升,对健康生活的诉求愈发强烈,因此,以人们的身体、心智和精神达到自然和谐状态为目的的康养旅游逐渐成为一种主流旅游方式[1]。近郊型乡村凭借自身便利的区位交通、独特的田园景观和丰富的乡土文化等优势成为人们短途康养旅游的重要目的地[2-3],而近郊型乡村景观建设质量直接影响其康养旅游的吸引力与发展水平。

现阶段在康养旅游视角下,对乡村景观的研究主要集中在规划设计方法上。高朋以安庆市江镇村为例探讨了乡村康养景观设计思路[4]。王亚丽等认为康养旅游与乡村景观在资源利用方面具有天然的关联性,并提出了在乡村进行康养景观建设的 5 条设计方法[5]。李好将乡村康养旅游归纳为 5 种类型,并以安化县黄花溪村为例总结了生态文化兼具型乡村康养旅游景观规划设计要点[6]。张祺从艺术设计的角度探析了乡土景观在乡村实现"多元康养"功能中的作用,并以民俗文化为核心对晋中市段王村的公共空间和建筑空间进行了设计研究[7]。王保民等以"康养"为主题对洛阳市潭头镇小井沟水景进行多元化设计,以满足人与水体的互动性为出发点,将水景规划为六大区域,为乡村康养水景景观设计提供了新思路[8]。由此可见,现有研究多从定性的角度分析康养旅游视角下乡村景观的设计思路与方法,但由于每个人的理论研究和设计重点不同,导致无法形成一个系统化、科学化、统一化的建设指导。因此,本研究以安阳市宗村为例,利用 AHP 法与熵权法相结合的综合评价法构建康养旅游视角下近郊型乡村景观评价模型,为近郊型乡村开展康养旅游景观建设提供科学依据和理论指导。

1 研究地概况

宗村位于河南省安阳市,村庄历史悠久、人口众多,土地面积约 172.5 hm^2,其中耕地面积约 56.2 hm^2,洪河穿过村庄内部,村庄距离市中心仅 20 min 车程,属于典型的近郊型乡村。该村庄先后建立了文玩市场、小商品市场并引进服装加工厂,不仅加快了村庄经济发展,而且吸引了大量的就业者和消费者,提高了村庄的吸引力和知名度。

2 研究方法

2.1 构建康养旅游视角下近郊型乡村景观评价模型

通过阅读乡村景观评价[9-11]、乡村景观设计[12-14]以及乡村康养旅游[15-17]相关文献,研究总结出三者共同的关注点并形成总指标库,同时充分考虑相关专家给予的意见以及场地的现状条件,依据科学性、层次性、可操作性、客观性的评价指标体系构建原则,最终确定康养旅游视角下近郊型乡村景观评价模型由 1 个目标层、4 个项目层、10 个因素层和 22 个指标层构成(表 1)。

2.2 层次分析法确定主观权重(θ_j)

层次分析法(AHP)是一种用于解决复杂问题的定量与定性相结合的层次权重决策分析方法[18]。首先采用 1~9 标度法构建两两对比的判断矩阵,并邀请 20 位风景园林专家对判断矩阵进行赋值。然后将所得数据输入到 Yaahp v12.8 软件中计算各项评价指标的权重和一致性比率 CR,只有当 CR 值< 0.1 时才能通过一致性检验,否则需要结合实际以及专家的意见对判断矩阵的标度值进行调整,直至通过一致性检验为止。最终所有判断矩阵通过一致性检验,得到各评价指标权重(表 2)。

2.3 熵权法确定客观权重(W_j)

熵权法是一种根据各项指标的熵值提供的信息量大小对评价指标赋权的方法[19]。同样邀请 20 位风景园林专家对各项评价指标进行 1~5 重要程度评分,其中 1~5 分值分别对应"非常不重要、不重要、一般重要、重要、非常重要"5 个等级,然后将所得数

表 1　康养旅游视角下近郊型乡村景观评价模型

Tab. 1　Evaluation model of suburban rural landscapes from the perspective of health preservation tourism

目标层	项目层	因素层	指标层
A 康养旅游视角下近郊型乡村景观评价	B_1 自然景观	C_1 植物景观	D_1 植物多样性
			D_2 植物季相变化
			D_3 康养植物运用
		C_2 河流景观	D_4 河流清洁度
			D_5 河流亲水性
			D_6 河流美观度
	B_2 农业景观	C_3 农业生产	D_7 农产品多样性
			D_8 农产品生态性
		C_4 农业休闲	D_9 农业景观多样性
			D_{10} 农业景观美观度
	B_3 聚落景观	C_5 聚落建筑	D_{11} 聚落建筑特色性
			D_{12} 聚落建筑与环境协调度
		C_6 聚落环境	D_{13} 聚落环境清洁度
			D_{14} 聚落环境美观度
		C_7 聚落基础设施	D_{15} 聚落基础设施完善性
			D_{16} 聚落基础设施安全性
		C_8 聚落活动空间	D_{17} 活动空间类型多样性
			D_{18} 活动空间类型丰富性
	B_4 文化景观	C_9 非物质形态的文化景观	D_{19} 节事活动多样性
			D_{20} 民风淳朴、热情好客
		C_{10} 物质形态的文化景观	D_{21} 手工艺文化景观丰富度
			D_{22} 历史古迹知名度

据通过公式(1)和公式(2)计算出各项评价指标的权重(表 3)。

$$H_j = -(\ln m)^{-1} \sum_{i=1}^{m} X_{ij} \ln X_{ij} \tag{1}$$

式中:i 为第 i 个评价对象,$i=1,2,\cdots,m$;j 为第 j 个评价指标,$j=1,2,\cdots,n$;H_j 为第 j 项指标的熵值;X_{ij} 为第 j 个指标下第 i 个评价对象指标值的比重;$-(\ln m)^{-1}$ 为信息熵系数。

$$W_j = \frac{1 - H_j}{n - \sum_{j=1}^{n} H_j} \tag{2}$$

式中:W_j 为第 j 个指标的熵权。

表 2　层次分析法下评价指标权重

Tab. 2　Evaluation indicator weight of analytic hierarchy process

目标层	项目层	因素层	指标层
A	B_1(0.3360)	C_1(0.1968)	D_1(0.0607)
			D_2(0.0753)
			D_3(0.0608)
		C_2(0.1392)	D_4(0.0760)
			D_5(0.0432)
			D_6(0.0200)
	B_2(0.1717)	C_3(0.0701)	D_7(0.0284)
			D_8(0.0417)
		C_4(0.1016)	D_9(0.0512)
			D_{10}(0.0504)
	B_3(0.3678)	C_5(0.0446)	D_{11}(0.0202)
			D_{12}(0.0244)
		C_6(0.1235)	D_{13}(0.0703)
			D_{14}(0.0532)
		C_7(0.1228)	D_{15}(0.0698)
			D_{16}(0.0530)
		C_8(0.0769)	D_{17}(0.0527)
			D_{18}(0.0242)
	B_4(0.1244)	C_9(0.0511)	D_{19}(0.0377)
			D_{20}(0.0134)
		C_{10}(0.0733)	D_{21}(0.0550)
			D_{22}(0.0183)

2.4 计算综合权重(λ_j)

在使用层次分析法确定评价指标权重过程中,由于评价者所研究的领域或生活经历的不同,往往会使其夸大或降低某些评价指标的作用,进而导致所得到的权重排序无法真实地反映出评价指标间的潜在联系[20]。而熵权法是将评价信息进行量化和综合化得出的权重,客观性较强,但计算出来的权重值与指标实际的重要程度相差较大[21]。因此,本研究采用层次分析法和熵权法相结合的方法来确定评价指标的综合权重(表 4),以避免上述两方面的缺陷。其计算公式为:

$$\lambda_j = \frac{\theta_j W_j}{\sum_{j=1}^{n} \theta_j W_j} \tag{3}$$

式中:λ_j 为综合权重;θ_j 为第 j 个评价指标的层次分析法权重;W_j 为第 j 个评价指标的熵权法权重。

表 3 熵权法下评价指标权重

Tab. 3 Evaluation indicator weight of entropy weight method

目标层	项目层	因素层	指标层
A	B_1(0.2716)	C_1(0.1483)	D_1(0.0424)
			D_2(0.0537)
			D_3(0.0522)
		C_2(0.1233)	D_4(0.0383)
			D_5(0.0375)
			D_6(0.0475)
	B_2(0.1450)	C_3(0.0603)	D_7(0.0295)
			D_8(0.0308)
		C_4(0.0847)	D_9(0.0443)
			D_{10}(0.0404)
	B_3(0.3969)	C_5(0.0964)	D_{11}(0.0540)
			D_{12}(0.0424)
		C_6(0.1017)	D_{13}(0.0585)
			D_{14}(0.0432)
		C_7(0.1074)	D_{15}(0.0537)
			D_{16}(0.0537)
		C_8(0.0914)	D_{17}(0.0439)
			D_{18}(0.0475)
	B_4(0.1865)	C_9(0.0948)	D_{19}(0.0391)
			D_{20}(0.0557)
		C_{10}(0.0917)	D_{21}(0.0500)
			D_{22}(0.0417)

表 4 评价指标综合权重

Tab. 4 Integrated weight of evaluation indicator

目标层	项目层	因素层	指标层	排序
A	B_1(0.3318)	C_1(0.2128)	D_1(0.0559)	8
			D_2(0.0879)	2
			D_3(0.0690)	4
		C_2(0.1190)	D_4(0.0632)	5
			D_5(0.0352)	13
			D_6(0.0206)	19
	B_2(0.1396)	C_3(0.0461)	D_7(0.0182)	20
			D_8(0.0279)	15
		C_4(0.0935)	D_9(0.0493)	11
			D_{10}(0.0442)	12
	B_3(0.4040)	C_5(0.0462)	D_{11}(0.0237)	17
			D_{12}(0.0225)	18
		C_6(0.1393)	D_{13}(0.0894)	1
			D_{14}(0.0449)	10
		C_7(0.1432)	D_{15}(0.0814)	3
			D_{16}(0.0618)	6
		C_8(0.0753)	D_{17}(0.0503)	9
			D_{18}(0.0250)	16
	B_4(0.1245)	C_9(0.0482)	D_{19}(0.0320)	14
			D_{20}(0.0162)	22
		C_{10}(0.0763)	D_{21}(0.0597)	7
			D_{22}(0.0166)	21

3 结果与分析

3.1 评价指标权重分析

由评价指标综合权重(表 4)可知,4 个准则层的权重排序为聚落景观(0.404 0)>自然景观(0.331 8)>农业景观(0.139 6)>文化景观(0.124 5)。说明在康养旅游视角下近郊型乡村景观建设应首先重视聚落景观和自然景观的改造提升,一方面可以快速提升乡村景观质量,增加乡村的吸引力,另一方面可以有效改善当地村民的生活环境,提升村民的幸福感。将农业景观和文化景观融入到乡村景观建设中,进一步提升近郊型乡村康养旅游竞争力。

在因素层中,权重值前 3 位的因子为植物景观(0.212 8)、聚落基础设施(0.143 2)、聚落环境(0.139 3)。在指标层中,权重值前 3 位的因子为聚落环境清洁度(0.089 4)、植物季相变化(0.087 9)、基础设施完善性(0.081 4)。由此可以看出,因素层与指标层中的权重排序基本与项目层中的权重排序相符合,反映了康养旅游视角下近郊型乡村景观评价体系中权重分配的科学性。

3.2 评价因子分类

在表 4 的基础上,将方案层中的 22 个评价因子按重要因子(≥0.08)、次重要因子(0.04~0.08)、一般因子(≤0.04)进行划分(图 1)[22]。

由图 1 可知:重要因子有 3 项,分别为聚落环境清洁度、植物季相变化、基础设施完善性,总权重为 0.258 7;次重要因子有 9 项,分别为康养性植物运用、河流清洁度、聚落基础设施安全性、手工艺文化景观丰富度、植物多样性、活动空间类型多样性、聚落景观美观度、农业景观多样性、农业景观美感度,总权重为 0.503 3;一般因子有 10 个,分别为河流亲水性、节事活动多样性、农产品生态性、活动空间类型丰富性、聚落建筑特色性、聚落建筑与环境协调度、河流美观度、农产品多样性、历史古迹知名度、民风淳朴、热情好客,总权重为 0.237 9。

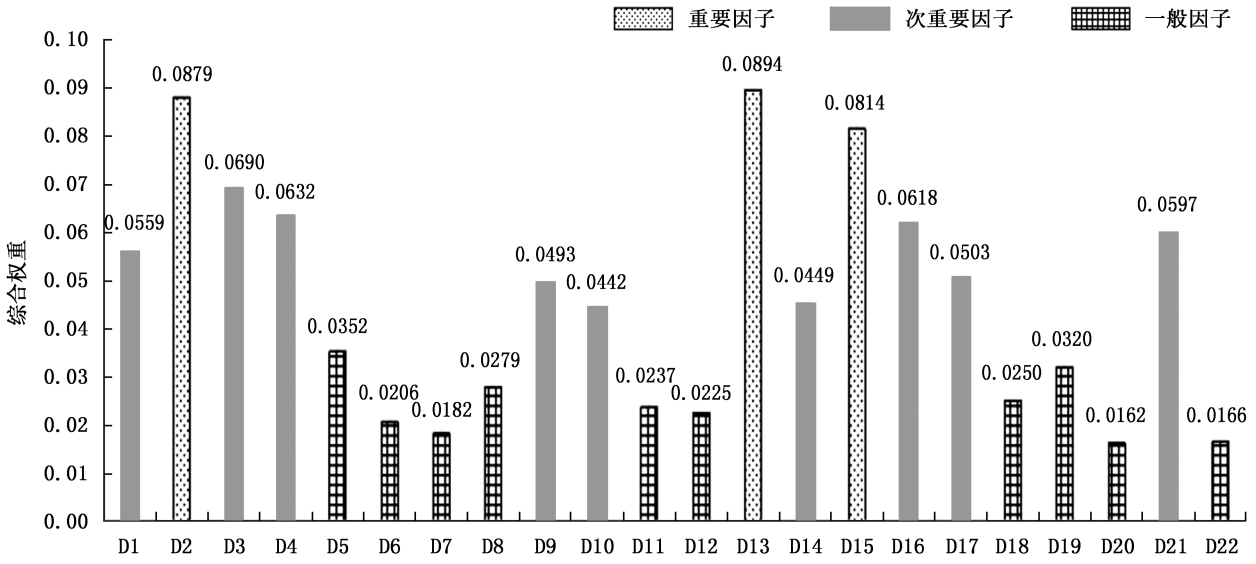


图 1　评价因子分类

Fig. 1　Evaluation factor classification

3.3 调查问卷结果与分析

采用随机发放纸质问卷与网络问卷相结合的方式对宗村村民进行调查。调查问卷使用李克特量表法的方式,使村民对各项指标要素进行 1~5 评分,分别对应“很差、差、一般、较好、很好”5 个评价等级。纸质问卷与网络问卷共收回 110 份,其中有效问卷 103 份,有效率为 93.6%。将问卷数据利用公式(4)计算出各项指标要素的评价得分以及整体综合得分,再利用差值法将其划分为“优”($4 \leqslant S < 5$)、“良”($3 \leqslant S < 4$)、“中”($2 \leqslant S < 3$)、“差”($1 \leqslant S < 2$)4 个等级(表 5)[23]。

$$S = \sum_{j=1}^{n} C_j \lambda_j \tag{4}$$

式中:C_j 为第 j 个评价指标的平均值;λ_j 为第 j 个评价指标的综合权重;S 为综合评价得分。

由表 5 可以看出,宗村乡村景观综合评分为 3.050 7,其所对应的评价等级为“良”,说明在康养旅游视角下,宗村乡村景观效果良好,在发展近郊型乡村康养旅游方面具有一定的优势。

表 5　各项评价指标综合得分

Tab. 5　Comprehensive scores of various evaluation indicators

目标层	综合得分	项目层	综合得分	因素层	综合得分	指标层	平均分	综合得分
A	3.0507	B_1	2.2515	C_1	2.2746	D_1	3.7864	0.2117
						D_2	1.7573	0.1543
						D_3	1.7087	0.1177
				C_2	2.2096	D_4	2.5728	0.1626
						D_5	1.7767	0.0625
						D_6	1.8350	0.0378
		B_2	3.4569	C_3	4.0560	D_7	4.3204	0.0786
						D_8	3.8835	0.1083
				C_4	3.1610	D_9	3.1748	0.1565
						D_{10}	3.1456	0.1390
		B_3	3.3949	C_5	3.3499	D_{11}	2.2718	0.0538
						D_{12}	4.4854	0.1009
				C_6	3.0323	D_{13}	3.5922	0.3208
						D_{14}	2.0291	0.1013
				C_7	3.6863	D_{15}	3.7282	0.3035
						D_{16}	3.6311	0.2244
				C_8	3.5373	D_{17}	3.5534	0.1791
						D_{18}	3.5049	0.0876
		B_4	3.6157	C_9	3.7605	D_{19}	3.3689	0.1078
						D_{20}	4.5340	0.0735
				C_{10}	3.5247	D_{21}	4.0000	0.2388
						D_{22}	1.8155	0.0301

4 景观综合评价与优化建议

4.1 自然景观综合评价

自然景观的综合评价得分为 2.251 5,其所对应的评价等级为“中”,在 4 个项目层中评分最低,这与其所对应的权重排名形成鲜明对比,由此可见,该村自然景观建设优先级最高。结合因素层和指标层来看:

1)村庄内的植物种类较为丰富,但具有季相变化的植物和具有康养功能的植物数量较少。并且通过实地调查观察到,由于缺乏对植物的养护管理,导致部分植物长势较差,严重影响植物群落的景观效果。因此,村庄在进行植物景观建设过程中应结合适地适树原则,加大对具有季相变化和康养功能植物的运用力度,如乌桕、五角枫、迎春、合欢、垂丝海棠等[24],同时注重植物养护管理工作,保证植物群落达到预期景观效果。

2)村庄内河流水质较好,但河流的驳岸形式以硬质驳岸为主,且未与植物结合导致河流的美观度和亲水性较差。因此,在河流景观建设过程中应采用硬质驳岸与软质驳岸相结合的方式,注重驳岸与植物的结合,增加亲水平台,提高河流整体美观度与亲水性。

4.2 农业景观综合评价

农业景观的综合评价得分为 3.456 9,其所对应的评价等级为“良”,在 4 个项目层中评分排名位居第二。结合因素层和指标层来看:

1)村庄内的农产品种类较丰富且多为绿色生态产品,可以满足游客对健康饮食的需求。

2)村庄内农业景观丰富,主要包括农田、菜园、果林等。可充分利用现有农业景观资源开展瓜果采摘、农事体验、份地花园等活动,使游客参与到农业生产过程中,增强自我认同感,满足其追求田园生活的向往。

4.3 聚落景观综合评价

聚落景观的综合评价得分为 3.394 9,其所对应的评价等级为“良”,在 4 个项目层中评分排名位居第三。结合因素层和指标层来看:

1)村庄内的建筑特色性较差,主要原因在于村庄内的房屋建筑为豫北平原地区常见的平顶房,与周围村庄的房屋建筑并无区别,因此可对房屋进行立面改造,如增加植物墙、彩绘等,提高建筑的辨识度和吸引力。

2)村庄整体环境干净整洁,但美观度较差,除了通过丰富植物景观和建筑立面改造等途径来提升乡村环境美观度外,还可以增加景观小品,如廊架、景墙等,提升乡村环境质量的同时丰富景观层次。

3)村庄基础设施较为完善且安全性较高,另外还应增加乡村图书馆、村史馆等建设,满足村民和游客多样化需求。

4)村庄内活动空间类型和数量较为丰富,可以满足休息、交谈、运动等活动需要,另外还应增加进行插花比赛、压花展示、植物修剪等康养活动场地[25]。

4.4 文化景观综合评价

文化景观的综合评价得分为 3.615 7,其所对应的评价等级为“良”,在 4 个项目层中评分最高。结合因素层和指标层来看:村庄内的节事活动和手工艺文化景观丰富多样,村民民风淳朴、热情好客,但现有历史古迹——仲明寺知名度低,吸引力不足。应鼓励更多的村民参与到节事活动和手工艺品的制作过程中,使村民成为乡村景观的一部分,吸引游客前来参与体验,使游客在与村民进行社交互动过程中扩大自己的生活圈,增添生活乐趣。另外,应加大对仲明寺的历史文化挖掘和宣传力度,提高其文化底蕴和吸引力。

5 结 论

利用 AHP 法与熵权法相结合的综合评价方法确定康养旅游视角下近郊型乡村景观评价指标的权重,主观与客观相结合的权重判断方法可有效避免二者的缺陷,使权重更加准确地反映各项指标的影响程度。通过所得的综合权重可以看出,康养旅游视角下近郊型乡村景观应优先考虑聚落景观和自然景观建设,其次为农业景观和文化景观。此外,对指标层中的 22 个评价因子进行分类,结果表明,在康养旅游视角下,影响近郊型乡村景观的 3 项重要因子分别为:聚落景观清洁度、植物季相变化、基础设施完善性。

通过随机发放问卷的方式对村庄景观资源进行调查。结果表明,康养旅游视角下宗村乡村景观处于良好水平,说明村庄在发展近郊型乡村康养旅游方面具有一定的优势。此外,结合因素层和指标层对村庄内的自然景观、农业景观、聚落景观和文化景观进行问题分析,并提出对应的优化建议。

参考文献:

[1] 邓宏,李翠林. 基于 CiteSpace 的我国康养旅游研究综述[J]. 黑龙江生态工程职业学院学报,2021,34(5):33-36,55.

[2] 孟根. 城郊村适老性评价体系构建及应用研究[D]. 武汉:华中科技大学,2019.

[3] 刘丽莉. 重大疫情背景下武汉市近郊乡村康养旅游的发展机遇与行动对策[J]. 武汉职业技术学院学报,2021,20(5):94-98.

[4] 高朋. 康养景观在乡村规划中的应用[D]. 合肥:安徽农业大学,2020.
[5] 王亚丽,李国庆. 以身心康养为导向的乡村农业旅游景观设计方法[J]. 智能建筑与智慧城市, 2020(4):89-90.
[6] 李好. 乡村振兴背景下乡村康养旅游规划设计研究[D]. 株洲:湖南工业大学,2021.
[7] 张祺. 多元康养理念下的段王村乡土景观设计研究与实践[D]. 贵阳:贵州民族大学,2021.
[8] 王保民,张晨曦,鲁黎明,等. 乡村康养景观水景规划设计——以洛阳市小井沟为例[J]. 林业调查规划,2021,46(5):72-76.
[9] 谢敏. 永城市乡村景观评价及优化策略研究[D]. 郑州:河南农业大学,2017.
[10] 谢花林,刘黎明,李振鹏. 城市边缘区乡村景观评价方法研究[J]. 地理与地理信息科学,2003(3):101-104.
[11] 康秋静. 成都市"美丽乡村"景观评价体系研究[D]. 雅安:四川农业大学,2020.
[12] 毕善华,黄磊昌,刘壮,等. 北方乡村旅游景观设计研究[J]. 北方园艺,2018(7):82-88.
[13] 胡晨希,代晓芳. 云南省安宁市旅游型乡村景观规划设计浅析[J]. 林业实用技术,2011(3):49-52.
[14] 戴松青. "燕城古街"乡村景观营造——北京市雁栖镇范各庄城郊乡村景观规划设计[J]. 中国园林,2016,32(1):28-31.
[15] 周思灏. 江西省老年人康养旅游需求及动机研究[D]. 南昌:江西师范大学,2020.
[16] 王金芳. 康养旅游体验对旅游者主观幸福感的影响研究[D]. 南宁:广西大学,2021.
[17] 刘新. 湘西州康养型乡村旅游产品消费行为影响因素的研究[D]. 吉首:吉首大学,2019.
[18] 韦新良,马俊,刘恩斌,等. 生态景观林树种选择适宜性评价技术研究[J]. 西北林学院学报,2008(6):207-212.
[19] 孟世玉,杨芳绒,李卓. 北流市乡村公共建筑适宜度评价[J]. 湖北农业科学, 2022,61(2):113-116.
[20] 田蔚然,徐燕玲,黄莹. 层次分析法和熵权法在城市街道景观评价中的比较分析[J]. 西南师范大学学报(自然科学版),2020,45(9):147-153.
[21] 周晓旭. 张家口市休闲农业发展评价研究[D]. 保定:河北农业大学,2021.
[22] 洪昕晨,陈凯,朱里莹,等. 基于 AHP 法的文化型旅游景区景观评价——以莆田市湄洲岛为例[J]. 河南科技学院学报(自然科学版),2016,44(1):28-31.
[23] 杨芳绒,张晨曦,鲁黎明. 基于 AHP 法的郑州城市公园康养景观评价[J]. 西北林学院学报,2022,37(1):247-252.
[24] 石莹. 基于五感理论的田园康养植物研究与造景设计[D]. 银川:宁夏大学,2019.
[25] 陈璐璐. 森林康养基地的康复景观设计研究[D]. 郑州:河南农业大学,2019.

责任编辑:许易琦

(上接第 172 页)

[10] 潘洋刘,曾进,文野,等. 森林康养基地建设适宜性评价指标体系研究[J]. 林业资源管理,2017(5):101-107.
[11] 晏琪,刘苑秋,文野,等. 基于因子分析的森林康养空间评价指标体系研究[J]. 中国园林,2020,36(1):81-86.
[12] 宋子健,温全平. 森林康养资源评价指标体系构建及评价——以蔡家川森林康养区为例[J]. 林业科技情报,2020,52(1):38-43.
[13] 万芸,肖拥军,唐嘉耀. 基于 AHP 和 FUZZY 的富硒康养旅游开发潜力评价——以湖北省建始县为例[J]. 江苏农业科学,2019,47(17):40-45.
[14] 樊智丰,李乾阳,马长乐,等. 基于熵权—云模型的云南省森林城市建设潜力评价[J]. 西部林业科学,2021,50(6):132-139.
[15] 蒲应春,张晓庆. 播州龙岩湖省级森林康养基地资源现状与评价[J]. 林业调查规划,2020,45(5):80-84.
[16] 李济任,许东. 基于 AHP 与模糊综合评价法的森林康养旅游开发潜力评价——以辽东山区为例[J]. 中国农业资源与区划,2018,39(8):135-142,169.
[17] 石丹,刘晓霞. 基于模糊层次分析法的森林生态旅游景区开发潜力评价——以吉林省 4 个典型森林生态景区为例[J]. 桂林理工大学学报,2021,41(2):465-470.
[18] 李岩,孟娜,付秀梅. 基于 AHP 法康养旅游资源定量评价研究——以青州市为例[J]. 济宁学院学报,2018,39(5):36-39,45.
[19] JIANG S Y,MA A,RAMACHANDRAN S. Negative air ions and their effects on human health and air quality improvement[J]. International Journal of Molecular Sciences,2018,19(10):1-19.
[20] 雷海清,支英豪,张冰,等. 森林康养对老年高血压患者血压及相关因素的影响[J]. 西部林业科学,2020(1):46-52.
[21] 郑诗禹,张绿水,郭晓敏,等. 不同森林郁闭度环境内空气负氧离子的时空变化及环境影响要素研究——以广州帽峰山为例[J]. 生态环境学报,2021,30(11):2204-2212.

责任编辑:许易琦

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.06.030

基于 SD 法的郑州市人民公园植物景观评价研究

杜 莹[1],牛任远[1],张泽玉[1],秦 雪[2]
(1. 安阳工学院 土木与建筑工程学院,河南 安阳 455000; 2. 郑州市人民公园,河南 郑州 450002)

摘要:采用 SD 法对郑州市人民公园植物景观进行评价研究,设定 9 个评价因子,选取公园 20 处具有代表性景观样点,有效回收 186 名游客调查问卷,运用 SPSS 对调查数据进行相关性分析。研究表明,郑州市人民公园植物景观满意度和环境舒适度平均分值分别为 3.655 分和 4.055 分,舒适度评分略高于满意程度,二者具有较高的关联程度;与环境舒适度相关性最高的是树荫面积,与植物景观满意度相关性最高的是植物景观意境,植物种类和植物量比的关联性较弱;公园 20 处景观样点评分≥4.0 分的有 5 处,3.5~4.0 分的有 9 处,3.0~3.5 分的有 4 处,低于 3.0 分的有 2 处,其中樱花苑 9 号样点得分最高,分值为 4.345 分,郑州市人民公园植物景观整体水平呈良好状态。

关键词:植物景观;评价因子;SD 法;郑州市人民公园

中图分类号:S759.9;P901 **文献标识码**:A **文章编号**:1671-3168(2023)06-0180-07

引文格式:杜莹,牛任远,张泽玉,等. 基于 SD 法的郑州市人民公园植物景观评价研究[J]. 林业调查规划,2023,48(6):180-186. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.06.030

DU Ying, LIU Yin, QIN Xue. Plant Landscape Evaluation of Zhengzhou People's Park Based on Semantic Differential Method[J]. Forest Inventory and Planning,2023,48(6):180-186. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.06.030

Plant Landscape Evaluation of Zhengzhou People's Park Based on Semantic Differential Method

DU Ying[1], NIU Renyuan[1], ZHANG Zeyu[1], QIN Xue[2]
(1. College of Civil and Architectural Engineering, Anyang Institute of Technology, Anyang, Henan 455000, China; 2. Zhengzhou People's Park, Zhengzhou 450002, China)

Abstract: The SD method was used to evaluate the plant landscape of Zhengzhou People's Park, and SPSS was used to analyze the correlation of the survey data by setting 9 evaluation factors, selecting 20 representative landscape samples, and collecting effective recall of 186 tourists'questionnaire. The results showed that the average scores of plant landscape satisfaction and environmental comfort in Zhengzhou People's Park were 3.655 and 4.055, respectively, and the comfort score was slightly higher than the satisfaction, which had a high degree of correlation; the shade area had the highest correlation with environmental comfort, while the artistic conception of plant landscape had the highest correlation with plant landscape satisfaction, and the correlation between plant species and plant quantity ratio was weak; there were 5 landscape samples with more than 4.0 scores, 9 landscape samples with 3.5-4.0 scores, 4 land-

收稿日期:2022-05-05.
基金项目:2020 年度河南科技智库调研课题(HNKJZK-2020-01C).
第一作者:杜莹(1987-),女,河南安阳人,硕士,讲师. 研究方向为景观规划设计. Email:397956429@qq.com
责任作者:秦雪(1987-),女 ,河南郑州人,硕士,工程师. 研究方向为风景园林规划设计. Email:362916022@qq.com

scape samples with 3.0−3.5 scores, and 2 landscape samples with less than 3.0 scores, among which the 9th landscape sample had the highest score of 4.345, and the overall level of plant landscape in Zhengzhou People's Park was in good condition.

Key words: plant landscape; evaluation factors; SD method; Zhengzhou People's Park

园林植物景观对城市绿地建设和质量起着至关重要的作用[1],随着国家全面进入小康社会,人们对美好生活的需求也随之提高,植物景观不仅可以改善城市生态环境,更能使人们心之神往。植物景观的营造需要综合生态学、美学、心理学等多个学科,建立能满足大众情感和心理需求的植物群落[2],因此,科学评价和分析植物景观是实现美好愿景的重要基础。

景观评价研究始于 20 世纪中期,近年来在植物评价方面国内外学者进行了大量探索[3]。目前,在实践中对植物景观评价运用较多的是心理物理模式评价方法[4],康秀琴[5]运用 AHP 法对桂林市的 8 个公园绿地植物景观进行评价,为营造当地舒适宜人的公园绿地植物景观提出了指导意见;范志强等[6]通过 SBE 评价法对安庆市新河景观带各类植物景观进行评价,分析 4 类植物景观的优缺点,建议通过丰富植物景观类型和种植层次来改善植物配置模式;刘颖等[7]应用 SD 法对青岛市居住区植物景观进行评价,通过 4 个评价轴,得出植物群落丰富的植物景观具有更高的观赏价值,为青岛市构建具有更高美学价值的居住区植物景观提供了可靠依据。郑州市人民公园是郑州市民重要的活动休憩场所,建园历史悠久,植被茂密,种类丰富多样,本文以郑州市人民公园(以下简称"公园")为研究对象,利用语义分析法(SD 法),结合数学分析统计方法,对郑州市人民公园植物景观进行系统评价,指出园区植物景观的优势与存在的不足,为城市公园构建更舒适宜人的植物景观提供参考。

1 研究对象

1.1 研究对象概况

郑州市人民公园坐落于郑州市二七路,北邻郑州市人民医院,东西两侧是繁华的商业街,沿二七路向南是著名的二七纪念塔,公园历史悠久,地理区位优势显著,是一座全市性综合公园。目前公园占地总面积 28.36 hm^2,其中水域面积 3.96 hm^2,绿地面积 19.64 hm^2,是郑州市民休憩及游览的圣地[8]。

1.2 功能分区与研究范围

根据郑州市人民公园整体布局和公园建设情况,将公园划分为 10 个活动区域,分别是娱乐活动区、秋园、办公区、竹园、桃花苑、樱花园、牡丹园、花房、水上活动区以及纪念区,其中花房、秋园不长期对游客开放,办公区为园务工作者办公区域,娱乐活动区以游乐设施为主且正处于改造阶段,因此,植物景观评价研究主要集中在竹园、桃花苑、樱花园、牡丹园、水上活动区、纪念区 6 个区域(图 1)。

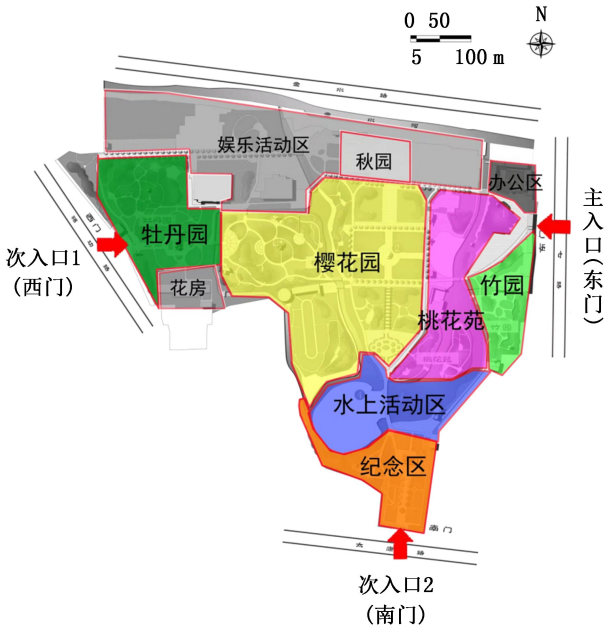


图 1　郑州市人民公园功能分区与研究范围

Fig. 1　Functional zoning and research scope of Zhengzhou People's Park

2 研究方法

2.1 植物景观样点筛选

根据功能分区,从郑州市人民公园不同功能和主题的 6 个区域中选取 20 处具有代表性的典型植物景观作为调查样点(图 2),涵盖了公园内具有代表性的植物景观空间节点,如东门主入口,樱花园、桃花苑、牡丹园内的特色植物景观,西门新改造植物景观以及其他典型植物景观空间。另外,于 2020 年 5 月—2021 年 5 月,由同一人在同一时段内用相同设备对公园 20 处景观样点进行实景拍摄[9],共拍摄



图 2 郑州市人民公园 20 处植物景观样点分布

Fig. 2 Distribution of 20 plant landscape samples in Zhengzhou People's Park

照片 100 余张,每个样点分别从中挑选质量最好的一张作为样本,作为进行植物景观评价的参考依据供被调查者评判(图 3)。

2.2 调查问卷设计

研究采用实地调研和问卷调查相结合的方式[10],于 2021 年 6 月对郑州市人民公园内的 200 名游客进行随机调查,目的是使评价结果可以代表大众心理感受,更加科学全面、真实有效。调查问卷内容设计包括性别、年龄和学历等游客基本信息,以及 SD 综合评价部分。SD 综合评价项目要能反应被调查者对该空间的心理反应,并将这些心理反应在"植物景观语意"以及"心理感受"尺度上进行打分,定量描述目标样点特性[11]。

