

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2期  
Vol.48 No.2

2023 2

云南省林业调查规划院 主办  
西南地区林业信息中心



# 林业调查规划

LINYE DIAOCHA GUIHUA

# Forest Inventory and Planning

(双月刊 1976年创刊)

第48卷第2期(总第254期) 2023年3月

(Bimonthly, Started in 1976)

Vol. 48 No. 2 (Sum No. 254) Mar. 2023

主办单位 云南省林业调查规划院  
西南地区林业信息中心

Sponsored by: Yunnan Institute of Forest Inventory and Planning,  
Southwest Forestry Information Centre

## 《林业调查规划》编辑委员会

主任委员 胡宗华

副主任委员 温庆忠

委员 (按姓氏笔画排序)

王卫斌 王生 邓喜庆 孔德昌 龙廷位

艾建林 刘扬 许易琦 华朝朗 陈文红

张子翼 宋永俊 邹光启 杨光照 宋劲忻

余昌元 张程程 吴霞 周小平 欧光龙

岳彩荣 金瑛 施化云 钟明川 胡宗华

秋新选 陶晶 曹顺伟 温庆忠 董建昌

赖兴会 瞿林

## Editorial Board of Forest Inventory and Planning

Director of the Board: HU Zonghua

Associate Director of the Board: WEN Qingzhong

Members:

WANG Weibin, WANG Sheng, DENG Xiqing, KONG Dechang,

LONG Tingwei, AI Jianlin, LIU Yang, XU Yiqi, HUA Chaolang,

CHEN Wenhong, ZHANG Ziyi, SONG Yongjun, ZOU Guangqi,

YANG Guangzhao, SONG Jinxin, YU Changyuan, ZHANG Chengcheng,

WU Xia, ZHOU Xiaoping, OU Guanglong, YUE Cairong,

JIN Ying, SHI Huayun, ZHONG Mingchuan, HU Zonghua,

QIU Xinxuan, TAO Jing, CAO Shunwei, WEN Qingzhong,

DONG Jianchang, LAI Xinghui, QU Lin

## 《林业调查规划》编辑部

主编 胡宗华

副主编 许易琦

编辑部成员 刘平书 许易琦 陈旭

杨峻熔 张瑞君

## Editorial Department of Forest Inventory and Planning

Chief Editor: HU Zonghua

Associate Editor: XU Yiqi

Editor: LIU Pingshu, XU Yiqi, CHEN Xu,

YANG Junrong, ZHANG Ruijun

英文责编 杨峻熔

English Editor in Charge: YANG Junrong

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

云南省林业调查规划院

邮编 650051

Post Code: 650051

电话 0871-63318347; 63332538

Tel: 86-0871-63318347; 63332538

传真 0871-63318347

Fax: 86-0871-63318347

电子邮箱 ynfip@vip.163.com

Email: ynfip@vip.163.com

<http://www.yunnanforestry.cn;8099/ch/index.aspx>

<http://www.yunnanforestry.cn;8099/ch/index.aspx>

印刷 昆明锦润印刷有限公司

Printed by: Kunming Jinrun Printing Co., Ltd.

国内发行 中国邮政集团公司云南省分公司

Distributed by: Yunnan Branch of China Post Group Co., Ltd.

订购 全国各地邮政局

Subscription Office: Post Bureau of China

中国标准连续出版物号 ISSN 1671-3168  
CN 53-1172/S

ISSN 1671-3168  
CN 53-1172/S

广告经营许可证号 5300004000093

Ad. Licence: 5300004000093

国内定价 20.00元(全年120.00元)

Price(abroad): 5.00 dollars(30.00 dollars yearly)



# 林业调查规划

第48卷 第2期

(总第254期)

2023年3月

## 目次

### ●森林经理

- 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(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(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(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(26)

### ●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(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(40)

### ●研究与探索

- 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(46)
- 基于 ArcGIS 宏观地形因子的望漠河流域地质灾害与地貌特征分析 ..... 高靖(52)
- 大理市园林应用榕属植物的低温适应性研究..... 杨忠文,杨锐铤,张玉信,李雄军,马立(57)
- 云南松近年来研究进展 ..... 太廷惠,杨兴,申腾朝,王焘(61)

### ●森林保护

- 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(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(70)

### ●自然保护区

- 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(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(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(85)

### ●森林动物

- 绿孔雀在中国的现状 & 保护策略 ..... 王怡敏,刘波(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(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,吉旭,张忠员(97)

### ●森林资源管理

- 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(101)
- 我国公益林生态补偿法律制度研究 ..... 张倩月(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(110)

### ●生态建设

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(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(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(125)

### ●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(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(136)

### ●生态旅游

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(142)

基于生态环境保护的旅游村落规划设计 ..... 刘璐(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(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(160)

### ●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(167)

乡愁视角下的乡村景观营造策略 ..... 赵明辉,李东升,崔亚召(172)

城市湿地景观生态规划设计的目标及内容探讨 ..... 裴咏洁(178)

### ●森林经营

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(183)

高山草甸的经营发展模式探讨 ..... 李飞(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(193)

### ●论坛

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(197)

基于永续发展视角的欧盟绿色新政研究..... 崔巧玲,雷玲(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(206)

### ●园林

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(212)

春夏秋冬主题园设计 ..... 陈利红,郭兵义,任艺伟,武小钢,曹晔(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(225)

春回茶园 ..... 张正友摄(封面)

云南怒江丙中洛 ..... 许易琦摄(封底)



## Contents

### ●Forest Management

- Error Analysis of Soil Organic Carbon Stock in Zoige Peatland  
..... BAI Bing, LIU Changfeng, ZHAO Jingwen, HU Lile, ZHANG Pengqian(1)
- Comparative Study on Sampling Design of Forest Biomass Based on Forest Management Inventory Data  
..... TIAN Zhiyan, YAN Yuanyuan, ZHANG Chao(9)
- Forest Height Inversion Algorithm Based on TerraSAR-X/TanDEM-X Data  
..... SHEN Chen, YUE Cairong, ZHANG Wanqiu, ZHU Teng, ZHANG Jinlan(16)
- Estimation Model Construction of Dominant Tree Species Volume in Shangri-La City Based on Landsat Image Data  
..... WANG Feiping, ZHANG Jialong, SHEN Maohua, XUE Wenyun, LI Kunmei(26)

### ●Biological Diversity

- Preliminary Investigation and Analysis of Insect Diversity in Xundian Black-necked Crane Nature Reserve  
..... ZHANG Yiming, HUANG Jian, WANG Ge, XIONG Zhongping, HE Shangli, XIONG Xinxin(32)
- Effects of Stand Density on Diversity of Understory Herbs in *Quercus mongolica* Forest  
..... WANG Yihe, GUO Xin, JIANG Haiyan, CONG Lin, ZHANG Xuzhou, SHI Dongming, BAI Hui(40)

### ●Research and Exploration

- Characteristics and Influencing Factors of Shallow Soil Temperature Changes in Hohhot Area  
..... LIU Xingcen(46)
- Geological Hazards and Geomorphic Characteristics of Wangmo River Basin Based on ArcGIS Macro Terrain Factors  
..... GAO Qing(52)
- Low Temperature Adaptability of *Ficus* Plants in Landscape Application in Dali City  
..... YANG Zhongwen, YANG Ruixian, ZHANG Yuxin, LI Xiongjun, MA Li(57)
- Research Progress of *Pinus yunnanensis* in Recent Years ..... TAI Tinghui, YANG Xing, SHEN Tengchao, WANG Tao(61)

### ●Forest Conservation

- Research Review of Flame Characteristics in Forest Combustion  
... YANG Haodong, GAO Kaiming, WANG Qihua, ZHANG Wenwen, WANG Jin, SONG Chunxian, LONG Teng(65)
- Problems and Suggestions of the Third National Forestry Pest Survey in Dayao County  
..... YANG Hua (70)

### ●Nature Reserve

- Survival Status and Protection Suggestions of Key Protected Plants in Jiaozishan National Nature Reserve  
..... WANG Changhong, TU Junchao, WANG Changmei, ZHAO Yunyong, DONG Hongjin, JIANG BO(75)
- Floristic Characteristics of Seed Plants in Shuangbai Konglonghe Nature Reserve  
..... ZHENG Jinxuan, ZHENG Jingnan, YU Changyuan, WANG Huanrong, CAI Wenjing, JIANG Lihua(80)
- Conservation Value Evaluation of Shuangbai Konglonghe Nature Reserve  
..... HUANG Rong, ZHANG Liangshi, YU Changyuan(85)

### ●Forest Animal

- Status and Conservation Strategy of Green Peafowl (*Pavo muticus*) in China  
..... WANG Yimin, LIU Bo(89)
- Habitat Utilization of *Bos gaurus* in Mengman of Xishuangbanna  
..... ZHANG Zhongyuan, ZHANG Lu, WANG Yunfei, ZHAO Yulong, GAN Zhongli, MA Chi(93)
- China-Laos Cross-border Joint Protection of Asian Elephants  
..... ZHAO Yulong, LI Youshou, LI Jinhua, WANG Lifan, LIU Shengqiang, JI Kui, ZHANG Zhongyuan(97)

### ●Forest Resource Management

- Flora Characteristics of Key Protected Wild Plants in the Second Survey of Yunnan Province  
..... ZHENG Jingnan, ZHENG Jinxuan, WANG Yong, WU Fuqin(101)
- Legal System of Ecological Compensation for Public Welfare Forest in China ..... ZHANG Qian(106)



Investigation and Analysis of Ancient Tree Community Resources in Miaogao Temple of Kunming  
..... ZHANG Kunrui, LI Hongxu, CHEN Jie, LI Jucui(110)

### ●Ecological Construction

Site Conception and Construction Strategy of Ecotype Farm from Perspective of Natural Education  
..... HUANG Yan,ZHANG Yaqiong,ZHAO Zijuan,LUO Yuanyuan(115)

Construction Potential of Forest City in Jianchuan County Based on Vegetation Coverage  
..... WANG Qun,LI Yue, LIU Xingbo,ZHANG Ying, LI Jinxing(120)

Construction of Evaluation Index System for Grassland Restoration Effectiveness in China  
..... CHEN Junsong, ZHANG Yingtuan, LIU Yongjie, ZHAO Leilei, LENG Congbin(125)

### ●Forest Park

Beauty Estimation of Theme Plant Landscape in Urban Parks of Foshan City  
..... LI Xin, ZHANG Xueping, YIN Aihua, WAN Lixin, WEN Shanna, WANG Bingqing(129)

Investigation and Evaluation of Tourism Resources of Zhangfeng National Forest Park in Yunnan  
..... LUO Huaixiu, TAO Jing, CHAO Zenghua, YANG Zhongxing, ZHANG Wei(136)

### ●Ecological Tourism

Quality Evaluation System of Tourist Attractions in Southern Shaanxi and Development of Tourism Industry in Ankang City  
..... YUAN Rong, ZHAO Linlong, CHEN Yingying(142)

Tourism Village Planning and Design Based on Ecological Environment Protection  
..... LIU Lu(149)

Scene Construction and Emotional Experience in Tourism Development  
..... CHEN Yantao, GUO Zhenmei, ZHANG Qiao(154)

Spatial Distribution Characteristics and Influencing Factors of Key Rural Tourism Villages in Southwestern Ethnic Regions  
..... ZHU Yong(160)

### ●Landscape Planning

Visual Landscape Evaluation of Haishangqiao Village in Gongyi City Based on AHP  
..... FENG Yan, LI Dan, LIU Chang, ZHAO Mengmeng, KONG Dezheng(167)

Construction Strategies of Rural Landscape from Perspective of Homesickness  
..... ZHAO Minghui, LI Dongsheng, CUI Yazhao(172)

Objectives and Contents of Urban Wetland Landscape Ecological Planning and Design  
..... PEI Yongjie(178)

### ●Forest Operation

Effects of Different Types of Bamboo Seedlings Afforestation on Growth and Seedlings(Shoots) of *Chimonobambusa utilis*  
..... BAI Zuyun, WEI Hongbing, LUO Sishuang, KONG Xiaoyan, ZHANG Gaoqi, ZHU Peiying, LIU Shudian,  
YUAN Lianjin, LUO Gang(183)

Management and Development Model of Alpine Meadows ..... LI Fei(188)

Influence of Foliar Application Potassium Ammonium Dihydrogen Phosphate on Fruit Development and Quality of Kiwifruit  
..... YANG Hui, LI Qi, WU Zheng, GUO Shize, TANG Tianrui, YANG Xuehu(193)

### ●Forum

Development of Flower and Seedling Industry in Fujian Province under Background of Rural Revitalization  
..... WANG Dan, CHEN Xiulan, XU Xuerong(197)

European Green New Deal Based on Perspective of Sustainable Development ..... CUI Qiaoling, LEI Ling(202)

Practice of Rural Courtyard Construction Based on Micro-renewal Concept  
..... CUI Yazhao, LI Dongsheng, ZHAO Minghui (206)

### ●Landscape Architecture

Effect of Arbor-Shrub Plant Configuration on Atmospheric Particulate Matters in Zhengzhou Road Green Space  
..... ZHAO Bingrui, WANG Yifei, HUA Chao, WANG Anyin, YOU Xiaolong, SONG Fanglin, HE Dan(212)

Design of Spring, Summer, Autumn and Winter Garden  
..... CHEN Lihong, GUO Bingyi, REN Yiwei, WU Xiaogang , CAO Ye(219)

Research and Practice of New Jiangnan Garden Paradigm Based on Landscape Design of Shanglinyuan Garden in Wuxi  
..... LIANG Wenyu, KONG Dezheng, WANG Wenji, ZHEN Yuehui(225)

Spring Returning to Tea Garden ..... Photographed by ZHANG Zhengyou (Front Cover)

Bingzhongluo of Nujiang in Yunnan ..... Photographed by XU Yiqi( Back Cover)



doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.02.001

## 若尔盖高寒泥炭地土壤有机碳储量估算的误差分析

白冰<sup>1</sup>, 刘长峰<sup>2</sup>, 赵婧文<sup>2</sup>, 胡理乐<sup>3</sup>, 张鹏骞<sup>4,5</sup>

(1. 北京市科学技术研究院资源环境研究所, 北京 100089; 2. 北京青远生态环境有限公司, 北京 102200;  
3. 国家林业和草原局调查规划设计院, 北京 100714; 4. 北京生物多样性保护研究中心, 北京 100076;  
5. 北京市园林绿化局, 北京 100013)

**摘要:**以样品采集和质量控制模式(SAX)为指导,通过合理的采样设计和数据分析方法,估算若尔盖泥炭地土壤表层有机碳储量的估计值及其置信区间,并使用 Robust 方差分析进行定量化的误差分析,计算 4 类误差来源(样地间差异、采样深度、样地内差异和样品测定)的误差贡献率。结果表明,若尔盖泥炭地表层土壤有机碳储量估计值为 43.21 kt/km<sup>2</sup>,其 99% 置信区间为 40.08~46.33 kt/km<sup>2</sup>;误差分析结果表明,误差大部分来自样地间差异(贡献率为 61.63%),远大于其他 3 类来源(采样深度:24.82%;样地内:10.85%;测定误差:2.70%);温度是最主要的样地间误差来源(贡献率为 24.13%),降水和人为干扰也是重要的样地间误差来源(贡献率分别为 21.02%和 17.08%)。

**关键词:**土壤有机碳;碳储量;碳密度;误差分析;若尔盖高寒泥炭地

中图分类号:S718.5;O241.1;S714.5;S141.6 文献标识码:A 文章编号:1671-3168(2023)02-0001-08

引文格式:白冰,刘长峰,赵婧文,等.若尔盖高寒泥炭地土壤有机碳储量估算的误差分析[J].林业调查规划,2023,48(2):1-9. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.02.001

BAI Bing, LIU Changfeng, ZHAO Jingwen, et al. Error Analysis of Soil Organic Carbon Stock in Zoige Peatland[J]. Forest Inventory and Planning, 2023, 48(2): 1-9. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.02.001

## Error Analysis of Soil Organic Carbon Stock in Zoige Peatland

BAI Bing<sup>1</sup>, LIU Changfeng<sup>2</sup>, ZHAO Jingwen<sup>2</sup>, HU Lile<sup>3</sup>, ZHANG Pengqian<sup>4,5</sup>

(1. Institute of Resources and Environment, Beijing Academy of Science and Technology, Beijing 100089, China;  
2. Beijing Qingyuan Eco-environmental Co., LTD., Beijing 102200, China; 3. Academy of Forestry Inventory and Planning, National Forestry and Grassland Administration, Beijing 100714, China; 4. Beijing Biodiversity Conservation Research Center, Beijing 100076, China; 5. Beijing Gardening and Greening Bureau, Beijing 100013, China)

**Abstract:** Guided by the Sampling and Analytical Quality Control Scheme (SAX), through reasonable sampling design and data analysis methods, the estimated value and confidence interval of organic carbon storage in in Zoige peatland were estimated, and the quantitative error analysis was carried out by the Robust variance analysis to calculate the error contribution rate of four types of error sources (inter sample difference, sampling depth, intra sample difference and sample measuring). The results showed that the estimated surface soil organic carbon storage of Zoige peatland was 43.21 kt/km<sup>2</sup>, and the 99% confidence interval was 40.08~46.33 kt/km<sup>2</sup>. The error analysis results showed that most of the errors came from the

收稿日期:2021-12-17.

基金项目:国家自然科学基金项目(41103041).

第一作者:白冰(1992-),男,山西应县人,硕士研究生.研究方向为污染场地修复与调查研究. Email:893408412@qq.com

责任作者:张鹏骞(1984-),男,山西太原人,副研究员,硕士.研究方向为生态学与自然保护地管理. Email:zhangpengqian2007@126.com



inter sample difference (the contribution rate was 61.63%), which was larger than the other three sources (sampling depth: 24.82%, intra sample: 10.85%, measuring error: 2.70%). Temperature was the main source of inter sample error (contribution rate was 24.13%), precipitation and human disturbance were also important sources of inter sample error (contribution rate was 21.02% and 17.08%, respectively).

**Key words:** soil organic carbon; carbon storage; carbon density; error analysis; Zoige Peatland

土壤是地球上碳储量最为丰富的碳库之一,其碳储量的 90% 以土壤有机碳的形式储存,土壤有机碳库在维持全球碳平衡中发挥着至关重要的作用<sup>[1-5]</sup>。而在众多类型的土壤有机碳库中,泥炭地的土壤有机碳储量显著高于其他类型的土壤,其同化吸收的碳远远超过其分解过程中释放的碳,从而形成大量的有机碳积累,引起学者们的广泛关注<sup>[4,6-8]</sup>。位于我国青藏高原东北部的若尔盖高寒湿地拥有世界上面积最大、最原始、人类活动影响较小的高原泥炭地<sup>[7,9]</sup>。若尔盖泥炭地的典型特征是泥炭层相当深厚,最厚可达 12 m。高原上冰川地貌发育,丰沛的冰雪融水、高寒的冷湿气候以及深厚的冻土层使得高寒泥炭地土壤有机碳分解非常缓慢,这种特定的高寒环境条件使高寒泥炭地比其他地区泥炭地具更强的固碳能力<sup>[8,10]</sup>。因此,若尔盖地区的泥炭地作为我国重要的碳汇,估算其土壤有机碳储量状况,对维持或增加我国土壤有机碳库的碳储量值,防止有机碳大量分解,以早日实现碳达峰和碳中和具有重要意义<sup>[11-13]</sup>。

单位面积土壤有机碳储量 (ASOCS) 是衡量一个区域土壤有机碳总储量的重要参数指标<sup>[14]</sup>。大量的研究对若尔盖泥炭地的 ASOCS 进行了估算,估算方法为不同样点土壤有机碳密度平均值乘以土层深度<sup>[1,7]</sup>。过去对若尔盖泥炭地碳储量估算重点关注土壤表层 1 m 的 ASOCS, 研究结果差异较大:夏敏等<sup>[14]</sup>对若尔盖高原 3 种湿地生态系统的碳储量进行比较,结果发现,沼泽湿地土壤的 ASOCS 为 73.36 kt/km<sup>2</sup>,显著高于河流湿地土壤 (20.55 kt/km<sup>2</sup>) 和湖泊湿地土壤 (20.14 kt/km<sup>2</sup>);高俊琴等<sup>[15]</sup>、Ma 等<sup>[16]</sup>和周文昌等<sup>[17]</sup>采集若尔盖泥炭地不同区域的土壤样品,估算出若尔盖泥炭地土壤表层 1 m 的 ASOCS 分别为 35.6 kt/km<sup>2</sup>、69.5 kt/km<sup>2</sup> 和 38.473 kt/km<sup>2</sup>;蔡倩倩等<sup>[18]</sup>采集若尔盖地区含水量不同的土壤样品进行分析,结果发现,若尔盖泥炭地常年积水区、季节性积水区和无积水区的 ASOCS 分别为 64.87 kt/km<sup>2</sup>、71.21 kt/km<sup>2</sup> 和 76.45 kt/km<sup>2</sup>。上述研究结果表明,对若尔盖高寒湿地土壤有机碳储量

的估算目前存在较大差异,其差异已接近 4 倍。尽管现有文献通过在不同生境采样和分层采样发现了差异,但是少有深入探讨这些差异究竟由哪种因素所引发,其影响程度也有待得到量化评估。

本研究根据已发表文献<sup>[12-21]</sup>推测若尔盖高寒湿地土壤有机碳含量的差异主要受到成土过程的影响,其影响因素包括气候和植被,此外,人为活动(如放牧、开垦和排水等措施)也会对这一过程产生举足轻重的影响,此外,采样过程和样品分析过程也会产生对土壤有机碳含量的估算误差<sup>[22-24]</sup>。基于合理的采样设计,结合样品采集和质量控制模式 (Sampling and Analytical Quality Control Scheme, SAX) 的方法,本研究对若尔盖高寒湿地土壤有机碳估算结果误差的来源做出定量评价,即通过计算误差贡献率,以反映环境、采样等因素对估算土壤有机碳储量差异的影响水平。本研究对提高若尔盖高寒湿地有机碳储量估算结果的准确性和合理性具有重要意义,为我国泥炭地碳中和估测研究提供参考。

## 1 研究区概况

若尔盖高寒湿地处于青藏高原东北侧 (33°42' ~ 34°30'N, 102°31' ~ 103°30'E), 黄河上游, 位于我国四川省、甘肃省和青海省交界处, 总面积约 271 414.48 hm<sup>2</sup>, 横跨 5 个行政县 (若尔盖县、红原县、阿坝县、碌曲县和玛曲县), 绝大部分隶属四川省若尔盖县。该区域海拔较高, 海拔范围为 3 400 ~ 3 900 m, 地形复杂, 周围高山林立, 如昆仑山脉、巴颜喀拉山脉、秦岭山脉以及岷山山脉等。该区属高原寒温带半湿润大陆季风气候, 年均温 0.7 ~ 2.5℃, 年降水量 518 ~ 800 mm, 湿度较大, 霜冻期长。若尔盖高寒泥炭地是我国典型的高原泥炭地, 泥炭储量丰富, 是我国乃至世界上面积最大的高原沼泽集中分布区<sup>[26]</sup>。若尔盖湿地区域生态系统结构完整, 植被生长发育良好, 泥炭地植被主要以沼泽植被和高山草甸为主, 典型的植物种类有四川嵩草 (*Kobresia setchwanensis*)、乌拉苔草 (*Carex meyerina*)、鹅绒委陵菜 (*Potentilla anserina*) 和木里苔草 (*C. muliensis*) 等<sup>[13]</sup>。



## 2 研究方法

### 2.1 采样点设置及样品采集与测定

若尔盖高寒湿地横跨 5 个行政县,其中泥炭地

主要分布于若尔盖县和红原县,为此,在若尔盖县和红原县各设定 6 个样地,其他 3 个县泥炭地分布较少,故各设置 2 个样地,共计 18 个样地(图 1),样地具体信息见表 1。

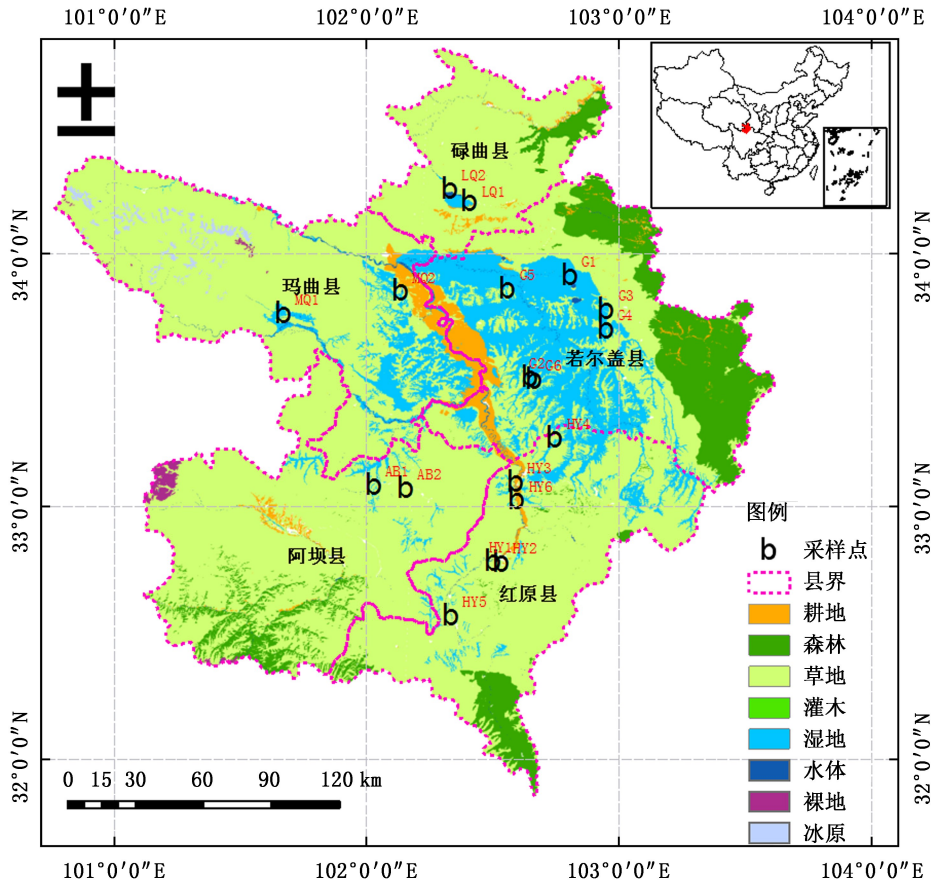


图 1 若尔盖高寒泥炭地采样点分布

Fig. 1 Distribution of sampling points in Zoige Peatland

依据样品采集和质量控制模式的数据要求,每个样地至少设定 2 个样点为重复样,用以分析采样误差<sup>[28]</sup>,2013 年完成所有土壤样品的采集工作。采样过程使用直径为 10 cm 的人工土钻进行土壤采样,采样深度为 1 m。将采集到的土柱每 10 cm 划分为一组土层,将每个样点中同一土层的样品混合成一个分析样品(即多点混合取样法),放入自封袋中密封保存。于实验室中将样品自然风干并研磨,后过直径 0.25 mm 筛,装袋备用。土壤容重( $P$ )采用环刀法截取各层次新鲜土壤样品测定;土壤有机碳含量(SOC)采用浓硫酸-重铬酸钾氧化水合热法测定,土壤有机碳密度(SCOD)通过土壤有机碳含量乘以土壤容重计算获取<sup>[29]</sup>。

### 2.2 数据分析

#### 2.2.1 土壤有机碳储量的估算

1) 单位面积土壤有机碳储量估计值计算

单位面积土壤有机碳储量估计值为土壤有机碳平均密度乘以土壤深度<sup>[14,30]</sup>,公式为:

$$ASOCS = SOCD_m \times H \times 10^{-2}$$

式中:ASOCS 为若尔盖泥炭地表层土壤有机碳储量估计值,单位为  $kt/km^2$ ;  $H$  为土壤深度,单位为  $cm$ ,本研究取值 100;  $SOCD_m$  为土壤有机碳平均密度,通过计算所有样本的土壤有机碳密度的平均值获取,单位为  $kg/m^3$ 。

2) 土壤有机碳储量估计区间计算

本研究有机碳储量值是基于所有样点的有机碳密度平均值计算而得,其数值的准确性和精确性

表 1 若尔盖高寒泥炭地采样点设置

Tab. 1 Sampling points setting in Zoige Peatland

样地编号	采样位置	重复样数量/个
G1	若尔盖县花湖北边	3
G2	若尔盖县纳勒桥西边	3
G3	若尔盖县花湖东边	3
G4	若尔盖县阿西牧场	3
G5	若尔盖县黑河牧场	3
G6	若尔盖县纳勒桥东边	3
HY1	红原县月亮湾	3
HY2	红原县二农场	3
HY3	红原县瓦切牧场	3
HY4	红原县日干乔	3
HY5	红原县龙日坝	3
HY6	红原县阿桑牧场	3
AB1	阿坝县 1	2
AB2	阿坝县 2	2
MQ1	玛曲县阿万仓	2
MQ2	玛曲县河曲马场	2
LQ1	碌曲县尕海加仓	2
LQ2	碌曲县尕海保护站	2

与所有样点的统计学性质有关,置信区间常用于评估估计参数的准确性和精确性,数值范围越小且覆盖的概率范围越大的置信区间既能保证精确性又能保证准确性<sup>[31]</sup>。

根据经典统计学理论,在有机碳密度数据样本服从正态分布的前提下,有机碳密度平均值概率为  $1-\alpha$  的置信区间为:

$$SOCD_m \pm t_{\frac{\alpha}{2}}(n-1) \times \frac{SOCD_{std}}{\sqrt{n}}$$

若有机碳密度数据样本不服从正态分布,但样本量足够大时(至少超过 30 个),样本平均值具有渐进正态性<sup>[32]</sup>,因此,有机碳密度平均值的概率为  $1-\alpha$  的置信区间近似为:

$$SOCD_m \pm z_{\frac{\alpha}{2}} \times \frac{SOCD_{std}}{\sqrt{n}}$$

式中: $t$  为学生氏分布( $t$  分布); $z$  为标准正态分布; $SOCD_{std}$  为有机碳密度数据样本标准差; $n$  为样本总量。

故若尔盖区域泥炭地土壤有机碳储量的置信区间为有机碳密度平均值的置信区间乘以土层深度和泥炭地总面积。为了获得较高准确度的结果,本研

究  $\alpha$  取 0.01 以获取置信概率为 99% 的结果。

### 2.2.2 误差分析

土壤有机碳密度是计算土壤有机碳储量的核心参数,由于其他参数是确定值,故土壤有机碳密度数值的误差能直接反映土壤有机碳储量的误差。样品采集和质量控制模式(SAX)是 Ramsey 等<sup>[33-34]</sup>提出的一种土壤环境全程质量控制方法,该方法已广泛应用于地球化学研究中的分析数据质量控制和误差分析,其最大优势是将各种自然因素和人为因素的误差分离并定量地表示出来,从而为不同误差来源的贡献做出定量评估<sup>[35]</sup>。对于具体的某一份样品进行测定分析所得到的结果表示为:

$$\text{测量值} = \text{真实值} + \text{采样误差} + \text{分析误差}$$

采样误差与采样设计的各种因素的梯度类型直接相关,包括大尺度空间差异产生的误差(样地间误差)、不同土层深度的误差和具体样地中样点布设导致的误差(样地内误差)。分析误差是进行样品测定分析时产生的系统的或随机的误差。

样地间误差是各种环境因素和人为活动因素影响作用的集中体现,结合过去的研究结果<sup>[5,7,11-13,30]</sup>和若尔盖地区的状况,本研究关注的样地间误差来源包括:温度、降水、植被类型、人为干扰和其他环境因素。

样本方差是描述数据误差的重要统计变量,假设上述误差来源彼此独立,那么总体样本的总方差可表示为:

$$s_t^2 = s_{\text{样地间}}^2 + s_{\text{样地内}}^2 + s_{\text{土层深度}}^2 + s_{\text{分析测试}}^2$$

$$s_{\text{样地间}}^2 = s_{\text{温度}}^2 + s_{\text{降水}}^2 + s_{\text{植被类型}}^2 + s_{\text{人为干扰}}^2 + s_{\text{其他}}^2$$

对于上述各类方差的计算,考虑到土壤样品分析数据经常出现离群值而导致无法满足经典统计分析的假设前提,故 SAX 强调使用英国皇家化学协会推荐的 Robust 方差分析<sup>[32]</sup>。Robust 方差分析的数据计算使用了稳健性的统计量,对样本的中心位置和离散度进行估计,保留了离群值,并采取合适的办法去处理<sup>[36]</sup>。

本研究共设置 18 个样地作为样地设置的空间梯度用以计算样地间方差,其中温度设置 3 个梯度,分别是低于  $-10^{\circ}\text{C}$ 、 $-10 \sim 0^{\circ}\text{C}$  和大于  $0^{\circ}\text{C}$ ;降水设置了 3 个梯度,分别是低于 500 mm、500~800 mm 和大于 800 mm;植被类型根据实际调查情况设置了 3 个类型:挺水植物、沉水植物和陆生草本;人为干扰根据实际调查状况设置了 4 个梯度:强、中、弱和无;分析 10 个土壤深度梯度并计算采样深度导致的方差;每个样地中至少使用 2 个重复样用于计算样地内方



差;样品测定误差使用总方差减去以上 3 个方差得到。所有的误差来源因素的每种梯度都确保至少有 2 个重复样本。

### 2.2.3 数据来源与处理

土壤碳含量经过样品测定获取,采样过程中记录了每一个样地的主要植被类型和人为干扰强度;温度和降水数据从中国科学院资源环境与数据中心 (<https://www.resdc.cn/>) 获取。

研究数据在 Excel 2016 中进行汇总整理和预处理;相关统计分析和检验在 IBM SPSS 22.0 中执行;Robust 方差分析通过 R 3.6.3 编程执行;每个样地的温度和降水通过 ArcMap 10.5 的“Extract Values to Points”工具提取;采样图绘制通过 ArcMap 10.5 实现;其他图片基于 R 3.6.3 的 ggplot 2 包绘制。

## 3 结果与分析

### 3.1 土壤有机碳密度样本统计学特征

土壤有机碳密度样本数据的统计特征直接影响土壤有机碳储量估算结果的准确性和精确性。对所有土壤有机碳密度样本数据进行基本的统计指标计算(表 2),结果得到样本平均值为 43.21,标准差为 20.37;所有样本的变异系数为 0.471 2,接近 0.5,属中等程度变异,说明所有的土壤有机碳密度样本具有一定程度的离散性;从样本的总体分布上看,数据的偏度和峰度接近 0,柯尔莫可洛夫-斯米洛夫检验(Kolmogorov-Smirnov test, K-S test)计算出的  $p$  值为 0.527 1,大于 0.05。上述结果证明数据服从正态分布,故采用样本平均值估算土壤碳储量以及使用  $t$  分布计算置信区间是合理的。

表 2 土壤有机碳密度样本统计信息

Tab. 2 Samples statistics of soil organic carbon density

平均值 ( $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ )	标准 差	方差	变异 系数 /%	偏度	峰度	正态检验
43.21	20.37	414.82	47.12	0.03644	0.6523	$p=0.5271$

### 3.2 土壤有机碳储量估算及误差分析

本研究的土壤有机碳密度样本总体满足正态分布的前提假设,在此基础上估算若尔盖泥炭地表层(0~100 cm)土壤有机碳储量。结果表明,土壤表层有机碳储量估计值为  $43.21 \text{ kt}/\text{km}^2$ ,该估计值是基于所有土壤有机碳密度样本的无偏估计值;基于  $t$

分布计算的 99% 置信区间为  $40.08 \sim 46.33 \text{ kt}/\text{km}^2$ ,置信上下界值较平均值波动率为 14.48%,波动量处于可接受范围,说明本研究的估算值比较合理,但也需要辅以进一步的误差分析。此外,通过对比过去若尔盖泥炭地土壤有机碳储量的估算结果发现,本研究的估算值比较接近于这些研究的估算结果平均值(表 3)。

表 3 不同研究的若尔盖泥炭地土壤有机碳储量估算结果比较

Tab. 3 Comparison of soil organic carbon storage estimation results of different studies in Zoige Peatland

编号	有机碳储量 ( $\text{kt} \cdot \text{km}^{-2}$ )	采样数量 /个	采样 时间	参考文献
1	38.02	48	2018	[14]
2	35.60	27	2010	[15]
3	64.87	27	2011	[18]
4	69.50	36	2010	[16]
5	38.47	27	2014	[17]
6	43.21	48	2013	本研究
平均值	48.27	-	-	-

本研究土壤有机碳密度样本总方差较大,为 414.82,数据变异程度处于中等水平,需要进行误差分析对土壤碳储量估算结果进行辅助说明。通过 Robust 方差分析定量计算出不同误差来源对总方差的贡献量,其中样地间方差为 285.66,采样深度方差为 72.94,样地内方差为 45.01,样品测定和随机误差为 11.20。故样地间、采样深度、样地内和样品测定对总误差的贡献率分别为 68.86%、17.58%、10.85%和 2.70%。因此,本研究中各类误差来源影响程度排序为:样地间>采样深度>样地内>测定误差,其中样地间与采样深度影响水平最高,二者误差贡献率之和超过 85%(表 4)。

表 4 主要误差来源的贡献率

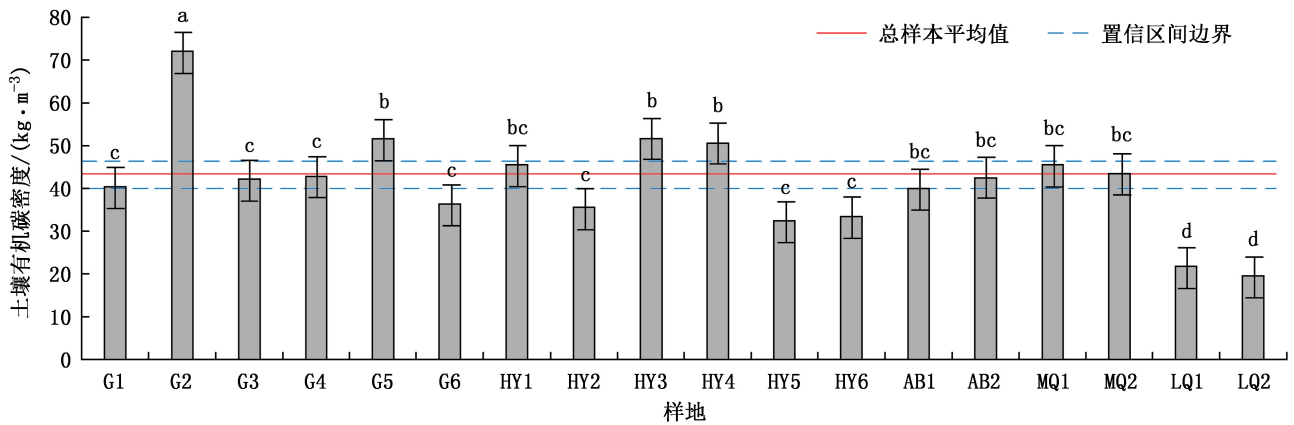
Tab. 4 Contribution rate of major error sources

误差来源	方差	贡献率/%	累积贡献率/%
样地间	285.66	68.86	68.86
土层深度	72.94	17.58	86.45
样地内	45.01	10.85	97.30
样品测定	11.20	2.70	100.00
总和	414.82	100.00	-

### 3.3 空间异质性对误差的影响

样地间方差占比最大,为 68.86%,相较于其他因素,样地间差异所反映的空间异质性是影响碳储量核算的最主要因素。统计不同样地的样本发现,不同样地的土壤有机碳密度的组间差异十分显著,并且组内误差线较短,组内误差较小(图 2);同时比较总样本平均值与样地平均值发现,大部分样地平均值显著地偏离总体样本平均值及其置信区间;具体的样地间误差来源因素中,温度因素的方差为

100.13,占样地间总方差的 35.05%,总误差贡献率为 24.13%;降水因素的方差为 87.62,占样地间总方差的 30.37%,总误差贡献率为 21.12%;植被类型因素的方差为 22.94,占样地间总方差的 8.03%,总误差贡献率为 5.53%;人为干扰因素方差为 70.86,占样地间总方差的 24.81%,总误差贡献率为 17.08%(表 5)。因此,不同样地温度差异是最主要的样地间误差来源,降水和人为干扰也是重要的误差来源。



注:误差线上方不同的字母表示差异显著( $P < 0.05$ )(下同)。

图 2 不同样地间土壤有机碳密度比较

Fig. 2 Comparison of soil organic carbon density between different sample plots

表 5 样地间误差来源的贡献率

Tab. 5 Contribution rate of error sources in sample plots

样地间 误差来源	方差	贡献率 /%	总误差贡献率 /%
温度	100.13	35.05	24.13
降水	87.62	30.67	21.12
植被类型	22.94	8.03	5.53
人为干扰	70.86	24.81	17.08
其他	4.11	1.44	0.99
总和	285.66	100.00	68.86

### 3.4 采样深度对误差的影响

采样深度对总误差的贡献率仅次于样地设置,但其对误差的影响程度远低于样地设置。通过比较土壤表层 1 m 以内不同土层有机碳密度的平均值发现,组间差异不显著,但组内误差线很长,组内误差很大,并且所有土层的土壤有机碳密度平均值均接近于总体样本的平均值,且均在总体样本平均值置信区间范围内,其中 0~10 cm 和 30~40 cm 土层的土壤有机碳密度最接近于总体样本平均值(图 3)。

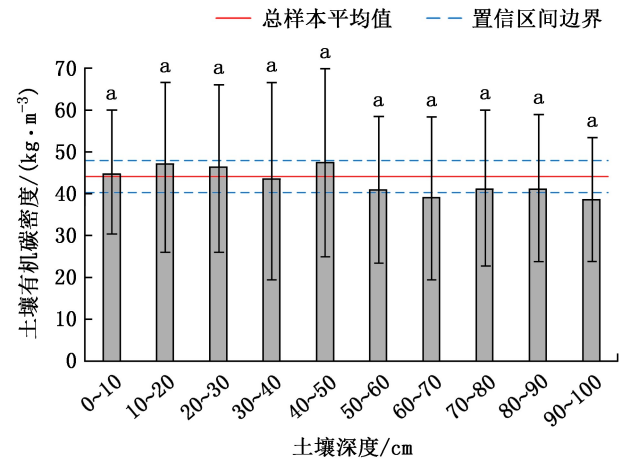


图 3 不同土层深度土壤有机碳密度比较

Fig. 3 Comparison of soil organic carbon density in different soil depths

说明若尔盖泥炭地的碳储量比较丰富,表层 1 m 以内的土壤有机碳密度差异不显著且保持在较高水平,若尔盖泥炭地表层 1 m 土壤有机碳密度无显著的垂直梯度特征。



## 4 结论与讨论

对若尔盖泥炭地土壤表层 1 m 的单位面积有机碳储量进行估算,首先对土壤有机碳密度数据进行统计分析检验,数据满足正态分布的前提条件,代入公式计算出土壤有机碳储量结果为 43.21 kt/km<sup>2</sup>,此外,计算出土壤有机碳储量 99% 置信区间为 40.08~46.33 kt/km<sup>2</sup>。这些结果是建立在严谨的数理统计理论推导和数据检验前提下获得的无偏估计,且与过去已发表的论文中的结果相比,本研究的估算值比较接近于这些研究估算结果的平均值。

本研究基于样品采集和质量控制模式(SAX)对若尔盖泥炭地土壤有机碳储量进行了误差分析,并使用 Robust 方差分析计算 4 类误差来源对总误差的贡献率:样地间(68.86%)>采样深度(17.58%)>样地内(10.85%)>测定误差(2.70%)。温度、降水、植被类型和人为活动是最主要的样地间误差来源,通过影响土壤有机碳积累和分解而影响到土壤有机碳储量<sup>[5,7,11-13]</sup>,其中温度对总误差的贡献率达 24.13%,是最主要的环境影响因素,这是由于温度是影响土壤动物和微生物代谢的最主要因素,温度越高,生物的呼吸作用越强,土壤有机碳分解越快,净累积量越低,土壤碳总储量下降<sup>[39]</sup>;降水的作用也非常重要,其对总误差的贡献率达 21.12%,降水量直接影响到土壤含水率,土壤含水量过高,土壤生物的呼吸作用会受到抑制,有利于土壤有机碳的积累,增加土壤碳储量<sup>[39]</sup>。值得注意的是,人类干扰也贡献了 17.08% 的方差,占据了较大比重,若尔盖地区的主要人为干扰活动为排水以促进农业生产和泥炭的开采,其次是放牧,这些活动直接加快了泥炭地的碳分解速率并减少了植被对土壤的碳输入,最终降低了土壤有机碳储量<sup>[40]</sup>。此外,本研究对土层深度贡献的误差进行测度后发现,其误差贡献率远低于样地间差异。通过对比表层 1 m 中各土层土壤碳密度发现,不同土层的土壤碳密度值差异不显著,均接近整体平均值,因此,在未来的研究中,针对若尔盖泥炭地表层土壤有机碳的估算,可适当减少土层深度采样梯度,这样可以提高研究效率,节省出的采样成本可用于更多样地设置,进一步提升研究结果的准确性。

若尔盖泥炭地是我国重要的碳汇,储存着大量的土壤有机碳,诸如温度和降水等自然因素是影响若尔盖泥炭地碳储量的主要环境因素,在全球气候变化的大背景下,当地管理者需加强对环境变化监

测力度,实时掌握若尔盖湿地状况;人为因素的管控也是重要的管理措施,对于碳储量较高区域,如纳勒桥、黑河和月亮湾等,设立禁入区,其他重要区域实施退牧还草、退耕还草,逐步恢复生态系统,提高碳储量。

## 参考文献:

- [1] 秋新选,邓喜庆. 云南省主要森林土壤有机碳密度估测的初步研究[J]. 林业调查规划,2018,43(4):7-9,15.
- [2] WALI M K, EVRENDILEK F, WEST T O, et al. Assessing terrestrial ecosystem sustainability: Usefulness of regional carbon and nitrogen models[J]. Nature & Resources, 1999, 35(4):21-33.
- [3] AMUNDSON R. The carbon budget in soils[J]. Annual Review of Earth & Planetary Sciences, 2001, 29(1):535-562.
- [4] ISE T, DUNN A L, WOFSY S C, et al. High sensitivity of peat decomposition to climate change through water-table feedback[J]. Nature Geoscience, 2008, 1(11):763-766.
- [5] 刘骞,汤洁. 盐碱芦苇湿地土壤活性有机碳组分垂直分布及相关性分析[J]. 科学技术与工程, 2020, 20(5):1760-1766.
- [6] ERIC A, DAVIDSON, IVAN A, et al. Temperature sensitivity of soil carbon decomposition and feedbacks to climate change[J]. Nature, 2006, 440(7081):165-173.
- [7] 高俊琴,欧阳华,张锋,等. 若尔盖高寒湿地表层土壤有机碳空间分布特征[J]. 生态环境, 2007, 16(6):1723-1727.
- [8] 张骁栋,王金枝,颜亮,等. 水位和施氮对若尔盖高寒湿地土壤非共生固氮的影响[J]. 生态学报, 2020, 40(21):7630-7637.
- [9] 田应兵,熊明彪,熊晓山,等. 若尔盖高原湿地土壤-植物系统有机碳的分布与流动[J]. 植物生态学报, 2003, 27(4):490-495.
- [10] 孙飞达,李飞,陈文业,等. 若尔盖退化高寒湿地土壤理化性质、酶活性及微生物群落的季节动态[J]. 生态学报, 2020, 40(7):2396-2406.
- [11] 曹丽斌,李明煜,张立,等. 长三角城市群 CO<sub>2</sub> 排放达峰影响研究[J]. 环境工程, 2020, 38(11):33-38, 59.
- [12] 葛乐明,李通,袁欣,等. 短期排水下泥炭酶活性和碳循环过程的模拟实验研究[J]. 湿地科学, 2020, 18(6):730-739.
- [13] 臧宏宽,杨威杉,张静,等. 京津冀城市群二氧化碳排放达峰研究[J]. 环境工程, 2020, 38(11):19-24, 77.
- [14] 夏敏,王行,刘振亚,等. 四川若尔盖高原 3 种湿地生态系统的碳储量及碳汇价值[J]. 福建农林大学学报(自然科学版), 2020, 49(3):392-398.
- [15] 高俊琴,雷光春,李丽,等. 若尔盖高原三种湿地土壤有机碳分布特征[J]. 湿地科学, 2010, 8(4):327-330.

- [16] MA K, LIU J G, BALKOVIC J, et al. Changes in soil organic carbon stocks of wetlands on China's Zoige plateau from 1980 to 2010[J]. *Ecological Modelling*, 2017, 327: 18-28.
- [17] 周文昌, 崔丽娟, 王义飞, 等. 若尔盖高原退化湿地土壤有机碳储量[J]. *水土保持研究*, 2017, 24(5): 27-32.
- [18] 蔡倩倩, 郭志华, 胡启鹏, 等. 若尔盖高寒嵩草草甸湿地不同水分条件下土壤有机碳的垂直分布[J]. *林业科学*, 2013, 49(3): 9-16.
- [19] WU H B, GUO Z T, GAO Q, et al. Distribution of soil inorganic carbon storage and its changes due to agricultural land use activity in China [J]. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 2009, 129(4): 413-421.
- [20] 娄雪冬, 翟生强, 康冰, 等. 若尔盖泥炭地溶解有机碳季带变化特征及其影响因素[J]. *环境科学研究*, 2014, 27(2): 157-163.
- [21] 李敏. 森林土壤碳储量研究综述[J]. *林业调查规划*, 2018, 43(4): 21-24, 50.
- [22] 周莉, 李保国, 周广胜. 土壤有机碳的主导影响因子及其研究进展[J]. *地球科学进展*, 2005, 20(1): 99-105.
- [23] 展争艳, 李小刚, 张德罡, 等. 利用方式对高寒牧区土壤有机碳含量及土壤结构性质的影响[J]. *土壤学报*, 2005, 42(5): 777-782.
- [24] 张剑, 王利平, 谢建平, 等. 敦煌阳关湿地土壤有机碳分布特征及其影响因素[J]. *生态学杂志*, 2017, 36(9): 2455-2464.
- [25] 申格, 徐斌, 金云翔, 等. 若尔盖高原湿地研究进展[J]. *地理与地理信息科学*, 2016, 32(4): 76-82, 89.
- [26] 陈心桐, 徐天乐, 李雪静, 等. 中国北方自然生态系统土壤有机碳含量及其影响因素[J]. *生态学杂志*, 2019, 38(4): 1133-1140.
- [27] 董德明, 刘森, 朱先磊. 环境分析质量现状与进展[C]//吉林省环境科学学会(长春). 1997年年会论文集, 1997.
- [28] 沈松平, 王军, 杨铭军. 若尔盖高原沼泽湿地萎缩退化要因初探[J]. *四川地质学报*, 2003, 23(2): 123-125.
- [29] 董德明, 朱先磊, 房春生, 等. 土壤样品分析全程质量控制方法及应用计算程序[J]. *吉林大学自然科学学报*, 2000(1): 83-86.
- [30] 程鹏飞, 王金亮, 王雪梅, 等. 森林生态系统碳储量估算方法研究进展[J]. *林业调查规划*, 2009, 34(6): 39-45.
- [31] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 2000.
- [32] 张大林, 刘福波. 区间估计原理探讨及实例应用[J]. *科技视界*, 2019(10): 12-15.
- [33] 马一江, 韩利娜. 基于大样本的总体比例区间估计问题浅析[J]. *科技与创新*, 2020(19): 24-25.
- [34] RAMSEY M H, THOMPSON M, HALE M. Objective evaluation of precision requirements for geochemical analysis using robust analysis of variance[J]. *Journal of Geochemical Exploration*, 1992, 44: 23-36.
- [35] RAMSEY M H. Sampling and analytical quality control (SAX) for improved error estimation in the measurement of Pb in the environment using robust analysis of variance[J]. *Applied Geochemistry*, 1993(2): 149-153.
- [36] 何锡文, 郭薇. 化学计量——取样学最近的进展[J]. *分析化学*, 1995, 23(12): 1455-1461.
- [37] 闫东锋, 贺文, 杨喜田. 栓皮栎人工林灌木层植物多样性的空间分布及其与光环境的关系[J]. *应用生态学报*, 2020, 31(11): 3605-3613.
- [38] 王效科, 苏跃波, 任玉芬, 等. 城市生态系统: 高度空间异质性[J]. *生态学报*, 2020, 40(15): 5103-5112.
- [39] 宁文晓, 刘旭阳, 王振亭. 巴丹吉林沙漠气温和降水特征及空间分层异质性[J]. *中国科学院大学学报*, 2021, 38(1): 103-113.
- [40] 叶超, 张昀, 燕香梅, 等. 秸秆还田方式和数量对棕壤有机碳活性的影响[J]. *四川农业大学学报*, 2019, 37(3): 343-351.

责任编辑: 许易琦



doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.02.002

## 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

(西南林业大学, 云南 昆明 650224)

**摘要:**探究和对比不同抽样方法对森林生物量抽样调查中样地数量、样地布设及估算精度等方面的影响, 优选适宜的抽样方案, 在保证精度的前提下节省外业调查的工作量和成本。基于云南省大理市 2016 年森林资源二类调查小班数据, 以森林起源、龄组、优势树种作为分层变量, 在可靠性为 95%、抽样精度为 90% 和 85% 的条件下, 计算分层抽样所需的样本单元数, 并与系统抽样进行比较分析; 以分层抽样方法进行大理市森林地上生物量的抽样设计, 将抽样结果与系统抽样方法进行比较分析。结果表明, 抽样精度为 90% 时, 分层抽样所需的样本单元数分别比系统抽样少 21.91%、12.92% 和 45.51%; 抽样精度为 85% 时, 分层抽样所需的样本单元数分别比系统抽样少 21.51%、12.66% 和 45.57%; 在相同的抽样精度条件下, 抽样单元数呈现起源 > 优势树种 > 龄组的变化趋势。按抽样精度 90%, 系统抽样估测的大理市森林地上总生物量为 1 914.83 万 t, 按起源、优势树种和龄组, 其总生物量估测值分别为 1 608.22 万 t、1 679.03 万 t、1 536.08 万 t。在可靠性和抽样精度相同时, 实际抽样精度排序为起源 > 优势树种 > 龄组, 其中, 利用优势树种估测的森林地上总生物量为 1 679.03 万 t, 最接近实际值, 按优势树种估测的抽样效果较好, 抽样精度为 96.63%。由于分层抽样具有样本数量少、抽样精度高的明显优势, 可为区域森林生物量抽样调查和估测提供方法参考。  
**关键词:** 分层抽样; 系统抽样; 森林地上生物量; 抽样精度; 森林资源二类调查数据

中图分类号: S718.556; S757.2 文献标识码: A 文章编号: 1671-3168(2023)02-0009-07

引文格式: 田志艳, 延原原, 张超. 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[J]. 林业调查规划, 2023, 48(2): 9-15. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.02.002

TIAN Zhiyan, YAN Yuanyuan, ZHANG Chao. Comparative Study on Sampling Design of Forest Biomass Based on Forest Management Inventory Data [J]. Forest Inventory and Planning, 2023, 48(2): 9-15. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.02.002

## Comparative Study on Sampling Design of Forest Biomass Based on Forest Management Inventory Data

TIAN Zhiyan, YAN Yuanyuan, ZHANG Chao

(Southwest Forestry University, Kunming 650224, China)

**Abstract:** This paper explored and compared the effects of different sampling methods on the number, layout, and estimation accuracy of sample plots in forest biomass sampling surveys, and selected suitable sampling plans to save the workload and cost of field surveys while ensuring accuracy. Based on the sub-compartment data of forest management inventory in Dali City, Yunnan Province in 2016, using forest

收稿日期: 2022-02-04.

基金项目: 国家自然科学基金项目(32160405); 云南省“万人计划”人才培养项目(YNWR-QNBJ-2018-334).

第一作者: 田志艳(1997-), 女, 陕西榆林人, 硕士研究生. 研究方向为数字林业和森林资源管理. Email: 1143449086@qq.com

责任作者: 张超(1980-), 男, 河北唐山人, 博士, 教授. 研究方向为森林经理学. Email: 42668600@qq.com

origin, age group, and dominant tree species as stratified variables, the number of sample units required for stratified sampling was calculated and compared with systematic sampling under the conditions of reliability of 95%, sampling accuracy of 90% and 85%; the sampling design of forest aboveground biomass was made by using stratified sampling method, and the sampling results were compared with systematic sampling method. The results showed that when the design accuracy was 90%, stratified sampling was 21.91%, 12.92%, and 45.51% less than systematic sampling, respectively; when the design accuracy was 85%, stratified sampling was 21.51%, 12.66%, and 45.57% less than the systematic sampling, respectively; under the same design precision, the number of sampling units showed a trend of origin > dominant tree species > age group; according to 90% design accuracy, the total biomass estimated by systematic sampling was 19.148 3 million t, the total biomass estimated by origin, dominant tree species and age group was 16.082 2 million t, 16.790 3 million t, 15.360 8 million t, respectively. When the reliability and sampling design accuracy were the same, the actual sampling accuracy results was origin > dominant tree species > age group, in which the overall biomass estimated by the dominant tree species was 16.790 3 million t which was closest to the actual biomass, and the sampling effect of estimated biomass based on the dominant tree species was better with the sampling accuracy of 96.63%. Due to the obvious advantages of small sample size and high sampling accuracy, stratified sampling could provide a method reference for regional forest biomass sampling and estimation.