2.3 评价因子的确立

根据公园环境的基本特征,综合考虑多个对游客心理有影响的植物景观形容词对,以及被调查者对景观样点的综合心理感受和环境认知,结合自身

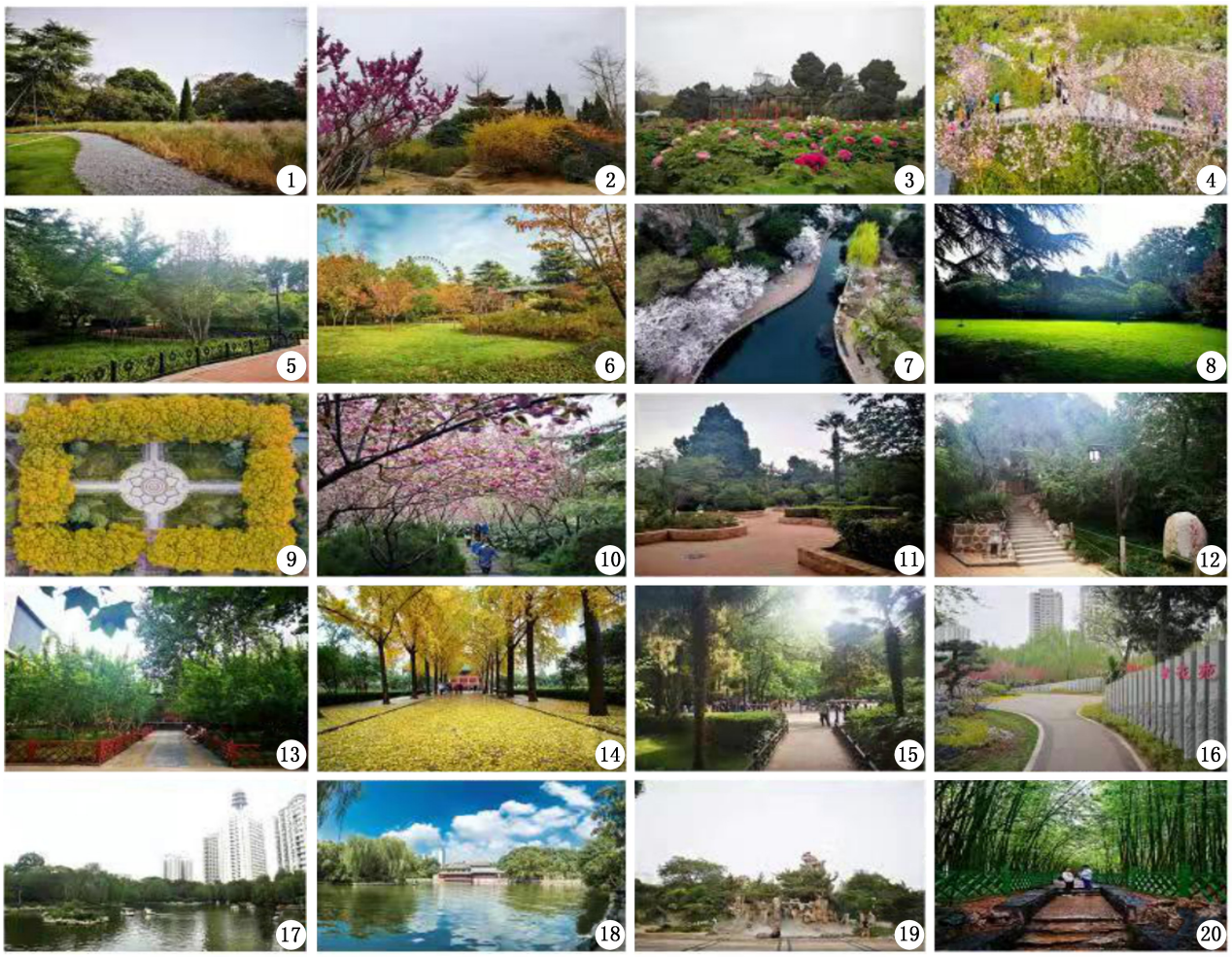


图 3 植物景观样点

Fig. 3 Photographs of plant landscape samples

专业经验,设置植物种类、植物量比、种植层次、树荫面积、植物色彩、特色植物景观、植物景观意境共 7 个评价因子,为了更具体地表现被调查者对植物景观的舒适程度和满意度评价,参照张慧莹等[12]的语义差异分析法,设置环境舒适度和植物景观满意度两个评价因子,共 9 个评价因子,并分别进行描述(表 1)。

表 1　郑州市人民公园 SD 调查评价因子及其描述

Tab. 1　SD evaluation factors and description of survey in Zhengzhou People's Park

序号	评价因子	描述
1	植物种类	植物种类的丰富程度
2	植物量比	植物数量在空间中占比
3	种植层次	植物配置的高低错落程度
4	树荫面积	空间中植物营造的遮荫面积
5	植物色彩	植物的叶、花、枝干、果实等季相色彩
6	特色植物景观	植物景观是否具有特色
7	植物景观意境	植物景观是否具有意境美
8	环境舒适度	整体感觉是否舒适
9	植物景观满意度	整体感觉是否满意

2.4 评价分析方法

根据表 1 扩展出本项目调查的形容词对[13-18](表 2)。

表 2　SD 评价因子扩展形容词对

Tab. 2　SD evaluation factor extended adjective pairs

序号	评价因子	扩展形容词对
1	植物种类	植物种类丰富—植物种类单一
2	植物量比	植物数量很多—植物数量很少
3	种植层次	植物层次丰富—植物层次单一
4	树荫面积	树荫面积大—树荫面积小
5	植物色彩	季相色彩丰富—季相色彩单一
6	特色植物景观	有特色—无特色
7	植物景观意境	有意境—无意境
8	环境舒适度	整体感觉舒适—整体感觉不舒适
9	植物景观满意度	很满意—不满意

为便于量化统计,对评定尺度设定分值,将形容词对的评价尺度分为 5 个等级,根据形容词对的正义和反义,分别赋值 1~5 分[15],由少到多打分选项为 1~5 分,以供受调查者根据个人心理感受进行评分(表 3)[19]。

表 3　SD 评价因子分值设定

Tab. 3　SD evaluation factor score setting

评价因子	分值	评价因子	分值
很不好	1	较好	4
较不好	2	很好	5
一般	3		

3 结果与分析

3.1 受调查者基本信息分析

此次问卷调查收回有效问卷 186 份,通过对有效问卷进行分析,结果表明:公园游人以离退休人员居多,多为 55~69 岁中老年人,受调查者的教育背景程度较高,高中居多,其次,大部分受调查群体为 20~39 岁中青年人,多为在校本科生、研究生和部分博士生,来公园以游赏、学习、休闲为主(表 4)。

表 4　游人基本信息及占比分布

Tab. 4　Basic information and proportion distribution of tourists

特征	指标	频数	占比/%
性别	男	89	48
	女	97	52
	合计	186	100
年龄	<20	12	6
	20~39	89	48
	40~59	56	30
	60~79	20	11
	≥80	9	5
	合计	186	100
学历	中专、高中及以下	67	36
	大专	21	11
	本科	75	40
	硕士及以上	23	13
	合计	186	100

3.2 SD 调查结果分析

3.2.1 9 个 SD 评价因子统计分析

通过对调查数据进行整理分析(表 5),不难发现,受调游客对公园 20 处典型植物景观节点的满意程度和舒适度存在显著差异,其中 4、5、7、9、16 号样点处植物景观的满意度评分较高,最高分为位于樱花苑的样点 9,评分为 4.776 分;而 3、11、12、15、17、18、20 号样点处植物景观的满意度评分较低,最低

表 5 郑州市人民公园 20 处植物景观 9 个评价因子的评分值

Tab. 5 Scores of 9 evaluation factors of 20 plant landscapes samples in Zhengzhou People's Park

评价因子	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
植物种类	3. 773	3. 349	2. 391	2. 075	3. 654	4. 380	2. 218	4. 388	3. 032	2. 074
植物量比	3. 074	4. 083	3. 761	4. 261	4. 291	4. 322	4. 177	4. 044	4. 394	3. 983
种植层次	4. 524	3. 885	3. 217	4. 232	3. 633	4. 574	3. 953	3. 872	4. 282	3. 515
树荫面积	3. 542	3. 954	4. 436	3. 986	4. 551	3. 970	4. 020	3. 793	4. 812	4. 585
植物色彩	3. 846	3. 735	3. 687	3. 793	3. 411	3. 891	3. 961	3. 734	4. 052	3. 794
特色植物景观	3. 512	4. 128	4. 475	4. 547	4. 112	4. 593	4. 700	3. 265	4. 652	4. 384
植物景观意境	4. 356	4. 184	4. 180	4. 306	4. 271	4. 420	4. 684	4. 331	4. 323	4. 417
环境舒适度	4. 024	4. 144	4. 465	4. 434	4. 346	3. 983	4. 551	4. 231	4. 781	4. 285
植物景观满意度	3. 769	3. 774	3. 456	4. 022	4. 528	3. 537	4. 210	3. 975	4. 776	3. 963
平均分值	3. 842	3. 915	3. 785	3. 962	4. 089	4. 186	4. 053	3. 959	4. 345	3. 889
评价因子	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
植物种类	1. 032	2. 471	1. 092	1. 176	1. 080	2. 538	1. 424	2. 219	1. 964	1. 132
植物量比	3. 487	3. 324	4. 262	4. 036	3. 789	4. 024	4. 482	3. 576	3. 650	4. 524
种植层次	3. 248	2. 620	2. 981	2. 665	2. 389	4. 430	2. 592	3. 277	4. 344	2. 572
树荫面积	3. 142	3. 139	3. 883	4. 254	3. 358	4. 223	3. 231	3. 617	3. 823	4. 742
植物色彩	3. 694	2. 032	3. 680	4. 160	2. 652	3. 810	2. 925	3. 485	3. 761	2. 035
特色植物景观	3. 450	2. 355	3. 664	4. 713	2. 024	4. 621	3. 304	3. 870	4. 464	4. 324
植物景观意境	3. 521	2. 083	3. 579	4. 390	3. 033	4. 290	3. 456	4. 455	4. 435	4. 144
环境舒适度	3. 364	3. 171	3. 634	3. 991	3. 281	4. 459	3. 478	3. 843	4. 056	4. 502
植物景观满意度	2. 961	2. 863	3. 236	3. 553	2. 843	4. 133	3. 157	3. 494	3. 634	3. 217
平均分值	3. 100	2. 673	3. 335	3. 660	2. 717	4. 059	3. 117	3. 537	3. 792	3. 466

分为位于桃花苑的样点 15,评分为 2. 843 分。样点 3、4、5、7、8、9、10、16、20 处植物景观舒适度评分较高,最高分为 4. 781 分,是位于樱花苑的样点 9;而 11、12、15、17 号样点处植物景观舒适度评分较低,位于南门纪念区的样点 12 评分最低,为 3. 171 分。对公园 20 个样点处植物景观满意度和环境舒适度求平均值,分别为 3. 655 分和 4. 055 分,可见,受调者对郑州市人民公园植物景观整体环境评价良好。

植物种类、植物量比、种植层次、树荫面积、植物色彩、特色植物景观、植物景观意境的平均分值分别为 2. 373、3. 977、3. 540、3. 953、3. 507、3. 976、4. 043 分。郑州市人民公园建成时间较长,虽然植物种类较多,植被覆盖率较高,颇受游客欢迎的林下空间舒适度很高,但不免存在部分景观节点内因植物过度生长导致的道路破损问题,以及植物配置形式缺乏新意等问题,影响公园整体景观效果,因此,评价者对公园环境舒适度评分普遍高于植物景观满意度(图 4)。值得注意的是,虽然公园植物种类平均分值得分较低,但并不代表郑州市人民公园的植物种类少,因为 20 处植物景观空间类型不同,植物种类分布不均,不能说明整体植物种类数量问题[20]。

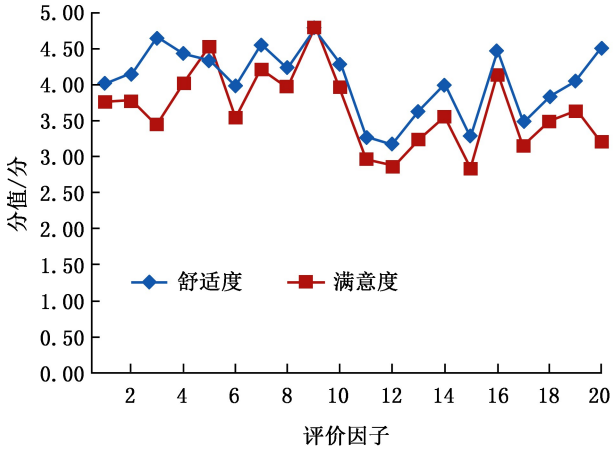


图 4 调查人群对 20 处植物景观样点满意度和舒适度的评分曲线

Fig. 4 Scoring curve of satisfaction and comfort in 20 plant landscape samples

3.2.2 SD 评价因子相关性分析

通过 SPSS 21.0 数据统计软件,对 9 个因子评分做出相关性分析,进一步探究 7 个植物因子与植物景观满意度和环境舒适度的关联程度,得出分析结果(表 6):相关性分析显示,植物景观满意度分别与 7 个植物因子呈显著或极显著正相关,相关性排序为:植物景观意境>种植层次>树荫面积>特色植物景观>植物色彩>植物种类>植物量比;环境舒适度也分别与这 7 个植物景观因子呈显著或极显著正相关,相关性排序为:树荫面积>植物景观意境>特色植物景观>种植层次>植物色彩>植物量比>植物种类。

表 6　SD 评价因子相关性分析

Tab. 6　SD evaluation factor correlation analysis

		植物种类	植物量比	种植层次	树荫面积	植物色彩	特色植物景观	植物景观意境
环境舒适度	相关性	0.357 **	0.426 **	0.534 *	0.860 **	0.430 **	0.771 **	0.773 **
	显著性(双侧)	0.003	0.001	0.015	0.000	0.008	0.000	0.000
植物景观满意度	相关性	0.540 *	0.443 **	0.690 **	0.656 **	0.597 **	0.611 **	0.691 **
	显著性(双侧)	0.014	0.009	0.001	0.002	0.005	0.004	0.001

注:** 表示在 0.01 水平(双侧)上显著相关;* 表示在 0.05 水平(双侧)上显著相关。

由此可见,植物景观意境是人们对植物景观是否满意的最关键影响因素,植物量比与植物景观满意度相关性最弱,说明植物层次丰富、具有特色和意境美的高品质植物景观更容易让游客满意。而树荫面积则是人们对环境是否感到舒适的最关键影响因素,说明人们在林下空间环境中普遍舒适度高,植物种类的多少对环境舒适度影响不大。相比较而言,单纯的植物数量占比和植物种类多少对环境舒适度和景观满意度不起决定性作用。因此,从相关性分析可见,在进行植物景观设计时,除对植物量和植物种类的考虑外,最重要的是合理处理植物群落空间层次,运用植物配置手法展现特色植物景观,营造富有意境的景观空间环境。

3.2.3 公园 20 处景观样点的植物景观评价

根据 186 位评价者对 20 处景观样点的植物景观评价因子进行打分,结果显示,不同样点的分值存在显著差异(表 5)。评分高于 4.0 分的样点有 5、6、7、9、16,评价等级为“优”,其中样点 9 评分最高,为 4.345 分,其他评分依次为 4.089、4.186、4.053、4.059 分(表 7)[21]。结合评价结果,9 号样点配植特色悬铃木作为空间骨架,悬铃木是郑州市市树,绿化覆盖率极大,营造了舒适的林下空间,下层配置花境,植物层次丰富,色彩鲜艳,景观效果极具特色,既有开敞空间又有半封闭空间,置于其中意境悠远,令人身心舒适。此外,该空间还配有大树气象站等植物保护措施,景观养护较好;5、6、7 样点中配植特色植物樱花,品种多样,经过整体改造,下层搭配花境以及种类丰富的绿植小品,四季有景,颇受游客喜爱。

表 7　20 处景观样点评价分值等级标准

Tab. 7　Evaluation grading standards for 20 landscape samples

评价分值	等级	评价分值	等级
≥4.0	优	3.0~3.5	中
3.5~4.0	良	<3.0	差

评分在 3.5~4.0 分范围的样点有 1、2、3、4、8、10、14、18、19,评价等级为“良”,评分分别为 3.842、3.915、3.785、3.962、3.959、3.889、3.660、3.537、3.792 分。结合评价结果,10 号样点评分相对较高,空间中配植特色植物樱花,植物占比量大,但由于整个地块长时间未进行修整,植物生长过于繁茂,造成空间郁闭、层次混乱等现象影响整体景观效果;14 号样点经过近期的改造,配植特色植物桃花,富有意境,但因刚栽植的桃花尚未成年,周围大树陈旧,需要经过一定时间的景观更新来达到更好的景观效果。

评分在 3.0~3.5 分范围的样点有 11、13、17、20,评价等级为“中”,评分依次为 3.100、3.335、3.117、3.466 分。结合评价结果,20 号样点位于竹园,该空间中植物量比很大,景观富有意境,但该样点中植物品种较为单一,无层次感。此外,由于植物过度生长导致的道路破损以及地被裸露,竹林腐叶较多等问题影响整体景观效果。

评分低于 3.0 分的样点有 12、15,评价等级为“差”,评分分别为 2.673、2.717 分。结合评价结果,12 号样点位于南门南山位置,植物量比较大,但常绿植物过多,色调单一,且植物整体呈过度生长状态,层次不分明,存在死株、地被裸露等问题,因此整体植物景观效果不佳,有较大的提升空间。

4 结论与讨论

4.1 结论

通过设定 9 个评价因子,选取 20 处景观样点,对 186 名游客进行问卷调查,得出较为科学的评价结果。

1)游客对公园植物景观整体感到舒适,且评分略高于满意程度,二者具有较高的关联度。

2)通过对调查数据进行相关性分析,得出与环境舒适度和满意度相关性最高的植物景观因子分别是树荫面积和植物景观意境,与植物种类和植物量比的关联性不大。

3)结合评分结果,系统地分析了 20 处景观样点的优点与不足,为今后公园的重建或更新改造提供参考。因此,要实现公众满意度高的植物景观营造,不仅要保证绿量,更需要协调植物种植层次、展现植物特色、注重季相变化和景观意境美,使游客身心舒适的同时也有精神层面的愉悦感。

4.2 讨论

采用 SD 法对郑州市人民公园植物景观进行研究,这对公园植物景观营造和更新改造具有一定指导意义,但由于时间和精力有限,评价因子的选取不够全面,问卷调查人群选择和填写内容存在或多或少的偏差,导致最终评价结果存在一定的误差。

参考文献:

[1] JIM C Y,CHEN W Y. Ecosystem services and valuation of urban forests in China[J]. Cities,2009,26(4):187-194.

[2] ROY S,BYRME J,PICKERING C. A systematic quantitative review of urban tree benefits,costs,and assessment methods across cities in different climatic zones[J]. Urban Forestry & Urban Greening,2012,11(4):351-363.

[3] 张哲,潘会堂. 园林植物景观评价研究进展[J]. 浙江农林大学学报,2011,28(6):962-967.

[4] 杜师博,李娇,杨芳绒,等. 国内景观评价方法研究现状及趋势——基于 Cite Space 的文献计量分析[J]. 西南大学学报(自然科学版),2020,42(7):168-176.

[5] 康秀琴. 基于 AHP 法的桂林市 8 个公园绿地植物景观评价[J]. 西北林学院学报,2018,33(6):273-278.

[6] 范志强,吴乐荣,丁元春,等. 基于 SBE 法的安庆新河景观带植物景观评价[J]. 长春师范大学学报,2020,39(12):163-167.

[7] 刘颖,周春玲,安丽娟,等. 青岛市居住区夏季植物景观评价[J]. 北方园艺,2011(5):136-140.

[8] 刘宏奇,计燕,郭庆. 绿珠耀花城——郑州市人民公园发展纪实[J]. 决策探索(下半月),2010(2):84-87.

[9] 雷翻宇. 基于 SD 法的园林植物景观评价研究——以广西财经学院相思湖校区为例[J]. 山东农业大学学报(自然科学版),2020,51(5):858-862.

[10] 张国强. 中国景源的特征、保护与利用[J]. 中国园林,1998(2):2-5,10.

[11] 矫明阳,高凤,郝培尧. 基于 SD 法的城市带状公园植物景观评价研究[J]. 西北林学院学报,2013,28(5):185-190.

[12] 张慧莹,肖华斌. 基于 SD 法的城市公园植物景观评价研究——以泰安市东湖公园为例[C]//中国城市规划学会、重庆市人民政府. 活力城乡 美好人居——2019 中国城市规划.

[13] 廖圣晓,晏海,董丽. 北京奥林匹克森林公园游客对植物景观偏好研究[J]. 沈阳农业大学学报(社会科学版),2011,13(2):237-241.

[14] 朴永吉,赵书青. 利用问卷调查法对园林植物景观中观赏草应用的基础研究[J]. 农业科技与信息(现代园林),2008(6):93-95.

[15] 庄惟敏. SD 法与建筑空间环境评价[J]. 清华大学学报(自然科学版),1996(4):42-47.

[16] 汪浩. 基于 SD 法的建筑内部公共空间环境评价——以清华大学第六教学楼 B 区为例[J]. 华中建筑,2007(5):96-100.

[17] 王德,张昀,崔昆仑. 基于 SD 法的城市感知研究——以浙江台州地区为例[J]. 地理研究,2009,28(6):1528-1536.

[18] 朱解放,张添咏,陈瑜,等. SD 法在北京市森林游憩空间质量评价中的运用[J]. 广东农业科学,2012,39(10):224-227.

[19] 李诗洋,许大为. 基于 SD 法的沈阳南湖公园植物景观评价[J]. 现代园艺,2018(16):28-30.

[20] 时颂,王雪,李青. 郑州市人民公园木本植物配置及多样性调查[C]//中国园艺学会观赏园艺专业委员会、国家花卉工程技术研究中心. 中国园艺学会. 中国观赏园艺研究进展,2011:6.

[21] 杨芳绒,张晨曦,鲁黎明. 基于 AHP 法的郑州城市公园康养景观评价[J]. 西北林学院学报,2022,37(1):247-252.

责任编辑:许易琦

doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2023. 06. 031

郑州黄河风景名胜区文化景观认知与保护研究

刘瑞洁,杨柳烟,刘保国
(河南农业大学 风景园林与艺术学院,河南 郑州 450002)

摘要:郑州黄河风景名胜区经历长期的发展演变,形成具有中原特色的黄河文化,但目前对于其景观资源的认知模式仍以资源导向型为主,忽略了人与自然持续演进过程中产生的文化价值。因此,基于文化景观的视角,通过研究郑州黄河风景区文化价值层积的演变特征,剖析其文化景观物质表象与精神内涵的构成要素,解读其文化景观价值,并提出相应的保护与发展策略,以实现文化景观的可持续发展。

关键词:文化景观;价值层积;物质表象;精神内涵;郑州黄河风景名胜区

中图分类号:P901;S76 **文献标识码**:A **文章编号**:1671-3168(2023)06-0187-07

引文格式:刘瑞洁,杨柳烟,刘保国. 郑州黄河风景名胜区文化景观认知与保护研究[J]. 林业调查规划,2023,48(6):187-193. doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2023. 06. 031

LIU Ruijie, YANG Liuyan, LIU Baoguo. Cognition and Protection of Cultural Landscape in Zhengzhou Yellow River Scenic Area[J]. Forest Inventory and Planning,2023,48(6):187-193. doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2023. 06. 031

Cognition and Protection of Cultural Landscape in Zhengzhou Yellow River Scenic Area

LIU Ruijie, YANG Liuyan, LIU Baoguo
(College of Landscape Architecture and Art, Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, China)

Abstract: After a long period of development and evolution, Zhengzhou Yellow River Scenic Area has formed the Yellow River culture with central plains characteristics. However, the current cognitive mode of landscape resources is still resource-oriented, ignoring the cultural value generated in the continuous evolution of human and nature. Therefore, based on the perspective of cultural landscape, this paper clarified the evolution characteristics of cultural value stratification, analyzed the elements of material appearance and spiritual connotation of cultural landscape in scenic spots, interpreted the value of cultural landscape, and put forward corresponding protection and development strategies to achieve sustainable development of cultural landscape.

Key words: cultural landscape; value stratification; material appearance; spiritual connotation; Zhengzhou Yellow River Scenic Area

郑州黄河风景名胜区作为郑州助力黄河流域生态保护和高质量发展,讲好“黄河故事”的重点区域,也是黄河国家文化公园建设中的重要一环,记录了该地段黄河流域的自然形态、历史文化及精神内

收稿日期:2022-05-31;**修回日期**:2022-08-15.
基金项目:河南省高校人文社会科学研究一般项目(2021-ZZJH-159).
第一作者:刘瑞洁(1998-),女,河南焦作人,硕士研究生. 研究方向为风景园林景观设计. Email:1464567016@qq. com
责任作者:刘保国(1975-),男,河南中牟人,硕士,副教授. 主要从事风景园林规划设计研究. Email:614285065@qq. com

涵的发展变迁,反映了文化与自然在演进过程中的相互关联,是人与自然共同作用的作品[1]。为实现风景区黄河文化的可持续发展,科学合理的保护是前提,能否讲好“黄河故事”、理解文化价值是关键。但目前对于郑州黄河风景名胜区的相关研究集中于黄土地质研究[2]、湿地生态保护[3]、水土保持[4]、生态旅游开发[5]等方面,缺乏对风景区黄河文化景观的认知与保护研究。

因此,基于文化景观的视角,对风景区的文化景观进行物质及精神层面的认知分析,探究区内文化景观的保护与发展策略,以实现保护好、传承好、弘扬好黄河文化的目标,促进郑州黄河风景名胜区文化景观的可持续发展。

1 研究区域概况

1.1 研究区域

郑州黄河风景名胜是国家级风景名胜区、国家4A级旅游区、黄河国家地质公园、国家级水利风景区,位于河南省郑州市西北部,南依邙山,北抵黄河,南临沿黄快速通道,东靠京广铁路,海拔约200 m,总面积约为25.13 hm^2(图1)。风景区处于中华民族发源地的核心地带,拥有突出的黄河风光自然景观及中原文化特色人文景观。多年的发展积淀形成具有区域特色的历史文化,与黄河文化共同构成风景区的文化属性,具有重要的社会与文化价值。

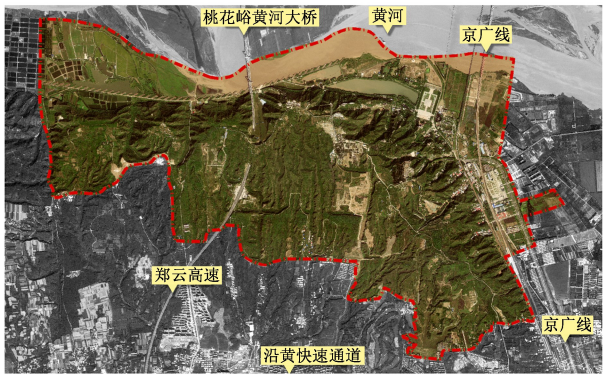


图1 郑州黄河风景名胜区区位

Fig. 1 Location of Zhengzhou Yellow River Scenic Area

1.2 风景资源特征

1.2.1 地貌典型,特色黄土风貌

风景区黄土地貌特征显著,以黄土丘陵为主要地貌景观,黄土堆积深厚,塬、梁、茆俱全,沟壑纵横,冲沟发育。该地区的黄土地貌蕴含了重要的地质古地理信息,反映出地球演化的重要阶段,极具观赏性和研究科普价值。

1.2.2 位置特殊,稀有大河风光

风景区处于黄河中下游分界线,是黄淮扇形冲积平原的顶点,也是黄河悬河的起点。区内黄河河床高悬,水天相接,辽阔无垠,南岸大堤似水上长城,奇险壮美。黄河与早霞、暮云、涛声、雁阵等景观融为一体,构成绝美大河风光。

1.2.3 水利工程景观,别具一格

邙山提灌站位于邙山山坡上,由8根粗大的管子构成,尤如8条巨龙盘绕在山腰,象征飞龙在天,稳如泰山。提灌站与邙山自然景观相融合,成为了解黄河及科普教育的重要水利工程景观点。邙山提灌站分两级提水,流经24.5 km干渠后,注入贾鲁河、西流湖,经水厂处理后成为郑州重要的水源,目前仍承担着郑州市区65%以上的源水供应。

1.2.4 多元文化荟萃,协同发展

风景区处于中原腹地,是黄河文化与中原文化的集中地,有多处历史遗迹景观。区内多元文化相互交织影响,彼此和谐共存,以炎黄二帝为象征的炎黄文化、以楚河争霸而著称的军事文化、以农耕为特色的中原农业文化、以治理黄河水而造福人民的水利文化等相互协同发展。

2 文化景观认知

文化景观指“人与自然产生关系”的景观[6],是以文化为动因,自然区域为载体,由特定的文化族群在自然景观中创建的结果。文化景观应着重关注文化价值在景观发展过程中的应用,注重对构成景观文本的符号及其象征意义的解读[7]。人类社会与自然之间存在长期的双向建构关系,人类对自然从物质性智慧利用到对非物质性精神认知构建的过程,是文化景观价值与意义生成的过程。景观是所见、所知、所信、所建[8]。

2.1 文化价值层积特征

场地内文化景观的背后隐藏着深层的物质信息,记载了场地内自然与文化演变的过程、人为干预和影响的原因与强度、自然与文化之间的相互关系等。风景区自1970年邙山提灌站建立以来,文化景观建设与发展呈现出波动性增长,随着时间的变迁其空间分布也在不断发展变化,结合其形成及发展背景,将其营建历程划分为4个阶段,每个阶段的分布特征、营建特质、建设目标存在异同,折射出文化景观的价值层积演变历程[9](图2)。

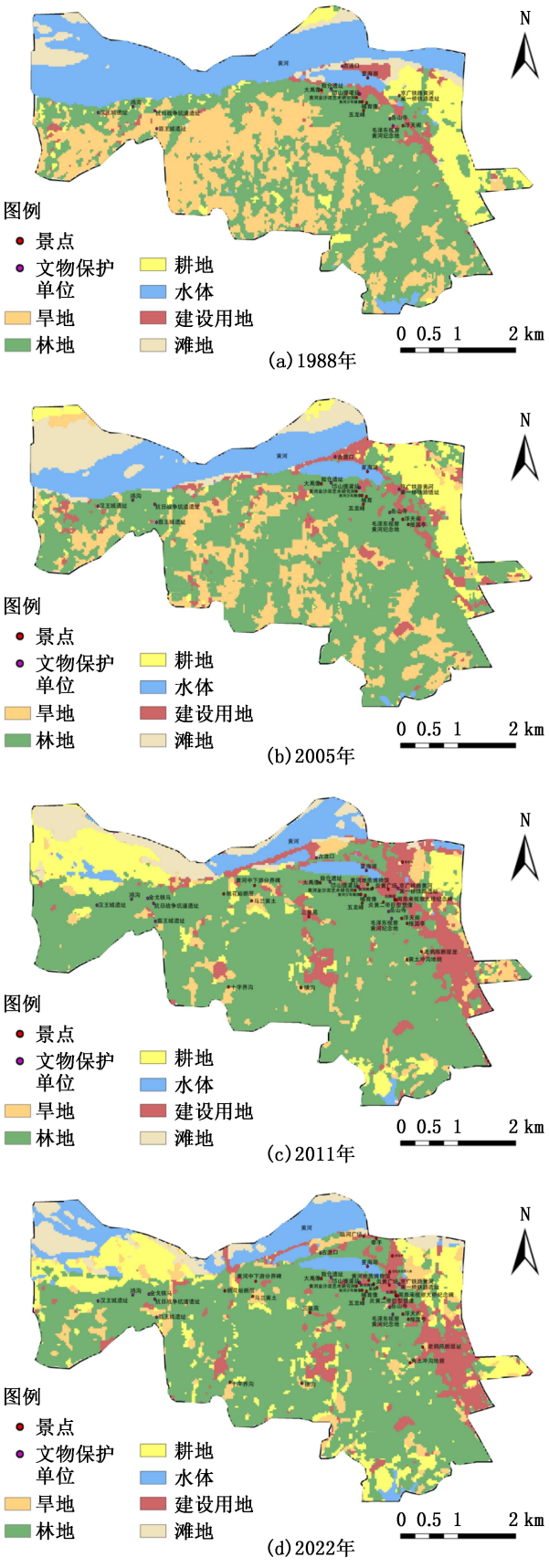


图 2　1988—2022 年郑州黄河风景名胜区空间格局发展演变

Fig. 2　Development and evolution of spatial pattern of Zhengzhou Yellow River Scenic Area from 1988 to 2022

2.1.1　前期(1970—1988 年)

景区建设早期,其建设目标由水利设施逐步转向风景游憩,文化景观分布点主要在黄河边界附近。1970 年,郑州市政府为解决郑州市当时的“水荒”问题,紧急状况下在此修建“引黄入郑”工程邙山提灌站,历时 2 年建成通水。在 1970 年以前,邙山为一片荒山秃岭,黄土质地疏松,水土流失严重,故保水、保土、保肥能力差,由此借助提灌站的水利设施输水工程及相关科研工作,在区内展开大规模绿化工程,使得荒山逐渐变为绿野。

由于此地具备俯瞰黄河、亲近黄河的地理优势,所以开拓者们在此基础上,把“以水养水,以水养景观”作为指导方针,开发景区,挖掘地域历史,弘扬黄河文化,从选址到布局均经过巧妙构思,作为山水间的点缀,具备较高文化价值,呈现出“彰显形胜”的建造特质,景区建设雏形基本形成,并在此基础上不断完善,至 1988 年,被批准为首批河南省级风景名胜区。

2.1.2　早期(1988—2005 年)

此阶段对区内的自然及人文景观进一步深度挖掘与建造,文化景观分布点由黄河边界向五龙峰四周扩散,更为凸显以风景游憩、科普教育为主的建设目标,如该时期新建的报国亭、中下游界碑等,形成北傍黄河、南靠大河村、西抵汉霸二王城、东至五龙峰的分布构架。同时,利用黄河水沙资源,进行淤地改土,将洼地改造为良田,农业用地增加;景区邙山绿化工作仍在持续进行。2005 年景区由于具有典型的黄土沟壑纵横的地质地貌资源,被授予第四批国家地质公园,人们对其形胜的认识更加深刻,进一步深化景区“彰显形胜”的特质。

2.1.3　中期(2005—2011 年)

景区注重对地质的科普展示及黄河文化的传承,以风景游憩、科普教育、文化传承为文化景观的建设目标,形成北起黄河、南至横沟、西抵汉霸二王城、东到京广铁路的景观分布构架。依据其典型黄土地貌资源,建立以黄河国家地质博物馆为主的多处地质科普展示文化景观;同时,对区内历史文化深入挖掘后,发现该地为炎黄结盟地,由此在区内建成炎黄二帝巨型塑像等系列文化景观,使得景区成为海内外众多炎黄子孙寻根祭祖的佳所;由于黄河中道淤积,河道高悬,河堤管理不善,洪峰通过能力不足等缘故,造成黄河河道变迁,位于黄河中下游起点的景区陆地面积逐年增大。对区内用地的多功能利

用,呈现出人文与自然有机融合的营建特质。2009 年,由于景区自然风光优美,人文资源丰富,部分资源在国内甚至国际上具有典型的代表意义,因此被批准为第七批国家级风景名胜区,并于 2011 年,被授予第十一批国家级水利风景区。

2.1.4 后期(2011—2022 年)

景区内的基础设施建设不断完善,延续以往的游憩及文化教育功能,同时强调显形象、提品质的建设目标,形成北起黄河、南至大刘沟水库、西抵汉霸二王城、东到京广铁路的景观分布构架。由于民族运动会大联欢及央视春晚次会场在此召开,区内增添了多处与民族文化相关的景观元素,如牵手、百位名人像等,呈现出文化理念与自然基底融糅的营建特质。2019 年,习近平总书记在此视察郑州段黄河,提出新的黄河高质量发展理念,作为中原建造黄河国家文化公园的核心区域,亟待更深入地挖掘、建造具有中原特色的黄河文化景观。

2.2 文化景观的物质表象

经过多年的自然环境变迁与人类的智慧营造活动,风景区内留下了多样化的文化景观痕迹。人们通过地形地貌、水系、植物、构筑物等景观元素,可以直观地了解场地的外在物质表象状况(图 3)。

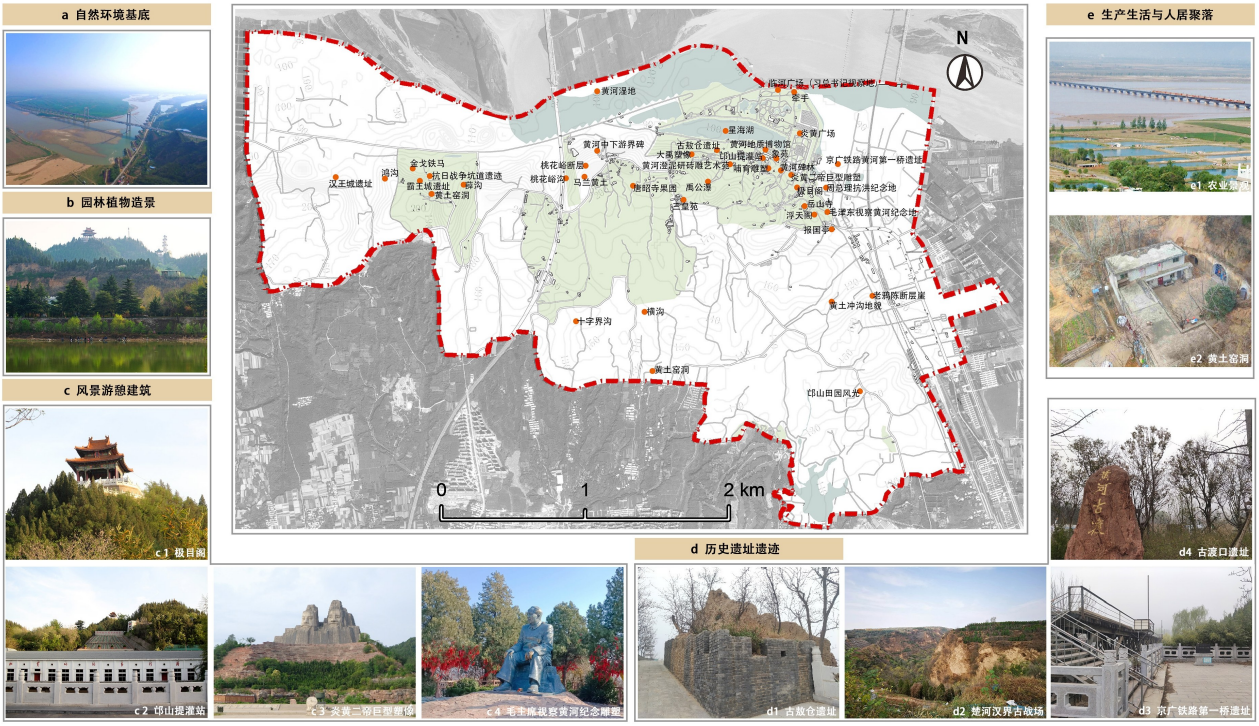


图 3 郑州黄河风景名胜区文化景观实景

Fig. 3 Cultural landscape reality of Zhengzhou Yellow River Scenic Area

2.2.1 自然环境基底

景区地跨黄土高原与黄淮大平原,背靠母亲河,极目广武山顶,在领略黄土高原“险、幽”风光的同时,大河、大平原之宽宏、雄浑之势,撼人心扉。以自然基底为基础,景区建造往往随形就势,以节省工程量,在黄土地貌中形成天然的水库、人工输水设施以及河滩湿地等景观。基于对水源的多功能需求以及景区在其营造上的环境适应性特征,区内以地势起伏的环境作为营造的自然基底,形成“大河—大平原—大高原”的风景格局。此外,邙山提灌站是引黄河之水后注入自然河湖中,自然与人工水系统单元存在紧密的蓄泄关系,因此与提灌站相通的自然河、湖等也作为风景区的自然基底要素。