**Key words:** stratified sampling; systematic sampling; forest aboveground biomass; sampling accuracy; forest management inventory data

森林生物量是森林经过长期的生产和代谢,在一定年龄、一定面积上所生长的全部干物质的重量<sup>[1]</sup>。作为森林生态系统最基本的特征数据,森林生物量是研究森林生态系统结构、特征、功能以及森林生产力的基础,亦是计算森林生态系统碳储量的重要数据来源和全球碳循环的重要组成部分,是林学和生态学领域研究的热点问题<sup>[2]</sup>。为克服传统生物量调查时劳动强度大、时间和人力成本高等弊端,研究采用抽样的方式对森林生物量进行估测,这是目前可行的调查方法。森林生物量估测方法已成为区域或全国范围内进行森林生物量、生产力及其动态变化和碳平衡研究中最具代表性的手段之一。森林生物量数据主要通过直接测量和间接估算两种途径获得。目前,有关森林生物量间接估算的方法已有大量研究。可通过单木生物量推算样地生物量,再通过加权平均等方法推算林分、区域甚至更大空间尺度的森林生物量数据<sup>[3-11]</sup>。森林生物量抽样估计方法多基于森林资源连续清查(简称“一类调查”)样地数据或森林资源规划设计调查(简称“二类调查”)小班数据,因此其抽样估计方法多采用系统抽样或分层抽样<sup>[12]</sup>。

系统抽样可使样本单元在总体中均匀分布,具有良好的代表性,且计算和操作简便,统计学基础可靠,是目前森林生物量抽样估计最常用且可行的途

径<sup>[13]</sup>;分层抽样则在样本量相同的情况下,总体标准误一般小于简单随机抽样、系统抽样或整群抽样<sup>[14]</sup>,可显著提高估计精度,减少样本数量,节约调查成本<sup>[15]</sup>。分层抽样可将用地类型、森林类型、优势树种、林龄等属性作为分层变量<sup>[16]</sup>,同时对各层进行参数估计。本研究以云南省大理市为研究区,基于全市二类调查小班数据,分别从样地大小、样本数量和抽样方法 3 个方面系统分析森林生物量抽样的不确定性;在可靠性为 95% 和抽样精度为 90%、85% 的两个水平,对基于不同分层变量的分层抽样和系统抽样进行对比分析,为今后区域森林生物量的精准计量方法研究提供理论依据,为提高森林生物量的抽样效率、建立精准高效的森林生物量抽样方法体系提供参考依据。

## 1 研究区概况

研究区位于云南省大理市,地处云南省中部偏西,平均海拔为 2 090 m,地理坐标为东经 98°52'~101°03',北纬 24°41'~26°42'。土地总面积 29 459 km<sup>2</sup>。以低纬高原季风气候为主,四季温和,年温差小;由于地形地貌复杂,海拔高差悬殊,气候的垂直差异显著;河谷热,坝区暖,山区凉,高山寒,立体气候特征显著。森林资源丰富,是云南省的重点林区。主要树种有云南松、华山松、铁杉、冷杉、马尾杉、思



茅松、柏树、樟树、椿树和栎树等。珍稀树种有银杏、伞形柏、罗汉松、秃杉、红豆杉和珙桐等。

森林资源情况,截至 2020 年底,大理市森林总面积 80 892 hm<sup>2</sup>,森林覆盖率 46.54%,其中,有林地面积 70 491 hm<sup>2</sup>,占总面积的 87.14%;国家特别规定灌木林地面积 10 400 hm<sup>2</sup>,占 12.86%。在森林总面积中,天然林面积 44 417 hm<sup>2</sup>,占 54.91%;人工林面积 36 474 hm<sup>2</sup>,占 45.09%。与 2019 年相比,2020 年度全市森林面积由 70 232 hm<sup>2</sup> 增长到 80 891 hm<sup>2</sup>,净增 10 659 hm<sup>2</sup>,增幅为 15.15%;全市森林覆盖率由 40.41%增长到 46.54%,净增 6.13%,呈平稳增长态势。

## 2 材料与方法

### 2.1 森林地上生物量计算

以大理市 2016 年森林二类调查小班矢量数据为主要数据源,设置抽样间隔为 1 km × 1 km,对森林地上生物量样本数据进行整理,以此作为本研究基础数据。参考《云南省森林生物量和碳储量估算及发布研究》<sup>[17]</sup>,利用生物量扩展因子法进行蓄积量-生物量转换,计算小班生物量,生物量转换因子模型如式(1)所示。各主要优势树种生物量扩展因子及木材密度如表 1 所示,计算得出的研究区地上生物量统计结果如表 2 所示。

$$B = V \cdot \text{SVD} \cdot \text{BEF} \quad (1)$$

式中: $B$  为森林地上生物量; $\text{BEF}$  为生物量扩展因子; $\text{SVD}$  为某优势树种的木材密度; $V$  为林分蓄积。

表 1 森林地上生物量转换因子

Tab. 1 Conversion factors of forest aboveground biomass

优势树种	木材密度 (SVD)	生物扩展因子 (BEF)	优势树种	木材密度 (SVD)	生物扩展因子 (BEF)
云南松	0.483	1.6193	桉木	0.541	1.4237
栎类	0.676	1.3551	其他	0.482	1.5136
华山松	0.396	1.7854	桉树	0.578	1.2633

### 2.2 抽样设计

以上述计算得到的大理市森林地上生物量小班数据为基础,根据起源、龄组、优势树种等常用的森林生物量调查因子作为分层变量,在可靠性为 95% 时,分别设置抽样精度为 90% 和 85%,并采用系统抽样进行对比分析。为确保达到抽样的准确性,共

表 2 大理市森林地上生物量统计

Tab. 2 Statistics of forest aboveground biomass in Dali City

优势树种	面积 /hm <sup>2</sup>	生物量 /万 t	单位面积生物量 /(t · hm <sup>-2</sup> )
云南松	227256.2	987.37	43.4
栎类	83719.3	579.88	69.3
其他	23026.1	113.96	49.5
总计	334001.6	1681.21	50.3

重复抽取 10 次,样地大小重采样为 30 m × 30 m 的栅格数据。

#### 2.2.1 样本单元数确定

##### 1) 系统抽样样本单元数确定

对森林地上生物量样本数据进行随机抽取,计算标准差为 30.25 t/hm<sup>2</sup>,平均值为 46.60 t/hm<sup>2</sup>,利用平均值和标准差计算变异系数( $c$ )。在可靠性为 95% 和抽样精度为 90%、85% 的情况下,计算所需要的样本量( $n$ )为:

$$n = \left( \frac{t_{\alpha} c}{E} \right)^2 \quad (2)$$

式中: $c$  为总体变动系数; $E$  为给定的相对误差; $t_{\alpha}$  为可靠性指标。

为避免无反应单元的情况,增加 10% 的保险系数,系统抽样样本数确定方法与简单随机抽样方法相同。

##### 2) 基于不同分层变量的分层抽样样本单元数确定

利用森林起源、龄组、优势树种作为分层变量,计算不同分层下的样本平均值与标准差,通过总样本和各层样本计算各层权重。分层抽样的样本计算方法采用的是最优分配法,根据各层的变动大小和层权重 2 个方面,再给定  $n$  的条件下,合理分配各层的样本单元数( $n_h$ ),使得误差达到最小;且在各层独立、随机地进行抽样,其计算公式为:

$$n = \frac{t_{\alpha}^2 \sum_{h=1}^m W_h S_h^2}{E^2 \left( \sum_{h=1}^m W_h \bar{y}_h \right)^2} \quad (3)$$

式中: $W_h$  为第  $h$  层总体单元占总体  $N$  的比重(层权重); $S_h$  为第  $h$  层的标准差; $\bar{y}_h$  为第  $h$  层平均数估计值。

#### 2.2.2 样地布设

基于 ArcGIS 生成研究区公里网格。系统抽样的样本点是均匀分布的,计算抽样间隔;分层抽样基

于森林二类调查数据获得不同分层的图层,在层内以网络编号随机确定样地位置。两个样地之间实际地面距离( $L$ )公式为:

$$L = 100 \sqrt{\frac{A}{n}} \quad (4)$$

式中: $A$  为总体面积; $n$  为实际抽取的样本单元数。

### 2.3 抽样精度计算

总体平均数估计值标准误差( $S_{\bar{Y}_{st}}$ )、绝对误差限( $\Delta_{\bar{Y}_{st}}$ )、相对误差限(AE)、抽样精度( $p$ )计算公式分别为:

$$S_{\bar{Y}_{st}} = \sqrt{S_{\bar{Y}_{st}}^2} \quad (5)$$

$$\Delta_{\bar{Y}_{st}} = t_{\alpha} \times S_{\bar{Y}_{st}} \quad (6)$$

$$AE = \frac{\Delta_{\bar{Y}_{st}}}{\bar{Y}_{st}} \times 100\% \quad (7)$$

$$p = 100\% - AE \quad (8)$$

式中: $S_{\bar{Y}_{st}}^2$  为层平均数方差; $\bar{Y}_{st}$  为平均数估计值。

### 2.4 分层变量的方差分析

采用 SPSS 中的单因素方差分析法,分别计算起源、龄组、优势树种的森林地上生物量组间和组内方差,进而解释森林地上生物量调查中对分层抽样变量选择的合理性。

## 3 结果与分析

### 3.1 样地布设

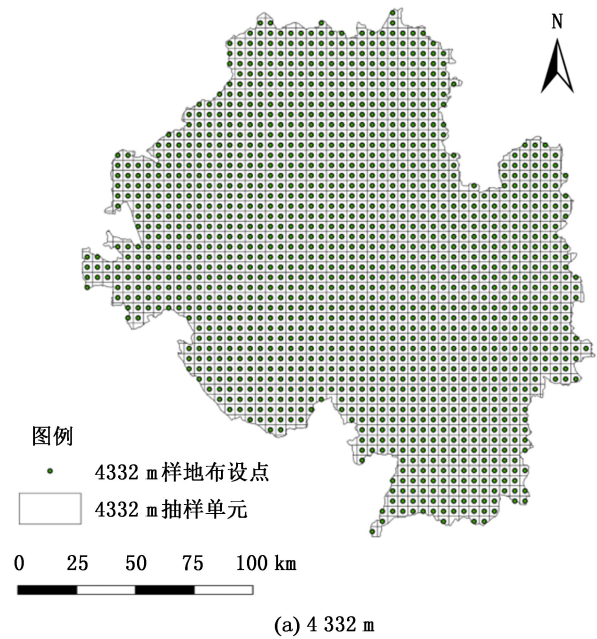
利用系统抽样进行了样地单元布设,在设置精度为 90% 和 85% 的情况下,计算出 2 种抽样间隔,分别是 4 332 m × 4 332 m、6 502 m × 6 502 m,结果如图 1 所示。在 ArcGIS 中利用 Fishnet 对大理市进行不同规格抽样单元的划分,然后对样本进行有规律的抽取。

### 3.2 分层抽样

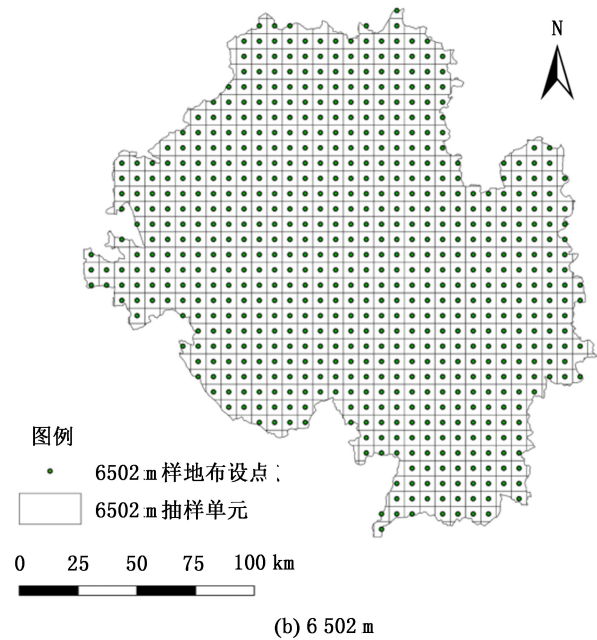
利用起源、龄组、优势树种 3 个常用的森林调查因子,根据其因子特性首先进行分层。分层后利用 SPSS 中的单因素方差分析结果(表 3)以及传统分层抽样的要求,对样本过少的分层进行合并,并根据分类习惯调整。最终得出利用 3 个森林调查因子进行分层的结果,结果如图 2 所示。

### 3.3 抽样单元数

分层抽样的样本计算方法均采用的是最优分配法,计算出各个因子所占比例,根据公式计算抽样单元数。不同抽样方法在不同设计精度情况下的抽样单元数如表 4 所示。



(a) 4 332 m



(b) 6 502 m

图 1 样地布点

Fig. 1 Layout of sample plots

从表 4 可以看出,在分层抽样中,利用优势树种、起源、龄组 3 个分层变量分层抽取所需的样本单元数,在设置可靠性为 95%、抽样精度为 90% 时,分别比系统抽样少 21.91%、12.92%、45.51%;抽样精度为 85% 时,分别比系统抽样少 21.51%、12.66%、45.57%。

根据样本单元数的计算结果来看,在相同设计精度下,系统抽样的抽样单元数较多,分层抽样单元数相对较少。在分层抽样中,抽样单元数呈现起源 > 优势树种 > 龄组的变化趋势。



表 3 单因子分层抽样方差分析  
Tab. 3 Analysis of variance of one-way stratified sampling

调查因子	类别	平均值 /(t · hm <sup>-2</sup> )	标准差 /(t · hm <sup>-2</sup> )	权重 /hm <sup>2</sup>
优势树种	云南松	41.42	23.50	68.0
	栎类	64.00	41.94	25.1
	其他树种	45.90	28.42	6.9
起源	天然	49.68	33.29	72.8
	人工	40.14	22.69	8.1
	飞播	39.92	20.02	19.1
龄组	龄组 I	31.42	17.04	36.3
	龄组 II	47.22	22.00	47.1
	龄组 III	85.18	44.08	16.7
总计		46.61	30.25	100.0

注:优势树种的其他树种包括华山松、栎木、其他阔叶林、桉树;龄组 I (幼龄林)、龄组 II (中龄林)、龄组 III (近熟林、成熟林、过熟林)。

表 4 样本单元数确定

Tab. 4 Determination of sample units number

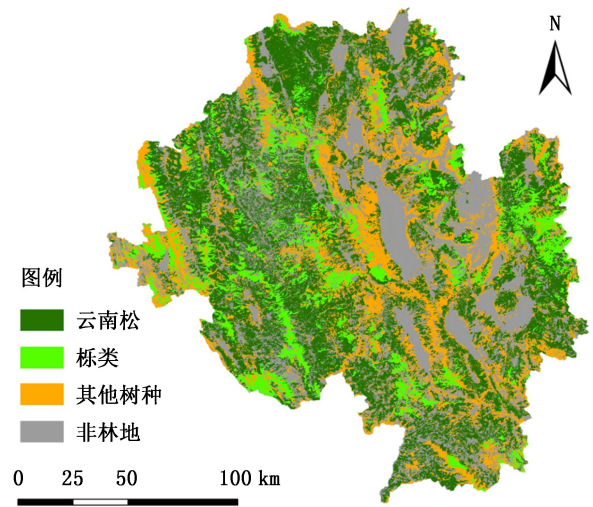
抽样精度 /%	抽样单元数				
	系统抽样	分层抽样	与系统抽样比较/%	系统抽样间隔/m	
90	178	优势树种	139	-21.91	4332
		起源	155	-12.92	
		龄组	97	-45.51	
85	79	优势树种	62	-21.51	6502
		起源	69	-12.66	
		龄组	43	-45.57	

### 3.4 抽样精度

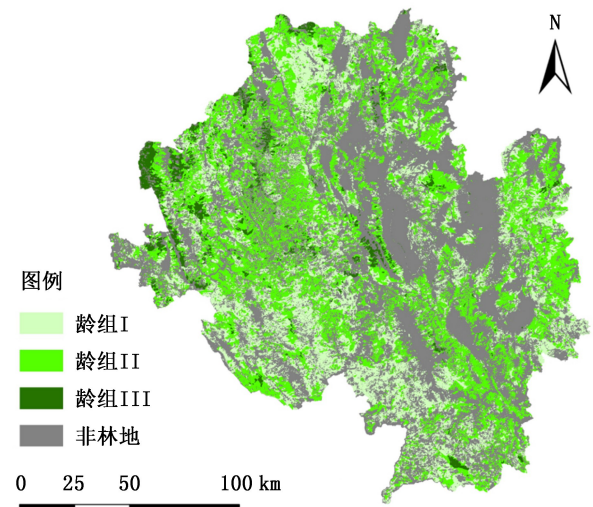
利用不同分层因子进行分析,其分层抽样精度均比系统抽样精度高,重复抽取 10 次(表 5)。

在系统抽样中,设置可靠性为 95%,抽样精度为 90%时,实际抽样精度为 90.91%,估测的总体生物量为 1 914.83 万t;抽样精度为 85%时,实际抽样精度为 87.25%,估测的总体生物量为 1 674.35 万t,此时最接近实际生物量。

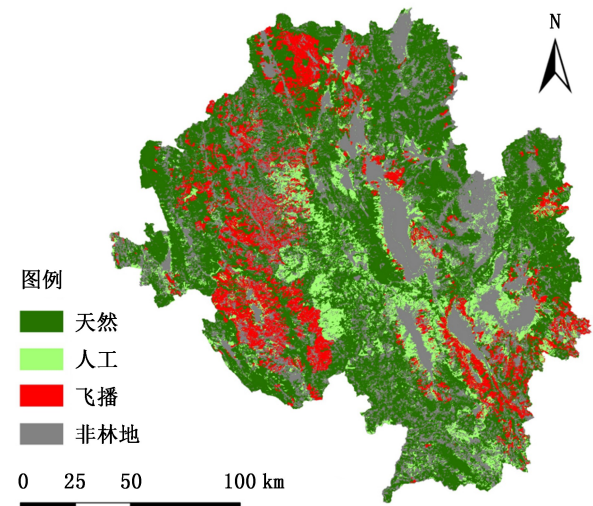
在分层抽样中,设置可靠性为 95%,抽样精度为 90%时,以优势树种为分层变量的实际抽样精度为 96.63%;以起源为分层变量的实际抽样精度为 96.77%;以龄组为分层变量的实际抽样精度为 96.00%;实际抽样精度结果排序为起源 > 优势树种 >



(a) 优势树种



(b) 龄组



(c) 起源

图 2 分层提取结果

Fig. 2 Layered extraction results

表 5 不同抽样方法的抽样结果

Tab. 5 Sampling results of different sampling methods

设计精度 /%	抽样方法	类别	分层变量	平均值 / (t·hm <sup>-2</sup> )	标准差 / (t·hm <sup>-2</sup> )	相对误差 /%	抽样精度 /%	总生物量 / 万t			
90	系统抽样			57.33	35.46	9.09	90.91	1914.83			
		分层抽样	优势树种	云南松	42.60	25.09			1422.85		
				栎类	61.99	39.50			2070.48		
				其他树种	50.34	20.48			1681.37		
				总计	50.27	32.33	3.37	96.63	1679.03		
		起源	天然	50.13	33.33			1674.35			
			人工	44.12	18.16			1473.62			
			飞播	37.52	16.28			1253.18			
		总计	48.15	31.23	3.23	96.77	1608.22				
		龄组	龄组I	31.80	13.78			1062.13			
			龄组II	47.77	25.73			1595.53			
			龄组III	91.22	38.58			3046.77			
			总计	45.99	29.22	4.00	96.00	1536.08			
		85	系统抽样			50.13	28.97	12.75	87.25	1674.35	
				分层抽样	优势树种	云南松	42.52	22.22			1420.18
						栎类	86.88	56.12			2901.81
其他树种	47.21					47.68			1573.82		
总计	59.28					45.21	6.00	94.00	1979.96		
起源	天然			50.54	31.13			1688.05			
	人工			28.78	9.58			961.26			
	飞播			39.72	19.16			1326.66			
总计	47.87			29.58	4.61	95.39	1598.87				
龄组	龄组I			29.16	14.42			973.95			
	龄组II			43.85	20.39			1464.60			
	龄组III			66.00	21.81			2204.41			
	总计			40.10	23.36	5.51	94.49	1339.35			

龄组,利用优势树种估测的总体生物量为 1 679.03 万t,最接近实际生物量;抽样精度为 85%时,以优势树种为分层变量的实际抽样精度为 94.00%;以起源为分层变量的实际抽样精度为 95.39%;以龄组为分层变量的实际抽样精度为 94.49%;实际抽样精度排序结果为龄组 > 起源 > 优势树种,利用起源估测的总体生物量为 1 598.87 万t,最接近实际生物量。

### 3.5 分层变量对比分析

不同分层变量的方差分析结果见表 6。

表 6 分层变量的组内与组间的方差分析

Tab. 6 Analysis of variance within and between groups of stratified variables

分层因子	类别	平方和	自由度	均方	F	P
优势树种	组间	3549.477	5820	0.610	2.962	0.000
	组内	1667.245	8096	0.206		
	总计	5216.723	13916			
起源	组间	4019.019	5820	0.691	1.000	0.504
	组内	5592.236	8096	0.691		
	总计	9611.256	13916			
龄组	组间	3948.064	5820	0.678	2.193	0.000
	组内	2504.387	8096	0.309		
	总计	6452.451	13916			

由表 6 可以看出,单因子变量分层抽样中,组间方差均高于组内方差,组间差异呈现优势树种 > 龄组 > 起源的趋势,其中优势树种变量的组间方差最大,这与实际抽样精度结果一致。

## 4 结论与讨论

1) 以大理市 2016 年森林资源规划设计调查(二类调查)小班矢量数据为基础数据,采用系统抽样和分层抽样方法,在相同可靠性和不同设计精度下,对实际抽样精度、抽样样本单元数和抽样效率进行对比分析。系统抽样采用计算间隔进行抽样,分层抽样以起源、优势树种、龄组为分层变量进行抽样。

2) 根据抽样精度计算结果得出,抽样调查精度的高低取决于抽样误差及可靠性指标。当可靠性一定时,抽样误差越小,估计误差亦越小,精度则越高。当抽样误差一定时,可靠性指标越高,精度越低。当设计可靠性为 95%、抽样精度为 85%时,系统抽样的样本量为 79,实际抽样精度为 87.25%,估测的总生物量为 1 674.35 万t,与实际估测的生物量接近;当设计可靠性为 95%、抽样精度为 90%时,按优势树种进行分层抽样,其样本量为 139,实际抽样精度为 96.63%,估测的总生物量为 1 679.03 万t,与实际估测的生物量接近,抽样效果最好。根据不同抽样方法的样本数量估测的总生物量结果得出,90%和

85%的抽样设计精度为不同成本投入和精度要求下开展森林生物量估测提供了多种抽样选择。与系统抽样相比,分层抽样具有样本数量少、抽样精度高的明显优势。

3)样本单元数的大小直接与资金投入和外业调查时间相关,是抽样效率的主要评价因子。在森林碳储量计算过程中抽样误差主要受样地数量、大小、抽样方式及自然条件等因素影响<sup>[18]</sup>。在实际调查中调查方式仍以人力调查为主,将增加人为误差,如树高对应错误、树木漏测、树种记录错误等,均会对内业计算产生影响;有的样本单元分散或部分样地位置特殊,也将增加生物量数据的不确定性。单从抽样成本与估测精度来确定抽样方法是不全面的。在实际操作中,要考虑森林生物量空间分布存在显著差异<sup>[19]</sup>。

4)本研究中森林生物量值通过生物量扩展因子转换得出,最终导致一些生物量值偏高或偏低,在实际调查中可调整计算标准。在分层抽样中,为保证抽样精度,可将数据少或差别不明显的层合并优化,保证层间方差大即可,这样进行的生物量分层抽样设计将具有很强的合理性,理论上可获得更高的抽样效率。将优势树种部分数据进行合并,抽样效果较好,但由于本次研究的样本数量有限,尚缺乏具体优化设计。在下一步研究中,可根据因子属性将一些常规的分层变量进行细化和优化,找到最优抽样设计方案,以达到减小误差,提高效率,降低成本,提高抽样效率的目的。

## 参考文献:

- [1] 冯宗炜. 中国森林生态系统生物量和生产力[M]. 北京:科学出版社,1993.
- [2] FANG J Y, LIU G H, XU S L. Forest biomass of China: An estimation based on the biomass-volume relationship[J]. Ecological Applications, 1998(8): 1084-1091.
- [3] 唐守正,张会儒. 相容性生物量模型的建立及其估计方法的研究[J]. 林业科学, 2000, 36(z1): 19-27.
- [4] 雷渊才,唐守正. 适应性群团抽样技术方法和应用研究进展[J]. 林业科学, 2009, 45(3): 118-127.
- [5] 李海奎,赵鹏祥,雷渊才,等. 基于森林清查资料的乔木林生物量估算方法的比较[J]. 林业科学, 2012, 48(5): 44-52.
- [6] 胥辉. 两种生物量模型的比较[J]. 西南林学院学报, 2003, 23(2): 36-39.
- [7] 曾伟生,唐守正. 国外立木生物量模型研究现状与展望[J]. 世界林业研究, 2010, 23(4): 30-35.
- [8] 雷相东,张会儒,牟惠生. 东北过伐林区蒙古栎林分相容性生物量模型研究[J]. 第四纪研究, 2010, 30(3): 559-565.
- [9] 王仲锋. 森林生物量建模与精度分析[D]. 北京:北京林业大学, 2006.
- [10] 罗云建,张小全,王效科,等. 森林生物量的估算方法及其研究进展[J]. 林业科学, 2009, 45(8): 129-134.
- [11] AVITABILE V, CAMIA A. An assessment of forest biomass maps in Europe using harmonized national statistics and inventory plots[J]. Forest Ecology and Management, 2017(409): 489-498.
- [12] 冯仲科,罗旭,石丽萍. 森林生物量研究的若干问题及完善途径[J]. 世界林业研究, 2005, 18(3): 25-28.
- [13] SHEN W J, LI M S, HUANG C Q, et al. Annual forest aboveground biomass changes mapped using ICESat/GLAS measurements, historical inventory data, and time-series optical and radar imagery for Guangdong province, China[J]. Agricultural and Forest Meteorology, 2018(259): 23-38.
- [14] STRIMBU V F, ENE L T, GOBAKKEN T, et al. Post-stratified change estimation for large-area forest biomass using repeated ALS strip sampling[J]. Canadian Journal of Forest Research, 2017(47): 839-847.
- [15] FASSNACHT F E, LATIFI H, HARTIG F. Using synthetic data to evaluate the benefits of large field plots for forest biomass estimation with LiDAR[J]. Remote Sensing of Environment, 2018(213): 115-128.
- [16] 张超. 三峡库区森林碳储量估测研究[D]. 北京:北京林业大学, 2016.
- [17] 胥辉,张子翼,欧光龙,等. 云南省森林生物量和碳储量估算及分布研究[M]. 昆明:云南科技出版社, 2019.
- [18] PICARD N, GAMARRA J G P, BIRIGAZZI L, et al. Plot-level variability in biomass for tropical forest inventory designs[J]. Forest Ecology and Management, 2018(430): 10-20.
- [19] AHMED R, SIQUEIRA P, HENSLEY S, et al. Uncertainty of forest biomass estimates in north temperate forests due to allometry: Implications for remote sensing[J]. Remote Sensing, 2013(5): 3007-3036.

责任编辑: 陈旭



doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.02.003

# 基于 TerraSAR-X/TanDEM-X 数据的 森林高度反演算法研究

申晨<sup>1</sup>, 岳彩荣<sup>2</sup>, 章皖秋<sup>2</sup>, 朱腾<sup>1</sup>, 张金兰<sup>1</sup>

(1. 广东工贸职业技术学院, 广东 广州 510510; 2. 西南林业大学, 云南 昆明 650224)

**摘要:** 基于 RVoG 模型, 对传统三阶段算法及其改进算法进行研究, 以云南省西双版纳州勐腊县为研究区, 以 TerraSAR-X/TanDEM-X 数据为数据源进行森林高度反演算法研究, 并结合野外实测数据进行结果验证。结果表明, 三阶段改进算法对森林高度反演精度优于传统三阶段算法。三阶段改进算法对天然林高度反演精度较高; 三阶段算法对橡胶林高度反演精度较高。

**关键词:** 森林高度反演算法; TerraSAR-X/TanDEM-X 数据; 极化干涉 SAR; 散射机制; 平地效应

中图分类号: S758.54; P208; TP31; TP753 文献标识码: A 文章编号: 1671-3168(2023)02-0016-10

引文格式: 申晨, 岳彩荣, 章皖秋, 等. 基于 TerraSAR-X/TanDEM-X 数据的森林高度反演算法研究[J]. 林业调查规划, 2023, 48(2): 16-25. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.02.003

SHEN Chen, YUE Cairong, ZHANG Wanqiu, et al. Forest Height Inversion Algorithm Based on TerraSAR-X/TanDEM-X Data[J]. Forest Inventory and Planning, 2023, 48(2): 16-25. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.02.003

## Forest Height Inversion Algorithm Based on TerraSAR-X/TanDEM-X Data

SHEN Chen<sup>1</sup>, YUE Cairong<sup>2</sup>, ZHANG Wanqiu<sup>2</sup>, ZHU Teng<sup>1</sup>, ZHANG Jinlan<sup>1</sup>

(1. Guangdong Polytechnic of Industry and Commerce, Guangzhou 510510, China;

2. Southwest Forestry University, Kunming 650224, China)

**Abstract:** Based on the RVoG model, the three-stage algorithm and its improved algorithm were studied. In Mengla County, Xishuangbanna, Yunnan, TerraSAR-X/tandem-X data were used as data sources to conduct forest height inversion algorithm. Finally, the results were verified by field measurement data. The results showed that the accuracy of the improved three-stage algorithm was better than that of the traditional three-stage algorithm. For natural forest and rubber forest, the improved three-stage algorithm had higher accuracy in height inversion of natural forest. The accuracy of the three-stage algorithm for rubber forest height inversion was high.

**Key words:** forest height inversion algorithm; TerraSAR-X/TanDEM-X data; polarization interferometry SAR; scattering mechanism; flat effect

## 1 研究背景及现状

### 1.1 研究背景

森林冠层高度作为森林垂直结构属性, 是用来

估计林分蓄积量、立地生产力和生物量的重要参数。

当前, 森林冠层高度测量主要有野外人工测量和遥感技术反演两种方式。在森林地带, 遥感手段反演

收稿日期: 2021-11-11.

资助项目: 基于 PolInSAR 数据的森林高度反演算法研究项目(220000025716).

第一作者: 申晨(1990-), 女, 山西潞城人, 硕士, 助理工程师. 主要从事地图制图、资源环境遥感研究. Email: 514935785@qq.com

森林高度比人工测量具有巨大优势。极化干涉合成孔径雷达(PolInSAR)是一种新型的遥感技术,既具有极化合成孔径雷达对植被散射体形状和方向敏感的特性,又具有干涉合成孔径雷达对植被体空间分布和高度敏感的特性,不仅可以提高地形测量精度,同时也获得相关散射机制的物理参数,特别是森林参数为树高的高精度反演以及地物其他各种参数的反演提供了可能,在林业资源管理以及林业调查研究方面具有重大意义。

### 1.2 研究现状

合成孔径雷达(SAR)概念首先于 1951 年由 C. Wiley 等提出,其指出多普勒频移现象可以用逻辑合成一个更大的雷达孔径。该理论突破了真实孔径雷达由于不可能无限制增大雷达天线孔径大小带来的方位向分辨率低的缺点<sup>[1]</sup>。随着国外 PolInSAR 技术的发展,国内很多科研院所开始对该技术进行研究。2014 年付海强等针对传统 PCT 方法中“相干相位-幅度联合反演算法”的缺点,采用 RVoG 模型,利用改进的非线性迭代算法反演植被高度和地表相位<sup>[2]</sup>。2016 年郭胜龙等提出一种基于单基

线减缩极化干涉 SAR 对森林进行林下地形估计及树高反演的方法<sup>[3]</sup>。2017 年龙江平等在相干区域边界优化的基础上,对相位信息和幅度信息进行优化,联合干涉相位和相干幅度信息有效地区分出地表散射和森林体散射,提高了森林高度反演的可靠性。2020 年陈利军等利用 X/L/C 段的干涉数据集在青海典型复杂地形实验区成功获取了 DEM 数据产品,证明 X 波段干涉测量 DEM 的精度与细节质量相对较高<sup>[4]</sup>。

## 2 森林高度反演算法研究

### 2.1 RVoG 散射模型

随机体散射体-地表二层(Random Volume over Ground, RVoG)模型是目前极化干涉中应用最广泛的模型之一。该模型包含散射体和地面两层结构,如图 1 所示。该模型以两层介质模型描述了厚度为  $h_v$  随机分布的森林覆盖模型。该模型广泛应用于森林高度提取和消光系数估计<sup>[5]</sup>。在 RVoG 模型下,森林高度可理解为随机体的厚度。

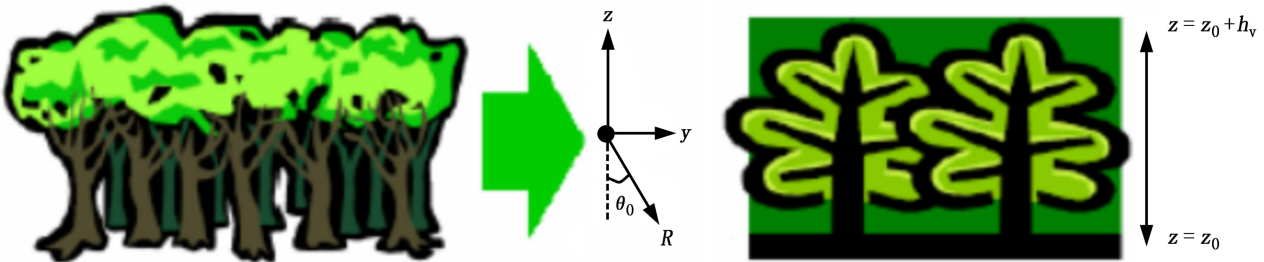


图 1 RVoG 散射模型

Fig. 1 Scattering model of RVoG

RVoG 模型中相关公式为:

$$\left\{ \begin{aligned} \gamma_c(\vec{w}) &= e^{i\Phi_0} \frac{\gamma_v + m(\vec{w})}{1 + m(\vec{w})} \\ \gamma_v &= \frac{I}{I_0} \neq \gamma_v(\omega) \begin{cases} I = \int_0^{h_v} \exp(ik_z z^*) \exp\left(\frac{2\sigma z^*}{\cos\theta_0}\right) dz^* \\ I_0 = \int_0^{h_v} \exp\left(\frac{2\sigma z^*}{\cos\theta_0}\right) dz^* \end{cases} \\ k_z &= m \frac{2\pi}{\lambda} \frac{\Delta\theta}{\sin\theta} \end{aligned} \right. \quad (1)$$

式中: $\gamma_c(\vec{w})$ 为随机体散射体-地表二层的总复相干; $\Phi_0$ 为地面干涉相位; $m$ 为给定极化状态下的地体幅度比,有效的地体幅度比参数  $m(w)$  可以表征

电磁波穿过植被体层时引起的衰减,也可以理解为衰减系数和随机体厚度(森林高度)的函数,相位中心的变化可引起地体幅度比的变化; $\gamma_v$ 为体散射相干性,体散射相干性复数值  $\gamma_v$  与电磁波的极化状态无关; $h_v$ 为森林高度; $\theta$ 为雷达波的入射角; $\sigma$ 为消光系数; $k_z$ 为垂直有效波束,对于单站模式(Monostatic)的雷达数据, $k_z$ 公式中的  $m=2$ ,对于双站模式(Bistatic)的雷达数据, $k_z$ 公式中的  $m=1$ ; $\Delta\theta$ 为两次观测中入射角的差值; $\lambda$ 为电磁波的波长。其中已知量为  $\theta, k_z, \lambda, \Delta\theta, \gamma_c(\vec{w})$  由极化干涉基本公式估计获得,未知量为  $h_v$  和  $\sigma$ 。

### 2.2 三阶段森林高度反演算法

三阶段森林高度反演算法是由 Cloude 和 Patha-

nassiou 提出的一种经典森林高度反演算法,通过直线拟合、地表相位求解、森林高度参数估计 3 个步骤完成。

第一步:直线拟合

将 RVoG 模型公式变形可得如下变形公式:

$$\begin{aligned} \gamma_c(\vec{w}) &= e^{i\phi_0} \frac{\gamma_v + m(\vec{w})}{1 + m(\vec{w})} \\ &= e^{i\phi_0} \left( \gamma_v + \frac{m(\vec{w})}{1 + m(\vec{w})} (1 - \gamma_v) \right) \end{aligned} \quad (2)$$

由公式(2)可知,在复平面内,不同极化状态下的复相干系数呈直线分布。然而实际情况下,由于森林地带微气候复杂多变、植被自身结构千差万别,复相干系数在复平面内的分布并非一条直线,而是一个长椭圆形的复相干区域,如图 2 所示。

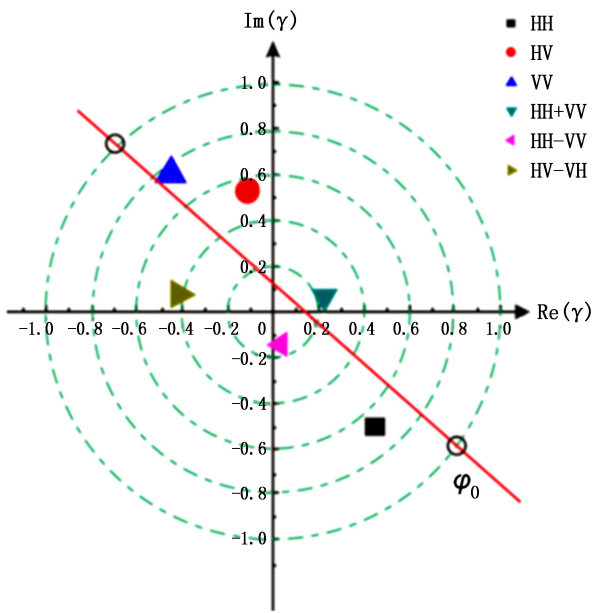


图 2 三阶段森林高度反演算法示意

Fig. 2 Three-stage forest height inversion algorithm

因而几乎不存在某一条直线,使不同极化状态下的复相干系数全部在该直线上。因此,Cloude 和 Pathanassiou 提出利用最小二乘法对不同极化状态下的复相干系数在复平面内进行直线拟合。

第二步:地表相位求解

复相干系数的取值在 0~1 范围。由于地面层的高相干性,可以假设地面的复相干系数模值为 1。由公式(2)可知,当地体幅度比  $m(w) = \infty$  时,体散射复相干为模为 1 的地面相干。该地相干恰好为复平面内拟合直线与单位圆的两个交点之一。一般认

为,占据 HV 极化通道的复相干  $\gamma_{HV}$  为植被层的体散射复相干,因此,在复平面内距离  $\gamma_{HV}$  最远的一个交点即为地面层的复相干,该交点对应的相位则为三阶段森林高度反演算法中的地表相位  $\phi_0$ 。

第三步:森林高度参数估计

由 RVoG 模型公式(1)可知,复相干系数  $\gamma_v$  是消光系数  $\sigma$  和森林高度  $h_v$  的函数。也就是说,每给定一个  $\sigma$  值和一个  $h_v$  值,便可对应一个  $\gamma_v$  值。通过建立  $\gamma_v$ 、 $\sigma$ 、 $h_v$  之间的二维查找表,可得到不同森林高度和消光系数下对应的复相干系数的理论值。正因此,三阶段森林高度反演算法求得的森林高度值皆为整数。

一般认为,占据 HV 极化通道的复相干  $\widetilde{\gamma}_{HV}$  为植被层的体散射复相干,对应于地体幅度比  $m(w) = 0$  情况,将  $m(w) = 0$  带入公式(1)并变形,可得以下公式:

$$\widetilde{\gamma}_{HV} = e^{i\phi_0} \widetilde{\gamma}_v \Rightarrow \widetilde{\gamma}_v = \widetilde{\gamma}_{HV} e^{i(-\phi_0)} \quad (3)$$

其中求得的  $\widetilde{\gamma}_v$  为复相干系数的估计值。利用最小差异原则比较二维查找表中复相干系数的理论值  $\gamma_v$  和由公式(3)求得的复相干系数的估计值,便可确定对应的消光系数  $\sigma$  和森林高度  $h_v$ 。

三阶段森林高度反演算法将复相干系数引入反演模型并考虑了地表相位的生成,是一种科学的森林高度反演算法,三阶段算法流程图见图 3 所示。三阶段方法在实际操作中计算量大、运算时间长,地表相位的确定受复相干系数分布以及直线拟合方法的影响较大,当体散射去相干存在误差时,往往会导致反演结果出现误差。

### 2.3 三阶段森林高度反演算法的改进

从相干区域优化、体散射复相干优化两个方面提高地表相位的准确程度,实现三阶段算法的改进<sup>[6]</sup>。

#### 2.3.1 相干区域优化

为了扩大相干区域范围,提高地表相位的准确程度,本文提出相干性幅度差最大准则和干涉相位差最大准则,实现相干区域的优化。

相干性幅度差最大准则是通过寻找不同极化状态下的相干性幅度差,选取相干性幅度差最大时对应的极化状态为最优极化状态<sup>[6]</sup>。即满足公式(4):

$$\max | |\gamma(\omega_i)| - |\gamma(\omega_j)| | = \Delta r_{opt} \quad (4)$$

式中: $\omega_i$ 、 $\omega_j$  为极化干涉矢量; $\gamma(\omega_i)$ 、 $\gamma(\omega_j)$  分别为极化干涉矢量  $\omega_i$ 、 $\omega_j$  所对应的复相干系数; $|\gamma(\omega_i)|$ 、 $|\gamma(\omega_j)|$  分别为极化干涉矢量  $\omega_i$ 、 $\omega_j$  所对应的复相干系数的幅度值。



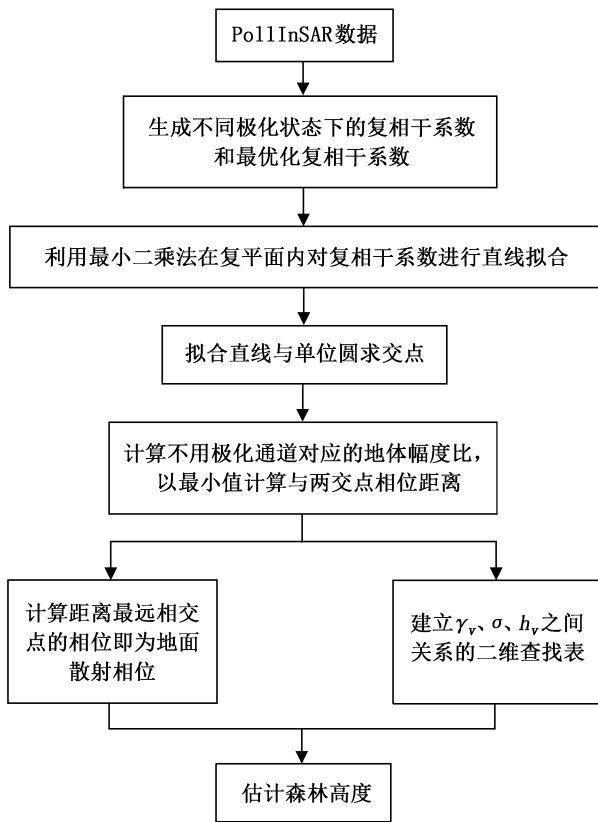


图 3 三阶段算法流程

Fig. 3 Flowchart of the three-stage algorithm

相干性幅度差最大的最优相干估计可以看成是选取相干区域中相干性幅度极大值和极小值作为最优相干性,从而使得相干性幅度差最大。

干涉相位差最大准则是通过寻找不同极化状态下的干涉相位,该准则的本质与 PD 算法一致<sup>[7]</sup>,也是通过拉格朗日极值法找到相干区域内不同极化状态复相干系数相位的差值,干涉相位差值最大时对应的极化状态为最优相干性估计。即满足公式(5):

$$\max |\varphi(\omega_i) - \varphi(\omega_j)| = \Delta\varphi_{opt} \quad (5)$$

式中: $\omega_i, \omega_j$  为极化干涉矢量; $\varphi(\omega_i), \varphi(\omega_j)$  分别为极化干涉矢量  $\omega_i, \omega_j$  所对应的干涉相位。

干涉相位差最大的最后相干性估计可以有效地分离出不同散射体的相位中心,提高了地表相位的估计精度。相干区域边界提取见图 4。

总而言之,相干性幅度差最大准则和干涉相位差最大准则有效地扩充了相干区域范围,使地表相位的估计更加准确,有利于森林植被高度反演精度的提高。

### 2.3.2 体散射复相干优化

由极化干涉先验知识可知,极化通道 HV 所代表

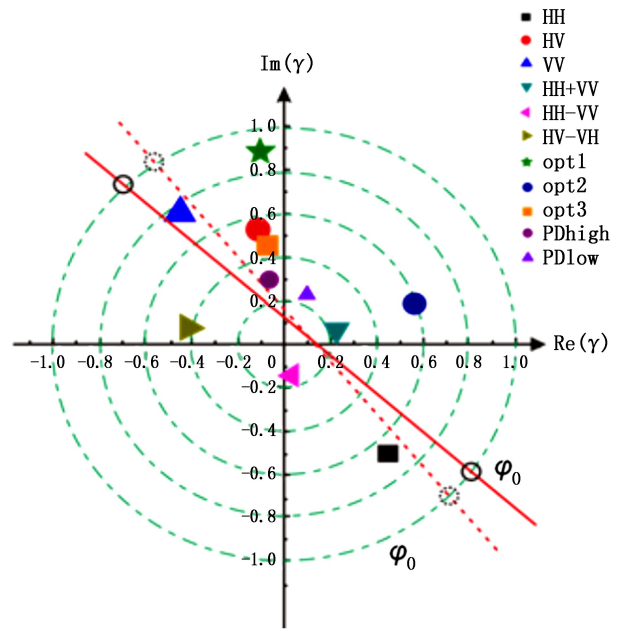


图 4 相干区域边界提取

Fig. 4 Extraction of the boundary in coherence areas

的复相干为植被体散射复相干。然而, HV 复相干中常含有地表分量,并非纯体散射复相干。在森林高度反演中,植被冠层常具有较高的相位中心。因此,本文提出以不同极化状态中距离地相位最远的复相干为体散射复相干,代替 HV 的复相干进行三阶段森林高度反演算法研究。三阶段改进算法流程图见图 5 所示。

## 3 TerraSAR-X/TanDEM-X 数据森林高度反演数据试验与分析

### 3.1 研究区概况

勐腊县位于西双版纳傣族自治州南部,与老挝接壤。全境在北回归线以南,总面积约 688 510  $\text{hm}^2$ ,林地面积占总面积的 88.31%。林地主要分布在坡度  $10^\circ \sim 30^\circ$ 、海拔 500~1 000 m 区域,其中天然林约占林地面积的 65.56%,橡胶林约占林地面积的 34.44%。气候属热带湿润季风气候,全年热量丰富,降水充沛,旱雨两季分明。勐腊县是我国热带生态系统和森林植被保存较为完整、热区生物资源较为富集地区,境内广泛分布有雨林、季雨林、常绿阔叶林和竹林等植被类型,被称为热带植物王国。

### 3.2 研究数据介绍

为验证森林高度反演算法对真实数据的估计结果,采用德国航空航天中心提供的 TerraSAR-X 和

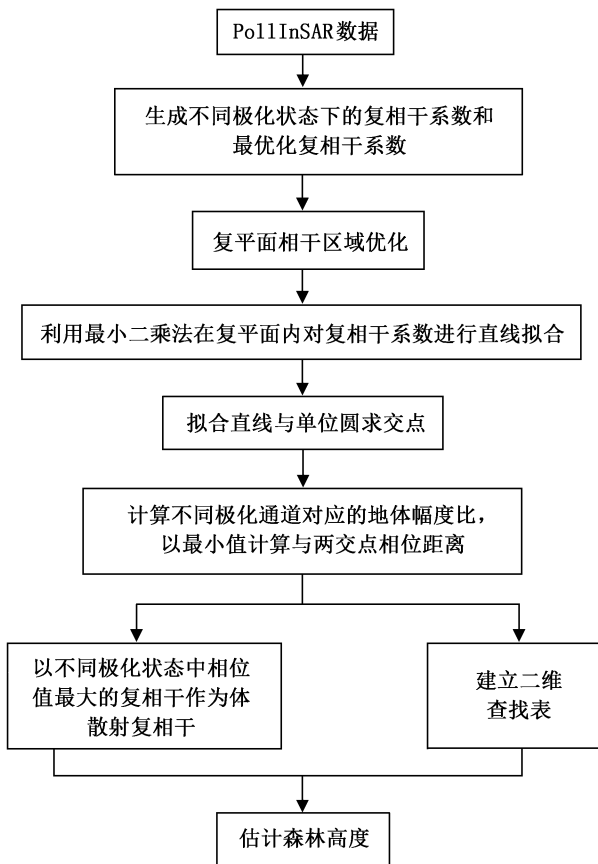


图 5 三阶段改进算法流程图

Fig. 5 Flowchart of the improved three-stage algorithm

TanDEM-X 卫星的双星全极化 SAR 影像进行试验。其中主轨道为 TanDEM-X 平台,副轨道为 TerraSAR-X 平台,拍摄时两卫星平台分别对同一地面发射电磁波,并分别接收各自的回波,具体参数如表 1 所示。由于主辅雷达平台的拍摄时间仅差 10 秒,可忽略时间影响。

表 1 研究数据参数

Tab. 1 Parameters of study data

极化方式	模式	获取时间	空间基线	平均入射角范围	分辨率
全极化	Bistatic	2015 年 12 月	134	31.86~33.34	2.1

分别读取主辅影像的单视复数据后生成主辅影像的 Pauli 彩色合成图(图 6)。

### 3.3 数据预处理

对 SAR 图像的预处理主要包括:主辅影像配准、去平地效应、生成极化干涉矩阵  $T_0$ 、计算复相干系数、计算垂直有效波数。预处理流程见图 7 所示。

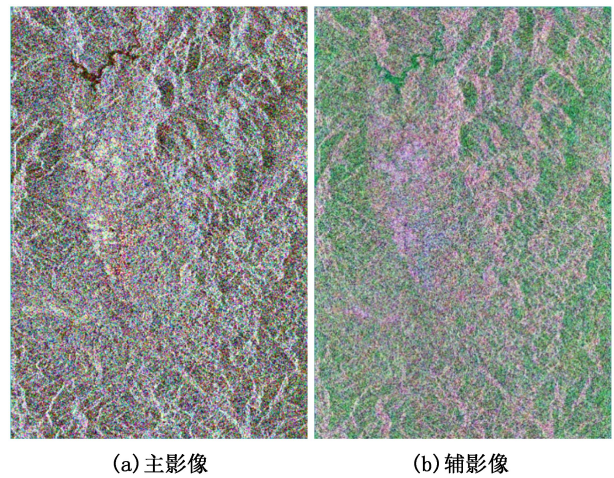


图 6 主辅影像 Pauli 合成图

Fig. 6 Pauli-basis composite image of master and slave image

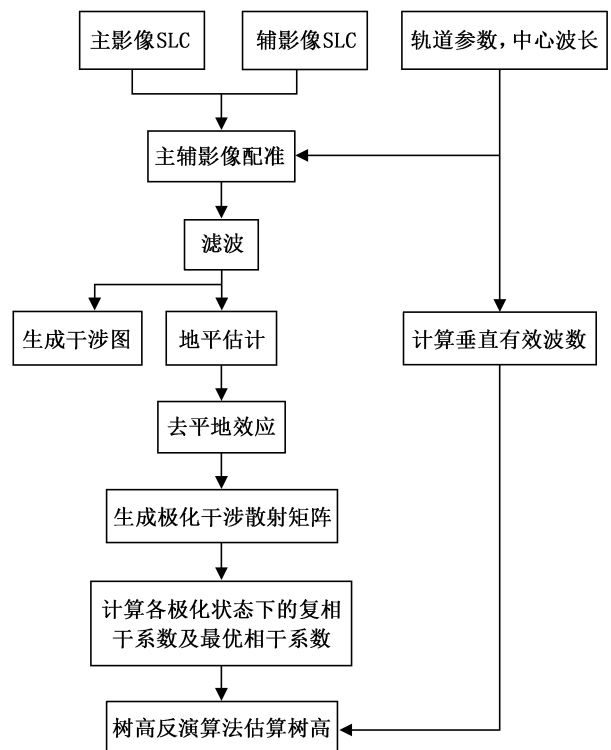


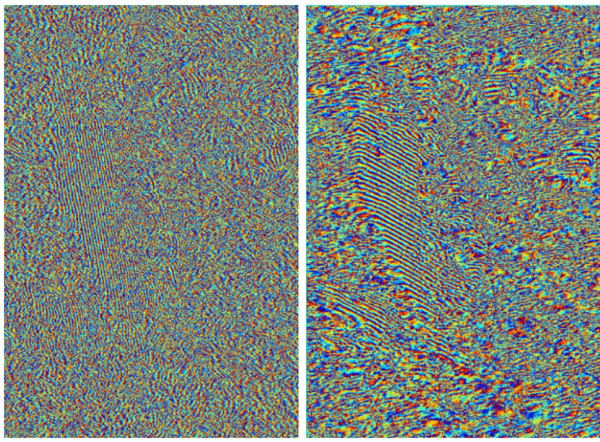
图 7 预处理流程

Fig. 7 Flowchart of preprocessing

#### 3.3.1 极化 SAR 图像滤波

高分辨率 SAR 图像更容易受到斑点噪声的影响,因此有必要在解译前进行滤波处理。从滤波效果来看,增强 Lee 滤波可有效抑制斑点噪声,改善 SAR 图像的视觉效果。通常选择  $3 \times 3$  的窗口能比较好地保持地物边界信息等细节特征。滤波前后的干涉图如图 8 所示。





(a) 滤波前 (b) 滤波后

图 8 滤波前后干涉图

Fig. 8 Interference patterns of HH before and after filter

### 3.3.2 去平地效应

平地效应是由于受 InSAR 系统空间几何关系的影响,地面上高程相同的点本应在干涉图上保持不变的相位差发生了变化,造成干涉图相位一定程度的偏移<sup>[8]</sup>。

平地效应的存在使干涉结果不能真实地反映地面高程,且干涉条纹过密会给相位解缠带来很大困难。平地相位目前主要有两种算法:(1)基于卫星轨道数据计算多普勒方程、斜距方程和椭圆方程得到平地相位;(2)监测干涉相位频谱中占优势的条纹频率计算平地相位<sup>[9]</sup>。本实验采用去地方法为干涉相位频谱来除去平地效应,计算得到的平地相位如图 9 所示。

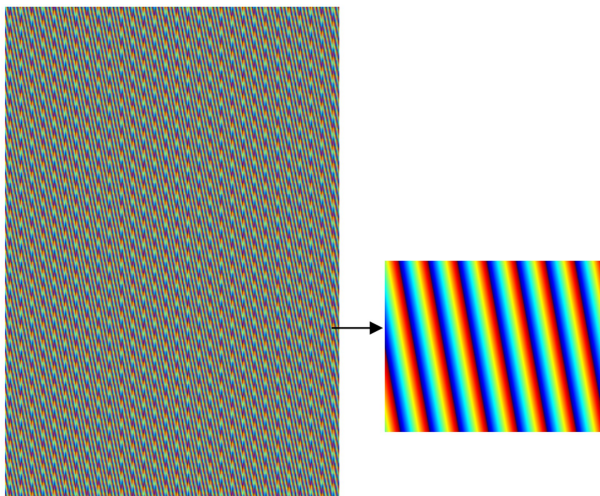
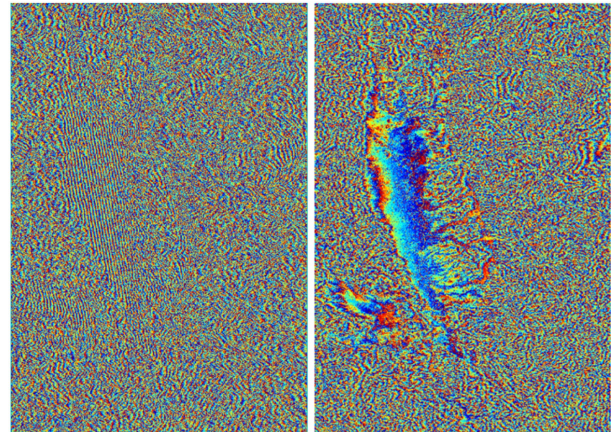


图 9 平地相位

Fig. 9 Flat earth phase

以 HH 极化通道为例,通过去平地,平地效应引起地面条纹过密的现象得到有效抑制(图 10)。



(a) 去平地前 (b) 去平地后

图 10 HH 极化干涉图

Fig. 10 Interference patterns of HH polarimetric channel

### 3.3.3 垂直有效波数

垂直有效波数的计算对于树高估计是必须的参数,数值差异与主辅影像的入射角之差有关。能否准确计算垂直有效波数  $k_z$ ,直接关系到后续树高计算结果的准确程度。根据  $k_z$  公式进行运算得到垂直有效波数  $k_z$  的文件。

### 3.3.4 极化干涉数据地理编码

TerraSAR-X/TanDEM-X 原始数据生成的 SLC、复相干系数以及最后的森林高度数据均无坐标系统。不仅如此,SLC 数据与真实地貌呈东西镜像,且距离向与方位向的分辨率不同。因此,为了方便森林高度结果与光学影像的匹配,提出极化干涉数据地理编码,使雷达数据处理结果具有光学影像的坐标系统。

### 3.3.5 复相干系数的计算及优化

复相干系数包含了极化干涉 SAR 数据的相位信息和幅度信息,通常情况下,复相干系数以实部(real)和虚部(imaginary)两部分存储,共 4 个字节。极化干涉复相干系数的计算及优化会直接影响到森林高度反演结果的准确性和可靠性。不同极化状态下的复相干系数如图 11 所示,图中像元的灰度值为该点模值的自然度数,其明暗程度也反映了复相干系数模值的大小。

按不同林地种类,天然林和橡胶林的复相干系数有微小差异。将编码后的复相干系数文件与森林资源二类调查数据进行叠加,提取天然林和橡胶林所对应的复相干系数,进行数据统计分析(表 2)。