2.2.2 园林植物造景

植物作为景区的辅助景观,对于塑造场地空间、改善生态环境、强化文化精神作用巨大。40 多年的时间,开拓者们将昔日的荒山秃岭改造为郁郁葱葱的风景区,植物覆盖率达 85%以上,大部分为人工造林,整体生态环境较好。区内植物布局合理,种类众多,结合植物观赏期,营造出功能复合、四季皆景的植物景观效果。同时,植物配置形式主要是以自然式组团为主,局部采用孤植、列植、丛植等,力求达

到“虽由人作,宛自天开”理想境地。通过大面积绿化与美化邙山,极大地改善了区内的自然环境,同时,也成为阻挡风沙入侵城区的重要屏障。体现了人们对理想生活的构建,与自然达成了和谐相处的关系。

2.2.3 风景游憩建筑

风景区依托自然环境资源营建,区内的风景营建不是以“景点”的方式独立存在,而是与功能系统单元及必要的交通服务设施相结合构成具有复合功能的游赏系统。因此,风景区以黄河为基底的景观营造,常带有黄河水利工程的烙印。如发挥拦沙保土、促进水资源利用、区域防洪减灾等综合作用的黄河大堤,均需要与多条路径连接构成串联的游赏路径。此外,黄河周围配合营建亭、桥、阁、雕塑等一系列的风景游憩建筑,塑造合形辅势的风景体系,使区内黄河的人工建造系统深刻嵌合于自然环境中,起到强化自然山水形势的作用,这些风景游憩建筑多建造于黄河边界处以及邙山周围视线开阔处,通过对景、借景等园林造景手法,为游览者提供良好的观景视线与舒适宜人的游赏环境[10]。

2.2.4 历史遗址遗迹

区内的文化景观并非刻意塑造,而是与功能性空间存在着密切联系,经历几千年的时代演变,其山水空间与功能性空间逐渐融合,具有鲜明的中原文化特征。景区的历史遗址遗迹形成“上古—楚汉—唐—清—近现代”的文化资源组合特征,如位于广武山上规模大、储粮多的古代著名军事粮仓古敖仓遗址;楚汉争霸时期以鸿沟为界,西为汉王城,东为霸王城的楚河汉界古战场遗址;修建于清朝末年,万里黄河上第一座钢铁结构桥的京广铁路第一桥遗迹等历史遗址遗迹。不同时期的文化遗迹像一幅延绵的历史画卷,又像是一部厚重的断代史书,记录着区内人与自然和谐共荣的文化景观演变历程。

2.2.5 生产生活与人居聚落

风景区的营建不止影响了其水文过程及土地利用性质的转变,更深刻地渗透到人们的生产生活中。提灌站的营建在确保城市生产、生活用水的同时,还灌溉了干渠沿线数万亩良田,彻底结束靠天吃饭的历史。在大搞引黄灌溉的同时,还积极利用黄河丰富的水沙资源,大力进行淤地改土,将盐碱涝洼地改造为肥沃的良田。在劳动实践中,黄河号子不仅有指挥劳作、鼓舞情绪的实用价值,也能使人从中感受到黄河独特的风俗民情。同时,当地居民多元化利用土地的技能,造就了风景区黄河农业景观与黄土窑洞景观。黄河农业反映出极具地域特色的大河鱼塘景观与黄河灌溉农业系统之间的密切联系。随着生产力的不断发展,遍布在丘陵山坡和沟壑谷涧的黄土窑洞居室,逐渐演变成石窑、砖窑。风景区的乡土文化景观像一座开放式的博物馆,映射着居民生产生活的变迁。

2.3 文化景观的精神内涵

自上古时期至今,人们在认识、利用、改造黄河,并与黄河水患作斗争的过程中所表现出的精神气节,以及在改善生活、发展生产力和创造文明、文化的过程中所展现出的精神状态,均是黄河文化精神内涵的体现(图 4)。

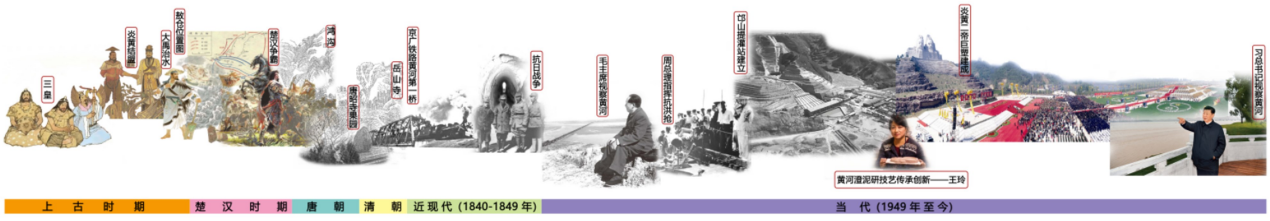


图 4　郑州黄河风景名胜区代表性历史事件

Fig. 4　Representative historical events of Zhengzhou Yellow River Scenic Area

2.3.1 天人合一,生态和谐

景区内流传着的大禹、黄帝等神话传说,将大禹及黄帝进行神化,如大禹化熊、黄帝骑龙升天等,均是“天人合一”原始信仰的体现。其次,依照“天时地利人和”的生态理念,区内的人们在此进行农耕劳作,承认天道与人事、自然界与人类社会的密切联系,遵循自然变化发展的客观规律,极力打造出适合其生存并注重可持续发展的空间环境。现今仍处于运作状态的邙山提灌站,也是人们在进行黄河水利活动时,遵循自然规律,合理地利用和改造自然的实践成果。由此可见,“天人合一”为黄河流域必然的精神产物。

2.3.2 勤劳务实,刚健自强

由于黄河屡次迁徙,对生产生活及遗迹的破坏

极大,所以人们依据先前营建的堤防进行不断加固,百折不挠地修建随着黄河下游河道迁徙所建造的不稳固堤防黄河大堤,保障两岸人民的生命财产安全。1958 年,京广铁路黄河第一桥遭遇特大洪水灾害,周恩来总理在此冒雨指挥,百万军民齐心协力,抗洪抢险,最终老桥得以胜利通车。曾经此处为一片荒山秃岭,经过全市人民义务植树及开拓者多年不畏艰辛、坚持不懈的绿化工作后,荒山才得以变绿野。因此,人们在区内对不同景观的维护、改造及修建过程中,展现了中华儿女百折不挠、坚持不懈、务实肯干、刚健自强的优良品质。

2.3.3 大公无私,开拓进取

黄河水泛滥,大禹为治理洪水,三过家门而不入,到中原考察地形及水势时,在此发现洪水泛滥的源头“荥播”(古湖泊名称),采取“疏导”的方法治理洪水,创新治水新思路,解决洪水泛滥问题。1952 年,毛主席在此视察黄河,发出“要把黄河的事情办好”的号召,提出“能不能把黄河的水引到山上来”的思路,启发了后来邙山提灌站的营建,造就了“引黄入郑”的邙山精神,往日的荒山秃岭变成绿洲。黄河澄泥砚自元代后制作技术失传,民间艺术家王玲在景区内经历千百次的探索试验,烧制成功,并融砖雕艺术手法于其中,使失传的民族技艺重见光彩,同时,还主动培养多位非遗传承人,为非遗发声,为文化续脉。这些均反映出人们在依赖、征服自然到和谐相处的过程中所产生的天下为公、无私奉献、生于忧患、开拓进取的优秀民族品格。

2.3.4 和合共生,精诚团结

上古时期,炎帝与黄帝在此结盟,不仅是中华和合文化发端的证明,也对现今建设和谐社会起到一脉相承、借古喻今的作用。炎帝与黄帝两大部族交融后,形成了根深蒂固的“炎黄子孙”理念。炎黄二帝巨型塑像的建成凝聚了海内外炎黄子孙感情,弘扬民族文化,振奋民族精神,在此,能够充分感受中华民族强大的凝聚力。2019 年,习近平总书记在此视察郑州段黄河,提出“让黄河成为造福人民的幸福河”的号召,黄河流域的人们齐心协力,上下一心,共同致力于黄河生态文化建设当中。这无一不是和合共生、精诚团结精神的体现。

3 现存问题

3.1 保护形式落后,传承发展欠缺

部分文化景观如唐昭成寺、岳山寺等,由于受各种主客观因素的影响,在时空的发展变迁中消亡,保留下的汉霸二王城遗址、抗日战争坑道遗址等,因长期面临黄河水的冲刷与破损等问题,也在逐渐消亡。文化景观作为精神内涵的物质载体,一旦消失便无法挽回。

3.2 文化挖掘不深,有效展示不足

景区文化景观的开发形式相对简单,更多关注物质表象资源的开发,即资源导向型的开发模式,对于文化景观核心价值的认识仍模糊不清,弱化了人与自然互相作用中人的主动性和多样性[11]。且区内文化景观资源的开发整体呈现展示水平不高、活化利用单一、静态参观游览多、深度体验类型少的状况。文化景观仅为静态表层展示,未真正讲出其背后的故事渊源,容易造成人们对地域文化理解不足,忽略其背后的文化意义。

3.3 资源分布零散,整合能力较弱

由于地域历史发展悠久,郑州黄河风景名胜区涵盖范围广且文化景观资源丰富,目前的文化景观资源整体呈现散点分布,彼此之间缺乏直接联系,多数各自为政,缺乏整体统筹,呈现出破碎化、孤岛化的局面。加之导视系统与宣传力度等存在欠缺,导致未游览到部分景点。

4 保护与发展策略

强化黄河文化的价值阐释是实现保护与活化利用的关键,既是对黄河文化景观进行有效保护的目的,也是实施合理化利用的重要抓手。文化只有走进大众才能充分实现其价值,因此,要提升风景区文化景观整体感知质量[12],把优秀的黄河文化作品传播出去,引导大众关注郑州黄河风景名胜区,关注黄河文化,思考黄河文化,传承黄河精神。

4.1 深度挖掘文化景观价值

加强对风景区黄河历史文化的梳理与研究深度,对所蕴含的价值观念、宗教信仰、神话传说、生活方式、风俗习惯等进行更深层次的理论研究与解读,深入挖掘黄河文化所蕴含的时代价值,并以人民群众喜闻乐见且容易深入人心的方式进行科普解说,增强文化景观的趣味性与关联性。

4.2 动态保护和记录

4.2.1 推动数字化遗产保护

运用 ArcGIS、3D Max、Sketchup 等软件对风景区文化景观进行空间特征分析与模型建构,对其进行永久性地保存与动态记录,为后续保护提供参考。同时,借助互联网,构建郑州黄河风景名胜区文化景观信息资源平台,以数字化方式助力文化景观的开

发与保护工作[13]。加强传统文化与现代技术融合,既是对不可再生文物资源的有效保护手段,也是对文物进行动态化传承的重要途径,为传承黄河文化打下坚实基础。

4.2.2 整合编排文化景观资源

根据对郑州黄河风景名胜区文化景观的物质表象及精神内涵的梳理,结合景观节点的空间布局,可以将风景区文化景观提炼为四大文化主题:发祥于黄河流域的“炎黄历史文明”;治黄引黄工程的“黄河水利文明”;田园民居的“黄土农耕文明”;典型黄土地貌的“特色沟峪风貌”,以此来凸显风景区的文化特质。

4.2.3 规划叙事路线

依据所划分的主题将风景区中的文化景观资源点进行串联,以顺序为主、插叙为辅的叙述手法,规划设立参观路径与停留点,添加相关文化景观要素,使各个文化景观点之间产生有机丰富的联系,构成讲述黄河“辉煌史、苦难史、奋斗史”的叙事结构[14],丰富风景区的景观空间,展现其文化价值。在完善区内导视系统的基础上规划游览叙事路线,使游览者可以伴随故事线索步步深入,获取精神文化认同感。

4.2.4 完整重现文化场景

传统的“走马观花”式游览已经无法满足人们对于风景区内精神文化更高层次的追求,因此,可以凭借当代先进的科学技术手段对文化进行原真性、完整性重现[15]。例如可以通过 VR、AR、5G、AI 等信息技术模拟重现农耕劳作、军事战争、工程设施建设等多种文化场景,使游览者可以身临其境、参与其中,体会黄河文化的人文精神与艺术魅力。

对于风景区中炎黄祭祖大典、黄河船工号子、黄河澄泥砚等相关民俗风情与非物质文化遗产的展示,不应仅局限于影像文本资料,需要见人(传承人)、见物(作品),从风景区的场景设置、工作人员着装、任务发布等方面转变,增加互动,不局限于思想层面的文化体验,而是融入活动中,提升文化体验感。

4.3 打造景区文化 IP

在复原风景区传统物质文化的基础上,还应拓展到包括提炼风景区黄河文化符号、炎黄文化 IP 等文创工作,植入时代新元素,古为今用,赋予黄河文化新的生机与活力,使中华文化的基因不断延续与发展。

5 结　语

郑州黄河风景名胜区在黄河的哺育滋润下,文化与自然产生密切的联系,文化景观在历史发展变迁中见证了多元文化与自然的相互交融。因此,对于文化景观的认知与保护应充分考虑其原真性与完整性,不能只停留在对其物质表象的了解与认知,更需要深度挖掘与解读文化景观背后的文化价值,在此基础上对文化景观进行合理保护与开发。将风景名胜区中的文化景观作为传承地域黄河文化、认知人与自然关系的重要途径,从而实现郑州黄河风景名胜区的可持续发展。

参考文献:

[1] 韩锋. 文化景观——填补自然和文化之间的空白[J]. 中国园林,2010,26(9):7-11.

[2] 梁会娟,李庆康,章秉辰,等. 郑州黄河国家地质公园五龙峰黄土剖面沉积环境研究[J]. 河南科学,2015,33(12):2178-2183.

[3] 张璐. 郑州黄河湿地保护现状探讨[J]. 绿色科技,2020(8):44-45.

[4] 杨玉献,王刚. GPS 技术在郑州邙山水土保持生态建设中的应用[J]. 科技信息(科学教研),2007(15):505.

[5] 杨文新. 郑州黄河湿地生态旅游开发探析[J]. 创新科技,2015(8):70-72.

[6] 刘勇. 麦积山风景名胜区中的文化景观认知与保护[D]. 西安:西安建筑科技大学,2015.

[7] 李晓黎,韩锋. 文化景观之理论与价值转向及其对中国的启示[J]. 风景园林,2015(8):44-49.

[8] 毕雪婷,韩锋. 文化景观价值的解读方式研究[J]. 风景园林,2017(7):100-107.

[9] 左力,王莉娟,李和平. 文化景观视角下传统风貌区保护与更新研究——以重庆市大田湾—文化宫—大礼堂片区为例[J]. 中国园林,2021,37(9):42-47.

[10] 王晞月,王向荣. “水利—风景”视野下古代陂湖的风景体系及典型特征[J]. 风景园林,2021,28(8):74-79.

[11] 李晓黎,韩锋. 我国风景名胜区分类现状及其症结剖析[J]. 城市发展研究,2015,22(4):74-79.

[12] 杨昌鸣,赵真,成帅. 基于文化景观感知的分散型红色文化景观保护规划——以江西原中共闽浙赣省委机关旧址为例[J]. 中国园林,2011,27(4):21-25.

[13] 王克岭. 国家文化公园的理论探索与实践思考[J]. 企业经济,2021,40(4):5-12,2.

[14] 张玫. 建设黄河国家文化公园 弘扬黄河文化[N]. 中国旅游报,2021-08-27(3).

[15] 程璐瑶,金彩玉. 文旅融合助推黄河流域旅游高质量发展——以河南省为例[J]. 旅游纵览(下半月),2020(6):129-130,133.

责任编辑:杨竣焓

doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2023. 06. 032

郑州凤山森林公园植物季相景观研究

胡宗上,高健康,刘保国
(河南农业大学 风景园林与艺术学院,河南 郑州 450002)

摘要:以郑州凤山森林公园为研究区域,通过实地调研和数据收集整理,分析植物季相景观组成和风貌特征,并结合卫星影像图标记植物季相空间分布。结果表明,该公园植物共计 46 科、87 属、109 种,其中以蔷薇科、豆科、槭树科为优势科。春季主要表现为花景,其中白蜡、迎春、碧桃分别主要表征白色、黄色和红色花景;夏季主要表现为花景和叶景,其中紫薇、七叶树、矢车菊分别表征红色、白色和紫色花景,银杏主要表征叶景;秋季主要表现为叶景和果景,其中银杏主要表征叶景,柿树和南天竹表征果景;冬季主要表现为果景、叶景和枝景,其中雪松主要表征叶景,火棘、冬青主要表征果景,红瑞木和金枝国槐分别表征红枝和黄枝景观。根据植物景观季相风貌特征,结合场地现状提出增加植物种类,加大花卉种植形式,处理好滨水空间与植物关系等相关优化建议。

关键词:植物;季相景观;森林公园;季相风貌

中图分类号:S759. 91;P901 **文献标识码**:A **文章编号**:1671-3168(2023)06-0194-07

引文格式:胡宗上,高健康,刘保国 . 郑州凤山森林公园植物季相景观研究[J]. 林业调查规划,2023,48(6):194-200.
doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2023. 06. 032

HU Zongshang, GAO Jiankang, LIU Baoguo. Plant Seasonal Landscape of Fengshan Forest Park in Zhengzhou[J]. Forest Inventory and Planning,2023,48(6):194-200. doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2023. 06. 032

Plant Seasonal Landscape of Fengshan Forest Park in Zhengzhou

HU Zongshang, GAO Jiankang, LIU Baoguo
(College of Landscape Architecture and Art, Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, China)

Abstract: Taking Fengshan Forest Park in Zhengzhou as the research area, through field investigation and data collection, this paper analyzed the composition and features of plant seasonal landscape, and recorded the spatial distribution of plant seasonal landscape by satellite image icons. The results showed that there were 109 species belonging to 87 genera and 46 families in the park, among which Rosaceae, Leguminosae and Aceraceae were the dominant families. Spring was mainly represented by flower scenery, in which *Fraxinus chinensis*, *Jasminum nudiflorum* and *Amygdalus persica* mainly were represented by white, yellow and red flower scenery respectively; summer was mainly represented by flower scenery and leaf scenery, in which *Lagerstroemia indica*, *Aesculus chinensis* and *Centaurea cyanus* were characterized by red, white and purple flower scenery, and *Ginkgo biloba* was mainly represented by leaf scenery; autumn was mainly represented by leaf scenery and fruit scenery, including *Ginkgo biloba* leaf scenery, *Diospyros kaki* and *Nandina domestica* fruit scenery; winter was mainly represented by fruit scenery, leaf scenery and branch scenery, among which

收稿日期:2022-05-17.
基金项目:河南沿黄流域文化景观高质量发展适应性研究(212400410023).
第一作者:胡宗上(1997-),男,河南驻马店人,硕士研究生 . 研究方向为风景园林规划设计 . Email:1742041282@ qq. com
责任作者:刘保国(1975-),男,河南中牟人,副教授 . 主要从事风景园林规划设计研究 . Email:614285065@ qq. com

Cedrus deodara mainly represented winter leaf scenery, *Pyracantha fortuneana* and *Ilex chinensis* mainly represented the fruit landscape, and *Cornus alba* and *Sophora japonica* represented the landscape of red and yellow branches respectively. Based on the seasonal characteristics of plant landscape, combined with the current situation of the site, this paper proposed optimization suggestions such as increasing plant species, expanding flower planting forms, and handling the relationship between waterfront space and plants.

Key words: plant; seasonal landscape; forest park; seasonal features

随着城市化进程的加快,城市建设用地内的绿地被经济活动的产物分割蚕食,导致城市绿地景观风貌质量下降。城市森林公园建设主要有 3 个特征,以地带性植被为基础;具有城市公园的基本属性;体现一定的社会、经济价值[1]。目前关于城市森林公园的研究已有较多成果,主要集中在规划设计[2-4]、森林康养[5-7]、使用后评价[8-9]及植物群落分布[10-11]等方面。城市森林公园作为户外游憩的重要空间,其景观风貌的优劣直接影响游客的心理体验,而植物的季相景观风貌特征及组成对其整体景观风貌具有决定作用。基于此,以郑州凤山森林公园为研究对象,分析其季相景观风貌特征组成和空间分布,并结合场地现状提出相关优化建议。

1 研究区概况

郑州凤山森林公园位于郑州市金水区东北部,占地面积 112 hm^2,东临龙湖内环西路,西临中州大道,南依北三环,北依国基路;被龙湖外环西路和龙湖外环中路从西至东分为 3 个部分,包括主入口展示区、山林游览区、水岸花园区、亲子游乐区、山林拓展区五大区域。公园内以北龙湖挖湖的弃土堆积成 7 座山峰,最高峰与地面高差约 40 m,平均高度 25 m,场地内地形高低起伏,植物种类丰富,吸引大量游客前来游憩体验(图 1)。



图 1　郑州凤山森林公园卫星影像图

Fig. 1　Satellite image of Fengshan Forest Park in Zhengzhou

2 研究方法

2.1 季相与空间分布分析

通过实地调研和参考文献[12]对凤山森林公园的植物进行统计与分析,采用 Excel 对植物的物候特征和景观优势度进行统计计算,并采用地图标记法示意植物季相景观分布[13]。将植物的季相特征主要分为花景、果景、叶景进行统计分析,而芽景和枝景表现的景观风貌较少,不再集中统计计算。花景指花的颜色表现的景观(白、红、黄花等);果景指果实的颜色表现的景观;叶景指叶片表现的景观(绿、红、彩叶等)。

2.2 景观风貌优势度计算

本研究中以植物占据平面垂直投影面积作为衡量该植物景观风貌的优势度,计算公式为:

某种植物景观优势度 = (该植物种类的垂直投影面积/公园绿地总面积)×100%　　(1)

某季相景观植物优势度 = (表现该季相景观的植物种类垂直投影面积/表现该季相景观的植物总面积)×100%　　(2)

某种植物景观优势度值越大表明该植物的景观优势性越强;某季相景观植物优势度值越大说明该植物在此季相景观中优势性越强,越能代表该季相的景观风貌[14]。

3 结果与分析

3.1 植物种类分析

经实地调查统计发现,郑州凤山森林公园植物种类共计 109 种,属于蔷薇科、豆科、槭树科等 46 科,其中按植物类型统计落叶与常绿植物比例为 87∶22(包含水生植物),按植物生活类型统计乔木、灌木、藤本、草本、水生植物比例为 63∶18∶9∶10∶9,另有部分坡地栽植竹子。全园植物呈组团式分布,植物群落结构有乔灌草、乔草、灌草等类型,随地形起伏变化,结构相对简单。

3.2 春季植物季相景观风貌

3.2.1 季相特征

依据统计计算可知,郑州凤山森林公园春季季相特征主要表现为花景,以白花、红花、黄花为主。表现白色花景的主要有刺槐、白蜡、玉兰、麻叶绣线菊、白花泡桐、紫叶李、杜梨和山杏等;表现红色花景的主要有月季、西府海棠、贴梗海棠、碧桃、日本早樱、晚樱等;表现黄色花景的主要有迎春、棣棠、黄刺玫、连翘等;芽景有臭椿、垂柳。

3.2.2 空间分布

结合实地调研和地图标记绘制出春季植物季相景观分布图(图 2)。

春季花景总体呈均匀分布,范围较广。白花景观主要集中在山林游览区和中北部区域附近;黄色花景分布在水域花园区域;红色花景分布在东部主入口展示区。

3.2.3 优势植物

按照植物景观优势度计算方法,对春季不同季相特征植物优势度进行计算(表 1)。

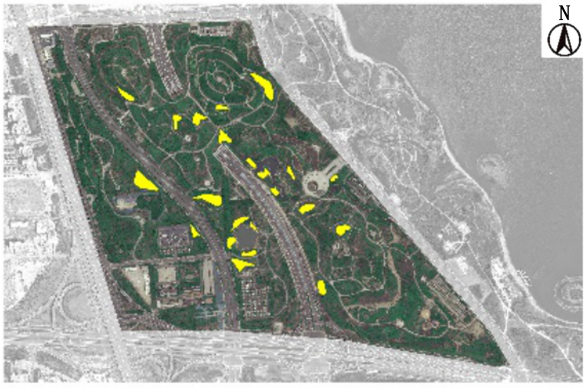
表 1 郑州凤山森林公园春季季相景观植物构成优势度情况

Tab. 1 Dominance of seasonal landscape plants of Fengshan Forest Park in spring %

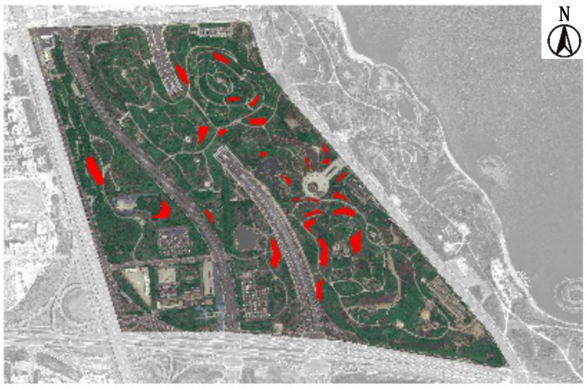
类型	植物种类	优势度
白色花景	刺槐(*Robinia pseudoacacia*)	4.8
	玉兰(*Yulania denudata*)	1.3
	白蜡 (*Fraxinus chinensis*)	2.6
	麻叶绣线菊(*Spiraea cantoniensis*)	0.6
	白花泡桐(*Paulownia fortunei*)	0.8
	紫叶李(*Prunus cerasifera* 'Atropurpurea')	1.6
	杜梨(*Pyrus betulifolia*)	0.9
	山杏(*Prunus sibirica*)	1.3
	二乔玉兰(*Yulania* × *soulangeana*)	0.6
黄色花景	迎春(*Jasminum nudiflorum*)	1.3
	连翘(*Forsythia suspensa*)	0.5
	棣棠(*Kerria japonica*)	1.1
	黄菖蒲(*Iris pseudacorus*)	0.3
	紫叶矮樱(*Prunus* × *cistena*)	0.7
	黄刺玫(*Rosa xanthina*)	0.8
红色花景	月季 (*Rosa chinensis*)	0.8
	西府海棠(*Malus* × *micromalus*)	1.2
	贴梗海棠(*Chaenomeles speciosa*)	1.1
	碧桃(*Echeveria* 'Peach Pride')	0.8
	山桃(*Prunus davidiana*)	1.5
	榆叶梅(*Prunus triloba*)	0.3
	日本早樱(*Cerasus subhirtella*)	0.6



(a)白色花景



(b)黄色花景



(c)红色花景

图 2 郑州凤山森林公园春季各类植物景观季相风貌

Fig. 2 Seasonal features of various plant landscapes of Fengshan Forest Park in spring

白色花景植物优势度为 14.5%,黄色花景植物优势度为 4.7%,红色花景植物优势度为 6.3%,春季白色花景具有绝对优势,为郑州凤山森林公园主要季相景观。通过分析不同季相景观各自的优势植物,春季白花景观优势度最高的植物为刺槐,优势度为 4.8%,这是因为该公园是在郑州林场的基础上扩建而来,保留了较多的乡土树种,即春季刺槐主要表征白色花景,迎春主要表征黄色花景,碧桃主要表

征红色花景,臭椿和垂柳表征叶芽景观。

3.3 夏季植物季相景观风貌

3.3.1 季相特征

郑州凤山森林公园夏季植物季相景观特征主要表现为花景和叶景。其中花景主要有红花、白花、紫花等景观,表现红色花景的植物有紫薇、牡丹、芍药、荷花、月季、木槿、千屈菜、石竹和香蒲等;表现白色花景的植物有七叶树、山楂、石楠、女贞、绣球花、珍珠梅等;表现紫色花景的植物有紫荆、紫藤、紫丁香、薰衣草、牵牛花、矢车菊、紫花地丁、风信子等。叶景也是夏季植物季相景观的重要表征,植物有银杏、雪松、白皮松、紫叶李、卫矛等。

3.3.2 空间分布

结合实地调研和地图标记绘制出夏季植物季相景观分布图(图 3)。

夏季花景呈集中分布,叶景呈分散分布。红花景观主要集中在山林游览区和主入口展示区;白花景观分布在水岸花园区;紫花景观分布在中部水岸花园区;叶景全园分布,以中部和北部区域较多。

3.3.3 优势植物

对夏季不同季相特征植物优势度进行计算(表 2)。

由表 2 可知,花景植物的总优势度为 20.3%,叶景植物的优势度为 6.5%,花景具有绝对优势。红色花景植物优势度为 10.9%,白色花景植物优势度为 5.4%,紫色花景植物优势度为 4.0%,夏季红色花景具有相对优势,为郑州凤山森林公园主要的季相景观。通过分析不同季相景观各自的优势植物,夏季红花景观优势度最高的植物为紫薇,优势度为 2.8%,紫薇花色主要有红、粉和紫红等,树形优美、花期长且易于养护管理,所以作为夏季植物季相景观具有良好效果,即夏季紫薇主要表征红色花景,七叶树主要表征白色花景,矢车菊主要表征紫色花景;银杏、白皮松、紫叶李等叶形奇特、景色各异,主要表征叶景景观,具有一定的观赏价值。

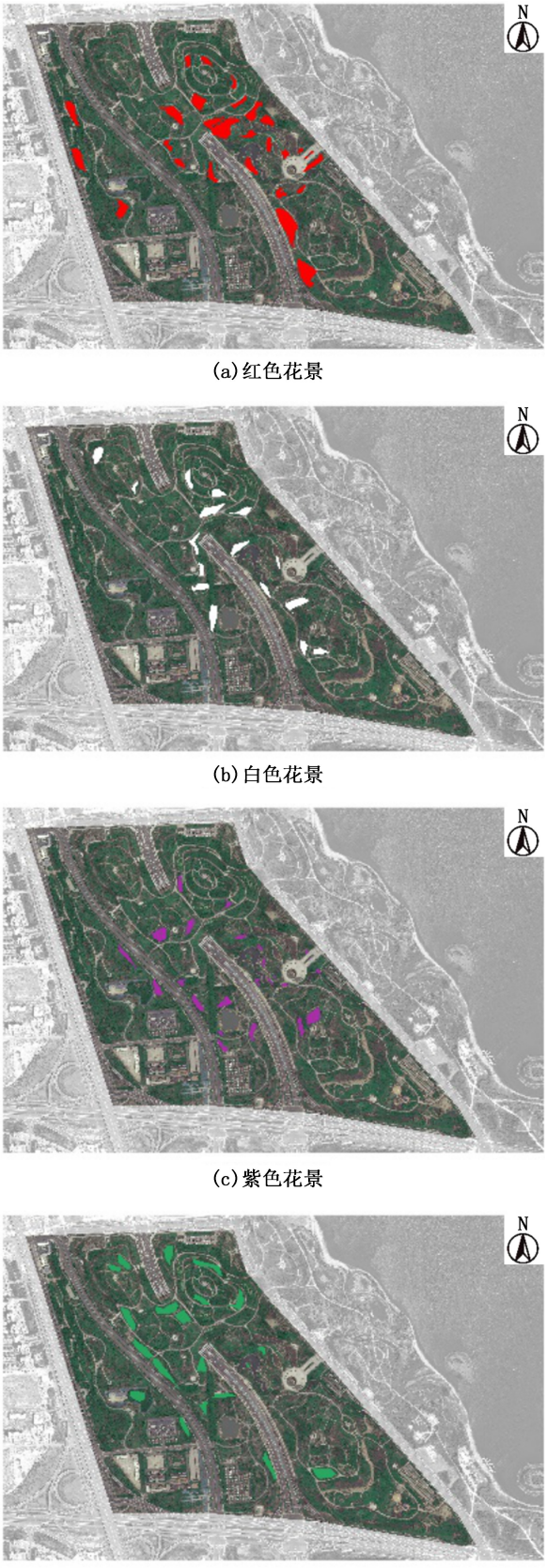
3.4 秋季植物季相景观风貌

3.4.1 季相特征

郑州凤山森林公园秋季植物季相景观特征主要表现为果景和叶景。表现叶景的植物有水杉、银杏、三角槭、红枫、平基槭、鹅掌楸、南天竹等;表现果景的植物有山楂、柿树、南天竹、丝棉木、银杏、乌桕等。

3.4.2 空间分布

结合实地调研和地图标记绘制出秋季植物季相景观分布图(图 4)。



(a)红色花景　(b)白色花景　(c)紫色花景　(d)叶景

图 3　郑州凤山森林公园夏季各类植物景观季相风貌

Fig. 3　Seasonal features of various plant landscapes of Fengshan Forest Park in summer

表 2 郑州凤山森林公园夏季季相景观植物构成优势度情况

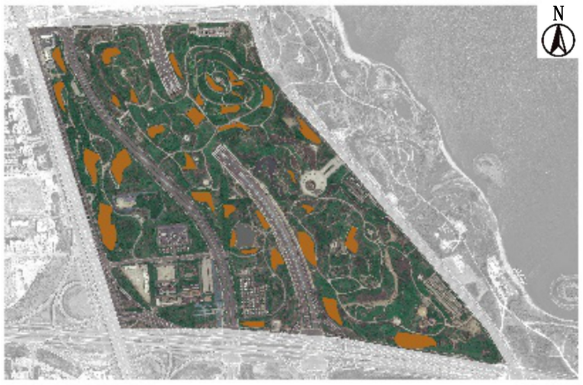
Tab. 2 Dominance of seasonal landscape plants of Fengshan Forest Park in summer %

类型	植物种类	优势度
红色花景	紫薇(*Lagerstroemia indica*)	2. 8
	牡丹(*Paeonia × suffruticos*)	1. 5
	芍药(*Paeonia lactiflora*)	1. 3
	荷花(*Nelumbo*)	0. 9
	月季(*Rosa chinensis*)	1. 6
	木槿(*Hibiscus syriacus*)	0. 8
	千屈菜(*Lythrum salicaria*)	0. 6
	石竹(*Dianthus chinensis*)	0. 5
	香蒲(*ypha orientalis*)	0. 3
	红花夹竹桃(*Nerium oleander*)	0. 1
	波斯菊(*Cosmos bipinnatus*)	0. 3
	百日菊(*Zinnia elegans*)	0. 2
白色花景	七叶树(*Aesculus chinensis*)	1. 3
	山楂(*Crataegus pinnatifida*)	1. 2
	石楠(*Photinia serratifolia*)	0. 9
	女贞(*Ligustrum lucidum*)	0. 8
	绣球花(*Hydrangea macrophylla*)	0. 6
	珍珠梅(*Sorbaria sorbifolia*)	0. 6
紫色花景	紫荆(*Cercis chinensis*)	0. 6
	紫藤(*Wisteria sinensis*)	0. 5
	紫花地丁(*Viola phillipina*)	0. 6
	紫丁香(*Syringa oblata*)	0. 4
	薰衣草(*Lavandula angustifolia*)	0. 3
	风信子(*Hyacinthus orientalis*)	0. 2
	牵牛花(*pomoea nil*)	0. 6
	矢车菊(*Centaurea cyanus*)	0. 8
叶景	银杏(*Ginkgo biloba*)	2. 3
	紫叶李(*Prunus cerasifera* 'Atropurpurea')	1. 3
	雪松(*Cedrus deodara*)	0. 8
	卫矛 (*Euonymus alatus*)	0. 6
	白皮松(*Pinus bungeana*)	1. 5

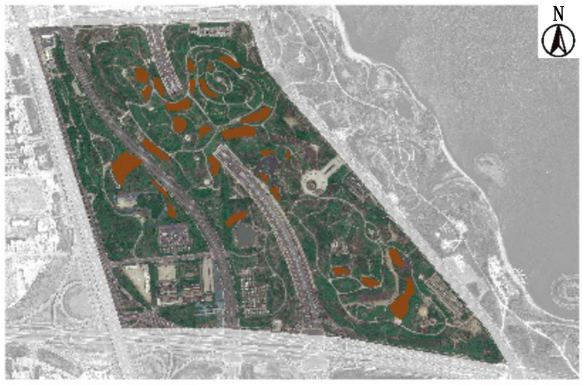
秋季叶景呈分散分布,果景呈较为集中分布。叶景集中分布于山林游览区和山林拓展区;果景集中分布于山林游览区和亲子游乐区,以中北部和南部区域较多。

3.4.3 优势植物

对秋季不同季相特征植物优势度进行计算(表3)。



(a)叶景



(b)果景

图 4 郑州凤山森林公园秋季各类植物景观季相风貌

Fig. 4 Seasonal features of various plant landscapes of Fengshan Forest Park in autumn

表 3 郑州凤山森林公园秋季季相景观植物构成优势度情况

Tab. 3 Dominance of seasonal landscape plants of Fengshan Forest Park in autumn %

类型	植物种类	优势度
叶景	银杏(*Ginkgo biloba*)	5. 4
	水杉(*Metasequoia glyptostroboides*)	2. 1
	三角槭(*Acer buergerianum*)	2. 6
	红枫(*Acer palmatum* 'Atropurpureum')	1. 6
	平基槭(*Acer truncatum*)	0. 8
	鹅掌楸(*Liriodendron chinense*)	1. 9
	南天竹(*Nandina domestica*)	1. 6
	柿树(*Diospyros kaki*)	2. 2
	枫香(*Liquidambar formosana*)	0. 5
果景	南天竹(*Nandina domestica*)	3. 6
	柿树(*Diospyros kaki*)	4. 1
	丝棉木(*Euonymus maackii*)	2. 1
	银杏(*Ginkgo biloba*)	2. 3
	乌桕(*Triadica sebifera*)	1. 3
	山楂(*Crataegus pinnatifida*)	1. 5

由表 3 可知,叶景优势度为 18.7%,果景优势度为 14.9%,叶景具有相对优势,但果景也是重要的秋季植物季相景观。秋季叶景优势度最高的植物是银杏,果景优势度最高的植物是柿树和南天竹,分别达到 4.1%、3.6%,即秋季银杏主要表征叶景,柿树和南天竹表征果景。

3.5 冬季植物季相景观风貌

3.5.1 季相特征

郑州凤山森林公园冬季植物季相景观特征主要表现为果景、叶景和枝景。表现果景的植物有火棘、金银忍冬、冬青等;表现叶景的植物有雪松、女贞、侧柏、白皮松、沙地柏、大叶黄杨等;表现枝景的植物有红瑞木、棣棠和金枝国槐等。该公园冬季开花植物较少,不能体现冬季植物季相景观风貌特征。

3.5.2 空间分布

结合实地调研和地图标记绘制出冬季植物季相景观分布图(图 5)。

冬季叶景呈集中分布,果景呈较为集中分布,枝景呈分散分布。叶景主要分布在山林游览区,果景集中分布于中部山林游览区,枝景较多分布在山林拓展区和亲子游乐区以西北部和南部区域。

3.5.3 优势植物

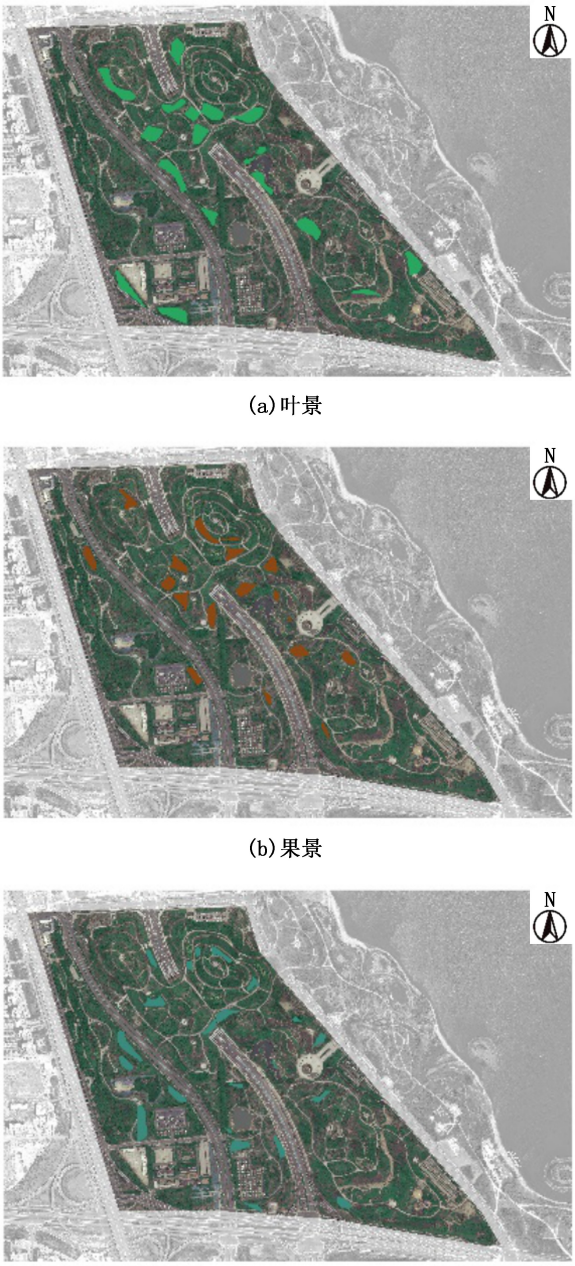
对冬季不同季相特征植物优势度进行计算(表 4)。

表 4　郑州凤山森林公园冬季季相景观植物构成优势度情况

Tab. 4　Dominance of seasonal landscape plants of Fengshan Forest Park in winter　%

类型	植物种类	优势度
果景	火棘(*Pyracantha fortuneana*)	2.5
	金银忍冬(*Lonicera maackii*)	1.6
	冬青(*Ilex chinensis*)	2.1
叶景	雪松(*Cedrus deodara*)	5.3
	白皮松(*Pinus bungeana*)	1.5
	女贞(*Ligustrum lucidum*)	0.8
	沙地柏(*Juniperus sabina*)	0.6
	侧柏(*Platycladus orientalis*)	0.4
	大叶黄杨(*Buxus megistophylla*)	0.8
枝景	红瑞木(*Cornus alba*)	1.4
	棣棠(*Kerria japonica*)	0.6
	金枝国槐(*Sophora japonica*)	1.3

由表 4 可知,果景优势度为 6.2%,叶景优势度为 9.4%,枝景优势度为 3.3%,叶景具有相对优势。冬季叶景优势度最高的植物种类是松柏科,其中雪松优势度最高为 5.3%,主要表征冬季叶景;火棘、冬青主要表征果景;红瑞木表征红枝景观,金枝国槐表征黄枝景观。



(a)叶景

(b)果景

(c)枝景

图 5　郑州凤山森林公园冬季各类植物景观季相风貌

Fig. 5　Seasonal features of various plant landscapes of Fengshan Forest Park in winter

4 结论与建议

4.1 结论

通过对郑州凤山森林公园季相景观植物进行实地调研和统计分析得出:(1)该公园植物种类丰富

多样,共计 109 种,其中以蔷薇科、豆科、槭树科为优势科。(2)春季季相特征主要表现为花景,其中刺槐主要表征白色花景,迎春主要表征黄色花景,碧桃主要表征红色花景,臭椿和垂柳表征叶芽景观。(3)夏季季相特征主要表现为花景和叶景,其中紫薇主要表征红色花景,七叶树主要表征白色花景,矢车菊主要表征紫色花景,银杏主要表征叶景景观。(4)秋季季相特征主要表现为叶景和果景,其中银杏主要表征叶景,柿树和南天竹表征果景。(5)冬季季相景观主要表现为果景、叶景和枝景,其中雪松主要表征冬季叶景,火棘、冬青主要表征果景,红瑞木表征红枝景观,金枝国槐表征黄枝景观。

4.2 建议

郑州凤山森林公园植物季相景观风貌类型丰富,不同季节至少有 2 种植物季相景观特征,但植物种类较为单一,多为本地乡土树种,且滨水植物类型较少。

4.2.1 增加植物种类,丰富季相景观特征

郑州市政府公布的《森林郑州生态建设规划(2020—2035 年)》[15]指出平原地区植物种类单一,森林质量不高,到 2035 年郑州市森林覆盖率达 36%以上。因此可适当增加植物种类,如针叶树种辽宁冷杉、北美圆柏,落叶灌木“宝石”北美海棠、“红薇”紫薇,藤本植物如木香、花叶长春蔓等丰富季相特征,达到吸引人流的目的。

4.2.2 加大花卉种植形式

在入口处可选用色彩鲜艳的花卉,如日光菊、松果菊、月见草等布置规则或整形式花坛;在道路转角和空旷草地可布置单面观赏花境;在坡地和高差变化丰富的地方栽植花田,形成集中式的季相景观。

4.2.3 处理好滨水空间与植物的关系

通过调研发现,滨水空间最能吸引人流聚集,因此应增加游人的亲水性和丰富水生植物种植设计,靠近水岸区域应栽植挺水植物弱化岸线,水中可以栽植水生和漂浮植物增加水面变化效果以增加景深。

参考文献:

[1] 金超. 广州帽峰山森林公园植物景观的季相配置分析研究[D]. 广州:华南理工大学,2013.

[2] 刘星彤,曹福存,王曼琦. 生态文明理念下城市森林公园规划设计研究[J]. 现代园艺,2021,44(15):132-133.

[3] 蓝素素. 森林康养视角下的城市型森林公园规划设计[D]. 北京:北京林业大学,2021.

[4] 刘仁杰. 基于生态系统服务的城市森林公园规划设计研究[D]. 北京:北京林业大学,2019.

[5] 耿藤瑜,傅红,曾雅婕,等. 森林康养游憩者场所感知与健康效益评估关系研究——以成都龙泉山城市森林公园为例[J]. 林业经济,2021,43(3):21-36.

[6] 邹锐. 康复性景观在成都市龙泉山城市森林公园的应用研究[D]. 成都:四川师范大学,2020.

[7] 刘昱含. 基于森林康养理念的城市森林公园设计探索[D]. 北京:北京林业大学,2019.

[8] 李祥. 基于使用后评价(POE)指导下的北京市海淀区东升八家城市森林公园规划与设计[D]. 北京:北京林业大学,2021.

[9] 尹照迪,翟辉. 城市森林公园使用后评价(POE)研究——以云南省保山市太保公园为例[J]. 城市建筑,2021,18(2):164-167.

[10] 侯晓云,黎燕琼,郑绍伟. 龙泉山城市森林公园典型植物群落特征与气候效应研究[J]. 西北林学院学报,2021,36(6):274-280.

[11] 朱春阳,陈奕汝,郭慧娟,等. 城市森林公园植物群落与空气负离子空间分布的关系——以武汉马鞍山森林公园为例[J]. 中国园林,2021,37(5):109-114.

[12] 冯青梅,黄宾芯,化晨肖,等. 郑州市森林公园植物多样性与景观研究[J]. 林业调查规划,2022,47(1):62-66.

[13] 王涵,王成,张昶. 通州运河森林公园植物景观季相风貌研究[J]. 中国园林,2020,36(1):128-133.

[14] 康帅. 城市森林公园植物景观季相分析——以北京市大兴狼垡城市森林公园为例[J]. 建筑与文化,2021(9):104-106.

[15] 郑州市林业局. 郑州市人民政府关于印发森林郑州生态建设规划(2020—2035 年)的通知[EB/OL]. (2020-09-01). https://public.zhengzhou.gov.cn/interpretdepart/3880534.jhtml.

责任编辑:陈旭

doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2023. 06. 033

北京动物园植物应用调查与分析

李艳辉,崔雅芳,郭金辉,张雨辰,牟宁宁
(北京动物园管理处,北京 100044)

摘要:以北京动物园的植物为调查对象,采用全面踏查和样方法相结合的方法,调查和分析植物多样性。结果表明,北京动物园共有植物 218 种,隶属 68 科、159 属,优势科有蔷薇科、禾本科、豆科、木犀科等 8 科。乔灌草的比例为 1. 08∶1. 00∶0. 79,常绿植物与落叶植物的比例为 1∶4. 3,乡土植物与外来植物的构成比例接近于 1∶1。北京动物园植物群落多样性的各项指标均处于较高水平。Simpson 指数为 0. 642~0. 951,Shannon-Wiener 多样性指数为 0. 774~1. 525,Pielou 均匀度指数为 0.420~0.797。植物群落中低频度物种数量明显多于高频度物种数量。物种多样性的变化趋势与物种丰富度指数、Pielou 均匀度指数的变化趋势基本一致。植物多样性的变化受人工种植所形成优势种的影响与干扰。

关键词:北京动物园;植物种类;植物多样性

中图分类号:TU986. 34;P962 **文献标识码**:A **文章编号**:1671-3168(2023)06-0201-06

引文格式:李艳辉,崔雅芳,郭金辉,等. 北京动物园植物应用调查与分析[J]. 林业调查规划,2023,48(6):201-206. doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2023. 06. 033

LI Yanhui, CUI Yafang, GUO Jinhui, et al. Investigation and Analysis of Plant Application in Beijing Zoo[J]. Forest Inventory and Planning,2023,48(6):201-206. doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2023. 06. 033

Investigation and Analysis of Plant Application in Beijing Zoo

LI Yanhui, CUI Yafang, GUO Jinhui, ZHANG Yuchen, MU Ningning
(Beijing Zoo, Beijing 100044, China)

Abstract: The plant diversity of Beijing Zoo was investigated by means of comprehensive survey and sampling method. The results showed that there were 218 plant species in Beijing Zoo, belonging to 159 genera and 68 families, with 8 dominant families, including Rosaceae, Gramineae, Leguminosae and Oleaceae. The ratio of arbor, shrub and herb was 1. 08∶1. 00∶0. 79, the ratio of evergreen plants to deciduous plants was 1∶4. 3, and the ratio of native plants to exotic plants was close to 1∶1. The various indicators of plant community diversity in Beijing Zoo were at a high level. Simpson diversity index was 0. 642-0. 951, Shannon-Wiener diversity index was 0. 774-1. 525, Pielou evenness index was 0. 420-0. 797. There were more low-frequency species than high-frequency species in the community. The variation trend of α diversity was consistent with that of species richness index and evenness index. The change of plant diversity was influenced and disturbed by the dominant species induced by artificial cultivation.

Key words: Beijing Zoo; plant species; plant diversity

收稿日期:2022-04-21.

第一作者:李艳辉(1982-),女,河北邯郸人,硕士,高级工程师. 现从事园林绿化工作. Email:liyanhui818@126. com

责任作者:牟宁宁(1980-),女,山东滨州人,硕士,高级工程师. 现从事园林景观管理工作.

动物园是城市经济、文化、科技、社会发展以及现代化水平的重要标志之一[1]。植物作为动物园的重要组成部分,其种类的多样性是园区景观多样、群落稳定、生态功能发挥的基础[2-5]。北京动物园是城市动物园,是集娱乐、教育、科研与自然保护为一体的综合性场所,分析植物种类的多样性是研究和评估其生态系统的重要手段。目前,针对城市动物园植物多样性的研究尚属起步阶段[6-7],为此,通过对北京动物园内植物群落构成特征、丰富度、多样性、均匀度、频度等进行系统而深入的研究分析,以期为动物园植物景观的提升、植物群落的保护和生态系统的评价提供参考。

1 研究区概况

北京雄踞华北大平原北端,地理坐标为 115.7°~117.4°E,39.4°~41.6°N,总面积 16 800 km^2,地处中国第二、三阶梯的过渡地带,属于暖温带半湿润大陆性季风气候,年均温在 8~12℃,年均降水量约 600 mm。地带性植被类型为暖温带落叶阔叶林。北京动物园始建于 1906 年,占地面积 86 hm^2,园内展出动物种类约 450 种,大约 5 000 只,是中国最大的动物园之一,也是一所世界知名的动物园。

2 调查和统计方法

调查范围为整个动物园公共绿地,约 31.13 hm^2。乔灌木植物种类调查采用植物普查法。乔木调查的内容包括种名、生活型、株高、冠幅、胸径。灌木调查的内容包括种名、生活型、株高、冠幅。草坪地被植物种类的调查方法为样方法,调查内容包括种名、生活型、病虫害发生情况及其面积。频度调查采用样方法,样方内每木记录。植物科属种分类、鉴定以及生态类型、外来树种、乡土树种的确定以《园林树木学》[8]《北京植物志》[9]《北京乡土植物》[10]为依据进行确定。

植物丰富度指一定样地中的物种数;植物多样性分析采用辛普森多样性和香农—维纳多样性指数,植物均匀度分析采用 Pielou 植物均匀度指数。频度指某个物种在调查范围内出现的频率。

物种丰富度指数(N)计算公式为:

$$N=S \tag{1}$$

式中:S 表示物种数。

Simpson 指数(D)计算公式为:

$$D = 1 - \sum_{i=1}^{s} P_i^2 \tag{2}$$

$$P_i = \frac{N_i}{N} \tag{3}$$

式中:N_i 为第 i 种物种个体数,$i=1,2,3,\cdots,s$;N 为个体总数。

Shannon-Wiener 多样性指数(H)计算公式为:

$$H = -\sum_{i=1}^{s} (P_i \times \ln P_i) \tag{4}$$

式中:N_i 为第 i 种物种个体数,$i=1,2,3,\cdots,s$;N 为个体总数。

Pielou 均匀度指数(J)计算公式为:

$$J = H/\ln(S) \tag{5}$$

物种频度(F)计算公式为:

$$F = n/N \times 100\% \tag{6}$$

式中:n 表示某物种出现的样方数;N 表示样方总数。

3 结果与分析

3.1 北京动物园绿地概况

北京动物园位于北京市人口密集的城市中心区,地理坐标为 39°56′22″N,116°20′05″E,海拔 46 m,公共绿地面积约 31.13 hm^2,占公园总面积的 36.19%,园区内有乔木约 8 000 株,灌木约 10 000 株,林下植被可分为天然地被植物和人工培育的地被植物。

3.2 植物种类组成

北京动物园植物种类情况如表 1 所示。

北京动物园调查样方中共测得植物 218 种(含变种),隶属 68 科、159 属。对园区植物的科、属、种组成结构进行分析,最大科是蔷薇科,包含 17 属、32 种植物,占物种总数的 14.68%,大多是小乔木或灌木,是北方地区春季观花树种的优势科。其次为禾本科(11 属、13 种)、豆科(10 属、11 种)、木犀科(7 属、10 种)、菊科(8 属、8 种)、虎耳草科(7 属、7 种)、松科(3 属、7 种)、杨柳科(2 属、7 种)。以上 8 个科共包含 65 属、95 种,分别占科、属、种总数的 11.76%、40.88%、43.58%。所包含的种数接近于园区植物总种数的 50%,不但包括园区大部分植物种类,而且也包括园区一些重要的属,如蔷薇属、桃属、苹果属、杨属是园区最大的 5 个属,杨属、柳属、松属、刚竹属等是园区植被中重要组成部分,体现了 8 个科在园区的重要位置,其所包含的种多为建群种或优势种。

表 1　北京动物园植物科、属、种统计

Tab. 1　List of plant species, genera and families in Beijing Zoo

科名	属名	种数/种
百合科 Liliaceae	芒属 *Miscanthus*	1
	山麦冬属 *Liriope*	1
	萱草属 *Hemerocallis*	1
	沿阶草属 *Ophiopogon*	1
	玉簪属 *Hosta*	1
柏科 Cupressaceae	侧柏属 *Platycladus*	1
	刺柏属 *Juniperus*	4
车前科 Plantaginaceae	车前属 *Plantago*	2
柽柳科 Tamaricaceae	柽柳属 *Tamarix*	1
唇形科 Labiatae	活血丹属 *Glechoma*	1
	莸属 *Caryopteris*	1
	紫珠属 *Callicarpa*	1
大戟科 Euphorbiaceae	雀舌木属 *Leptopus*	1
豆科 Fabaceae	车轴草属 *Trifolium*	1
	刺槐属 *Robinia*	1
	胡枝子属 *Lespedeza*	1
	槐属 *Styphnolobium*	2
	锦鸡儿属 *Caragana*	1
	苜蓿属 *Medicago*	1
	皂荚属 *Gleditsia*	1
	紫荆属 *Cercis*	1
	紫穗槐属 *Amorpha*	1
	紫藤属 *Wisteria*	1
杜仲科 Eucommiaceae	杜仲属 *Eucommia*	1
椴树科 Tiliaceae	椴树属 *Tilia*	2
海桐科 Pittosporaceae	海桐花属 *Pittosporum*	1
禾本科 Gramineae	刚竹属 *Phyllostachys*	3
	黑麦草属 *Lolium*	1
	结缕草属 *Zoysia*	1
	狼尾草属 *Pennisetum*	1
	芦苇属 *Phragmites*	1
	马唐属 *Digitaria*	1
	蒲苇属 *Cortaderia*	1
	箬竹属 *Indocalamus*	1
	穇属 *Eleusine*	1
	羊茅属 *Festuca*	1
	早熟禾属 *Poa*	1
胡桃科 Juglandaceae	茶杆竹属 *Pseudosasa*	1
	枫杨属 *Pterocarya*	1
	胡桃属 *Juglans*	1
虎耳草科 Saxifragaceae	茶藨子属 *Ribes*	1
	虎耳草属 *Saxifraga*	1
	山梅花属 *Philadelphus*	1
	溲疏属 *Deutzia*	1
	绣球属 *Hydrangea*	1
	野牛草属 *Buchloe*	1
桦木科 Betulaceae	桦木属 *Betula*	1
黄杨科 Buxaceae	黄杨属 *Buxus*	4
堇菜科 Violaceae	堇菜属 *Viola*	2
锦葵科 Malvaceae	椴树属 *Tilia*	1
	木槿属 *Hibiscus*	1
景天科 Crassulaceae	八宝属 *Hylotelephium*	1
菊科 Asteraceae	大丽花属 *Dahlia*	1
	鬼针草属 *Bidens*	1
	蓟属 *Cirsium*	1
	苦荬菜属 *Ixeris*	1
	菊属 *Chrysanthemum*	1
	蒲公英属 *Taraxacum*	1
	苍耳属 *Xanthium*	1
	旋覆花属 *Inula*	1
壳斗科 Fagaceae	栗属 *Castanea*	1
苦木科 Simaroubaceae	臭椿属 *Ailanthus*	2
蜡梅科 Calycanthaceae	蜡梅属 *Chimonanthus*	1
蓝果树科 Nyssaceae	珙桐属 *Davidia*	1
藜科 Chenopodiaceae	藜属 *Chenopodium*	1
楝科 Meliaceae	香椿属 *Toona*	1
蓼科 Polygonaceae	蓼属 *Polygonum*	1
马鞭草科 Verbenaceae	大青属 *Clerodendrum*	1
	牡荆属 *Vitex*	1
马齿苋科 Portulacaceae	马齿苋属 *Portulaca*	1
马钱科 Loganiaceae	醉鱼草属 *Buddleja*	1
毛茛科 Ranunculaceae	芍药属 *Paeonia*	2
美人蕉科 Cannaceae	美人蕉属 *Canna*	1
木兰科 Magnoliaceae	鹅掌楸属 *Liriodendron*	1
	木兰属 *Magnolia*	3
木犀科 Oleaceae	梣属 *Fraxinus*	1
	丁香属 *Syringa*	2
	连翘属 *Forsythia*	1
	流苏树属 *Chionanthus*	1
	女贞属 *Chionanthus*	3
	素馨属 *Jasminum*	1
	雪柳属 *Fontanesia*	1
葡萄科 Vitaceae	地锦属 *Parthenocissus*	2
	葡萄属 *Vitis*	1
七叶树科 Hippocastanaceae	七叶树属 *Aesculus*	1
漆树科 Anacardiaceae	黄栌属 *Cotinus*	1
	盐麸木属 *Rhus*	1

续表 1

续表1

科名	属名	种数/种
槭树科 Aceraceae	槭属 *Acer*	4
千屈菜科 Lythraceae	千屈菜属 *Lythrum*	1
	石榴属 *Punica*	1
	紫薇属 *Lagerstroemia*	1
蔷薇科 Rosaceae	白鹃梅属 *Exochorda*	1
	棣棠花属 *Kerria*	1
	花楸属 *Sorbus*	1
	梨属 *Pyrus*	1
	李属 *Prunus*	4
	木瓜属 *Chaenomeles*	1
	苹果属 *Malus*	4
	蔷薇属 *Rosa*	5
	山楂属 *Crataegus*	1
	蛇莓属 *Duchesnea*	1
	桃属 *Amygdalus*	4
	委陵菜属 *Potentilla*	1
	杏属 *Armeniaca*	1
	绣线菊属 *Spiraea*	2
	栒子属 *Cotoneaster*	2
	樱属 *Cerasus*	1
	珍珠梅属 *Sorbaria*	1
忍冬科 Caprifoliaceae	锦带花属 *Weigela*	1
	六道木属 *Abelia*	1
	毛核木属 *Symphoricarpos*	1
	忍冬属 *Lonicera*	2
	蝟实属 *Kolkwitzia*	1
	荚蒾属 *Viburnum*	1
	接骨木属 *Sambucus*	1
三尖杉科 Cephalotaxaceae	三尖杉属 *Cephalotaxus*	1
桑科 Moraceae	橙桑属 *Maclura*	1
	构属 *Broussonetia*	1
	榕属 *Ficus*	1
	桑属 *Morus*	2
莎草科 Cyperaceae	薹草属 *Carex*	1
山茱萸科 Cornaceae	山茱萸属 *Cornus*	2
杉科 Taxodiaceae	水杉属 *Metasequoia*	1
十字花科 Cruciferae	荠菜属 *Capsella*	1
柿科 Ebenaceae	柿属 *Diospyros*	2
鼠李科 Rhamnaceae	鼠李属 *Rhamnus*	1
	枣属 *Ziziphus*	1
松科 Pinaceae	松属 *Pinus*	3
	雪松属 *Cedrus*	1
	云杉属 *Picea*	3
天南星科 Araceae	菖蒲属 *Acorus*	1

续表1

科名	属名	种数/种
卫矛科 Celastraceae	卫矛属 *Euonymus*	4
无患子科 Sapindaceae	栾树属 *Koelreuteria*	1
	文冠果属 *Xanthoceras*	1
梧桐科 Sterculiaceae	梧桐属 *Firmiana*	1
五加科 Araliaceae	常春藤属 *Hedera*	1
苋科 Amaranthaceae	苋属 *Amaranthus*	1
香蒲科 Typhaceae	香蒲属 *Typha*	2
小檗科 Berberidaceae	南天竹属 *Nandina*	1
	小檗属 *Berberis*	1
玄参科 Scrophulariaceae	泡桐属 *Paulownia*	2
悬铃木科 Platanaceae	悬铃木属 *Platanus*	2
旋花科 Convolvulaceae	打碗花属 *Calystegia*	1
	牵牛属 *Ipomoea*	2
	菟丝子属 *Cuscuta*	1
	小牵牛属 *Jacquemontia*	1
	旋花属 *Convolvulus*	1
杨柳科 Salicaceae	柳属 *Salix*	3
	杨属 *Populus*	4
银杏科 Ginkgoaceae	银杏属 *Ginkgo*	1
榆科 Ulmaceae	朴属 *Celtis*	1
	榆属 *Ulmus*	1
鸢尾科 Iridaceae	鸢尾属 *Iris*	2
芸香科 Rutaceae	花椒属 *Zanthoxylum*	1
紫葳科 Bignoniaceae	角蒿属 *Incarvillea*	1
	凌霄属 *Campsis*	1
	梓属 *Catalpa*	1
酢浆草科 Oxalidaceae	酢浆草属 *Oxalis*	1
紫草科 Boraginaceae	附地菜属 *Trigonotis*	1

3.3 植物群落结构分析

北京动物园植物群落结构构成见表2。

表2 北京动物园植物群落结构组成

Tab. 2 Composition of plant community species in Beijing Zoo 个

生活型	科	属	种	常绿植物	落叶植物	乡土植物	外来植物
乔木	32	55	82	12	70	40	42
灌木	34	66	76	18	58	22	54
草本	24	53	60	2	58	42	18

乔木32科、55属、82种,灌木34科、66属、76种,草本植物24科、53属、60种。从植物种的水平

分析,乔灌草的比例为 1.08∶1.00∶0.79。木本植物的种类明显多于草本植物,比例为 2.63∶1.00。大型乔木的数量庞大,胸径 38 cm 以上的乔木超 500 株,胸径 26 cm 以上的乔木有千余株,凸显出北京动物园百年老园的特色。

常绿植物有 32 种,落叶植物有 186 种,其中常绿乔木 12 种,落叶乔木 70 种;常绿灌木 18 种,落叶灌木 58 种;草本植物除麦冬(*Ophiopogon japonicus*)、沿阶草(*Ophiopogon bodinieri*)等少数种类外,以落叶植物为主。木本植物中,从种类组成方面看,常绿树种与落叶树种的比例为 1.0∶4.3,其中常绿乔木与落叶乔木的比例为 1.0∶5.8;常绿灌木与落叶灌木的比例为 1.0∶3.2。无论是乔木还是灌木植物的应用,落叶树种的应用明显高于常绿树种。由此可以看出,北京动物园常绿树种种类单一,常绿树种与落叶树种的比例偏低。合理种植常绿树种,对丰富园区四季景观、凸显植物多样性意义重大。

乡土植物有 104 种,分属 46 科、90 属,其中乡土植物与外来植物的比例在乔木层中为 1∶1,在灌木层中为 1∶2.5,在草本层中为 2.3∶1.0。由此可以看出,灌木群落中乡土植物的比例偏低,草本层中乡土植物占优势。总的来看北京动物园乡土植物与外来植物的构成比例接近于 1∶1。根据国家标准《城市园林绿化评价标准》[11],城市园林绿化建设中乡土植物应占 70%以上,北京动物园乡土植物利用率还有待提高。

3.4 频度分析

北京动物园园林植物物种频度分布如图 1 所示。

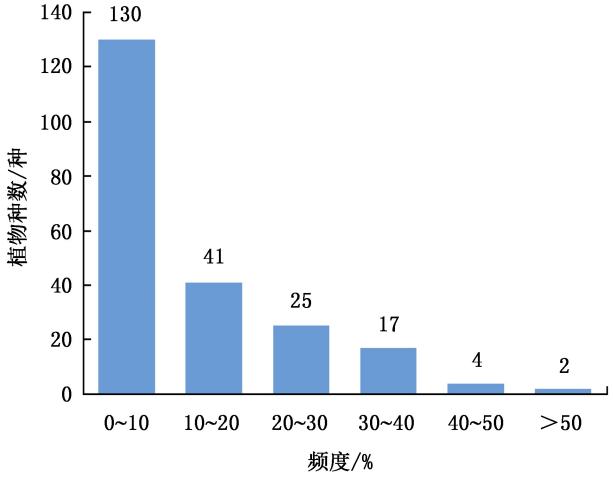


图 1　北京动物园植物物种频度分布

Fig. 1　Application frequency distribution of plant species in Beijing Zoo

北京动物园园林植物中物种频度在 50%以上的有 2 种,为蛇莓(*Duchesnea indica*)和紫花地丁(*Viola philippica*)。蛇莓的分布最为广泛,物种频度最高,达 57%,紫花地丁物种频度为 51%。物种频度在 40%~50%之间的植物有 6 种,分别是圆柏(*Juniperus chinensis*)、连翘(*Forsythia suspensa*)、油松(*Pinus tabuliformis*)和冬青卫矛(*Euonymus japonicus*)。物种频度在 30%~40%之间的植物有 17 种,北京人喜欢栽种的杨属、槐属、柳属、桃属,以及紫丁香(*Syringa oblata*)、白蜡(*Fraxinus chinensis*)、黄杨(*Buxus sinica*)、早园竹(*Phyllostachys propinqua*)等园区的建群树种均出现在此频度。物种频度在 20%~30%之间的植物有 25 种,主要有西府海棠(*Malus* × *micromalus*)、月季(*Rosa chinensis*)、栾树(*Koelreuteria paniculata*)、冬青卫矛(*Euonymus japonicus*)、构树(*Broussonetia papyrifera*)、黄刺玫(*Rosa xanthina*)、车前(*Plantago asiatica*)、早熟禾(*Poa annua*)、麦冬等。物种频度在 10%~20%之间的植物有 39 种,主要有银杏(*Ginkgo biloba*)、山桃(*Amygdalus davidiana*)、玉兰(*Yulania denudata*)、七叶树(*Aesculus chinensis*)、侧柏(*Platycladus orientalis*)、紫叶李(*Prunus cerasifera* f. *atropurpurea*)等。物种频度<10%的植物有 130 种,占植物种总数的 59.36%。由此可以看出,园区 50%以上的植物物种频度小于 10%,植物群落中低物种频度种数明显多于高频度种数。

3.5 植物群落多样性分析

植物生活型的层次是表征群落外貌特征和垂直结构的重要指标[12]。本研究选择乔木层、灌木层和草本层 3 个最主要的类型作为对象,分析其多样性变化规律。植物多样性是衡量公园植物生态水平的重要标准,物种多样性越丰富,该植物群落的生态系统越趋于稳定。北京动物园植物群落多样性分析结果见表 3。

表 3　北京动物园植物群落多样性指数

Tab. 3　Plant community diversity index in Beijing Zoo

类型	物种丰富度指数	Simpson 指数	Shannon-Wiener 多样性指数	Pielou 均匀度指数
乔木层	82	0.951	1.525	0.797
灌木层	66	0.911	1.269	0.697
草本层	59	0.642	0.774	0.420

由表 3 可知,物种丰富度指数、Shannon-Wiener 多样性指数和 Pielou 均匀度指数的变化趋势基本一

致。物种丰富度大小依次为乔木层 > 灌木层 > 草本层。草本层大多为人工种植的草坪,种类单一,且很多野生、自生地被植物被作为杂草拔除,导致物种丰富度指数较低,因此,群落总丰富度主要受草本层丰富度的影响。乔木层和灌木层的 Shannon - Wiener 多样性指数明显高于草本层,且 Simpson 指数非常接近。草本层种群分布集中,从普遍存在到极为罕见有很大的变化,优势种的个体数量明显多于一般种,因此植物群落 Pielou 均匀度指数较低。

4 结 论

北京地处中国第二、三阶梯的过渡地带,属暖温带半湿润大陆性季风气候,其园林植物丰富,涵盖了从落叶到常绿、温带到亚热带的植物种类。城市园林中乔灌比例应保持在 1∶3~1∶6,北京动物园作为专类园,比值有所变动,但乔灌比接近于 1∶1,也可以看出园区灌木树种明显缺失,尤其是常绿灌木,无论是种类构成还是数量构成比例均偏低。常绿乔木种类构成也较单一,但数量优势弥补了这一不足。

北京动物园作为城市动物园,大部分植物为栽培种,自生、野生植物的拔除降低了园区植物的物种丰富度,人工种植形成的优势种干扰了植物多样性。此次调查只针对园区公共绿地,不包含动物运动场。运动场大量的自生植物,尤其是丰富的乡土地被植物,既可大幅提升动物园植物的丰富度和多样性,又可增加乡土地被的利用率。近年来,在政策的引导下北京动物园也有部分乡土植物得以保存利用,发挥其功能效益,如蛇莓、紫花地丁、车前等。但目前乡土植物尤其是草本层植物缺乏系统的分级分类应用管理体系,开发利用、引种种植方面也缺乏指导性原则,导致日常养护管理不能分类施策,实施差别化管理。

根据本园园林植物种类多样性的实际调查情况,应适当增加绿地中园林植物的种类,除优势种外,不断引进新优植物材料,群落生物多样性决定群落稳定性[13],丰富的植物多样性才能形成观赏价值较高且功能丰富的园林景观;注意丰富园区植物季相景观,北京地区四季分明,其植物景观具有明显的季节性特征[14],植物造景手法应结合四时季相,适当配植夏秋季节观花、观果植物和冬季观枝、观干植物,做到四季有景,避免单调乏新;合理保护和利用乡土植物,特别是优势种或建群种,适度选择一些出现频度高、分布广泛、观赏价值高、适应性强、造价低廉、管理粗放的乡土植物,以提高群落的抵抗力和自我平衡能力,形成稳定、持续的高质量植物群落景观。

参考文献:

[1] 鸣长茵,李冰. 生命、自然与可持续发展——浅谈大连森林动物园规划设计原理[J]. 规划师,2000(1):40-41.

[2] 雷金睿,辛欣,宋希强,等. 基于 AHP 的海口市公园绿地植物群落景观评价与结构分析[J]. 西北林学院学报,2016,31(3):262-268.

[3] 栗燕,王鹏飞,杨秋生,等. 郑州市公园绿地木本植物多样性研究[C]//2008 年(第十届)中国科协年会论文集. 北京:中国科学技术协会,2008:553-559.

[4] 欧阳子珞,吉文丽,杨梅. 西安城市绿地植物多样性分析[J]. 西北林学院学报,2015,30(2):257-261,292.

[5] 杨瑞卿,王千千,徐德兰. 徐州潘安湖湿地公园植物多样性调查与分析[J]. 西北林学院学报,2018,33(3):285-289.

[6] 缴丽莉,贺磊,路斌,等. 石家庄动物园植物多样性研究[J]. 河北林果研究,2016,31(1):83-87.