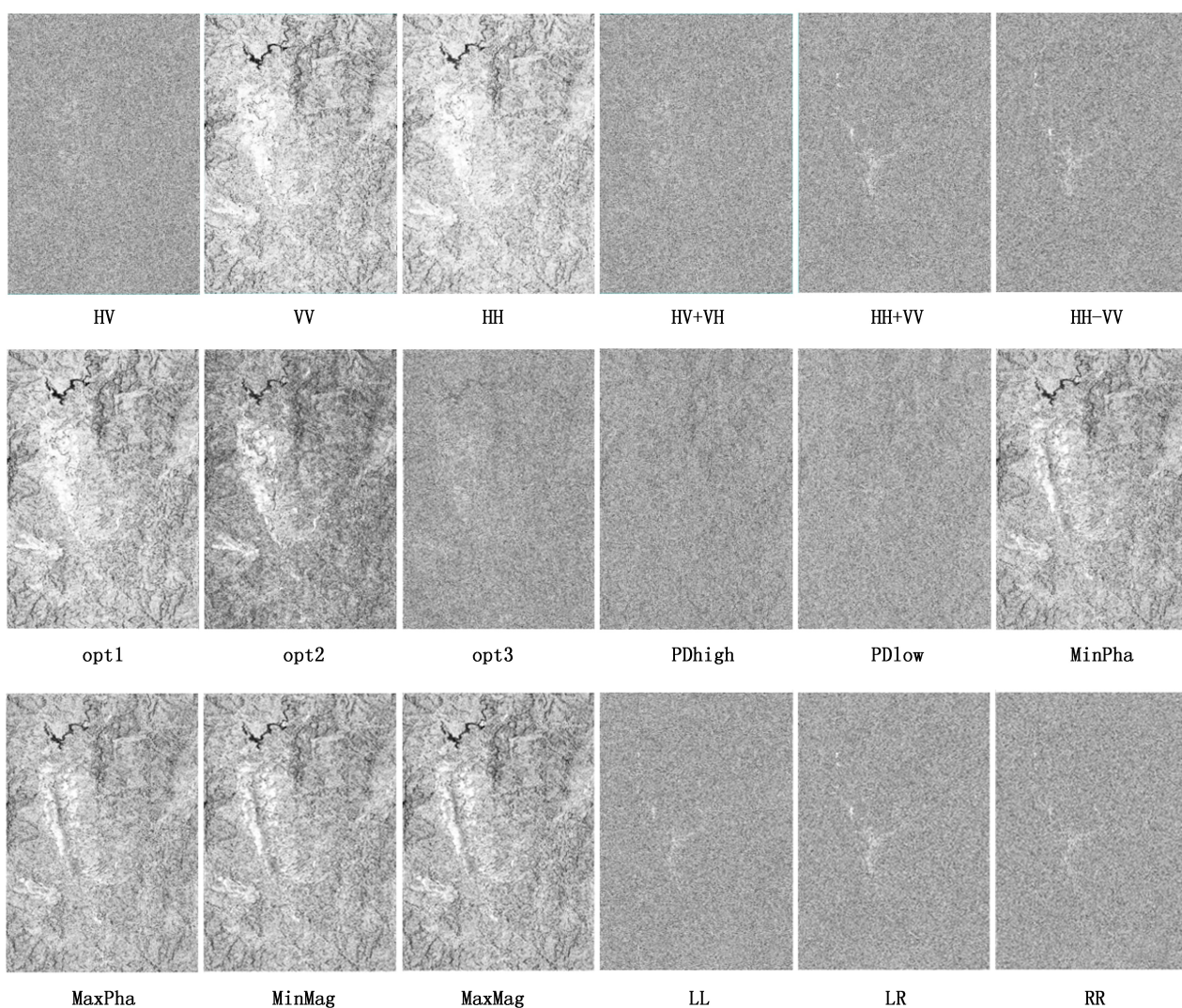


图 11 不同极化状态下的复相干系数

Fig. 11 Complex coherence coefficient in different polarization

由表 2 可知,对于天然林而言,与其他复相干相比, opt1 复相干对天然林的相干性较强,复相干系数最大值为 0.989 654,最小值为 0.317 398,均值为 0.854 106,标准差为 0.121,复相干系数反演结果较为稳定。对于橡胶林而言,与其他复相干相比, opt1 复相干对橡胶林的相干性较强,复相干系数最大值为 0.991 536,最小值为 0.417 947,均值为 0.927 743,标准差为 0.057,复相干系数反演结果较为稳定; opt3 复相干对橡胶林的相干性较弱,复相干系数最大值为 0.669 315,最小值为 0.002 098,均值为 0.182 702,标准差为 0.629 3,复相干系数反演结果稳定性较差。

### 3.4 森林高度反演算法结果分析与讨论

利用三阶段森林高度反演算法、改进的三阶段森林高度反演算法进行森林高度反演,最终得到如

下结果。

#### 1) 树高反演结果的数理统计分析

分别对三阶段算法、三阶段改进算法估测结果的森林区域进行结果统计,得到 6 种算法的树高直方图(图 12)。

由图 12 可知,三阶段算法反演的森林高度主要集中在 10~20 m 范围,在树高约 5 m 出现峰值,在树高约 10 m 处出现大的峰值,相对于其他 5 种方法,三阶段森林高度反演算法的结果区间范围较小。即树高值的分布较为集中,但是数值偏低;三阶段改进算法反演的森林高度主要集中在 8~50 m 范围,树高峰值出现在 28 m 处,与传统的三阶段算法相比,树高反演值的区间范围变大,数值大小整体均有提高(表 3)。

表 2 不同林种的相干系数

Tab. 2 Correlation coefficient in different forest category

复相干类型	天然林				橡胶林			
	最小值	最大值	均值	标准差	最小值	最大值	均值	标准差
HH	0.001286	0.971902	0.704618	0.3368	0.002949	0.983832	0.730008	0.3351
HV	0.001326	0.718852	0.186244	0.6280	0.000337	0.758282	0.192242	0.6244
VV	0.001378	0.975700	0.705464	0.3286	0.016176	0.983832	0.855987	0.1484
HH+VV	0.000357	0.774529	0.204191	0.6282	0.001820	0.715839	0.201332	0.6200
HH-VV	0.000186	0.798436	0.204968	0.6268	0.001753	0.708008	0.197899	0.6203
HV+VH	0.001326	0.718852	0.186244	0.6280	0.001572	0.703702	0.193709	0.6230
opt1	0.317398	0.989654	0.854106	0.1210	0.417947	0.991536	0.927743	0.0570
opt2	0.094628	0.952657	0.579146	0.2746	0.130824	0.946864	0.691356	0.1946
opt3	0.000464	0.732128	0.164936	0.6354	0.002098	0.669315	0.182702	0.6293
PDhigh	0.000015	0.999999	0.153785	0.7943	0.000122	0.999999	0.146285	0.8050
Pdlow	0.000035	0.999999	0.153386	0.7183	0.000046	0.999999	0.143661	0.7006
MaxMag	0.177373	0.999999	0.728476	0.1966	0.273378	0.999999	0.822588	0.1207
MaxPha	0.028834	0.999999	0.675907	0.2663	0.045000	0.999999	0.788834	0.1572
MinMag	0.008645	0.999999	0.628952	0.3016	0.045000	0.999999	0.756918	0.1797
MinPha	0.000080	0.999999	0.638266	0.3121	0.089135	0.999999	0.789860	0.1566
LR	0.000357	0.774529	0.204191	0.6282	0.001820	0.715839	0.201332	0.6200
LL	0.000965	0.788676	0.207713	0.6235	0.000610	0.694891	0.202564	0.6331
RR	0.000887	0.784978	0.207028	0.6207	0.002297	0.715624	0.201796	0.6175

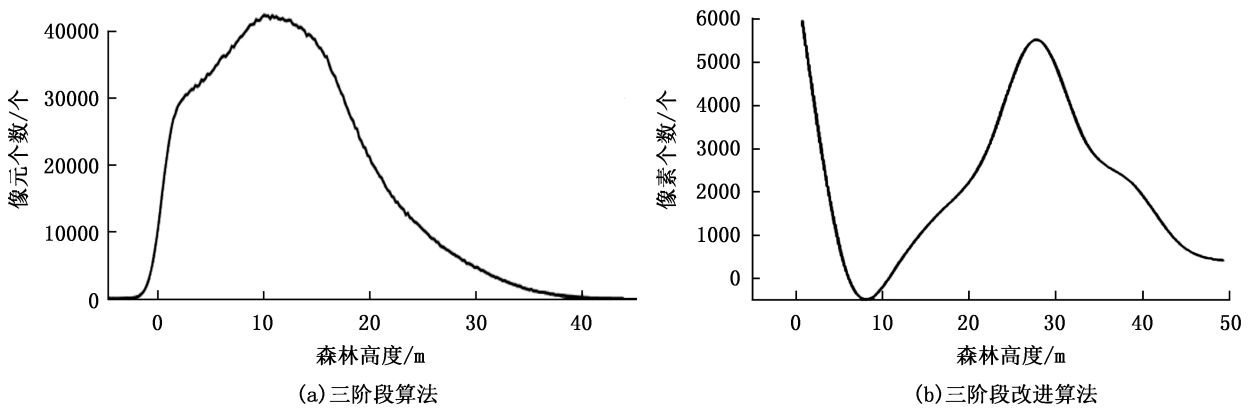


图 12 不同算法的树高直方图

Fig. 12 Histograms of forest height of different algorithm

表 3 不同算法的树高统计

Tab. 3 Forest height estimation in different algorithm

反演方法	最小值	最大值	均值	标准差
三阶段算法	0	50	10.904	14.275
三阶段改进算法	0	50	10.858	14.928

### 3.5 森林高度反演算法结果验证

#### 3.5.1 野外实测数据调查

为验证 TerraSAR-X/TanDEM-X 森林高度反演算法的准确程度,于 2016 年 10 月底在云南省西双版纳州勐腊县进行野外数据采集。利用激光测距仪、微波测距仪、标杆、卷尺、GPS、角规等仪器测量了 82 个森林高度样点。其中,天然林 19 个样点,橡



胶林 55 个样点,其他林种 8 个样点。野外数据采集主要参数有样地经纬度、海拔、坡度、优势树种、郁闭度、树高、平均冠层高等。样点广泛分布于勐腊县城周边林区(图 13)。

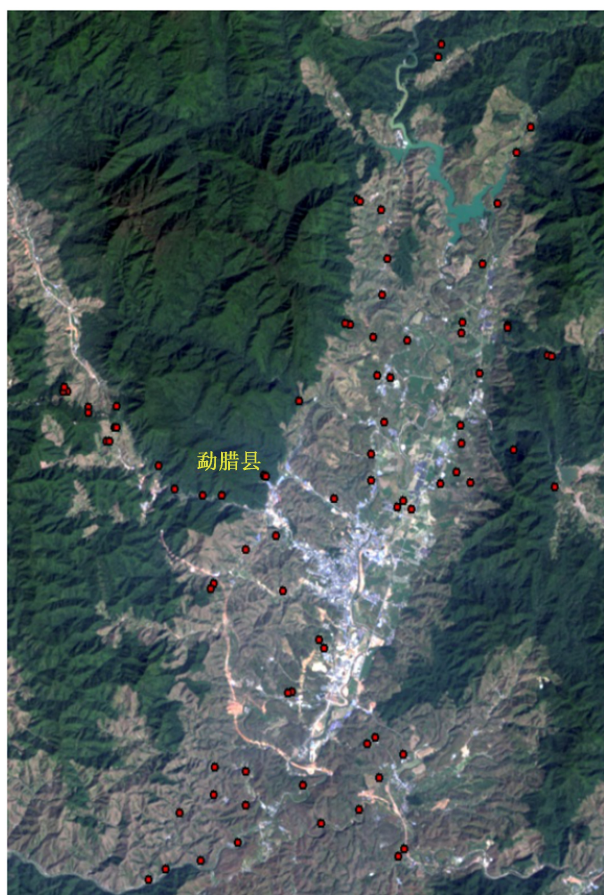


图 13 野外实测样点分布  
Fig. 13 Distribution of field sample plots

### 3.5.2 树高反演结果验证

将采用三阶段算法、三阶段改进算法的森林高度反演结果与实测数据进行对比。在去除异常值后,制作树高反演散点图,结果如图 14,图 15,表 4 所示。

由树高反演散点图和反演结果精度表可知,三阶段改进算法相关性较强,相关系数  $R$  为 0.643,均方根误差(RMSE)为 5.53,相较于三阶段算法有明显的改进。

分别对天然林和橡胶林进行实测数据验证,结果如表 5 所示。

从天然林反演结果来看,三阶段改进算法的相关性相对较强,相关系数  $R$  为 0.571,均方根误差(RMSE)为 7.33,说明三阶段改进算法对地相位和冠层相位的估计有较好的改善。

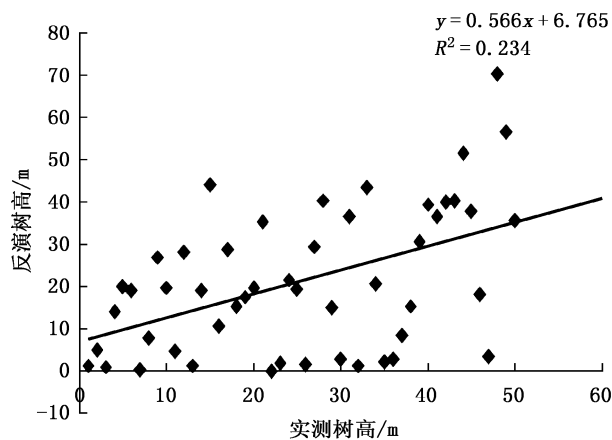


图 14 三阶段算法树高反演散点图  
Fig. 14 Tree height inversion scatter plot of the three-stage algorithm

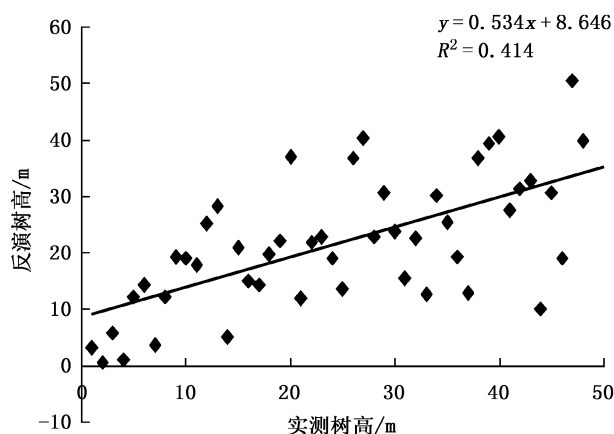


图 15 三阶段改进算法树高反演散点图  
Fig. 15 Tree height inversion scatter plot of the improved three-stage algorithm

表 4 森林树高反演结果精度

Tab. 4 Precision of tree height inversion results

反演方法	相关系数 $R$	RMSE
三阶段算法	0.483	7.38
三阶段改进算法	0.643	5.53

表 5 天然林和橡胶林反演结果精度

Tab. 5 Precision of inversion results in natural forests and rubber plantation

反演方法	天然林		橡胶林	
	相关系数 $R$	RMSE	相关系数 $R$	RMSE
三阶段算法	0.336	9.20	0.556	5.61
三阶段改进算法	0.571	7.33	0.453	5.17



从橡胶林反演结果来看,三阶段算法的相关性较强,相关系数  $R$  为 0.556,均方根误差(RMSE)为 5.61,三阶段改进算法的相关性次之,相关系数  $R$  为 0.453,均方根误差(RMSE)为 5.17。

## 4 结 论

以 RVOG 模型为基础分析森林高度反演的三阶段算法、三阶段改进算法基本原理,利用 TerraSAR-X/TanDEM-X 数据进行森林高度反演,并结合野外数据进行结果验证。结果表明,三阶段改进算法对森林高度反演的精度优于传统三阶段算法。对于天然林而言,三阶段改进算法反演精度较高,相关系数  $R$  为 0.571,均方根误差(RMSE)为 7.33;对于橡胶林而言,三阶段算法反演精度较高,相关系数  $R$  为 0.556,均方根误差(RMSE)5.56。原因有以下几点:(1) TerraSAR-X/TanDEM-X 数据为 X 波段的极化干涉数据,穿透性较弱,因而对森林冠层相位的反演较好,对地表相位的反演效果不佳;(2)天然林结构错综复杂,树种丰富,林层通常为复层林,使电磁波的穿透和森林高度反演增加了难度,橡胶林林冠整齐、植株株距较大、林下干净,导致电磁波更容易穿透到达地面,为地表相位和冠层相位的反演提供了便利;(3)勐腊县雨林地区地势陡峭,地形和坡度对反演结果的精度造成一定影响。

## 参考文献:

[1] 鞠晓洁. 基于 Multigen Vega 的 SAR 图像生成仿真系统

研究[D]. 青岛:中国海洋大学,2010.

- [2] 付海强,汪长城,朱建军,等. 一种改进的 PolInSAR PCT 方法反演植被垂直结构[J]. 测绘工程,2014(11): 56-61,66.
- [3] 郭胜龙,李洋,尹婧,等. 基于简缩极化干涉 SAR 数据的森林垂直参数反演[J]. 电子与信息学报,2016(1): 71-79.
- [4] 陈利军,张瑞,郭旭东,等. 多源星载 SAR 地形干涉测量精度分析[J]. 测绘通报,2020(7):13-17.
- [5] PAPATHANASSIOU K P, CLOUDE S R. Single-baseline polarimetric SAR interferometry[J]. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 2001, 39(11): 2352-2363.
- [6] 谈璐璐,杨立波,杨汝良. 合成孔径雷达简缩极化干涉数据的植被高度反演技术研究[J]. 电子与信息学报, 2010(12):2814-2819.
- [7] 龙江平,刘峰,段祝庚. 联合干涉相位和相干性幅度的极化干涉 SAR 最优相干性估计[J]. 测绘学报,2017(1):73-82.
- [8] 张振宇. 合成孔径雷达三维成像技术研究[D]. 南京:南京理工大学,2009.
- [9] TIGHE M L, KING D, BALZTER H, et al. Comparison of X/C-HH InSAR and L-PolInSAR for Canopy Height Estimation in a Lodgepole Pine Forest[J]. Proceedings of the Fourth International Workshop on Science & Applications of Sar Polarimetry & Polarimetric Interferometry Poiinsar, 2009.

责任编辑:许易琦

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.02.004

## 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<sup>1,2</sup>, 张加龙<sup>1</sup>, 申茂华<sup>2</sup>, 薛雯芸<sup>2</sup>, 李坤美<sup>2</sup>

(1. 西南林业大学 西南地区生物多样性保育国家林业局重点实验室, 云南 昆明 650224;  
2. 西南林业大学 林学院, 云南 昆明 650224)

**摘要:**以香格里拉市优势树种高山栎、高山松、云冷杉及云南松为研究对象, 构建基于遥感的森林蓄积量估测模型。采用 2006 年和 2016 年的 Landsat TM/OLI 影像及二类调查数据, 随机从每期数据中各选取 100 个小班, 提取其影响因子, 利用相关性强的因子构建 RF 模型和 MLR 模型。结果表明, 2006 年各树种蓄积量 RF 模型的拟合  $R^2$  在 0.779~0.862 范围, 预测精度  $P$  值为 80.17%~92.16%; 2016 年 RF 模型的拟合  $R^2$  为 0.761~0.865, 预测精度  $P$  值为 81.61%~95.53%。建立 MLR 模型后, 2006 年树种蓄积量估测模型的拟合  $R^2$  为 0.214~0.336, 预测精度  $P$  值为 34.12%~47.16%; 2016 年模型的拟合  $R^2$  为 0.238~0.391, 预测精度  $P$  值为 34.82%~52.57%。估测结果与二类调查数据的误差为: 高山栎、高山松、云冷杉、云南松分别增加了  $8.54 \times 10^5 \text{m}^3$ 、 $3.65 \times 10^6 \text{m}^3$ 、 $4.12 \times 10^6 \text{m}^3$ 、 $3.96 \times 10^4 \text{m}^3$ , 误差分别为 0.36%、0.78%、0.44%、0.62%。对比二种模型估测结果表明, 随机森林模型能更精确地估测优势树种蓄积量。

**关键词:**优势树种; 蓄积量估测; 模型构建; landsat 影像数据; 香格里拉市

中图分类号: S758.51; S711; TP753 文献标识码: A 文章编号: 1671-3168(2023)02-0026-06

引文格式: 王飞平, 张加龙, 申茂华, 等. 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[J]. 林业调查规划, 2023, 48(2): 26-31. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.02.004

WANG Feiping, ZHANG Jialong, SHEN Maohua, et al. Estimation Model Construction of Dominant Tree Species Volume in Shangri-La City Based on Landsat Image Data[J]. Forest Inventory and Planning, 2023, 48(2): 26-31. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.02.004

## Estimation Model Construction of Dominant Tree Species Volume in Shangri-La City Based on Landsat Image Data

WANG Feiping<sup>1,2</sup>, ZHANG Jialong<sup>1</sup>, SHEN Maohua<sup>2</sup>, XUE Wenyun<sup>2</sup>, LI Kunmei<sup>2</sup>

(1. Key Laboratory of Biodiversity Conservation in Southwest China of State Forest Administration, Southwest Forestry University, Kunming 650224, China; 2. College of Forestry, Southwest Forestry University, Kunming 650224, China)

**Abstract:** The remote sensing based forest volume estimation model was constructed in Shangri-La City with the research objects of dominant tree species of *Quercus aquifolioides*, *Pinus densata*, spruce fir and

收稿日期: 2021-12-20.

基金项目: 国家自然科学基金(31860207); 2020 年云南省高层次人才培养支持计划“青年拔尖人才”专项(81210468); 西南林业大学科研启动基金(111932).

第一作者: 王飞平(1996-), 男, 云南曲靖人, 硕士研究生. 主要研究方向为林业 3S 技术. Email: 2714250799@qq.com

责任作者: 张加龙(1981-), 男, 湖北人, 教授, 博士. 主要研究方向为 3S 技术. Email: jialongzhang@swfu.edu.cn

*Pinus yunnanensis*. Based on Landsat TM/OLI images in 2006 and 2016 and forest management inventory data, this paper randomly selected 100 sub-compartments from each period of data, extracted the impact factor, and constructed an RF model and MLR model by highly correlated factors. The results showed that the fitting  $R^2$  of the RF model for the stock volume of various tree species in 2006 ranged from 0.779 to 0.862, with a prediction accuracy  $P$ -value of 80.17% to 92.16%; the fitting  $R^2$  of the RF model in 2016 was from 0.761 to 0.865, and the prediction accuracy  $P$ -value was from 81.61% to 95.53%. After establishing the MLR model, the fitting  $R^2$  of the model was from 0.214 to 0.336, and the prediction accuracy  $P$ -value was from 34.12% to 47.16%; the fitting  $R^2$  in 2016 was from 0.238 to 0.391, and the prediction accuracy  $P$ -value was from 34.82% to 52.57%. The volume of *Quercus aquifolioides*, *Pinus densata*, spruce fir and *Pinus yunnanensis* increased by  $8.54 \times 10^5 \text{ m}^3$ ,  $3.65 \times 10^6 \text{ m}^3$ ,  $4.12 \times 10^6 \text{ m}^3$  and  $3.96 \times 10^4 \text{ m}^3$  respectively, and the errors were 0.36%, 0.78%, 0.44% and 0.62% respectively. The comparison between the two models showed that the random forest model could more accurately estimate the volume of dominant tree species.

**Key words:** dominant tree species; estimation of volume; model construction; Landsat image data; Shangri-La City

蓄积量是森林资源的重要指标,是林业特有的问题,也是航天遥感数据应用研究的重要领域<sup>[1]</sup>。森林蓄积量测定方法经过一系列的发展,目前最常用的方法包括目测法、实测法、采样控制和回归建模估测法。回归模型估测法由于其具有工作量较小、估计频率高、估计范围较大等优点,已逐渐成为蓄积量测量研究的主要技术手段。

利用遥感影像对云南省香格里拉市的优势树种蓄积量进行遥感估测,探究 2006 年和 2016 年香格里拉市的优势树种蓄积量变化。研究优势树种蓄积量动态变化情况,可为森林经营提供可靠的数据支持,优势树种蓄积量指的是在优势树种林分中的所有优势树种活立木材积之和,一般按单位面积来进行活立木材积总和的计算。林木蓄积量一般用来表示森林资源的总规模,是森林资源调查和监测最重要指标之一。探究高效和高精度的森林蓄积量估测新方法可尽量减少地面调查工作量,从而快速、准确地进行森林总蓄积量预报<sup>[2]</sup>。

森林调查因子遥感定量估测研究主要集中在蓄积量估测方法的研究上<sup>[3]</sup>。大致有两种方法:(1)使用两阶段或多阶段分层采样来获得总蓄积量和总林分类型的单位平均蓄积量,并根据类型将平均蓄积量分配到图斑;(2)使用多元回归方法(Multiple Linear Regression, MLR),通过林分特征因素(森林类型,优势树种,树冠封闭,年龄等级,胸高直径,树高等),环境特征因子(坡度,坡向,位置,高度,土壤类型和厚度等)和遥感影像数据(灰度值,饱和度,色度,比率),建立数学回归模型以间接估测每个斑

块的蓄积量<sup>[4-6]</sup>。使用第二种方法时,通常需要读取遥感影像上每个位置的密度值或几个波段的比率。在遥感估测研究过程中,森林蓄积量与影像的单波段数据以及其波段比值项关系的密切程度会因不同林分而异,不能将其他林分混在一起建立林分蓄积量的估测模型,在研究中增加各类遥感因子能有效提高估测精度<sup>[7]</sup>。

研究领域内各学者从不同方面对森林蓄积量进行研究。赵宪文利用陆地卫星 TM 图象和多元分析方法直接估测森林蓄积量,此方法辅以少量地面样地时,有林地蓄积估测精度可达 80% 以上<sup>[8]</sup>;基于 LIDAR 数据,Donoghue 采用了两种方法来估算苏格兰 3 个测试点的森林蓄积量,测得的相关系数分别为 0.914 和 0.930。这种方法可以与地面调查数据相结合估测混交林的蓄积量<sup>[9-10]</sup>。国外学者 Skurikhin A N 等使用高分辨率遥感影像多尺度分析方法,进行树冠识别及其大小估计<sup>[11]</sup>;Jamstedt 等利用高分辨率机载激光扫描数据研究结果,得以进行森林资源清查中变量估算研究<sup>[12]</sup>。Popescu 以 94 棵松树和 23 棵落叶松树的基本测量为参考,并根据来自美国东南部的 LIDAR 数据和 TreeVaw 软件建立线性模型来估计单棵树的树冠基部高度,精度达到 80%。傅里叶变换可使估算精度更高,这为准确估算森林蓄积量提供了很好的方法<sup>[13-14]</sup>。

综上所述,森林蓄积量遥感估测在具体树种上的研究比较单一,对多种优势树种并存的地区缺乏可靠的数据支撑,故本次研究将根据森林蓄积量测定的已有经验,对香格里拉市多个优势树种构建更



加精准的蓄积量估测模型并进行深入分析,对比选择出适合于森林蓄积量遥感估测的最佳模型,获取更加准确有效的数据支撑,从而得到便捷有效的技术手段,以促进森林经营、管理和保护。

## 1 研究区概况

香格里拉市在空间上位于云南省西北部,迪庆州东北部,东经  $99^{\circ}20' \sim 100^{\circ}19'$ ,北纬  $26^{\circ}52' \sim 28^{\circ}52'$ ,总面积约 114 万  $\text{hm}^2$ ,属山区性冷温带季风气候,年均温  $5.5^{\circ}\text{C}$ ,年均降雨量 618.4 mm<sup>[15]</sup>。优势树种主要分布于金江镇、虎跳峡镇、东旺乡、格咱乡等,主要有:(1)云南松(*Pinus yunnanensis*),属松科松属常绿乔木,在香格里拉市的气候条件下具有生长更快、材质更好、耐旱性好和自然再生能力强的特点,是我国西南地区最大的森林树种,也是先锋树种和最重要的用材树种。(2)高山松(*Pinus densata*),属松科松属植物,为我国西部地区特有种,横断山脉高寒地区抗早先锋树种,主要分布于云南省西北部海拔 2 800~3 500 m 处,具有较高的经济价值和较强的适应性,是重要的森林资源之一。(3)云冷杉(*spruce fir*),在香格里拉市有着生长质量好的优点,在森林蓄积量中占比为 19%。(4)高山栎(*Quercus aquifolioides*),为栎属<sup>[16]</sup>常绿乔木,主要分布于云南邻近西藏处,有很好的生长和数量分布。

## 2 材料与方法

### 2.1 数据来源

研究实验数据有 2006 年和 2016 年两期遥感影像、对应分辨率的香格里拉市 DEM 数据、2006 年和 2016 年香格里拉市二类调查小班数据(表 1)。

表 1 研究数据基本信息

Tab. 1 Basic information of research data

名称	属性
遥感影像及 DEM 数据	来自 Landsat 8 TM(2006 年)和 Landsat 5 OLI(2016 年)的香格里拉市多光谱影像及分辨率为 $30\text{ m} \times 30\text{ m}$ 的 DEM 数据
二类调查数据	包含优势树种实测的每 10 年一次的树高、胸径、小班面积及森林蓄积量等数据

### 2.2 数据处理

#### 2.2.1 遥感影像数据的预处理

##### 1) 辐射定标

分别对 2006 年和 2016 年 Landsat 影像数据进

行辐射定标。辐射定标的目的是为了消除传感器本身产生的误差,是将初始 DN 值转换为大气外层的表面反射率。

##### 2) 大气校正及地形校正

分别对两期的 Landsat 影像数据进行大气校正。将辐射亮度转换为地表实际反射率,消除大气散射、吸收、反射引起的误差。香格里拉地形起伏明显,坡度匹配法在该区域应用较好<sup>[16]</sup>,参考这一方法,利用该区域的 DEM 数据完成影像的地形校正。

##### 3) 几何校正

在卫星拍摄遥感影像的过程中,受传感器因素影响,像素显示的物体与实际物体相比会产生挤压、偏移、变形和拉伸等现象<sup>[17]</sup>,故需要对地形做几何校正来提高信息的准确性。选择 2006 Landsat 影像为基准影像,2016 年 Landsat 影像作为待校正影像来选取地面控制点,选择控制点时需要选择明显的地物、道路交叉口且需要在影像中分布均匀,以完成几何校正。

#### 2.2.2 因子提取

##### 1) 简单植被指数因子

选取卫星影像的波段组合因子、原始图像单波段因子、信息增强因子以及植被指数和纹理信息因子等<sup>[18]</sup>。分别对 2006 年和 2016 年的 Landsat 遥感影像数据进行波段计算,计算公式为:

$$\text{RVI} = B5/B4 \quad (1)$$

$$\text{DVI} = B5 - B4 \quad (2)$$

$$\text{ARVI} = (B5 - (2 \times B4 - B1)) / (B5 + (2 \times B4 - B2)) \quad (3)$$

$$\text{Albedo} = B1 + B2 + B3 + B4 + B5 + B6 \quad (4)$$

式中:RVI 为比值植被指数;DVI 为差值植被指数;ARVI 为大气阻抗植被指数;ALBEDO 为地表反照率植被指数; $B1$ 、 $B2$ 、 $B3$ 、 $B4$ 、 $B5$ 、 $B6$  分别指波段 Band1、Band2、Band3、Band4、Band5、Band6。

同时提取了归一化植被指数(NDVI)。

##### 2) 信息增强因子

通过缨帽变换(KT)获取信息增强因子。分别对 2006 年和 2016 年遥感影像进行纹理特征提取,其窗口大小为  $5 \times 5$  和  $9 \times 9$ ,包括熵(EN)、相异性(DI)、均一性(HO)等。

##### 3) 地形因子

使用香格里拉市数字高程模型(Digital Elevation Model)数据获取地形因子,包括坡度、坡向等。

#### 2.2.3 因子相关性分析

选取具有代表性、能反映该区域总体特征的随

机小班 100 个,并对所提取的因子进行因子相关性分析,筛选因子并保留与蓄积量计算相关性强的因子作为自变量,并根据自变量的调整提高估测模型的估测精度。因子相关性分析采用皮尔逊相关指数进行评估,得到相关性较强的因子用来建立模型估测蓄积量(表 2)。

表 2 因子与蓄积量相关系数

Tab. 2 Correlation coefficient between factor and volume

因子	相关系数	显著性	因子	相关系数	显著性
R9-B5HO	0.302	**	R5-B3SM	0.155	**
R9-B4DI	-0.251	**	DVI	0.321	**
slope	-0.297	**	NDVI	0.257	**
Albedo	0.275	**	RVI	0.514	*
KT	-0.436	**	ARVI	0.142	*
R5-B7VA	-0.126	**	Aspect	-0.286	*
R9-B2ME	-0.363	**	KT	-0.327	*

注:R5、R9 分别代表 5×5 和 9×9 的窗口;B+ 序号代表波段号;HO 代表均一性,SM 代表角二阶矩,VA 代表方差,ME 代表均值;\*\* 表示在 0.01 级别(双尾)相关性显著,\* 表示在 0.05 级别(双尾)相关性显著。

### 2.3 蓄积量估测模型的构建

1) 多元线性回归比一般线性回归更为复杂,自变量数量更多,计算方法也更复杂,分析问题更细致。多元线性回归包括两个基本问题,一是模型的拟合及显著性检验,二是多元线性模型的参数求解及检验。本次采用的线性回归公式<sup>[19]</sup>为:

$$y = a + bx_1 + cx_2 + dx_3 \quad (5)$$

式中: $a$ 、 $b$ 、 $c$ 、 $d$  为回归系数; $y$  为因变量(蓄积量); $x$ 、 $x_1$ 、 $x_2$ 、 $x_3$  为自变量。

2) 构建 python 回归的随机森林(Random Forest, RF)模型,RF 通过多个决策树对样本进行训练、分类、预测,采用回归算法计算得到各变量的贡献度,其最后输出的是均值,在该模型算法中生成的每棵树都是随机的。研究选取数据质量较优的 100 个数据进行建模,其中 70%用于模型建立,30%用于模型检验。

### 2.4 模型评价

由于交叉验证法在计算过程中能有效减少信息误差,故用该方法进行本次预测模型的评估,用来评价模型优劣的指标有决定系数  $R^2$ 、均方根误差(RMSE)和相对均方根误差(rRMSE)。模型决定系数的数值越大,且模型的均方根误差越小,则说明模

型拟合度越好,模型均方根误差(RMSE)计算方式见公式(6),模型相对均方根误差(rRMSE)计算方式见公式(7),利用预测精度  $P$  值<sup>[16]</sup>来反应各树种预测值与实测值的对比情况,分别对 RF 模型和 MLR 模型的拟合结果进行评价,同时对 RF 模型与 MLR 模型的拟合优度和精度进行比较。

$$RMSE = \sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2 / n} \quad (6)$$

$$rRMSE = \frac{RMSE}{y_{mean}} 100\% \quad (7)$$

式中: $y_i$  为二类调查数据计算得到的蓄积量实测值; $\hat{y}_i$  为蓄积量估测值; $y_{mean}$  为蓄积量实测值的平均值; $n$  为建模所使用的数据个数。

## 3 结果分析

### 3.1 模型构建结果精度分析

估测模型构建结果见表 3。

表 3 估测模型的构建

Tab. 3 Estimating model construction

树种	模型	年份	影响因子	$R^2$	RMSE / (m <sup>3</sup> · hm <sup>-2</sup> )	rRMSE / %	预测精度 P / %
高山栎林	MLR	2006	R9-B4DI、DVI	0.214	45.19	46.26	46.12
		2016	NDVI、DVI、R9-B2ME	0.238	37.22	39.96	39.50
	RF	2006	R9-B4DI、DVI	0.862	19.22	21.56	82.63
		2016	NDVI、DVI、R9-B2ME	0.761	16.69	19.10	81.61
高山松林	MLR	2006	Slope、R5-B7VA	0.336	46.15	46.64	47.16
		2016	Albedo、DVI、R5-B3SM	0.391	56.37	51.11	52.57
	RF	2006	Slope、R5-B7VA	0.852	12.62	10.94	87.66
		2016	Albedo、DVI、R5-B3SM	0.857	15.51	12.01	88.52
云冷杉林	MLR	2006	Slope、KT、R9-B5HO	0.281	32.15	34.99	34.12
		2016	R9-B4DI、R5-B3SM	0.239	34.53	38.37	34.82
	RF	2006	Slope、KT、R9-B5HO	0.779	15.32	18.55	80.17
		2016	R9-B4DI、R5-B3SM	0.862	14.26	18.06	83.39

续表 3

树种	模型	年份	影响因子	$R^2$	RMSE / $(m^3 \cdot hm^{-2})$	rRMSE /%	预测 精度 P/%
云南松林	MLR	2006	Slope、NDVI、R5-B7VA	0.262	43.52	45.36	44.14
		2016	Slope、NDVI	0.373	38.34	40.12	35.19
	RF	2006	Slope、NDVI、R5-B7VA	0.839	27.91	19.80	92.16
		2016	Slope、NDVI	0.865	20.39	20.04	95.53

注:RMSE 为均方根误差;rRMSE 相对均方根误差。

随机森林模型在模型拟合优度  $R^2$ 、RMSE、rRMSE、预测精度  $P$  值上均明显优于线性回归模型,模型构建过程中,随机森林模型呈现出过拟合的情况,导致  $R^2$  高而预测精度  $P$  值低的情况,造成不合理的模型构建,其原因在于自变量 NDVI 在提取因子过程中出现了异常值,经检查得知是由于原始图像做预处理时操作不当发生了偏差导致,对此问题进行处理并得到了解决。

### 3.2 蓄积量估测结果对比分析

通过模型估算,并对结果进行统计,得出香格里拉市各乡镇的优势树种蓄积量变化情况,各优势树种总蓄积量统计见表 4。

表 4 云南省香格里拉市优势树种种群总蓄积量预测  
Tab.4 Prediction of the total volume of dominant tree species in Shangri-La City of Yunnan Province

时间与 群种	总蓄积量 / $m^3$	蓄积增加量 / $m^3$	实测蓄积 增加量/ $m^3$	误差 /%
2006 年 高山栎林	11742711.64	851021.76	854133.31	0.36
2016 年 高山栎林	12593733.40			
2006 年 高山松林	17827022.94	3625542.10	3654410.75	0.78
2016 年 高山松林	21452565.04			
2006 年 云冷杉林	70810869.92	4100251.37	4118459.38	0.44
2016 年 云冷杉林	74911121.29			
2006 年 云南松林	339102.61	39320.63	39565.14	0.62
2016 年 云南松林	378426.24			

1) 2006—2016 年的 10 年间,香格里拉市高山

栎林蓄积量在东旺乡、格咱乡、尼西乡、上江乡、建塘镇、小中甸镇、虎跳峡镇和金江镇有所增加,五镜乡、洛吉乡、三坝乡有所减少。其中,2006 年高山栎林预测总蓄积量为  $1.17 \times 10^7 m^3$ ,2016 年高山栎林总蓄积量为  $1.26 \times 10^7 m^3$ ,2016 年高山栎林总蓄积量比 2006 年高出  $8.51 \times 10^5 m^3$ ,与实测值的误差为 0.36%。

2) 香格里拉市高山松林蓄积量预测结果为:2006 年和 2016 年尼西乡高山松蓄积量分别为  $1.78 \times 10^7 m^3$  和  $2.15 \times 10^7 m^3$ ,2016 年高山松林总蓄积量比 2006 年高出  $3.63 \times 10^6 m^3$ ,与实测值的误差为 0.78%。

3) 2006 年云冷杉多分布在上江乡,2016 年与 2006 年相比,香格里拉市北部的云冷杉分布逐渐减少,在乡镇边界处多有云冷杉的分布,2006 年香格里拉市云冷杉林总蓄积量为  $7.08 \times 10^7 m^3$ ,2016 年为  $7.49 \times 10^7 m^3$ ,2016 年云冷杉林总蓄积量比 2006 年高出  $4.10 \times 10^6 m^3$ ,与实测值的误差为 0.44%。

4) 2016 年香格里拉市云南松林蓄积量与 2006 年相比,尼西乡、五镜乡、上江乡、金江镇、虎跳峡镇、三坝乡、格咱乡、建塘镇均有所增加;洛吉乡、小中甸镇有所减少,2016 年的云南松林总蓄积量比 2006 年高出  $3.93 \times 10^4 m^3$ ,与实测值的误差为 0.62%。

## 4 讨论与结论

### 4.1 讨论

研究中随机森林模型预测效果明显优于多元线性回归模型,非参数的随机森林回归模型呈现比较好的分类效果,且训练速度相对更快,能够快速准确地得到分析结果。线性回归模型由于其大部分情况下是基于推测的一种分析方式,容易受某一因子影响,从而限制其分析进程,虽然能生成模型运行报告,解决了统计上的不便,但仍无法消除该模型受到的影响,与随机森林模型相比呈现出的模型效果并不理想。随机森林模型易产生过度拟合的因素多在于影响因子选取不够准确,而影响因子不准确的原因多为因子相关性弱以及因子提取时图像预处理具有异常值,利用真正相关性强的因子可以很好地解决这一问题。有些对蓄积量产生影响却难于获取或无法获取的影响因子(如当地的降水、温度以及植物种群间的相互作用等气候和环境因素未能提供准确数据)未能参与该研究区域优势树种蓄积量估测,会导致估测精度存在比较小的偏差。其次,由于卫星影像因其传感器导致的固有属性缺陷(如分辨率、积云、阴坡等)在预处理后仍无法达到绝对准确,部分像元内的树种统计会有不可避免的误差,导



致基于随机森林模型估测的蓄积量与实测值仍存在细小误差,但相比以往的森林蓄积量遥感估测探索<sup>[7]</sup>具有较大提升(蓄积量预测值与实测值的误差已极大减小),与只基于地形因子进行森林蓄积量分析的方法<sup>[6]</sup>相比得到更有效、更多元的评测效果,选取的各优势树种最佳模型估测精度也相较于《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》研究<sup>[16]</sup>以及《森林二类调查中蓄积量遥感估测方法应用实例》中的估测模型<sup>[19]</sup>均有显著提高。综合本研究得到的结果及与各项研究情况的对比,随机森林模型在森林蓄积量估测方面有着诸多优势,适用于多个优势树种并存地区森林蓄积量估测及管理。

#### 4.2 结论

基于对香格里拉市优势树种的比较分析筛选出高山栎、高山松、云冷杉及云南松 4 个优势树种建立森林蓄积量遥感估测模型。模型以 2006 年和 2016 年 Landsat 8 OLI 影像、Landsat 5 TM 影像及其二类调查数据为基础,从两期数据随机选择各 100 个样点,提取其植被指数、纹理因子、信息增强因子等,最终筛选出相关性强的因子建立随机森林模型和线性回归模型进行蓄积量估测。从随机森林模型和线性回归模型的模型评价指标  $R^2$ 、RMSE、rRMSE 及预测精度  $P$  值的结果来看,随机森林模型估测效果明显优于线性回归模型,从预测结果与实测蓄积量对比情况可知,采用随机森林模型估测的香格里拉市各优势树种蓄积量更精确,可为更加便捷、准确地估测森林蓄积量提供技术参考。

#### 参考文献:

- [1] 张彦林. 基于 3S 技术的山东省森林蓄积量定量估测研究[D]. 北京:北京林业大学,2008.
- [2] 程武学,杨存建,周介铭,等. 森林蓄积量遥感定量估测研究综述[J]. 安徽农业科学,2009(16):7746-7750.
- [3] 郎晓雪,许彦红,舒清态,等. 香格里拉市云冷杉林蓄积量遥感估测非参数模型研究[J]. 西南林业大学学报(自然科学),2019,39(1):146-151.
- [4] 王维枫,雷渊才,王雪峰,等. 森林生物量模型综述[J]. 西北林学院学报,2008,23(2):58-63.
- [5] 汪康宁,吕杰,李崇贵. 基于多尺度遥感影像纹理特征的森林蓄积量反演[J]. 中南林业科技大学学报,2017,37(11):84-89.
- [6] 杨宇军,李超,张锐,等. 基于地形因子的森林物种多样性与蓄积量分析[J]. 东北林业大学学报,2012,40(12):27-31.
- [7] 杨燕琼,吴奕敏,黄平,等. 基于 RS、GIS 的林分蓄积量估测[J]. 广州:华南农业大学,2003.
- [8] 赵宪文,包盈智. 应用航天遥感资料估测森林蓄积量的一个新方法[J]. 林业科学研究,1988(2):148-152.
- [9] 黄平,候长谋,杨燕琼. 基于 RS、GIS 的杉木林分蓄积量判读模型研究[J]. 中南林业调查规划,2003,22(1):2527.
- [10] 高志海,魏怀东,丁峰,等. TM 影像 VI 提取植被信息技术研究[J]. 干旱区资源与环境,1998,12(3):98-104.
- [11] SKURIK H A N, GARRITY S R, MCDOWELL N G, et al. Automated tree crown detection and size estimation using multi-scale analysis of high-resolution satellite imagery[J]. Remote Sensing Letters,2013,4(5):465-474.
- [12] JAMSTEDT J, PEK K A, TUOMINEN S, et al. Forest variable estimation using a high-resolution digital surface model[J]. ISPRS Journal of Photo Grammetry and Remote Sensing,2012(74):78-84.
- [13] NELSON R, KRABILL W, MACLEAN G. Determining forest canopy characteristic using air bornelaser data[J]. Remote Sensing of Environment,1984,15(3):201-212.
- [14] NELSON R, KRABILL W, TONELLI J. Estimating forest biomass and volume using air bornelaser data[J]. Remote Sensing of Environment,1988,24(2):247-267.
- [15] 鲍瑞,张加龙,陈培高. 应用滤波方法提高高山松地上生物量遥感估测精度的研究[J]. 西南林业大学学报(自然科学),2020,40(5):126-134.
- [16] 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.
- [17] 张翔雨. 基于 Landsat 的北京市森林蓄积量估测动态变化研究[D]. 北京:北京林业大学,2020.
- [18] 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.
- [19] 包盈智,袁凯先,赵宪文,等. 森林二类调查中蓄积量遥感估测方法应用实例[J]. 林业科学研究,1996(3):234-238.

责任编辑:许易琦

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.02.005

## 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<sup>1</sup>, 黄键<sup>2</sup>, 王革<sup>3</sup>, 熊忠平<sup>1</sup>, 赫尚丽<sup>4</sup>, 熊鑫鑫<sup>1</sup>

(1. 西南林业大学生物多样性保护学院, 云南昆明 650224; 2. 云南省林木种苗工作总站, 云南昆明 650215;  
3. 云南省林业调查规划院, 云南昆明 650051; 4. 国家林业和草原局西南调查规划院, 云南昆明 650051)

**摘要:**为探究寻甸黑颈鹤省级自然保护区昆虫多样性与海拔和生境的相关联系, 采用搜寻法、网捕法、灯诱法在保护区进行昆虫采集, 对不同生境类型和海拔采集到的昆虫进行种类鉴定和数量统计。结果表明, 调查到的 187 种昆虫隶属 11 目 58 科 134 属, 其中种类数量最多的是鳞翅目, 占采集到的昆虫总数的 25.86%, 其次为鞘翅目, 占 24.13%。不同海拔昆虫个体数量依次为: 高海拔 > 低海拔 > 中高海拔 > 中低海拔。不同生境昆虫个体数量依次为: 草地 > 耕地 > 湿地 > 灌木 > 华山松林。昆虫物种在世界动物地理界和中国动物地理区分布最广的是古北界和西南区。

**关键词:**昆虫多样性; 生境类型; 种类鉴定; 分布特征; 寻甸黑颈鹤省级自然保护区

中图分类号: S763.302; S757.3; S759.9 文献标识码: A 文章编号: 1671-3168(2023)02-0032-08

引文格式: 张一鸣, 黄键, 王革, 等. 寻甸黑颈鹤省级自然保护区昆虫多样性初步调查与分析[J]. 林业调查规划, 2023, 48(2): 32-39. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.02.005

ZHANG Yiming, HUANG Jian, WANG Ge, et al. Preliminary Investigation and Analysis of Insect Diversity in Xundian Black-necked Crane Nature Reserve[J]. Forest Inventory and Planning, 2023, 48(2): 32-39. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.02.005

## Preliminary Investigation and Analysis of Insect Diversity in Xundian Black-necked Crane Nature Reserve

ZHANG Yiming<sup>1</sup>, HUANG Jian<sup>2</sup>, WANG Ge<sup>3</sup>, XIONG Zhongping<sup>1</sup>, HE Shangli<sup>4</sup>, XIONG Xinxin<sup>1</sup>

(1. College of Biodiversity Conservation, Southwest Forestry University, Kunming 650224, China;

2. Yunnan Administration of Forest Seeds and Seedlings, Kunming 650215, China;

3. Yunnan Institute of Forest Inventory and Planning, Kunming 650051, China; 4. Southwest Investigation and Planning Institute of National Forestry and Grassland Administration, Kunming 650051, China)

**Abstract:** To investigate the relationship between insect diversity and altitude and habitat in the Xundian Black-necked Crane Nature Reserve, species identification and quantity statistics were conducted on insects collected from different habitats and elevations by searching, net catching and lamp trapping methods. The results showed that 187 insect species in 134 genera, 58 families and 11 orders were explored. Among them, Lepidoptera had the highest number of species, accounting for 25.86% of the total collected insects, followed by Coleoptera, accounting for 24.13%. The order of individual insect numbers at different altitudes was high altitude > low altitude > middle and high altitude > middle and low altitude. The

收稿日期: 2022-08-23.

基金项目: 国家林业和草原局西南调查规划院“云南寻甸黑颈鹤省级自然保护区综合科学考察项目”(W2021-279).

第一作者: 张一鸣(1994-), 男, 山西朔州人, 硕士研究生. 主要从事林业昆虫与防治研究. Email: 857858012@qq.com

责任作者: 熊忠平(1979-), 男, 云南会泽人, 博士, 高级实验师. 主要从事森林昆虫学研究. Email: xzping\_0@126.com

order of individual insect numbers in different habitats was grassland > cultivated land > wetland > shrub > *Pinus armandii* forest. Insect species were most widely distributed in the world's zoogeographic realm and China's zoogeographic region were the palearctic and southwest zones.

**Key words:** insect diversity; habitat type; species identification; distribution characteristics; Xundian Black-necked Crane Nature Reserve

研究昆虫多样性的调查和环境监测对于保护珍稀物种起着重要作用<sup>[1]</sup>。昆虫对栖息地的变动也有较高灵敏度,能成为观测栖息地变化和生物多样性变动的重要指示性生物。黑颈鹤(*Grus nigricollis*)为世界濒危物种、中国重点保护野生鸟类,寻甸黑颈鹤省级自然保护区(以下简称“保护区”)是以加强保护黑颈鹤及其栖息生境为主要目的而建立的内陆湿地和水域生态系统类型自然保护区,自然保护区对保护生物多样性具有重要意义,昆虫多样化程度,可极大程度地反应其他生物多样化状况。

寻甸黑颈鹤自然保护区野生动植物资源丰富,据统计,有维管植物 139 科 469 属 829 种。目前记录的陆生脊椎动物有 4 纲 19 目 48 科 118 种<sup>[2]</sup>,其他学者对保护区黑颈鹤的越冬习性<sup>[3-4]</sup>与食性<sup>[5]</sup>等方面有较多的调查与研究,但对于昆虫资源尚未有详细的调查和研究,为了解黑颈鹤保护区昆虫多样性种类数量以及不同生境和海拔分布状况,本研究于 6—9 月对保护区进行昆虫调查,调查区域海拔 2 184~2 906 m。对保护区昆虫资源作初步调查,在寻甸黑颈鹤自然保护区采集了较多的昆虫标本,通过种类鉴定和多样性指数分析,探讨不同生境和海拔对昆虫多样性的影响,为保护区昆虫多样性提供指导意见,为生态管理部门对该地区昆虫多样性保护和管理提供数据支持。

## 1 研究区概况

寻甸县位于云南省东北部,昆明市北部,属昆明市郊县,地理坐标为东经 102°41'~103°33',北纬 25°20'~26°01'。寻甸黑颈鹤省级自然保护区位于寻甸县中西部,地处六哨、甸沙、金所三乡镇交界处的横河梁子,总面积 7 217.32 km<sup>2</sup>。保护区有省级重要湿地面积 373.47 km<sup>2</sup>,保护区内山体高大,最低海拔 2 017.1 m,最高峰小海梁子海拔 2 996.2 m,垂直带气候、海洋气候明显,潮湿多雨<sup>[6]</sup>。分布着 8 个亚高山沼泽化草甸湿地,为冬季黑颈鹤到此越冬创造了生境条件,是目前世界上已知黑颈鹤分布的最南端。

## 2 研究方法

### 2.1 调查方法

2021 年 6—9 月,根据寻甸黑颈鹤自然保护区生境的不同、海拔梯度变化较大以及地域区划等特性,参考不同昆虫习性及其寄主分布,采用搜寻法、网捕法、震落法、马氏网、灯诱法进行昆虫采集<sup>[7]</sup>,采集范围可大致覆盖保护区所有生境。调查点昆虫采集主要采取搜寻法和网捕法,辅助以灯诱法和马氏网法对全境昆虫多样性进行多次调查,对野外各生境涉及的草地、耕地、灌木、华山松林和湿地五大区域进行仔细地昆虫捕捉,对生境拍摄图片保存,详细记录采集地点,共设置 26 个调查点(图 1,表 1)。采用普通捕虫网进行匀速扫网采集,每条样线人工扫网 300 次。震落法和马氏网法<sup>[8]</sup>与灯诱法(在 4 个样点进行灯诱法,采集时间为晚上 10 点至凌晨 1 点,共完成灯诱采集 10 次,灯诱采集主要布置在 4 种不同类型的生境中)仅在其中一部分选点进行操作,作为本次调查的补充手段。将采集的昆虫用 75% 的酒精溶液消毒,并用三角纸袋包好带回实验室,进行分类计数,参考《中国昆虫生态大图鉴》<sup>[9]</sup>、《中国蝴蝶图鉴》<sup>[10]</sup>、《中国天牛彩色图鉴》<sup>[11]</sup>进行

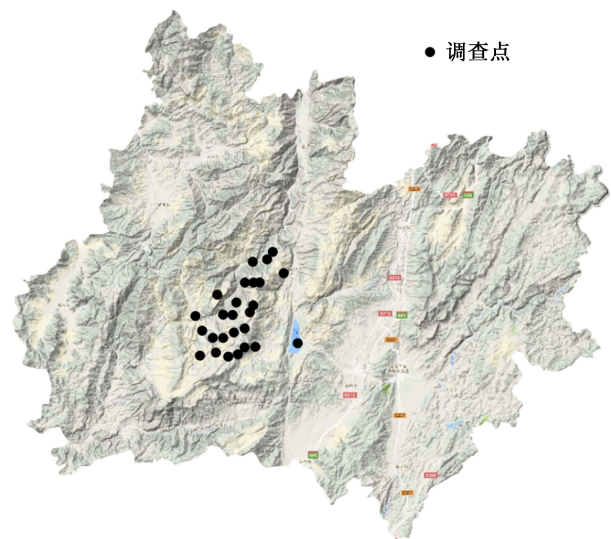


图 1 昆虫多样性调查点

Fig. 1 Insect diversity survey sites



表 1 寻甸黑颈鹤自然保护区昆虫采集地信息

Tab. 1 Information of insect collection sites in Xundian Black-necked Crane Nature Reserve

调查点	海拔/m	采集方法	生境
1	2184.9	搜寻法	草地+水旁
2	2742.8	搜寻法、捕虫网	灌木
3	2802.4	搜寻法、捕虫网	湿地+灌木
4	2761.3	搜寻法、捕虫网	华山松林+水旁
5	2751.3	搜寻法、捕虫网	华山松林
6	2443.9	震落法	草地
7	2793.6	搜寻法、捕虫网	耕地
8	2803.0	搜寻法、捕虫网	草地+水旁
9	2599.0	捕虫网	耕地
10	2818.3	搜寻法、捕虫网	草地+水旁
11	2716.0	搜寻法、捕虫网	耕地
12	2359.2	捕虫网	灌木
13	2776.0	搜寻法	农田
14	2538.8	马氏网	华山松林
15	2759.8	搜寻法、捕虫网	草地+森林旁
16	2819.5	捕虫网	灌木+湿地
17	2303.1	捕虫网	高山植被+水塘
18	2582.1	搜寻法、捕虫网	耕地
19	2445.0	捕虫网	华山松林+水旁
20	2440.1	捕虫网	华山松林+水旁
21	2362.7	捕虫网	耕地
22	2839.1	搜寻法、捕虫网	湿地
23	2807.5	灯诱	草地+华山松林
24	2801.4	灯诱	草地+华山松林
25	2838.4	灯诱	耕地+华山松林
26	2906.2	灯诱	草地+高山植被

鉴定,并制作标本。对其中不能鉴别的昆虫通过采集和拍照,带回实验室请专家进行鉴定。

2.2 数据处理

对寻甸黑颈鹤自然保护区昆虫种群多样性指数进行分析,分别采用 Simpson 优势度指数(C)、Shannon-Wiener 多样性指数(H')、Margalef 丰富度指数(D)、Poelou(J)均匀度指数<sup>[12]</sup>来计算,公式为:

$$\text{Simpson 优势度指数: } C = 1 - \sum P_i^2 \quad (1)$$

Shannon-Wiener 多样性指数:

$$H' = - \sum P_i \ln P_i^2 \quad (2)$$

$$\text{Margalef 丰富度指数: } D = (S - 1) / \ln S \quad (3)$$

$$\text{Pielou 均匀度指数: } J = H' / \ln S \quad (4)$$

式中:S 为物种数;N<sub>i</sub> 为样地第 i 个物种的个体数;N 为所有物种的个体数;P<sub>i</sub> 为第 i 种个体数占总个体数 N 的比例,即 P<sub>i</sub> = N<sub>i</sub>/N。

经计算,寻甸黑颈鹤自然保护区昆虫多样性指数见表 2。

表 2 寻甸黑颈鹤自然保护区昆虫多样性分析

Tab. 2 Analysis of insect diversity in Xundian Black-necked Crane Nature Reserve

科名	优势度指数 (C)	多样性指数 (H')	丰富度指数 (D)	均匀度指数 (J)	个体数 /只
步甲科 Carabidae	0.91	3.56	3.94	1.39	21
豉甲科 Gyrinidae	0	0	0	0	17
粪金龟科 Geotrupidae	0	0	0	0	3
蜉金龟科 Aphodiidae	0	0	0	0	5
金龟子科 Scarabaeidae	0.69	2.21	1.86	1.14	25
叩甲科 Elateridae	0	0	0	0	1
龙虱科 Dytiscidae	0	0	0	0	1
埋葬甲科 Silphidae	0	0	0	0	1
拟步甲科 Tenebrionidae	0.44	0.92	0.91	1.33	3
瓢虫科 Coccinellidae	0.58	1.58	0.95	0.98	66
鳃金龟科 Melolonthidae	0.61	1.45	1.03	1.32	7
铁甲科 Hispidae	0	0	0	0	1
象甲科 Curculionidae	0.44	0.92	0.56	1.33	6
叶甲科 Chrysomelidae	0.64	1.65	1.21	1.19	12
斑蝶科 Danaidae	0	0	0	0	9
粉蝶科 Pieridae	0.56	1.56	1.16	0.97	31
蛱蝶科 Nymphalidae	0.78	2.25	2.23	1.40	6
眼蝶科 Satyridae	0.68	2.18	2.17	1.05	25
波纹蛾科 Thyatiridae	0.72	1.92	1.67	1.38	6
尺蛾科 Geometridae	0.66	2.01	1.76	1.12	17
灯蛾科 Arctiidae	0.39	0.96	0.60	0.87	28
钩蛾科 Drepanidae	0	0	0	0	4
卷蛾科 Tortricidae	0	0	0	0	1
枯叶蛾科 Lasiocampidae	0.32	0.72	0.62	1.04	5
瘤蛾科 Nolidae	0	0	0	0	1
螟蛾科 Pyralidae	0	0	0	0	4
裳夜蛾科 Erebidae	0.43	1.09	0.83	0.99	11
天蛾科 Sphingidae	0.67	1.79	1.67	1.29	6
夜蛾科 Noctuidae	0.89	3.62	3.98	1.21	119
姬蜂科 Ichneumonidae	0.83	2.66	2.50	1.37	11
茧蜂科 Braconidae	0.17	0.44	0.42	0.63	11

续表 2

科名	优势度指数 (C)	多样性指数 (H')	丰富度指数 (D)	均匀度指数 (J)	个体数 /只
金小蜂科 Pteromalidae	0	0	0	0	1
蜜蜂科 Apidae	0.54	1.41	1.04	1.02	18
蚁科 Formicidae	0.72	2.03	1.13	1.26	34
大蚊科 Tipulidae	0	0	0	0	8
寄蝇科 Tachinidae	0.35	0.76	0.35	1.10	18
食蚜蝇科 Syrphidae	0.67	1.58	1.82	1.44	3
蝽科 Pentatomidae	0.44	0.92	0.91	1.33	3
龟蝽科 Plataspidae	0	0	0	0	1
红蝽科 Pyrrhocoridae	0.27	0.77	0.78	0.70	13
花蝽科 Anthoridae	0	0	0	0	3
瘤蝽科 Phymatidae	0	0	0	0	2
盲蝽科 Miridae	0.84	2.81	2.26	1.35	22
奇蝽科 Enicocephalidae	0	0	0	0	1
异蝽科 Urostylidae	0	0	0	0	3
蝉科 Cicadidae	0.20	0.50	0.46	0.72	9
尖胸沫蝉科 Aphrophoridae	0	0	0	0	4
毛管蚜科 Greenideidae	0.48	0.97	0.62	1.40	5
沫蝉科 Cercopidae	0	0	0	0	1
叶蝉科 Jassidae	0.74	2.27	1.89	1.27	14
斑翅蝗科 Oedischidae	0.26	0.62	0.39	0.89	13
斑腿蝗科 Acrididae	0.29	0.82	0.40	0.75	12
蚱科 Tetrigidae	0.38	0.81	0.72	1.17	4
锥头蝗科 Pyrgomorphidae	0	0	0	0	1
草蛉科 Chrysopidae	0	0	0	0	3
蜻科 Libellulidae	0	0	0	0	5
地鳖蠊科 Polyphagidae	0	0	0	0	1
蓟马科 Thripidae	0	0	0	0	1

### 3 结果与分析

#### 3.1 昆虫多样性数据分析

经计算得知:

1) Simpson 优势度指数(C)最高的 5 个科为:步甲科(0.91)、夜蛾科(0.89)、盲蝽科(0.84)、姬蜂科(0.83)、蛭蝶科(0.78)。

2) Shannon-Wiener 多样性指数(H')最高的 5 个科为:夜蛾科(3.62)、步甲科(3.56)、盲蝽科(2.81)、姬蜂科(2.66)、叶蝉科(2.27)。

3) Margalef 丰富度指数(D)最高的 5 个科为:

夜蛾科(3.98)、步甲科(3.94)、姬蜂科(2.50)、盲蝽科(2.26)、蛭蝶科(2.23)。

4) Pielou 均匀度指数(J)最高的 5 个科为:食蚜蝇科(1.44)、毛管蚜科(1.40)、蛭蝶科(1.40)、步甲科(1.39)、波纹蛾科(1.38)。

由 Simpson 优势度指数、Shannon-Wiener 多样性指数和 Margalef 丰富度指数可得出保护区优势科为步甲科和夜蛾科,由 Pielou 均匀度指数可知,指数最高的 5 个科在保护区分布的差异性不明显,均匀度几乎相当。

#### 3.2 昆虫物种组成

通过对寻甸黑颈鹤自然保护区的昆虫种类进行采集调查,共采集昆虫 707 头,隶属 11 目 58 科 134 属,共计 187 种。其中昆虫科数采集最多的 5 个目分别为鳞翅目(15 科)、鞘翅目(14 科)、半翅目(8 科)、膜翅目(5 科)、同翅目(5 科),分别占昆虫总科数的 25.86%、24.13%、13.79%、8.62%、8.62%。昆虫数量采集最多的目分别为鳞翅目(273)头、鞘翅目(169)头、半翅目(48 头)、膜翅目(75 头)、同翅目(33 头),占比分别为 38.6%、23.9%、6.93%、10.6%、4.66%,表明以上昆虫物种为寻甸黑颈鹤自然保护区的优势种。

#### 3.3 昆虫分布特征

##### 3.3.1 生境分布特征

此次调查的 26 个采集点生境涉及草地、耕地、灌木、华山松林和湿地等五大生境类群。通过物种和生境关系分析可知:草地采集昆虫 110 种、耕地采集昆虫 67 种、灌木采集昆虫 26 种、华山松林采集昆虫 18 种、湿地采集昆虫 33 种。由此可以看出,昆虫主要生境为草地类型(图 2)。

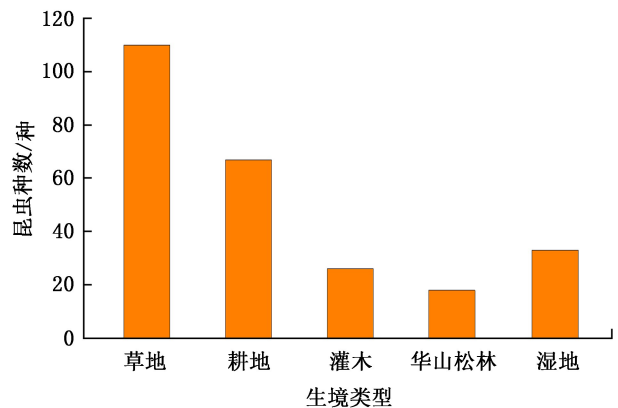


图 2 寻甸黑颈鹤自然保护区不同生境类型采集的昆虫种数  
Fig. 2 Number of insect species collected from different habitats in Xundian Black-necked Crane Nature Reserve

3.3.2 垂直分布特征

采集海拔为 2 184~2 906 m,海拔变化范围一般。通过物种和海拔关系分析可知:2 184~2 500 m 海拔范围内采集物种 34 种,2 500~2 700 m 海拔范围内采集物种 17 种,2 700~2 800 m 海拔范围内采集物种 24 种,2 800~2 906 m 海拔范围内采集物种 112 种。由此可以看出,主要昆虫物种以高海拔分布物种为主(图 3)。

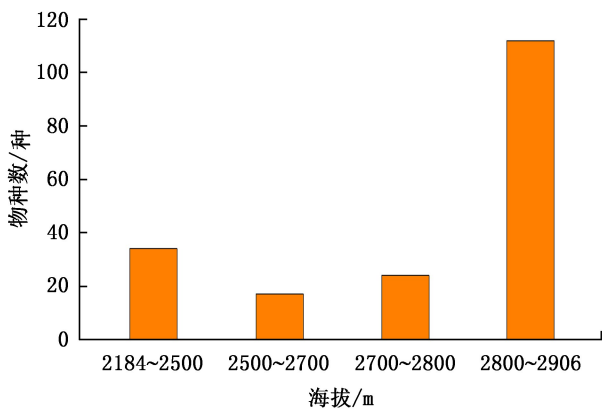


图 3 寻甸黑颈鹤自然保护区不同海拔范围昆虫数量分布  
Fig.3 Distribution of insect numbers at different altitudes in Xundian Black-necked Crane Nature Reserve

3.4 昆虫物种在世界动物地理界和中国动物地理区分布特征

在寻甸黑颈鹤自然保护区采集到昆虫 187 种,在世界动物地理界和中国动物地理区各个物种分布见表 3。

在世界动物地理界中<sup>[13]</sup>,以古北界分布种最丰富(183 种),其次是东洋界(41 种),之后依次是新北界、澳洲界、新热带界、非洲界的物种。

调查结果显示,在中国动物地理区中<sup>[14]</sup>,分布于西南区的物种最丰富(187 种),其次是华中区(44 种),之后依次为华南区(37 种)、华北区(35 种)、东北区(20 种)、青藏区(18 种)、蒙新区(16 种)。

3.4.1 昆虫物种在世界动物区系中的归属及占比

古北—东洋界的共有种最丰富(40 种,63.5%),其次是古北—新北界共有种(12 种,19%),之后为古北—东洋—澳洲界共有种(4 种,6.3%),剩余 5 个分布型物种贫乏(均为 1 种,1.59%)。

3.4.2 昆虫物种在中国动物区系中的归属与占比

调查结果显示,西南—华南区的共有种最丰富(12 种,占 16.2%),第二是西南—华中—华南—华北—蒙新—青藏—东北区共有种(10 种,占 13.5%),

表 3 寻甸黑颈鹤自然保护区昆虫物种在世界动物地理界和中国动物地理区分布

Tab.3 Distribution of insect species in the world's zoogeographic realm and China's zoogeographic region in Xundian Black-necked Crane Nature Reserve

序号	种名	世界动物地理界						中国动物地理区						
		东洋界	新北界	非洲界	澳洲界	新热带界	古北界	西华区	华中区	华北区	蒙新区	青藏区	东北区	
		A	B	C	D	E	F	a	b	c	d	e	f	g
1	黄角羚蝽 <i>A. flavicomis</i>	1						1						
2	昆明真蝽 <i>P. kunmingensis</i>	1						1						
3	显著圆龟蝽 <i>C. notabilis</i>	1	1					1	1	1				
4	突背斑红蝽 <i>P. gutta</i>	1	1					1	1	1				
5	四斑红蝽 <i>P. quadriguttata</i>	1	1					1	1	1	1			
6	斑直红蝽 <i>P. posthumus</i>	1						1						
7	小花蝽 <i>Orius</i> sp.	1						1						
8	模螳瘤蝽 <i>C. davidi</i>	1						1						
9	异色后丽盲蝽 <i>A. hilaris</i>	1						1	1					
10	后丽盲蝽 <i>Apolygus</i> sp.	1						1						
11	原盲蝽 <i>Capsus</i> sp.	1						1						
12	多变光盲蝽 <i>C. patulus</i>	1	1					1	1	1	1	1		1
13	长盲蝽 sp.1 <i>Dolichomiris</i> sp.1	1						1						
14	长盲蝽 sp.2 <i>Dolichomiris</i> sp.2	1						1						
15	丽盲蝽 <i>Lygocoris</i> sp.	1						1						
16	草盲蝽 <i>Lygus</i> sp.	1						1						
17	光背奇蝽 sp. <i>Stenopirates</i> sp.	1						1						
18	斑娇异蝽 <i>U. tricarinata</i>	1						1	1	1				
19	中华真地鳖 <i>E. sinensis</i>	1						1	1	1	1	1	1	1
20	大绢斑蝶 <i>P. sita</i>	1						1	1	1				
21	印华波纹蛾 <i>H. formosana</i>	1	1					1		1				
22	中华波纹蛾 <i>H. intermedia</i>	1						1						1
23	台边波纹蛾 <i>H. takamukui</i>	1						1		1				
24	波纹蛾 <i>T. batis</i>	1	1					1	1	1	1	1	1	1
25	灰星尺蛾 <i>A. jaguarinaria</i>	1						1	1					
26	溅沫星尺蛾 <i>A. picaria</i>	1	1					1		1				
27	星尺蛾 <i>Arichanna</i> sp.	1						1						
28	云尺蛾 <i>Buzura</i> sp.	1						1	1					
29	点尺蛾 <i>Percnia</i> sp.	1						1						
30	镰翅绿尺蛾 <i>T. reciprocata</i>	1						1		1	1			
31	毛玫灯蛾 <i>A. astrea</i>	1	1					1	1	1				
32	直伪蝶灯蛾 <i>N. arctata</i>	1						1						
33	花斑蝶灯蛾 <i>Pitasita</i> sp.	1						1						
34	斑缘豆粉蝶 <i>C. erate</i>	1						1	1		1	1	1	1
35	东方菜粉蝶 <i>P. canidia</i>	1	1					1	1	1	1	1	1	1
36	大展粉蝶 <i>P. extensa</i>	1						1	1					
37	黑纹粉蝶 <i>P. melete</i>	1						1		1		1	1	1
38	菜粉蝶 <i>P. rapae</i>	1	1					1	1	1	1	1	1	1



续表 3

序号	种名	世界动物地理界						中国动物地理区						
		东洋界	古北界	新北界	澳洲界	非洲界	新热带界	西南区	华中区	华北区	华中区	蒙新区	青北区	藏北区
39	铅斑钩蛾 <i>O. liensis</i>	1						1	1					
40	姹蝶 <i>C. elwesi</i>	1						1						
41	珍蝶 <i>C. gong</i>	1						1		1				
42	戟媚线蛱蝶 <i>L. homeyeri</i>	1						1				1		
43	小环蛱蝶 <i>N. sappho</i>	1						1	1	1				
44	小红蛱蝶 <i>V. cardui</i>	1	1	1	1	1		1		1	1	1		
45	云南永黄卷蛾 <i>A. yunnanus</i>	1						1						
46	高山松毛虫 <i>D. angulata</i>	1	1					1	1	1	1	1	1	1
47	黄角枯叶蛾 <i>R. flavotitata</i>	1						1	1	1				
48	旋夜蛾 <i>E. narcissus</i>	1	1					1	1	1				
49	白娟须野螟 <i>P. vitrealis</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
50	斜线关夜蛾 <i>A. dotata</i>	1	1					1		1				
51	阿戈戈裳夜蛾 <i>C. nymphagoga</i>	1						1						
52	光炬裳蛾 <i>D. lucilla</i>	1	1					1		1				
53	背带长喙天蛾 <i>M. imperator</i>	1	1					1		1				
54	土色斜纹天蛾 <i>T. indistincta</i>	1	1	1				1	1					
55	黄腹斜纹天蛾 <i>T. nessus</i>	1	1					1		1	1			
56	双斜纹天蛾 <i>Theretra</i> sp.	1						1						
57	大艳眼蝶 <i>C. suroia</i>	1						1	1					
58	安徒生黛眼蝶 <i>L. andersoni</i>	1						1						
59	藏眼蝶 <i>T. tibetana</i>	1						1	1	1	1	1		
60	矍眼蝶 <i>Y. baldus</i>	1	1					1	1	1	1		1	
61	魔女矍眼蝶 <i>Y. medusa</i>	1						1	1					
62	小矍眼蝶 <i>Y. nareda</i>	1						1		1				
63	融斑矍眼蝶 <i>Y. nikaea</i>	1						1						
64	完璧矍眼蝶 <i>Y. perfecta</i>	1	1					1	1	1				
65	苎麻夜蛾 <i>A. coerula</i>	1						1	1	1	1	1	1	1
66	白条夜蛾 <i>A. albostrata</i>	1	1	1				1	1	1	1		1	
67	金黄双斑点飞蛾 <i>C. chalcites</i>	1	1					1						
68	南方银纹夜蛾 <i>C. eriosoma</i>	1	1	1				1	1	1				
69	黄豆银纹夜蛾 <i>C. includens</i>	1	1		1			1						
70	银纹夜蛾 <i>Chrysodeixis</i> sp.	1						1						
71	炬夜蛾 <i>Daddala</i> sp.	1						1						
72	玉边魔目夜蛾 <i>E. albicincta</i>	1	1					1						
73	鹰夜蛾 <i>H. andremona</i>	1	1					1						
74	红褐鹰夜蛾 <i>H. violacea</i>	1	1	1				1						
75	柿梢鹰夜蛾 <i>H. deflorata</i>	1	1	1	1			1		1				
76	横纹鹰夜蛾 <i>H. guttiventris</i>	1	1					1						
77	苹梢鹰夜蛾 <i>H. subsatura</i>	1	1					1		1		1		
78	蓝条夜蛾 <i>I. manlia</i>	1	1					1	1	1				
79	虚秋夜蛾 <i>M. nepos</i>	1	1					1						
80	后案秘夜蛾 <i>M. postica</i>	1						1					1	

续表 3

序号	种名	世界动物地理界						中国动物地理区						
		东洋界	古北界	新北界	澳洲界	非洲界	新热带界	西南区	华中区	华北区	华中区	蒙新区	青北区	藏北区
81	疆夜蛾 <i>P. saucia</i>	1	1					1	1			1	1	1
82	斜纹夜蛾 <i>S. litura</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
83	肖毛翅夜蛾 <i>T. juno</i>	1	1					1	1		1		1	
84	掌夜蛾 <i>T. plagiata</i>	1	1	1	1	1	1	1	1		1			
85	地老虎 <i>Xestia</i> sp.	1						1						
86	锦斑蛾 <i>Chalcosia</i> sp.	1						1						
87	斑缘豆粉蝶中华亚种 <i>C. sinensis</i>	1						1						
88	橙黄豆粉蝶中华亚种 <i>C. chinensis</i>	1						1				1	1	1
89	大展粉蝶 <i>P. extensa</i>	1						1				1	1	
90	菜粉蝶 <i>P. rapae</i>	1	1					1	1	1	1	1	1	1
91	晶钩蛾 <i>Deroca</i> sp.	1						1						
92	枯灰蝶 <i>Cupido</i> sp.	1						1						
93	雅灰蝶 <i>J. bochus</i>	1	1					1	1			1	1	
94	大型林眼蝶 <i>A. padma</i>	1	1					1						
95	棕带眼蝶 <i>C. praeusta</i>	1						1						
96	连斑矍眼蝶 <i>Y. sakra</i>	1	1					1						
97	线草蛉 <i>Cunctochrysa</i> sp.	1						1						
98	草蛉姬蜂 <i>Brachycyrtus</i> sp.	1						1						
99	瘦姬蜂 <i>Ophion</i> sp.	1						1						
100	瘦姬蜂 sp.1 <i>Ophion</i> sp.1	1						1						
101	瘦姬蜂 sp.2 <i>Ophion</i> sp.2	1						1						
102	骨瘦姬蜂 sp.1 <i>Sclerophion</i> sp.1	1						1						
103	骨瘦姬蜂 sp.2 <i>Sclerophion</i> sp.2	1						1						
104	骨瘦姬蜂 sp.3 <i>Sclerophion</i> sp.3	1						1						
105	全脉茧蜂 sp.1 <i>Earinus</i> sp.1	1						1						
106	全脉茧蜂 sp.2 <i>Earinus</i> sp.2	1						1						
107	糙刻金小蜂 <i>Semiotellus</i> sp.	1						1						
108	熊无垫蜂 <i>Amegilla</i> sp.	1						1						
109	灰胸无垫蜂 <i>Amegilla</i> sp.	1						1						
110	无垫蜂 sp.1 <i>Amegilla</i> sp.1	1						1						
111	无垫蜂 sp.2 <i>Amegilla</i> sp.2	1						1						
112	箭蚁 <i>Cataglyphis</i> sp.	1						1						
113	丝光褐林蚁 <i>F. fusca</i>	1	1					1	1	1	1	1	1	1
114	亮腹黑褐蚁 <i>F. gagatoides</i>	1						1	1			1	1	1
115	亮黑蚁 <i>Formica</i> sp.	1						1						
116	黄毛原蚁 <i>Proformica</i> sp.	1						1						
117	点肉步甲 <i>B. punctatus</i>	1						1						
118	重唇步甲 <i>Diplocheila</i> sp.	1						1						
119	大唇步甲 <i>Macrochilus</i> sp.	1						1						
120	直角步甲 sp.1 <i>Orthogomius</i> sp.1	1						1						
121	直角步甲 sp.2 <i>Orthogomius</i> sp.2	1						1						

续表 3

序号	种名	世界动物地理界						中国动物地理区						
		东洋界	古北界	新北界	澳洲界	非洲界	新热带界	西南区	华中区	华北区	华南区	蒙新区	青藏区	东北区
		A	B	C	D	E	F	a	b	c	d	e	f	g
122	直角步甲 sp.3 <i>Orthogomius</i> sp.3	1						1						
123	直角步甲 sp.4 <i>Orthogomius</i> sp.4	1						1						
124	直角步甲 sp.5 <i>Orthogomius</i> sp.5	1						1						
125	直角步甲 sp.6 <i>Orthogomius</i> sp.6	1						1						
126	青毛步甲 <i>Trichisia</i> sp.	1						1						
127	小绿胸短角步甲 <i>Trigonotoma</i> sp.	1						1						
128	短角步甲 sp.1 <i>Trigonotoma</i> sp.1	1						1						
129	短角步甲 sp.2 <i>Trigonotoma</i> sp.2	1						1						
130	东方显盾豉甲 <i>G. orientalis</i>	1	1					1	1					
131	粪金龟 <i>Enoplotrupes</i> sp.	1						1						
132	直蜉金龟 <i>A. rectus</i>	1						1	1					
133	神农洁蛻螂 <i>C. molossus</i>	1	1					1	1					
134	巨蛻螂 <i>Heliocopris</i> sp.	1						1						
135	利蛻螂 sp.1 <i>Liatongus</i> sp.1	1						1						
136	利蛻螂 sp.2 <i>Liatongus</i> sp.2	1						1						
137	掘喙蛻螂 <i>O. fodiens</i>	1						1	1			1		
138	喙蛻螂 <i>Onthophagus</i> sp.1	1						1						
139	小喙蛻螂 <i>Onthophagus</i> sp.2	1						1						
140	血红叩头虫 <i>Archontas</i> sp.	1						1						
141	真龙虱 <i>Cybister</i> sp.	1						1						
142	四星负葬甲 <i>N. quadripunctatus</i>	1						1				1		
143	喙尾琵甲 <i>B. rhynchoptera</i>	1						1	1					
144	隆背土甲 <i>G. billineatum</i>	1	1					1						
145	眼斑食植瓢虫 <i>E. ocellataemaculata</i>	1						1						
146	异色瓢虫 <i>H. axyridis</i>	1	1					1	1	1	1	1	1	1
147	奇斑瓢虫 <i>H. eucharis</i>	1	1					1	1					
148	多异瓢虫 <i>H. variegata</i>	1	1		1	1		1	1	1	1	1	1	1
149	红星盘瓢虫 <i>P. unicolor</i>	1	1					1	1					
150	阿鳃金龟 <i>Apogonia</i> sp.	1						1						
151	暗八肋鳃金龟 <i>E. obscura</i>	1						1						
152	长棒希鳃金龟 <i>H. longiclavus</i>	1						1						
153	楔铁甲 <i>Prionispa</i> sp.	1						1						
154	栗实象 <i>Curculio</i> sp.	1						1						
155	云南松镰象 <i>D. leucofascialis</i>	1						1						
156	丽隐头叶甲 <i>C. festivus</i>	1	1					1	1					
157	窝额萤叶甲 <i>Fleutiauxia</i> sp.	1						1						
158	桤木叶甲 <i>C. ornaticollis</i>	1						1						
159	短柱叶甲 <i>Pachybrachys</i> sp.	1						1						
160	黄蜻 <i>P. flavescens</i>							1	1	1	1	1	1	1
161	短柄大蚊 <i>Nephrotoma</i> sp.	1						1						

续表 3

序号	种名	世界动物地理界						中国动物地理区						
		东洋界	古北界	新北界	澳洲界	非洲界	新热带界	西南区	华中区	华北区	华南区	蒙新区	青藏区	东北区
		A	B	C	D	E	F	a	b	c	d	e	f	g
162	毛颜寄蝇 <i>Trichoparia</i> sp.	1						1						
163	裸背寄蝇 <i>Urophyllina</i> sp.	1						1						
164	灰带管食蚜蝇 <i>E. cerealis</i>	1						1	1	1				
165	黄斑食蚜蝇 sp.1 <i>Xanthogramma</i> sp.1	1						1						
166	黄斑食蚜蝇 sp.2 <i>Xanthogramma</i> sp.2	1						1						
167	蟋蛄 <i>Platypleura</i> sp.	1						1						
168	螂蝉 <i>Pomponia</i> sp.	1						1						
169	尖胸沫蝉 <i>Aphrophor</i> sp.	1						1						
170	真毛管蚜 <i>Eutrichosiphum</i> sp.	1						1						
171	毛管蚜 <i>Greenidea</i> sp.	1						1						
172	沫蝉 <i>Cercopis</i> sp.	1						1						
173	小绿叶蝉 <i>Empoasca</i> sp.	1						1						
174	隐脉叶蝉 <i>Nirvana</i> sp.	1						1						
175	斑叶蝉 <i>Phlepeius</i> sp.	1						1						
176	大叶蝉 <i>Tettigoniella</i> sp.	1						1						
177	小叶蝉 sp.1 <i>Typhlocyba</i> sp.1	1						1						
178	小叶蝉 sp.2 <i>Typhlocyba</i> sp.2	1						1						
179	普通蓟马 <i>Thrips</i> sp.	1						1						
180	痂蝗 sp.1 <i>Bryodema</i> sp.1	1						1						
181	痂蝗 sp.2 <i>Bryodema</i> sp.2	1						1						
182	小翅蝗 <i>Alulacris</i> sp.	1						1						
183	拟裸蝗 <i>Conophymacris</i> sp.	1						1						
184	蹦蝗 <i>Sinopodisma</i> sp.	1						1						
185	台蚱 <i>Formosatettix</i> sp.	1						1						
186	拟台蚱 <i>Formosatettixoides</i> sp.	1						1						
187	负蝗 <i>Atractomorpha</i> sp.	1						1						

注:表中 1 表示有分布。

第三是西南—华中区共有种(9种,占 12.1%),第四是西南—华中—华南区共有种(8种,占 10.8%),第五是西南—华北区共有种(均为 6种,占 8.10%),第六是西南—华中—华北区共有种(5种,占 6.75%),第七是西南—东北区共有种(4种,占 5.40%),并列第八的是西南—华南—华北区共有种、西南—华中—华南—华北—青藏区共有种、西南—华中—华南—华北—东北区共有种(均为 2种,各占 2.70%),剩余 10个分布型并列第九(均为 1种,各占 1.35%)。

## 4 结论与讨论

本次研究是首次对寻甸黑颈鹤自然保护区昆虫种类进行详细调查,由于温度对昆虫的生长繁殖至关重要,在一定的温度范围内,随着温度的升高昆虫的种类和数量也在呈线性增长<sup>[15]</sup>。6—9月正处于昆虫种类最为丰富和农作物秋收快要结束时期,人为干扰因素较小,土地里遗留有较多黑颈鹤喜食的土豆与荞子,是一年内最佳的调查时间。调查涵盖了保护区包括森林植被、生境和不同海拔的地形等大部分地区,共采集记录昆虫 11 目 63 科 187 种,从中可以大致反映出该地区昆虫类群分布的多样性。对已鉴定的昆虫标本进行分析,结果显示,寻甸黑颈鹤自然保护区的优势昆虫排名前 5 位的分别为鳞翅目、鞘翅目、半翅目、膜翅目、同翅目。通过对保护区采集到的昆虫种类进行分析,结果表明,该地区昆虫多样性十分丰富,其中鳞翅目不论在科还是种上数量均是最多的,说明该种群在昆虫群落中属于优势目。调查研究中进一步发现,同其他低中海拔区域相比,地处高海拔区域的寻甸黑颈鹤自然保护区的昆虫物种数量及其生物多样性指数均较高,其中昆虫种类最高的生境为草地。昆虫物种受到的最大威胁因素可能会是由于低中海拔区域植物受当地人为活动影响大,破坏了昆虫最初生存栖息地,进而严重地威胁到当地昆虫物种多样性,而中高海拔区域植物受当地人为活动影响小,植物种类多样,利于昆虫的快速生长发育与繁衍。该次调查的部分种类还处于鉴定整理中,未发现外来入侵或引进物种,后期将开展更广泛的采集,昆虫标本种类将会更加丰富。

在寻甸黑颈鹤自然保护区记录到的 187 种昆虫中,西南区分布种(187 种)远高于其他区分布种(16~44 种),具有典型的西南区特征。西南区属于高原山地气候和亚热带季风性湿润气候,形成许多小地貌区和小气候区,适合进行昆虫资源的调查研究,能在不同的生境和区域采集到较多种类的昆虫。复杂多样的地形地貌及特殊的地质史,使该区蕴含了及其丰富的物种资源,为不同区系成分的昆虫物种提供了多样的栖息生境<sup>[16]</sup>。

综上所述,寻甸黑颈鹤自然保护区昆虫资源丰富,为黑颈鹤提供丰富的昆虫食物选择。昆虫与海拔和生境分析结果显示,保护区昆虫以高海拔种类为主,主要栖息生境是草地类型。生境是动植物生

存最重要的环境因素,因此,在后期的保护措施中应加大对保护区草地生境的保护力度,减少对保护区生态的干扰,这不仅为黑颈鹤提供了主要生境,同时也为昆虫提供了最佳栖息生境。

## 参考文献:

- [1] 张翔,卢志兴,王庆,等. 区域景观中生境特异性对昆虫多样性的影响——以西双版纳为例[J]. 中国生态农业学报(中文),2021,29(5):771-780.
- [2] 马兴有. 寻甸越冬黑颈鹤数量逐年提升[EB/OL]. [2021-03-12]. [http://news.china.com.cn/2021-03/12/content\\_77299493.htm](http://news.china.com.cn/2021-03/12/content_77299493.htm).
- [3] 范雷. 寻甸黑颈鹤省级自然保护区黑颈鹤越冬规律调查[J]. 绿色科技,2021,23(4):149-150,153.
- [4] 张亚男. 越冬栖息地生境结构如何影响黑颈鹤的数量与分布:以寻甸山区为例[D]. 昆明:云南大学,2019.
- [5] 马庆兵. 寻甸黑颈鹤省级自然保护区黑颈鹤与鸟类监测报告[J]. 绿色科技,2021,23(24):156-158.
- [6] 李珂. 寻甸黑颈鹤保护区以湿地保生物多样性[EB/OL]. [2021-04-08]. [https://www.xsbn.gov.cn/nbhbhq/114954.news.detail.dhtml?news\\_id=2169412](https://www.xsbn.gov.cn/nbhbhq/114954.news.detail.dhtml?news_id=2169412).
- [7] 邹言,刘佳文,李立坤,等. 北京市延庆区不同生境昆虫多样性特征调查分析[J]. 应用昆虫学报,2020,57(5):1161-1172.
- [8] 邹言,曾路影,陈法军,等. 北京市珍珠泉乡不同昆虫采集方法采集效果对比分析[J]. 环境昆虫学报,2021,43(3):758-767.
- [9] 张巍巍. 中国昆虫生态大图鉴[M]. 重庆:重庆大学出版社,2011.
- [10] 周尧. 中国蝴蝶原色图鉴[M]. 郑州:河南科学技术出版社,1998.
- [11] 华立中. 中国天牛彩色图鉴[M]. 广州:中山大学出版社,2009.
- [12] 孙军,刘东艳. 多样性指数在海洋浮游植物研究中的应用[J]. 海洋学报(中文版),2004(1):62-75.
- [13] WALLACE A R. The geographical distribution of animals (Vol 1)[M]. London:Macmillan,1876.
- [14] 张荣祖. 中国动物地理[M]. 北京:科学出版社,2011.
- [15] 陈丽芳,邵东华,段景攀,等. 温度对昆虫的影响[J]. 内蒙古林业科技,2015,41(2):57-61.
- [16] 唐兰,何平,肖宜安,等. 中国西南地区珍稀濒危及国家保护植物区系地理[J]. 广西植物,2006(2):132-136,208.

责任编辑:许易琦



doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.02.006

## 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<sup>1</sup>, 郭鑫<sup>2</sup>, 姜海燕<sup>1</sup>, 丛林<sup>1</sup>, 张旭州<sup>1</sup>, 史东明<sup>1</sup>, 白慧<sup>1</sup>

(1. 内蒙古农业大学林学院, 内蒙古呼和浩特 010018; 2. 呼和浩特市新华公园管理处, 内蒙古呼和浩特 010030)

**摘要:** 以内蒙古赤峰市阿鲁科尔沁旗沙日温都栎林自然保护区蒙古栎林为主要研究对象, 研究不同林分密度对林下草本植物多样性的影响。结果表明, 研究区内共有 13 科、14 属、16 种草本植物; Simpson 指数、Shannon-Wiener 指数、Pielou 均匀度指数和物种丰富度指数均随着林分密度的增加呈先增大后减小的趋势, 当林分密度为 750 株/hm<sup>2</sup> 时, 林下草本植物多样性指数达到最大值; 林分密度与 Shannon-Wiener 多样性指数、Pielou 均匀度指数、Simpson 多样性指数、物种丰富度指数、树高、胸径均呈极显著负相关, 与郁闭度呈极显著正相关, 与枝下高不相关。综上所述, 最合理的蒙古栎林密度为 750 株/hm<sup>2</sup>, 该密度下最有利于蒙古栎林及林下草本植物生长发育。

**关键词:** 林分密度; 蒙古栎林; 草本植物多样性; 物种组成

中图分类号: S758.58; S792.186; Q944; Q16 文献标识码: A 文章编号: 1671-3168(2023)02-0040-06

引文格式: 王义贺, 郭鑫, 姜海燕, 等. 林分密度对蒙古栎林下草本植物多样性的影响研究[J]. 林业调查规划, 2023, 48(2): 40-45, 56. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.02.006

WANG Yihe, GUO Xin, JIANG Haiyan, et al. Effects of Stand Density on Diversity of Understory Herbs in *Quercus mongolica* Forest[J]. Forest Inventory and Planning, 2023, 48(2): 40-45, 56. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.02.006

## Effects of Stand Density on Diversity of Understory Herbs in *Quercus mongolica* Forest

WANG Yihe<sup>1</sup>, GUO Xin<sup>2</sup>, JIANG Haiyan<sup>1</sup>, CONG Lin<sup>1</sup>, ZHANG Xuzhou<sup>1</sup>,  
SHI Dongming<sup>1</sup>, BAI Hui<sup>1</sup>

(1. College of Forestry, Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot 010018, China;

2. Hohhot Administration of Xinhua Park, Hohhot 010030, China)

**Abstract:** The effects of different stand densities on the diversity of understory herbs were studied based on the case of *Quercus mongolica* forest in Shariwendu Nature Reserve in Ar Horqin Banner, Chifeng City, Inner Mongolia. The results showed that there were 16 species, 14 genera and 13 families of herbs in the study area; the Simpson index, Shannon-Wiener index, Pielou evenness index and species richness of plant diversity first increased and then decreased with the increase of stand density. When the stand density was 750 plants/hm<sup>2</sup>, the diversity index of understory herbs reached the maximum. Stand density was negatively correlated with Shannon-Wiener index, Pielou evenness index, Simpson diversity index, species richness, tree height and DBH, positively correlated with canopy density, and not correlated with branch height. In conclusion, the most reasonable density of *Quercus mongolica* forest was 750 plants/

收稿日期: 2021-11-03.

基金项目: 阿鲁科尔沁旗生物多样性专项调查与保护规划服务项目(AQJYZX-2018TP047-FW).

第一作者: 王义贺(1995-), 男, 内蒙古通辽人, 硕士研究生. 研究方向为森林保护. Email: 1536835041@qq.com

责任作者: 姜海燕(1975-), 女, 内蒙古呼和浩特人, 副教授. 研究方向为大型真菌、植物及微生物. Email: 1562669233@qq.com

hm<sup>2</sup>, which was most conducive to the growth and development and understory herbs.

**Key words:** stand density; *Quercus mongolica* forest; diversity of herbs; species composition

林分密度是衡量林木间隙的拥挤合理程度、林木对其所需要占用的空间利用合理程度以及人工林群落结构合理程度的重要指标,除影响林木分配利用环境资源外,还可通过控制乔木层截留的光照和水分影响林下植被的生长与分布,并且与林木成材后产量大小有直接关系。对林分密度进行合理控制也是一种重要的营林技术方法,适宜的林分密度对提升森林生态系统的功能性和稳定性有重大意义。改变林分密度可显著影响林下植被生物多样性,而林下植被生物多样性具有维持森林生态系统基本功能稳定和增加林下生物物种多样性等不可替代的重要作用,除此之外,对有效提高林下土壤中有机质元素含量,进而改善林下土壤的理化功能性质也有一定作用。目前,已有研究表明不同林分密度对马尾松人工林、巨桉人工林、华北落叶松人工林等林下植物丰富度指数、多样性指数等有不同影响。因此,对于不同林分密度对特定林型群落结构和植物多样性的影响规律,应开展针对性研究<sup>[1]</sup>。

蒙古栎(*Quercus mongolica*)又称柞树,为国家二级珍贵林木树种,乔木,属于壳斗科、栎属,以东北地区为主要分布地区,内蒙古大部为原产地,是我国温带地区落叶阔叶林及针阔混交林中的主要组成树种<sup>[2]</sup>。蒙古栎喜光、耐寒、耐旱和耐瘠薄,因其根系发达、材质坚硬、抗腐,常被用来营造高山防风林和水源涵养林。目前研究集中在蒙古栎繁殖技术<sup>[3-4]</sup>、生态学特性<sup>[5-8]</sup>、生理学特性<sup>[9-11]</sup>以及良种选育<sup>[12-16]</sup>等方面,但对蒙古栎林分密度与其林下草本植物多样性的相关研究还未展开讨论,且蒙古栎林种群结构严重退化,生产功能及群落生态功能低下,如何通过合理调整栎林林分密度,改善栎林分布和群落生态结构,提高蒙古栎林种群生态功能,进而对其起到一定的保护作用是当前亟待解决的栎林科学管理问题。以沙日温都栎林自然保护区的蒙古栎天然林为主要研究对象,通过分析比较不同蒙古栎林分密度对其林下草本植物多样性的影响,筛选出最适宜于蒙古栎林及其林下草本植物生长发育的林分密度,为科学保护和管理蒙古栎林提供理论依据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 研究区概况

内蒙古沙日温都自然保护区地处大兴安岭南

部,内蒙古赤峰市阿鲁科尔沁旗西部。地理坐标为东经 119° 31' 04" ~ 119° 44' 07", 北纬 44° 05' 51" ~ 44° 04' 41", 总面积 4 740 hm<sup>2</sup>, 位于中国东部高纬度地区,属典型温带大陆性季风气候,年均温 6.8℃, 降水量在 196.9~561.1 mm,受蒙古高压、反气旋环流及地形影响常年盛行西北风。沙日温都自然保护区是国家重点生态功能区科尔沁草原生态功能区的重要组成部分,是西拉沐沦河下游重要水源涵养地,是内蒙古自治区仅存的大兴安岭南端山地山前低山丘陵的森林、灌丛-草原生态系统类型自然保护区。沙日温都自然保护区植被茂盛,植被覆盖率达 80%。主要建群种有蒙古栎(*Quercus mongolica*)和 华北落叶松(*Larix principis-rupprechtii*)。灌木有山杏(*Armeniaca sibirica*)、绣线菊(*Spiraea salicifolia*)等。草本植物有狗尾草(*Setaria viridis*)、小花鬼针草(*Bidens parviflora*)、唐松草(*Thalictrum aquilegifolium*)、冷蒿(*Artemisia frigida*)等。

### 1.2 研究方法

#### 1.2.1 样地设置

根据杨爱芳<sup>[17]</sup>选取样地的方法,在沙日温都自然保护区内选取生长环境相似、具有代表性的不同林分密度蒙古栎林样地,不同密度蒙古栎林设 3 个 20 m×20 m 样地,设置 9 个 1 m×1 m 草本植物样地,对各样地内的乔木进行每木检尺,测定枝下高和郁闭度,采用 DQL-10A 测高罗盘仪测量树高、胸径尺在树高 1.3 m 处测量胸径。记录草本植物的种类、盖度和株(丛)数等。使用全球定位系统(GPS)对调查样地进行定位,同时记录各样地的海拔、坡度和坡向等信息。样地林分基本特征见表 1。

#### 1.2.2 物种多样性分析指标

本研究采用重要值(IV)、Simpson 指数(D)、Shannon-Wiener 指数(H)、Pielou 均匀度指数(Jsw)、物种丰富度指数(R)等指标对不同密度的蒙古栎林下草本植物多样性进行分析<sup>[18]</sup>。计算公式分别为:

$$IV = (RD + RC + RF) / 3 \quad (1)$$

$$D = 1 - \sum_{i=1}^s (P_i)^2 \quad (2)$$

$$H = - \sum_{i=1}^s P_i \ln P_i \quad (3)$$

$$Jsw = (- \sum_{i=1}^s P_i \ln P_i) / \ln S \quad (4)$$

表 1 不同密度蒙古栎林分基本特征

Tab. 1 Basic characteristics of *Quercus mongolica* stands with different densities

样地	密度/ (株· hm <sup>-2</sup> )	海拔 /m	坡向	平均 树高 /m	平均 胸径 /cm	平均枝 下高 /m	郁闭 度
D1	700	820~840	东北	9.8	19.0	1.3	0.65
D2	750	820~840	东北	10.2	19.3	1.8	0.72
D3	800	820~840	东北	9.9	18.6	1.9	0.75
D4	850	850~870	西北	8.7	18.1	2.0	0.80
D5	900	850~870	西北	8.4	17.3	1.1	0.85
D6	950	850~870	西北	8.6	17.1	0.9	0.88
D7	1000	895~915	西北	8.1	16.8	1.3	0.89
D8	1050	895~915	西北	8.5	16.3	1.5	0.92
D9	1100	895~915	西北	7.6	16.2	1.2	0.95

表 2 蒙古栎林下草本植物物种组成

Tab. 2 Composition of understory herbs in *Quercus mongolica* forest

序号	科	属	种	各物种占比/%
1	菊科 Asteraceae	蒿属 <i>Artemisia</i>	冷蒿 <i>Artemisia frigida</i> Willd.	18.75
			艾 <i>Artemisia argyi</i> Lévl. et Van.	
			白莲蒿 <i>Artemisia stechmanniana</i> Bess.	
2	蔷薇科 Rosaceae	地榆属 <i>Sanguisorba</i>	地榆 <i>Sanguisorba officinalis</i> L.	12.50
			委陵菜属 <i>Potentilla</i>	
3	菊科 Asteraceae	鬼针草属 <i>Bidens</i>	小花鬼针草 <i>Bidens parviflora</i> Willd.	6.25
4	石竹科 Caryophyllaceae	石竹属 <i>Dianthus</i>	石竹 <i>Dianthus chinensis</i> L.	6.25
5	石蒜科 Amaryllidaceae	葱属 <i>Allium</i>	野韭 <i>Allium ramosum</i> L.	6.25
6	莎草科 Cyperaceae	蒿属 <i>Artemisia</i>	细杆沙蒿 <i>Artemisia macilenta</i> (Maxim.) Krasch.	6.25
7	茜草科 Rubiaceae	茜草属 <i>Rubia</i>	茜草 <i>Rubia cordifolia</i> L.	6.25
8	毛茛科 Ranunculaceae	唐松草属 <i>Thalictrum</i>	东亚唐松草 <i>Thalictrum minus</i> var. <i>hypoleucum</i>	6.25
9	禾本科 Poaceae	狗尾草属 <i>Setaria</i>	狗尾草 <i>Setaria viridis</i> (L.) Beauv.	6.25
10	豆科 Fabaceae	胡枝子属 <i>Lespedeza</i>	胡枝子 <i>Lespedeza bicolor</i> Turcz.	6.25
11	唇形科 Lamiaceae	糙苏属 <i>Phlomis</i>	糙苏 <i>Phlomis umbrosa</i> Turcz.	6.25
12	菖蒲科 Acoraceae	菖蒲属 <i>Acorus</i>	菖蒲 <i>Acorus calamus</i> L.	6.25
13	败酱科 Caprifoliaceae	败酱属 <i>Patrinia</i>	岩败酱 <i>Patrinia rupestris</i> (Pall.) Juss.	6.25

由表 2 可知,在选取的蒙古栎林样地中共调查到 13 科、14 属、16 种草本植物,其中菊科 3 种,占草本植物物种的 18.75%;蔷薇科有 2 种,占草本植物物种的 12.50%;石竹科、石蒜科、莎草科等其余 11 个科均只有 1 个物种,均占草本植物物种的 9.10%。

由图 1 可知,在不同林分密度下,其林下草本植物科属种数量随着林分密度增加呈先增多后减少的

$$R = S \tag{5}$$

式中:RD 为相对密度;RC 为相对盖度;RF 为相对频度;*s* 为植物种类;*P<sub>i</sub>* 为某植物 *i* 的个体数占群落植物总数的比例;*S* 为每一样方中的物种总数。

### 1.2.3 数据处理

基本数据分析和绘图采用 Microsoft Excel 2010 软件,单因素方差分析采用 IBM SPSS 23 软件,显著性检验采用 LSD 法。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同林分密度蒙古栎对林下草本植物物种组成的影响

蒙古栎林下草本植物物种组成及科属种数量见表 2 和图 1。

趋势,科有 9~13 科,属有 10~14 属,种有 12~15 种,在林分密度为 750 株/hm<sup>2</sup> 时均达到最大值,为 13 科、14 属、15 种。

### 2.2 不同林分密度蒙古栎对林下草本植物优势种及重要值的影响

不同样地中林下草本植物优势种及重要值统计见表 3。



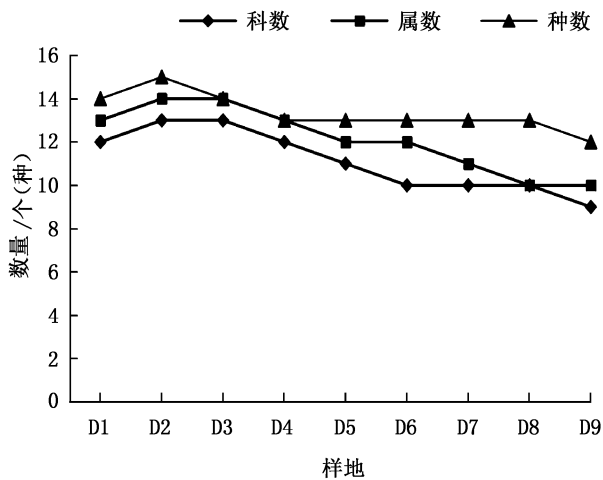


图 1 不同林分密度蒙古栎林下草本植物科属种数量  
Fig. 1 Number of understory herbs families, genera, and species in *Quercus mongolica* forest with different stand densities

表 3 不同密度蒙古栎林下草本植物优势种重要值  
Tab. 3 Important value of dominant species of understory herbs in *Quercus mongolica* forest with different stand densities

样地	优势种	重要值
D1	艾 <i>Artemisia argyi</i> Lévl. et Van.	0. 2230
	细杆沙蒿 <i>Artemisia macilenta</i> (Maxim.) Krasch.	0. 2011
	狗尾草 <i>Setaria viridis</i> (L.) Beauv	0. 1873
	白蓬蒿 <i>Artemisia stechmanniana</i> Bess.	0. 1547
	胡枝子 <i>Lespedeza bicolor</i> Turcz.	0. 0963
D2	艾 <i>Artemisia argyi</i> Lévl. et Van.	0. 3012
	狗尾草 <i>Setaria viridis</i> (L.) Beauv	0. 2144
	细杆沙蒿 <i>Artemisia macilenta</i> (Maxim.) Krasch.	0. 2010
	白蓬蒿 <i>Artemisia stechmanniana</i> Bess.	0. 1123
D3	野韭 <i>Allium ramosum</i> L.	0. 0851
	艾 <i>Artemisia argyi</i> Lévl. et Van.	0. 2152
	狗尾草 <i>Setaria viridis</i> (L.) Beauv	0. 1986
	细杆沙蒿 <i>Artemisia macilenta</i> (Maxim.) Krasch.	0. 1533
D4	胡枝子 <i>Lespedeza bicolor</i> Turcz	0. 0837
	野韭 <i>Allium ramosum</i> L.	0. 0255
	朝天委陵菜 <i>Potentilla supina</i> L.	0. 2873
	狗尾草 <i>Setaria viridis</i> (L.) Beauv	0. 2532
	野韭 <i>Allium ramosum</i> L.	0. 1856
D5	地榆 <i>Sanguisorba officinalis</i> L.	0. 1275
	艾 <i>Artemisia argyi</i> Lévl. et Van.	0. 0561
	朝天委陵菜 <i>Potentilla supina</i> L.	0. 2893

续表 3

样地	优势种	重要值
D6	野韭 <i>Allium ramosum</i> L.	0. 2032
	狗尾草 <i>Setaria viridis</i> (L.) Beauv	0. 1756
	茜草 <i>Rubia cordifolia</i> L.	0. 0914
	东亚唐松草 <i>Thalictrum minus</i> var. <i>hypoleucum</i>	0. 2101
	狗尾草 <i>Setaria viridis</i> (L.) Beauv	0. 1873
D7	地榆 <i>Sanguisorba officinalis</i> L.	0. 1109
	朝天委陵菜 <i>Potentilla supina</i> L.	0. 0850
	小花鬼针草 <i>Bidens parviflora</i> Willd.	0. 0510
	小花鬼针草 <i>Bidens parviflora</i> Willd.	0. 2087
	东亚唐松草 <i>Thalictrum minus</i> var. <i>hypoleucum</i>	0. 1853
D8	茜草 <i>Rubia cordifolia</i> L.	0. 1542
	糙苏 <i>Phlomis umbrosa</i> Turcz.	0. 0987
	狗尾草 <i>Setaria viridis</i> (L.) Beauv	0. 0213
	茜草 <i>Rubia cordifolia</i> L.	0. 1850
	糙苏 <i>Phlomis umbrosa</i> Turcz.	0. 1762
D9	小花鬼针草 <i>Bidens parviflora</i> Willd.	0. 1024
	狗尾草 <i>Setaria viridis</i> (L.) Beauv	0. 0563
	东亚唐松草 <i>Thalictrum minus</i> var. <i>hypoleucum</i>	0. 0094
	糙苏 <i>Phlomis umbrosa</i> Turcz.	0. 2241
	茜草 <i>Rubia cordifolia</i> L.	0. 1562

由表 3 可以看出,不同林分密度样地中,优势种主要为东亚唐松草、茜草、狗尾草、朝天委陵菜、地榆,但重要值存在差异。狗尾草在不同密度林分中均有分布,且重要值较高。在低密度林分中艾、细杆沙蒿等阳性植物具有优势,随着林分密度的增加,艾的重要值降低最多,变化范围为 0. 006 2~0. 301 2,并且糙苏、小花鬼针草等耐阴植物相继出现。

### 2. 3 不同林分密度蒙古栎对林下草本植物多样性的影响

林分密度对草本植物的 Simpson 指数、Shannon-Wiener 指数、Pielou 均匀度指数和物种丰富度指数均影响显著,随着林分密度的增加均呈现先增加后减少的趋势(表 4)。

由表 4 可知,当林分密度为 750 株/hm<sup>2</sup> 时各指数达到最大值,Simpson 指数为 0. 82,Shannon-Wiener 指数为 1. 97,Pielou 均匀度指数为 0. 73,物种丰富度指数为 14. 67。相较于林分密度为 1 100 株/hm<sup>2</sup> 时,

表 4 不同林分密度蒙古栎林下草本植物多样性指数

Tab. 4 Diversity index of understory herbs in *Quercus mongolica* forest with different stand densities

多样性指数	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9
Simpson 指数 ( <i>D</i> )	0.79± 0.21f	0.82± 0.25g	0.76± 0.19e	0.73± 0.23d	0.69± 0.20c	0.65± 0.18b	0.64± 0.15b	0.61± 0.22a	0.60± 0.19a
Shannon-Wiener 指数( <i>H</i> )	1.82± 0.47f	1.97± 0.53g	1.79± 0.51e	1.74± 0.46d	1.73± 0.43d	1.69± 0.48c	1.64± 0.39b	1.63± 0.41b	1.60± 0.37a
Pielou 均匀度 指数( <i>Jsw</i> )	0.69± 0.19e	0.73± 0.21f	0.68± 0.25e	0.65± 0.18d	0.62± 0.14c	0.61± 0.13bc	0.60± 0.22b	0.58± 0.17a	0.57± 0.12a
物种丰富度 指数( <i>R</i> )	13.67± 1.33c	14.67± 1.25d	14.33± 2.19cd	13.33± 2.25b	13.33± 1.67b	12.67± 1.87a	12.67± 1.89a	12.67± 1.55a	12.67± 2.15a

注:不同小写字母表示在 0.05 水平差异显著。

差异均达显著水平, Simpson 指数减少 0.22, Shannon-Wiener 指数减少 0.37, Pielou 均匀度指数减少 0.16, 物种丰富度指数减少 2。

2.4 林分密度与草本植物多样性指数的相关性分析  
草本植物多样性指数与林分因子相关性分析见表 5。

表 5 草本植物多样性指数与林分因子相关性

Tab. 5 Correlation coefficient between stand density and herb diversity index

	林分密度	<i>D</i>	<i>H</i>	<i>Jsw</i>	<i>R</i>	树高	胸径	枝下高	郁闭度
林分密度	1.000								
<i>D</i>	-0.980 **	1.000							
<i>H</i>	-0.972 **	0.986 **	1.000						
<i>Jsw</i>	-0.980 **	0.989 **	0.991 **	1.000					
<i>R</i>	-0.843 **	0.902 **	0.893 **	0.873 **	1.000				
树高	-0.901 **	0.918 **	0.914 **	0.921 **	0.955 **	1.000			
胸径	-0.978 **	0.980 **	0.986 **	0.988 **	0.885 **	0.928 **	1.000		
枝下高	-0.431	0.521	0.490	0.525	0.480	0.524	0.537	1.000	
郁闭度	0.983 **	-0.948 **	-0.937 **	-0.944 **	-0.835 **	-0.903 **	-0.965 **	-0.436	1.000

注: \* 表示在 0.05 水平差异显著, \*\* 表示在 0.01 水平差异极显著。

从表 5 可知, 林分密度与 Shannon-Wiener 多样性指数、Pielou 均匀度指数、Simpson 多样性指数、物种丰富度指数、树高、胸径均呈极显著负相关, 与郁闭度呈极显著正相关; Simpson 多样性指数与 Shannon-Wiener 多样性指数、Pielou 均匀度指数、物种丰富度指数、树高、胸径呈极显著正相关, 与郁闭度呈极显著负相关; Shannon-Wiener 多样性指数与 Pielou 均匀度指数、物种丰富度指数、树高、胸径呈极显著正相关, 与郁闭度呈极显著负相关; Pielou 均匀度指数与物种丰富度、树高、胸径呈极显著正相关, 与郁闭度呈极显著负相关; 树高与胸径呈极显著正相关, 与郁闭度呈极显著负相关; 胸径与郁闭度呈极显著负相关; 各指标与枝下高均不相关。

### 3 讨论与结论

#### 3.1 讨论

##### 3.1.1 林分密度对林下草本植物组成的影响

研究发现不同林分密度蒙古栎林下草本植物共有 13 科、14 属、16 种, 林分密度可显著影响林下草本植物组成, 不同林分密度林下草本植物组成差异显著, 随着林分密度增加, 优势种从喜光物种变为耐阴物种, 但总体优势种较为相似, 主要为喜光的艾、细杆沙蒿以及耐阴的茜草、糙苏等, 狗尾草在不同密度林分中均有分布。胡延辰等<sup>[18]</sup> 研究结果认为不同林分密度的蒙古栎林间, 林下植物的种类差异不大, 草本层中山罗花、三叶委陵菜、白花碎米荠和山罗花等为不同林分密度下的优势种, 这与本研究结

果不一致,可能是由于不同研究区域的气候条件以及生存环境有所差异而导致的。林下总光照和林冠开阔度对草本植物的影响最大,并且林隙光照对林下植物组成有明显的指示作用<sup>[19]</sup>,张洋洋、覃志杰等<sup>[20-21]</sup>认为随着林分密度增加,中生或阴性植物能更好的适应光照不充足的环境,进而取代了阳性植物的优势地位。这与本研究结果一致,草本层处于森林生态系统的底层,养分充足,随着林分密度增加,林下光照减少,透光率降低,光照成为主要的限制因素,因此林下呈现出“阳生性—中生性—阴生性”的演替格局<sup>[22]</sup>。

### 3.1.2 林分密度对林下草本植物多样性的影响

草本植物的多样性并非受单一因素控制<sup>[23]</sup>,雷相东<sup>[24]</sup>认为不同林型林下植物多样性的影响因子可能不同,草本层物种多样性的影响因子包括枯落物厚度、郁闭度和林分公顷株数,且均呈负相关。曹云生<sup>[25]</sup>认为影响草本植物多样性最主要的地形因素是坡向,夏富才<sup>[26]</sup>认为林冠层通过对光照和降水的分配来影响草本植物的多样性;而赵燕波<sup>[27]</sup>认为林下植被多样性主要影响因素为郁闭度。本研究结果表明,林分密度与林下草本植物多样性间呈极显著负相关,李颖等<sup>[28]</sup>认为随着林分密度的增加,草本植物各项多样性指数均先增大后减小,与本研究结果一致。鲁绍伟、侯磊等<sup>[29-30]</sup>认为随林分密度的增加,不同密度林下草本植物的 Simpson 多样性指数和 Shannon-Wiener 多样性指数逐渐减小,这与本研究结果不一致,可能是由于林分密度增加,林下微环境影响复杂而引起上述变化。

### 3.2 结论

1)不同林分密度蒙古栎林下草本植物的多样性存在明显差异。随着林分密度的增加,Simpson 多样性指数、Shannon-Wiener 多样性指数,Pielou 均匀度指数、物种丰富度指数均先增大后减小,在林分密度 750 株/hm<sup>2</sup> 时出现峰值。

2)蒙古栎林分密度与林下草本植物的 Shannon-Wiener 多样性指数、Pielou 均匀度指数、Simpson 多样性指数、物种丰富度指数、树高、胸径均呈极显著负相关,与郁闭度呈极显著正相关,与枝下高不相关。

3)综合考虑蒙古栎林下草本植物的组成及各项多样性指标,750 株/hm<sup>2</sup> 为较合理的蒙古栎林分密度,在此密度下能够保障蒙古栎林分结构合理和

林下植物多样性丰富,有助于提升生态系统稳定性。  
**参考文献:**

- [1] 王玲. 林分密度对油松人工林群落结构和植物多样性的影响[J]. 生态环境学报, 2020, 29(12): 2328-2336.
- [2] 尤文忠,赵刚,张慧东,等. 抚育间伐对蒙古栎次生林生长的影响[J]. 生态学报, 2015, 35(1): 56-64.
- [3] 高珊,林梅,崔建国,等. 蒙古栎促萌茎段的离体培养研究[J]. 北方园艺, 2013(19): 102-105.
- [4] 李文文,刘希华,黄秦军,等. 蒙古栎茎段的离体培养[J]. 东北林业大学学报, 2012, 40(8): 1-6.
- [5] 刘万生,李想,陈福元,等. 蒙古栎林种内和种间竞争研究[J]. 植物研究, 2020, 40(4): 552-558.
- [6] 张晓红,张会儒,卢军,等. 长白山蒙古栎次生林群落结构特征及优势树种空间分布格局[J]. 应用生态学报, 2019, 30(5): 1571-1579.
- [7] 程福山,何怀江,刘强,等. 三湖国家级自然保护区蒙古栎林空间结构研究[J]. 林业资源管理, 2018(2): 138-145.
- [8] 陈科屹,张会儒,雷相东. 不同群落蒙古栎种群空间格局的地统计学分析[J]. 应用生态学报, 2018, 29(5): 1542-1550.
- [9] 程徐冰,吴军,韩士杰,等. 减少降水对长白山蒙古栎叶片生理生态特性的影响[J]. 生态学杂志, 2011, 30(9): 1908-1914.
- [10] 颜坤,陈玮,张国友,等. 高浓度二氧化碳和臭氧对蒙古栎叶片活性氧代谢的影响[J]. 应用生态学报, 2010, 21(3): 557-562.
- [11] 曾伟,蒋延玲,李峰,等. 蒙古栎(*Quercus mongolica*) 光合参数对水分胁迫的响应机理[J]. 生态学报, 2008(6): 2504-2510.
- [12] 梁德洋,蒋路平,张秦徽,等. 辽宁省 11 个蒙古栎种源及家系种子性状变异[J]. 东北林业大学学报, 2019, 47(11): 1-5.
- [13] 潘树百,单良,彭博,等. 蒙古栎无性系间叶片氮磷钾含量变异初步分析[J]. 北华大学学报(自然科学版), 2018, 19(5): 600-603.
- [14] 颜冰,刘刚,陈爱华,等. 东北三省不同种源蒙古栎种子表型性状和淀粉含量对比分析[J]. 安徽农业科学, 2015, 43(30): 121-123.
- [15] 黄秦军,黄国伟,苏晓华,等. 蒙古栎生长及生理特征的种源间差异[J]. 林业科学, 2013, 49(9): 72-78.
- [16] 黄国伟,黄秦军,李文文. 不同种源蒙古栎在 3 种生长条件下的综合评价[J]. 西南林业大学学报, 2012, 32(1): 4-10.
- [17] 杨爱芳. 关帝山寒温带针叶林中草本植物多样性的研究[D]. 太原:山西农业大学, 2014.
- [18] 胡延辰,张晓林,韩晓义,等. 蒙古栎次生林的生长更新与林下植被多样性对林分密度的响应[J]. 应用生态学报, 2022, 33(3): 727-732. (下转第 56 页)



doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.02.007

## 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

(呼和浩特市气象局, 内蒙古 呼和浩特 010020)

**摘要:**地温是表征气候变化的主要气象要素之一,研究地温的变化特征有助于揭示地温对农业生产和生态环境的影响。利用呼和浩特地区 1961—2020 年生长季(4—9 月) 5 cm、10 cm、15 cm、20 cm 浅层地温观测数据,分析其土壤浅层温度的时间变化趋势,地温随土层深度的变化特征以及地温变化与气温、降雨量的关系。结果表明,呼和浩特地区生长季各浅层地温呈显著增温趋势,增幅为 0.263~0.561℃/10 a,其中 4 月增幅最大;生长季地温随土层深度增加而下降。回归分析显示,浅层地温与气温、降雨量呈正相关关系,气温对浅层地温变化的解释贡献率为 78%~85.91%,且达到极显著水平( $P < 0.001$ );降雨量对浅层地温变化的解释贡献率为 3.72%~11.54%。多元回归分析显示,气温与土壤浅层地温的关系比降雨量更加密切,更能直接影响浅层地温的变化。

**关键词:**浅层地温变化;回归分析;生长季;呼和浩特地区

中图分类号:S714.5;S152.8 文献标识码:A 文章编号:1671-3168(2023)02-0046-06

引文格式:刘星岑. 呼和浩特地区土壤浅层温度变化特征及影响因素研究[J]. 林业调查规划,2023,48(2):46-51.