[7] 宋利培,牟宁宁,崔雅芳,等. 北京动物园植物多样性调查分析[C]//2016 年度北京动物园科技大会暨圈养野生动物技术北京市重点实验室工作研讨会论文集. 北京:中国农业出版社,2016:415-418.

[8] 陈有民. 园林树木学[M]. 修订版. 北京:中国林业出版社,2006:201-720.

[9] 贺士元,刑其华,尹祖棠,等. 北京植物志[M]. 北京:科学出版社,1992.

[10] 熊佑清,李春玲. 北京乡土植物[M]. 北京:中国林业出版社,2015.

[11] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 城市园林绿化评价标准:GB/T 50563—2010[S]. 北京:中国建筑工业出版社,2010:21.

[12] 马克平,黄建辉,于顺利,等. 北京东灵山地区植物群落多样性的研究Ⅱ丰富度、均匀度和物种多样性指数[J]. 生态学报,1995,15(3):268-277.

[13] 赵黎芳. 北京园林绿地生物多样性现状和发展对策[C]//中国观赏园艺研究进展(2004)全国观赏植物多样性及其应用研讨会论文集. 北京:中国林业出版社,2004:444-449.

[14] 邢小艺,郝培尧,李冠衡,等. 北京植物物候的季节动态特征——以北京植物园为例[J]. 植物生态学报,2018,42(9):906-916.

责任编辑:陈旭

doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2023. 06. 034

基于改进型两步移动搜索法的广州市南沙区公园绿地可达性及公平性分析

韩珊珊,柳翠明,桂大伟,陈可蕴,丁 叶
(广州市城市规划勘测设计研究院,广东省城市感知与监测预警企业重点实验室,广东 广州 510060)

摘要:公园绿地是城市建成环境和综合生态系统的重要组成部分,研究公园绿地的空间分布和分配均等化水平对公园布局规划工作具有重要的指导意义。以广州市南沙区为例,利用融合了多种出行模式、多级时间阈值及高斯函数的改进型两步移动搜索法,分析南沙区各类型公园绿地可达性空间格局,并在全区综合可达性结果的基础上进行空间自相关分析和公园绿地资源分配公平性探究。结果表明,南沙区不同规模公园的可达性具有差异化的空间格局,其中生态公园和城市公园的整体可达性值高且高值区域存在空间集聚现象,而社区公园和游园因服务范围较小使得整体可达性值较低且空间差异较大;南沙区所有类型公园的综合可达性存在“西北部低、东南部高”的分布格局,空间集聚特征显著;在基于基尼系数的公园绿地公平性测度中,有 4 个街镇达到高度平均分配水平,3 个街镇达到分配相对平均水平,东涌镇基尼系数值最高,但其分配也属于相对合理水平。

关键词:公园绿地;改进型两步移动搜索法;基尼系数;可达性;公平性

中图分类号:S731. 2;G246;F224. 5 **文献标识码**:A **文章编号**:1671-3168(2023)06-0207-08

引文格式:韩珊珊,柳翠明,桂大伟,等. 基于改进型两步移动搜索法的广州市南沙区公园绿地可达性及公平性分析[J]. 林业调查规划,2023,48(6):207-214,219. doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2023. 06. 034

HAN Shanshan, LIU Cuiming, GUI Dawei, et al. Accessibility and Equity of Park Green Space in Nansha District of Guangzhou City Based on Improved Two-step Floating Catchment Area Method[J]. Forest Inventory and Planning, 2023, 48(6):207-214,219. doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2023. 06. 034

Accessibility and Equity of Park Green Space in Nansha District of Guangzhou City Based on Improved Two-step Floating Catchment Area Method

HAN Shanshan, LIU Cuiming, GUI Dawei, CHEN Keyun, DING Ye
(Guangzhou Urban Planning & Design Survey Research Institute, Guangdong Enterprise Key Laboratory for Urban Sensing, Monitoring and Early Warning, Guangzhou 510060, China)

Abstract: Park green space is an important part of the urban built environment and integrated ecosystem. Studying the spatial distribution and equalization level of park green space plays an important guiding role in park layout planning. Taking Nansha District of Guangzhou City as an example, this paper used an im-

收稿日期:2022-04-28.
基金项目:广东省城市感知与监测预警企业重点实验室基金项目(2020B121202019);广州市城市规划勘测设计研究院科技基金项目(RDI2210201071).
第一作者:韩珊珊(1991-),女,广东东莞人,博士,工程师. 研究方向为地理数据挖掘、大数据可视化.
责任作者:桂大伟(1992-),男,湖北襄阳人,博士,工程师. 研究方向为遥感应用.

proved two-step floating catchment area method that integrated various travel modes, multi-level time thresholds and Gaussian functions to analyze the spatial pattern of accessibility of various types of park green space in Nansha District. Based on the comprehensive accessibility results, analysis of spatial autocorrelation and exploration of the equity of park green space resource allocation were carried out. The results showed that the accessibility of parks of different scales in Nansha District had a differentiated spatial pattern, among which, ecological parks and urban parks had high overall accessibility values and high-value areas had spatial agglomeration, while community parks and pocket parks had smaller service ranges, which made the overall accessibility values were low and spatial variance was high; the comprehensive accessibility of all types of parks in Nansha District had a distribution pattern of "low in the northwest and high in the southeast", with significant spatial agglomeration characteristics; in the equity measurement of park green space based on Gini coefficient, four streets (towns) reached highly evenly distributed levels, and three streets (towns) reached relatively evenly distributed levels, and Dongchong Town had the highest Gini coefficient value, but its distribution was also at a relatively reasonable level.

Key words: park green space; improved two-step floating catchment area method; Gini coefficient; accessibility; equity

公园绿地是城市建成环境及综合生态系统的重要组成部分,在塑造城市风貌、建设生态文明、增强人民幸福感等方面发挥着不可或缺的作用[1-2]。传统的人均绿地面积、绿化率等统计指标主要从宏观层面上对城市绿地现状展开评价[3],已难以满足城市精细化管理需求,特别是在国家日益强调公共服务均等化、民生福祉、社会公平等问题的背景下,公园绿地作为城市公共服务设施之一,其空间布局的合理性、空间分配的公平性问题也逐渐成为城市研究热点。为此,越来越多的学者利用可达性和公平性等指标进行细粒度的城市公园绿地服务能力和空间布局评价研究[4]。

"公平性"在不同学科领域内的定义各有侧重点,而在城市地理学中,公平性侧重于描述各类资源的分配公平程度[5]。对于公园绿地的分配公平性研究,主要分为以下几种:在宏观层面上探讨国家政策、城镇化水平等因素对绿地空间格局影响[6],在中观层面上对绿地供需配置情况、绿地可达性等研究[7-8],以及微观层面上个体收入及需求等差异与绿地资源分配的匹配情况等[9-10]。由于宏观层面的研究不便于规划者在实际规划时明确公平性指标和分析选址情况,而微观层面的研究数据存在个体数据不易获取、具有一定主观性或偏差等问题,因此在中观层面对公园绿地的研究更占多数,且随着可达性概念的引入,基于可达性测度的公共设施公平性评价成为应用最为广泛的方法之一[11]。

可达性(accessibility)是指人们克服时间、距离等阻力,到达服务设施的愿望或能力的定量表达[12]。研究可达性的方法主要包括缓冲区分析法[13]、最小邻近距离法[14]、引力模型法[15-16]、两步移动搜索法(two-step floating catchment area method, 2SFCA)[17-18]等。其中,缓冲区分析法及最小邻近距离法假定居民只会选择最邻近的绿地,而不考虑公园等级、供给能力等因素所带来的吸引力差异,不符合实际;引力模型法相对于前两类方法虽然更为全面地考虑了居民多选的可能性,但没考虑到绿地与人口的供需关系,且其参数定义存在一定的主观性,评价结果不易于解释[19];两步移动搜索法则克服上述方法存在的劣势,充分考虑了供给和需求关系,被广泛应用于公共服务设施的可达性评价中。最初的两步移动搜索法使用截断式距离阈值确定供需双方的搜索半径,而不考虑空间距离衰减规律[20],因此有研究通过在模型中加入距离衰减函数以模拟距离衰减趋势[21-22],其中加入高斯函数进行改进的两步移动搜索法是常被应用的形式[9,23]。其次,供需双方的距离一般通过计算直线距离或建立路网模型得到,前者计算简单但误差较大,而后者路网拓扑分析及检验等工作需耗费大量时间和人力成本,且难以对复杂路况进行精细模拟[19]。此外,一般的两步移动搜索法为不同规模等级的供给点设置了相同的搜索阈值及单一的出行模式,但在现实中,人们愿意为规模大、级别高的公园付出更高的出行成本,且出行模式的选择也更多样。要得到更贴合实际的可达性分析结果,对一般的两步移动搜索法的改进和优化工作仍然很有必要。

基于上述研究背景,以广州市南沙区作为研究

区域,根据公园的类型和规模设置多级时间阈值,同时利用高德地图的路径规划 API(application programming interface)来获取包括步行、骑行、公共交通和驾车在内的多种出行模式的 O-D 矩阵(origin-destination),纳入和改进高斯型两步移动搜索法,以评价南沙区不同类型的公园绿地可达性;并基于南沙区综合公园绿地可达性结果,分别进行空间自相关分析评价可达性集聚情况和全区及各街镇的公园绿地公平性评价。

1 研究数据与方法

1.1 研究区域及数据

南沙区位于广州市最南端,具有国家新区、中国(广东)自由贸易试验区、粤港澳全面合作示范区及广州城市副中心的“三区一中心”的发展定位。南沙区全区面积为 803 km^2,由东涌镇、大岗镇、榄核镇、横沥镇、黄阁镇、万顷沙镇、南沙街道、珠江街道及龙穴街道六镇三街组成,下设 128 个行政村和 34 个社区。《广州市林业和园林发展十四五规划》指出,要重点加强南沙区等外围城区城市公园建设,促使公园服务均衡可达;而《广州市绿地系统规划(2020—2035)》则提到,到 2035 年,南沙区规划新增区域绿地 570.3 hm^2,规划新增城市公园、社区公园、口袋公园等不同类型的公园数量不少于 138 个。在这样的规划建设背景下,对南沙区现状绿地的空间可达性和公平性评价将有助于在未来规划中合理地进行绿地资源再分配。

本文的研究数据主要包括:(1)南沙区各行政村及社区的常住人口数量,出自 2020 年南沙年鉴;(2)公园数据:通过多源数据融合而得。根据广州市政府数据统一开放平台的公园数据及《广州市绿地系统规划(2020—2035)》的相关内容,并结合土地利用现状数据和高分辨率无人机影像目视解译校对结果,获取公园的类型和面积等属性。本研究根据《CJJ/T 85—2017 城市绿地分类标准》及《广州市绿地系统规划(2020—2035)》,对南沙区公园绿地进行筛选并划分为四种类型,分别是生态公园、城市公园(包含综合公园和专类公园)、社区公园和游园(即口袋公园)。全区的人口密度及各类公园的分布等情况如图 1 所示。

1.2 研究方法

1.2.1 改进型两步移动搜索法

两步移动搜索法是在移动搜索法[18]的基础上发展而来的,其计算主要分为两个步骤,即在一定的搜索范围条件下,计算供给点的服务能力和需求点的可达性。传统的两步移动搜索法尽管克服了移动搜索法的一些缺陷,但仍存在一定不足。例如,供需双方的距离使用简单的欧式距离来替代实际道路距离,且没考虑空间距离衰减规律;其次,为不同规模、类型的供给点设置了相同的搜索阈值。因此,本文在两步移动搜索法的基础上,做出了以下改进:(1)利用高德地图路线规划 API 服务获取供需方出行时间的 O-D 矩阵,以替代简单的欧式距离;(2)在计算供需方的距离时利用高斯函数模拟距离衰减规律;(3)考虑步行、骑车、公共交通和驾车四种出行模式的 O-D 矩阵,且根据《广州市绿地系统规划(2020—2035)》对不同类型的公园服务半径的定义设置不同的搜索距离阈值及出行模式。具体设置如下:对于游园和社区公园这两类规模和服务半径较小的公园,距离阈值分别设置为 5 min 和 15 min,且只考虑步行时的距离;对于城市公园和生态公园这类规模和服务半径较大的公园类型,距离阈值均设

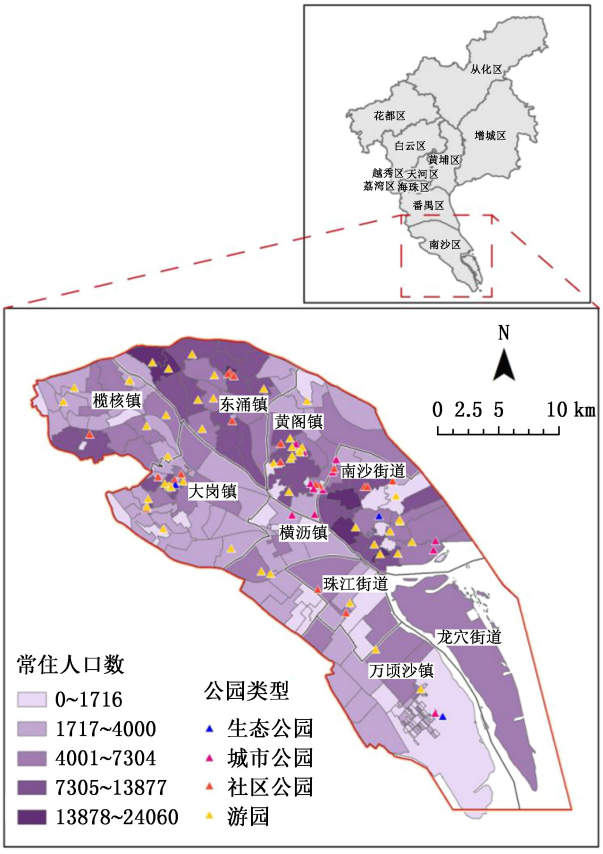


图 1　研究区域内人口密度及公园分布情况

Fig. 1　Population density and park distribution in the study area

置为 30 min,且设定居民选择这四种出行模式的优先等级分别为步行、骑车、公共交通和小汽车,即在距离阈值内步行可达该绿地,仅计算步行时的距离值;否则,计算骑车时的距离值,以此类推。根据以上思路,本文基于改进型两步移动搜索法的可达性分析计算步骤如下:

第一步,计算每一块公园绿地 j 的供需比 R_j,即该公园绿地的服务能力:

$$R_j = \frac{S_j}{\sum_{k\in\{\text{walk,bike,bus,car}\}} \sum_{i\in\{T_{ij}^k \leqslant t_0\}} G(T_{ij}^k, t_0) \times P_i} \quad (1)$$

式中:R_j 表示公园绿地 j 的服务能力;S_j 表示绿地 j 的供给规模,即绿地面积;T_{ij}^k 表示居民点 i 利用第 k 种交通工具到达公园绿地 j 的时间;t_0 表示搜索时间阈值;P_i 表示搜索范围内居民点的需求规模,即人口数量;$G(T_{ij}^k, t_0)$ 为高斯函数,计算公式如下:

$$G(T_{ij}^k, t_0) = \begin{cases} \dfrac{e^{-\frac{1}{2}\times\left(\frac{T_{ij}^k}{t_0}\right)^2} - e^{-\frac{1}{2}}}{1 - e^{-\frac{1}{2}}} & (T_{ij}^k \leqslant t_0) \\ 0 & (T_{ij}^k > t_0) \end{cases} \quad (2)$$

当 $T_{ij}^k \leqslant t_0$ 时,$G(T_{ij}^k, t_0)$ 为基于高斯函数的时间成本衰减值;当 $T_{ij}^k > t_0$ 时,$G(T_{ij}^k, t_0)$ 值为 0。四种交通工具的时间成本均利用公式(2)计算得到。

第二步,计算每个居民点 i 到公园绿地的可达性指数:

$$A_i = \sum_{i\in\{T_{ij}^k \leqslant t_0\}} G(T_{ij}^k, t_0) \times R_j \quad (3)$$

式中:R_j 为第一步算得的公园绿地 j 的供需比,以居民点 i 为需求圆心,在搜索范围的阈值内的所有公园绿地的供需比的总和即为居民点 i 的公园绿地可达性。A_i 值越大,表示居民点 i 的可达性越高。

1.2.2 可达性空间自相关分析

利用莫兰指数计算南沙区各类公园可达性的空间自相关性,以揭示其空间聚类类型。本文先利用全局莫兰指数(Global Moran′s I)衡量南沙区公园绿地可达性的空间自相关和集聚水平,再利用局部莫兰指数(Anselin Local Moran′s I)测度单个区域(社区或村)与其相邻区域的空间关联程度[24-25]。

1.2.3 公园绿地公平性分析

基尼系数和洛伦兹曲线被提出之初是用于研究收入的分配公平问题,在近年来被广泛应用于公共资源分配等研究当中[26-27]。本研究采用基尼系数(Gini coefficient)和洛伦兹曲线(Lorenz curve)进行南沙区及其各街镇的公园绿地服务公平性的定量评价。基尼系数的计算公式如下:

$$G_u = 1 - \sum_{k=1}^{n} (p_k - p_{k-1}) \times (d_k - d_{k-1}) \quad (4)$$

其中,p_k 及 d_k 的计算公式分别为:

$$d_k = \frac{\sum_{i=1}^{k} A_i \times P_i}{\sum_{i=1}^{n} A_i \times P_i} \quad (5)$$

$$p_k = \frac{\sum_{i=1}^{k} P_i}{\sum_{i=1}^{n} P_i} \quad (6)$$

式中:G_u 为行政区域 u 的绿地资源基尼系数;n 为区域 u 内的下级行政区域总数;k 为下级行政区域的绿地可达性按升序排序的第 k 个区域,$k = 1, 2, \cdots, n$;A_i 为区域 i 的可达性值;P_i 为区域 i 的人口数;p_k 为第 1 个区域至第 k 个区域的人口累积比例,且 $p_1 = 0, p_n = 1$;d_k 为第 1 个区域至第 k 个区域的可达性与人口的乘积的累积比例,$d_1 = 0, d_n = 1$。基尼系数的值介于 0~1,各值域所代表的分配公平性情况如表 1 所示,值越大表示分配越不公平。

表 1 基尼系数值域及其对应含义

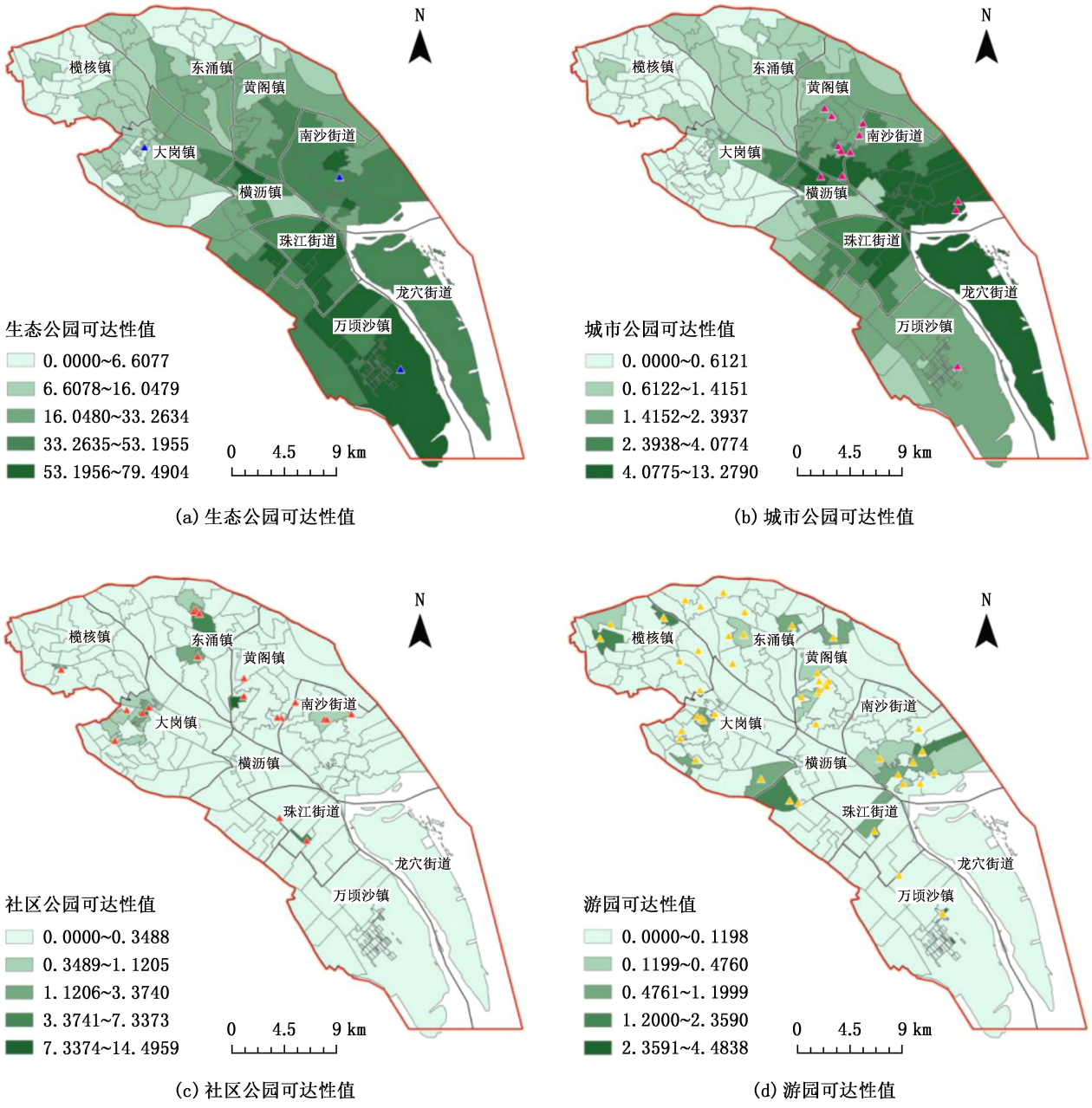
Tab. 1 Gini coefficient value ranges and their corresponding meanings

基尼系数值	含义
$0 < G \leqslant 0.2$	分配高度平均
$0.2 < G \leqslant 0.3$	分配相对平均
$0.3 < G \leqslant 0.4$	分配相对合理
$0.4 < G \leqslant 0.5$	分配差距较大
$0.5 < G \leqslant 1$	分配差距悬殊

2 结果与分析

2.1 不同类型公园绿地可达性空间格局

根据上述公式(1)~(3)分别计算南沙区不同类型的公园绿地可达性,并利用自然间隔点分级法(Jenks)对可达性值进行分级可视化。如图 2 所示,不同类型公园绿地的可达性值及其空间分布具有较大差异。在图 2(a)中,由于生态公园服务半径和规模相对较大,使得南沙区整体的生态公园绿地可达性值也相对较大—其可达性平均值为 26.23,而标准差却达到20.21,说明生态公园绿地可达性存在



(a) 生态公园可达性值　(b) 城市公园可达性值

(c) 社区公园可达性值　(d) 游园可达性值

图 2　各类型公园绿地可达性空间格局

Fig. 2　Accessibility spatial pattern of green space in different types of parks

较明显的空间分异。其中,获得生态公园绿地高可达性值的区域主要包括与南沙湿地公园空间距离较近的万顷沙镇、珠江街道、龙穴街道的所有社区及村(100%的社区及村可达性值高于全区平均值),以及黄山鲁森林公园周边的南沙街道及黄阁镇的部分社区及村(75.67%社区及村可达性值高于全区平均值)。而位于大岗镇的十八罗汉山森林公园周边却具有较小的可达性值(大岗镇可达性平均值为10.88)。分析原因,是该公园面积规模相对于其他两个生态公园的小,且其周边的二湾社区、豪岗社区等大岗镇政府驻地附近的社区及村的人口密度较大,从而导致生态公园绿地供给量不能满足大岗镇较高的人口需求。而位于北部远离三个生态公园的东涌镇和榄核镇的可达性平均值分别为 8.52 和 5.85,仅就南沙区内生态公园绿地资源而言是全区生态公园绿地可达性最低的两个镇。由于生态公园的面积规模大,较为依赖自然资源本底[28],相对难以扩大或增设,对于南沙区生态公园绿地可达性较低的街镇可通过增设公共交通以缩短时间成本等方式来达到改善可达性的目的。

图 2(b)展示了南沙区城市公园可达性值的空间格局。由于城市公园的平均面积相对于生态公园大幅度下降,城市公园绿地整体服务能力和可达性值都降低:全区城市公园绿地可达性值为 1.86,且呈现东南部地区高、西北部地区低的空间格局。东南部地区高可达性值的街镇包括:南沙街道(可达性值 5.12);龙穴街道(可达性值 4.53);珠江街道(可达性值 3.64);横沥镇(可达性值 2.28);黄阁镇(可达性值 1.95)。其中,珠江街道和龙穴街道域内并无建设城市公园,但由于南沙街道滨海公园(面积 75 hm^2)、天后广场(面积 21 hm^2)及横沥镇灵山儿童公园(面积 16 hm^2)等大规模城市公园对周边社区及村所形成辐射状吸引力,使得该区域的整体城市公园绿地可达性值较优。此外,黄阁镇是拥有城市公园数量较多、分布较集中的一个街镇,但由于这些公园面积规模相对较小(平均约 8 hm^2)、黄阁镇人口密度较大等原因,其平均城市公园绿地可达性值相对于该区域内其他几个街镇较低。而西北部地区具有较低可达性值的街镇包括东涌镇、大岗镇和榄核镇(以下称为"北三镇"),其城市公园绿地可达性值分别为 0.95、0.52 和 0.33,这是由于域内缺乏城市公园分布,且到达其他几个大规模城市公园的距离和交通成本较高。建议在未来的城市公园规划布局适当地向北三镇倾斜,以提高其城市公园绿地可达性。

图 2c、2d 则分别展示了社区公园及游园的可达性空间格局,其中,社区公园全区平均可达性值和标准差分别为 0.44 和 1.65,而游园的全区平均可达性值和标准差分别为 0.14 和 0.49,这两类公园整体可达性值大幅度下降。相对于生态公园和城市公园,这两类公园主要以社区或村命名,其面积规模更小,服务范围以所在社区或村为主,因此对于不具有或不临近这两类公园的社区及村则可能出现可达性值为 0 的情况。南沙区这两类低等级公园与前两类高等级公园所形成的可达性值及空间分布的差异,与相关研究所提出的"高等级公园相较于低等级公园因其面积和服务范围大而整体空间可达性更高分布更均衡"的结论基本吻合[28-29]。考虑到社区公园和游园面积规模较小,且相对于生态公园等高等级规模公园,这两类公园与居民的日常活动关系最为密切。建议对于不具有这两类公园的社区及村尽快规划建设填补空缺,使得各社区及村的社区公园和游园绿地空间分布均匀。

2.2 所有类型公园绿地可达性空间集聚情况

在所有类型公园绿地可达性值的叠加影响下,全区的公园绿地平均可达性值达到 28.67,而标准差达到 21.45,说明综合可达性值的空间差异也进一步加大。图 3 是南沙区所有类型的公园绿地可达性空间分布,其高值与低值的空间分布情况与上图 2a、2b 的生态公园和城市公园绿地可达性值的综合分布情况相似,即取得可达性低值的社区及村主要分布在北三镇(大岗镇、东涌镇和榄核镇的可达性值分别是 12.47、12.37、6.20),而可达性高值则集中在以黄阁镇、南沙街道、横沥镇为主的中部地区和以珠江街道、万顷沙镇、龙穴街道为主的南部地区。此外,尽管龙穴街道无建设成熟的公园绿地,但由于其人口密度低而居民区集中于龙穴岛北部,且到南沙街道及万顷沙镇内的几个大规模公园的时间成本不高,因此也具有不低的综合绿地可达性值。

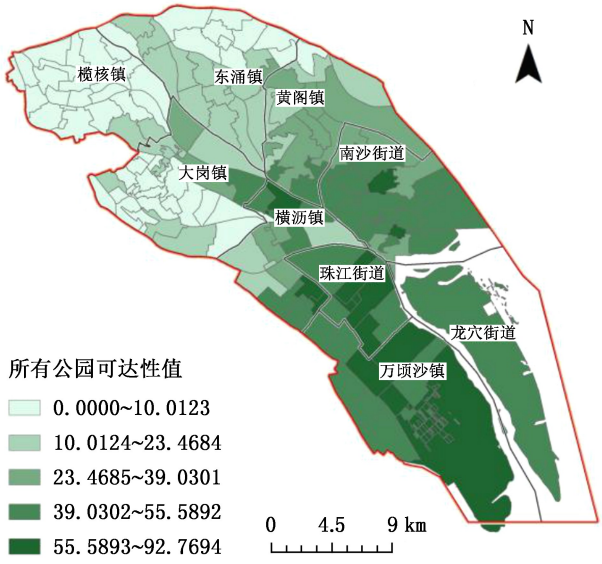


图 3 所有类型公园绿地可达性格局

Fig. 3 Accessibility spatial pattern of green space in all types of parks

在全区综合公园绿地可达性值的基础上,计算全局莫兰指数得分为 0.78,Z 得分为 24.28,P 值小于 0.001,表明南沙区各类型公园绿地可达性具有显著的空间集聚现象。利用局部莫兰指数进一步定量验证其空间集聚情况(图 4),可以得出低—低值聚类区域主要集中在北三镇,高—高值聚类区域主要集中在万顷沙镇、珠江街道和南沙街道内黄山鲁森林公园周围的部分社区和村。此外,

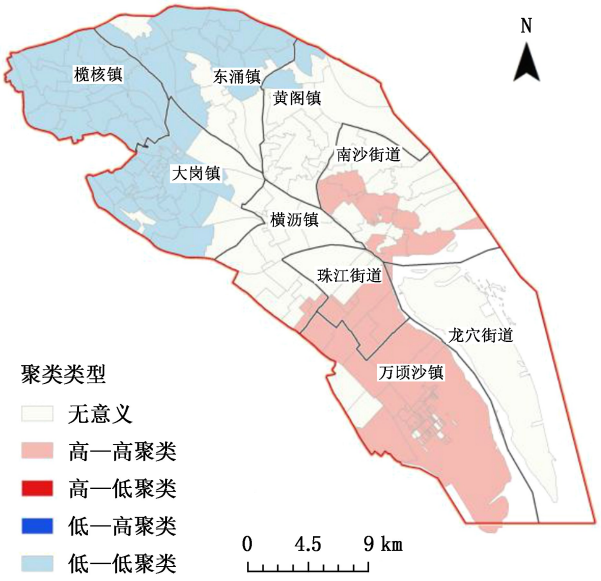


图 4　所有类型公园可达性空间自相关聚类结果

Fig. 4　Spatial autocorrelation clustering results of accessibility for all types of parks

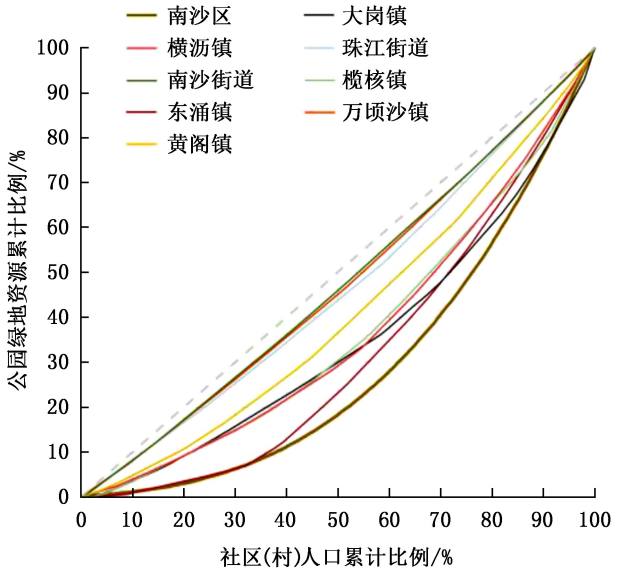


图 5　南沙区及其各街镇公园绿地资源洛伦兹曲线

Fig. 5　Lorenz curve diagram of park green space resources in Nansha District and its streets (towns)

41.36%的村和社区不存在明显的空间集聚或异常情况。从所有类型公园绿地可达性和空间自相关结果来看,北三镇受到南沙区公园整体布局和交通成本等因素的影响而导致低可达性值区域出现集聚现象。未来公园布局规划应着重考虑增加北三镇的公园资源供应量,或通过增设抵达大规模公园的公共交通、改善道路建设等方式缩短时间成本;同时,对于高人口密度的社区及村适当增加公园数量,使得绿地供给量与人口需求量相匹配。

2.3　全区公园绿地公平性评价

表 2 和图 5 分别为南沙区及其各街镇公园绿地资源的基尼系数值和洛伦兹曲线图,其中图上虚线为绝对公平线,曲线弯曲程度越大,表明公园绿地资源的空间分配越不公平。南沙区全区的基尼系数为 0.42,即存在较大的分配差距。且对于享有公园绿地资源较少的区域居民而言,前 10%及 20%的居民分别仅享有约 0.99%、3.18%的公园绿地资源;对于享有公园绿地资源较多的区域居民而言,前 10%及 20%的居民则享有了 22.32%、37.83%的公园绿地资源。

表 2　南沙区及其各街镇公园绿地基尼系数值

Tab. 2　Gini coefficient value of park green space in Nansha District and its streets (towns)

区域	基尼系数值	区域	基尼系数值
南沙街道	0.057	榄核镇	0.270
万顷沙镇	0.063	大岗镇	0.298
珠江街道	0.080	东涌镇	0.358
黄阁镇	0.187	南沙区	0.420
横沥镇	0.269		

此外,南沙区各街镇之间的公园绿地公平性存在一定的差距。其中南沙街道、万顷沙镇、珠江街道、黄阁镇的整体公园绿地公平性最好,均在 0.2 以下,表明公园绿地资源分配达到高度平均水平;其次是横沥镇、榄核镇和大岗镇,其基尼系数值均处于 0.2~0.3,表明公园绿地资源分配相对平均;而东涌镇由于距离各类大规模公园绿地较远、各社区或村的绿地资源与人口数量存在不匹配现象等原因,其基尼系数值相对于其他街镇是最高的(0.358),但其分配情况也处于相对合理水平。未来应综合考虑服务人口数、公园服务半径等情况,加强对分配差距较大的几个街镇进行科学、合理的公园规划及选址,以缩小各街镇的公园绿地分配差距,提升南沙区整体公园绿地分配公平性水平。

3　结论与讨论

本文以广州市南沙区为例,利用融合了高斯型衰减函数、多级时间阈值以及包括步行、骑行、公共交通等在内的多种出行模式的改进型两步移动搜索法,以评价南沙区不同类型的公园绿地可达性及综

合绿地可达性,并在南沙区公园绿地综合可达性结果的基础上,利用基尼系数进行南沙区公园绿地公平性评价,主要得出以下结论:

1)南沙区不同规模等级公园的可达性具有差异化的空间格局,其中生态公园和城市公园的平均可达性值较大,且面积规模大的公园所呈现辐射状的吸引力使得高值区域存在一定的空间集聚现象;而社区公园和游园因面积规模和服务范围较小,使得平均可达性较小且空间差异较大,高值区域不具有明显的集聚现象。

2)南沙区所有公园的综合可达性存在"西北部低、东南部高"的分布格局,空间集聚特征明显。高值区域主要集中在在万顷沙镇、珠江街和南沙街等东南部街镇,而低值区域主要包括东涌镇、榄核镇和大岗镇(俗称"北三镇"),因其大规模等级公园的数量稀缺、与其他大规模等级公园距离较远、交通成本较高等原因而导致整体可达性值偏低。

3)在基于基尼系数的街镇公园绿地公平性测度中,南沙街道、万顷沙镇、珠江街道和黄阁镇是公园绿地公平性最优的几个街镇,达到高度平均分配的水平;其次是横沥镇、榄核镇和大岗镇,达到分配相对平均水平;而东涌镇的基尼系数值相对于其他街镇是最高的(0.358),但其分配情况仍处于相对合理水平。在各街镇公园绿地公平性存在差异的情况下,南沙全区公园绿地资源基尼系数值为0.42,即存在较大的分配差距。

本研究所用的方法具有一定的科学性及创新性,研究结论将有助于为南沙区公园布局规划提供参考。同时,也存在着待深化研究的方面:一是绿地需求单元的进一步细化,因各社区或村的面积规模不一,以单点代替各社区或村来计算O-D矩阵可能存在不同程度的误差,后续研究中将考虑利用更均匀精细的网格单元和人口数据进行分析;二是将考虑针对可达性和公平性结论,利用优化选址数学模型,进一步定量化选址建议,以提高公园布局决策的科学性和可行性。

参考文献:

[1] BROWNG SCHEBELLA M F ,WEBER D. Using participatory GIS to measure physical activity and urban park benefits[J]. Landscape and Urban Planning,2014,121(1):34-44.

[2] AVISSAR R. Potential effects of vegetation on the urban thermal environment[J]. Atmospheric Environment,1996,30(3):437-448.

[3] 李博,宋云,俞孔坚. 城市公园绿地规划中的可达性指标评价方法[J]. 北京大学学报(自然科学版),2008(4):618-624.

[4] 史春云,陶玉国. 城市绿地空间环境公平研究进展[J]. 世界地理研究,2020,29(3):621-630.