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.02.007

LIU Xingcen. Characteristics and Influencing Factors of Shallow Soil Temperature Changes in Hohhot Area[J]. Forest Inventory and Planning, 2023, 48(2): 46-51. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.02.007

## Characteristics and Influencing Factors of Shallow Soil Temperature Changes in Hohhot Area

LIU Xingcen

(Hohhot Meteorological Bureau, Hohhot 010020, China)

**Abstract:** Soil temperature is one of the main meteorological factors that characterize climate change. Studying the characteristics of soil temperature changes can help reveal the impact of soil temperature on agricultural production and ecological environment. Based on the 5 cm, 10 cm, 15 cm and 20 cm shallow soil temperature observation data in Hohhot during the growing season (from April to September) from 1961 to 2020, this paper analyzed the temporal change trend of shallow soil temperature in Hohhot area, the characteristics of soil temperature changes with soil depth, and the relationship between soil temperature changes and air temperature or rainfall. The results showed that the average soil temperature of each shallow layer in Hohhot area during the growing season showed a significant warming trend, with an increase of 0.263–0.561℃/10 a and the largest increase in April. The soil temperature decreased with the increase of soil depth during the growing season. The regression analysis showed that the shallow soil temperature was positively correlated with air temperature and rainfall, and the explanation contribution rate of

收稿日期:2021-11-16.

基金项目:国家自然科学基金青年基金(41907082);内蒙古自然科学基金博士基金(2019BS04005).

第一作者:刘星岑(1989-),女,重庆人,工程师.主要从事生态与农业气象方面的研究. Email:yingzhilianyu@163.com

temperature to shallow soil temperature changes was 78%–85.91%, reaching a very significant level ( $P < 0.001$ ); the explanation contribution rate of rainfall to shallow soil temperature changes was 3.72%–11.54%. The multiple regression analysis showed that the relationship between air temperature and shallow soil temperature was closer than rainfall, which could directly affect the change of shallow soil temperature.

**Key words:** shallow soil temperature change; regression analysis; growing season; Hohhot area

近年来,随着全球变暖趋势逐渐明显,气温、云量、降水量等气象要素也随之发生全球性、区域性变化,不仅如此,霜期、浅层地温也渐渐发生改变<sup>[1-6]</sup>,对土壤理化性质、生物学过程等产生巨大影响。有学者研究发现不同区域地温对气候变暖的响应也并不相同<sup>[7-9]</sup>。张慧智等<sup>[10]</sup>研究发现,在中国不同区域之间的土壤温度季节变化存在显著差异。周绍毅等<sup>[11]</sup>研究表明,广西年均浅层地温受气温、降水量影响,且不同深度年均地温呈上升趋势。隋景跃等<sup>[12]</sup>研究表明,辽宁西部地区各层次地温年变化均具有升高趋势,但温度倾向率不同。梁媛等<sup>[13]</sup>研究表明,大兴安岭北部地区各浅层地温在夏季呈显著增温趋势。土壤做为植物根系的主要载体,地温的变化更能直接影响植物的生长<sup>[14-15]</sup>。

目前,系统研究呼和浩特市及周边地区土壤浅层地温变化的成果甚少。随着呼和浩特地区社会经济快速发展,人类活动对土地利用的影响增加,呼和浩特地区地温也发生变化,对农业生产以及区域气候变化产生极大影响,因此,根据呼和浩特市农业生产特点,运用呼和浩特市 6 个国家气象观测站 1961—2020 年的浅层地温、气温和降雨量资料,对生长季(4—9 月)浅层地温的变化趋势进行规律性描述,气温和降雨量变化对浅层地温的影响进行分析,有助于揭示土壤温度对农业生产和生态环境的影响。

## 1 材料与研究方法

研究数据来源于呼和浩特市市区、武川县、土默特左旗、托克托县、和林格尔县、清水河县 6 个国家气象观测站 1961—2020 年生长季(4—9 月)的逐月气象资料,包括 5 cm、10 cm、15 cm、20 cm 土层平均地温、平均气温和降雨量。以 1961—2020 年的平均值作为 60 年平均标准计算月、生长季距平,分析地温的年际变化趋势。一般认为地温随时间呈线性变化,因此采用二乘法计算地温趋势率。同时,采用回归分析法分析气温和降雨量变化对浅层地温变化的影响。

## 2 结果与分析

### 2.1 生长季浅层地温变化趋势

#### 2.1.1 生长季浅层地温变化特征

呼和浩特地区生长季浅层地温变化见图 1。

由图 1 可以看出,1961—2020 年生长季 5 cm、10 cm、15 cm、20 cm 土层平均地温整体呈上升趋势,平均地温趋势率分别为 0.350℃/10 a、0.347℃/10 a、0.354℃/10 a、0.400℃/10 a。各层趋势率以 4 月最大,分别为 0.543℃/10 a、0.544℃/10 a、0.564℃/10 a、0.592℃/10 a,9 月趋势率最小,分别为 0.265℃/10 a、0.253℃/10 a、0.247℃/10 a、0.288℃/10 a。整体来看,生长季平均地温以 20 世纪 90 年代中后期上升趋势最明显。

#### 2.1.2 各旗县生长季浅层地温变化特征

呼和浩特地区各旗县生长季浅层地温变化见表 1。

由表 1 可以看出,5 cm、10 cm、15 cm、20 cm 土层地温在 1961—1987 年呈上升趋势,1988—1997 年呈平稳变化,1998—2020 年呈波动上升,生长季趋势率分别为 0.350℃/10 a、0.347℃/10 a、0.363℃/10 a、0.400℃/10 a,地温最高值分别出现在 2017 年、2017 年、1999 年、2017 年,最低值均出现在 1976 年,各层趋势率最大,分别为 0.543℃/10 a、0.501℃/10 a、0.515℃/10 a、0.666℃/10 a。整体来看,呼和浩特地区各旗县地温呈上升趋势,除武川县、和林格尔县外,其余地区均是 20 cm 土层的升温趋势最大。

#### 2.1.3 生长季浅层地温年代变化特征

呼和浩特地区生长季浅层地温年代变化见图 2。

由图 2 可知,5 cm、10 cm、15 cm、20 cm 土层的变化趋势较为一致,均是 20 世纪 60、70 年代为负距平,为冷期;80 年代冷暖交替;20 世纪 90 年代至 21 世纪初期为正距平,为暖期;距平最低值出现在 20 世纪 60 年代 4 月,最高值出现在 21 世纪初期 4 月。生长季各层土壤平均温度总体呈逐年代波动上升趋势,期间出现冷暖交替的阶段特征,4 月距平值变化最明显,9 月变化最小。

#### 2.1.4 生长季浅层地温垂直变化特征

随着土层深度加深,地温的变化也表现在垂直方向上(图 3)。

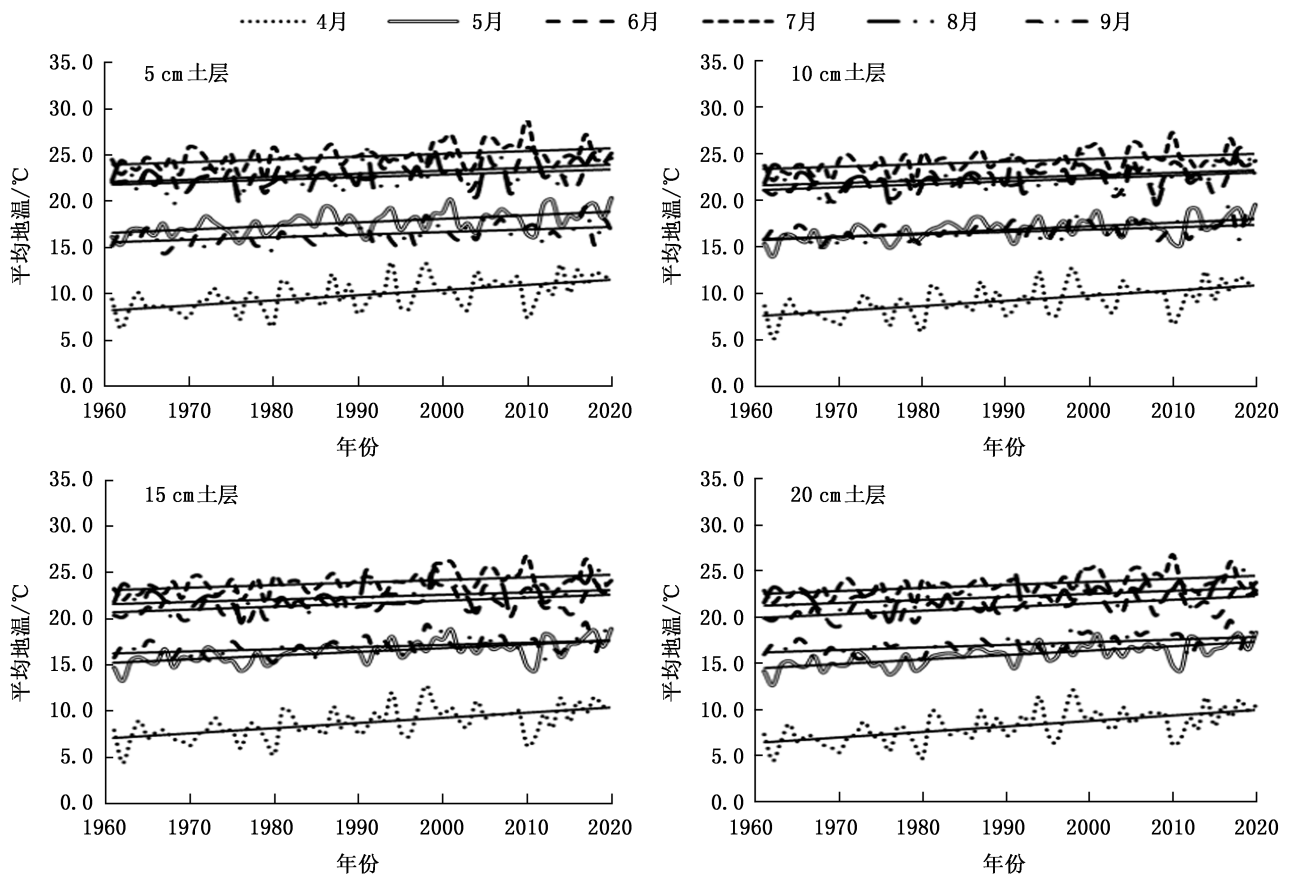


图 1 呼和浩特地区不同土层生长季浅层地温变化

Fig. 1 Shallow soil temperature changes during the growing season in Hohhot area

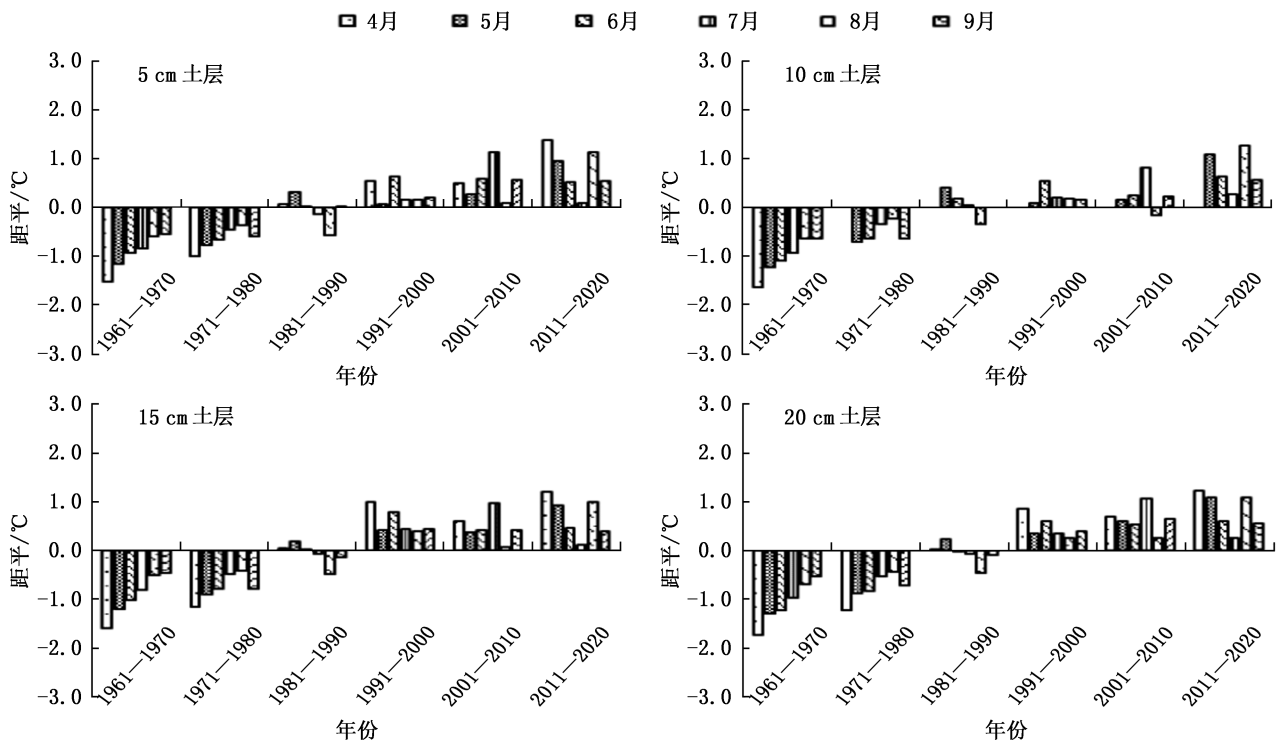


图 2 呼和浩特地区不同土层生长季浅层地温年代变化

Fig. 2 Chronological changes of shallow soil temperature during the growing season in Hohhot area



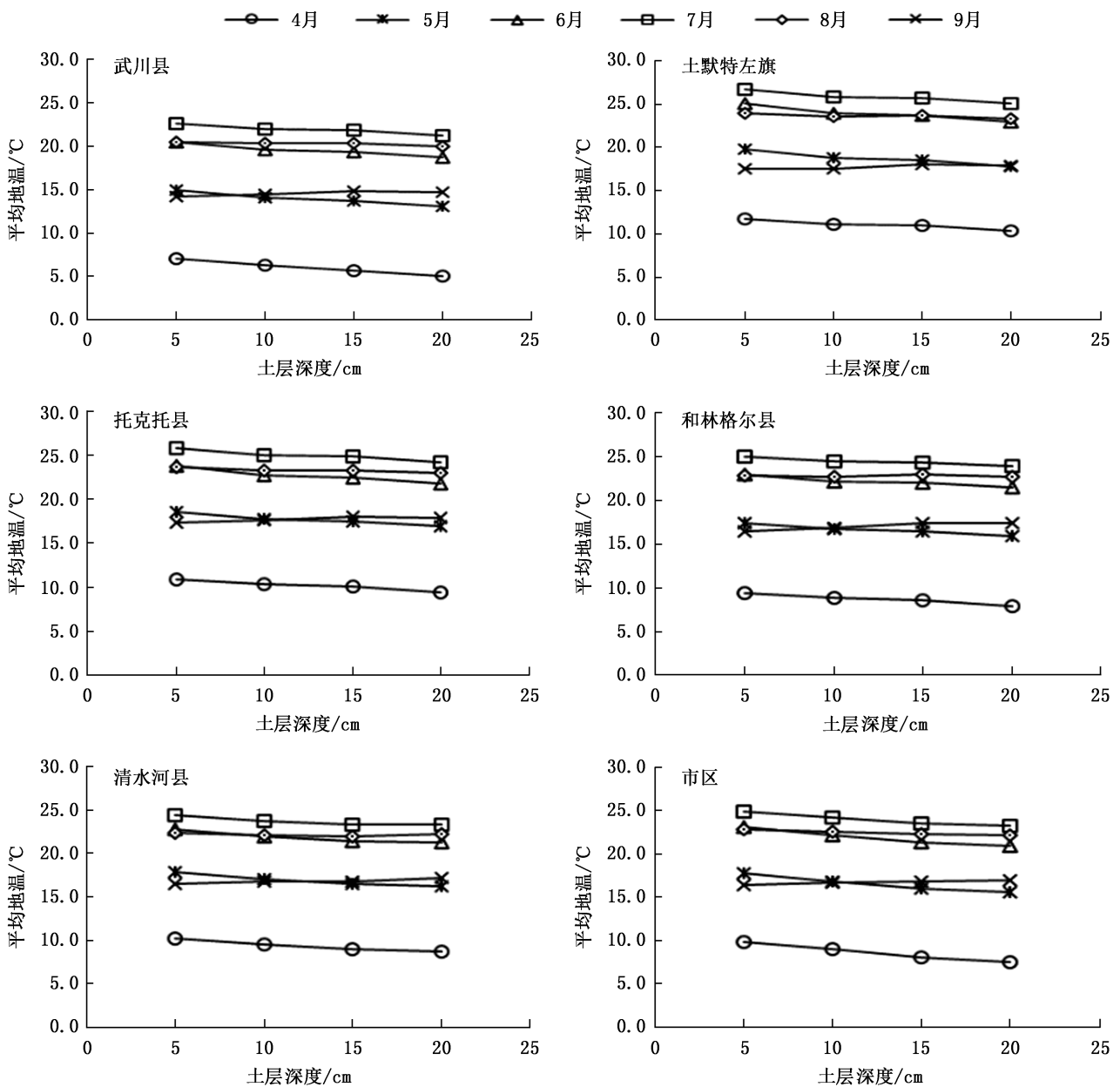


图 3 呼和浩特地区各观测站浅层地温垂直变化

Fig.3 Vertical changes of shallow soil temperature at observation stations in Hohhot area

表 1 呼和浩特地区各旗县浅层地温气候倾向率

Tab.1 Climate tendency rate of shallow soil temperature of each banner and county in Hohhot area  $^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$

土层深度/cm	武川县	土默特左旗	托克托县	和林格尔县	清水河县	呼和浩特市	全市平均
5	0.360	0.386	0.174	0.352	0.282	0.543	0.350
10	0.328	0.360	0.218	0.443	0.229	0.501	0.346
15	0.302	0.497	0.222	0.453	0.132	0.515	0.354
20	0.286	0.450	0.195	0.458	0.344	0.666	0.040

注:表中各值均达到 95% 信度水平(下同)。

由图 3 可知,呼和浩特市区、武川县、土默特左旗、托克托县、和林格尔县、清水河县生长季浅层土壤平均温度随深度加深呈下降趋势,趋势率分别为  $0.058^{\circ}\text{C}/\text{cm}$ 、 $0.063^{\circ}\text{C}/\text{cm}$ 、 $0.058^{\circ}\text{C}/\text{cm}$ 、 $0.071^{\circ}\text{C}/\text{cm}$ 、 $0.042^{\circ}\text{C}/\text{cm}$ 、 $0.045^{\circ}\text{C}/\text{cm}$ 、 $0.056^{\circ}\text{C}/\text{cm}$ 。呼和浩特地区生长季地温随深度的增加而降低,主要是由于生长季土壤作为热汇,热量从表层传递到深层,地温随土层深度的增加依次降低。

### 2.2 浅层地温与气温的关系

气温的变化最先引起地表温度的变化,实际上地表温度的变化是气候变化对土壤热状况的具体体

现。对呼和浩特地区同期气温变化的研究发现,6个站点的气温也呈显著上升的趋势,与地温的变化稍有差距,土默特左旗增温幅度最大,清水河县增温幅度最小(表 2)。

表 2 呼和浩特地区各旗县生长季气温倾向率

Tab. 2 Temperature tendency rate of each banner and county in Hohhot area during the growing season  $^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$

月份	武川县	土默特左旗	托克托县	和林格尔县	清水河县	呼和浩特市
4	0.465	0.604	0.514	0.426	0.313	0.459
5	0.246	0.358	0.257	0.230	0.128	0.227
6	0.292	0.350	0.228	0.256	0.148	0.269
7	0.344	0.326	0.257	0.289	0.168	0.303
8	0.262	0.236	0.192	0.235	0.044	0.289
9	0.400	0.392	0.298	0.388	0.159	0.422

由表 1、表 2 可知,呼和浩特地区 6 个站点气温的变化幅度明显高于地温的变化幅度。

为更清楚地反映气温、降雨量与土壤浅层地温的关系,对生长季气温、降雨量与土壤浅层地温进行回归分析(表 3)。

研究结果显示,气温与土壤浅层地温有较好的相关性,气温对土壤浅层地温变化的解释贡献率为 78%~85.91%,且均达到极显著( $P < 0.001$ );降雨量与土壤浅层地温有一定相关性,降雨量对土壤浅层地温变化的解释贡献率为 3.72%~11.54%。通过多元回归分析进一步揭示气温和降雨量对土壤浅层地温的贡献,以土壤浅层地温( $T_5$ 、 $T_{10}$ 、 $T_{15}$ 、 $T_{20}$ )为因变量,气温( $T_m$ )和降雨量( $W$ )为自变量做多元回归分析方程,通过偏回归系数显示自变量对因变量的贡献大小。从表 4 的 4 个方程可以看出气温与土壤浅层地温的关系比降雨量更加密切,表示气温比降雨量更能直接影响土壤浅层地温的变化。

表 3 气温、降雨量分别与土壤浅层地温的回归方程

Tab. 3 Regression equations of air temperature and shallow soil temperature and regression equations of rainfall and shallow soil temperature

土壤深度/cm	降雨量		气温	
	回归方程	$R^2$	回归方程	$R^2$
5	$T_5 = 20.2396 - 0.0197W$	0.1154	$T_5 = 1.3412 + 1.049T_m$	0.8510
10	$T_{10} = 19.4361 - 0.0152W$	0.0686	$T_{10} = 1.589 + 1.0023T_m$	0.7800
15	$T_{15} = 19.03 - 0.0118W$	0.0405	$T_{15} = 0.4892 + 1.0545T_m$	0.8444
20	$T_{20} = 18.6584 - 0.0116W$	0.0372	$T_{20} = -0.5409 + 1.0939T_m$	0.8591

注: $T_m$  表示气温; $T_5 \sim T_{20}$  分别表示各土层深度的温度; $W$  表示降雨量(下同)。

表 4 气温、降雨量与土壤浅层地温的回归方程

Tab. 4 Regression equation of air temperature, rainfall and shallow soil temperature

土壤深度/cm	回归方程	$R^2$
5	$T_5 = -22.69 + 3.8286T_m + 0.0403W - 0.0018T_mW - 0.0799T_m^2 - 0.0002W^2$	0.8927
10	$T_{10} = -22.0101 + 3.6913T_m + 0.0443W - 0.001T_mW - 0.0785T_m^2 - 0.0003W^2$	0.8062
15	$T_{15} = -5.5616 + 1.5315T_m + 0.0817W - 0.0023T_mW - 0.0108T_m^2 - 0.0004W^2$	0.8629
20	$T_{20} = -19.6503 + 3.0946T_m + 0.0851W - 0.0025T_mW - 0.0551T_m^2 - 0.0004W^2$	0.8770

### 3 讨论与结论

#### 3.1 讨论

地温是影响植物生长的主要因素之一,在气候变化背景下关注地温的变化趋势,研究地温与气温变化是否一致,为进一步研究各因素对作物生长的影响机理及合理制定农业管理措施提供了理论支

撑。当前,学者们对各地不同时期的气温和地温变化趋势也进行了研究分析,但对气温和各层地温在变化中的关系不够关注,缺乏二者间的对比分析。

研究发现,近 60 年来,呼和浩特市地温变化与气温变化密切关系,其主要受地表热量控制,由于气温对浅层地温的影响是连续的,导致土壤浅层温度

变化与气温变化规律相一致,这与刘引鸽<sup>[16]</sup>、梁媛<sup>[13]</sup>等的研究结果相似。

一般来说,地温的变化主要是受气温的影响,而土壤深度越深,其受气温的影响越小。多数研究发现,地温变化幅度随深度呈指数衰减,即随着深度的增加,地表温度周期性变化对地温的影响越小,本研究结果也得出呼和浩特市生长季浅层土壤平均温度随深度加深呈下降趋势,与此结论呈现出高度一致性。降雨量与土壤浅层地温变化有一定相关性,但降雨量对土壤浅层地温变化的解释贡献率小于气温。因此,气温上升是影响呼和浩特地区地温上升的主要原因。

### 3.2 结论

1)呼和浩特地区生长季浅层土壤平均温度呈上升趋势,4月上升幅度最大;各旗县生长季 5 cm、10 cm、15 cm、20 cm 土层的升温变化较为一致,除武川县、和林格尔县外,其余地区均是 20 cm 土层的升温趋势最大;生长季各层土壤平均温度呈逐年代波动上升趋势,期间出现冷暖交替的阶段特征。

2)呼和浩特地区生长季浅层土壤平均温度垂直变化特征为平均地温随土层深度增加呈下降趋势。

3)回归分析显示,呼和浩特地区浅层地温与气温呈正相关关系,气温对浅层地温变化的解释贡献率为 78%~85.91%,且达到极显著水平( $P < 0.001$ );浅层地温与降雨量也呈正相关关系,降雨量对浅层地温变化的解释贡献率为 3.72%~11.54%。多元回归分析显示,气温与土壤浅层地温的关系比降雨量更加密切,更能直接影响土壤浅层地温的变化。

### 参考文献:

- [1] 隋景跃,张国林. 朝阳地区霜期农业气候资源特征分析[J]. 山西农业科学,2012,40(7):747-750.  
[2] 陆晓波,徐海明,孙丞虎,等. 中国近 50 a 地温的变化

特征[J]. 南京气象学院学报,2006,29(5):706-712.

- [3] 周晋红,张忠效. 近 45 a 山西冬季 0 cm 地温时空分布及气候分区[J]. 山西农业科学,2011,39(9):997-1000.  
[4] 李焕春,严昌荣,赵沛义,等. 不同施肥对阴山北麓旱作农田土壤呼吸的影响[J]. 华北农学报,2012,27(5):224-229.  
[5] 杨军,吴建华,王补生,等. 日光温室蔬菜栽培中的地温调控技术研究[J]. 内蒙古农业科技,2012(3):99-100.  
[6] 程建峰,潘晓云,刘宜柏. 土壤条件对陆稻根系生长的影响[J]. 土壤学报,2002,39(4):590-598.  
[7] 杜军,胡军,杨勇,等. 近 45 年拉萨深层地温变化趋势分析[J]. 应用气象学报,2008,19(1):96-100.  
[8] 杜军,李春,廖健,等. 拉萨近 45 年浅层地温的变化特征[J]. 干旱区地理,2010,30(6):826-831.  
[9] 狄晓英,赵俊萍,史海平,等. 近 46 年临汾浅层地温气候特征分析[J]. 山西师范大学学报(自然科学版),2009,23(1):120-124.  
[10] 张慧智,史学正,于东升,等. 中国土壤温度的季节性变化及其区域分异研究[J]. 中国农学通报,2009,46(2):227-234.  
[11] 周绍毅,劳炜,苏志,等. 1961—2010 年广西浅层地温变化特征[J]. 西南农业学报,2012,25(4):1372-1375.  
[12] 隋景跃,张国林,戴海燕,等. 近 52 a 辽宁西部地区浅层地温变化特征分析[J]. 山西农业科学,2013,41(8):852-855.  
[13] 梁媛,刘滨辉. 大兴安岭北部地区夏季浅层地温的变化[J]. 东北林业大学学报,2014,42(5):83-85.  
[14] 王春玲,申双和,王润元,等. 中原地区地温对冬小麦发育期生长量和产量的影响[J]. 干旱气象,2012,30(1):66-70.  
[15] 费晓玲,丁春兰. 甘肃黄土高原地温与冬小麦发育期的关系分析[J]. 干旱气象,2009,27(2):148-151.  
[16] 刘引鸽,周欢欢,胡浩楠,等. 西安地区土壤浅层温度变化特征[J]. 干旱区资源与环境,2019,33(8):153-159.

责任编辑:杨焱焱



doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.02.008

## 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 靖

(贵州省林业调查规划院, 贵州 贵阳 550003)

**摘要:**以贵州省望谟县望谟河流域为研究区,通过 ArcGIS 平台成功提取包括海拔高程、地形起伏度、地表切割深度、地表粗糙度在内的 4 个宏观地形因子,对地质灾害点在各地形因子上的分布状况进行分析。结果表明,在宏观地形因子上,望谟河流域地质灾害主要集中在海拔 1 245~1 345 m 区域;灾害主要集中在地形起伏度 70 m 以上地区,在  $\geq 200\sim 500$  m 区间较为集中;在地表切割深度为  $\geq 75\sim 150$  m 区域内分布最多,地质灾害规模在地表切割深度 150~200 m 区域最大;在地面粗糙度  $\geq 1\sim 1.02$  和  $\geq 1.2\sim 1.4$  区间内发生地质灾害可能性较大。

**关键词:**地质灾害;地貌特征;地形因子;ArcGIS;望谟河流域

中图分类号:P694;P931;P208 文献标识码:A 文章编号:1671-3168(2023)02-0052-05

引文格式:高靖. 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[J]. 林业调查规划, 2023, 48(2):52-56. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.02.008

GAO Qing. Geological Hazards and Geomorphic Characteristics of Wangmo River Basin Based on ArcGIS Macro Terrain Factors[J]. Forest Inventory and Planning, 2023, 48(2):57-60. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.02.008

### Geological Hazards and Geomorphic Characteristics of Wangmo River Basin Based on ArcGIS Macro Terrain Factors

GAO Qing

(Guizhou Institute of Forest Inventory and Planning, Guiyang 550003, China)

**Abstract:** Taking the Wangmo River basin in Wangmo County, Guizhou Province as the research area, four macro terrain factors, including elevation, terrain undulation, surface cutting depth, and surface roughness, were successfully extracted using the ArcGIS platform. The distribution of geological hazard points on each terrain factor was analyzed. The results showed that geological hazard points in the Wangmo River Basin were mainly distributed at an altitude of  $\geq 1\ 245\sim 1\ 345$  m, concentrated in areas with terrain undulation of more than 70 m, especially in the range of  $\geq 200\sim 500$  m, and also concentrated in the range of surface cutting depth of  $\geq 75\sim 150$  m, with the largest scale in surface cutting depth of 150~200 m, and geological hazards were more likely to occur in the range of ground roughness  $\geq 1\sim 1.02$  and  $\geq 1.2\sim 1.4$ .

**Key words:** geological hazards; geomorphologic feature; terrain factors; ArcGIS; Wangmo River basin

收稿日期:2021-08-05.

第一作者:高靖(1989-),女,贵州金沙人,工程师.从事林业调查规划工作. Email:1903398820@qq.com

地质灾害是在自然或人为因素作用下形成的,对人类生命财产、环境造成破坏和损失的地质作用(现象),如崩塌、滑坡、泥石流、地裂缝、地面沉降、地面塌陷等,是地球演化过程中的必然现象,其发生会给人们带来巨大的破坏力和影响力<sup>[1]</sup>。国内外很多学者一直在探索发生灾害的规律,试图找到某种途径来预防或评估地质灾害,防治地质灾害,减少人类社会因地质灾害带来的严重损失。当前,人们对于地质灾害的研究主要集中在危险性评价、风险分析、预警预报模型等方面,而对于地貌特征与地质灾害分布的关系研究相对较少<sup>[2-4]</sup>。随着 ArcGIS 技术的不断发展,其在地质灾害区划研究方面得到广泛应用,研究者以 ArcGIS 软件为技术平台,通过运用统计分析法、层次分析法、模糊评判法、主成分分析法、因子叠加法、信息量法和神经网络法等数学方法,对地质灾害进行的风险评价、危险性和易损性系统研究,逐步成为本领域研究的发展方向之一<sup>[5-6]</sup>。本文以 ArcGIS 为平台,对望谟河流域地貌特征与地质灾害分布情况进行分析,得到研究区内地貌因子与地质灾害的分布关系。旨在为当地地质灾害的防治、评价等工作提供重要科学依据。

## 1 研究区概况

研究区贵州省望谟县望谟河流域位于苗岭南部,地处云贵高原向广西丘陵过度的斜坡地带,总面积 194.31 km<sup>2</sup>,是贵州省山洪灾害一级重点防治区。流域由于地貌特殊加之长期的侵蚀作用,地形支离破碎。北部地区群山叠起,地势居高,沟壑纵横,孤峰屹立,相对高差明显。最高点位于打易北部的跑马坪,海拔 1 718 m,最低点为红水河畔昂武河口,海拔 375 m(龙滩水电站淹没后),海拔相对高差 1 343 m。南部和东南部地区地势比较平阔,有少部分的丘陵起伏,山丘和坝地相间,在山脉的平缓处形成了山间坝地。

研究区内山洪泥石流灾害具有季节性强、突发性强、损失严重、恢复难度大等特点<sup>[2]</sup>。2006—2011 年 5 年间发生过 3 次大型洪水,暴雨洪灾和泥石流、滑坡等地质灾害频发,严重威胁到当地人民生命财产安全,影响当地经济发展,给当地居民的生产生活带来极大不便。

## 2 材料与方法

以望谟河流域 1:10 000 地形图为基础数据进

行矢量化,以 ArcGIS 10.1 为分析平台制作 DEM,提取高程海拔地形起伏度、地表切割深度、地表粗糙度等宏观地形因子。采用望谟县政府在“20110606”特大洪涝泥石流灾害后对当地地质灾害发生情况的调查数据,制作地质灾害点图层,将提取的地形因子分级图分别与地质灾害点图进行叠加,分析各地形因子与地质灾害的相关性,确定地质灾害点在各地形因子上的分布状况。

## 3 结果与分析

### 3.1 海拔与地质灾害分布关系分析

对研究区海拔专题图分级分类处理,按地表海拔高程与地质灾害分布关系统计,可得地质灾害点与海拔高程分级关系图(图 1),可分析地质灾害点与地质灾害规模在不同海拔高程上的分布状况。

由图 1 可知,望谟河流域地质灾害主要分布在海拔高程 745~1 445 m 区域内,其中海拔 745~845 m 区域内有地质灾害点数 1 个,占总地质灾害点的 2.9%,地质灾害规模为 7.5 万 m<sup>3</sup>,占地质灾害总规模的 2.8%;海拔 845~945 m 区域内有地质灾害点 2 个,占总地质灾害点的 5.7%,地质灾害规模为 6.7 万 m<sup>3</sup>,占地质灾害总规模的 2.5%;海拔 945~1 045 m 区域内有地质灾害点 1 个,占总地质灾害点的 2.9%,地质灾害规模为 2.7 万 m<sup>3</sup>,占地质灾害总规模的 10%;海拔 1 045~1 145 m 区域内有地质灾害点 5 个,占总地质灾害点的 14.3%,地质灾害规模为 3.13 万 m<sup>3</sup>,占地质灾害总规模的 11.6%;海拔 1 145~1 245 m 区域内有地质灾害点 6 个,占总地质灾害点的 17%,地质灾害规模为 32.98 万 m<sup>3</sup>,占地质灾害总规模的 12.2%;海拔 1 245~1 345 m 区域内有地质灾害点 15 个,占总地质灾害点的 42.9%,地质灾害规模为 155.81 万 m<sup>3</sup>,占地质灾害总规模的 57.6%;海拔 1 345~1 445 m 区域内有地质灾害点 5 个,占总地质灾害点的 14.3%,地质灾害规模为 9.05 万 m<sup>3</sup>,占地质灾害总规模的 3.3%。望谟河流域地质灾害分布的海拔主要集中在 1 245~1 345 m 区间,是灾害区间范围内灾害个数最多、规模最大的海拔高程值。而在海拔小于 745 m 和大于 1 445 m 高程范围区域无地质灾害发生。

### 3.2 地形起伏度与地质灾害分布关系分析

地形起伏度通常反映地表起伏变化,常用某一确定面积内最高点和最低点海拔之差来衡量,与地质灾害的发生存在很大的相关性<sup>[7-8]</sup>。经对研究区

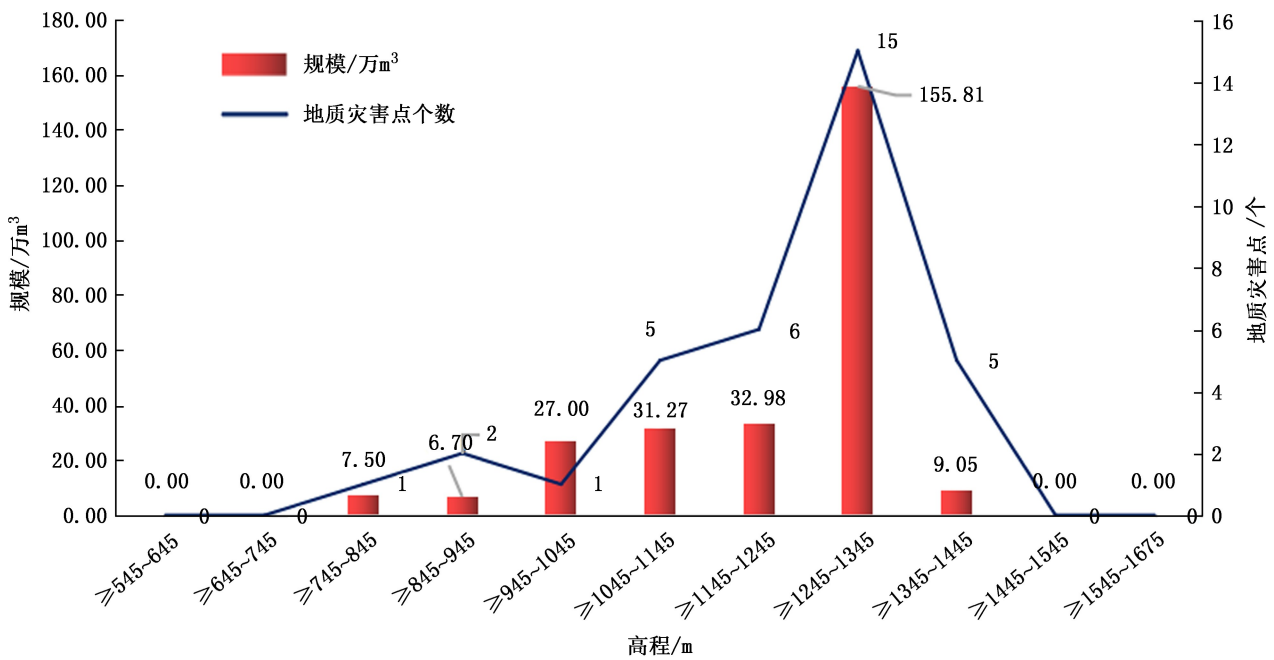


图 1 地质灾害点与海拔高程分级关系

Fig. 1 Geological hazard points and elevation grading

地形起伏度专题图分级分类处理,按地形起伏度与地质灾害分布关系统计,结果见地质灾害点与地形起伏度分级关系图(图 2),可依此分析地质灾害点与地质灾害规模在不同地形起伏度分布状况。

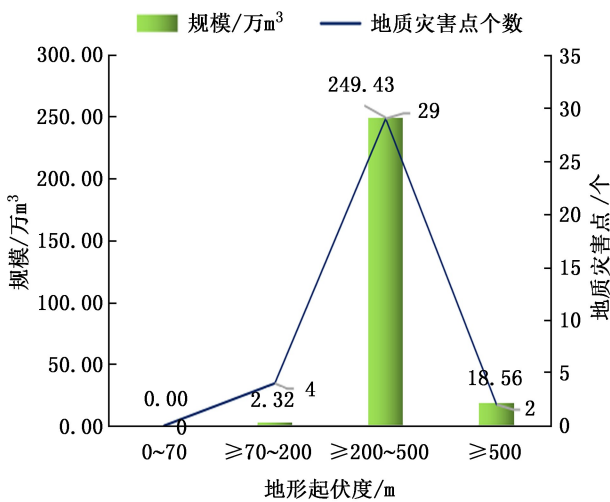


图 2 地质灾害点与地形起伏度分级关系

Fig. 2 Geological hazard points and terrain undulation grading

由图 2 可知,望谟河流域内地形起伏度主要分布在 0~500 m,发生地质灾害均在地形起伏度为 70 m 以上。地形起伏度在  $\ge 70-200$  m 范围内有地质

灾害点 4 个,占总地质灾害点的 11.4%,发生地质灾害规模 2.32 万 m<sup>3</sup>,占地质灾害总规模的 0.9%;地形起伏度在  $\ge 200-500$  m 范围内有地质灾害点 29 个,占地质灾害点的 82.9%,发生地质灾害规模为 249.43 万 m<sup>3</sup>,占地质灾害总规模的 92.2%;地形起伏度大于 500 m 范围内有地质灾害点 2 个,占总地质灾害点的 5.7%,发生地质灾害规模为 18.56 万 m<sup>3</sup>,占地质灾害总规模的 6.9%。分析结果表明,地形起伏度在  $\ge 200-500$  m 范围内的地质灾害点数量与地质灾害规模远大于地形起伏度在  $\ge 70-200$  m 范围内的,地形起伏度大于 500 m 范围的规模主要集中在  $\ge 200-500$  m 范围内。

### 3.3 地面切割度与地质灾害分布关系分析

对流域地面切割度进行提取、分级,将地面切割度与地质灾害分布关系进行叠加统计分析,得到地质灾害点与地面切割度分级关系图(图 3),可依此分析地质灾害点与地质灾害规模在不同地面切割度上的分布状况。

由图 3 可知,望谟河流域地质灾害主要发生在 30 m 以上的地表切割深度。地表切割深度为  $\ge 30-75$  m 范围内有地质灾害点 6 个,占总地质灾害点的 17.1%,发生地质灾害规模为 2.74 万 m<sup>3</sup>,占地质灾害总规模的 1%;地表切割深度为  $\ge 75-150$  m 范围内有地质灾害点 15 个,占总地质灾害点的 42.9%,



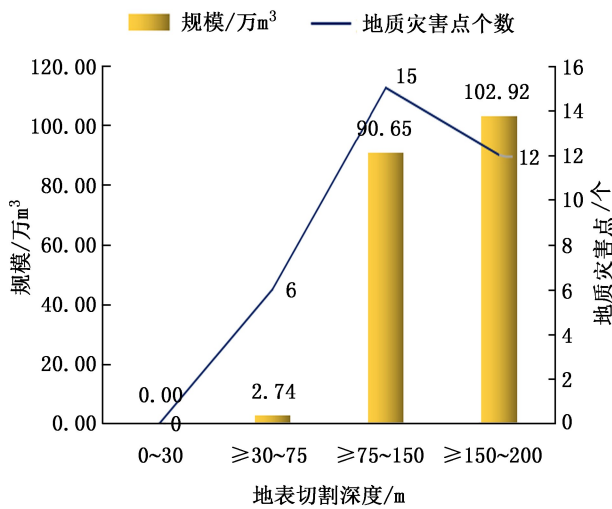


图 3 地质灾害点与地面切割度分级关系

Fig. 3 Geological hazard points and surface cutting depth grading

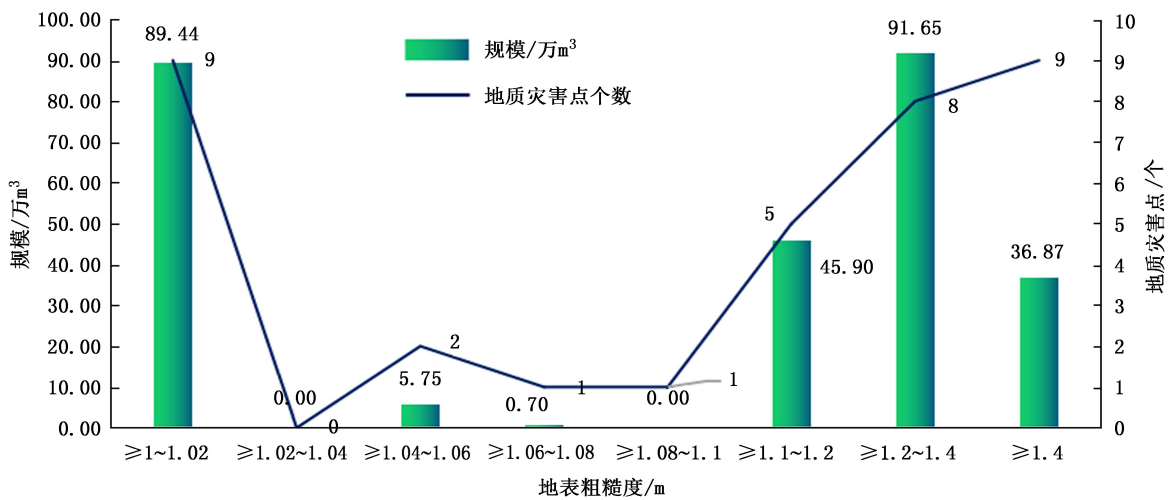


图 4 地质灾害点与地表粗糙度分级关系

Fig. 4 Geological hazard points and surface roughness grading

由图 4 可知,地表粗糙度在 1 以上几乎均分布有地质灾害点。地表粗糙度在  $\geq 1 \sim 1.02$  范围内有地质灾害点 9 个, 占总地质灾害点的 25.7%, 发生地质灾害规模为  $89.44 \text{ 万 m}^3$ , 占地质灾害总规模的 33.1%; 地表粗糙度在  $\geq 1.04 \sim 1.06$  范围内有地质灾害点 2 个, 占总地质灾害点的 5.7%, 发生地质灾害规模为  $5.75 \text{ 万 m}^3$ , 占地质灾害总规模的 2.1%; 地表粗糙度在  $\geq 1.06 \sim 1.08$  范围内有地质灾害点 1 个, 占总地质灾害点的 2.9%, 发生地质灾害规模为  $0.7 \text{ 万 m}^3$ , 占地质灾害总规模的 0.3%; 地表粗糙度在  $\geq 1.08 \sim 1.1$  范围内有地质灾害点 1 个, 占总地质灾害点的 2.9%, 发生地质灾害规模为  $0.0042 \text{ 万 m}^3$ ,

发生地质灾害规模为  $90.65 \text{ 万 m}^3$ , 占地质灾害总规模的 33.5%; 地表切割深度为  $\geq 150 \sim 200 \text{ m}$  范围内有地质灾害点 12 个, 占总地质灾害点的 34.3%, 发生地质灾害规模为  $102.92 \text{ 万 m}^3$ , 占地质灾害总规模的 38.1%。地质灾害点在地表切割深度  $\geq 75 \sim 150 \text{ m}$  范围分布最多, 但地质灾害规模在地表切割深度  $150 \sim 200 \text{ m}$  范围内最大。

### 3.4 地表粗糙度与地质灾害分布关系分析

地表粗糙度可以反映宏观区域内地表的破碎程度, 是反映地表起伏变化与侵蚀程度的指标之一。对流域地表粗糙度进行提取分级, 对流域地表粗糙度与地质灾害分布关系进行统计分析, 可得到地质灾害点与地表粗糙度分级图(图 4), 可依此分析地质灾害点与地质灾害规模在不同地表粗糙度上的分布状况。

占地质灾害总规模的 0.1%; 地表粗糙度在  $\geq 1.1 \sim 1.2$  范围内有地质灾害点 5 个, 占总地质灾害点的 14.3%, 发生地质灾害规模为  $45.9 \text{ 万 m}^3$ , 占地质灾害总规模的 16.9%; 地表粗糙度在  $\geq 1.2 \sim 1.4$  范围内有地质灾害点 8 个, 占总地质灾害点的 22.8%, 发生地质灾害规模为  $91.65 \text{ 万 m}^3$ , 占地质灾害总规模的 33.9%; 地表粗糙度  $\geq 1.4$  范围有地质灾害点 9 个, 占总地质灾害点的 25.7%, 发生地质灾害规模为  $36.87 \text{ 万 m}^3$ , 占地质灾害总规模的 13.6%; 在地表粗糙度为  $\geq 1 \sim 1.02$  和  $\geq 1.2 \sim 1.4$  两个区间发生地质灾害规模最大, 发生地质灾害数量相对较多, 而当地表粗糙度  $\geq 1.4$  时地质灾害点数量虽然最多, 但

规模相对较小。分析结果表明,研究区地质灾害频发的地表粗糙度为 $\geq 1 \sim 1.02$ 和 $\geq 1.2 \sim 1.4$ 两个区间。

#### 4 结论与讨论

以地貌特征与地质灾害分布关系为研究对象,在深入了解贵州省望谟县望谟河流域地质灾害分布特点的基础上,通过对研究区宏观地形因子和2006—2011年地质灾害点的分布情况进行分析,得出以下结论:

1)在 ArcGIS 平台的空间分析功能支持下,成功制作了望谟河流域地质灾害点分布图,并提取海拔高程、地形起伏度、地表切割深度、地表粗糙度4个宏观地形因子。

2)通过 ArcGIS 平台,成功将地质灾害点分布图与各地形因子图进行叠加,分析地质灾害点在各地形因子上的分布状况。

3)地质灾害点在宏观地形因子上的分布情况:望谟河流域地质灾害主要集中分布于海拔 $\geq 1\ 245 \sim 1\ 345\text{ m}$ 区域;灾害主要集中在地形起伏度70 m以上区域,在 $\geq 200 \sim 500\text{ m}$ 区间较为集中;在地表切割深度 $\geq 75 \sim 150\text{ m}$ 范围内分布最多,地质灾害规模在地表切割深度 $\geq 150 \sim 200\text{ m}$ 范围内最大;在地面粗糙度 $\geq 1 \sim 1.02$ 和 $\geq 1.2 \sim 1.4$ 区间内发生地质灾害

可能性较大。

此次研究中需要指出的是,滑坡数据属于历史调查数据,鉴于目前区域滑坡灾害调查的局限性,有很多地区属于有灾无害,可能有许多滑坡点未记录,可能会影响统计结果精度。

#### 参考文献:

- [1] 方琼,段中满. 湖南省地形地貌与地质灾害分布关系分析[J]. 中国地质灾害与防治学报,2012,23(2):83-88.
  - [2] 马煜,余斌,元星,等. 贵州望谟“20110606”泥石流灾害成因及启动类型[J]. 现代地质,2012,26(4):817-822.
  - [3] 王哲,易发成. 我国地质灾害区划及其研究现状[J]. 中国矿业,2006,15(10):47-50.
  - [4] 惠旭辉. 基于 GIS 的延长县地质灾害数据库建立及易发区评价研究[D]. 西安:长安大学,2008.
  - [5] 朱良峰,吴信才,刘修国. 基于 GIS 的铁路地质灾害信息管理与预警预报系统[J]. 山地学报,2004,22(2):230-235.
  - [6] 祁元,刘勇,杨正华,等. 基于 GIS 的兰州滑坡与泥石流灾害危险性分析[J]. 冰川冻土,2012,34(1):96-104.
  - [7] 涂汉明,刘振东. 中国地势起伏度研究[J]. 测绘学报,1991,20(4):311-319.
  - [8] 谭万沛. 中国泥石流分布特点与活动规律研究[J]. 铁道工程学报,1986(4):96-100.
- 责任编辑:许易琦
- 
- (上接第 45 页)
- [19] 段文标,王丽霞,陈立新,等. 红松阔叶混交林林隙大小及光照对草本植物的影响[J]. 应用生态学报,2013,24(3):614-620.
  - [20] 张洋洋,周清慧,许骄阳,等. 林分密度对马尾松林下植物与土壤种子库多样性的影响[J]. 应用生态学报,2021,32(7):2355-2362.
  - [21] 覃志杰,董威,刘泰瑞,等. 油松天然次生林林下植物多样性对林分密度的响应研究[J]. 山西农业大学学报(自然科学版),2019,39(1):61-67.
  - [22] 范玉龙,胡楠,丁圣彦,等. 伏牛山自然保护区森林生态系统草本植物功能群的分类[J]. 生态学报,2008(7):3092-3101.
  - [23] 杨爱芳,韩有志,杨秀清,等. 不同密度云杉林下草本植物多样性[J]. 浙江农林大学学报,2014,31(5):676-682.
  - [24] 雷相东,唐守正,李冬兰,等. 影响天然林下层植物物种多样性的林分因子的研究[J]. 生态学杂志,2003(3):18-22.
  - [25] 曹云生,杨新兵,张伟,等. 冀北山区森林群落草本多样性及其与地形关系研究[J]. 生态环境学报,2010,19(12):2840-2844.
  - [26] 夏富才,潘春芳,赵秀海,等. 长白山原始阔叶红松林林下草本植物多样性格局及其影响因素[J]. 西北植物学报,2012,32(2):370-376.
  - [27] 赵燕波. 不同郁闭度马尾松人工林林下植物多样性及5种主要林下植物化学计量学特征[D]. 成都:四川农业大学,2017.
  - [28] 李颖,余治家,余萍,等. 林分密度对人工华北落叶松林下植物多样性影响——以六盘山叠叠沟小流域为例[J]. 甘肃农业大学学报,2021,56(2):114-120.
  - [29] 鲁绍伟,刘凤芹,余新晓,等. 北京山区不同密度油松结构功能研究[J]. 水土保持研究,2008(1):117-121.
  - [30] 侯磊,张硕新,陈云明,等. 林分密度对人工油松林下植物的影响[J]. 西北林学院学报,2013,28(3):46-52.
- 责任编辑:陈旭

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.02.009

## 大理市园林应用榕属植物的低温适应性研究

杨忠文, 杨锐铄, 张玉信, 李雄军, 马 立  
(大理农林职业技术学院, 云南 大理 671003)

**摘要:**为充分认识大理市低温对榕属植物的危害程度,于2021年2月对市内20个榕树样方进行调查分析,将每个样方的低温受害程度换算为寒害指数并进行统计分析。结果表明:大理市北端、洱海西岸、郊区的榕树分别比南端、洱海东岸、城区的榕树更易遭受低温寒害,而树种差异对受害程度没有显著影响。提出在大理榕属植物受低温危害较轻,结合修剪养护等措施大多能恢复,较适于大理市园林绿化应用,建议在低纬度区、城区配置应用。

**关键词:**榕属植物;寒害指数;园林应用;大理市

中图分类号:S731;S792.99;TU986.34;P423.3 文献标识码:A 文章编号:1671-3168(2023)02-0057-04

引文格式:杨忠文,杨锐铄,张玉信,等.大理市园林应用榕属植物的低温适应性研究[J].林业调查规划,2023,48(2):57-60. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.02.009

YANG Zhongwen, YANG Ruixian, ZHANG Yuxin, et al. Low Temperature Adaptability of *Ficus* Plants in Landscape Application in Dali City[J]. Forest Inventory and Planning, 2023, 48(2): 57-60. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.02.009

### Low Temperature Adaptability of *Ficus* Plants in Landscape Application in Dali City

YANG Zhongwen, YANG Ruixian, ZHANG Yuxin, LI Xiongjun, MA Li

(Dali Vocational and Technical College of Agriculture and Forestry, Dali, Yunnan 671003, China)

**Abstract:** In order to fully understand the injury degree of low temperature to *Ficus* in Dali, this study investigated and analyzed 20 *Ficus* quadrats in February 2021. The low temperature injury degree of each quadrat was transformed into cold injury index to perform statistical analysis. The results showed that *Ficus* plants were more vulnerable to low temperature cold injury in the north of Dali than those in the south, more vulnerable in the west of Erhai than those in the east, and more vulnerable in the suburbs than those in the urban area, and the difference of tree species showed non-prominent association with cold injury severity. This paper indicated that *Ficus* plants in Dali were less affected by low temperatures, and most could be restored through measures such as pruning and maintenance, which were more suitable for landscape greening applications in Dali City and were planted in low latitude areas and urban areas.