[5] 宋岑岑. 基于可达性的公园绿地服务公平性研究[D]. 武汉:武汉大学,2018.

[6] SUN C,LIN T,ZHAO Q,et al. Spatial pattern of urban green spaces in a long-term compact urbanization process—A case study in China[J]. Ecological Indicators, 2017(S1)470160X17306118.

[7] 吴健生,沈楠. 基于步行指数的深圳市福田区公园绿地社会服务功能研究[J]. 生态学报,2017,37(22):10.

[8] 王敏,朱安娜,汪洁琼,等. 基于社会公平正义的城市公园绿地空间配置供需关系——以上海徐汇区为例[J]. 生态学报,2019,39(19):12.

[9] DAI D. Racial/ethnic and socioeconomic disparities in urban green space accessibility: Where to intervene?[J]. Landscape and Urban Planning,2011,102(4):234-244.

[10] KABISCH N,HAASE D. Green justice or just green? Provision of urban green spaces in Berlin, Germany[J]. Landscape and Urban Planning,2014,122:129-139.

[11] 宋正娜,陈雯,张桂香,等. 公共服务设施空间可达性及其度量方法[J]. 地理科学进展,2010(10):8.

[12] HERZELE A V,WIEDEMANN T. A monitoring tool for the provision of accessible and attractive urban green spaces[J]. Landscape and Urban Planning,2003,63(2):126.

[13] 施拓,李俊英,李英,等. 沈阳市城市公园绿地可达性分析[J]. 生态学杂志,2016,35(5):6.

[14] 尹海伟,孔繁花,宗跃光. 城市绿地可达性与公平性评价[J]. 生态学报,2007,28(7):3375-3383.

[15] MOYANO A,MARTINEZ H S,CORONADO J M. From network to services:A comparative accessibility analysis of the Spanish high-speed rail system[J]. Transport Policy,2018,63:51-60.

[16] 宋正娜,陈雯,车前进,等. 基于改进潜能模型的就医空间可达性度量和缺医地区判断——以江苏省如东县为例[J]. 地理科学,2010,30(2):213-219.

[17] RADKE J,MU L. Spatial decompositions, modeling and mapping service regions to predict access to social programs[J]. Geographic Information Sciences,2000,6(2):105-112.

[18] LUO W,WANG F. Measures of spatial accessibility to health care in a GIS environment: Synthesis and a case study in the Chicago region[J]. Environment & Planning B Planning & Design,2003,30(6):865-884.

(下转第219页)

doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2023. 06. 035

不同林下种植滇黄精产量及有效成分含量研究

徐钡昌[1,2],段丽华[2],杨维雄[1],杨利明[1],罗志传[3],严 毅[2]
(1. 昆明市海口林场,云南 昆明 650114; 2. 昆明市林业和草原科学研究所,云南 昆明 650032;
3. 安宁市温泉街道城市管理综合服务中心,云南 安宁 650300)

摘要:选择 3 种不同模式林下种植滇黄精,即华山松林+滇黄精模式、油橄榄林+滇黄精模式、核桃林+滇黄精模式,比较分析不同模式下滇黄精株高、叶片数、产量及有效成分含量。结果表明,华山松林+滇黄精模式中滇黄精株高、叶片数动态变化均达最大值,油橄榄林+滇黄精模式平均产量最高为 757. 05 kg/667 m^2,相关性分析结果表明产量与株高、叶片数呈正相关,相关系数分别为 0. 549、0. 398。滇黄精有效成分差异性结果分析表明,不同林下种植对滇黄精各有效成分含量的影响差异显著($P<0.05$),通过隶属函数值法对不同种植模式滇黄精 7 个指标进行综合评价,华山松林+滇黄精模式均值最高为 0. 703 5,综合优势明显,将为当地科学合理开展林下中药材种植提供参考。

关键词:林下;种植模式;滇黄精;产量;有效成分

中图分类号:S753. 535;S759. 82 **文献标识码**:A **文章编号**:1671-3168(2023)06-0215-05

引文格式:徐钡昌,段丽华,杨维雄,等. 不同林下种植滇黄精产量及有效成分含量研究[J]. 林业调查规划,2023,48(6):215-219. doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2023. 06. 035

XU Beichang, DUAN Lihua, YANG Weixiong, et al. Yield and Active Ingredient of *Polygonatum kinganum* under Different Forests[J]. Forest Inventory and Planning,2023,48(6):215-219. doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2023. 06. 035

Yield and Active Ingredient of *Polygonatum kinganum* under Different Forests

XU Beichang[1,2], DUAN Lihua[2], YANG Weixiong[1], YANG Liming[1], LUO Zhichuan[3], YAN Yi[2]
(1. Haikou Forest Farm, Kunming 650114, China; 2. Kunming Academy of Forestry and Grassland, Kunming 650032, China;
3. Anning Wenquan Street Urhan Management Comprehensive Service Center, Anning, Yunnan 650300, China)

Abstract: Three different forests were selected for planting *Polygonatum kingianum*, namely *Pinus armandii*+*Polygonatum kingianum* (P+P), *Olea europaea*+*Polygonatum kingianum* (O+P), *Juglans reiga*+*Polygonatum kingianum* (J+P). The plant height, leaf number, yield and active ingredient content of *Polygonatum kingianum* were determined and compared. The results showed that the dynamic changes of plant height and leaf number of *Polygonatum kingianum* were the highest in P+P, and the average yield O+P was the highest at 757. 05 kg/667 m^2. The correlation analysis showed that the yield was positively correlated with plant height and leaf number, the correlation coefficients were 0. 549 and 0. 398 respectively. The analysis of the difference in active ingredients showed that the influence of the effective ingredient contents of *Polygonatum kingianum* under different forests was significantly different ($P<$

收稿日期:2022-06-01.
基金项目:中央财政林业科技推广示范资金(〔2022〕TG09 号).
第一作者:徐钡昌(1987-),男,云南保山人,硕士,高级工程师. 研究方向为森林和草原培育. Email:358802913@qq. com
责任作者:严毅(1986-),女,四川凉山人,硕士,高级工程师. 研究方向为果树学. Email:yanyuok@yeah. net

0.05). The membership function value method was used to comprehensively evaluate seven indicators of different planting modes. The highest average P+P was 0.703 5, and the comprehensive advantage was very obvious, which provided a reference for the local scientific and rational development of Chinese herbal medicine planting under forest.

Key words: under the forest; planting modes; *Polygonatum kingianum*; yield; active ingredient

滇黄精(*Polygonatum kingianum* Coll. et Hemsl),又名大黄精、牛头黄精,属于百合科黄精属多年生草本植物,为中国药典收录3个基源黄精品种之一[1]。滇黄精主要分布在我国云南、贵州、四川等西南地区,是云南重要的大宗道地药材之一[2]。自20世纪80年代随着对滇黄精药理作用研究及认知的逐渐加深,研究者已从滇黄精植株不同器官中分离得到多糖类、甾体皂苷类、酮类、酚类、生物碱类等多种活性成分,多糖和甾体皂苷为主要药效成分,含量最高[3]。滇黄精是传统可开发利用的药食两用资源,现代药理研究结果显示其在降血糖、抗氧化、抗衰老、抗运动疲劳、保护心血管等方面效果良好[4]。滇黄精作为云南大宗道地药材及"十大云药"备选种类,市场需求较大,导致野生资源过度消耗,且目前基础性研究不足、产业带动作用仍薄弱,限制了滇黄精产业的发展[5]。因此,加强野生资源保护和管理,开展高产优质滇黄精栽培是产业可持续发展的重要手段。

开展林下中药材种植能充分利用林下较为宽阔的空间,有效缓解土地资源稀缺与产业发展需求间的矛盾,是保证中药材产业可持续发展的有效手段,林药复合经营还可对土壤特性、林木生长、药材产量和品质等产生积极的促进作用[6]。有研究表明在土壤肥沃、表层水分充足的林下栽培与传统大田栽培相比,除能保存滇黄精的原生性外,还大幅缩短生长周期[7]。目前围绕滇黄精林下栽培技术、病虫害防治等开展研究较多[8-10],也有关于不同种植基地及不同产地黄精品种质量的差异比较研究[11-12]。生产实践中应结合林地及药材植物生长特性因地制宜地选择林药复合种植模式,但鲜有涉及不同林型下滇黄精产量及质量系统比较方面的研究。测定3种不同林下种植滇黄精的产量及有效成分,以期为滇黄精的林下种植提供理论支持和技术指导。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

种植试验地位于云南省昆明市海口林场,地理位置位于102°28′~102°38′E,24°43′~24°56′N,属滇中高原浅切割中山地形,一般海拔1 900~2 200 m,植被类型主要为暖温性针叶林、落叶阔叶林、人工桉树、柏树林,属亚热带季风气候,气候温和,干湿季明显,日照充足,年均温14.6℃,7—9月份为雨季,年均降水量909.7 mm,土壤类型以森林红壤为主。作为昆明市西南部、滇池面山的绿色屏障,处于滇池入海口的特殊地理位置,通过引种油橄榄、核桃等试验,为发展林药复合经营模式提供了足够的空间。试验地概况如表1所示。

表1 试验地设置

Tab.1 Overview of experimental sites

类型	经纬度	海拔/m	树龄/a	林分郁闭度
华山松林 *Pinus armandii*	102°36′27″E, 24°48′24″N	1970	59	0.8
油橄榄林 *Olea europaea*	102°36′28″E, 24°47′56″N	1940	52	0.4
核桃林 *Juglans reiga*	102°34′14″E, 24°49′24″N	2105	3	0.1

1.2 试验材料

试验采用无性繁殖,所用滇黄精为2015年12月由云南药材有限公司提供的一年生块根。

1.3 试验设计与方法

2016年1月开展不同林下滇黄精种植,按株行距30 cm×25 cm条播,沟深10 cm;种植模式为华山松林+滇黄精(P+P)、油橄榄林+滇黄精(O+P)、核桃林+滇黄精(J+P)。定植前清除2 m以下的灌木、草本、藤本植物、枯枝等,按腐熟羊粪2 kg/m^2、复合肥0.02 kg/m^{2}的量均匀覆盖在墒面上作基肥施入,各种植模式经营管理一致,不采取修根、打顶、掰芽、追肥措施,每年4—10月除草2次,所除杂草就地覆盖,日常水份管理。采用随机区组,每个小区面积为200 m^2,设置3个重复。滇黄精种植后,从齐苗后随机选取30株,每隔30 d定株开展株高及叶片数观测,取平均值进行数据统计。2017年10月19

日,采用对角线随机取样法,每个小区取 3 个样点,重复 3 次,挖取 1 m^2 滇黄精进行产量和有效成分测定。

1.4 指标测定

株高:植株根茎基部到顶部最高叶片之间的垂直高度;鲜重:采样后用电子天平即刻进行称重;有效成分含量测定:多糖采用苯酚-浓硫酸法进行测定[13];总皂苷采用香草醛-冰醋酸比色法进行测定[14];总黄酮采用 $NaNO_2$-$Al(NO_3)_3$ 法进行测定[15];总生物碱采用醋酸钠-醋酸缓冲液法进行测定[16]。

1.5 统计分析

采用 Microsoft Excel 2003 和 SPSS 23.0 软件进行数据分析,选用单因素方差分析法 LSD 和 Duncan 检验对数值进行方差分析,选用直线相关分析法进行相关性分析。

2 结果与分析

2.1 不同林下种植模式对滇黄精生长指标及产量的影响

不同种植模式下滇黄精出苗时间基本一致,均于 3 月中旬齐苗,齐苗后株高迅速增长,随着生长过程先快速增长再缓慢增长,在地上部分停止生长后出现萎蔫、枯黄等现象,最后呈缓慢下降趋势。

P+P 模式滇黄精株高在 9 月 6 日达到最大值 39.57 cm 后开始下降,O+P 模式株高于 10 月 10 日达到最大值 28.20 cm 后开始下降,J+P 模式株高于 8 月 4 日达最大值 26.07 cm 后开始下降。在生长过程中,滇黄精叶片数量呈现先增加后趋于平稳的变化趋势,P+P 模式 9 月 6 日为滇黄精叶片最大数 6.17 片,O+P 和 J+P 模式 8 月 4 日叶片数平均值达到 4.87 片后开始下降。O+P 模式滇黄精产量最高达 757.05 kg/667 m^2,O+P 与 P+P 模式滇黄精产量分别为 720.36、266.80 kg/667 m^2,两者相比产量差异不明显,但均高于 J+P 模式 2.5 倍以上。对不同林下种植滇黄精产量和生长指标进行相关性分析,结果见表 2。

表 2　滇黄精不同生长性状相关性分析

Tab. 2　Correlation analysis of growth traits

变量	产量	株高	叶片数
产量	1.000		
株高	0.549	1.000	
叶片数	0.398	0.950 **	1.000

注:** 表示 0.01 水平差异显著。

由表 2 可知,株高与叶片数间差异极显著,表明株高与叶片数关系十分密切;滇黄精产量与株高、叶片数呈正相关,相关系数分别为 0.549、0.398,说明滇黄精的产量与株高、叶片数关系密切。

2.2 不同林下种植模式对滇黄精有效成分含量的影响

不同林下种植模式对滇黄精有效成分含量及有效成分差异性分析结果见表 3,表 4。

表 3　不同林下种植模式滇黄精有效成分含量

Tab. 3　Active ingredients of *Polygonatum kingianum* under different forests　%

种植模式	多糖	总皂苷	总黄酮	总生物碱
P+P	47.84	0.21	0.25	0.30
O+P	69.66	0.09	0.21	0.46
J+P	79.08	0.15	0.17	0.36

表 4　不同林下滇黄精有效成分差异性分析

Tab. 4　Difference analysis of active ingredients of *Polygonatum kingianum* under different forests

有效成分指标	变异来源	平方和	自由度	均方	*F* 值	*P* 值
多糖	林种间	1540.952	2	770.476	5.644	0.042
	林种内	819.047	6	136.508		
	总变异	2359.999	8			
总皂苷	林种间	0.022	2	0.011	8.526	0.018
	林种内	0.008	6	0.001		
	总变异	0.029	8			
总黄酮	林种间	0.009	2	0.004	9.233	0.015
	林种内	0.003	6	0.000		
	总变异	0.012	8			
总生物碱	林种间	0.041	2	0.020	6.955	0.027
	林种内	0.018	6	0.003		
	总变异	0.059	8			

由表 3 可知,不同林下种植,模式 J+P 滇黄精多糖含量最高为 79.08%,其次为 O+P 模式(69.66%),P+P 模式多糖含量最低为 47.84%;P+P 模式滇黄精总皂苷含量最高为 0.21%,其次为 J+P 模式(0.15%),O+P 模式总皂苷含量最低为 0.09%;P+P 模式滇黄精总黄酮含量最高为 0.25%,其次为 O+P 模式(0.21%),J+P 模式总黄酮含量最低为 0.17%;O+P 模式滇黄精总生物碱含量最高为 0.46%,J+P、P+

P 模式总生物碱含量分别为 0. 36%、0. 30%。由表 4 可以看出,不同林下种植对滇黄精不同有效成分含量的影响差异显著($P < 0.05$)。

2. 3 不同林下种植模式滇黄精指标综合评价

采用模糊数学的隶属函数值法[17]对不同种植模式的 7 个指标进行综合评价,隶属函数值的计算公式为:

$$Z_{ij} = \frac{X_{ij} - X_{i\min}}{X_{i\max} - X_{i\min}} \quad (1)$$

式中:Z_{ij} 为 i 种植模式 j 指标的隶属函数值;X_{ij} 为 i 种植模式 j 指标的测定值;$X_{i\max}$ 和 $X_{i\min}$ 分别为不同林下滇黄精各指标值的最大值和最小值。

不同林下种植模式滇黄精隶属函数值统计见表 5。

表 5 不同林下种植模式滇黄精隶属函数值

Tab. 5 Membership function values of *Polygonatum kingianum* under different forests

种植模式	隶属函数值								综合评价排序
	株高	叶片数	产量	多糖	总皂苷	总黄酮	总生物碱	平均($\overline{Z_{ij}}$)	
P+P	1. 0000	1. 0000	0. 9251	0. 0000	1. 0000	1. 0000	0. 0000	0. 7035	1
O+P	0. 0000	0. 2640	1. 0000	0. 6985	0. 0000	0. 5000	1. 0000	0. 4946	2
J+P	0. 0349	0. 0000	0. 0000	1. 0000	0. 5000	0. 0000	0. 3750	0. 2728	3

将不同林下种植模式滇黄精各指标进行计算取平均值,均值越大越适宜在该林型下种植,结果表明,P+P、O+P、J+P 模式均值分别为 0. 703 5、0. 494 6、0. 272 8,说明 P+P 种植模式优势非常明显。

3 讨论与结论

滇黄精喜阴,强烈的光照将造成部分植株顶端和叶片枯死脱落,对滇黄精株高及叶片数造成一定影响,结合林间所观察的地上部分生长情况,当滇黄精 10 月进入果实期后,果实增加后将直立茎压低到地面匍匐生长,茎顶端在与地面接触后腐蚀或折断将对株高和叶片数造成影响。本研究中,不同林下种植,P+P 模式株高和叶片数极值明显高于 O+P 和 J+P 模式,经分析其与林间日照强度有关,而且华山松林较油橄榄林土层深厚、保水性强、林间为散射光,更有利于滇黄精生长。云南核桃面积、产量和产值居全国第一,有研究者发现核桃林下开展中药材复合种植对林间植物、林下药材及土壤肥力均有不同程度的改善[18],但本研究中核桃林由于郁闭度过低与滇黄精弱光性需求不符,在强光直射下出现叶片和植株顶端枯死脱落、土壤温度较高、保湿能力较差等,对滇黄精地上和地下部分造成影响,出现不利于滇黄精生长和产量过低的现象,待成林后进一步试验加以证实。

测定不同林下种植滇黄精的有效成分对药材质量评价及提高优质种质筛选具有重要意义。本研究中,J+P 模式多糖含量最高为 79. 08%,远高于《中国药典》(2015 年版)多糖含量的规定(7%),可能与本次试验所测样品中蛋白质含量有关,有待进一步采集样本进行测定,但严毅等[19]在海口林场华山松林下栽培以块茎繁殖的滇黄精,其多糖含量高达 14. 02%,表明该地区林下栽培滇黄精多糖含量均符合要求。皂苷作为主要次生代谢产物,3 种种植模式下总皂苷含量低于李玲等[20]研究结果。通过测定不同林下种植滇黄精总黄酮含量均低于黄金月等[21]测定的不同产地的滇黄精总黄酮含量。由于滇黄精中生物碱含量较低,对滇黄精含量测定研究甚少。通过有效成分含量差异性分析,不同林下种植对滇黄精不同有效成分含量的影响差异显著($P < 0.05$),焦劼等[12]将滇黄精多糖和皂苷含量作为质量评价的指标,其含量反映了滇黄精的药用价值以及不同林下种植滇黄精药用成分含量的差异。本研究中通过不同林下种植滇黄精有效成分含量分析,以鉴定和筛选优良种质资源,为当地林下药用植物开发利用提供参考。

参考文献:

[1] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典[M]. 一部. 北京:中国医药科技出版社,2015:306-307.

[2] 段宝忠,张晓灿,杜泽飞,等. 滇黄精资源现状及可持续利用探讨[J]. 大理大学学报,2017,2(10):10-14.

[3] 陈辉,冯珊珊,孙彦君,等. 3 种药用黄精的化学成分及药理活性研究进展[J]. 中草药,2015,45(15):2329-2338.

[4] 柳威,林懋怡,刘晋杰,等. 滇黄精研究进展及黄精研究

现状[J]. 中国实验方剂学杂志,2017,23(14):226-234.
[5] 徐天才,陈翠,王泽清,等. 云南黄精属植物资源及其药理作用的调查研究[J]. 中国农学通报,2018,34(12):84-90.
[6] 王冉,王玥,谭锦豪,等. 林药复合系统研究进展[J]. 林业与环境科学,2019,35(4):128-131.
[7] 庄立,李燕,严亮. 滇黄精林下种植技术及效益浅析[J]. 云南农业,2017(1):37-39.
[8] 彭静,彭信海,罗先权,等. 黄精林下栽培技术[J]. 湖南林业科技,2016,43(6):105-108.
[9] 刘恒鹏,熊新武,李俊南,等. 薄壳山核桃林下滇黄精种植试验[J]. 现代农业科技,2017(14):51-52.
[10] 王桥美,杨瑞娟,严亮,等. 滇黄精主要病虫害防治措施的研究综述[J]. 农村实用技术,2017(12):27-30.
[11] 王彩步,段宝忠. 云南不同种植基地滇黄精中多糖含量测定分析[J]. 大理学院学报,2018,3(2):14-17.
[12] 焦劼,陈黎明,孙瑞泽,等. 不同产地黄精主要化学成分比较及主成分分析[J]. 中药材,2016,39(3):519-522.
[13] 陈兴荣,何正春,张玲玉. 滇黄精多糖的提取分离及含量测定[J]. 中国民族民间医药,2009,18(23):14.
[14] 戴万生,赵声兰,张鹏慧,等. 滇黄精 3 种炮制方法的比较研究[J]. 西部中医药,2016,29(8):32-34.
[15] 陈克克,史丽,李莺,等. 黄精总黄酮和总酚的含量测定[J]. 陕西农业科学,2012,58(1):58-60.
[16] 陈佳江,熊敏,周静波,等. 附子配伍干姜对附子总生物碱含量的影响[J]. 成都中医药大学学报,2010,33(2):1-3.
[17] 刘华,王峰,李娜,等. 隶属函数值法对 12 个树种抗旱性的综合评价[J]. 中国农村小康科技,2010(10):39-41.
[18] 肖良俊,谢正万,张传光,等. 核桃中药材不同复合经营模式土壤肥力综合评价[J]. 东北林业大学学报,2021,49(1):91-95.
[19] 严毅,何银忠,王亚婷,等. 云南海口林场中药林下种植模式初探[J]. 中国现代中药,2016,18(2):173-177.
[20] 李玲,黄玉玲,杨玉玲,等. 滇黄精不同部位理化指标与化学成分差异性研究[J]. 农学学报,2021,11(8):70-75.
[21] 黄金月,崔芙岩,郑时嘉,等. 响应面优化黄精根茎总皂苷、总黄酮提取方法及其在不同产地黄精成分含量比较中的应用[J]. 中医药学报,2021,49(9):56-61.

责任编辑:陈旭

(上接第 214 页)

[19] 任家怿,王云. 基于改进两步移动搜索法的上海市黄浦区公园绿地空间可达性分析[J]. 地理科学进展,2021,40(5):10.
[20] 陶卓霖,程杨. 两步移动搜寻法及其扩展形式研究进展[J]. 地理科学进展,2016(5):11.
[21] MAGRAIL M R,HUMPHREYS J S. Measuring spatial accessibility to primary care in rural areas: Improving the effectiveness of the two-step floating catchment area method[J]. Applied Geography,2009,29(4):533-541.
[22] LUO W,QI Y. An enhanced two-step floating catchment area (E2SFCA) method for measuring spatial accessibility to primary care physicians[J]. Health & Place,2009,15(4):1100-1107.
[23] DAI D. Black residential segregation, disparities in spatial access to health care facilities, and late-stage breast cancer diagnosis in metropolitan Detroit[J]. Health & Place,2010,16(5):1038-1052.
[24] ANSELIN L. Local indicators of spatial association—LISA[J]. Geographical Analysis,2010,27(2):93-115.
[25] TIEFELSDORF M,BOOTS B N. The exact distribution of Moran's I[J]. Environment and Planning,1995,27(6):985-999.
[26] LORENZ M O. Methods of measuring the concentration of wealth[J]. Publications of the American Statistical Association,1905,9(70):209-219.
[27] BAKARE A S. Measuring the income inequality in Nigeria: the Lorenz curve and Gini co-efficient approach[J]. American Journal of Economics,2012,2(1):47-52.
[28] 仝德,孙裔煜,谢苗苗. 基于改进高斯两步移动搜索法的深圳市公园绿地可达性评价[J]. 地理科学进展,2021,40(7):1113-1126.
[29] LN A,MJM A,CG B,et al. Who has access to urban vegetation? A spatial analysis of distributional green equity in 10 US cities[J]. Landscape and Urban Planning,2019,181:51-79.

责任编辑:刘平书

doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2023. 06. 036

基于空间句法和模糊综合评价法的濮阳戚城遗址公园使用后评价

杨柳烟,刘瑞洁,刘保国
(河南农业大学,河南 郑州 450002)

摘要:以河南省濮阳市戚城遗址公园为研究对象,通过引入空间句法的凸空间和轴线分析方法,对公园的节点和园路的选择度、连接度和整合度进行计算,结合模糊综合评价法(AHP),构建遗址公园使用后评价体系,最后根据反馈的信息对公园的更新提出相应的优化策略。研究发现,公园南门与西门的部分节点通达性较低,应加强引导性,增加节点与园路利用率;公园的人文景观与基础设施评分较低,需要加强公园整体文化性,并完善基础设施。

关键词:空间句法;模糊综合评价;使用后评价;濮阳戚城遗址公园;景观更新

中图分类号:TU986. 51;F316. 23 **文献标识码**:A **文章编号**:1671-3168(2023)06-0220-06

引文格式:杨柳烟,刘瑞洁,刘保国 . 基于空间句法和模糊综合评价法的濮阳戚城遗址公园使用后评价[J]. 林业调查规划,2023,48(6):220-225,230. doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2023. 06. 036

YANG Liuyan, LIU Ruijie, LIU Baoguo. Post Use Evaluation of Qicheng Heritage Park in Puyang City from Perspective of Spatial Syntax and Fuzzy Comprehensive Evaluation[J]. Forest Inventory and Planning,2023,48(6):220-225,230. doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2023. 06. 036

Post Use Evaluation of Qicheng Heritage Park in Puyang City from Perspective of Spatial Syntax and Fuzzy Comprehensive Evaluation

YANG Liuyan, LIU Ruijie, LIU Baoguo
(Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, China)

Abstract: Taking Qicheng Heritage Park in Puyang City as the research object, by introducing the convex space and axis analysis method of spatial syntax, this paper calculated the selection degree, connection degree and integration degree of the park's nodes and garden roads, and then constructed the post use evaluation system of the heritage park combined with AHP—fuzzy comprehensive evaluation method. Finally, according to the feedback information, this paper put forward the corresponding optimization strategy for the renewal of the Heritage Park. The study found that the accessibility of some nodes of the south gate and west gate of the park was low, so the guidance should be strengthened and the utilization rate of nodes and garden roads should be increased; the scores of park's cultural landscape and infrastructure score were low, so the overall culture of the park should be strengthened and the infrastructure should be improved.

收稿日期:2022-06-14.
基金项目:河南沿黄流域文化景观高质量发展适应性研究 (212400410023).
第一作者:杨柳烟(1998-),女,河南濮阳人,硕士研究生,研究方向为风景园林规划设计 . Email:1733465984@ qq. com
责任作者:刘保国(1975-),男,河南中牟人,副教授 . 研究方向为风景园林规划设计 .

Key words: spatial syntax; fuzzy comprehensive evaluation; post use evaluation; Qicheng Heritage Park in Puyang City; landscape renewal

遗址公园一直是城市建设的重要部分,不仅可以保护遗址和周围环境,也可以满足公众休闲娱乐、科普教育的需求[1],因此大众对遗址公园的接受度很高。目前,国外对于遗址公园的建设与研究已经较为成熟:蒂姆科普兰尊重专家意见,充分考虑游客视角,将遗址公园打造为有助于智力开发的休闲场所;Tsai Wen-Hsien 构建网络问卷调查,听从公众意见对公园的功能提升提出优化策略[2]。国内学者对遗址公园的研究主要集中在考古研究、遗址保护、遗址的展示与利用、遗址价值分析等层面,如:钟晨以洛阳定鼎门遗址公园为例,通过史料对比方式,探讨了遗址的真实性,并给出了遗址展示途径的建议[3];宋莹从情与景的角度切入,对国家遗址公园游客的满意度进行调查[4];何金璐则通过旅游体验的角度,对遗址公园景观整体的质量进行评价[5]。综上,国内对遗址公园的研究大多进行的是单方面的评价体系的研究。基于此,运用空间句法和使用后评价(POE)两种量化方法结合,对全国重点保护单位戚城遗址公园的内部空间以及游客的使用需求进行量化分析,对公园景观空间的改造提供理论参考。

1 研究区域概况

戚城遗址公园位于河南省濮阳市京开大道与石化路交叉处,主要依托戚城古遗址建设。戚城遗址是附近地级市中遗址年代最久的古城池聚落,极具研究价值。戚城遗址地下依次叠压着距今七八千年的裴李岗文化、六千多年的仰韶文化、四千多年的龙山文化,以及商、西周、春秋、战国、汉等文化层。

该遗址公园占地 50.6 hm^2,建筑面积约 6.6 hm^2,绿化面积 33.4 hm^2。整个景区主要分为文化轴线和园林绿化区两个部分。公园东侧文化轴线主要包括会盟台、古城墙、东阙门、颛顼玄宫、龙宫、龙湖、伏羲亭、夏后启所铸九鼎轩等(图 1),其中园林绿化区包括营造桑间濮上苑的绿化节点、儿童娱乐区、健身区等[6]。

2 基于空间句法的遗址公园使用后评价体系构建

使用后评价(POE)主要是对已经投入使用的设施做一个系统的评价,评价者主要由使用人群构成[7]。POE 体系具有客观公正、科学全面的特点,能够促进项目建设的创新发展,是研究过程中不可或缺的重要环节。研究试图将使用后评价引入公园的景观改造中,达到遗址保护与公园发展双线并行的效果。首先,针对公园的组成要素构建评价因子集。因子集主要包括自然景观、基础设施、空间组构、管理维护和人文景观 5 个方面[8]。然后,制定每个指标因子的评价标准,其中空间组构主要是运用空间句法对公园中的节点和园路进行评价,其余 4 个指标则是通过构建矩阵确定各个指标的权重系数[9]。



图 1　戚城遗址公园范围

Tab. 1　Scope of Qicheng Heritage Park

2.1 评价因子集构建

通过查阅文献和过往研究总结,对公园的景观评价基本集中在空间结构合理性、自然景观与人文景观的受欢迎程度、基础设施与公园的维护状况 5 个方面,这些方面的评价基本综合了公园的全部景观[9]。

2.2 确定评价因子的评价标准

遗址公园的使用后评价从 5 个方面展开:自然景观、人文景观、基础设施、公园维护、空间组构(图 2)。其中空间组构需要用到空间句法进行研究,其他几个方面主要运用模糊综合评价法作为主要的研究方法[10]。

2.2.1 基于空间句法的使用后评价

空间句法主要是对一个区域中的空间结构进行量化分析,这个区域可以是一个建筑,也可以是聚落、街道、城市架构等,空间句法能通过量化的数据表达出人与空间之间的关系。运用空间句法对遗址公园的空间进行研究,研究对象主要针对公园

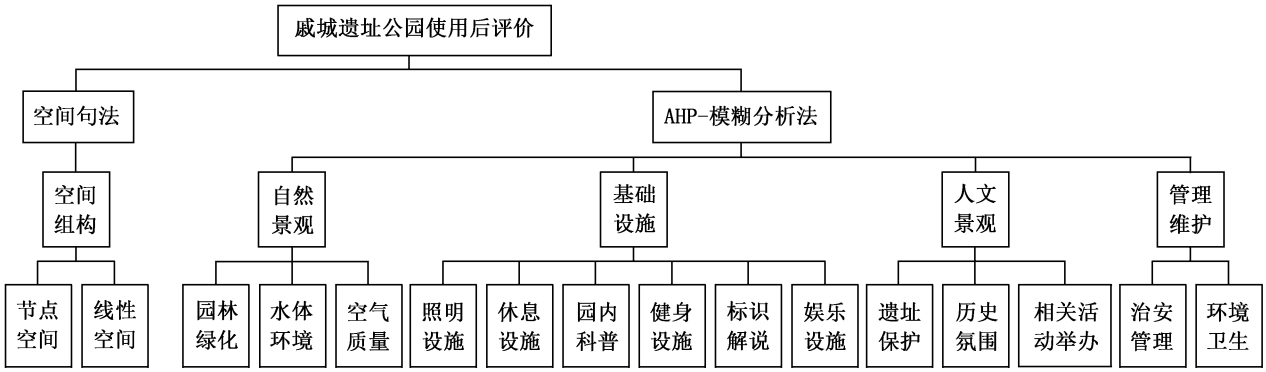


图 2 遗址公园使用后评价体系

Fig. 2 Post use evaluation system of heritage park

中的节点空间与线性空间的整合度、连接度和选择度。这 3 个参数作为评价因子能很好地评价遗址公园布局的合理性[11](表 1)。

表 1 基于空间句法的遗址公园空间组构评价体系

Tab. 1 Spatial organization evaluation system of heritage park based on spatial syntax

目标层 A	要素层 B	指标层 C	获取方法
基于空间句法的遗址公园空间组构评价	B1 节点空间	C1 可达性	整合度
		C2 利用率	选择度
		C3 空间渗透性	连接度
	B2 线性空间	C4 可达性	整合度
		C5 穿行率	选择度
		C6 道路通达性	连接度

2.2.2 评价体系指标权重确定

首先对公园景观评价指标进行定性分析,确定每个指标的权重。本文运用专家打分法和问卷法两种方式对评价体系中的各项指标进行评分。邀请 15 位相关领域研究学者和 5 位相关政府人员参与打分。通过矩阵分析,确定每个指标的权重值,然后通过问卷调研的方式,确定指标层的重要度排序,问卷调研与专家打分两方面结合,最终得到各个指标层的重要性作为评价体系使用。根据表 2 所列出的评价因子作为评价指标[10]。

2.3 评价内容

本文主要针对戚城公园中的节点空间和园路进行使用后评价。戚城遗址公园的节点空间主要包括文化空间、休闲性空间、聚集性空间、娱乐运动性空间等,比如会盟台、紫藤长廊、诗经广场、儿童游乐园等;园路以公园中的主园路为主,主要为连接各个出入口与核心节点的道路。

表 2 基于 AHP 的遗址公园使用后评价体系

Tab. 2 Post use evaluation system of heritage park based on AHP

目标层	要素层 B	指标层 C	指标含义
戚城遗址公园使用后评价	B1 自然景观(0.3031)	C1 园林绿化(0.1347)	园内植物配置是否合理、种类是否多样
		C2 水体环境(0.0253)	水体是否清澈,设计是否满足游客需求
		C3 空气质量(0.1431)	园中空气是否清新、无异味等
	B2 基础设施(0.1783)	C4 停车管理(0.0878)	包括停车位是否充足,自行车、共享单车停放是否方便
		C5 休息设施(0.0322)	指桌椅廊架数量和美观性等是否具有一定的舒适度,是否能够满足居民打牌、休息和下棋等休闲娱乐的使用需求等
		C6 健身设施(0.0129)	园内是否有健身休闲场所,设计是否合理
		C7 标识解说(0.0246)	包括是否有指示牌、宣传栏和解说牌等信息说明
		C8 娱乐设施(0.0207)	园内娱乐设施的配置情况是否全面合理
	B3 人文景观(0.3889)	C9 遗址保护(0.2262)	遗址是否得到了很好的保护
		C10 历史氛围(0.1202)	园内整体的历史氛围感是否强烈
		C11 相关活动举办(0.0426)	每年是否有举办关于遗址文化的相关活动
	B4 管理维护(0.1296)	C12 治安管理(0.0324)	园内治安水平高低,相关人员态度是否良好
		C13 环境卫生(0.0972)	是否存在垃圾堆放、宠物随意便溺、攀折花木等现象而无人制止或无专人清扫情况

戚城遗址公园作为一个综合性公园,节点类型多种多样(图 3),遍及公园各处:有以宗教活动为主的文化性节点,如会盟台、中华第一龙、龙宫、玄宫等;也有娱乐型的节点,如健身娱乐广场、儿童游乐园;也有以植物绿化为主的节点,如槐荫深处、梅寒杏暖、牡丹园等。本文针对这些重要节点,运用空间句法中的凸空间理论进行量化评价,评价内容主要包括连接度、整合度、选择度这些方面。通过得到的量化数据,判断节点的利用率、可达性和空间渗透性[12]。其次是针对公园主要园路的评价,由于公园园路错综复杂且曲折环绕,将这些曲折道路导入 Depthmap 软件中,需取两点最短到达路径,才能实现对公园整体道路的量化分析。因此,将公园主要园路提取出来,分为 D1~D17 条园路(图 4),并将曲线道路转化为直线进行量化评价,最后得到主要园路的通达性、可达性和穿行率评价结果。

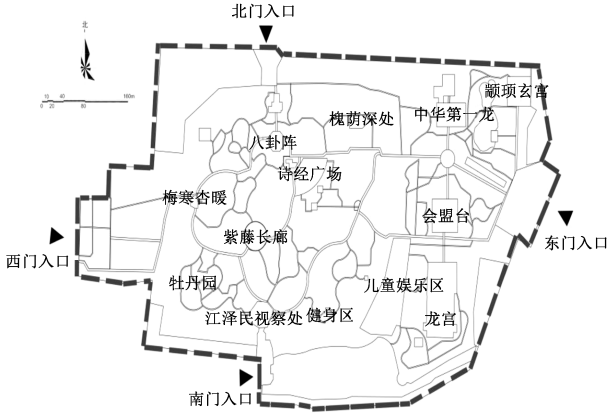


图 3　戚城遗址公园节点分布

Fig. 3　Node distribution of Qicheng Heritage Park

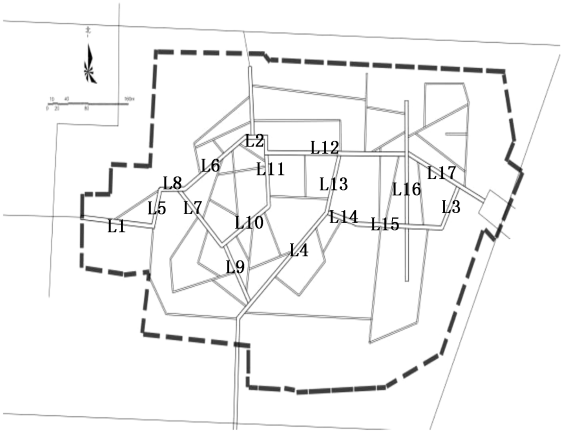


图 4　戚城遗址公园主要园路分布

Fig. 4　Distribution of main roads in Qicheng Heritage Park

3　结果与分析

3.1　基于空间句法的使用后评价

3.1.1　节点空间空间句法分析

对选取的戚城遗址公园重要节点进行空间组构的评价,评价结果见表 3。

表 3　戚城遗址公园节点空间空间句法参数值

Tab. 3　Syntax parameter values of node spaces in Qicheng Heritage Park

节点空间	选择度	连接度	整合度	节点空间	选择度	连接度	整合度
南门	5	2	0.98	西门	38	4	1.53
视察处	7	3	0.90	八卦阵	4	4	1.79
颛顼玄宫	0	2	1.07	北门	34	4	1.79
健身区	5	2	1.15	颛顼乘龙雕像	7	4	1.61
龙宫	2	3	1.04				
槐荫深处	1	2	1.40	会盟台	12	5	1.61
儿童娱乐区	12	3	1.40	紫藤长廊	35	5	2.01
				中华第一龙	47	5	1.89
牡丹园	24	4	1.34	梅寒杏暖	43	5	2.15
东门	17	5	1.24	诗经广场	117	8	2.93

对戚城遗址公园的节点空间的整合度进行参数化分析,发现紫藤长廊、诗经广场和梅寒杏暖的整合度较高,说明遗址公园在植物绿化节点的通达性方面做的较好;南门和江泽民总书记视察处的整合度较差,通达性较低,因此应加强这些节点的连通性。

通过对遗址公园的节点空间进行选择度分析,发现其中诗经广场、中华第一龙的选择度较高;诗经广场是公园最核心的空间,穿行率最高;颛顼玄宫的选择度较低——由于位于公园西北角,且需要穿行玄湖才可到达,因此出现穿行率较低的情况。

对戚城遗址公园的节点空间的连接度进行参数化分析,发现诗经广场的连接度最高,通达性最强;其次是东门的连接度高,相较于西门、北门,通行率更强一点;南门连接度最低。玄宫、龙宫和健身区域的通达性也较差,应加强这 3 个节点的连接度。

3.1.2　主要园路空间句法分析

对戚城遗址公园的整合度进行参数化分析,发现 L12、L13、L4 的整合度较高,这些道路分别连接了诗经广场、中华第一龙、南门,道路的可达性较强;位于西门的 L1、L5、L8 道路的整合度较低,可达性较低,应增加西门至各个节点的连通性。

对戚城公园主要园路的选择度进行参数化分析,发现连接诗经广场与中华第一龙的 L13 的选择度最高,穿行率较强,应加强该路段的基础设施;其次是东门主园路 L3 与南门主园路 L4,选择度都较高;其中选择度最差的是西门的主要道路 L1,应加强其引导性。

对戚城公园主要园路的连接度进行参数化分析,发现 L12、L15、L4、L16 的连接度较高,这些道路分别连接了诗经广场、中华第一龙、龙宫、东门、南门,由此可见,遗址公园的东部道路整体通达性较好;西部主要道路 L1、L5 的连接度相较于南门和北门较差一些(表 4)。

表 4 戚城遗址公园节点空间空间句法参数值

Tab. 4 Syntax parameter values of node spaces in Qicheng Heritage Park

主要园路	选择度	连接度	整合度	主要园路	选择度	连接度	整合度
L1	231	3	0. 87	L10	549	4	1. 40
L2	433	3	1. 41	L11	1103	7	1. 58
L3	1415	3	1. 26	L12	1096	5	1. 61
L4	1773	9	1. 68	L13	2317	11	1. 87
L5	138	2	4. 75	L14	822	5	1. 70
L6	311	4	1. 03	L15	433	5	1. 51
L7	683	7	1. 33	L16	516	9	1. 39
L8	636	5	1. 33	L17	1045	10	1. 55
L9	586	4	1. 03	L18	1240	6	1. 56

3.2 基于模糊综合法的使用后评价

模糊综合评价法是基于模糊数学的一种综合评判方法,主要是以数学的模型带入到定性的评价中,运用模糊数学的方式对影响事物发展的多种因子做出一个总体的评价[13]。

本文围绕戚城遗址公园的评价主要涵盖了 13 项。为了方便游客对问卷中的指标层进行评判,引入 5 级李克特量表法,其中“5”对应“非常满意”、“4”对应“满意”、“3”对应“一般”、“2”对应“不满意”、“1”对应“很不满意”[10]。由于疫情原因,主要制作了电子问卷和部分纸质问卷,共 100 份。问卷收回后,剔除掉一些残缺不全以及可信度较低的问卷,留下 89 份有效的问卷,有效率为 89%。根据问卷调查的结果,进行模糊综合评价。首先针对 13 个指标(园林绿化、水体环境、空气质量、停车管理、标识解说、休息设施、娱乐设施、健身设施、遗址保护、历史氛围、相关活动举办、治安管理、环境卫生)与 5 个评语(很满意、满意、一般、不满意、很不满意)进行模糊综合评价[13]。然后再使用加权平均型 M(*,+)算子进行研究:首先计算评价指标权重向量 A(AHP 计算得到),然后构建权重判断矩阵 R13x5,经分析得到 5 个隶属度的评语集,其中目标层与要素层的综合得分如表 5。戚城公园总体的模糊综合评价得分为 3. 715,介于“一般”但趋于“满意”的区间。准则层中,自然景观与管理维护的评分相对较高,基础设施与人文景观评分较低一些,但都处在一般与满意之间。

表 5 戚城遗址公园目标及准则层模糊综合评价得分

Tab. 5 Fuzzy comprehensive evaluation scores for the target and criterion layer of Qicheng Heritage Park

目标层	准则层	得分	因素层	得分
模糊综合得分 3. 715	B1 自然景观	3. 957	C1 园林绿化	3. 65
			C2 水体环境	4. 08
			C3 空气质量	4. 14
	B2 基础设施	3. 316	C4 停车管理	3. 44
			C5 休息设施	3. 41
			C6 健身设施	2. 91
			C7 标识解说	3. 39
			C8 娱乐设施	3. 43
	B3 人文景观	3. 300	C9 遗址保护	3. 66
			C10 历史氛围	3. 53
			C11 相关活动举办	2. 71
	B4 管理维护	3. 765	C12 治安管理	3. 66
			C13 环境卫生	3. 87

综合权重与问卷得分的情况来看,戚城公园在自然景观方面属于“良好”的状态,权重占比也较高,说明公园在绿化配置方面的工作比较有成效,得到了游客的认可。公园为了重现桑间濮上的美景,将绿化园区通过植物命名的方式分为多个节点,且东南西北的大门对应春夏秋冬四个季节的植物景观,最大化地展示了北方园林的植物美景。

对于基础设施的评价,处在“满意”但靠近“一般”的区间,是准则层中评分最低的一项。戚城遗址公园由于建园已久,许多基础设施已经陈旧,经过风吹日晒和陈年累月的荒废,许多设施已经不能满足游人的使用需求。在因素层中,健身设施评分最低,也是由于健身广场的设施破败不堪。建议修缮

以满足游人的基本需求。

人文景观在专家评价时占比最高,但在问卷调查中人文景观的评分并不算高,其中因素层中遗址保护相对较高。公园对古城墙的围合工作还是很有成效的,既能使游客参观得到,又与游客保持了一定的距离。但是,举办相关活动的评分较低,说明公园很少举办科普性的活动,因此在人文景观的层面上,文化工作需要加强。

对于公园的整体管理维护的评分较高,但在权重值上占比较低,反映了公园在卫生以及治安管理方面做得较好,同时也充分肯定了公园的整体环境很受游客满意。

4 启　示

4.1 调整公园布局

戚城遗址公园部分节点的整合度与连接度较低,应优化公园交通流线,加强部分道路的引导性与可达性;由于空间整体呈现西、南门的利用率低,应加强西门与南门与各个节点的连通性,以增加公园整体空间的利用率。其次,部分节点整合度较低,应优化整体空间布局,增加龙宫、颛顼玄宫、江泽民视察处这些节点的通达度及与主道路的连通性,与核心节点—诗经广场的通达性,以此提高公园整体空间布局的流畅度。

4.2 完善配套设施建设

1)经实地调研核查得知,基础设施满意度低的主要原因是设施设备数量种类不足和老旧破损,建议重新修缮健身区,并增加健身器材的数量,以满足游客健身康体的需求。其次,在人流量大的广场增加休憩设施,如在诗经广场和梅寒杏暖节点可以适当增加座椅、坐凳等休憩设施;诗经广场整体视野较为开阔,避雨遮阳设施也可适当增加。

2)针对部分游客私家车只能停放在路边的问题,公园应依据实际情况在南门、北门、西门增设停车场,并合理规划停车位与停车数量,以满足游客下车就能进园的需求。

3)由于园内节点可达性不一,应在重要节点增加解说系统,并在多叉路口增加标识系统,提高景点的可达性,增加公园内部区域的吸引力[14]。

4.3 加强文化氛围营造

1)遗址公园应注重人文景观的营造,仅仅重视遗址的保护是远远不够的,应当多加举办相关的文化活动,增加公园的名气,使更多人了解遗址背后的历史。也可在安静休闲区及娱乐区多设置一些文化构筑物,以此加强历史文化氛围。

2)增加遗址的展示与利用途径。可引入科技手段如虚拟 VR 技术对戚城遗址中遗存较少的裴李岗文化、仰韶文化等进行展现,再现其辉煌时刻,以增加游客兴趣,总体加强园内文化氛围。

5 结论与讨论

5.1 研究结论

本文运用 Depthmap 软件对戚城遗址公园的节点与园路进行量化分析,并结合空间句法对公园进行使用后评价,总结了戚城遗址公园空间组构中的一些问题,总体上西门与南门的空间利用率较低,需要进行提升。

运用模糊综合评价法,首先通过专家打分确定 4 项中层以及 13 项因素层指标的权重,然后运用问卷调查的方式对公园的满意度进行调研,经模糊综合评价后发现,游客对公园的整体满意度较高,但人文景观和基础设施两项的满意度较低,需要进行改善[15]。

针对空间句法与模糊综合评价法的评价结果,提出调整公园布局、完善配套设施、加强文化氛围 3 个方面的优化策略。

5.2 讨论

本文基于空间句法与模糊综合评价法构建的公园景观评价体系,实现了质性因素的量化分析,并针对量化结果提出了优化建议。由于公园景观涵盖多方面,本文构建的评价体系难以涵盖所有的要素,在后续的研究中需要进一步完善。同时,公园研究本就是一个多学科结合的体系,希望在遗址公园的更新中,能邀请到不同领域的专家进行打分,以完善遗址公园整体评价体系,并运用到更多景观评价中。

参考文献:

[1] 柏文芳. 定军山遗址公园景观规划设计理念与实践研究[D]. 杨陵:西北农林科技大学,2012.

[2] 李留通. 城郊型国家考古遗址公园使用后评价研究[D]. 西安:西北大学,2021.

[3] 钟晨,薛玉峰. 考古遗址公园建设中“真实性”保护展示途径探讨——以隋唐洛阳城定鼎门遗址公园规划为例[J]. 中国园林,2022,38(3):129-133.

[4] 宋莹. 国家考古遗址公园情境化设计策略研究[D]. 西安:西北大学,2017.

(下转第 230 页)

doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2023. 06. 037

琼楠人工林木材纤维形态径向变异研究

杨钦潮[1],黄平升[1],刘 衡[2],符韵林[2]
(1. 广西壮族自治区南宁树木园,广西 南宁 530031; 2. 广西大学 林学院,广西 南宁 530004)

摘要:以琼楠木材为研究对象,通过纤维形态分析仪和显微镜对琼楠木材纤维形态进行测定及分析,研究其径向变异规律。结果表明,琼楠木材的纤维长度、宽度、内径、双壁厚平均值分别为 1 034. 75、19. 95、11. 02、9. 03 μm,长宽比、壁腔比平均值分别为 51. 87、0. 82,各指标在生长轮径向方向的变化规律具有一定的相似性,均表现为沿髓心向外的生长轮年龄增加而逐渐增大,变化十分显著;琼楠木材纤维的内径受径向上生长轮年龄的影响不显著。以期为琼楠木材的应用以及种植培育提供理论依据。

关键词:琼楠;木材纤维形态;径向变异

中图分类号:S725. 7;S781 **文献标识码**:A **文章编号**:1671-3168(2023)06-0226-05

引文格式:杨钦潮,黄平升,刘衡,等. 琼楠人工林木材纤维形态径向变异研究[J]. 林业调查规划,2023,48(6):226-230. doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2023. 06. 037

YANG Qinchao, HUANG Pingsheng, LIU Heng, et al. Radial Variations of Fiber Morphology of *Beilschmiedia fordii* Plantation[J]. Forest Inventory and Planning,2023,48(6):226-230. doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2023. 06. 037

Radial Variations of Fiber Morphology of *Beilschmiedia fordii* Plantation

YANG Qinchao[1], HUANG Pingsheng[1], LIU Heng[2], FU Yunlin[2]
(1. Nanning Arboreturn of Guangxi, Nanning 530031, China;
2. Forestry College, Guangxi University, Nanning 530004, China)

Abstract: Taking *Beilschmiedia fordii* plantation wood as the research object, the fiber morphology of *Beilschmiedia fordii* wood was measured and analyzed by fiber morphology analyzer and micro-interaction system, and its radial variation law was studied. The results showed that the average fiber length, width, inner diameter, double wall thickness, aspect ratio, cavity ratio of *Beilschmiedia fordii* wood were 1 034. 75 μm, 19. 95 μm, 11. 02 μm, 9. 03 μm, 51. 87 and 0. 82, respectively, each indicator had a certain similarity in the radial direction of the growth ring, the outer growth ring age increased gradually, and the change was very significant; the inner diameter of *Beilschmiedia fordii* wood fiber was not significantly affected by the radial growth ring age. The results provided theoretical basis for the application and cultivation of *Beilschmiedia fordii* plantation wood.

Key words: *Beilschmiedia fordii*; fiber morphology; radial variations

收稿日期:2022-06-28.
基金项目:南宁树木园优质用材树种科研项目(BB33600114).
第一作者:杨钦潮(1986-),男,广西桂平人,工程师. 研究方向为森林培育.
责任作者:符韵林(1977-),男,广西博白人,教授. 研究方向为木材科学.

琼楠(*Beilschmiedia fordii*),为樟科(Lauraceae)、琼楠属(*Beilschmiedia*)常绿大乔木,在我国海南、广东、广西等地均有分布。琼楠树干通直,木材纹理美观,结构细密,加工性能优异,是理想的建筑以及家具等用材[1-2]。MACPHAIL 等[3]和韦裕宗等[4-5]对琼楠属植物分类进行了系统剖析,为琼楠属植物的鉴定提供了依据;范蓓蓓[6]、杨怀等[7]及盛大勇等[8]研究琼楠的种群结构特征;韦鹏练等[9]、孙瑾等[10]及林松等[11]研究了琼楠木材的物理力学性能和解剖特性,为其合理利用提供参考;此外,还有学者开展了对琼楠叶片精油的研究,为琼楠的综合利用提供技术支持[12-13]。目前尚未见关于琼楠人工林木材纤维形态方面的研究,而木材纤维形态对木材材性的影响显著。通过对琼楠人工林木材纤维的长度、宽度、双壁厚、长宽比、腔径比以及壁腔比等指标进行测定分析并探究其径向变异规律,为琼楠人工林木材的合理利用提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试样采自南宁市良凤江国家森林公园。地理坐标为 22°34′31″~22°45′51″N,108°15′14″~108°22′22″E,属南亚热带南缘季风气候,以低丘地貌为主,坡度一般为 20°~30°,水热条件较丰富。

选取 3 株生长正常且具有代表性的样木(表 1)。样木伐倒后,测量并记录样木的树高和枝下高,并沿着每棵树树干高度的 0.3、1.3、3.8、6.3、8.8、11.3、13.8、16.3 m 处锯取厚 5 cm 的圆盘,做好标记,将圆盘带回以备实验。

表 1　样木采伐数据

Tab. 1　Logging data of sample wood

序号	树高/m	枝下高/m	胸径/cm
1	18.6	4.1	16.9
2	18.1	4.5	17.1
3	22.1	3.9	19.3

1.2 试验方法

将琼楠圆盘刨至年轮清晰可见后,自髓心开始向外标出年轮的序号,南北向锯出一条宽度约为 2 cm,包含髓心的木条,根据标好的年轮序号,每个年轮段均劈取一个火柴梗大小的木样,将木样放入 30%过氧化氢与冰醋酸比例 1∶1 的混合溶液中离析后,使用纤维形态分析仪进行测定;另取离析后试样置于滴有甘油的载玻片上,用镊子使纤维试样均匀分布在甘油中,盖上盖玻片,显微镜放大 40 倍观察纤维宽度、内径。通过计算得到纤维的双壁厚、长宽比以及壁腔比。

2 结果与分析

2.1 琼楠木材纤维形态变异规律

2.1.1 纤维长度变异规律

测定琼楠木材纤维长度,其变异规律如图 1 所示。

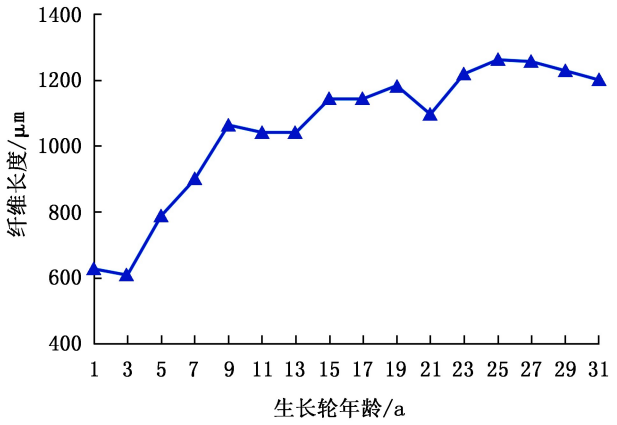


图 1　琼楠木材纤维长度变异规律

Fig. 1　Variation law of fiber length of *Beilschmiedia fordii*

由图 1 可知,琼楠木材靠近髓心部位的纤维长度最短,约 600 μm,随着从髓心向外侧,生长轮年龄不断增加,琼楠纤维长度出现急剧增长,并在生长轮年龄 9~13 a 时增长速度开始减慢,但仍在缓慢增长,在生长轮年龄为 15 a 后出现上下波动增长,然后逐渐趋于稳定状态,此时纤维长度约 1 250 μm。其原因是树木在幼年期直径生长快,但为了满足直径生长速度,形成层分裂出较短的纤维细胞,到达成熟期时,纤维细胞滑动生长导致纤维长度不断增长。

2.1.2 纤维宽度径向变异

测定琼楠木材纤维宽度,其变异规律如图 2 所示。

由图 2 可知,琼楠木材纤维宽度在幼龄材时最小,为 18.7 μm,随树龄的增加,琼楠木材纤维宽度也在不断地增大,在生长轮年轮 15 a 后出现上下波动增大,但宽度大致 20.8 μm 时趋于稳定后不再增大。这是由于琼楠木材前期生长较快,为满足快速生长的需求,纺锤形原始细胞分裂加快以增大纤维宽度。

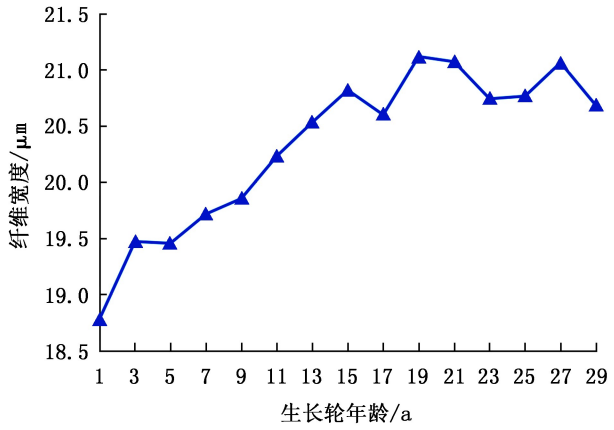


图 2 琼楠木材纤维宽度径向变异规律

Fig. 2 Radial variation law of fiber width of *Beilschmiedia fordii*

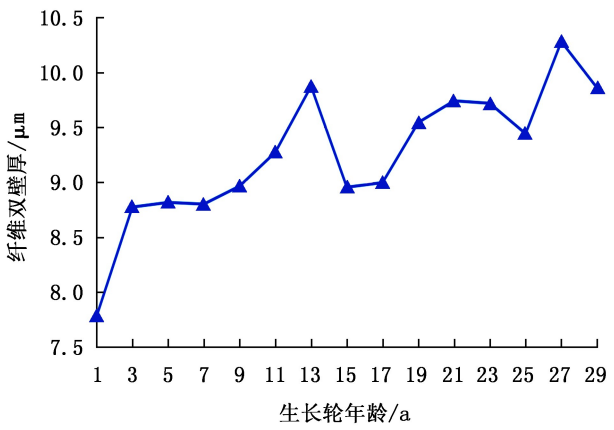


图 4 琼楠木材纤维双壁厚径向变异规律分析

Fig. 4 Radial variation law of fiber double wall thickness of *Beilschmiedia fordii*

2.1.3 纤维内径径向变异

测定琼楠木材纤维内径,其径向变异规律如图 3 所示。

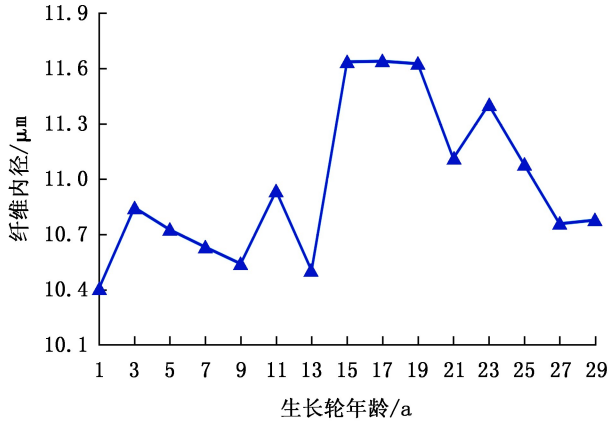


图 3 琼楠木材纤维内径径向变异规律

Fig. 3 Radial variation law of fiber inner diameter of *Beilschmiedia fordii*

由图 3 可知,随着生长轮向外不断增加,琼楠木材纤维的内径不断增大,于生长轮年轮 15 a 时达到峰值,到生长轮年轮 19 a 时内径又开始逐渐减小。

2.1.4 纤维双壁厚径向变异

木材所制纸张强度的大小很大程度上取决于纤维的壁厚,木材的质量、基本密度和强度性质也是以纤维的壁厚作为各项指标的物质基础。纤维双壁厚的大小对制浆有着很大影响,壁厚的纤维所制成的组织较为膨松,纸张的撕裂度就较大,而壁薄的纤维所制纸张,拥有更强的张力并更为耐折[14]。琼楠木材纤维双壁厚径向变异规律如图 4 所示。

由图 4 可知,琼楠木材纤维的双壁厚与宽度变化规律具有一定相似性,随着生长轮年龄的不断增加,琼楠纤维双壁厚在生长轮年龄 1~13 a 时极速增大,于生长轮年龄 15 a 时增长速度开始放缓,但仍较缓慢增长。这是因为为了满足木材早期生长快速的需求,纺锤形原始细胞分裂加快以增大纤维宽度,导致营养物质不足,所以影响纤维双壁厚。

2.1.5 纤维长宽比径向变异

评价一个树种纤维的形态指标并运用到探讨其是否适合用来造纸,除了需要评价指标中最重要的纤维长度外,还需要明确纤维长宽比。制浆难度以及所制纸张的质量与纤维长宽比息息相关,一般来说,在制浆时,长宽比越大的纤维拥有较大的结合面积,所制纸张的撕裂指数也会随之上升,成纸的质量更高;反之不宜打浆,纸浆强度低[15]。而长宽比小于 35 的纤维不适合造纸[16]。琼楠木材纤维长宽比径向变异规律如图 5 所示。

由图 5 可知,从髓心起,随着生长轮年龄向外不断增加,琼楠纤维的长宽比不断增大,当生长轮年龄 9 a 时增长速度开始放缓,到生长轮年龄 15 a 时长宽比趋于稳定。原因是琼楠纤维长度和宽度的径向变异,而长度径向的变化大于宽度的变化。

2.1.6 纤维壁腔比径向变异

纤维壁腔比也被称为劳氏系数,指纤维双壁厚与纤维内径的比值,是衡量纤维原料质量的一个重要指标,其对所制纸张的性能有很大影响。周崟[17]通过对落叶松间伐幼林性质的研究发现,在打浆时容易崩解,出现帚化现象的纤维细胞常是壁腔较小的管胞,这类管胞间结合紧密,导致制成的纸张质量

更好。琼楠木材纤维壁腔比径向变异规律如图 6 所示。

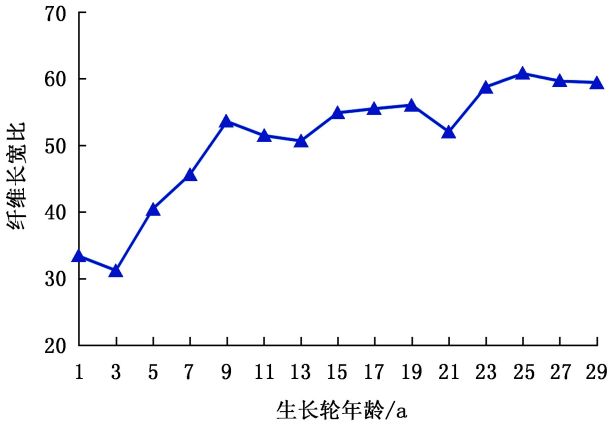


图 5　琼楠木材纤维长宽比径向变异分析

Fig. 5　Radial variation law of fiber aspect ratio of *Beilschmiedia fordii*

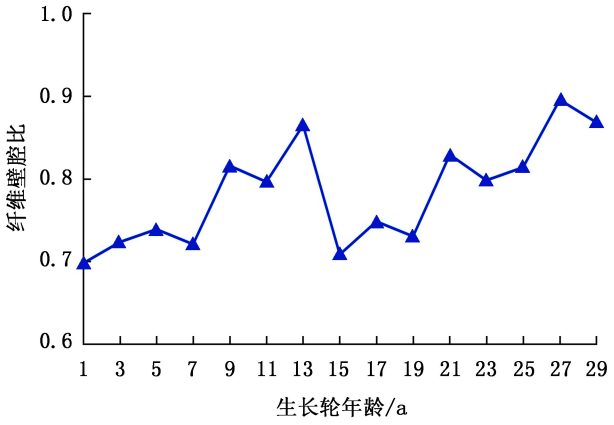


图 6　琼楠木材纤维壁腔比径向变异分析

Fig. 6　Radial variation law of fiber wall cavity ratio of *Beilschmiedia fordii*

由图 6 可知,沿着髓心,随着生长轮年龄向外不断增加,琼楠木材纤维的壁腔比在生长轮年龄 1 ~ 13 a 时不断增大,达到 0. 86 后又逐渐减小至约 0. 7,与生长轮年龄 1 a 时接近,然后又开始逐渐增大。这是纤维双壁厚与纤维内径之间相互影响产生的结果。

2. 2　纤维形态随树龄变异显著性分析

对琼楠木材纤维随生长轮年龄变异进行方差分析,结果如表 2 所示。

琼楠木材纤维长度受生长轮年龄的影响十分明显,$F(1,15) = 52.22$,$F_{0.05}(1,15) = 4.54$,$F > F_{0.05}$,且在不同的生长阶段时影响程度不同,对幼龄材纤维长度的影响非常显著,对成熟材的影响较小;纤维宽度方差分析发现,纤维宽度受生长轮年龄的影响十分明显,$F(1,14) = 43.41$,$F_{0.05}(1,14) = 4.6$,$F > F_{0.05}$;纤维内径受生长轮年龄的影响并不显著,$F(1,14) = 2.77$,$F_{0.05}(1,14) = 4.6$,$F < F_{0.05}$;纤维双壁厚受生长轮年龄的影响十分明显,$F(1,14) = 29.16$,$F_{0.05}(1,14) = 4.6$,$F > F_{0.05}$;纤维长宽比方差分析发现,纤维长宽比受生长轮年龄的影响非常明显,$F(1,14) = 47.65$,$F_{0.05}(1,14) = 4.6$,$F > F_{0.05}$;纤维壁腔比受生长轮年龄的影响十分显著,$F(1,14) = 10.84$,$F_{0.05}(1,14) = 4.6$,$F > F_{0.05}$。

表 2　琼楠木材纤维形态随生长轮年龄变异方差分析结果

Tab. 2　Variance analysis of fiber morphology variation of *Beilschmiedia fordii* with growth ring age

项目	变异来源	df	SS	MS	*F*
纤维长度	回归分析	1	531057. 900	531057. 900	52. 220
	残差	14	142387. 600	10170. 540	
	总计	15	673445. 500		
纤维宽度	回归分析	1	5. 430	5. 430	43. 410
	残差	13	1. 630	0. 130	
	总计	14	7. 060		
纤维内径	回归分析	1	0. 440	0. 440	2. 770
	残差	13	2. 090	0. 160	
	总计	14	2. 540		
纤维双壁厚	回归分析	1	3. 750	3. 750	29. 160
	残差	13	1. 670	0. 130	
	总计	14	5. 420		
纤维长宽比	回归分析	1	950. 220	950. 220	47. 650
	残差	13	259. 250	19. 940	
	总计	14	1209. 470		
纤维壁腔比	回归分析	1	0. 026	0. 026	10. 840
	残差	13	0. 031	0. 002	
	总计	14	0. 057		

3　结　论

琼楠木材纤维平均长度为 1 034. 75 μm,平均宽度为 19. 95 μm,平均内径为 11. 02 μm,平均双壁厚为 9. 03 μm,平均长宽比为 51. 87,平均壁腔比为 0. 82。

琼楠木材纤维的长度、宽度、长宽比以及双壁厚在生长轮径向方向的变化规律具有一定的相似性,

均表现为沿髓心向外随生长轮年龄增加而逐渐增大,变化均十分显著,且均在生长轮年龄 15 a 前呈快速增长趋势,后逐渐趋于稳定;纤维壁腔比受径向生长轮年龄的影响也十分显著,髓心向外的生长轮呈现有规律的波动性,在生长轮年龄 13 a 前纤维壁腔比不断增大,后又逐渐减小至生长轮年龄 13 a 时壁腔比相近,然后又逐渐变大;琼楠木材纤维的内径受径向上生长轮年龄的影响不显著。

琼楠木材纤维属于中等纤维长度,一般制浆不使用纤维长宽比小于 35~45 的纤维,而琼楠木材纤维长宽比达 51.87,可用作造纸材;琼楠木材纤维壁腔比小于 1,属于上等的造纸用材。综上所述,琼楠木材纤维长度、长宽比、壁腔比 3 个指标均达到纸浆材要求,说明琼楠木材是一种很好的纤维工业原料。

参考文献:

[1] 中国植物志编辑委员会. 中国植物志[M]. 北京:科学出版社,1982:145.

[2] 蔡永敏. 中药药名辞典[M]. 北京:中国中医药出版社,1996:330.

[3] MACPHAIL M K. Fossil and moden *Beilschmiedia* (Lauraceae) pollen in New Zealand[J]. New Zealand Journal of Botany,1980,18(4):453-457.

[4] 韦裕宗. 中国樟科琼楠属(*Beilschmiedia* Nees)植物的分类[J]. 广西植物,1980(Z1):43-53.

[5] 韦裕宗. 中国琼楠属二新种[J]. 广西植物,1984(3):195-198.

[6] 范蓓蓓. 广西大石围天坑群天坑植物群落特征及演替研究[D]. 桂林:广西师范大学,2014.

[7] 杨怀,李意德,许涵,等. 海南特有种东方琼楠种群结构特征[J]. 生态学杂志,2013,32(6):1451-1457.

[8] 盛大勇,庄雪影,许涵,等. 尖峰岭热带山地雨林海南特有木本植物群落结构[J]. 植物生态学报,2012,36(9):935-947.

[9] 韦鹏练,赖钦昌,刘衡,等. 广东琼楠木材物理力学性能研究[J]. 西南林业大学学报(自然科学),2022,42(1):174-177.

[10] 孙瑾,王晓静,王飞,等. 滇西南地区樟科 17 种木材解剖特征研究[J]. 华南农业大学学报,2014,35(5):102-107.

[11] 林松. 广东樟科主要属种的木材系统解剖[J]. 华南农业大学学报,1990(4):79-85.

[12] 李阳,江广渝,王海洋. 4 种樟科园林树种挥发性物质杀菌能力测定及有效成分分析[J]. 西南师范大学学报(自然科学版),2014,39(6):29-34.

[13] 罗思源,刘世尧,卞京军,等. 雅安琼楠鲜叶挥发油成分的 GC-MS 分析[J]. 西南大学学报(自然科学版),2015,37(3):166-172.

[14] 李坚,栾树杰. 生物木材学[M]. 哈尔滨:东北林业大学出版社,1993.

[15] 鲍甫成,江泽慧. 中国主要人工林树种木材性质[M]. 北京:中国林业出版社,1998:419-423.

[16] 方红,刘善辉. 造纸纤维原料的评价[J]. 北京木材工业,1996,16(2):19-22.

[17] 周崟,卢鸿俊. 落叶松间伐幼龄材的材质及其造纸性质兼论短轮伐期的造林问题[J]. 林业科学,1980,24(3):163.

责任编辑:陈旭

(上接第 225 页)

[5] 何金璐. 文化自信视角下大明宫国家考古遗址公园旅游体验质量研究[D]. 西安:西北大学,2019.

[6] 户婷婷. 濮阳市戚城文物景区活动和讲解途径[J]. 文物鉴定与鉴赏,2021(7):140-142.

[7] 李永蝶,周丽,许耘红. 基于行为心理感知的昆明市黑龙潭公园 POE 评价[J]. 西部林业科学,2022,51(1):148-154.

[8] 张雯倩,王梦瑶,杨芳绒. 基于使用后评价 POE 的遗址公园研究——以隋唐洛阳城国家遗址公园为例[J]. 林业调查规划,2021,46(3):191-196.

[9] 彭琬凌,翟辉,蒋凯峰. 基于使用后评价方法的城市公共空间研究——以保山市青华海公园西湖片区为例[J]. 建筑与文化,2020(8):143-145.

[10] 陈建华,孙穗萍,林可枫,等. 空间句法视角下传统村镇公共空间使用后评价[J]. 南方建筑,2022(4):99-106.

[11] 李晶,胡一可. 基于空间句法理论的开放式景区优化研究——以天津水上公园为例[J]. 中国园林,2018,34(S2):128-133.

[12] 谢玉航,杨荣清. 基于空间句法理论的遗址公园优化研究——以南京东水关遗址公园为例[J]. 安徽建筑大学学报,2020,28(5):42-49.

[13] 曾真,朱南燕,尤达,等. 基于模糊综合评价法的城市湿地公园游憩功能评价研究——以三明市如意湖湿地公园为例[J]. 中国园林,2019,35(1):51-55.

[14] 顾文芸,袁媛. 城市公共空间 POE 研究——以南京石头城遗址公园为例[J]. 中国林业经济,2014(2):57-60.

[15] 翟宇佳,吴承照. 城市公园总体满意度主要影响因素识别——基于不同年龄组使用者的分析[J]. 风景园林,2021,28(5):57-62.