**Key words:** *Ficus* plants; cold injury index; landscape application; Dali City

榕属(*Ficus* L.)植物大多分布在热带以及亚热带地区,树冠巨大,有“独木成林”的美誉,一些年龄

较大的榕树甚至成为当地地标性景点。榕树具有极好的生态保护效果和极高的观赏价值,因此在城市

收稿日期:2021-11-09.

基金项目:大理农林职业技术学院科研启动项目(DNLKY201904).

第一作者:杨忠文(1970-),男,云南大理人,硕士,副教授.研究方向为森林资源保护和利用. Email: yzw0111@126.com

责任作者:马立(1987-),男,云南漾濞人,硕士,讲师.研究方向为分子生物学和生态学. Email: 120236541@qq.com



园林的绿化建设中也大量采用,且常能与公园的建设和景观相得益彰,实现实用性与美观性的双重结合。榕属植物在大理市有自然的分布,园林绿化上应用的种类、形式也较多,是大理传统种植的园林绿化树种,一般在自然村落均有种植。但大理冬季气温下降常导致榕树发生寒害,如 2020 年 12 月和 2021 年 1 月出现最低 2℃ 的低温天气,致使大量的榕树遭受寒害影响。

### 1 大理地区自然概况

大理位于云南西部,地理位置为东经 99°58'~100°27',北纬 25°25'~25°58',处于滇东高原和滇西峡谷的交接地带,地形地貌复杂,海拔高差悬殊,既有印巴次大陆热带干热气团调节冬季气温,又有洱海对气

温和空气湿度的自然调节,形成了四季温差小、干湿季分明、垂直差异显著的低纬高原季风气候,年均温 15.1℃,最冷月平均 8.7℃,最热月平均 20.1℃,极端最低温-4.2℃。年均无霜期 230 d,初霜期为 11 月中旬,终霜期为 3 月末。年均降雨量 1 078.9 mm,年均降雨日 136 d。坝区极少降雪,年均日照时数为 2 276.6 h。年均湿度为 66%<sup>[1]</sup>。榕属植物在大理种类多,分布广,区域内有榕属植物 36 种<sup>[2-3]</sup>,园林绿化上应用形式多样,常作为行道树、景观树、盆景树来种植。

### 2 调查地点与方法

#### 2.1 调查时间与地点

大理市于 2020 年 12 月和 2021 年 1 月遭受了严重的低温天气(图 1)。

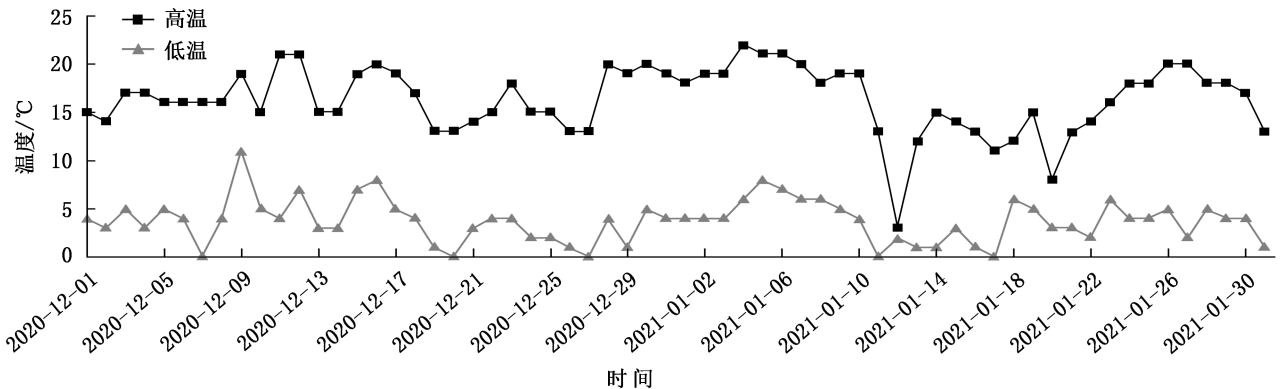


图 1 大理市 2020 年 12 月—2021 年 1 月温度变化

Fig. 1 Temperature changes in Dali City from December 2020 to January 2021

2021 年 2 月对大理 214 国道、洱海东环海公路、团山公园、洱海公园、下关城区主要街道、大理农林职业技术学院校园等地点的园林应用榕属植物低温受害情况进行实地调查。

#### 2.2 调查样方

调查时以每 100 株为一个样方(样线),根据榕属植物寒害分级标准目测寒害等级,记录榕树的种类、生境、受害程度以及具体表现。

#### 2.3 寒害分级与寒害指数

为了便于比较分析,在参考相关研究资料的基础上,依据调查植物总体受寒害状况的特点,制定寒害分级标准(表 1)。

用各个级别的受害株数换算出具体的寒害指数,计算公式为:

$$\text{寒害指数} = \frac{0a_0 + 1a_1 + 2a_2 + 3a_3 + 4a_4 + 5a_5}{5(a_0 + a_1 + a_2 + a_3 + a_4 + a_5)} \quad (1)$$

表 1 榕属植物寒害分级标准

Tab. 1 Classification standard for cold injury of *Ficus* plants

级别	植株受害情况
0	生长正常,全株无明显伤害
1	轻度受害,仅有部分嫩叶或老叶边缘受害
2	中度受害,嫩叶和顶芽均受害
3	严重受害,嫩叶、上部枝条及叶均受害
4	极严重受害,树冠几乎全部受冻,但主枝或茎干部分仍具有生命力,次年仍可恢复生长
5	地上部分基本死亡,无法恢复生长

式中:0、1、2、3、4、5 为寒害等级; $a_0$ 、 $a_1$ 、 $a_2$ 、 $a_3$ 、 $a_4$ 、 $a_5$  为各级寒害株数<sup>[4-5]</sup>。

#### 2.4 统计分析

采用非参数检验中 2 个独立样本的 Mann-Whitney U 检验。数据整理及作图采用 WPS 表格,数据分析采 SPSS Statistics 20。

### 3 结果与分析

#### 3.1 样方调查结果

在大理市范围内共调查 20 个样方(样线)1 948 株榕属植物,作为行道树、景观树、盆景树在园林绿化大量应用的有 20 种,主要树种为大青树(*Ficus hookeriana* Corner),其次为小叶榕(*Ficus concinna* Miq.)、高山榕(*Ficus altissima* Bl.)、黄葛树(*Ficus virens* Ait.)。1 948 株植物中受害株数为 889 株,受害率为 45.64%,寒害指数为 18.12%,其中样方 6(214 国道上关高速路口)受害率最高,达 93%,寒害指数达 48.20%,而样方 18(人民南路)、样方 19(榆华路)、样方 20(大理农林职业技术学院校园)均未出现受害植株。各样方调查结果见表 2。

表 2 2021 年大理榕属植物寒害情况调查结果

Tab. 2 Survey results of cold injury of *Ficus* plants in Dali in 2021

样方号	总株数 /株	受害株数 /株	受害率 /%	等级 /级	株数 /株	寒害指数 /%	地点
1	100	30	30.00	1	22	7.60	214 国道路东(银桥镇)
				2	8		
2	100	41	41.00	1	10	14.80	214 国道路东(湾桥镇)
				2	29		
				3	2		
3	100	60	60.00	1	6	25.80	214 国道路东(喜洲镇)
				2	39		
				3	15		
4	100	81	81.00	1	4	35.40	214 国道路东(蝴蝶泉)
				2	58		
				3	19		
5	100	72	72.00	1	4	35.80	214 国道路东(兆邑村)
				2	29		
				3	39		
6	100	93	93.00	1	7	48.20	214 国道(上关高速路口)
				2	24		
				3	62		
7	100	28	28.00	1	16	8.00	214 国道隔离带(下关—古城)
				2	12		
8	100	30	30.00	1	15	9.00	214 国道隔离带(绿桃村)
				2	15		
9	100	87	87.00	1	15	37.80	214 国道隔离带(湾桥镇)
				2	42		
				3	30		
10	100	87	87.00	1	16	38.60	214 国道隔离带(喜洲镇)
				2	36		
				3	35		
11	100	80	80.00	1	8	39.20	214 国道隔离带(兆邑村)
				2	28		
				3	44		

续表 2

样方号	总株数 /株	受害株数 /株	受害率 /%	等级 /级	株数 /株	寒害指数 /%	地点
12	100	38	38.00	1	23	10.60	滨海大道
				2	15		
13	100	42	42.00	1	26	11.60	洱海东(实房子)
				2	16		
14	100	36	36.00	1	25	9.40	洱海东(挖色镇)
				2	11		
15	100	42	42.00	1	30	10.80	洱海东(双廊镇)
				2	12		
16	100	7	7.00	1	7	1.40	鸡足山路
17	100	35	35.00	1	25	9.00	团山公园
				2	10		
18	100	0	0	-	-	0	人民南路
19	100	0	0	-	-	0	榆华路
20	48	0	0	-	-	0	大理农林职业技术学院校园
合计	1948	889	45.64	1	259	18.12	
				2	384		
				3	246		

#### 3.2 位置差异对榕属植物寒害的影响

南北对比,大理市最北端的样方 6(上关高速路口)寒害指数为 48.20%,植株受害级别也高于其他样方,最南端的样方 17(团山公园)寒害指数为 9.00%。大理市北端的样方 4、5、6、11 平均寒害指数为 39.65%,而南端的样方 7、12、16、17 平均寒害指数为 7.25%,北端寒害指数显著高于南端( $P < 0.05$ )(图 2)。南北温度差异主要由纬度和海拔的差异导致,从南至北气温有下降趋势,榕属植株的受害率和寒害指数呈上升趋势。

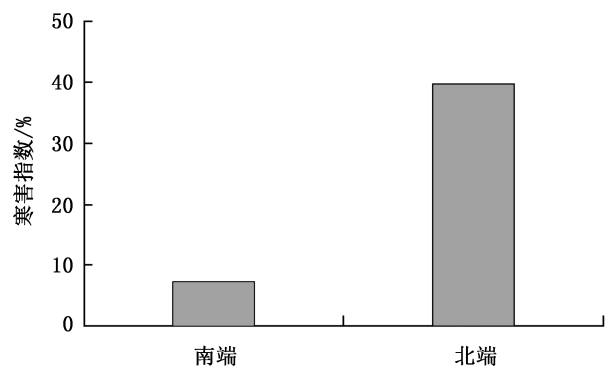


图 2 南北差异对榕树寒害的影响

Fig. 2 Impact of northern and southern differences on cold injury of *Ficus* plants

东西对比,洱海东岸的样方 12、13、14、15 平均寒害指数为 10.60%,而洱海西岸相近纬度的样方 4、9、10、11 平均寒害指数为 37.75%,西岸寒害指数显著高于东岸( $P < 0.05$ ) (图 3)。这主要是洱海对气温调节作用的体现,大理冬季一般以西南风为主,风经过洱海后升温,且有山的遮挡,因而洱海东岸的寒害指数要低于洱海西岸。

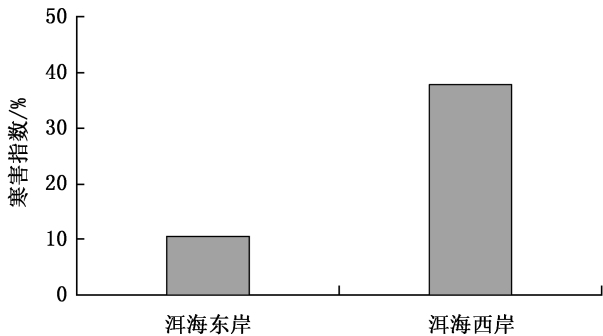


图 3 东西差异对榕树寒害的影响

Fig. 3 Impact of eastern and western differences on cold injury of *Ficus* plants

### 3.3 城郊差异对榕属植物寒害的影响

郊区的样方 6、8、9、10、11 平均寒害指数为 34.56%,城区的样方 16、17、18、19、20 平均寒害指数为 2.08%,郊区寒害指数显著高于城区( $P < 0.01$ ) (图 4),郊区寒害情况更严重。这可能是由于城区植株旁有建筑物遮挡,可以明显减少风速从而提高微环境的温度。

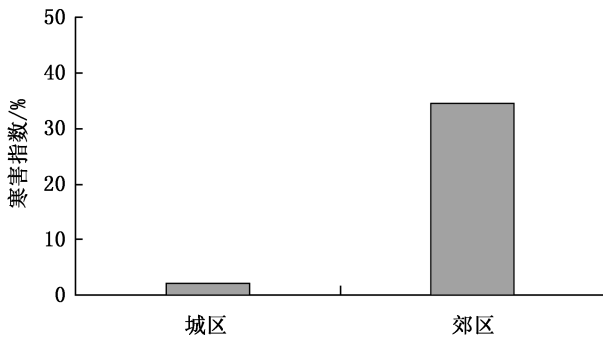


图 4 城郊差异对榕树寒害的影响

Fig. 4 Impact of urban and suburban differences on cold injury of *Ficus* plants

### 3.4 树种差异对寒害程度的影响

样方 12 调查树种为黄葛树,寒害指数为 10.60%,样方 13 和 17 调查树种为大青树,平均寒害指数为

10.30%,这 3 个样方均在大理市南端同一区域,这表明种植在同样的环境气候条件下,黄葛树和大青树在大理市受寒害程度无显著差异(图 5)。

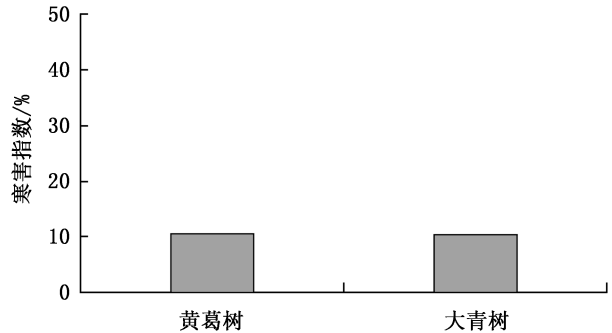


图 5 树种差异对榕树寒害的影响

Fig. 5 Impact of tree species differences on cold injury of *Ficus* plants

## 4 结论与讨论

研究表明,在大理冬春季节大青树等榕属植物会受到低温危害,但受害较轻,结合修剪养护等措施大多能恢复,可以说较适于大理市园林绿化应用。

大青树等榕属植物在大理受到的低温危害会受纬度的影响,纬度低的地区温度相对高,更适于榕属植物的生长,建议在纬度低的区域配置应用,如宾川、南涧、弥渡、巍山等地。

植株旁是否有遮挡物或防护物会对植株受害程度产生影响,有建筑物、村庄或其他遮挡物,榕树较少受到低温危害,建议可在城区配置应用,而在郊区、道路、裸露地则可考虑与其他植物混交配置,或在冬季采取给树培土、涂白、裹干、覆盖保护物等措施,增强榕树的抗寒性,减少低温对榕树的危害。

### 参考文献:

[1] 大理白族自治州地方志编纂委员会. 大理白族自治州志(卷一)[M]. 昆明:云南人民出版社,1998:112-140.  
 [2] 徐永春. 云南树木图志(下)[M]. 昆明:云南科技出版社,1991:443-474.  
 [3] 余潇,邓莉兰. 云南省榕属植物资源分布研究[J]. 湖北民族学院学报(自然科学版),2017,36(2):176-181.  
 [4] 张媛,李宗波. 2013 年昆明市榕属植物冻害及恢复研究[J]. 中国农学通报,2016,32(4):21-25.  
 [5] 朱艳. 2008 年宜昌城区榕树冻害调查[J]. 湖北农业科学,2010,49(6):1407-1410.

责任编辑:杨竣熔



doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.02.010

## 云南松近年来研究进展

太廷惠, 杨兴, 申腾朝, 王焘  
(镇雄县林业和草原局, 云南 镇雄 657200)

**摘要:** 云南松作为我国西南地区造林和用材的主要树种, 近年来由于受到粗放经营管理及不良遗传效应的影响, 林分的衰退问题已经日益严重。为此, 从遗传变异、苗木生长影响因素、种质资源等方面综述了云南松近年来的研究进展。针对其林分质量衰退问题, 建议采用分子生物、基因工程等生物技术, 结合生态学方法, 培育优良种苗, 改造低效林分等方法或措施, 以提高林分质量和整体效益。

**关键词:** 云南松; 林分质量; 研究进展; 遗传变异; 苗木生长; 种质资源; 低效林改造

中图分类号: S791.257; S718.4 文献标识码: A 文章编号: 1671-3168(2023)02-0061-04

引文格式: 太廷惠, 杨兴, 申腾朝, 等. 云南松近年来研究进展[J]. 林业调查规划, 2023, 48(2): 61-64.

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.02.010

TAI Tinghui, YANG Xing, SHEN Tengchao, et al. Research Progress of *Pinus yunnanensis* in Recent Years[J]. Forest Inventory and Planning, 2023, 48(2): 61-64. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.02.010

## Research Progress of *Pinus yunnanensis* in Recent Years

TAI Tinghui, YANG Xing, SHEN Tengchao, WANG Tao  
(Zhenxiong Bureau of Forestry and Grassland, Zhenxiong, Yunnan 657200, China)

**Abstract:** *Pinus yunnanensis* is the main tree species for afforestation and timber in southwest China. Due to the influence of extensive management and genetic effects, the decline of *Pinus yunnanensis* stand has become increasingly serious. Therefore, the research progress of *Pinus yunnanensis* in recent years was reviewed from the aspects of genetic variation, influencing factors of seedling growth and germplasm resources. In view of stand quality decline of *Pinus yunnanensis*, this paper suggested that molecular biology, genetic engineering and other biotechnology, combined with ecological methods should be used to cultivate excellent seedlings and transform inefficient stands, so as to provide theoretical and practical basis for improving stand quality and overall benefit of *Pinus yunnanensis*.

**Key words:** *Pinus yunnanensis*; stand quality; research progress; genetic variation; seedling growth; germplasm resources; inefficient forest transformation

云南松(*Pinus yunnanensis* Franch.)是松科常绿针叶乔木,生长较快、材质较好、用途广、耐干旱瘠薄、天然更新能力强,是中国西南广大区域植树造林

的主要树种之一<sup>[1]</sup>,在云贵高原亚热带地区海拔700~3 200 m的阳坡山地有大量分布。在云南省的有林地中,云南松分布面积达到了29.2%,其蓄积量

收稿日期:2021-07-28;修回日期:2021-08-18.

第一作者:太廷惠(1990-),女,云南昭通人,助理工程师.主要从事森林培育相关工作. Email:1415271745@qq.com

责任作者:申腾朝(1992-),男,云南昭通人,助理工程师.主要从事林业调查规划及生态修复治理相关工作. Email:760594228@qq.com

在全省有林地蓄积中的占比也达到 15.8%<sup>[2]</sup>。

近些年来,由于云南松的经营管理措施较为粗放和遗传效应的叠加,出现了许多云南松低效林,对云南松的品质和效益造成了一定影响。本文综述了云南松近年来的研究现状,针对其目前存在的重点问题作出分析,以期能够为促进其林分质量及整体效益提升提供理论参考。

## 1 研究进展

郑元等在 2013 年研究了有关云南松的文献并做了归纳分析,梳理总结了其在群落结构及其演替趋势、遗传改良、生长生理响应特征、切梢小蠹危害等方面的研究进展<sup>[2]</sup>。在此后的 8 年多时间里,有关云南松的研究进一步加深,在遗传变异、苗木生长影响因素、种质资源等方面又取得了丰富的研究成果。

### 1.1 遗传变异

遗传变异是指同一基因库中不同个体在遗传基础上 DNA 水平的差异,也称为“分子变异”,是对同一物种个体间遗传差异的定性或定量描述。近年来,关于云南松的遗传变异研究取得了一些新的成果。

许玉兰采用 SSR 分子标记分析手段,对云南松种群遗传多样性水平、遗传变异特点及遗传多样性分布格局等进行了研究,指出云南松与地盘松、扭曲云南松和细叶云南松间并无明显遗传分化,它们的表型变异可能是由于长期负向选择和环境恶化引起的<sup>[3]</sup>。孙彦强在单应性和转录组测序的基础上,利用群体遗传学和基因表达分析,研究了云南松群体间的适应性分化、遗传变异的分布格局、与高海拔适应性相关的遗传变异、适应性分化的基因表达基础、适应性分化的多基因遗传基础以及基因表达变异与遗传变异的关系。指出在相同环境下,云南松种群间存在显著的适应性表型分化。云南松在大部分地区表现出持续的遗传分化,但在西南边缘群体中具有特殊的遗传组成;类黄酮生物合成通路可能有助于云南松对高海拔环境的适应性;云南松在种群水平上表现出基因表达的分化,这种分化可能是由于种群起源的环境形成的,可能会促进种群间表型性状的变异;云南松种群内的基因表达变异与遗传变异呈协同关系,但是种群间的基因表达变异基本不受遗传变异和地理距离的影响<sup>[4]</sup>。

蔡年辉等依托新一代高通量测序技术平台 Illumina HiSeq 2000,对云南松转录组测序,获得 80 000

条 Unigenes,进一步扩大了云南松的基因资源,有助于云南松基因的发掘利用及其种质资源遗传改良的进一步研究<sup>[5]</sup>。李根前等利用 SSR 分子标记技术,对不同生长优势等级云南松林木的遗传多样性变异特征进行了研究,显示出林木生长分化对遗传多样性的影响并不明显<sup>[6]</sup>。何而承忠等采用 SRAP 分子标记对 6 个居群不同干形云南松进行了全基因组扫描,并对不同干形特有差异条带进行克隆及测序比对,结果显示,居群间、不同干形云南松间的基因交流频繁,遗传分化较小,过氧化氢酶(katA 基因)、核酸内切酶、糖基水解酶和 AN1 锌指蛋白(SAP6)等可能参与了干形发育的调控<sup>[7]</sup>。

对云南松生物量的遗传效益研究也有了一些结果。魏巍等对云南松半同胞家系 2 年生实生苗的生物量累积与分配在家系层次的变异规律进行了研究,指出叶分配比例的遗传力最高(0.62),其次是地上地下生物量比(0.60)。以地上地下生物量比为依据进行优良性状选择,可获遗传增益最高(14.31%)<sup>[8]</sup>。

### 1.2 种质资源

种质资源是亲本传给后代的遗传物质,是培育新品种的物质基础,也为研究物种起源和进化提供了宝贵的物质依据。在获得满意的种质资源后,才有利用新技术来培育出新品种的可能。对云南松种质资源的研究,将进一步促进云南松品种改良和良种繁育工作,提高云南松林分整体质量。

苏文华等调查了云南松植冠中保存球果的数量、鳞片开闭状况、球果年龄分布和球果内种子的萌发率,以及宿存闭合球果鳞片开放对高温和火烧的响应,认为云南松有非严格的植冠种子库,地面火可诱导植冠中的闭合球果鳞片开放释放种子,球果在植冠中最长宿存和延迟开放的时间与种子存活的时间基本一致;每年自然释放和过火后释放的种子都由多年成熟的种子组成;云南松球果延迟开放可能与生长环境易发生火灾有关<sup>[9]</sup>。余天林则对近年云南松种质资源保存库内云南松的松梢斑螟虫害发生情况进行调查,得出该库内云南松松梢斑螟平均受害株率为 5.08%,平均每株受害梢数量为 0.28 个的结论<sup>[10]</sup>。于巧宁等通过叶绿体基因可以对花粉的 DNA 进行扩增,实现了对花粉来源的鉴定,该方法可以用于鉴定松花粉原料来源,保证松花粉产品质量的稳定性,为完善和补充松花粉及产品质量的检测提供了新的 DNA 分子标记手段<sup>[11]</sup>。

### 1.3 苗木生长影响因素

影响苗木生长的因素一直是苗木培育研究的重点,当前,对云南松苗木生长影响因素的研究范围也逐渐扩大,获得了一些新成果。

在天然更新方面,管国伟等研究了云南松凋落叶的水浸提液和乙醇浸提液对其种子萌发和幼苗生长的影响。从化感作用的角度探究云南松天然林更新困难的成因,指出云南松凋落叶会对其自身造成化感自毒的作用,这是导致云南松天然林更新困难的重要成因之一<sup>[12]</sup>。

施肥对苗木的影响研究方向上,付志高和李莲芳对复合肥和磷肥混施的云南松幼林短期生长效应进行了研究。分析表明,适宜的复合肥种类和磷施肥量配施可以极显著促进林木生长,0.75和0.50 kg/5 cm的9个月缓释肥和磷肥配施可在一年短期内促进云南松人工林幼林生长,提高林分蓄积量<sup>[13]</sup>。杨永洁等也开展了不同质量浓度赤霉素(GA3)和吲哚乙酸(IAA)的混合溶液浸种及其与基质、缓释肥的不同水平组合对云南松苗木生长影响的试验,认为一定浓度的GA3溶液和IAA混合浸种能显著地促进地径和苗高生长,而基质是影响苗木生长的主导因子,其次是缓释肥种类<sup>[14]</sup>。沈松等则进行了根博士追肥和IBA叶面喷施对云南松苗木生长影响的试验,得出根博士与IBA配合应用可防止云南松产生蹲苗现象<sup>[15]</sup>。

在混交模式的研究方面,Zheng Y.等对不同幼龄混交林的生长特性、光合气体交换特性、生理生化抗性和土壤营养成分进行了研究分析,并阐明了不同树种混交对提高云南松林分质量的协同效应机制。结果表明,云南松人工纯林幼林比其他人工混交林幼林消耗更多的土壤有机质和氮磷钾,在贫瘠的土壤中也表现出较差的生长特性及光合能力、较低的水分利用效率(WUE)和生化抗性。该研究认为,云南松—尼泊尔松—麻栎是一种最佳的混交林,该混交模式造林有利于提高林分生长速度、光合速率(Pn)和水分利用效率(WUE),有利于恢复土壤肥力<sup>[16]</sup>。

其他方面,王凯等研究了间伐和修枝抚育经营对云南松幼林生长的影响<sup>[17]</sup>,皇宝林等研究了亚热带区域不同海拔区间的云南松天然林平均胸径生长率<sup>[18]</sup>。

## 2 云南松林分培育存在的主要问题

云南松林在云南省及其周边地区都占有非常重

要的位置,而云南松的天然林曾一度遭到严重破坏,之后便产生了大量的云南松次生林。云南省大约从1951年开始大规模人工营造云南松林,但到现在为止,还有很多人工林仍处于中龄林甚至幼龄林阶段,且80%为低质低效的同龄纯林,林分稳定性较差、质量低劣。尽管多年来对云南松的研究一直在持续深入地进行,却仍未解决云南松林分衰退的问题。由于人们缺乏对云南松次生林的重视和管理经验,造成次生林树干干形严重退化、材质大幅下降,扭曲云南松和地盘松的占比过高,火灾及病虫害危害态势加大,蓄积量只有 $1.5 \sim 4.5 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ ,经济价值和生态价值都显著降低<sup>[2]</sup>。

云南松天然更新也存在着许多问题。研究发现,在云南松现有的天然林和人工林林分中,单株或成片死亡的现象严重,幼龄和老龄林木居多,种子数量和质量均严重不足,幼苗林下更新困难,分布面积正逐年慢慢减少,云南松种群濒临衰退<sup>[19-21]</sup>。

因此,如何促进云南松林天然更新,提高生产力和整体质量,使其经济效益和生态效益充分发挥,是当前需要着重发力研究的一项紧要课题。

## 3 研究展望

根据云南松林的生长现状和存在的实际问题,未来研究建议从以下几个方面进行攻关,以期从系统上全面改善林分衰退问题。

1) 做好云南松天然更新障碍理论基础研究,对影响云南松更新的不同因子及其响应机制进行深层次发掘,找出自然更新的主要影响因子,并制定相应的措施加以解决<sup>[19]</sup>。

2) 加强优良林分的就地保护,最大限度避免人为干扰,建立优良种质资源库,以保障充足的种源;对于质量不好的林分,要淘劣存优,保证种子高遗传质量,逐步改造成优质林分。

3) 以森林生态学为依托,联合分子生物学、基因工程及组织培养等林业生物新技术的研究,加强云南松种质资源利用和遗传改良,培育优良种苗,改造低效林分,提高林分质量。

4) 对云南松人工纯林进行提质改造,营造成近自然的有多个层次和不同林龄的混交林,增加林分的物种多样性,提高种群的稳定性和抗灾抗病能力。例如,可以将林分改造为云南松—桉木—麻栎的多层混交林,以有效提高云南松林分质量和整体效益。

5) 制定科学实用的经营管理措施,加大林业科技培训力度,营造良好的云南松管护氛围。



## 参考文献:

- [1] 许玉兰,蔡年辉,康向阳,等. 云南松种质资源遗传多样性研究概况[J]. 植物遗传资源学报,2011,12(6):982-985.
- [2] 郑元,黄新会,王大玮,等. 云南松研究进展及展望[J]. 现代农业科技,2013(13):169-171.
- [3] 许玉兰. 云南松天然群体遗传变异研究[D]. 北京:北京林业大学,2015.
- [4] 孙彦强. 云南松遗传变异格局及适应性分化的遗传基础研究[D]. 北京:北京林业大学,2020.
- [5] 蔡年辉,邓丽丽,许玉兰,等. 基于高通量测序的云南松转录组分析[J]. 植物研究,2016,36(1):75-83.
- [6] 李根前,蔡年辉,许玉兰,等. 基于 SSR 标记的不同优势等级云南松遗传多样性分析[J]. 植物研究,2019(S):26-30.
- [7] 何承忠,吴治洋,沈德周,等. 基于 SRAP 标记的不同干形云南松遗传基础研究[J]. 西南林业大学学报(自然科学版),2021,41(2):1-10.
- [8] 魏巍,蔡年辉,李根前,等. 2 年生云南松实生苗生物量家系间变异研究[J]. 西部林业科学,2021,50(1):97-104.
- [9] 苏文华,崔凤涛,赵元蛟,等. 云南松球果延迟开放及其植冠种子库[J]. 生态学报,2017,37(2):541-548.
- [10] 余天林. 云南松种质资源保存库松梢斑螟虫害调查分析[J]. 林业调查规划,2021,46(3):75-78.
- [11] 于巧宁,仲米存,王锐莹,等. 马尾松和云南松花粉的特异性分子鉴定[J]. 食品科技,2020,45(8):56-60.
- [12] 管国伟,廖周瑜,陈鹏,等. 云南松凋落叶浸提液对其种子萌发和幼苗生长的影响[J]. 种子,2020,39(3):20-23.
- [13] 付志高,李莲芳. 复合肥和磷肥混施对云南松幼林生长的短期效应分析[J]. 林业资源管理,2021(1):189-196.
- [14] 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.
- [15] 李莲芳,沈松,汤浩藩,等. 云南松苗木生长对追肥和 IBA 叶面喷施的响应[J]. 西北林学院学报,2020(S):36-39.
- [16] YUAN Z G, QI Q L. Effects of different juvenile mixed plantations on growth and photosynthetic physiology of *Pinus yunnanensis* Franch[J]. Pakistan Journal of Botany, 2017,49(4):1291-1298.
- [17] 王凯,李莲芳,付志高,等. 云南松幼林生长对间伐和修枝的响应[J]. 西部林业科学,2021,50(2):116-123.
- [18] 皇宝林,朱家诺,温庆忠. 云南省亚热带不同海拔区间云南松天然林生长规律研究[J]. 林业调查规划,2021,46(3):157-162.
- [19] 唐翠平,郭峰,袁思安,等. 云南松天然更新障碍因子的探讨[J]. 防护林科技,2014(2):87-90.
- [20] 杨文云. 滇中地区云南松天然林群落结构及天然更新规律[D]. 北京:中国林业科学研究院,2010.
- [21] 王文俊,张薇,李莲芳,等. 云南松天然更新幼苗和幼树期的生长动态分析[J]. 福建林业科技,2017,44(3):75-81.

责任编辑:刘平书

校对:邓砚 刘平书

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.02.011

## 森林燃烧中的火焰特征研究进展

杨昊东<sup>1</sup>, 高开明<sup>1</sup>, 王秋华<sup>1</sup>, 张文文<sup>1</sup>, 王 劲<sup>1</sup>, 宋春显<sup>2</sup>, 龙腾腾<sup>1</sup>

(1. 西南林业大学 土木工程学院/云南省森林灾害预警与控制重点实验室, 云南 昆明 650224;  
2. 昆明都市卫士信息技术有限公司, 云南 昆明 650000)

**摘要:** 阐述火焰的概念, 从火焰高度与长度、火焰颜色与温度、火焰热辐射与结构、火焰传播与火焰淬熄等方面对火焰特征进行综述。可利用火焰燃烧频率判断森林火灾是否发生, 利用森林可燃物燃烧的火焰颜色进行火焰区域分割、提取并进行识别。影响森林燃烧火焰的主要因素是森林可燃物, 其结构与组成等特征直接决定了燃烧蔓延及火焰特征。未来将聚焦森林燃烧火焰结构识别与特征提取。森林抚育能调整林分密度, 优化林分结构, 调控可燃物, 提高森林抵御火灾能力。

**关键词:** 森林燃烧; 火焰特征; 火焰颜色; 火焰温度; 火焰结构

中图分类号: S762 文献标识码: A 文章编号: 1671-3168(2023)02-0065-05

引文格式: 杨昊东, 高开明, 王秋华, 等. 森林燃烧中的火焰特征研究进展[J]. 林业调查规划, 2023, 48(2): 65-69, 74.

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.02.011

YANG Haodong, GAO Kaiming, WANG Qiuhua, et al. Research Review of Flame Characteristics in Forest Combustion [J]. Forest Inventory and Planning, 2023, 48(2): 65-69, 74. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.02.011

## Research Review of Flame Characteristics in Forest Combustion

YANG Haodong<sup>1</sup>, GAO Kaiming<sup>1</sup>, WANG Qiuhua<sup>1</sup>, ZHANG Wenwen<sup>1</sup>, WANG Jin<sup>1</sup>,  
SONG Chunxian<sup>2</sup>, LONG Tengting<sup>1</sup>

(1. College of Civil Engineering, Southwest Forestry University, Yunnan Key Laboratory of Forest Disaster Warning and Control, Kunming 650224, China; 2. Kunming Dushi Weishi Information Technology Co., Ltd., Kunming 650000, China)

**Abstract:** This paper elaborated the concept of flame, and summarized the flame characteristics from flame height and length, flame color and temperature, flame thermal radiation and structure, flame propagation and flame quenching. The frequency of flame combustion could be used to determine whether the forest fire had occurred, and the flame color of forest combustibles could be used for flame region segmentation, extraction and recognition. The main factor affecting forest combustion flames was forest combustibles, whose structure and composition directly determined the spread of combustion and flame characteristics. Identifying the structure and feature extraction of forest combustion flames will be the focus in the future. Forest tending can adjust forest density, optimize forest structure, regulate combustible materials, and improve fire resistance.

收稿日期: 2021-12-06.

基金项目: 国家自然科学基金(31960318, 32160376); 云南省农业联合面上项目(2018FG001-055); 国家级大学生创新创业项目(2021110677005).

第一作者: 杨昊东(2003-), 男, 贵州贵阳人, 本科. 研究方向为森林消防. Email: 3156737306@qq.com

责任作者: 王秋华(1978-), 男, 福建长汀人, 教授, 博士生导师. 主要从事森林防火研究. Email: qhwang2010@swfu.edu.cn

**Key words:** forest combustion; flame characteristics; flame color; flame temperature; flame structure

火焰是林火行为的重要参数和指标之一,能简单、快捷、方便地判断火势,为科学安全灭火提供参考<sup>[1]</sup>。火焰的燃烧特征可以很好地反映可燃物燃烧时所释放能量的大小<sup>[2]</sup>。森林燃烧中火焰主要取决于森林可燃物的种类和数量,也与当地的植被特点以及环境因素密切相关<sup>[3]</sup>。森林燃烧的主要载体是可燃物,可燃物载量是潜在林火行为的重要指标,决定森林火灾发生的难易程度以及火势大小尤其是火焰大小和其他特征。研究森林燃烧中的火焰及其特征有利于更好地把握森林燃烧规律,有利于更科学、安全灭火,也有利于灭火指挥并提高扑火效率。

## 1 火焰的概念

火焰是燃烧中的典型现象,可以观察到。火焰可分为不发光火焰、发光火焰、半发光火焰<sup>[4]</sup>。火焰是能量的梯度场,包括火焰高度、火焰深度等。火是森林生态系统的重要干扰因素,从复杂而长远的时间、空间角度上来说,火焰在森林生态系统的发展变化中起到了重要作用。在森林可燃物与助燃物在发生氧化还原反应时(但不一定有氧气参与)产生火焰,从微观角度出发,火焰是可燃物在燃烧过程中出现微小而为数众多的炽热碳粒和三原子气体的辐射表现。在森林燃烧中火焰的复杂程度和形状是随意的、动乱的和暂时的。火焰发光强弱与可燃物种类、空气(氧)供应量大小、可燃气体和空气的混合情况、燃烧温度和压力等有关<sup>[5]</sup>。火是森林破坏最为剧烈的因子,通过火焰的热作用,导致森林生态系统碳的损失<sup>[6]</sup>。

## 2 火焰的特征

### 2.1 火焰高度与长度

火焰高度为火焰距离开口中性面的垂直距离,随着流量(热释放速率)增加而增加,随着风速的增加而减小。火焰燃烧行为可以直观地用火焰高度表示,火焰高度是研究火焰动力学的重要参数<sup>[7-8]</sup>。火焰高度与火焰辐射强度、火焰传播速度等关系密切,是研究火灾科学的重要参数,准确有效地获取火焰高度有利于火灾科学研究<sup>[9]</sup>。火焰在热浮力作用下具有较强的脉动现象,因此,火焰的实时高度具有多变性。在火灾环境中灭火指挥人员主要根据火

场各部位火势情况来选择灭火手段,其主要依据就是火焰高度。当火焰高度小于 0.5 m 时,扑火人员可直接靠近火用手工工具将其扑灭,当火焰高度达到 1.5 m 时,扑火人员可用风力灭火机和地面消防车喷水或化学灭火药剂等方法扑灭,当火焰高度高于 2.5 m 时,任何地面灭火机械都将无效,只能开设隔离带或放迎面火等来灭火<sup>[8]</sup>。

固定水层厚度下,燃油燃烧速度越快,火焰高度也将逐渐升高,并逐渐趋于平缓<sup>[10]</sup>。火焰起升高度主要受火化学延迟期控制。协流火焰的升高对加快化学反应速率有利,可以使物理和化学着火延迟期缩短,但当协流温度足够高时,对火焰的起升高度就难以造成太大影响。两者间呈指数函数关系,较大的预混当量比有利于快速形成可燃性的混合气体,从而使火焰起升高度降低<sup>[11]</sup>。交直流电场作用下,火焰高度均有所减小,相比较而言,直流电场对火焰高度的影响更为明显,交直流电场条件下火焰高度最大减小幅度为 28.69%~42.37%<sup>[12]</sup>。富氧气氛下火焰高度明显降低<sup>[13]</sup>。

火焰长度是可燃物燃烧性能指标的一个关键评价参数,可作为可燃物安全性、可靠性的一种检验方法<sup>[1]</sup>。在野外,可直接测量火焰长度,也可通过照片估测火焰高度。传统的气体燃烧器,火焰长度的控制一般是通过增减热负荷来实现<sup>[14]</sup>。关注火焰长度及其变化是判断火焰燃烧情况最直观的方式。但人眼无法连续稳定地观察火焰全貌。基于计算机视觉的火焰检测技术成为了火检领域中最重要的发展方向<sup>[15]</sup>。煤燃烧中,煤尘粒径相同时,挥发分含量越高,爆炸火焰长度值越大,在挥发分含量较高区间,随着挥发分含量的增加其爆炸火焰长度急剧增加,并且粒径越小,增加越快<sup>[16]</sup>。利用丙烷火焰燃烧喷吹铬矿粉,在相同丙烷流量下,火焰长度与氧流量成反比,在相同氧和丙烷流量下,加粉后火焰长度更长,喷粉燃烧丙烷时更有利于加热<sup>[17]</sup>。

### 2.2 火焰颜色与温度

色度学中,红、绿、蓝光称为色光的三原色<sup>[1]</sup>。可燃物燃烧时的火焰具有很多颜色特征,不同物质燃烧产生的火焰颜色也不一样,森林火灾中的火焰颜色主要有白色、黄色、橙色、红色、暗红色等,一般情况为红色逐渐过渡到黄色<sup>[18]</sup>。如果森林可燃物燃烧时供氧不充分,其局部缺氧区将形成自由碳,其与部分灰粒一起在高温作用下发出红光和红外



线<sup>[5]</sup>。火焰颜色与温度有一定关系,如樱桃红色的火焰温度可能是 746℃,柠檬黄的火焰温度可达到 996℃,接近 1 000℃,而白色火焰的温度超过了 1 000℃,达到 1 205℃(表 1)。在野外灭火作战中,可大致借助火焰颜色来判断温度,采取相应的防护措施,避免高温灼烧受伤。

表 1 火焰颜色与温度的关系<sup>[23]</sup>

Tab. 1 Relationship between flame color and temperature

序号	温度/℃	颜色	序号	温度/℃	颜色
1	482	粉红	7	899	橙红
2	566	血红	8	941	桔红
3	636	深红	9	996	柠檬黄
4	677	半红	10	1080	淡黄
5	746	樱桃红	11	1205	白色
6	843	鲜红	12	1233	蓝白

稀释燃烧可有效降低火焰峰值温度从而降低污染物排放<sup>[19]</sup>。火焰温度的升高有利于碳烟生成,从火焰温度角度来看,升高压力可以促进碳烟的生成。压力越高,燃烧反应速率越快,在更短时间内释放出更多的热量,使得温度升高,加快了燃料裂解,使碳烟成核加快而促进碳烟的生成<sup>[20]</sup>。水蒸气 4 种效应对火焰温度特性影响大小次序为:稀释效应 > 辐射效应 > 化学效应 > 热力学效应,其中化学效应和稀释效应占主导地位<sup>[21]</sup>。可将 Landweber 算法引入到火焰三维温度场重建中,利用 Landweber 算法计算广义源项分布进而重建火焰的三维温度分布<sup>[22]</sup>。森林在氧气充分条件下燃烧更猛烈,火焰温度更高(表 1),不同颜色的火焰是由于不同的燃烧温度产生不同波长的热辐射形成的。如火焰温度为 566℃时表现为血红色,火焰温度为 899℃时表现为橙红色,火焰温度达到 1 233℃时表现为蓝白色。扑火过程中可大致参考火焰颜色来判断温度,提前采取防护措施。

### 2.3 火焰热辐射与结构

在火的燃烧初期,热辐射是主要的能量传递方式,还是重要地表火蔓延途径,热辐射可以提前预热前方未被燃烧的可燃物。热辐射的大小体现为正在燃烧状态下的可燃物引燃而未被燃烧的能力<sup>[2]</sup>。未燃烧可燃物受正在燃烧状态下的可燃物的热辐射越大,其未来燃烧的可能性就越大。在现实灭火环

境中要特别注意无焰燃烧及阴燃。无焰燃烧极有可能导致火场或火场附近发生二次火灾,也是火灾扑救过程中导致人员受伤的主要因素之一<sup>[24]</sup>。针对火焰的对外界热辐射研究对于防灾减灾意义重大<sup>[25]</sup>。温度场受可燃物所能释放的火焰辐射量的影响较大。根据提取火焰图像的亮度能反映出可燃物燃烧时的辐射情况,是火焰特性的正确反映<sup>[1]</sup>。提高火焰温度和火焰覆盖面积可获得较好的辐射效果<sup>[26]</sup>。高温碳烟气中的二氧化碳、水蒸气只在某几个特殊光带区域中具有显著的辐射能力和吸收能力,以此可对这些光带区域中的气体辐射作用进行计算<sup>[27]</sup>。

在森林火灾环境中,火焰热辐射通量是灭火指挥人员评价火灾危险性的主要参数之一,在现实的森林火灾救援中对减小火灾损失意义重大。火焰的热辐射与火焰温度、火焰组分浓度等密切相关,其主要取决于可燃物燃烧过程中产生的生成物,通常包括水蒸气、一氧化碳、二氧化碳等气体和固体颗粒产物,如炭黑、飞灰、焦炭粒等<sup>[4]</sup>。在高温火焰中以热辐射为主,而在温度较低的接近燃烧反应临界状态的火焰中,可燃物燃烧时火焰区燃烧生成物中的固体粒子会对辐射光产生反射和散射,热辐射理论将其归结于热辐射率<sup>[28]</sup>。

火焰热辐射通量取决于火焰与接受辐射面间的几何关系及燃烧物所能发出的辐射能。通过对比辐射率和几何传递系数,得出圆柱形火焰的热辐射通量最大,圆锥形火焰最小<sup>[29]</sup>。热辐射损害程度的判定准则明确规定了目标所承受的热辐射强度与造成设备损坏程度及人员伤亡程度之间的对应关系<sup>[30]</sup>。火灾热辐射的快速估算可采用线热源模型,精度高、速度快,其结果能为应急救援、事故风险评估及火炬设计等提供参考<sup>[31]</sup>。热辐射的危害与受热辐射强度和时间的长短有关,热辐射通量还与火焰温度、发射率和高度有关<sup>[13]</sup>。在低火焰拉伸率条件下,热辐射热损失会导致火焰熄灭,在较宽的速度梯度范围内,热辐射的影响较小<sup>[32]</sup>。细水雾对火焰热辐射有很强的衰减作用,热辐射通量在施加细水雾后 5 s 内迅速衰减,随着火焰温度升高,细水雾阻隔热辐射效率增加<sup>[33]</sup>。

火焰结构是研究火焰特性的重要部分,一般将火焰分为焰心富氧燃烧区域、内焰贫氧燃烧区域、外焰接触空气燃烧区域。大部分物质在燃烧时都会生成碳烟,但在火焰内焰中的碳烟生成量最大。从焰心至内焰过渡部分,氧气浓度逐渐下降,刚开始时碳

烟颗粒氧化的消耗反应速度低于产生反应速度,且碳烟生成量逐渐增加。在内焰至外焰过渡区域,氧气浓度增大,温度上升,热解产生碳烟颗粒迅速被消耗<sup>[34]</sup>。随着燃烧区域中空气流量的增加,火焰整体有变宽变高的趋势。在燃料流量一定的情况下,反扩散火焰的高度、宽度和最大温度随空气流量增加而逐渐增加,高温区域也逐渐增大<sup>[35]</sup>。

#### 2.4 火焰传播与火焰淬熄

火焰传播速度是燃料燃烧时的重要参数,就是未燃区混合气体沿火焰面法线方向在单位时间内向火焰面移动的距离<sup>[36]</sup>。一般情况下,火焰传播速度会受到可燃物燃烧区域中预混气体浓度、温度、压强、可燃物燃料属性等因素的影响。其中,火焰羽流高度是衡量火焰羽流几何特性的重要参数之一,对火焰的蔓延传播具有重要影响<sup>[10]</sup>。火焰传播速度与预混气体的初始温度正相关,当初始温度上升时,化学反应速率加快,火焰传播速度加快。火焰传播速度与预混气体的压力负相关,当初始压力上升时,实验体系中活性基的浓度下降,导致火焰传播速度降低<sup>[37]</sup>。与  $N_2$  相比,  $CO_2$  及  $H_2O$  由于化学动力学效应对层流火焰的传播具有更强的抑制作用,层流火焰传播速度较低<sup>[38]</sup>。二氧化碳对火焰传播速度的影响是通过增大混合物比热容、减小热扩散度,从而降低火焰温度<sup>[39]</sup>。

林火蔓延速度可在野外用简便方法直接测量得到,也可从经验方法或林火蔓延数学模型中获得,通常包括线速度、面积速度和周长速度<sup>[5]</sup>。地表可燃物燃烧实验表明,上坡火火焰传播速度快,下坡火燃烧更完全,但蔓延速度相对较慢,平均最大热辐射差距不明显<sup>[3]</sup>。湍流火焰速度主要由火焰表面总面积决定,而湍流传播火焰主要因素是由火焰表面褶皱的产生和耗散两种机理控制<sup>[40]</sup>。 $C_7H_{16}$  与混合二元燃料所产生的层流火焰速率会随着  $CH_3OH$  的掺混比例的增加而极少地加快,同时随着燃烧初始压强的增大而逐渐下降,随着燃烧初始温度增加而逐渐上升<sup>[41]</sup>。

热能损失和火焰过度拉伸会导致可燃物燃烧时发生火焰淬熄。湍流火焰传播速度越大,管道管径越大,火焰淬熄越难发生<sup>[42]</sup>。淬熄直径为能让火焰发生淬熄的狭缝间距的最大值<sup>[43]</sup>。

### 3 森林燃烧中的火焰影响因素

火灾会对森林生态系统造成严重破坏,森林火灾会产生大量烟雾及有毒物质释放到大气中,严重

破坏当地气热平衡。森林火灾产生的烟雾不仅严重影响大气,也影响到燃烧中的火焰。森林燃烧排放物中的气态产物主要是二氧化碳,也有部分一氧化碳和氢气等,在一定条件下能继续燃烧,导致二次燃烧甚至三次燃烧,产生明亮的火焰。在特定极端条件下,也可能剧烈燃烧,产生极端火行为,如火旋风、对流柱和火爆等。爆燃会在短时间内大量积聚的可燃气体剧烈燃烧,释放出大量能量,产生明亮火焰和蘑菇状烟气,破坏巨大。烟气排放会造成空气中悬浮颗粒物的增加,水平能见度降低,导致雾霾的形成<sup>[44]</sup>,不利于火焰的形成。但在氧气充足等适宜条件下,火焰亮度将明显增强。

火焰燃烧频率反映了火焰特点,有一定规律。通过火焰燃烧的频谱特性,可利用火焰燃烧频率来判断森林火灾是否发生<sup>[45]</sup>。颜色特征是在图像处理中应用最为广泛的视觉特征,对于森林火灾这一颜色特征更为明显的特殊目标,利用森林可燃物燃烧的火焰颜色进行火焰区域分割、提取并进行识别,是进行森林火灾灾情探测与规划的主要依据<sup>[46]</sup>。

影响森林燃烧火焰的主要因素是森林可燃物,其结构与组成等特征直接决定了燃烧蔓延及火焰特征,特别是连续性的影响更大,水平连续性决定了火焰深度和水平传播,尤其是地表火的蔓延,垂直连续性则决定了火焰的高度,一旦有良好的“梯状可燃物”,很可能从地表火蔓延到树干和树冠,形成猛烈的树冠火。

### 4 研究展望

未来将聚焦森林燃烧火焰结构识别与特征提取,如海计算模式运用到运动目标检测以及实际场景中的森林燃烧火焰识别<sup>[44]</sup>。利用双视角、深层多粒度扫描的深度森林模型进行火焰特征提取和火焰识别<sup>[47]</sup>。也包括各种新方法和新技术的组合和强化。火焰是森林燃烧中的外在主要表现。可通过对森林燃烧的调控方法来适当调控火行为。在森林燃烧三要素中,只有可燃物能通过人工方式进行调控。森林抚育是森林经营的重要环节,调整林分密度,优化林分结构,调控可燃物,提高森林抵御火灾能力。抚育过的森林,即使着火,火焰较弱,有利于火的控制和扑救。周期性计划烧除能控制森林可燃物载量和分布连续性,降低森林火灾风险,间接减弱了火焰。

总之,森林燃烧中的火焰特征是可以观察、监测和预测的,有利于灭火指挥员科学判断,提前预警,

采取措施,减少损失。将来借助高科技手段,如远程视频监控、直升机外挂红色扫描、更高分辨率的卫星遥感以及各种高效灭火装备和设备的组合,一旦发生森林火灾,将更高效更迅捷更安全灭火。

### 参考文献:

- [1] 巨新刚,倪晋平. 火焰长度的图像测量方法研究[J]. 应用光学,2006,27(6):524-527.
- [2] 闫想想,王秋华,缪秀丽,等. 昆明西山林场5种可燃物的火行为研究[J]. 南京林业大学学报(自然科学版),2021,45(1):197-204.
- [3] 王秋华,肖慧娟,刘文国,等. 昆明西山森林公园主要林型地表可燃物的潜在燃烧性[J]. 福建林业科技,2014,41(1):40-44.
- [4] 李全峰,季经纬,陈金林,等. 蒙特卡洛法在火焰热辐射计算中的应用[J]. 消防科学与技术,2008,27(2):79-82.
- [5] 舒立福,王明玉,田晓瑞,等. 关于森林燃烧火行为特征参数的计算与表述[J]. 林业科学,2004,40(3):179-183.
- [6] 刘晓东,王博. 森林燃烧主要排放物研究进展[J]. 北京林业大学学报,2017,39(12):118-124.
- [7] 周晓东. 外界风作用下窗口外部燃烧火焰高度[J]. 消防科学与技术,2017,36(2):167-170.
- [8] 骆介禹. 森林燃烧能量学[M]. 哈尔滨:东北林业大学出版社,1992.
- [9] 王林,靳红雨,吕东. 基于 MATLAB 图像处理技术提取火焰高度[J]. 消防科学与技术,2017,36(3):366-369.
- [10] 王亮,苏石川,郭晨宇,等. 基于水面边界的小尺度柴油池火焰高度及其周期振荡频率特性研究[J]. 江苏科技大学学报(自然科学版),2019,33(6):27-32.
- [11] 胡宗杰,张骏捷,龚慧峰,等. 基于二氧化碳红外热成像的火焰起升高度分析[J]. 同济大学学报(自然科学版),2019,47(5):714-719.
- [12] 王美. 电场作用下乙醇小尺度扩散火焰高度研究[J]. 应用能源技术,2017(10):5-7.
- [13] 余登美,张仲依,娄春. 空气及富氧气氛下碳氢扩散火焰热辐射的实验研究[J]. 燃烧科学与技术,2018,24(5):458-462.
- [14] 冯明杰,李德立,王恩刚. 火焰长度可调式燃烧器的数值模拟[J]. 东北大学学报(自然科学版),2014,35(9):1297-1283.
- [15] 毛翠丽,马卫红,孟立庄,等. 基于数字图像处理的火焰长度计算方法[J]. 光学仪器,2007,29(1):27-31.
- [16] 王冬雪,刘剑,高科,等. 煤尘挥发分及粒径对爆炸火焰长度的影响研究[J]. 中国安全生产科学技术,2016,12(5):43-47.
- [17] 董大西,韩宝臣,赵亮,等. 利用丙烷燃烧火焰喷吹铬矿粉实验研究[J]. 工业加热,2020,49(3):10-12.
- [18] 王勇智,谭杨磊,韩锐,等. 基于分离 YUV 颜色通道的火焰提取方法[J]. 科学技术创新,2020(25):42-43.
- [19] 沈雪豹,叶桃红,严野,等. 湍流射流火焰抬举高度的实验研究[J]. 工业加热,2014,43(6):6-10.
- [20] 王生福,席剑飞,严野,等. 不同压力下层流对冲  $C_2H_4$  扩散火焰中碳烟生成的数值模拟研究[J]. 南京师范大学学报(工程技术版),2020,20(4):16-21.
- [21] 郑宇恒,邱亮,孟顺,等. 水蒸气对火焰特性和碳烟生成影响的数值模拟[J]. 内燃机与动力装置,2020,37(3):1-7,14.
- [22] 黄兴,齐宏,牛志田,等. 基于光场成像技术的散射性火焰温度场重建[J]. 北京航空航天大学学报,2020,46(5):952-959.
- [23] 刘远景. 火焰的颜色随温度而异[J]. 中国消防,1987(4):31.
- [24] 王秋华,张文文,缪秀丽,等. 昆明周边4种主要林型地表可燃物的火焰特征[J]. 消防科学与技术,2021,40(7):1082-1085.
- [25] 沈景刚,季经纬,王志一. 圆锥形火焰热辐射计算[J]. 消防科学与技术,2017,36(10):1348-1351.
- [26] 孙亮燕,任转波,代森伟,等. 扁平火焰自增碳纯氧燃烧技术[J]. 玻璃,2020,47(8):19-23.
- [27] 张国维,朱国庆,袁广林,等. 火焰热辐射作用下大空间火场钢构件升温模型[J]. 哈尔滨工业大学学报,2013,45(6):96-101.
- [28] 夏守之,朱新旺,姚琦琦. 热辐射率对火焰温度测量精度影响的研究[J]. 光学与光电技术,2008(5):72-75.
- [29] 李全峰. 火焰形状对其热辐射通量的影响[J]. 中国科技信息,2010(15):40-43.
- [30] 蔡亮. 基于火焰燃烧机理和热辐射特性确定储罐防火距离的探讨[J]. 石油石化节能,2018,8(10):1-4,7.
- [31] 包士毅,姚建,夏舒阳,等. 基于线热源模型的喷射火焰热辐射计算方法[J]. 浙江工业大学学报,2018,46(4):413-417,452.
- [32] 冯耀勋,赵黛青,刘庆才,等. 热辐射对富氧扩散燃烧火焰结构和氮氧化物生成的影响[J]. 热能动力工程,2005,20(3):275-279,332.
- [33] 丛北华,蔡志刚,陈吕义,等. 细水雾阻隔火焰热辐射的模拟研究[J]. 中国安全科学学报,2005,15(12):69-73,139.
- [34] 代正华,孟凯,郭庆华,等. 基于双色法油浆火焰温度场和碳烟浓度场分析[J]. 华东理工大学学报(自然科学版),2020,46(3):319-325.
- [35] 李智聪,何小煌,娄春. 乙烯层流反扩散火焰形状的理论计算及实验测量[J]. 燃烧科学与技术,2020,26(3):199-204.