责任编辑:刘平书

《林业调查规划》

2023 年(第 48 卷)论文总目次

论文文题 作者(期. 页码)

●森林经理

基于 GEE 平台结合 RF 和 SVM 算法的茶园提取研究 …… 钱 瑞,徐伟恒(1.1)
基于 GIS 和生态敏感性分析的城乡公园地块规划研究 …… 张 晶(1.7)
若尔盖高寒泥炭地土壤有机碳储量估算的误差分析 …… 白 冰,刘长峰,赵婧文,胡理乐,张鹏骞(2.1)
基于森林资源二类调查数据的森林生物量抽样设计对比研究 …… 田志艳,延原原,张 超(2.9)
基于 TerraSAR-X/TanDEM-X 数据的森林高度反演算法研究
…… 申 晨,岳彩荣,章皖秋,朱 腾,张金兰(2.16)
基于 Landsat 影像数据的香格里拉市优势树种蓄积量估测模型构建
…… 王飞平,张加龙,申茂华,薛雯芸,李坤美(2.26)
基于 ASD 与 Hyperion 高光谱数据的主要针叶树种分类研究…… 胡振华 张乔艳(3.1)
4 种绿化造林面积验收方法的比较研究 …… 王 奇,付卓新(3.7)
云南省岩溶地区石漠化土地动态变化研究…… 阮方佑,吴 宁,安 科,任晓东,彭正武,余正才(3.13)
基于 GIS 的洛阳市旅游度假区气候舒适度分析…… 冉 晨(3.36)
基于 GIS 的澳洲坚果在云南适宜种植区划分研究 …… 王翠华,文涌彬,任万竹(3.46)
北斗卫星定位系统在森林航空消防中的应用 …… 刘晓曦(3.50)
基于混合像元分解的庐山及周边林地遥感图像分析 …… 李大瑞,孙致源,贾 刚(4.1)
基于 GIS 的黄杉生长适宜性评价研究 …… 李继品,岳彩荣,孟翠萍,鲜明睿,程文龙,刘燕婕,刘晓波(4.13)
基于高分辨率航空遥感影像的林分因子智能识别技术研究 …… 李 琦,辛 亮,孟 陈(4.24)
基于 GIS 和生态敏感性分析的城乡公园地块规划研究 …… 许维磊(4.28)
基于 GIS 的武安市古树名木空间分布及影响因素研究…… 沈媛婷, 李良涛(5.1)
云南省云南松林碳储量变化趋势研究 …… 王海波,黄运荣,施凯泽,施俊美(5.8)
广西壮族自治区草原综合植被盖度监测研究 …… 江锦烽,杨承伶,陈国平,龙佳峰,苏树祥,黄文(5.15)
龙胜县森林火险等级区划 …… 文 娟,张 伟,王秋华,黄淑莹,莫奇京,阳文程,胡嘉春(5.20)
基于 Sentinel-2 影像的火烧迹地快速提取方法比较研究 …… 刘逸娴,张 军,唐 莹,龙玉兰(6.1)
基于 Landsat 的香格里拉市高山松地上生物量动态研究 …… 罗利彬,张加龙(6.7)
浙江省森林资源年度监测技术方法探讨 …… 周加全,宋 盛,叶正凯,何伟平(6.13)

●自然保护地

西藏定结县沙化土地封禁保护区沙地与植被演变特征研究 … 储小院,吴雪琼,欧 珠,普 琼,陈俊松(1.41)
论自然保护地整合类型 …… 韦 强,陈少丽(1.46)
浅谈保护与发展共赢的可持续社区发展模式 …… 和益升(1.51)
轿子山国家级自然保护区重点保护植物生存状况及保护建议
…… 王昌洪,涂俊超,王昌梅,赵云勇,董洪进,蒋 波(2.75)

双柏恐龙河州级自然保护区种子植物区系特征 … 郑进烜,郑静楠,余昌元,王焕冲,蔡文婧,蒋丽华(2.80)
双柏恐龙河州级自然保护区保护价值评价…… 黄 荣,张良实,余昌元(2.85)
五道峡自然保护区锐齿槲栎群落物种组成与群落特征研究
…… 刘苗苗,邓正斌,李怀祥,任 帅,祝文龙,汪正祥(3.53)
基于InVEST模型的北京市延庆区自然保护地生境质量评估 …… 岳建兵,胡理乐(3.59)
广东省自然保护地破损山地现状及生态修复对策研究 …… 李纪友,徐期瑚,朱宏伟(3.67)
澳大利亚国家公园步道建设及启示 …… 唐 超,蒋爱伍(4.50)
卧龙自然保护区珙桐林下资源调查初报…… 叶 平,谭迎春,马联平,张清宇,刘明冲(4.57)
怒江州自然保护地现状与保护空缺分析 …… 崔茂欢,梁建忠,杨国斌(4.64)
“一带一路”建设下西双版纳保护区跨境合作保护研究 …… 杨 南,王 斌,文芒才,王利繁(4.69)
陕西汉中朱鹮国家级自然保护区空间优化研究 …… 王腾飞,王国峰,王亚萍,雷雅凯(5.83)
双柏县自然保护地整合优化分析
…… 李 晋,杨忠兴,徐吉洪,华朝朗,陶 晶,晁增华,罗怀秀,俞 瑶,龚纯伟(5.92)
五莲峰市级自然保护区种子植物区系研究 …… 赵金发,刘 娟,陈 峦,张永洪,汤明华(5.98)
郑州北龙湖湿地公园花境植物应用研究 …… 雷 天,王 霄,尤 其,聂雅心,王鹏飞(5.104)
甘肃连城国家级自然保护区天保工程二期效益综合评价
…… 蔡万旭,李文涛,瞿学方,蒋长生,李小刚,杜小发(5.109)
新生桥国家森林公园种子植物多样性及区系特征研究 …… 崔茂欢,胡昌平,梁建忠,杨建军(5.115)
云南铜壁关省级自然保护区药用植物资源多样性研究
…… 杨维雄,徐钡昌,尹建华,李红萍,李素会,顾淑丽(5.121)
永善县五莲峰市级自然保护区生态质量评价 …… 汤明华,刘 娟,李 勇,赵金发(5.126)
广东省自然保护地人类活动变化及对策探讨 …… 李纪友,杨志刚,黎颖卿(6.58)
基于WPS邮件合并功能实现自然保护地勘界立标定标点登记表的批量生成 …… 杨淑娇(6.64)
内蒙古毛登牧场国家草原自然公园规划…… 程燕芳,汤惠敏,夏 磊,刘永杰,陈俊松(6.68)

●动植物

利用红外相机调查五道峡自然保护区鸟兽资源及节律特征
…… 李怀祥,李亭亭,邓正斌,陈荣友,祝文龙,任 帅,汪正祥(4.73))
基于红外相机技术的雷公山国家级自然保护区鸟类调查研究
…… 吴必锋,古定豪,余德会,李 萍,唐秀俊,王泽文(4.81))
太原市居住区绿地植物多样性特征及其与社会经济因素相关性研究
…… 刘亦涵,武小钢,杨秀云,陈小平,王春玲,王 蓉(4.86)
沿纬度梯度的3个热带森林动态监测样地的兽类和鸟类红外相机监测
…… 张 兰,和雪莲,Supparat Tongkok,袁盛东,刘 峰,Anuttara Nathalang,Warren Y. Brockelman,闫兴富,林露湘(5.131)
生态伦理视域下的野生动物保护 …… 董前程,王慧芬(5.139)
基于生态位模型的云南野生茶树适宜性分析与评价…… 宋永全,王文权,周 杭,孙在红(5.146)
基于红外相机的大果红杉物候及观赏特征研究
…… 提 布,斯那此里,杨建强,张鹏万,江次农布,木艳春,马运军,和雁楠,斯那劳丁,史 岩,和春菊(5.152)
泡核桃林昆虫群落结构及其摄食功能研究 …… 李国锋,梅徐海,王春梅,吴兴兴,盛春勇,杨 帆(6.86)

巧家马树省级重要湿地维管植物多样性调查研究 …… 董 磊,夏绪银,秦 燕,吴富勤(6.97)
西双版纳鸟类多样性研究 …… 姜志诚,陈 典,曹光洪,曾熙雯,段禾祥(6.102)
滇南苏铁种群结构与分布格局研究 …… 郑静楠,郑进烜,王 勇,吴富勤,董 磊,郭汝平,苏贤海(6.108)
云南祥云水目山鸟类多样性研究 …… 杨建军,王荣兴,王有兵,刘起斌,姜健发,杨国斌(6.114)

●生态系统

香格里拉普朗尾矿区工程边坡植被恢复调查研究 …… 邹国富,黄云朝,杨继清,朱 辉,雍伟勋(4.191)
香格里拉市泥炭沼泽生态系统服务功能价值评估 …… 刘 茜,沙剑斌,吴 婧,秦 燕,蒋丽华(4.197)
高原湖泊型湿地生态系统服务价值评估研究
…… 付元祥,马国强,王亚萍,李秋洁,魏 雯,王德芬,余 刚(4.202)
昭通市退化草地修复技术研究 …… 邓 军(4.207)
对生态学的再认识 …… 王 磊(4.213)
国内外城市河岸带近自然植物群落构建研究评述 …… 王 睿,朱 玲,胡振国(5.44)
2000-2018 年云南省易门县植被指数时空动态变化及影响因素分析
…… 李晓娜,邓忠坚 ,王秋华,张卓亚,王玉和(5.49)
人类活动干扰下云南油杉群落物种组成及多样性研究 …… 李 雯,乔 璐,李潇晗,刘 平,唐宗英(5.56)
清水河水库工程影响区生态系统服务价值评价…… 马士龙,段 妍,孟繁斌(5.61)
郑州市数码公园不同植物群落对 $PM_{(2.5}$ 和 PM_{10} 浓度的影响研究 … 王柄权,赵佳伦,孙晓燕,张 凌(5.70)
宾川县乌龙坝亚高山草甸植物多样性调查研究
…… 王有兵,杨淑娇,李子光,胡昌平,杨国斌,杨建军,姜健发,李 静(6.74)
滇西北重要生态系统分布特征研究
…… 李 晋,徐吉洪,晁增华,华朝朗,陶 晶,龚纯伟(6.80)

●野生动物

昆明市国家重点保护陆生野生动物分布现状与保护策略 …… 张绍辉,马山俊,曾昭朝,章文杰(1.56)
基于环境公益诉讼视角的野生动物保护分析与完善 …… 苏伟,黄小旭(1.64)
西双版纳曼稿子保护区勐遮片区印度野牛活动研究
…… 张 潞,宋晓陈,王云飞,文世荣,召玉龙,张忠员(1.70)
绿孔雀在中国的现状及保护策略 …… 王怡敏,刘 波(2.89)
西双版纳勐满印度野牛生境利用初探…… 张忠员,张 潞,王云飞,召玉龙,甘忠莉,马 驰(2.93)
中老边境跨境区域亚洲象联合保护探究 …… 召玉龙,李有寿,李金华,王利繁,刘生强,吉尰,张忠员(2.97)
湛江市中澳友谊花园鸟类多样性研究 …… 吴晓东,陈浩荣,罗雨薇(3.120)
基于红外相机的云南无量山国家级自然保护区南涧段野生动物调查 …… 时国彩(3.126)

●生态旅游与森林康养

基于 PMC 指数模型的我国乡村旅游政策量化评价 …… 杨 萌,孟旭生(1.131)
基于网络文本与 IPA 模型分析的上海共青森林公园旅游形象感知研究 …… 杜依璠,李东升(1.138)
陕南旅游景点质量评估体系及安康市旅游产业发展研究 …… 袁 蓉,赵临龙,陈影颖(2.142)
基于生态环境保护的旅游村落规划设计 …… 刘 璐(2.149)
旅游开发中的情景营造与情感体验研究 …… 陈艳桃,郭贞梅,张 巧(2.154)
西南民族地区乡村旅游重点村空间分布特征及影响因素研究 …… 朱 勇(2.160)
西双版纳自然教育资源现状调查研究 …… 宋志勇,万正林,王云飞,文芒才,杨 南(5.157)

基于国内外国家公园差异的生态旅游可持续发展策略研究 …… 张思嘉,刘宇翔(5.162)
"桃源"空间营造探析 …… 刘美玲,易小林(5.167)
基于TACSI-IPA评价的洛阳银滩农业观光园景观优化策略研究 …… 张 震,燕亚飞,李东升(5.176)
基于数字信息模型的城市湿地公园生态分析与评价 …… 马文娟,王训迪,张 萌(6.159)
城郊森林公园康养资源评价及优化路径研究…… 李喜梅,赵君静,高春雨,廖晓宇,秦 怡,陈明珠(6.166)
康养旅游视角下近郊型乡村景观评价…… 杨振江,梁朋惠,高士勤,王 献(6.173)

●生态建设

基于“乡村绿化”数据的怒江州生态安全格局研究 …… 蒋 琳,马宝才(1.104)
我国林业碳汇交易法律制度的完善路径研究 …… 龙 乔(1.110)
县域自然保护地水源涵养功能重要性地位评价研究 …… 陈和彦,钟正玉,查天伟(1.114)
自然教育视角下生态型农庄的场地构思与营造策略…… 黄 燕,张亚琼,赵梓娟,罗媛媛(2.115)
基于植被覆盖度的剑川县森林城市创建潜力研究 …… 王 群,李 玥,刘兴波,张 英,李金星(2.120)
我国草原修复成效评价指标体系构建探究 …… 陈俊松,张英团,刘永杰,赵磊磊,冷从斌(2.125)
碳中和战略下林业碳汇引入生态修复司法之效能探究…… 晋 海,刘新虎(3.130)
信息产业创新生态系统的测评与提升 …… 刘 静(3.137)
陕西省农业面源污染与农业经济发展关系实证研究 …… 张盉微,康 健,张亚晴(3.143)
基于生态敏感性评价的森林公园生态保护及利用研究 …… 邱 雯,黄启堂(6.34)
基于动景再框和电影剪辑类比研究的采矿废弃地景观重构…… 包平安,李 闵,刘路祥(6.41)
元江干热河谷困难立地植被恢复技术 …… 赵保荣,杨春凤(6.48)
广东省自然保护地生态修复条件分析与对策研究 …… 朱宏伟,徐期瑚,文昌宇,李纪友(6.53)

●研究与探索

异叶南洋杉人工林木材生材性质研究…… 邓福春,罗青竹,刘 衡,韦鹏练,符韵林(1.13)
喀斯特地区植被NPP对城市热岛效应降缓程度研究 …… 杨君楠,狄光智(1.18)
宜良县2010-2020年土地利用时空演变分析 …… 陈春旭,王 锦,王影雪,况景行(1.23)
呼和浩特地区土壤浅层温度变化特征及影响因素研究 …… 刘星岑(2.46)
基于ArcGIS宏观地形因子的望谟河流域地质灾害与地貌特征分析 …… 高 蜻(2.52)
大理市园林应用榕属植物的低温适应性研究…… 杨忠文,杨锐铣,张玉信,李雄军,马 立(2.57)
云南松近年来研究进展 …… 太廷惠,杨 兴,申腾朝,王 焘(2.61)
1992-2021年抚仙湖海口水生态环境指标COD_{Mn}变化趋势及影响因素研究 …… 贺克雕(3.19)
不同处理方式对八角莽草酸和茴香油含量的影响 …… 黄梦娇,符韵林(3.25)
义乌市建设用地空间格局变化及驱动力分析 …… 虞献军,岁秀珍,朱忠军,陈 浩(3.29)
基于R软件包(4.Polysat的巴山木竹多倍体植物微卫星数据处理 …… 余 鸽,龙凤来,张 莹,刘建军(4.33)
广西石漠化地区环境因子对土壤肥力的影响研究…… 邓 利,彭小裕,黎良财(4.39)
大清河流域径流变化趋势分析…… 申彦科,陈海梅,谭 杰(4.44)

●森林资源管理

山东省森林资源质量变化及其与年均温关系研究…… 王 丽,李宗泰,刘焕彬,刘 政,张金良,李善文(1.74)
云南省国家储备林建设 …… 郑静楠,郑进烜,王 纬,王 勇(1.79)
富源县“十三五”期间建设项目使用林地情况及对策 …… 刘文辉(1.83)

尧山野生草本植物资源调查及分析 …… 黄宾芯,石 伟,化晨肖,王鹏飞(1.87)
云南省第二次调查重点保护野生植物区系特征…… 郑静楠,郑进烜,王 勇,吴富勤(2.101)
我国公益林生态补偿法律制度研究 …… 张倩月(2.106)
昆明市妙高寺古树植物群落植物资源调查与分析…… 张昆锐,李红旭,陈 洁,李菊彩(2.110)
基于 MapGIS 的林业地理信息栅格图像数据矢量化方法 …… 陈和彦,张礼娜,巫金明(3.101)
青海省格尔木市名木"将军树"价值评估 …… 贾东瑾,任 枫,刘翔宇(3.104)
桐梓县林地质量等级评定与合理利用分析 …… 郑先容,江均其(3.109)
对曲靖市公益林生态效益补偿机制的思考 …… 沈柳青,段 薇,赵 俊(3.115)
云南省森林资源监测及预警系统的构建研究 …… 洪焰泉(4.131)
柳州市市辖区古树名木资源特征分析 …… 唐 琳,郭 松(4.137)
广东理工学院鼎湖校区园林植物资源调查与评价 …… 张铭亦,黄秋燕(4.146)
新平县古树群特征及地理分布分析…… 李梦婷,李永宁,赵文军,王 娟(4.153)
广东省湿地资源管理系统的设计与实现 …… 屈 明,刘新科,李艳丽,曾盛生,蒋 彤(6.17)
辽宁省国家级公益林成效监测与评价研究 …… 陈 静,于世勇(6.23)
我国森林生态补偿法律制度研究 …… 马友佳(6.28)

●森林培育

光皮桦生长与环境因子的关系研究 …… 蓝柳凤,林 建,韩俊学(1.153)
基于激光雷达技术的郑州市行道树空间围合度研究…… 王 霄,李 垚,张旭光,卢伟娜,王旭东(1.158)
大兴安岭不同冻土活动层对兴安落叶松生长和更新的影响 …… 刘雅楠,铁 牛,刘 洋(3.162)
不同处理对神黄豆种子发芽的影响 …… 保 华,贺 圆,管朝旭,黄 键,马双陆,徐云红(3.169)
武定县湿加松引种试验初探 …… 李春文(3.175)
云南红河州 19 个草品种适应性栽培试验
…… 杨忠伟,普静和,李宏伟,胡永军,陈建功,傅 涛,何汉凤(3.178)
模拟酸雨对广西 4 个树种苗木叶绿素含量的影响 …… 周顺福,李春叶(4.177)
不同种源高山栲苗期生长及生理分析 …… 王顺利,张春华,戚建华,毛晓佩,孙永玉(4.182)
不同授粉方式对岑溪软枝油茶家系林座果率的影响研究
…… 刘德承,姚国琼,彭雪迪,吴国文,王劲松,李付伸,吴方圆,黄志强(4.188)

●森林经营

西藏森林抚育管理存在的问题及对策研究 …… 李 锐,杜 志(1.145)
交趾黄檀幼林施肥效应分析…… 张 春,杨晓燕,张锦耀,黄俊鹏,李阿池,陈洲妍(1.149)
金佛山方竹不同类型竹苗造林对苗木生长及发苗(笋)的影响研究初报
…… 白祖云,魏洪兵,骆思霜,孔晓燕,张高琦,朱培英,刘树钿,袁联金,罗 刚(2.183)
高山草甸的经营发展模式探讨 …… 李 飞(2.188)
叶面喷施磷酸二氢钾铵对猕猴桃果实发育和品质的影响研究
…… 杨 慧,李 琦,伍 峥,郭世泽,唐天睿,杨学虎(2.193)
广西桉树林下植被抚育现状调查与分析
…… 王会利,何福英,陆星任,农 慧,宋贤冲,苏 寒,付 军,覃鹏飞,曹继钊(3.148)
疏伐对促进红松果林生长与结实的影响研究 …… 杨吉江,杨 军,肖 锐,杨 凯(3.153)

罗定市林下经济发展模式与生态扶贫效益研究 …… 叶剑锋,陆康英,刘喻娟,卢紫君(3.158)

●森林保护

云南山茶主要病害及抗病性分析 …… 普梅英,王 超,武自强,张诗文,顾 菊,崔雨丝(1.28)
云南省德钦县草原病害调查研究 …… 平涛有(1.36)
森林燃烧中的火焰特征研究进展 …… 杨昊东,高开明,王秋华,张文文,王 劲,宋春显,龙腾腾(2.65)
大姚县全国第三次林业有害生物普查存在的问题及建议 …… 杨 华(2.70)
北京市杨树溃疡病病原真菌防治研究 …… 李大瑞,贾 刚,孙致源(3.85)
基于 MaxEnt 模型预测日本松干蚧在贵州省的潜在分布 …… 周 宇,陈 波,周菁婧,陈春旭(3.92)
巍山县核桃蚜虫天敌优势种研究 …… 谢青海,杨进波,易小光,宇红军,杨月红,杨士达(3.97)

●森林土壤

城市绿地土壤酸碱度特征分析 …… 李超明,汪瑞军(3.72)
不同干扰类型下的白桦次生林土壤理化性质研究 …… 于晓雨,铁 牛,萨如拉,呼日查(3.78)
施用基肥对杉木幼苗生长及土壤有效养分的影响 …… 张宏旺,陆星任,林海能,唐 健,石媛媛(6.138)
施肥对云南松生长及其器官和土壤养分的影响
…… 彭思华,余 杰,李莲芳,王慷林,陈 超,毛家伟,郭太堂(6.144)
云南松林土壤水文特征对计划烧除的响应 …… 杨建光,赵雨田,黎建强,杨学平(6.151)

●林草灾害

基于层次分析法的北京动物园动物运动场地被植物综合评价 …… 崔雅芳,崔潇心,李艳辉,张恩权(4.94)
善洲林场林分特征与火灾防控研究 …… 左军宏,王金波,王加庆,王 劲,张文文,王秋华(4.100)
内蒙古大兴安岭林火与气象因子关系研究 …… 李 婧,白斯古楞,虎日乐,李贺新,郭景怡,安慧君(4.105)
保山精品咖啡产区小粒种咖啡病虫害种类调查及防治对策
…… 付兴飞,胡发广,程金焕,黄家雄,李亚麒,李亚男,娄予强,吕玉兰,王健敏,邰杰,李贵平(4.110)
玉溪市红塔山自然保护区病虫害调查与防治 …… 陆俊宇,王宏勋,黄 燕,段凤莉,康晓燕(6.118)
基于 DRIS 法的大花序桉苗期"黄化症"苗圃营养状况诊断
…… 覃祚玉,唐 健,覃其云,石媛媛,邓小军,潘 波(6.125)
广东省松材线虫病疫情防控形势与策略
…… 杨超裕,陈传国,姜 杰,张阳锋,许文安,谭志权,陈黄礼,卢雅莉,莫宝盈,熊 清(6.132)

●森林公园

佛山市城市公园主题植物景观的美景度评价 …… 李 鑫,张学平,殷爱华,万利鑫,文珊娜,王冰清(2.129)
云南章凤国家森林公园旅游资源调查与评价 …… 罗怀秀,陶 晶,晁增华,杨忠兴,张 伟(2.136)
场所精神在带状公园设计中的体现手法研究 …… 卜其珍,苏 维,王 鑫(3.196)
云南章凤国家森林公园范围调整研究 …… 罗怀秀,晁增华,陶 晶,李 泽,杨忠兴(3.202)
普达措国家公园森林生态系统服务价值评估与分析 …… 赵玉堂(3.208)

●林草碳汇

北京环球影城地区景观廊道低碳建设途径研究 …… 陶远瑞,姚楚怡(4.115)
市场化与绿色金融对我国碳中和目标的影响研究 …… 张凯彦,李世刚(4.120)

草类—兴安落叶松渐伐林固碳研究…… 郭景怡,岳永杰,邵建勋,李 婧(4.124)

●林草产业

云南省核桃产业大数据中心构建探究 …… 向艳平,叶树祥(4.161)
遵义市花椒产业发展现状及对策 …… 陈春旭,潘 浪,祝晓云,周 宇,张开艳(4.166)
基于 SWOT 分析的陕南康养产业发展对策研究 …… 迟超楠,卓娜,杨玉淇,赵耀鹏,陈绪敖(4.171)
临沧主栽核桃品种坚果特性及营养成分评价
…… 杨玉春,唐永奉,张晓丽,郑晟靖,王红颜,石定宏,罗国发(5.181)
森林资源富集区魔芋产业与林下经济协同发展机制研究 …… 薛焕霞,张依梦(5.185)

●智慧林草

北京市不同功能分区的乔木林储碳功能对比研究…… 韩 艺,张 峰(5.26)
基于 GIS 的城市公园可达性研究 …… 王 铭,杨芳绒,杨 俊,王 柳(5.32)
ArcGIS Data Reviewer 在林业矢量数据质量管理中的应用…… 段晓飞(5.37)

●景观规划

基于 AHP 的巩义市海上桥村视觉景观评价研究 …… 冯 艳,李 丹,刘 畅,赵濛濛,孔德政(2.167)
乡愁视角下的乡村景观营造策略 …… 赵明辉,李东升,崔亚召(2.172)
城市湿地景观生态规划设计的目标及内容探讨 …… 裴咏洁(2.178)

●论坛

经济林生产机械装备用户需求分析 …… 邓伟芬,蒋天久,荆常家,赵 征,赵亚波(1.165)
生态产品资源富集山区人民贫困成因、扶贫模式与脱贫攻坚成果巩固路径
…… 蒋 凡,肖正正,王永富(1.172)
赤水河流域绿色高质量发展困境及对策 …… 赵 荟(1.177)
基于 PEST-SWOT 模型的商洛市乡村旅居养老产业发展分析 …… 张晓文,房 琳,贠 航,李梦姣(1.181)
乡村振兴背景下福建省花卉苗木产业发展研究 …… 王 丹,陈秀兰,徐学荣(2.197)
基于永续发展视角的欧盟绿色新政研究…… 崔巧玲,雷 玲(2.202)
基于微更新理念的乡村庭院营造实践 …… 崔亚召,李东升,赵明辉(2.206)
基于 CiteSpace 的《林业调查规划》期刊 2018—2022 年刊载文献的可视化研究 …… 刘允杰,许易琦(3.182)
活立木市场交易价格影响因素研究 …… 邓伟芬,蒋天久,陈 明,林露花,吴联杯(3.188)
河南省园林花境竞赛及城市花境建设探析 …… 梁文玉,孔德政(3.192)

●生物多样性

寻甸黑颈鹤省级自然保护区昆虫多样性初步调查与分析
…… 张一鸣,黄 键,王 革,熊忠平, 赫尚丽,熊鑫鑫(2.32)
林分密度对蒙古栎林下草本植物多样性的影响研究
…… 王义贺,郭 鑫,姜海燕,丛 林,张旭州,史东明,白 慧(2.40)

●林火研究

灌木林火灾研究综述 …… 王志鹏,张文文,王秋华,王亚荣, 龙腾腾,宋春显,李梦远,李 岩(1.120)
嫩江市森林防火规划探讨…… 王 耀,贾 刚,王小昆(1.125)

●资源评价

基于网络文本与 IPA 分析法的郑州植物园游憩资源评价 …… 丁皓雪,袁德强,王佳惠,王鹏飞(1.92)

郑州市 10 种常见行道树健康评价 …… 朱秀红,管 飞,茹广欣(1.99)

●其他

粮食安全背景下实现食品与生态安全的法律路径 …… 郑慧妮(5.212)
呼和浩特市近 60 年生长季地温变化特征分析…… 李寅龙,刘星岑,刘晓敏,塞 丫,王志楠(5.218)
模拟酸雨对广西 4 个树种苗木生长的影响研究 …… 周顺福,李春叶(5.225)
不同林下种植滇黄精产量及有效成分含量研究
…… 徐钡昌,段丽华,杨维雄,杨利明,罗志传,严 毅(6.215)
基于空间句法和模糊综合评价法的濮阳戚城遗址公园使用后评价
…… 杨柳烟,刘瑞洁,刘保国(6.220)
琼楠人工林木材纤维形态径向变异研究…… 杨钦潮,黄平升,刘 衡,符韵林(6.226)

●园林绿化

基于 TOD 开发模式的风景园林规划设计研究 …… 刘玉清(1.188)
交互性设计在老旧小区景观改造中的应用研究 …… 陈思达,冯 艳,王冬梦,张 凌,刘艺平,孔德政(1.193)
郑州市道路绿地乔–灌型植物配置对大气颗粒物的影响
…… 赵冰锐,王翼飞,华 超,汪安印,尤啸龙,宋芳琳,贺 丹(2.212)
春夏秋冬主题园设计 …… 陈利红,郭兵义,任艺伟,武小钢,曹 晔(2.219)
基于无锡尚林苑造园艺术的新江南园林范式探究与实践 …… 梁文玉,孔德政,王文姬,甄月惠(2.225)
洛阳市高架桥桥阴光照特征与绿化建议 …… 王 鑫,苏 维,卜其珍,张鹏发(3.214)
黔南州传统村落植物景观营造研究 …… 孙连群,黄雪雯,蒙彭帅(3.222)
人居语境下的历史园林植物景观保护与发展模式研究 …… 施 皓(3.227)
文化主题性公园造园特色及策略研究 …… 梁文玉(4.216)
对后疫情时代园林设计的再思考 …… 聂雅心,张旭光,张书文(4.220)
桃金娘科引鸟植物在华南地区园林绿地的生态景观营造研究…… 何卓彦,丘燕芬,罗 连,林石狮(4.226)
基于 SBE 法的园林景观植物颜色配置研究 …… 邱 雯,唐必成,黄梓良(5.192)
福建省屋顶绿化现状调查与分析 …… 李甜甜,朱云君,王睿昕,杨松敏,吴美强,李房英,彭东辉(5.196)
基于改进目标进化算法的城市园林 GIS 数据均衡化技术研究 …… 朱海苍,康 骏,杨志伟(5.201)
城市公园植物群落特征及空间量化评价研究 …… 孙宁宇,唐世斌(5.207)
基于 SD 法的郑州市人民公园植物景观评价研究…… 杜 莹,牛任远,张泽玉,秦 雪(6.180)
郑州黄河风景名胜区文化景观认知与保护研究 …… 刘瑞洁,杨柳烟,刘保国(6.187)
郑州凤山森林公园植物季相景观研究 …… 胡宗上,高健康,刘保国(6.194)
北京动物园植物应用调查与分析 …… 李艳辉,崔雅芳,郭金辉,张雨辰,牟宁宁(6.201)
基于改进型两步移动搜索法的广州市南沙区公园绿地可达性及公平性分析
…… 韩珊珊,柳翠明,桂大伟,陈可蕴,丁 叶(6.207)

第 48 卷终　　The End of Vol. 48

《林业调查规划》征稿简则

《林业调查规划》是全国性的林业科技类期刊，大16开本，国内外公开发行。本刊任务是报道林业和与林业有关的理论及实践研究成果、综合评述等。设有森林经理、“3S” 技术、森林资源管理、生物多样性、森林保护、林火研究、生态建设、自然保护区等多个栏目。本刊已被多个期刊数据库全文收录，为中国科技核心期刊和中国林业核心期刊，荣获首届《CAJ-CD规范》执行优秀期刊奖，在云南期刊奖评选中，连续两届荣获“优秀期刊奖”。

1 来稿要求

1.1 文章内容与字数：要求文稿真实、准确地反映当前林业生产、科研的新成果，内容具有先进性、科学性、实用性。来稿字数以 5 000~ 15 000 字为宜（含图表）。如为基金项目，请注明论文的基金资助名称和项目编号。

1.2 文题：文题要言简意赅，以不超过 20 字为宜。

1.3 署名：第一作者应是稿件的执笔人和修改人，作者之间用逗号“，”隔开。

1.4 单位：要写全称，并注明所在省（区）、市（县）和邮编。

1.5 摘要和关键词：摘要内容应完整准确概括论文的实质性内容，包括研究目的、方法、结果和结论等要素，并具有独立性和自明性，不加注释和评论，不用“本文”、“笔者” 等主语，字数控制在 300 字以内。关键词应选择紧扣文章主题、反映文章内容的单词、词组或术语3 ~ 8个，中间用分号“；”隔开。

1.6 正文：正文中的各层次标题用阿控伯数字连续编写，如1；1.1；1.1.1；2； 2.1……，顶格书写，层次划分不超过 3 级。

1.7 图和表：应有自明性，切忌与文字表述重复。插图要求用计算机绘制，图序和图题应标在图的下方；采用三线表设计，不要表墙，表中参数应标明量和单位符号。

1.8 量、单位和符号：请使用法定计量单位，量名称及符号、单位、数字等应符合国家标准，书写要规范，外文字母和符号必须注明大小写、正斜体及上下角标。例如：长度单位：km、m、cm、mm；面积单位：hm^2、 m^2、dm^2、cm^2；体积单位：m^3、 L、mL；质量单位: t、kg、g、mg；时间单位：a、d、h、min、 s。

1.9 数字的写法：凡是可以使用阿拉伯数字且很得体的地方，均应使用阿控伯数字；公历世纪、年代、年、月、日均用阿拉伯数字。年代不能简写。

1.10 参考文献：只列出作者直接阅读过并已公开发表的主要文献，未发表的著作、论文集、内部资料不列入参考文献范围。采用顺序编码制，即按文中出现的顺序连续编号，并用阿拉伯数字加方括号标于文中适当位置的右上角，并与文末参考文献序码对应一致。著录格式如下：①期刊：[序号] 作者（3人以上须满足3人后加等）。篇名 [J] .刊名，年，卷（期）；起止页码. ②图书：[序号] 作者. 书名[M].出版地：出版单位，出版年：起止页码. ③论文集： [序号] 作者，篇名 [C] // 编著者. 论文集名. 出版地：出版单位，出版年：起止页码. ④电子文献： [序号] 主要责任者. 电子文献题名 [电子文献及载体类型标识]. 电子文献的出处或可获得地址，发表日期 / 引用日期（任选）参考文献类型代码分别为：普通图书 [M]、会议录 [C]、汇编 [G]、报纸 [N]、期刊 [J]、学位论文 [D]、报告 [R]、标准 [S]、专利 [P]、数据库 [DB]、计算机程序 [CP]、电子公告 [EB]。电子文献载体类型标志如下：磁带 [MT]、磁盘 [DK]、光盘 [CD]、联机网络 [OL]。对于专著、论文集中析出的文献，其文献类型标识采用“ [C] // ”，对于圈书中析出的文献采用“ [M] //”，对于其他未说明文献类型的标识采用 [Z]。每一参考文献条目的最后均以“.”结束。

作者对以上要求如有不明，可参考本刊近期文章或咨询编辑部。投稿前请对稿件认真逐项修改，补充有关内容。

2 投稿与稿件处理

1）投稿前，请登录本刊网站（http: /www.yunnanforestry.cn：8099/ch/index.aspx）认真阅读本刊征稿简则中的各项说明，邮箱（ynfip@vip.163. com）投稿后请电话（0871– 63318347）告知编辑部以便查对。

2）本刊实行严格的审稿制度，稿件送相关专家审阅，并由编委会讨论定稿。来稿请勿一稿多投。编辑部收稿后将在 10 日内通知作者审稿结果。

3）来稿一经刊用，将按规定收取专家审稿费，根据论文所占版面情况收取论文发表费，并付给作者稿酬。具体数额以本刊所发通知为准。来稿所在当期期刊出版后，本刊将寄赠作者2册期刊。对具创新性、高质量稿件，优先安排发表，并根据创新性水平减、免审稿费和版面费，稿酬从优。

4）文稿的文责由作者自负，署名作者的人数和顺序由作者自定。本刊已许可中国学术期刊（光盘版）电子杂志社在中国知网及其系列数据库产品中以数字化方式复制、汇编、发行、信息网络传播本刊全文。该社著作权使用费与本刊稿酬一并支付。 作者向本刊提交文章发表的行为即视为同意上述声明。本刊同时加入了万方、维普等多家数据库，作者稿件一经录用，将同时被上述数据库收录，如作者不同意收录，请在投稿时提出声明，否则将视为同意收录。

5）本刊编辑部保留对来稿进行必要的文字修改、删节的权利，如作者不允许修改，请在来稿中注明。

- 中国科技论文统计源期刊（中国科技核心期刊）
- 《中文核心期刊要目总览》来源期刊
- 《中国学术期刊综合评价数据库》统计源期刊
- 《中国知网》《中国学术期刊（光盘版）》全文收录
- 《中文科技期刊数据库》全文收录
- 《超星期刊数据库》全文收录
- 《中国林业文摘》收录
- 2009 年评为云南省优秀期刊
- 2012 年评为云南省优秀期刊
- 2022 年被评为“西牛计划”之优秀中文科技期刊

林 业 调 查 规 划
LINYE DIAOCHA GUIHUA
（双月刊，1976年创刊）
2023 年 11 月 第 48 卷 第 6 期

Forest Inventory and Planning
（Bimonthly，Started in 1976）
Vol.48 No. 6 Nov. 2023

主管单位	云南林业和草原局	**Administrated by**	Yunnan Forestry and Grassland Administration
主办单位	云南省林业调查规划院	**Sponsored by**	Yunnan Institute of Forest Inventory and Planning,
主　　编	胡宗华	**Editor in chief**	HU Zonghua
编辑出版	《林业调查规划》编辑部	**Edited & Published by**	Editorial Department of Forest Inventory and Planning
地　　址	昆明市人民东路289号	**Address**	289 East Renmin Road, Kunming,China
邮　　编	650051	**Post Code**	650051
电　　话	0871-63318347，63332538	**Telephone**	0871- 63318347，63332538
Email	ynfip@vip.163.com	**Email**	ynfip@vip.163.com
印　　装	昆明锦润印刷有限公司	**Printed by**	Kunming JINRUN Printing Co.,Ltd.
订　　购	全国各地邮政局	**Distributed by**	All Local Post Offices in Chin

刊号：ISSN 1671-3168
CN 53-1172/S

国内定价：20.00 元（全年 120.00 元）

广告经营许可证号：5300004000093
邮发代号：64-100

ISSN 1671-3168