(下转第 74 页)



doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.02.012

## 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

(云南省林业调查规划院大理分院,云南 大理 671000)

**摘要:**大姚县全国第三次林业有害生物普查所采用的是依据纸质地形图勾绘的传统调查方法,不但费时费力,监测调查数据在全面性、准确性、历史数据完整性及数据共享方面也存在一定的问题与不足。通过分析研究普查技术要求和实践中调查方法、结果存在的问题与不足,提出应依托安装到移动终端如 iPad、PDA 或智能手机上的基于 3S 技术和网络技术的奥维地图 App 进行外业调查,不但较传统方法更方便、实用,也更经济。

**关键词:**林业有害生物普查;技术路线;外业调查;奥维互动地图;大姚县

中图分类号:S765.5;F316.23 文献标识码:A 文章编号:1671-3168(2023)02-0070-05

引文格式:杨华. 大姚县全国第三次林业有害生物普查存在的问题及建议[J]. 林业调查规划,2023,48(2):70-74.

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.02.012

YANG Hua. Problems and Suggestions of the Third National Forestry Pest Survey in Dayao County[J]. Forest Inventory and Planning,2023,48(2):70-74. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.02.012

## Problems and Suggestions of the Third National Forestry Pest Survey in Dayao County

YANG Hua

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

**Abstract:** The third national forestry pest survey in Dayao County adopted a traditional survey method based on paper topographic maps, which is not only time-consuming and laborious, but also has certain problems and deficiencies in the comprehensiveness, accuracy, historical data integrity, and data sharing of monitoring survey data. Through analyzing and studying the technical requirements of survey and the problems and shortcomings of survey methods and results in practice, this paper proposed that field survey should be carried out by relying on Ovi map App based on 3S technology and network technology installed on mobile terminals such as iPad, PDA or smart phones, which was not only more convenient and practical than traditional methods, but also more economical.

**Key words:** forestry pest survey; technical route; field investigation; Ovi interactive map; Dayao County

随着森林资源及其产品交流日趋频繁,林业有害生物的传播和危害日益明显。大姚县采用传统林业数据调查方法完成第三次林业有害生物普查工作,在具体实施过程中,不但费时费力,劳民伤财,调

查数据在全面性、准确性、历史数据完整性及数据共享方面也存在一定的问题与不足。鉴于此,摒弃利用纸质地形图进行调查的传统方法,依托 3S 技术及互联网技术的专业调查 App,利用 iPad、PDA 或智

收稿日期:2021-08-04.

第一作者:杨华(1975-),男(白族),云南大理人,高级工程师.从事林业调查规划设计工作. Email:yhuadl@126.com

能手机等做为移动终端进行调查的新技术呼之欲出,实现林业有害生物监测数据采集的定量化、定位化和可视化管理成为可能。

## 1 基本情况

### 1.1 历次调查情况

新中国成立以来,先后组织开展了三次全国范围内的林业有害生物普查,依次是:20世纪80年代初期进行的首次普查,初步查清了我国林业有害生物种类和分布情况,可以说这是一次本底调查,是一项填补空白的工作;2003—2007年开展的第二次普查,基本摸清了境外入侵、省际传播、本土严重危害种类的基本情况,并对全国70种主要林业有害生物进行了危险性分析和危险性等级划分,并依此重新修订了全国检疫性和危险性林业有害生物名单;2014—2016年度全国林业有害生物第三次普查,是在前两次普查的基础上,进一步摸清林业有害生物发生种类、分布区域和危害情况,种类发展的新特点和新变化。今后的普查工作将系统化、规范化开展,成为林业有害生物防治工作中定期要依法依规开展的经常性任务。前两次普查工作采用常规调查方法。第三次普查工作,各地情况不一,有的市县应用3S技术研发了相应的预测预报管理系统,而有的地方如大姚县仍采用传统方法进行调查。

### 1.2 调查目的和内容

大姚县此次林业有害生物普查工作,重点是针对危害核桃和云南松等树种的林业有害生物。在查清寄主植物、林下栽培植物有害生物种类、分布范围、发生面积、危害程度、传播途径以及主要林业有害生物的天敌等情况的基础上,更好地预测预报主要林业有害生物发生动态,正确推断发生的可能性和未来发展的趋势,确立今后防治重点,拟定防治计划,制定检疫措施,为科学开展治理工作提供依据<sup>[1]</sup>。

### 1.3 技术要求

采取走访调查、踏查和详查相结合的方式,在有害生物发生区或症状表现区开展外业调查。在进行普查活动的过程中必须采集、制作各种有害生物的生活史标本<sup>[2]</sup>。调查详细等级按森林资源三类调查执行。涉及的土地类型包括林地和非林地2个一级地类,8个二级地类,13个三级地类<sup>[3]</sup>。在调查过程中,踏查涵盖普查范围的所有林分类型,需填写好相关记录表格,采集标本,拍摄图片。采集的标本要具有代表性,色泽新鲜、完整无缺,并及时制作和

保存。拍摄照片时应尽量拍全虫害的完整生活史和病害的不同发生阶段。

## 2 调查方法及结果

### 2.1 实地调查线路

此次普查涵盖大姚县12个乡镇,共布设了126条调查线路,设立了76块标准地。共采集到有效林业有害生物部分虫态及危害症状影像标本136张,实物部分虫态及危害症状标本46份,鉴定出林业有害生物74种(病害11种、虫害61种、有害植物2种)。

### 2.2 现场记载的因子

现场踏查阶段要求记载乡镇名称代码、踏查路线编号、调查面积、踏查点名称、地理坐标(经纬度)、海拔、小班号、踏查点面积、林分组成、有害生物名称、危害部位、是否需要设置标准地、标准地编号等。

### 2.3 数据汇总

#### 2.3.1 发生面积计算公式

发生面积是指林业有害生物达到轻度及以上统计标准的面积。计算公式如下:

$$S = A/B \times C/D$$

式中: $S$ 代表发生面积; $A$ 代表受害株数; $B$ 代表标准地面积; $C$ 为标准地代表面积; $D$ 代表某树种单位面积株数<sup>[4]</sup>。

#### 2.3.2 统计结果

经统计,全县林业有害生物发生面积4 015.34  $\text{hm}^2$ ,其中轻度2 007.67  $\text{hm}^2$ ,中度1 694.18  $\text{hm}^2$ ,重度313.49  $\text{hm}^2$ 。普查统计结果详见表1。

### 2.4 成果图制作

根据全县区划的发生分布范围图班,经矢量化配准、合并、修饰、着色、加入行政界线、设置比例尺等工序后,最终完成全县发生分布位置图、等级分布图的制作。

## 3 存在的问题

### 3.1 国家层面

#### 3.1.1 国家要求的多层管理需要技术体系尚未形成

各地的研究均立足于本地的特点,形成的成果格式多样,缺乏统一性,不能满足多层管理需要,对林业有害生物信息进行规范、系统和动态的管理体系难以形成,不能及时准确地收集、传递、分析和发布信息,影响了林业有害生物监测与治理整体水平的提高。

表 1 大姚县全国第三次林业有害生物普查发生面积统计

Tab. 1 Occurring area of the third national forestry pest survey in Dayao County

hm<sup>2</sup>

项目	紫茎泽兰	木蠹蛾	姬小蜂	柏肤小蠹	双条杉天牛	天牛	蛀梢螟	叶蝉	金龟子	双棘长小蠹	栗实象	核桃叶峰	松纵坑切梢小蠹	
单位	金碧	1067.20		20.01	13.34	13.34	6.67							
	龙街			53.36		86.71								
	赵家店	146.74	73.37	26.68			33.35		13.34					
	新街									80.04				
	六苴		100.05			73.37		40.02						
	桂花	6.67	93.38						20.01					
	石羊	66.70	46.69			53.36		173.42	20.01		126.73			
	三岔河	40.02	20.01					73.37	80.04		33.35	20.01	33.35	
	三台		26.68						40.02			40.02		
	铁锁		46.69						40.02	20.01		20.01		
	县华													
	湾碧	53.36	20.01											
	合计	1380.69	426.88	100.05	13.34	13.34	220.11	33.35	326.83	193.43	80.04	160.08	80.04	33.35
危害程度	轻	513.59	106.72	33.35			20.01		186.76	180.09		140.07	80.04	33.35
	中	867.10	120.06	66.70			146.74	33.35	140.07	13.34	80.04	20.01		
	重		200.10		13.34	13.34	53.36							
	合计	1380.69	426.88	100.05	13.34	13.34	220.11	33.35	326.83	193.43	80.04	160.08	80.04	33.35

项目	花椒瘦蚊	白粉病	核桃干腐病	白绢病	核桃丛枝病	核桃叶斑病	黑斑病	毛毡病	炭疽病	枝枯病	松赤枯病	华山松煤污病	合计	
单位	金碧		13.34	66.70	13.34	13.34	13.34						1240.62	
	龙街		20.01										160.08	
	赵家店			66.70									360.18	
	新街				6.67					60.03			146.74	
	六苴							40.02					253.46	
	桂花											6.67	126.73	
	石羊		53.36	86.71									626.98	
	三岔河		20.01	13.34		53.36							386.86	
	三台		133.40	46.69			13.34	26.68	53.36				380.19	
	铁锁	26.68	40.02										193.43	
	县华													
	湾碧										66.70		140.07	
	合计	26.68	280.14	280.14	20.01	13.34	66.70	13.34	66.70	53.36	60.03	66.70	6.67	4015.34
危害程度	轻		260.13	100.05	13.34	13.34	66.70	13.34	66.70	53.36	60.03	66.70		2007.67
	中	26.68	20.01	146.74	6.67								6.67	1694.18
	重			33.35										313.49
	合计	26.68	280.14	280.14	20.01	13.34	66.70	13.34	66.70	53.36	60.03	66.70	6.67	4015.34

注:发生面积较小的种类归并后进行统计。

### 3.1.2 对数据获取及管理技术标准未做统一要求

管理系统的开发与实施,是实现林业有害生物普查内、外业一体化和普查工作电子化,为林业有害生物普查成果生成提供便利的手段<sup>[5]</sup>。由于原国家林业局并未对该项工作所采取的技术手段如图纸、坐标系、矢量数据格式、面积单位等做强制性统

一要求,各地采取的调查方法和管理系统不一,不利于后期数据处理及统计汇总。

### 3.2 地方层面

#### 3.2.1 调查技术落后

大姚县在此次林业有害生物普查工作现场踏查的过程中,采取的是常规调查方式,即利用纸质图



(比例尺 1 : 50 000 地形图或影像图)作为踏查线路的选择参考和区划发生范围的底图,利用 GPS 手持机辅助,现场人工勾绘分布范围、区划调查小班、手工编号并填写外业调查卡片,过程复杂,效率低下。

### 3.2.2 内业转绘、矢量化图班存在偏差

野外工作人员要制作手绘图,室内工作人员一般要将外业勾绘好小班的纸质图扫描,运用计算机地理信息系统专业软件(林业上一般用 ArcMap 10.2.2)将纸质图配准,再转绘野外小班进行矢量化,建立数据库,求算面积,补充完善调查因子,数据汇总统计,制作成果图等。但大姚县此次调查是用 AutoCAD 软件进行转绘,而且未设置坐标系,导致制作的全县成果图的图班空间位置误差大,标识的信息较少,质量不高。

### 3.2.3 普查人员专业素质普遍不足

大部分普查人员初涉普查工作,缺乏林业有害生物方面的专业知识,靠一两天的培训不能完全掌握普查技术要领,以致出现资料填写不规范,对标本的采集数量不够、不完整、不专业等情况。

### 3.2.4 普查质量不高

由于时间紧、任务重,在普查的过程中仅观察到部分林业有害生物症状和部分虫态标本,未能全面采集到各个虫态标本。另外,普查偏重于经济树种,对松科植物只局限于危险性有害生物的调查,普查得不深、不细。

## 4 对策或建议

### 4.1 提高认识,加强组织领导

各级政府应提高认识、高度重视该项工作,加强普查技术人员配备,由县林业和草原局定期举办培训班,重点培训林业有害生物普查的方法、重点、原则、标本制作、上报材料要求,以及地理信息系统软件 ArcMap10.2 和相关调查 App 使用的基本常识和常用功能,提升调查员相应业务水平,使其具备相应专业能力。

### 4.2 开发通用的专业 App

地理信息系统以其强大的空间数据管理、形象直观的应用界面、强大的空间处理能力已经成为林业领域相关工作的先进手段,在林业有害生物普查、监测预报以及科学、准确地防治这一领域具有良好的应用前景<sup>[7]</sup>。现在有软件开发公司已能按照新的技术规程要求,开发出专业林业有害生物普查 App,如北京地林伟业软件开发公司已成功开发出森林资源一类调查 App、森林资源二类调查 App、

年度林地变更 App,并在云南省已成功进行了推广使用,广受好评,但是收取的软件开发及维护费用是比较昂贵的。

### 4.3 应用奥维互动地图 App

通过分析研究,依托安装到智能手机上的基于 3S 技术和网络技术的奥维互动地图 App,深入挖掘该软件的相关功能,不必象采用专门开发的软件那样要支付昂贵的费用,应用到外业踏查过程中,可为调查人员提供目前最方便、最实用、最经济的调查手段。它可以提供准确的矢量基础数据,缩短后期的数据处理、汇总以及图、文、表等成果制作时间,提高工作效率。生成的矢量数据也可以与其它林业矢量数据相关联,以获得更多的空间地理信息和森林资源信息。与传统的调查方法相比,借助奥维互动地图 App 开展普查工作优势明显(表 2)。

表 2 采用奥维互动地图 App 与传统方法调查优劣对比

Tab. 2 Advantages and disadvantages of Ovi interactive map App and traditional survey method

序号	对比项	采用奥维互动地图 App 的调查方法	采用纸质地形图的传统调查方法
1	时效性	新近或实时更新	显示信息有限,不能更新
2	底图类型	常用天地图等高分辨率互联网卫星影像图,矢量化	常用 1 : 10000、1 : 25000 纸质地形图,需人工缩放
3	现地对照	实时定位,直观明了,地形地物分辨容易	地形不明显时定位困难,需较强外业调查经验和识图能力,区划误差大
4	底图购置费	免费,可在有 WIFI 信号时下载	新购约 2000 元一张,手续繁杂
5	地形图购置量	根据调查区域进行下载	需购置全县范围,但大部分都用不到
6	小班区划方式	触屏操作,用触屏笔可提高区划精度	一般用铅笔、橡皮进行手绘和修改
7	依托的终端	iPad 或智能手机等	纸质,提供的信息有限
8	操作难度	易于操作,上手容易	比较繁琐,难于掌握
9	相关因子的记录	在电子卡片上即时记录相关信息	在纸质图上或纸质卡片上手绘标注
10	现场携带难度	体积较小,携带方便	雨雪天气携带困难,容易损坏
11	与 ArcGIS 软件的对接	支持共同的文件格式,无缝对接	需要大量繁琐的配准及矢量化转绘工作
12	调查轨迹记录	可设置自动记录	凭经验记录
13	安全系数	网络公开,不涉密	涉嫌涉密
14	位置共享	轻易实现	无法实现
15	工作时心情	富有乐趣	枯燥乏味

## 5 结 语

林业有害生物监测与管理的许多环节都涉及空间信息成分和时间序列特性<sup>[9]</sup>。随着 3S 技术和便携式计算机软硬件技术的发展,基于 3S 研发的信息管理系统将对林业有害生物监测调查的工作方式带来革命性的转变<sup>[10]</sup>。专门开发的 App 虽然针对性强、功能齐全,能涵盖 PC 基础信息管理系统、移动终端外业调查系统的各个工作流程,但缺点也是显而易见的,系统需购置 iPad、PDA 等作为移动终端,所用影像资料需单独购买并涉密,不能使用在线地图,不具备实时定位等实用功能,携带不方便,经济性、便捷性、安全性等相较于奥维互动地图 App 大打折扣。鉴于此,将奥维互动地图 App 应用在今后林业有害生物普查中无疑是更好的选择。

## 参考文献:

- [1] 大姚县森林病虫害防治检疫站. 大姚县林业有害生物普查报告[R]. 2016.
- [2] 云南省林业厅. 云南省林业有害生物普查技术方案[S]. 2014.
- [3] 云南省林业厅. 云南省森林资源规划设计调查操作细则(2013年修订)[S]. 2014.
- [4] 郭应敏,覃家理. 巍山县第三次林业有害生物普查成果初报[J]. 林业调查规划,2017,42(3):104-107.
- [5] 刘军,张伟岩,刘侠,等. 基于移动 GIS 的林业有害生物普查信息管理系统研究与应用[J]. 中国森林病虫,2015,34(3):32-37.
- [6] 国家林业局森林病虫害防治总站. 林业有害生物防治技术[M]. 北京:中国林业出版社,2014:205-212.
- [7] 张迎. 基于移动 GIS 的县级林业有害生物监测管理信息系统研究与应用[D]. 石家庄:河北师范大学,2007.
- [8] 李金亮,叶彪,蒋伟昌,等. 奥维地图移动终端在林业生产中的使用方法[J]. 绿色科技,2017(21):170-172.
- [9] LIN H, PENG C H. Geographic information forestry: Problems and prospects[J]. Forestry Studies in China, 2000, 2(1):3748.
- [10] 刘敏,罗贤坤. 基于 GIS&GPS 的林业有害生物监测调查信息采集系统[J]. 湖南林业科技,2011,38(1):53-56.
- [1] 张灏,高忠权,高煦尧,等. 甲烷/空气预混湍流火焰的离子电流信号[J]. 西安交通大学学报,2021,55(5):10-17.
- [2] 马怡琳. 富氧气氛下层流预混火焰燃烧特性探析[J]. 城市建设理论研究(电子版),2020(16):92-93.
- [3] 王式兴,王智化,陈晨霖,等. 热流量法测量高压 CH<sub>4</sub>/O<sub>2</sub>/N<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub> 的层流火焰速度[J]. 燃烧科学与技术,2020,26(3):193-198.
- [4] 隋春杰,毕晓龙,张俊卿,等. 正庚烷/甲醇二元燃料层流火焰特性的数值模拟[J]. 能源化工,2020,41(3):29-37.
- [5] 边志坚,王金华,赵浩然,等. 氨/氢气湍流预混火焰传播特性实验研究[J]. 燃烧科学与技术,2020,26(6):551-557.
- [6] 尚融雪,高俊豪,杨悦,等. CO<sub>2</sub>/N<sub>2</sub> 稀释对 H<sub>2</sub>/CH<sub>4</sub> 层流火焰传播特性的影响[J]. 东北大学学报(自然科学版),2020,41(9):1321-1327.
- [7] 李玉艳,蒋榕培,李智鹏,等. C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>/N<sub>2</sub>O 预混气体的爆轰性能与火焰淬熄特性[J]. 高压物理学报,2020,34(4):166-174.
- [8] 杜宇婷,司荣军,薛少谦. 铝粉爆炸无火焰泄压技术及装备研究[J]. 中国安全生产科学技术,2020,16(4):132-136.
- [9] 向临川,王秋华,龙腾腾,等. 森林火灾燃烧产物研究概述[J]. 森林防火,2020(3):28-33.
- [10] 王全,赵涓涓. 海计算模式下的森林火焰识别算法[J]. 计算机工程与设计,2015,36(11):3019-3024.
- [11] 申小龙,周海芳,窦勇. 基于色彩特征的森林火灾火焰分割方法[J]. 计算机应用,2013,33(S2):197-199,223.
- [12] 朱晓好,严云洋,刘以安,等. 基于深度森林模型的火焰检测[J]. 计算机工程,2018,44(7):264-270.

责任编辑:刘平书

责任编辑:许易琦

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.02.013

## 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<sup>1</sup>, 涂俊超<sup>2</sup>, 王昌梅<sup>3</sup>, 赵云勇<sup>4</sup>, 董洪进<sup>2</sup>, 蒋波<sup>5</sup>

- (1. 云南省昆明市西山林场, 云南 昆明 650100; 2. 黄冈师范学院生物与农业资源学院, 湖北 黄冈 438000; 3. 昆明市东川区林业局种苗技术推广站, 云南 东川 654100;  
4. 昆明市东川区法者林场, 云南 东川 654100; 5. 云南省林业高级技工学校, 云南 昆明 650213)

**摘要:** 采取样线和样方相结合的方法, 对轿子山国家级自然保护区的保护植物资源现状展开全面调查。结果表明: 轿子山共有保护植物 35 种, 新增发现国家 II 级保护植物云南梧桐、箭叶大油芒和西藏杓兰; 珍稀濒危植物喜马拉雅红豆杉从原有 7 株增至 13 株; 攀枝花苏铁的种群数量通过人工扩繁和野外监测进一步增加, 其他保护植物的生存状况得到了不同程度的改善。基于此, 提出建立健全管护机构、各管理部门有效配合、适时开展本底资源调查等保护建议。

**关键词:** 保护植物; 攀枝花苏铁; 喜马拉雅红豆杉; 轿子山国家级自然保护区

中图分类号: S759.9; Q945.3; D922.68 文献标识码: A 文章编号: 1671-3168(2023)02-0075-05

引文格式: 王昌洪, 涂俊超, 王昌梅, 等. 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[J]. 林业调查规划, 2023, 48(2): 75-79, 153. doi: 10.3969/j.issn.1671-3168.2023.02.013

WANG Changhong, TU Junchao, WANG Changmei, et al. Survival Status and Protection Suggestions of Key Protected Plants in Jiaozishan National Nature Reserve[J]. Forest Inventory and Planning, 2023, 48(2): 75-79, 153. doi: 10.3969/j.issn.1671-3168.2023.02.013

## Survival Status and Protection Suggestions of Key Protected Plants in Jiaozishan National Nature Reserve

WANG Changhong<sup>1</sup>, TU Junchao<sup>2</sup>, WANG Changmei<sup>3</sup>, ZHAO Yunyong<sup>4</sup>, DONG Hongjin<sup>2</sup>,  
JIANG Bo<sup>5</sup>

- (1. Xishan Forest Farm, Kunming 650100, China; 2. College of Biology and Agricultural Resources, Huanggang Normal University, Huangzhou, Hubei 438000, China; 3. Seedling Technology Promotion Station of Dongchuan Forestry Bureau, Dongchuan, Yunnan 654100, China; 4. Fazhe Forest Farm, Dongchuan, Yunnan 654100, China; 5. Yunnan Forestry Senior Technical School, Kunming 650213, China)

**Abstract:** The comprehensive investigation was conducted on the current status of protected plant resources in Jiaozishan National Nature Reserve by line and square sampling methods. The results showed that there were 35 species of protected plants in the reserve, including newly discovered the national II-level protection plant *Firmiana major*, *Spodiopogon sagittifolius*, and *Cypripedium tibeticum*; the rare and

收稿日期: 2021-11-22.

基金项目: 云南轿子山国家级自然保护区综合科学考察项目(4530100HT202001201).

第一作者: 王昌洪(1976-), 男, 云南昆明人, 工程师. 从事林业调查、生态监测、珍稀濒危植物保护、自然资源和环境资源保护等工作.  
Email: 1255754984@qq.com

责任作者: 蒋波(1976-), 男, 云南昭通人, 硕士, 高级实习指导教师. 主要从事园林、园艺教育教学研究. Email: 1124343979@qq.com



endangered plants *Taxus wallichiana* increased from the original 7 strains to 13 strains; the populations of *Cycas panzhihuaensis* had further increased through artificial propagation and field monitoring, and the survival status of other protected plants had been improved to varying degrees. Therefore, this paper proposed to establish and improve management and protection institutions, effectively cooperate with various management departments, and timely carry out background resource surveys.

**Key words:** protected plant; *Cycas panzhihuaensis*; *Taxus wallichiana*; Jiaozishan National Nature Reserve

## 1 研究区域概况

云南轿子山国家级自然保护区位于昆明市北部禄劝彝族苗族自治县境内以及禄劝县和东川区交界处,滇中高原北部的普渡河中游河谷以及金沙江及其一级支流普渡河和小江环绕的拱王山中上部,由轿子山保护片区和与之相邻的普渡河片区组成,两片区直线距离 12 km。最高点位于主峰雪岭,海拔 4 344.1 m,是我国青藏高原以东地区海拔最高山地,也是北半球该纬度带上最高山地之一;最低点位于普渡河谷,海拔 1 100 m,海拔高差达 3 244.1 m。

轿子山所在山体属于拱王山系,处于中国—喜马拉雅植物区系与中国—日本植物区系分界的关键区域,在“云南省植物分区图”上属滇中高原区东北隅,在种子植物区系上具有明显的过渡性质。2009 年完成的第一次保护区综合科学考察记录有维管植物 154 科 507 属 1 611 种<sup>[1-2]</sup>,其中蕨类植物 15 科 31 属 94 种,裸子植物 7 科 11 属 20 种,被子植物 132 科 465 属 1 497 种,合计有种子植物 139 科 476 属 1 517 种。当时共发现国家级保护植物 9 种,其中,国家 I 级重点保护野生植物 2 种,国家 II 级重点保护野生植物 7 种<sup>[3]</sup>。

经过 10 余年的管护,保护植物的生存状况得到一定程度改善,调查发现了一些保护植物种类和分布点,为轿子山进一步开展保护工作提供指导,为其他保护区提供借鉴。

## 2 调查方法

为查清整个保护区的保护植物资源现状,更好地实施植物资源的保护和可持续利用,采取植物分类专家+保护区工作人员+护林员 3 方结合形式,通过长期调查、监测和野外巡护,对全区的保护植物资源现状展开全面联系跟踪调查,获取了相对全面的第一手数据。野外调查主要采取样线和样方相结合方法<sup>[4-5]</sup>。

样方和样线的设置主要依据重点保护对象和不

同生境,在 2015 年保护区能力建设项目中布设,共设置固定样方 18 个,固定样线 12 条,并在后期进一步丰富完善。调查过程中,通过采集植物标本和拍摄照片作为凭证,最后通过《云南植物志》《中国植物志》《Flora of China》完成物种鉴定。

## 3 结果分析

基于近 10 余年的调查总结,参照《国家重点野生保护植物名录》(国家林业局和农业部,2021 年)、《云南省第一批省级重点保护野生植物名录》(1989 年),统计得出轿子山共有保护植物 35 种(表 1)。

## 4 保护植物生存状况与分布

### 4.1 攀枝花苏铁

攀枝花苏铁是国家 I 级保护植物,仅见于云南北部和四川西南部的金沙江及支流河谷,也是轿子山自然保护区的重点保护对象之一<sup>[6-8]</sup>。在保护区范围内,仅见于金沙江一级支流普渡河两侧河谷的狭小范围内。经调查,保护区内的攀枝花苏铁仅剩 338 株,保护区成立以来,随着资源管护力度的不断加强,各种繁育措施的推动落实,保护区的攀枝花苏铁种群数量由原来的 338 株恢复至 3 565 株,成效显著。结合保护管理的实际需要,建立攀枝花苏铁保育回归基地(小播乐)、攀枝花苏铁示范种植基地(大渣)各 1 处<sup>[9,25]</sup>。将流落民间生境条件差,且栽植雌雄搭配不当的攀枝花苏铁植株进行移植回归保护。对农户管护情况和生境较好的进行挂牌保护,明确所有权属于保护区,农户具有管理权,每年给予农户一定的管护费用。

### 4.2 喜马拉雅红豆杉

喜马拉雅红豆杉是国家 I 级保护植物,在喜马拉雅和横断山区山地均有分布,但因人为砍伐和环境破坏,目前许多野生居群均被毁灭。在保护区内原记录仅有 7 株,目前经过大范围调查,增至 13 株。

表 1 轿子山保护植物名录及分布  
Tab. 1 List and distribution of protected plants in Jiaozi Mountain

植物名	所属科	保护级别	原有分布点	新增分布点
攀枝花苏铁 <i>Cycas panzihuaensis</i>	Cycadaceae	国家 I 级	普渡河	
斑叶杓兰 <i>Cypripedium margaritaceum</i>	Orchidaceae	国家 II 级	轿子雪山平箐	雪岭
离萼杓兰 <i>Cypripedium plectrochilum</i>	Orchidaceae	国家 II 级	转龙大工山	
西藏杓兰 <i>Cypripedium tibeticum</i>	Orchidaceae	国家 II 级		雪岭
乌蒙杓兰 <i>Cypripedium wumengense</i>	Orchidaceae	国家 II 级	轿子雪山何家村	
紫金龙 <i>Dactylicapnos scandens</i>	Papaveraceae	云南省 III 级	乌蒙乡	中槽子
异颖草 <i>Deyeuxia petelotii</i>	Poaceae	国家 II 级	九龙沟、老炭房	
金荞麦 <i>Fagopyrum dibotrys</i>	Polygonaceae	国家 II 级	九龙沟	
云南梧桐 <i>Firmiana major</i>	Sterculiaceae	国家 II 级		普渡河
卷叶贝母 <i>Fritillaria cirrhosa</i>	Liliaceae	国家 II 级	轿子雪山箐门口	
西南手参 <i>Gymnadenia orchidis</i>	Orchidaceae	国家 II 级	白石崖	
土连翘 <i>Hymenodictyon flaccidum</i>	Rubiaceae	云南省 III 级	普渡河	
西康玉兰 <i>Magnolia wilsonii</i> <sup>[16-18]</sup>	Magnoliaceae	国家 II 级	九龙沟、大厂	燕子洞
高河菜 <i>Megacarpaea delavayi</i>	Brassicaceae	云南省 II 级	白石崖	舒姑槽子、轿顶、雪岭
甘松香 <i>Nardostachys jatamansi</i>	Valerianaceae	国家 II 级	白石崖	
美丽芍药 <i>Paeonia mairei</i> <sup>[22-23]</sup>	Paeoniaceae	云南省 II 级	红土地镇新羊	马鬃岭
珠子参 <i>Panax japonicus</i> var. <i>major</i>	Araliaceae	国家 II 级	四方井至大羊窝途中	
平当树 <i>Paradombeya sinensis</i> <sup>[21]</sup>	Sterculiaceae	国家 II 级	普渡河	
金线重楼 <i>Paris delavayi</i> <sup>[24]</sup>	Liliaceae	国家 II 级	干箐垭口至小横山途中	
禄劝花叶重楼 <i>Paris luquanensis</i> <sup>[24]</sup>	Liliaceae	国家 II 级、云南省 III 级	乌蒙乡乐作尼、乌蒙乡杨家村	
毛重楼 <i>Paris mairei</i> <sup>[24]</sup>	Liliaceae	国家 II 级	轿子雪山	
狭叶重楼 <i>Paris polyphylla</i> var. <i>stenophylla</i> <sup>[24]</sup>	Liliaceae	国家 II 级	乌蒙乡乐作尼	
滇重楼 <i>Paris polyphylla</i> var. <i>yunnanensis</i> <sup>[24]</sup>	Liliaceae	国家 II 级	轿子雪山新山垭口、书姑至马鬃岭途中磨当丘	
白花独蒜兰 <i>Pleione albiflora</i>	Orchidaceae	国家 II 级	轿子雪山平箐	
独蒜兰 <i>Pleione bulbocodioides</i>	Orchidaceae	国家 II 级	轿子雪山	
云南独蒜兰 <i>Pleione yunnanensis</i>	Orchidaceae	国家 II 级	轿子雪山	
卷叶黄精 <i>Polygonatum cirrhifolium</i>	Liliaceae	国家 II 级	轿子雪山大坪子、石崖子、书姑至马鬃岭途中磨当丘	
金铁锁 <i>Psammosilene tunicoides</i> <sup>[19-20]</sup>	Caryophyllaceae	国家 II 级	舒姑至马鬃岭	九龙沟
圆叶杜鹃 <i>Rhododendron williamsianum</i>	Apiaceae	国家 II 级	大海至马鬃岭	
箭叶大油芒 <i>Spodiopogon sagittifolius</i>	Poaceae	国家 II 级		普渡河
毛核木 <i>Symphoricarpos sinensis</i>	Caprifoliaceae	云南省 III 级	花椒园	
喜马拉雅红豆杉 <i>Taxus wallichiana</i>	Taxaceae	国家 I 级	中槽子	
红椿 <i>Toona ciliata</i>	Meliaceae	国家 II 级	普渡河	
丁茜 <i>Trailliaedoxa gracilis</i> <sup>[15]</sup>	Rubiaceae	云南省 III 级	普渡河	
穿心葑子蕨 <i>Triosteum himalayanum</i>	Caprifoliaceae	云南省 III 级	马鬃岭	

#### 4.3 分布于高山的保护植物

分布于高山(海拔 3 500 m 以上)的保护植物有

星叶草、高河菜、穿心葑子蕨、喜马拉雅红豆杉。其中喜马拉雅红豆杉为国家 I 级保护植物,在轿子山

的中槽子中出现,此前的记录中仅有 7 株,目前随着调查范围的扩大增至 13 株;此前从未发现过的云南省Ⅲ级保护植物星叶草也出现了,进一步说明了该地区的物种多样性日趋丰富;高河菜为云南省Ⅱ级保护植物,原大多分布在白石崖地区,如今在舒姑槽子、轿顶、雪岭三地也有发现,说明近年来在该地区的保护初显成效;穿心蕈子蕨为云南省Ⅲ级保护植物,目前仅在马鬃岭地区出现。

喜马拉雅红豆杉的分布范围窄,数量稀少<sup>[10-11]</sup>,对于生存环境要求也比较严苛。喜马拉雅红豆杉如此珍贵还有一个重要原因就是其药用价值很高,对于癌症患者和肿瘤患者而言尤为珍贵。其含有的紫杉醇成分可以治疗部分癌症、肿瘤及类风湿性关节炎。喜马拉雅红豆杉分布的海拔范围为 2 931~3 248 m,郁闭度为 0.2~0.85,盖度为 65%~99%,土壤 pH 为 5.72~5.82。坡向分布西坡较多,坡度斜坡较多,坡位中坡较多,土壤均为紫色。喜马拉雅红豆杉的干扰因素为放牧,干扰程度为中度,容易导致喜马拉雅红豆杉处于亚健康状态,无干扰的情况下喜马拉雅红豆杉长势良好处于健康状态<sup>[12]</sup>。

#### 4.4 分布于中低山地的保护植物

分布于中低山地(海拔 1 500~3 500 m)的植物种类最多,分别为扇蕨、金荞麦、西康玉兰、金铁锁、异颖草、美丽芍药、紫金龙、毛核木、禄劝花叶重楼。其中禄劝花叶重楼同时也是云南省的极小种群物种,目前仅记录于模式产地和附近的四川凉山州,另外在普渡河谷还发现另一种极小种群物种——云南梧桐。云南梧桐为我国特有的珍稀濒危植物,曾被认为已经野外灭绝,2004 年在四川攀枝花苏铁自然保护区发现了近 200 株,2017 年中国科学院昆明植物研究所的研究人员在宁蒗县和元谋县金沙江干热河谷区域发现了两个云南梧桐野外种群,其中宁蒗居群有千余株,在普渡河谷也发现少数的局部残存。毛核木仅有 2 号历史标本,暂未重新发现。美丽芍药从云南东北部延伸至陕西秦岭,但云南的标本记录较少,在马鬃岭新发现的分布点是保护区内的重要补充。西康玉兰此前在保护区内仅在九龙沟至大厂有记录,在燕子洞附近的河谷岸边新发现数株。其余种类虽然是保护植物,但均在云南高原较为常见,生存状况良好。金铁锁为国家Ⅱ级保护植物,开始记录在舒姑至马鬃岭一带地区,目前在九龙沟地区发现新增金铁锁。紫金龙也新增至两个发现点乌蒙乡和中槽子,云南省Ⅲ级保护植物毛核木及国家Ⅱ级、云南省Ⅲ级保护植物禄劝花叶重楼的发现地

点在这次调查中均无变化。

#### 4.5 分布于河谷的保护植物

河谷地区指海拔 1 100 m 以下的低中山峡谷地段,属低纬度高原季风气候<sup>[13-14]</sup>,主要气候特征为高温、干旱和少雨,气温年较差小,日较差大,垂直差异大,水平差异小,干湿季明显,雨热基本同季,光热资源丰富,气候湿润且温暖,植被茂密,而背风坡的河谷则比较干燥。河谷地形奇特,气候丰富,存在的干扰因素较少。

在轿子山地区分布于河谷(海拔 1 500 m 以下)的保护植物有攀枝花苏铁、丁茜<sup>[15]</sup>、平当树、红椿、箭叶大油芒、土连翘,虽然种类不多,但分布密度和保护价值极高,12 种国家级保护植物中有 6 种分布于普渡河谷保护区范围内的狭小区域。低海拔河谷区域植物多样性相对丰富,人为影响较小,更适应植物多样性的发展。对于这类保护植物大多采用人工培育的方式来增加种群数量。

#### 4.6 保护植物分布规律

依据调查数据可以看出,保护植物物种数与海拔、生境存在一定关系(图 1,图 2)。在海拔 1 000~1 500 m 区域,保护植物物种数与海拔增长呈负相关趋势,其原因在于人为因素影响造成物种数下降;在海拔 1 500~3 000 m 区域,保护植物物种数明显与海拔增长呈正相关趋势,因在此范围内人为活动逐渐减少,人为干扰因素降低,植物物种数得以增长;在海拔 >3 000 m 区域,保护植物物种数与海拔增长再次呈负相关趋势,因在此范围内环境因素的影响逐渐增大,植物在高海拔区域的适应性逐渐减弱,以至于植物物种数降低,人为因素影响可忽略不计。

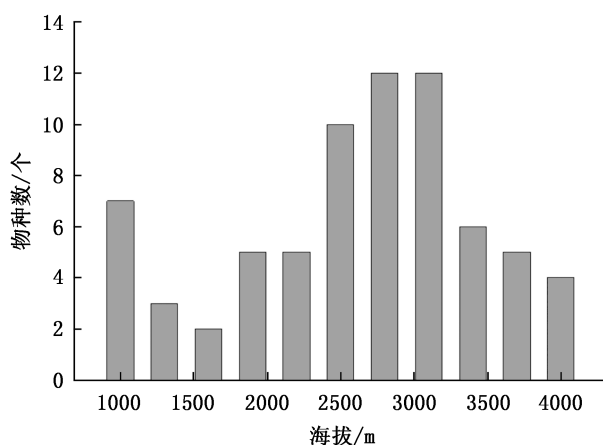


图 1 保护植物与海拔的相关性

Fig. 1 Correlation between protected plants and altitudes



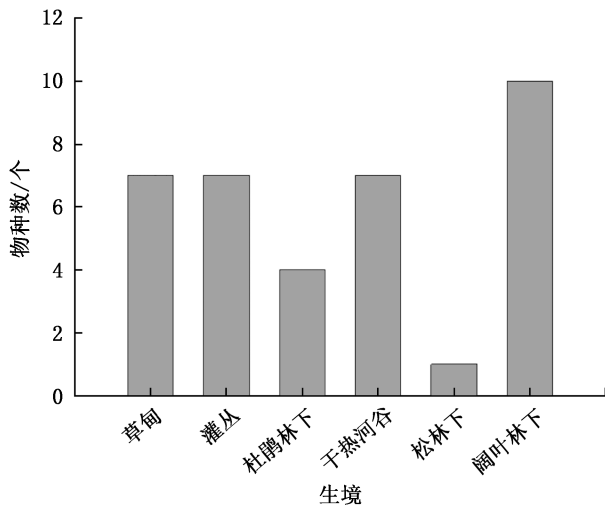


图 2 保护植物与生境的相关性

Fig. 2 Correlation between protected plants and habitats

#### 4.7 相关物种

此次调查发现 3 个新纪录的保护植物:云南梧桐、箭叶大油芒和西藏杓兰,在 2021 年《中国国家重点保护野生植物名录》中为国家 II 级保护植物。星叶草和扇蕨是这次调查到的保护区新记录种,按照原来的保护植物名录是国家 II 级保护植物,虽然目前不再作为国家级保护,但依然是极为珍稀具有区系特色的植物,因此也是对轿子山植物多样性的有力补充。

### 5 保护建议

此次调查结果表明,轿子山自然保护区保护植物多样性有一定程度的增加,直接体现了轿子山生态环境正在逐步优化。但从数据上可以看出,人为影响仍是限制植物物种多样性和分布范围的主要因素。如何有效地治理环境并提高环境质量成为现今应探讨的话题。

1) 建立健全管护机构,合理配置巡护管理人员,划定巡护管理责任区,强化巡护管理,提升巡护频率,做到巡护不留死角、不留盲区;积极推动保护区的立法工作,实现保护区“一区一法”;使保护区的建设和保护有法可依,实现保护区法制化建设和保护管理。积极组织开展保护区各项法律法规的宣传活动,提升保护区周边群众的保护意识。

2) 各管理部门需要进行有效配合,落实相关管理措施,履行管理职责。有关部门应依照相关自然保护区管理规定,建立完善各项管理制度,加大日常巡逻监测力度,经常开展普法教育,严格管理相关审

批事项,坚持责任到人。

3) 适时开展本底资源调查,摸清攀枝花苏铁、须弥红豆杉的种群数量及生长状况,对保护区内原生状态下的植株进行定位挂牌保护<sup>[25-26]</sup>。同时,为制定科学合理的保护规划行动提供理论基础依据。科研与保护并重,在保护好现有资源的基础上积极开展科学研究,以科研促进保护,不断提升保护区的管理能力和保护水平。

4) 相关部门应加强相关建设项目的监督管理。建设项目或工程应尽量避免在自然保护区相关地域进行施工。凡是在保护区施工的,相关管理机构需对其进行严格管理,对全过程进行监督,尤其对其环评文件进行严格审查,不达标不予以批准施工。

5) 积极推动保护区全面禁牧工作的实施,市检察院牵头成立公益诉讼基地,由东川区、禄劝县分别在管护局挂牌成立公益诉讼工作室,对保护区违规放牧、破坏自然资源和自然环境的行为提起公益诉讼。

#### 参考文献:

- [1] 吴征镒. 云南种子植物名录[M]. 昆明:云南人民出版社,1984.
- [2] 彭华,刘恩德. 云南轿子山国家级自然保护区[M]. 北京:中国林业出版社,2015.
- [3] 郑静楠,华朝朗,郑进烜,等. 云南省重点保护野生植物资源现状与保护对策[J]. 福建林业科技,2021,48(2): 102-108.
- [4] 郑进烜,王勇,蔡文婧,等. 云南省重点保护野生植物人工培植利用调查[J]. 绿色科技,2021,23(9):117-121.
- [5] 李晋,晁增华,徐吉洪,等. 云南省自然保护地资源现状及保护价值评估[J]. 林业调查规划,2021,46(2):83-88.
- [6] 胡春相. 攀枝花苏铁人工育苗初探[J]. 现代园艺,2020,43(1):81-82.
- [7] 王昌洪,赵云勇,范锦绣,等. 云南普渡河攀枝花苏铁群落特征[J]. 林业调查规划,2016,41(4):32-34,39.
- [8] 郑毅,伍斌,余志祥,等. 攀枝花苏铁植物内生真菌多样性的初步研究[J]. 生命科学研究,2013,17(5):406-411,420.
- [9] 杨永,陈家瑞. 攀枝花苏铁的回归[J]. 生命世界,2012(6):44-45.
- [10] 侯潇莱,赵文涛,安毅鹏,等. 不同因素对喜马拉雅红豆杉扦插成活的影响[J]. 高原农业,2020,4(3):259-262,309.

(下转第 153 页)

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.02.014

## 双柏恐龙河州级自然保护区种子植物区系特征

郑进烜<sup>1</sup>, 郑静楠<sup>1</sup>, 余昌元<sup>1</sup>, 王焕冲<sup>2</sup>, 蔡文婧<sup>1</sup>, 蒋丽华<sup>1</sup>

(1. 云南省林业调查规划院, 云南 昆明 650051; 2. 云南大学, 云南 昆明 650051)

**摘要:**选择典型线路和地段对云南双柏恐龙河州级自然保护区进行系统的植物区系考察,从科、属、种对种子植物区系特征进行研究。结果表明,保护区植物种类丰富,共记录有维管束植物 192 科 736 属 1 204 种(含种下等级);保护区地理位置特殊,从南北而言是东亚植物区与古热带植物区的南北交汇区域,东西方向属于中国—喜马拉雅植物区系和中国—日本森林植物区系交汇过渡区域;保护区植物区系是东亚植物区系的一部分,具有明显的热带性质,呈热带植物区系和亚热带、温带植物区系交汇的特点。

**关键词:**种子植物;植物区系;区系特征;双柏恐龙河州级自然保护区

中图分类号:S759.9;Q948.5 文献标识码:A 文章编号:1671-3168(2023)02-0080-05

引文格式:郑进烜,郑静楠,余昌元,等. 双柏恐龙河州级自然保护区种子植物区系特征[J]. 林业调查规划,2023,48(2):80-84. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.02.014

ZHENG Jinxuan, ZHENG Jingnan, YU Changyuan, et al. Floristic Characteristics of Seed Plants in Shuangbai Konglonghe Nature Reserve[J]. Forest Inventory and Planning, 2023, 48(2):80-84. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.02.014

## Floristic Characteristics of Seed Plants in Shuangbai Konglonghe Nature Reserve

ZHENG Jinxuan<sup>1</sup>, ZHENG Jingnan<sup>1</sup>, YU Changyuan<sup>1</sup>, WANG Huanchong<sup>2</sup>,  
CAI Wenjing<sup>1</sup>, JIANG Lihua<sup>1</sup>

(1. Yunnan Institute of Forest Inventory and Planning, Kunming 650051, China;  
2. Yunnan University, Kunming 650091, China)

**Abstract:** The typical routes and sections were selected to conduct a systematic survey of the flora in Shuangbai Konglonghe Nature Reserve, and study the floristic characteristics of seed plants from species, genera and families. The results showed that the reserve was rich in plant species, with a total of 1 204 species of vascular plants in 736 genera and 192 families recorded (including subspecies grades); the reserve had a special geographical location, which was the north-south intersection area of East Asian flora and Paleotropical flora from north to south, and the intersection and transition area of Sino-Himalayan flora and Sino-Japanese flora from east to west; the flora of the reserve was a part of East Asian flora, with obvious tropical nature, showing the convergence of tropical flora, subtropical and temperate flora.

**Key words:** seed plants; flora; floristic characteristics; Shuangbai Konglonghe Nature Reserve

收稿日期:2021-09-16.

第一作者: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、自然保护区和湿地保护研究工作. Email:zjx3410@163.com

责任作者:王焕冲(1980-),男,云南鹤庆人,博士,副教授.主要从事植物分类研究工作. Email:hchwang@ynu.edu.cn

植物区系是指一定区域或国家所有植物种类的总和,是植物界在一定的自然地理条件下,特别是在自然历史条件综合作用下发展演化的结果<sup>[1-3]</sup>。开展某一特定区域的植物区系研究,对于揭示和解决植物系统学、植物地理学和植物保护等方面具有重要的意义。双柏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,于 2003 年经楚雄州人民政府批准成立,是保护以国家重点保护动物绿孔雀(*Pavo muticus*)、黑颈长尾雉(*Symaticus humiae*)、白腹锦鸡(*Chrysolophus amherstiae*)、滇南苏铁(*Cycas diannanensis*)、千果榄仁(*Terminalia myriocarpa*)、桫欏(*Alsophila spinulosa*)等为代表的珍稀濒危野生动植物资源及其栖息地为主的野生动植物类型的小型自然保护区。保护区野生植物资源丰富,研究该区域种子植物区系的地理成分,可为进一步研究滇中高原小区和滇南、滇西南小区交汇地带的植物区系起源、演化和野生植物资源保护管理奠定基础,促进区域植物多样性保护。

## 1 自然地理概况

双柏恐龙河州级自然保护区(以下简称“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″和东经 101°9′55.3″~101°24′43.9″之间,总面积 10 391.0 hm<sup>2</sup><sup>[2]</sup>。保护区及其周边地区位于双柏县西部,属哀牢山北段,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 以上的山地地区为温带季风气候,寒凉多雨。保护区内分布有紫色土和红壤 2 个土类,在空间分布上表现出与等高线平行的垂直带状分布。

按照《云南植被》<sup>[5]</sup>和《中国植被》<sup>[6]</sup>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. *Castanopsis 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 truticosa*)、滇榄仁灌草丛(Form. *Terminalia franchetii*)等群系为主。

## 2 研究方法

本次调查野外作业于旱季(2019 年 4 月)和雨季(2019 年 8 月)分两次开展。在保护区范围内选择典型线路和地段进行系统的标本采集和考察。对所采标本依据《中国植物志》<sup>[7]</sup>《中国高等植物图鉴》<sup>[8]</sup>《云南植物志》<sup>[9]</sup>《云南树木志》<sup>[10]</sup>《四川植物志》<sup>[11]</sup>《贵州植物志》<sup>[12]</sup>等文献资料进行鉴定。结合查阅相关保护区历史资料,编写保护区维管束植物名录,运用吴征镒确定的科、属分布区类型方法<sup>[13-16]</sup>进行统计与排序。

## 3 结果与分析

### 3.1 植物物种多样性

保护区共记录有维管束植物 1 204 种(含种下等级),隶属于 192 科 736 属。其中:蕨类植物 30 科 57 属 103 种,裸子植物 5 科 8 属 9 种,被子植物 157 科 671 属 1 092 种(表 1)。基于现有植物种类及其种子植物区系所做的统计分析,已基本可以揭示该地区种子植物区系的组成、特点、性质和地位。

表 1 保护区维管植物科、属、种统计

Tab. 1 Statistics of species, genera and families of vascular plants in nature reserve

维管植物	科	属	种
蕨类植物	30	57	103
裸子植物	5	8	9
被子植物	157	671	1092
合计	192	736	1204

### 3.2 科的组成及区系特征

#### 3.2.1 科的组成

保护区目前记载维管束植物 192 科(基于秦仁昌系统(蕨类)、郑万钧系统(裸子植物)和哈钦松系统(被子植物))。以科为单位,包含属的数量最多类群是禾本科(Gramineae),共统计到 50 个属,占有维管束植物属数的 7.15%,这与保护区地处干热河



谷的特点密切相关。其次是菊科 (Compositae), 与禾本科相当, 共有 47 个属, 占有维管束植物属数的 6.72%; 蝶形花科 (Papilionaceae) 有 32 个属, 占有维管束植物属数的 4.58%; 大戟科 (Euphorbiaceae) 和唇形科 (Labiatae) 均有 23 个属, 占有维

管束植物属数的 3.29%; 其余的科所含属数均在 20 个以下。从科所含物种数来看, 含 31 个物种以上的仅有 5 个科, 含 11~30 个物种的有 20 个科, 含 2~10 个物种的有 120 个科, 仅含 1 个物种的有 47 个科 (表 2)。

表 2 保护区维管植物科组成统计

Tab. 2 Composition of vascular plant families in nature reserve

数量	科名 (属数、种数)
含 31 个物种以上的科	大戟科 Euphorbiaceae (23, 40), 蝶形花科 Fabaceae (32, 61), 菊科 Compositae (47, 71), 唇形科 Labiatae (23, 39), 禾本科 Poaceae (50, 76)。
含 11~30 个物种的科	蹄盖蕨科 Athyriaceae (6, 12), 樟科 Lauraceae (8, 19), 毛茛科 Ranunculaceae (5, 14), 葫芦科 Cucurbitaceae (8, 11), 锦葵科 Malvaceae (9, 13), 蔷薇科 Rosaceae (16, 27), 壳斗科 Fagaceae (4, 17), 桑科 Moraceae (4, 15), 荨麻科 Urticaceae (10, 16), 葡萄科 Vitaceae (5, 11), 萝藦科 Asclepiadaceae (13, 13), 茜草科 Rubiaceae (16, 21), 茄科 Solanaceae (5, 11), 旋花科 Convolvulaceae (7, 11), 玄参科 Scrophulariaceae (11, 14), 爵床科 Acanthaceae (13, 16), 马鞭草科 Verbenaceae (8, 15), 百合科 Liliaceae (10, 14), 兰科 Orchidaceae (13, 13), 莎草科 Cyperaceae (6, 12)。
含 2~10 个物种的科	石松科 Lycopodiaceae (3, 3), 卷柏科 Selaginellaceae (1, 6), 木贼科 Equisetaceae (2, 3), 里白科 Gleicheniaceae (1, 2), 海金沙科 Lygodiaceae (1, 2), 碗蕨科 Dennstaedtiaceae (1, 3), 凤尾蕨科 Pteridaceae (2, 9), 中国蕨科 Sinopteridaceae (5, 8), 铁线蕨科 Adiantaceae (1, 6), 裸子蕨科 Hemionitidaceae (2, 2), 肿足蕨科 Hypodematiaceae (1, 1), 金星蕨科 Thelypteridaceae (4, 8), 铁角蕨科 Asplenaceae (2, 5), 乌毛蕨科 Blechnaceae (2, 3), 鳞毛蕨科 Dryopteridaceae (3, 6), 骨碎补科 Davalliaceae (2, 2), 水龙骨科 Polypodiaceae (5, 9), 槲蕨科 Drynariaceae (2, 3), 柏科 Cupressaceae (2, 2), 松科 Pinaceae (2, 3), 杉科 Taxodiaceae (2, 2), 木兰科 Magnoliaceae (2, 2), 五味子科 Schisandraceae (2, 3), 番荔枝科 Annonaceae (3, 3), 小檗科 Berberidaceae (2, 4), 防己科 Menispermaceae (5, 5), 胡椒科 Piperaceae (2, 5), 金粟兰科 Chloranthaceae (2, 2), 紫堇科 Fumariaceae (2, 2), 山柑科 Capparaceae (2, 3), 十字花科 Cruciferae (7, 9), 堇菜科 Violaceae (1, 4), 远志科 Polygalaceae (2, 4), 石竹科 Caryophyllaceae (5, 7), 粟米草科 Molluginaceae (2, 2), 马齿苋科 Portulacaceae (2, 2), 蓼科 Polygonaceae (3, 10), 藜科 Chenopodiaceae (1, 2), 苋科 Amaranthaceae (5, 9), 牻牛儿苗科 Geraniaceae (1, 2), 酢浆草科 Oxalidaceae (2, 2), 凤仙花科 Balsaminaceae (1, 4), 千屈菜科 Lythraceae (3, 5), 柳叶菜科 Onagraceae (2, 3), 瑞香科 Thymelaeaceae (2, 2), 山龙眼科 Proteaceae (1, 2), 海桐科 Pittosporaceae (1, 2), 西番莲科 Passifloraceae (2, 3), 秋海棠科 Begoniaceae (1, 3), 山茶科 Theaceae (6, 9), 水东哥科 Saurauaceae (1, 2), 桃金娘科 Myrtaceae (3, 5), 野牡丹科 Melastomataceae (2, 5), 使君子科 Combretaceae (2, 4), 金丝桃科 Hypericaceae (2, 6), 椴树科 Tiliaceae (4, 8), 梧桐科 Sterculiaceae (4, 9), 鼠刺科 Iteaceae (1, 2), 绣球花科 Hydrangeaceae (3, 3), 苏木科 Caesalpiniaceae (4, 9), 含羞草科 Mimosaceae (3, 7), 黄杨科 Buxaceae (2, 2), 杨梅科 Myricaceae (1, 2), 桦木科 Betulaceae (4, 6), 卫矛科 Celastraceae (4, 5), 山柚子科 Opiliaceae (2, 2), 桑寄生科 Loranthaceae (3, 4), 鼠李科 Rhamnaceae (9, 9), 胡颓子科 Elaeagnaceae (1, 3), 芸香科 Rutaceae (6, 6), 楝科 Meliaceae (5, 5), 无患子科 Sapindaceae (4, 4), 泡花树科 Meliosmaceae (1, 2), 清风藤科 Sabiaceae (2, 4), 漆树科 Anacardiaceae (8, 10), 胡桃科 Juglandaceae (4, 5), 山茱萸科 Cornaceae (1, 2), 五加科 Araliaceae (6, 7), 天胡荽科 Hydrocotylaceae (2, 2), 伞形科 Umbelliferae (9, 10), 杜鹃花科 Ericaceae (6, 10), 越桔科 Vacciniaceae (4, 8), 柿树科 Ebenaceae (1, 2), 紫金牛科 Myrsinaceae (5, 10), 山矾科 Symplocaceae (1, 2), 醉鱼草科 Buddlejaceae (1, 3), 木樨科 Oleaceae (3, 5), 夹竹桃科 Apocynaceae (5, 6), 杠柳科 Periplocaceae (3, 3), 忍冬科 Caprifoliaceae (4, 7), 败酱科 Valerianaceae (2, 3), 龙胆科 Gentianaceae (4, 7), 报春花科 Primulaceae (2, 5), 蓝雪科 Plumbaginaceae (2, 2), 车前科 Plantaginaceae (1, 2), 桔梗科 Campanulaceae (4, 4), 半边莲科 Lobeliaceae (2, 4), 紫草科 Boraginaceae (6, 8), 苦苣苔科 Gesneriaceae (7, 8), 紫葳科 Bignoniaceae (4, 4), 鸭跖草科 Commelinaceae (5, 10), 芭蕉科 Musaceae (2, 2), 姜科 Zingiberaceae (4, 4), 美人蕉科 Cannaceae (1, 2), 菝葜科 Smilacaceae (1, 3), 天南星科 Araceae (6, 9), 石蒜科 Amaryllidaceae (2, 2), 薯蓣科 Dioscoreaceae (1, 7), 仙茅科 Hypoxidaceae (2, 2)。
含 1 个物种的科	瘤足蕨科 Plagiogyriaceae, 桫欏科 Cyatheaceae, 稀子蕨科 Monachosoraceae, 鳞始蕨科 Lindsaeaceae, 姬蕨 Hypolepidaceae, 蕨科 Pteridiaceae, 肾蕨科 Nephrolepidaceae, 蕨科 Marsileaceae, 苏铁科 Cycadaceae, 买麻藤科 Gnetales, 莲叶桐科 Hernandiaceae, 金鱼藻科 Ceratophyllaceae, 木通科 Lardizabalaceae, 马兜铃科 Aristolochiaceae, 三白草科 Saururaceae, 景天科 Crassulaceae, 虎耳草科 Saxifragaceae, 茅膏菜科 Droseraceae, 商陆科 Phytolaccaceae, 亚麻科 Linaceae, 蒺藜科 Zygophyllaceae, 八宝树科 Sonneratiaceae, 紫茉莉科 Nyctaginaceae, 马桑科 Coriariaceae, 大风子科 Flacourtiaceae, 天料木科 Samydaceae, 仙人掌科 Cactaceae, 毒药树科 Sladeniaceae, 藤黄科 Guttiferae, 木棉科 Bombacaceae, 金虎尾科 Malpighiaceae, 杨柳科 Salicaceae, 榛科 Corylaceae, 大麻科 Cannabidaceae, 铁青树科 Olacaceae, 檀香科 Santalaceae, 苦木科 Simaroubaceae, 橄榄科 Burseraeae, 翅子藤科 Hippocrateaceae, 九子母科 Podoaceae, 鞘柄木科 Toricelliaceae, 八角枫科 Alangiaceae, 川续断科 Dipsacaceae, 菟丝子科 Cuscutaceae, 雨久花科 Pontederiaceae, 龙舌兰科 Agavaceae, 箭根薯科 Taccaceae。

保护区有些科虽然所含的属、种数不多,但其在本地区植被区系中占有重要地位,往往是建群种或优势种,如松科、壳斗科、杜鹃花科、八角科等科的种类,对当地植物区系的形成和演替具有重要意义。

### 3.2.2 科的区系特征

依据吴征镒等学者对种子植物科的区系类型划分原则,将双柏恐龙河保护区内所有种子植物的 162 科划分为 11 种类型及变型(表 3)。热带分布的科有 61 个,占总科数的 37.65%,是该区分布科最多的一种类型;世界分布的科有 42 个,占保护区总科数的 25.93%,是该区分布科除热带分布外最多一种类型;北温带分布的科有 21 个,占总科数的 12.96%。东亚(热带、亚热带)及热带南美间断分布的科有 12 个,占总科数的 7.41%;旧世界热带和东亚及北美间断分布各有 7 个科,各占总科数的 4.32%;热带亚洲至热带大洋洲和热带亚洲(即热带东南亚至印度—马来,太平洋诸岛)分布的各有 4 科,旧世界温带分布为 2 科,热带亚洲至热带非洲和东亚分布的分别为杜鹃花科和鞘柄木科。世界广布 42 科、热带分布 89 科和温带分布 31 科,分别占总科数的 25.93%、54.94%和 19.13%。科的热带与温带成分之比为 2.87:1,说明该区系以热带分布的科所占比例较大,并以热带科占优势,呈热带性质较强的植物区系特征。

表 3 保护区种子植物区系科的分布区类型

Tab. 3 Areal types of seed plant flora families in nature reserve

科的分布区类型	科数	占比/%
1 世界广布	42	25.93
2 泛热带	61	37.65
3 东亚(热带、亚热带)及热带南美间断	12	7.41
4 旧世界热带	7	4.32
5 热带亚洲至热带大洋洲	4	2.47
6 热带亚洲至热带非洲	1	0.62
7 热带亚洲(即热带东南亚至印度—马来,太平洋诸岛)	4	2.47
热带分布科合计(2—7)	89	54.94
8 北温带	21	12.96
9 东亚及北美间断	7	4.32
10 旧世界温带	2	1.23
14 东亚	1	0.62
温带分布科合计(8—14)	31	19.13
合计	162	100.00

### 3.3 属的组成及区系特征

#### 3.3.1 属的组成

保护区共记录维管束植物 736 属,出现种数超过 5 个种的有 8 属,分属 8 个科,占全部属数的 1.08%。这 8 个属共包含 63 个物种,占全部物种数的 5.23%。其中:被子植物的榕属(*Ficus*)所包含物种数最多,为 11 个物种;其次是凤尾蕨属(*Pteris*)、悬钩子属(*Rubus*)和香薷属(*Elsholtzia*),均含 8 个物种;山胡椒属(*Lindera*)、蓼属(*Polygonum*)、栎属(*Quercus*)、山蚂蝗属(*Desmodium*),均含 7 个物种。

#### 3.3.2 属的区系特征

按照吴征镒对中国种子植物区系属分布区类型的划分<sup>[15-16]</sup>,对保护区 679 属的分布区类型进行统计,划分为 15 个分布类型(表 4)。该区各分布类型中,世界分布属有 55 属,占总属数的 8.10%;东亚分布的属有 42 属,占总属数的 6.19%;泛热带分布的属最多,共 166 属,占总属数的 24.45%;热带亚洲分布的属,有 94 属,占总属数的 13.84%;旧世界热带分布的有 68 属,占总属数的 10.01%;热带亚洲和热带大洋洲间断分布有 40 属,占总属数的 5.89%;热带亚洲和热带非洲分布的有 33 属,占总属数的 4.86%;热带亚洲和热带美洲间断分布的有 23 属,占总属数

表 4 种子植物属的地理成分

Tab. 4 Geographical components of seed plant genera

属的分布区类型	属数	占比/%
1 世界广布	55	8.10
2 泛热带	166	24.45
3 热带亚洲及热带美洲间断分布	23	3.39
4 旧世界热带	68	10.01
5 热带亚洲至热带大洋洲间断分布	40	5.89
6 热带亚洲至热带非洲	33	4.86
7 热带亚洲	94	13.84
热带分布属合计(2—7)	424	62.44
8 北温带	80	11.78
9 东亚及北美间断分布	26	3.83
10 旧世界温带	29	4.27
11 温带亚洲	5	0.74
12 地中海区、西亚至中亚	4	0.59
14 东亚(东喜马拉雅—日本)	42	6.19
15 中国特有	13	1.91
温带分布属合计(8—15)	199	29.31
(17)热带非洲—热带美洲间断分布	1	0.15
合计	679	100.00

的 3.39%; 北温带分布有 80 属, 占总属数的 11.78%。可以看出, 保护区的植物区系是东亚植物区系的一部分; 同时, 其区系以热带成分为主, 也有一定量的温带成分, 表现出鲜明的亚热带性质, 呈现以热带植物区系和亚热带、温带植物区系交汇的特点。另外, 特别需要说明的是, 种子植物区系中的中国特有属有杉木属 (*Cunninghamia*)、侧柏属 (*Platyclusus*)、牛筋条属 (*Dichotomanthus*)、巴豆藤属 (*Craspedolobium*)、长蕊斑种草属 (*Antiotrema*)、翅茎草属 (*Pterygiella*)、长冠苔苔属 (*Rhabdothamnopsis*)、猫儿屎属 (*Decaisnea*)、舌喙兰属 (*Hemipilia*)、帚菊属 (*Pertya*)、南一笼鸡属 (*Paragutzlaffia*)、地涌金莲属 (*Musella*)、鹭鸶草属 (*Diuranthera*) 等 13 个属, 占总属数的 1.91%, 说明该区在起源中具有华夏区系的古老和特殊性。

#### 4 结论与讨论

1) 保护区位于哀牢山东坡, 植被呈现垂直地带性, 随海拔的上升依次分布有干热河谷稀树灌木草丛、偏干性常绿阔叶林、季风常绿阔叶林、云南松林及半湿润常绿阔叶林, 植物种类丰富, 共记录维管束植物 192 科 736 属 1 204 种 (含种下等级); 植物区系成分复杂、起源古老。保护区属于东亚植物区, 从南北来看, 其处于东亚植物区与古热带植物区的南北交汇部分, 在植物区系上具有特殊的意义; 从东西来看, 保护区地理位置独特, 位于云南省最重要的地理分界线上: 石羊江东岸属于云南高原, 西岸属于横断山山系, 是中国—喜马拉雅植物区系和中国—日本森林植物区系交汇过渡区域。

2) 保护区分布有世界广布 48 科、热带分布 55 科和温带分布 40 科, 分别占总科数的 33.57%、38.46% 和 27.97%。科的热带与温带成分之比为 1.38 : 1, 说明该区系以亚热带至温带分布的科所占比例较大, 并以热带科占优势, 说明本地区的植物区系的热带性质较为显著。从种子植物属级区系分析可知, 保护区的植物区系是东亚植物区系的一部分, 有 424 个属为热带分布, 占有属总数的 62.44%, 达到一半以上, 具有明显的热带性质; 同时其温带性质分布的有 199 个属, 占有属总数的

29.31%, 具有热带植物区系和亚热带、温带植物区系交汇的特点。具体表现为泛热带分布的属最多, 共 166 个属, 占有属总数的 24.45%; 其次是热带亚洲分布的属, 有 94 个属, 占有属总数的 13.84%; 北温带分布的属有 80 个属, 11.78%; 旧世界热带分布的有 68 个属, 占有属总数的 10.01%; 东亚 (东喜马拉雅—日本) 分布的属有 42 个, 占有属总数的 6.19%; 热带亚洲至热带大洋洲间断分布的属有 40 个, 占有属总数的 5.89%; 其余成分的属都在 40 个以下。

#### 参考文献:

- [1] 吴征镒, 王荷生. 中国自然地理. 植物地理 (上册) [M]. 北京: 科学出版社, 1983: 1-125.
- [2] 张子翼, 温庆忠, 华朝朗. 云南自然保护区 [M]. 昆明: 云南科技出版社, 2019.
- [3] 郑进烜. 云南海子坪省级自然保护区种子植物区系特征 [J]. 福建林业科技, 2014, 41 (3): 80-85.
- [4] 吴征镒, 朱彦丞. 云南植被 [M]. 北京: 科学出版社, 1987.
- [5] 吴征镒. 中国植被 [M]. 北京: 科学出版社, 1980.
- [6] 吴征镒, 林榕, 渝德浚, 等. 中国植物志 [M]. 北京: 科学出版社, 1956—2006.
- [7] 中国科学院昆明植物研究所. 云南植物志 [M]. 北京: 科学出版社, 1976—2006.
- [8] 中国科学院植物研究所. 中国高等植物图鉴 [M]. 北京: 科学出版社, 1979.
- [9] 徐永椿. 云南树木志 (上、中、下) [M]. 昆明: 云南科技出版社, 1990.
- [10] 方文培. 四川植物志 [M]. 成都: 四川科学出版社, 1990.
- [11] 《贵州植物志》编委会. 贵州植物志 [M]. 贵阳: 贵州人民出版社, 1990.
- [12] 吴征镒, 周浙昆, 李德铎, 等. 世界种子植物的分布区类型 [J]. 云南植物研究, 2003, 25 (3): 245-257.
- [13] 吴征镒. 《世界种子植物的分布区类型系统》的修订 [J]. 云南植物研究, 2003, 25 (5): 535-538.
- [14] 吴征镒. 中国种子植物属的分布区类型 [J]. 云南植物研究, 1991 (增刊): 1-139.
- [15] 吴征镒. 中国种子植物属的分布区类型的增刊和勘误 [J]. 云南植物研究, 1993 (增刊 IV): 141-178.

责任编辑: 刘平书



doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.02.015

## 双柏恐龙河州级自然保护区保护价值评价

黄 荣<sup>1</sup>, 张良实<sup>2</sup>, 余昌元<sup>1</sup>

(1. 云南省林业调查规划院, 云南 昆明 650051; 2. 云南省林业和草原科学院, 云南 昆明 650201)

**摘要:** 双柏恐龙河州级自然保护区内保存有较为完整的自然生态系统, 生物多样性独特而丰富。文章在阐述保护区自然资源现状的基础上, 结合其特点, 从自然性、典型性、多样性、稀有性、脆弱性、科研价值等方面对保护区的保护价值进行了系统、全面的分析评价, 认为该保护区重要生态系统和重要物种丰富, 以热带季雨林和绿孔雀、滇南苏铁等为代表的生态系统及国家重点保护野生动植物, 科学研究及保护价值巨大。

**关键词:** 生物多样性; 国家重点保护野生动植物; 极小种群物种; 保护价值评价; 恐龙河州级自然保护区

中图分类号: S759.9; P964 文献标识码: A 文章编号: 1671-3168(2023)02-0085-04

引文格式: 黄荣, 张良实, 余昌元. 双柏恐龙河州级自然保护区保护价值评价[J]. 林业调查规划, 2023, 48(2): 85-88, 92. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.02.015

HUANG Rong, ZHANG Liangshi, YU Changyuan. Conservation Value Evaluation of Shuangbai Konglonghe Nature Reserve [J]. Forest Inventory and Planning, 2023, 48(2): 85-88, 92. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.02.015

## Conservation Value Evaluation of Shuangbai Konglonghe Nature Reserve

HUANG Rong<sup>1</sup>, ZHANG Liangshi<sup>2</sup>, YU Changyuan<sup>1</sup>

(1. Yunnan Institute of Forest Inventory and Planning, Kunming 650051, China;  
2. Yunnan Academy of Forestry and Grassland, Kunming 650051, China)

**Abstract:** The natural ecosystem was preserved relatively complete in Shuangbai Konglonghe Nature Reserve, with unique and rich biodiversity. Based on the current situation of natural resources in the nature reserve, this paper conducted a systematic and comprehensive analysis and evaluation for the protection value of the nature reserve from aspects such as naturalness, typicality, diversity, rarity, vulnerability and scientific research value. The results showed that the nature reserve was rich in important ecosystems and important species, ecosystems represented by tropical monsoon forests, and national key protected wild animals and plants represented by *Pavo muticus* and *Cycas diannanensis* were of great scientific research and protection value.

**Key words:** biodiversity; national key protected wild animals and plants; species with extremely small populations; evaluation of protection value; Shuangbai Konglonghe Nature Reserve

收稿日期: 2021-09-22.

第一作者: 黄荣 (1969-), 男, 云南昆明人, 工程师. 主要从事林业调查规划及森林资源监测工作.

责任作者: 张良实 (1964-), 男, 云南宜良人, 高级工程师. 主要从事森林培育、林草资源保护利用、林业调查规划与森林资源监测、林下经济研究等工作.

## 1 保护区概况

双柏恐龙河州级自然保护区(以下简称“保护区”)位于云南省楚雄州双柏县鄂嘉镇境内,于 2003 年由楚雄彝族自治州人民政府批准建立。保护区整体处于元江上游石羊江段的两侧,属野生生物类别、野生动物类型的小型自然保护区,主要保护对象为:(1)国家 I 级保护动物绿孔雀(*Pavo muticus*)、黑颈长尾雉(*Symaticus humiae*)、蟒蛇(*Python molurus*)、猕猴(*Macaca mulatta*)、白鹇(*Lophura nycthemera*)、白腹锦鸡(*Chrysolophus amherstiae*)、滇南苏铁(*Cycas diannanensis*)、千果榄仁(*Terminalia myriocarpa*)、金荞麦(*Fagopyrum dibotrys*)、桫欏(*Alsophila spinulosa*)、毛红椿(*Toona ciliata* var. *pubescens*)等为代表的珍稀濒危野生动植物资源及其栖息地;(2)云南纬度最北的热带季雨林,也是楚雄州唯一的热带季雨林,低海拔沟谷分布的以千果榄仁、八宝树为建群种的热带季雨林;(3)元江中上游重要水源涵养地。保护区总面积 10 391.0 hm<sup>2</sup>。

保护区独特的地理区位、复杂的地质地貌结构和特殊的气候环境孕育了极其特殊的植被类型——落叶季雨林,是全省落叶季雨林最为集中分布的区域。保护区内保存有较大面积且连片落叶季雨林,多属珍稀特有植被群落,保存较为完好,不仅是保护区的主要保护对象之一,同时也是国家 I 级重点保护野生动植物及极小种群物种绿孔雀和滇南苏铁的主要栖息地或生境。

## 2 保护区生物多样性现状

### 2.1 植被多样性

保护区属东亚植物区,中国—喜马拉雅森林植物亚区,云南高原地区、滇中高原亚地区。地形地貌复杂多样,保存了较为丰富的植被类型。按照《云南植被》分类的原则和系统,保护区的植被类型共有 5 个植被型、6 个植被亚型、14 个群系和 16 个群落。

#### I. 季雨林

##### (I) 落叶季雨林

(一) 千果榄仁林( Form. *Terminalia myriocarpa* )

1. 千果榄仁、八宝树群落( *Terminalia myriocarpa*, *Duabanga grandiflora* Comm. )

2. 千果榄仁、滇南苏铁群落( *Terminalia myriocarpa*, *Cycas parvula* Comm. )

(二) 木棉林( Form. *Bombax malabaricum* )

3. 木棉、心叶树群落( *Bombax malabaricum*,

*Haldina cordifolia* Comm. )

(三) 白头树林( Form. *Garuga forrestii* )

4. 白头树、厚皮树群落( *Garuga forrestii*, *Lannea coromandelica* Comm. )

#### II. 常绿阔叶林

##### (II) 季风常绿阔叶林

(四) 毒药树林( Form. *Sladenia celastriifolia* )

5. 毒药树、截头石栎群落( *Sladenia celastriifolia*, *Lithocarpus truncatus* Comm. )

(五) 刺栲林( Form. *Castanopsis hystrix* )

6. 刺栲群落( *Castanopsis hystrix* Comm. )

(六) 毛叶青冈林( Form. *Cyclobalanopsis kerrii*, *Castanopsis calathiformis* )

7. 毛叶青冈、毛叶黄杞群落( *Cyclobalanopsis kerrii*, *Engelhardia colebrookiana* Comm. )

##### (III) 半湿润常绿阔叶林

(七) 高山栲林( Form. *Castanopsis delavayi* )

8. 高山栲群落( *Castanopsis delavayi* Comm. )

(八) 滇青冈林( Form. *Cyclobalanopsis glaucooides* )

9. 滇青冈群落( *Cyclobalanopsis glaucooides* Comm. )

#### III. 硬叶常绿阔叶林

##### (IV) 干热河谷硬叶常绿阔叶林

(九) 锥连栎林( Form. *Quercus franchetii* )

10. 锥连栎群落( *Quercus franchetii* Comm. )

#### IV. 暖性针叶林

##### (V) 暖温性针叶林

(十) 云南松林( Form. *Pinus yunnanensis* )

11. 云南松群落( *Pinus yunnanensis* Comm. )

(十一) 滇油杉林( Form. *Keteleeria evelyniana* )

12. 滇油杉群落( *Keteleeria evelyniana* Comm. )

#### V. 稀树灌木草丛

##### (VI) 干热性稀树灌木草丛

(十二) 含虾子花的中草草丛( Form. *Woodfordia truticosa* )

13. 狭叶山黄麻、虾子花群落( *Trema angustifolia*, *Woodfordia truticosa* Comm. )

14. 木棉、虾子花群落( *Bombax malabaricum*, *Woodfordia truticosa* Comm. )

(十三) 滇榄仁灌草丛( Form. *Terminalia franchetii* )

15. 滇榄仁、黄荆群落( *Terminalia franchetii*, *Vitex negundo* Comm. )

(十四) 含余甘子的中草草丛( Form. *Phyllanthus*

*emblica*)

16. 余甘子、坡柳、扭黄茅群落 (*Heteropogon contortus*, *Phyllanthus emblica*, *Dodonaea angustifolia* Comm.)

## 2.2 植物多样性

保护区内共记录维管植物 1 204 种(含种下等级),隶属于 192 科 736 属。其中蕨类植物 30 科 57 属 103 种,裸子植物 5 科 8 属 9 种,被子植物 157 科 671 属 1 092 种。其中,国家重点保护野生植物 7 种,Ⅰ级重点保护有滇南苏铁 1 种;Ⅱ级重点保护有桫欏、苏铁蕨(*Brainea insignis*)、金荞麦、千果榄仁、喜树(*Camptotheca acuminata*)、毛红椿等 6 种。

## 2.3 动物多样性

根据《中国动物地理区划》,保护区属“东洋界中印界西南区西南山区亚区”。此区与华中区和西部山地高原亚区、华南区的滇南山地亚区相毗邻。据本次综合科学考察成果,保护区记录有哺乳类动物 54 种,分属 9 目、26 科;鸟类动物 251 种,分属 14 目、44 科;两栖类动物 24 种,分属 2 目、8 科;爬行类动物 31 种,分属 2 目、9 科;鱼类 32 种,分属 4 目、10 科。

区内国家Ⅰ级重点保护种类有蜂猴(*Nycticebus bengalensis*)、林麝(*Moschus berezovskii*)、穿山甲(*Manis pentadactyla*)、大灵猫(*Viverra zibetha*)、小灵猫(*Viverricula indica*)、金猫(*Felis temminck*)、绿孔雀、黑颈长尾雉(*Syrnaticus humiae*)、蟒等 9 种;国家Ⅱ级重点保护种类有猕猴、黑熊(*Selenarctos thibetanus*)、青鼬(*Martes flavigulai*)、斑羚(*Naemorhedus goral*)、凤头蜂鹰(*Pernis ptilorhynchus*)、褐耳鹰(*Accipiter badius*)、凤头鹰(*Accipiter trivirgatus*)、松雀鹰(*Accipiter virgatus*)、普通鵟(*Buteo buteo*)、棕腹隼鹫(*Aquila kienerii*)、蛇鹫(*Spilornis cheela*)、红隼(*Falco tinnunculus*)、白鹇、原鸡(*Gallus gallus*)、白腹锦鸡、红瘰疣螈(*Tylototriton shanjing*)、眼镜王蛇(*Ophiophagus hannah*)等 30 种。另外还记录有土著鱼类 28 种,包含特有种少耙白鱼(*Anabarilius paucirastellus*)1 种。

## 2.4 景观多样性

根据中华人民共和国国家标准《旅游资源分类、调查与评价》(GB/T 18972—2017)与实地调查,保护区的景观资源(包括自然景观资源和人文景观资源共 8 大类,15 个亚类,30 个基本类型,共 99 个景观资源单体),具有标准中所有的大类,亚类大多具有,属于景观资源单体较为丰富的保护区。

保护区景观资源以自然景观资源为主,有自然景观资源单体 71 个,人文景观资源 28 个。一些人

文景观资源也是依托自然资源而存在,如当地的野生蔬菜(甜菜、刺老苞等)、野蜂蜜、松茸等野生食用菌等。保护区有许多景观资源是高品质的生态旅游资源,如落叶季雨林景观、马槽山岩溶、干热河谷硬叶常绿阔叶林景观,以及恐龙河、石羊江河谷景观。

## 3 保护价值评价

### 3.1 典型性

根据《云南植被》的植物区系分区显示,保护区处于滇中高原小区和滇南、滇西南小区的交汇地带,植被及植物种类同时具有两个小区的特征,这在面积 10 000 hm<sup>2</sup> 左右的区域内十分少见。保护区内植被垂直带谱典型而显著,从低海拔至高海拔相继分布有干热性稀树灌木草丛、落叶季雨林、季风常绿阔叶林、暖温性针叶林、半湿润常绿阔叶林,是季风常绿阔叶林和半湿润常绿阔叶林的交错分布区域。区内海拔 1 000 m 以下的地区年均温度达到 20.5℃,使得这些范围既有干热河谷的特性又有湿热河谷的特点,形成了典型而独特的生态系统。保护区低海拔沟谷分布有以千果榄仁、八宝树、白头树、厚皮树等为建群种的热带季雨林,属典型的落叶季雨林,是除西藏墨脱外,我国纬度最北的热带季雨林,也是楚雄州唯一大面积分布的热带季雨林。

### 3.2 稀有性

区内分布的以千果榄仁、八宝树、白头树、厚皮树等为建群种的落叶季雨林,分布面积较大,保存相对完整,其稀有程度可见一斑。绿孔雀在中国分布约占全球的 10%,在国内仅分布于云南、西藏,该物种已被《中国物种红色名录》列为濒危(EN)动物。保护区内分布有绿孔雀不少于 90 只,其无论种群数量还是种群密度均为全国最大。除此外,保护区内还分布着大面积的野生滇南苏铁,数量达数千株。苏铁个体和种群数量如此之多、分布如此集中的保护区在云南其他地方都是绝无仅有的。同时,保护区分布有国家Ⅰ级重点保护野生植物 1 种,国家Ⅱ级重点保护野生植物 6 种,有云南省级重点保护野生植物 3 种。分布有国家Ⅰ级重点保护野生动物 9 种、国家Ⅱ级重点保护动物 30 种,17 种动物分别被《中国珍稀濒危动物红皮书》列为需予关注动物、易危动物、濒危动物或极危动物。

### 3.3 多样性

保护区特殊的地理区位和自然地理条件孕育了复杂多样的栖息地(生境)类型,为野生动植物的栖息创造了得天独厚的条件,使得其生物多样性极其



丰富,生物区系复杂,多样性显著。保护区共记录有 5 个植被型 6 个植被亚型 14 个群系和 16 个群落;共记录到维管植物 1 204 种(含种下等级),隶属于 192 科 736 属。其中蕨类植物 30 科 57 属 103 种,裸子植物 5 科 8 属 9 种,被子植物 157 科 671 属 1 092 种。记录到哺乳类动物 54 种,分属 9 目、26 科;鸟类动物 251 种,分属 14 目、44 科;两栖类动物 24 种,分属 2 目、8 科;爬行类动物 31 种,分属 2 目、9 科;鱼类 32 种,分属 4 目、10 科。如此小面积范围内荟萃了如此丰富的生物多样性,足以证明保护区是一个巨大的天然生物群落和物种基因库。

### 3.4 特有性

因保护区的面积较小,且调查考察深入度也还不够,目前尚未发现局限分布于保护区的特有类群。但保护区内分布有丰富的中国特有和云南特有种类,如大叶荜茇(*Sterculia kingtungensis*)、景东羊奶子(*Elaeagnus jingdonensis*)、甜菜树(*Yunnanopilia longistaminata*)、易门滇紫草(*Onosma decastichum*)等均为狭域分布的物种。此外,保护区内分布有中国特有属 9 属,均为单型属或寡种属,起源古老,系统位置特殊。

### 3.5 自然性

保护区地处滇中南地区,由于开发历史悠久,滇中地区各地的原生植被大多遭到破坏,但保护区目前还保留着多种原生植被类型。保护区成立之初就尽量不将居民点划入保护区范围,虽然区内分布有零星的农田,但收割完一季庄家后就撂荒,这些撂荒地成了保护区内野生动物的重要觅食地。保护区内尚未发现有大量毁林开荒的现象。保护区内天然植被面积约占保护区总面积的 70% 以上,植被及景观破碎度小,完整性保持较好。保护区内的落叶季雨林植被面积相对较大且连成片,保存完好,是该类植被分布的北界,且可分布到海拔 1 370 m,具有高纬度、高海拔的特点。该种植被类型保持的自然度十分罕见,这与当地林草和保护区管护部门等多年的坚持和努力密不可分。

### 3.6 脆弱性

保护区所处的石羊江是元江上游重要的水源补给区。这一地区山高坡陡,峡谷切割相对较深,土壤瘠薄且含石量大,生态系统极其脆弱,一旦森林植被遭到破坏,尤其是石羊江两岸低海拔区域的干热河谷稀树灌木草丛和落叶季雨林,受到破坏就难以恢复,水土流失后果也不堪设想。保护区地形地貌复杂多样,不同地段形成的小环境孕育了不同的植被

类型,是水、热、土壤等自然环境条件长期共同作用形成的。植被的发生、发展和演替过程缓慢,一旦被破坏将很难在短期内完全恢复,且对于保护区内的野生动植物如绿孔雀、黑颈长尾雉、滇南苏铁等来说,本来在该区域的栖息地(生境)面积就较为狭小,加之野生动物自身的脆弱性和特殊性,对生境的变化和外界的干扰也非常敏感,如果这些区域遭受破坏,其所面临的将是灭顶之灾。

### 3.7 科研价值

保护区生物多样性丰富,是一个巨大的天然动植物物种基因库,一直以来都是国内外各科研院所和大中专院校理想的科研基地。保护区内分布有绿孔雀不少于 90 只,其野生种群数量是全省乃至全国所有自然保护区中最多的,对研究绿孔雀的野外生活习性及繁育有着不可估量的意义。保护区多样、完整和保存完好的植被系统,是云南省重要的植被资源。区内干热河谷稀树灌木草丛、落叶季雨林、季风常绿阔叶林和半湿润常绿阔叶林在一个不大的山体上垂直分布。该区域再往北,随着气候等因子的变化,落叶季雨林和季风常绿阔叶林则不复存在,取而代之的是半湿润常绿阔叶林和硬叶常绿阔叶林;而往南,半湿润常绿阔叶林基本不存在,季风常绿阔叶林分布上线就逐步被中山湿性常绿阔叶林或山地苔藓常绿阔叶林所代替。其独特区域的地理替代现象,成为研究滇中及滇中南地区植被形成、演变和联系规律的重要地区。

保护区保留的季雨林是我国除西藏墨脱外纬度最北的,也是云南省唯一大面积分布的热带落叶季雨林,其纬度范围已达 24°34'N。季雨林是分布于具有明显干湿季节变化热带地区的热带森林,主要分布于海拔 1 000 m 以下的热带地区,这些地区年均温达 20.5℃,既有干热河谷的特性又有湿热河谷的特点,形成了典型而独特的生态系统和大面积且保存完好的落叶季雨林。特别是以千果榄仁为标志种的落叶季雨林在保护区内发现,是该类型植被分布的北界,且可分布到海拔 1 370 m,具有高纬度、高海拔的特点,这是云南省植被地理分布极为特殊的现象,在植被地理学研究中具有重要意义。

## 4 结 语

保护区内地形地貌和气候复杂多样,保存了较为完整而丰富的植被类型,也为野生动植物提供了

(下转第 92 页)

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.02.016

## 绿孔雀在中国的现状及其保护策略

王怡敏, 刘波

(云南森林自然中心, 云南 昆明 650224)

**摘要:** 绿孔雀曾分布于中国南方多个省份, 由于人类活动等因素的影响, 绿孔雀分布区不断退缩, 野生种群数量持续下降。目前绿孔雀在中国仅见于云南省, 呈斑块化分布, 数量约 500 只, 已变得罕见。根据相关资料, 从绿孔雀生物学特性、野生种群数量、分布区现状、种群结构和种群隔离几方面分析中国绿孔雀面临的灭绝风险, 在就地保护的前提下, 重点探讨易地保护策略。提出人工繁育, 建立纯绿孔雀人工种群用于开展野外放归, 逐步扩大绿孔雀分布区, 增加野生种群数量, 降低灭绝风险等保护策略。

**关键词:** 绿孔雀; 种群数量; 灭绝风险; 就地保护; 易地保护; 野外放归; 人工繁育

中图分类号: Q959.725; S863 文献标识码: A 文章编号: 1671-3168(2023)02-0089-04

引文格式: 王怡敏, 刘波. 绿孔雀在中国的现状及其保护策略[J]. 林业调查规划, 2023, 48(2): 89-92. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.02.016

WANG Yimin, LIU Bo. Status and Conservation Strategy of Green Peafowl (*Pavo muticus*) in China[J]. Forest Inventory and Planning, 2023, 48(2): 89-92. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.02.016

## Status and Conservation Strategy of Green Peafowl (*Pavo muticus*) in China

WANG Yimin, LIU Bo

(Yunnan Forest Nature Center, Kunming 650224, China)

**Abstract:** Green peafowl (*Pavo muticus*) was once distributed in many provinces of southern China. Due to the influence of human activities, the distribution range of green peafowl continued to shrink, and the number of wild populations continued to decline. At present, green peafowl was only found in Yunnan Province in China and were distributed in patches. And the number of population was about 500, which had become very rare. According to relevant data, the current status and extinction risk of green peafowl were analyzed in China from biological characteristics, wild population quantity, distribution status, population structure and population isolation, and the strategy of ex situ conservation was discussed under the premise of in-situ conservation. Through artificial breeding, the establishment of pure green peafowl captive population for reintroduction was an important measure to gradually expand the distribution area of green peafowl, increase the number of wild population and reduce the risk of extinction.

**Key words:** green peafowl; population size; extinction risk; in-situ conservation; ex situ conservation; reintroduction; artificial breeding

收稿日期: 2022-05-23.

第一作者: 王怡敏(1968-), 女, 云南曲靖人, 高级工程师. 主要从事野生动物收容救护、人工繁育、保护管理工作. Email: 571236795@qq.com

责任作者: 刘波(1969-), 男, 云南镇雄人, 高级工程师. 主要从事野生动物收容救护、人工繁育工作. Email: 2374577375@qq.com

在 50~100 年前,绿孔雀(*Pavo muticus*)还广泛分布于南亚、东南亚和东亚的适宜栖息地,在中国也曾常见于湖南、湖北、四川、广东、广西、西藏及云南等省份。一个世纪以来,由于人口的急剧增长,人类活动影响加剧,绿孔雀野生种群数量急剧下降。目前,绿孔雀在马来半岛已灭绝;在印度东北部和孟加拉国也可能灭绝;在中南半岛和印尼爪哇尚有分布,但分布区急剧退缩为零星的斑块,在多数曾经的分布区域已灭绝。绿孔雀在中国的分布区同样急剧退缩,现仅分布于云南省<sup>[1-5]</sup>。本文收集相关资料,分析绿孔雀在中国的现状及其面临的灭绝风险,提出保护策略。

## 1 概述

### 1.1 分类

绿孔雀隶属雉科(Phasianidae)孔雀属(*Pavo*),在全球记录有 3 个亚种:*P. m. muticus* 现仅分布于印尼的爪哇,在马来半岛已灭绝;*P. m. spicifer* 分布于印度东北部、孟加拉国和缅甸西北部,现可能已灭绝;*P. m. imperator* 分布于中国和中南半岛,但分布区已急剧退缩,目前仅在缅甸东南部、泰国西北部、老挝西北部和南部、越南中部、柬埔寨大部及中国云南尚有分布<sup>[6-8]</sup>。

另有观点<sup>[9]</sup>认为,分布于中国云南的 *imperator* 亚种和分布于中南半岛其他国家的 *imperator* 有所不同,可能是新的亚种,相关研究需进一步开展。

### 1.2 生物学特性

绿孔雀体型大,是中国最大的雉类;羽色鲜艳显眼,鸣声洪亮;翅膀短圆,不善飞行;主要生活于热带、亚热带河谷的常绿阔叶林、混交林和稀树草地<sup>[2]</sup>。性成熟晚,产卵量少<sup>[10]</sup>。偏好选择接近永久性水源地和无人干扰的生境<sup>[11]</sup>。在海拔变化显著的环境,高度聚集于隐蔽条件好且食物和水源丰富区域<sup>[12]</sup>。栖息环境既要满足温度条件,又需比较充足的食物和隐蔽环境<sup>[13]</sup>。

## 2 绿孔雀在中国的现状

### 2.1 分布区现状

绿孔雀在中国现仅云南省中部、南部和西部尚有分布,且分布区正不断退缩为零散的斑块<sup>[10,14]</sup>。多年来云南省共 52 个县(市、区)曾有绿孔雀分布记录<sup>[15]</sup>。据近年来的调查<sup>[10,15-16]</sup>,20 世纪 90 年代,云南省有 34 个县(市、区)分布绿孔雀;2014—

2017 年,绿孔雀在中国分布于云南省 22 个县(市、区);2018 年,绿孔雀在中国仅分布于云南省的双柏、新平等 19 个县(市、区),以元江中上游流域的河谷地区分布较为集中;在过去的 30 年间,绿孔雀在云南 60% 的分布区域已灭绝。

### 2.2 种群数量

随着分布区的退缩,绿孔雀野生种群数量日趋减少。20 世纪 90 年代,绿孔雀在中国的野生种群数量约 800~1 100 只<sup>[10]</sup>。2014—2017 年,中国绿孔雀野生种群数量不足 500 只;2018 年,野生种群数约 485~547 只,在楚雄州和玉溪市分布较为集中,其中,在双柏和新平两县交界处的元江流域河谷狭小区域内分布着中国一半以上的绿孔雀<sup>[15-16]</sup>。

## 3 灭绝风险分析

绿孔雀分布区退缩、野生种群数量减少的原因很多,有绿孔雀自身内在因素,也有很多外在的原因,其中,人类活动的影响最大,其压缩了绿孔雀的可利用生境,由此引起的栖息地丧失是主要的威胁因素,加剧了绿孔雀分布区的退缩和种群数量的下降<sup>[1,8,10,14-16]</sup>。随着人们保护意识的提高和保护行动的开展,人类活动对绿孔雀造成的负面影响正在减少。然而,绿孔雀生物学特性以及野外种群现状反映出其脆弱特征,即使人类活动的负面影响完全消除,绿孔雀野生种群可能依然面临区域灭绝风险。

### 3.1 生物学特性与灭绝风险

绿孔雀生物学特性反映其易被发现、易受攻击和繁殖率低的特点,加之其对气温、海拔及水源等栖息条件的高要求,限制了栖息地的选择,导致其呈高度聚集性分布,在丧失原栖息地后,难以再选择到适宜栖息地,导致其容易区域性灭绝,这也是绿孔雀野生种群数量持续减少的原因之一。相关研究<sup>[17]</sup>还显示,纯系绿孔雀的遗传多样性低,同样反映其对环境变化的适应能力差,栖息地的改变极易导致其区域性灭绝。

### 3.2 野生种群数量与灭绝风险

在中国野生绿孔雀已罕见,数量约 500 只。野生种群绝对数量小,意味着面临的灭绝风险相对较大。

### 3.3 分布区现状与灭绝风险

中国绿孔雀现生活于云南省部分热带、亚热带河谷,聚集性高,地理分布区域过小,超过 50% 的野生种群集中分布于双柏和新平两县交界的元江流域



的狭窄河谷地带。该区域的栖息环境对中国绿孔雀的生存至关重要,任何环境的变化都有可能对中国绿孔雀整体产生重要影响。

### 3.4 群体结构与灭绝风险

据调查,即使在种群密度较高的元江中上游河谷,绿孔雀也呈小群体分布格局,群体内个体数量呈下降趋势,由 20 世纪 90 年代的每群 8~20 只下降到现在的 3~5 只<sup>[8,10,15-16]</sup>。在楚雄、南华、耿马、永德、峨山等县(市)调查到的绿孔雀数量少,有的县(市)不足 10 只,同样说明当地绿孔雀呈小群体分散分布。绿孔雀野外种群的小群体结构增加了对局部灭绝的敏感性,区域灭绝风险较大。

### 3.5 种群隔离与灭绝风险

中国绿孔雀在云南省总体呈斑块状分布,种群隔离严重。在各个适宜的栖息地斑块间,由于高山、城镇、公路、水电站等阻隔,导致绿孔雀种群碎片化,形成种群隔离,群体间难以相遇进行有效基因交流。长期种群隔离导致的近亲繁殖会降低绿孔雀原本就很低的遗传多样性和环境适应能力,加大了绿孔雀灭绝风险。

## 4 保护策略

为了降低绿孔雀面临的灭绝风险,必须扩大绿孔雀的分布区,增加其野外种群数量。

### 4.1 就地保护

就地保护就是尽量消除人类活动的负面影响,增加正面行动,保护好现有的绿孔雀野生种群及其赖以生存的栖息地,使现有的分布区域向外扩散,野生种群数量稳中有升,这是绿孔雀保护工作的首要任务和根本所在。建设绿孔雀保护区和保护小区,修复现有栖息地、规划建设潜在栖息地及生态廊道,加强保护管理和宣传教育,开展野外监测和基础生态研究等措施是就地保护的核心,也是各级野生动物保护主管部门和保护机构当前开展的主要工作<sup>[16]</sup>。

### 4.2 易地保护

消除人类活动的负面影响,做好现有野生种群的就地保护尚不足以确保绿孔雀远离灭绝威胁,因为影响绿孔雀生存的因素很多,因自身特性和种群现状,绿孔雀野生种群十分脆弱,即使做好现有野生种群的就地保护工作,消除了人类活动的负面影响,其仍可能面临灭绝威胁。探索易地保护,将人工繁育的纯绿孔雀放归(或引入)到现有的栖息地和潜在的适宜栖息地生活和繁衍,是促进基因交流,改善

遗传多样性,扩大分布区,增加野外种群数量的有效措施,是就地保护的重要补充。

### 4.2.1 引进野生种源

我国当前人工饲养的绿孔雀几乎都是杂交孔雀,不能用于野外放归,否则会引起基因污染,导致绿孔雀遗传灭绝<sup>[18]</sup>。绿孔雀有亚种分化,为防止基因污染,避免遗传灭绝,用于野外放归的绿孔雀和当地分布的绿孔雀最好为同一亚种,除非是不能提供足够的数量<sup>[19]</sup>。长久以来的分类观点认为,中国和中南半岛其他国家分布的绿孔雀同为 *P. m. imperator* 亚种,因此,开展国际合作,相互引进绿孔雀进行基因交流是适宜的。然而目前也有观点认为,中国分布的绿孔雀和中南半岛其他国家分布的有所不同,可能是新的亚种。虽然这一观点尚需进一步研究,但中国和中南半岛其他国家间相互引进绿孔雀开展野外放归或人工繁育后放归应谨慎。

为开展绿孔雀易地保护,需探索从云南的双柏、新平等绿孔雀集中分布区引进野生种源用于人工繁育研究,建立人工种群后进行野外放归,有计划地从多个分布区引进野生种源,可减轻对野生种群的影响,也可引进更丰富的遗传多样性。

### 4.2.2 遗传管理和人工繁育

根据野生种源的来源情况,加强遗传管理,用适宜地理起源的绿孔雀进行配对繁殖,让来自不同野生种群的绿孔雀在人工环境下进行基因交流,增加后代的遗传多样性。通过不同的配对方案,建立不同的人工种群,达到一定个体数量后用于野外放归。

建成的人工种群具有更丰富的遗传多样性,通过遗传管理,科学开展异地间野外放归或复壮,在增加种群数量的同时改善野生种群的遗传多样性。

### 4.2.3 野化训练

探索绿孔雀野化训练方法,建设野化基地,供绿孔雀野化训练和环境过渡。在人工种群达到一定数量后,有计划开展野外放归。

### 4.2.4 野外放归地的选择

参考野外调查报告,开展实地考察和评估,根据放归目的、野外绿孔雀数量及分布情况制定放归方案,选择适宜栖息地放归。

1) 在有野生绿孔雀分布,种群数量较多的栖息地放归,主要目的是促进本地野生绿孔雀的基因交流,改善遗传多样性,降低种群隔离影响。

2) 在有野生绿孔雀分布,种群数量稀少的栖息地放归,主要目的是增加本地野生绿孔雀的种群数

量,对本地野生绿孔雀种群进行再加强或复壮。

3)在曾经有绿孔雀分布,现已灭绝的适宜栖息地放归,主要目的是在曾经的分布区重引入,扩大绿孔雀分布区,增加野生种群数量。

4)在无绿孔雀分布记录的适宜栖息地放归,主要目的是在适宜栖息地引入绿孔雀,扩大绿孔雀分布区,增加野生种群数量。

#### 4.2.5 野外放归监测和评估

探索野外监测方法,监测绿孔雀野外放归后的生存及繁育状况,评估野外放归对中国绿孔雀野生种群的影响。

#### 参考文献:

- [1] MCGOWAN P J K, DUCKWORTH J W, XIANJI W, et al. A review of the status of the Green Peafowl *Pavo muticus* and recommendations for future action[J]. Bird Conservation International, 1998, 8(4): 331-348.
- [2] 杨岚. 云南鸟类志(上卷)[M]. 昆明:云南科技出版社, 1995:316.
- [3] 文焕然,何业恒. 中国古代的孔雀[J]. 化石, 1980(3): 8-9.
- [4] 尹秉高,刘务林. 西藏珍稀野生动物与保护[M]. 北京:中国林业出版社, 1993:136.
- [5] CHENG T H. A Synopsis of the avifauna of China[M]. Beijing: Science Press, 1987:170.
- [6] DELACOUR J. A new subspecies of *Pavo muticus*[J]. Ibis, 1949(91): 348-349.
- [7] HOWARD R, MOORE A. A complete checklist of the birds of the world[M]. London: MacMillan, 1984:109.
- [8] The IUCN red list of threatened species. version 2021-3

[EB/OL]. <https://www.iucnredlist.org>.

- [9] 约翰·科德,张敬. 中国雉类及繁育技术[M]. 北京: 中国社会科学出版社, 2016:44.
- [10] 文贤继,杨晓君,韩联宪,等. 绿孔雀在中国的分布现状调查[J]. 生物多样性, 1995, 3(1): 46.
- [11] BRICKLE N W. Habitat use, predicted distribution and conservation of green peafowl (*Pavo muticus*) in Dak Lak province, Vietnam[J]. Biological Conservation, 2002, 105(2): 189-197.
- [12] 李旭,刘钊,周伟,等. 云南楚雄恐龙河保护区绿孔雀春季栖息地选择和空间分布[J]. 南京林业大学学报(自然科学版), 2016, 40(3): 87-93.
- [13] 徐晖. 楚雄州绿孔雀的分布现状及保护措施[J]. 云南林业科技, 1995, 24(3): 48-52.
- [14] 孔德军,杨晓君. 绿孔雀及其在中国的保护现状[J]. 生物学通报, 2017, 52(1): 9-10.
- [15] KONG D J, WU F, SHAN P F, et al. Status and distribution changes of the endangered Green Peafowl (*Pavo muticus*) in China over the past three decades (1990s-2017)[J]. Avian Res, 2018(9): 18.
- [16] 杨忠兴,王勇,华朝朗,等. 云南省绿孔雀保护存在问题及对策[J]. 福建林业科技, 2019, 46(4): 112-119.
- [17] 常弘,柯亚永,苏应娟,等. 野生与笼养绿孔雀种群的随机扩增多态 DNA 研究[J]. 遗传, 2002, 24(3): 271-274.
- [18] 滑荣,崔多英,刘佳,等. 中国绿孔雀种群现状调查[J]. 野生动物学报, 2018, 39(3): 681-684.
- [19] IUCN/SSC Re-introduction Specialist Group. IUCN Guidelines for Re-introductions[M]. Oxford: information Press, 1998:7.

责任编辑:许易琦

(上接第 88 页)

优越的栖息地环境。区内的落叶季雨林和被称作“河谷型萨瓦纳植被”的稀树灌木草丛丰富,对保护区的植被进行保护和研究,可以为揭示干热河谷地区的原生植被和顶级群落提供很好的启示。而保护区自然植被独特的地理替代现象,是研究滇中及滇中南地区植被形成、演变和联系规律的重要地区。保护区内分布有不少于 90 只野生绿孔雀和数千株的野生滇南苏铁,均属国家一级重点保护和极小种群物种,其种群数量为云南乃至全国自然保护区之冠。可见,保护区生物多样性丰富而特殊,具有巨大的科研价值和保护价值。

#### 参考文献:

- [1] 刘胜祥. 植物资源学[M]. 武汉:武汉出版社, 1992.
- [2] 李锡文. 云南高原地区种子植物区系[J]. 云南植物研究, 1995, 17(1): 1-3.
- [3] 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:云南科技出版社, 2006:65-71.
- [4] 吴征镒,朱彦丞. 云南植被[M]. 北京:科学出版社, 1987.
- [5] 云南省林业调查规划院. 双柏恐龙河州级自然保护区范围调整论证报告[R]. 2019.
- [6] 云南省林业调查规划院. 双柏恐龙河州级自然保护区范围调整综合科学考察报告[R]. 2019.

责任编辑:刘平书

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.02.017

## 西双版纳勐满印度野牛生境利用初探

张忠员<sup>1</sup>, 张潞<sup>2</sup>, 王云飞<sup>2</sup>, 召玉龙<sup>1</sup>, 甘忠莉<sup>1</sup>, 马驰<sup>3</sup>

(1. 西双版纳国家级自然保护区科学研究所, 云南 景洪 666100; 2. 西双版纳国家级自然保护区曼稿管护所, 云南 勐海 666200; 3. 大理大学 农学与生物科学学院, 云南 大理 671003)

**摘要:**印度野牛是一种濒危的大型哺乳动物, 其全球种群在过去的 100 年内发生了显著的下降, 分布区也发生了剧烈的缩减。在中国, 云南西双版纳是印度野牛现存种群的主要分布区。由于历史上遭受过较强的捕猎和栖息地破坏, 该物种保护面临严峻危机。为了解该地印度野牛的生境利用特征, 为该种群的保护提供一定依据, 2014 年 7 月—2015 年 11 月, 对西双版纳勐满地区的一个印度野牛群体开展了野外监测, 通过收集到的野牛群位点统计了其家域面积, 分析了海拔、植被和地形对其生境利用的影响。结果显示, 该地区的印度野牛利用的家域面积为 10~20 km<sup>2</sup>, 利用的海拔范围为 1 299~1 848 m, 偏好森林覆盖率高且平坦的区域, 在迁移时可能会利用平坦但森林覆盖率较低的区域。

**关键词:**印度野牛; 生境利用; 家域面积; 西双版纳

中图分类号: S718.54; Q959.842 文献标识码: A 文章编号: 1671-3168(2023)02-0093-04

引文格式: 张忠员, 张潞, 王云飞, 等. 西双版纳勐满印度野牛生境利用初探[J]. 林业调查规划, 2023, 48(2): 93-96.  
doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.02.017

ZHANG Zhongyuan, ZHANG Lu, WANG Yunfei, et al. Habitat Utilization of *Bos gaurus* in Mengman of Xishuangbanna [J]. Forest Inventory and Planning, 2023, 48(2): 93-96. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.02.017

## Habitat Utilization of *Bos gaurus* in Mengman of Xishuangbanna

ZHANG Zhongyuan<sup>1</sup>, ZHANG Lu<sup>2</sup>, WANG Yunfei<sup>2</sup>, ZHAO Yulong<sup>1</sup>, GAN Zhongli<sup>1</sup>, MA Chi<sup>3</sup>

(1. Research Institute of Xishuangbanna National Nature Reserve, Jinghong, Yunnan 666100, China;  
2. Mangao Administration of Xishuangbanna National Nature Reserve, Menghai, Yunnan 666200, China;  
3. College of Agriculture and Biological Sciences, Dali University, Dali, Yunnan 671003, China)

**Abstract:** *Bos gaurus* is an endangered large mammal, and its population has experienced a significant decline in the past 100 years, with a significant reduction in distribution area. Xishuangbanna of Yunnan is the main distribution area for the existing population of *Bos gaurus*, which is facing a severe conservation crisis due to strong hunting and habitat destruction pressure in history. In order to understand the habitat utilization characteristics of *Bos gaurus* in Xishuangbanna and provide scientific suggestions for its conservation, field monitoring was conducted on *Bos gaurus* population in the Mengman area of Xishuangbanna from July 2014 to November 2015. The collected population sites were used to calculate their household area and analyze the impact of altitude, vegetation, and terrain on their habitat utilization. The results showed that *Bos gaurus* in Mengman region utilized a household area of 10–20 km<sup>2</sup> and an altitude range of 1 299–1 848 m, and preferred areas with high and flat forest coverage, and may use flat but low

收稿日期: 2021-08-02.

第一作者: 张忠员 (1983-), 男, 云南思茅人, 硕士, 高级工程师. 主要从事自然保护区管理工作. Email: yavxin@126.com

责任作者: 马驰 (1984-), 男, 新疆昌吉人, 博士, 助理研究员. 主要从事野生动物生态学和保护生物学研究. Email: machi1984@yeah.net



forest coverage areas during migration.

**Key words:** *Bos gaurus*; habitat utilization; household area; Xishuangbanna

生境利用是动物对环境不同组分的利用模式,反映动物对资源的选择策略<sup>[1-2]</sup>,是濒危动物保护的重要行动依据<sup>[3-5]</sup>。大型食草哺乳动物是容易受到威胁的动物类群,它们普遍面临因人类活动引起的栖息地丧失、退化以及斑块化,很多物种的全球种群被隔离为多个孤立的地方种群,不同种群所生活的区域在气候、海拔、植被、人为干扰等方面都可能存在差异,因此保护地方种群有必要详细了解当地种群的生境利用特征<sup>[6]</sup>。

## 1 研究背景

印度野牛(*Bos gaurus*),隶属于哺乳纲(Mammalia)偶蹄目(Artiodactyla)牛科(Bovidae),是大型食草兽类。成年个体肩高约 2 m,体重可达 1 500 kg,曾广泛栖息在南亚、东南亚地区的常绿、半常绿阔叶林以及湿性落叶林中<sup>[7-8]</sup>。在猎杀和栖息地丧失的压力下,印度野牛的种群曾发生剧烈缩减,世界自然保护联盟(IUCN)估计其全球种群在过去的 100 年内至少减少了 80%,目前数量在 15 000~35 000 头,1 000 头以上的地方种群不超过 10 个。印度野牛在中国曾分布在西藏南部、云南西部和南部,其中西藏种群数量不详,云南高黎贡山的种群已经多年没有记录,只有云南南部西双版纳还确定残留有很小的种群<sup>[9]</sup>,是我国印度野牛保护的主要目标。鉴于印度野牛严峻的保护形势,IUCN 将其保护级别定为易危(Vulnerable),濒危野生动植物种国际贸易公约(CITES)将其列入附录 I,中华人民共和国野生动物保护法将其列入国家一级保护名录。

关于印度野牛的生境利用已有一些报导,一般认为该物种偏好无干扰且连续性较好的大片森林,而且比家畜更适应崎岖地形和稠密林地,此类生境往往具有充足的水源和可食用的草本植物、竹子、灌木和乔木<sup>[10]</sup>;但是也有学者提出,印度野牛更倾向于利用类似稀树草原的较为开阔的生境,对山地密林的选择是受人类活动(如将森林被改造为耕地)胁迫的结果<sup>[11]</sup>。另外,在印度 Bhandhagarh 保护区的研究结果显示,印度野牛对生境的利用可能存在季节性变化,它们在夏季偏好开阔的草地,在雨季和冬季偏好竹子较为丰富的森林,这可能与食物资源分布的季节性有关<sup>[10]</sup>。这些研究对了解印度野牛

的生态学特征有重要作用,但是彼此相悖的结论和随时间变化的行为现象揭示了该物种生境利用的复杂性,也强调了研究地方种群的生态学特征对印度野牛保护的重要性。

西双版纳国家级自然保护区于 2016 年对全州印度野牛开展了种群数量调查,证实该物种在景洪市、勐腊县和勐海县皆有分布,但整体数量仅为 152~167 头<sup>[9]</sup>。民间认为野牛的胆汁能够有效治疗肝炎,印度野牛因此曾遭到大肆捕杀,但是近些年随着保护宣传和执法工作的加强,捕杀事件显著减少。目前西双版纳印度野牛面临的主要威胁是栖息地丧失;当地居民对土地的利用大面积蚕食了栖息地,从而限制了其种群的增长。因此,栖息地保护和恢复是西双版纳印度野牛保护的关键环节,而针对该种群的生境利用研究是有效开展此类保护工作的基础。藉此,对西双版纳勐满地区的一个印度野牛群体的生境利用特征开展了调查,以野牛群活动位置记录为基础,分析其生境利用倾向,以及海拔、森林覆盖率和地形因素对其空间利用的影响,揭示了其基本的生境利用策略,为该种群及其栖息地的保护提供科学依据。

## 2 研究对象及方法

### 2.1 研究区域

研究区域位于西双版纳傣族自治州勐海县勐满镇。该区域位于勐海县西北部,东接勐阿镇,东南连勐海镇,南邻勐遮镇,西南接西定乡。全区属亚热带雨林气候,年均温 19.9℃,年均降雨量 1 357 mm,气候湿热,常夏无冬。

### 2.2 研究对象

对生活在勐满镇区域内的一个印度野牛群体开展监测。在整个研究期间,该群体由 14 头个体组成,其中 3 头为成年雄性,5 头为成年雌性,亚成年个体 5 头,幼仔 1 头。

### 2.3 数据收集

2014 年 7 月—2015 年 11 月,通过直接观察和红外自动相机记录调查研究群体的出现位置。在日常巡护工作中搜索研究群体,一旦发现,则跟踪观察,记录个体数量和组成,使用手持 GPS 每 30 min 记录一次野牛群的位置和海拔。此外,在研究群体

活动区域内有牛群活动痕迹的地点安装了红外自动相机,用于监测野牛群对特定区域的利用频率。自动相机被固定在距离地面 0.8~1.0 m 的树干上。记录相机的经纬度和海拔。

### 2.4 数据分析

利用直接观察和红外自动相机获得的野牛群位置数据分析其生境利用特征。将研究区域分割成 500 m×500 m 的栅格,分析记录到的位点在各栅格的分布情况,在此基础上统计研究群体的家域面积。

将研究区域的海拔分为 100 m 间隔的海拔段,统计位点记录在各海拔段的分布,分析研究群体对各海拔段的利用强度。

在 91 卫图软件平台上下载研究区域内的 DEM 高程光栅图层,使用 QGIS (version 3.6.2) 软件生成坡度图层,提取野牛位点的坡度值。将坡度划分为 10° 为间隔的坡度段,统计野牛群对各坡度段的利用强度。在全球森林变化数据库 (Global Forest Change) 平台下载精度为 30 m×30 m 的森林覆盖率图层,使用 QGIS 软件提取野牛位点的森林覆盖率值。将森林覆盖率划分为以 10% 为间隔的区间,统计野牛群对各区间的利用强度。

## 3 研究结果

### 3.1 家域面积

根据采集到的 109 个野牛群活动位点,使用网格法判断该群体的活动范围面积为 10.0 km<sup>2</sup> (图 1);不同生境斑块之间存在数据空缺,这可能是由于野牛群只短暂利用这些区域,因此难以记录到数据。根据这些信息,推测野牛群的家域面积为 10~20 km<sup>2</sup>。

### 3.2 对各海拔段的利用

记录到的野牛群活动位点分布在 1 299~1 848 m 的海拔范围内,野牛群利用的平均海拔为 1 623.7±111.1 m。野牛群的位置记录在各海拔段的分布有明显差异:在 1 600~1 700 m 的海拔段记录次数最多,占总记录数的 47.7%;其次是在 1 500~1 600 m、1 700~1 800 m 和 1 800~1 900 m 的海拔段,分别获得 22.9%、10.1% 和 8.3% 的记录;1 500 m 以下的海拔段 (1 200~1 500 m) 记录较少,合计占总记录数的 11% (图 2)。

### 3.3 森林覆盖率的影响

研究群体对森林覆盖率表现出敏感性。总体来说,该野牛群更倾向于利用森林覆盖率较高区域 (图 3),在森林覆盖率超过 70% 区域获得了接近一半的位点数据 (47.7%)。随着森林覆盖率的下降,

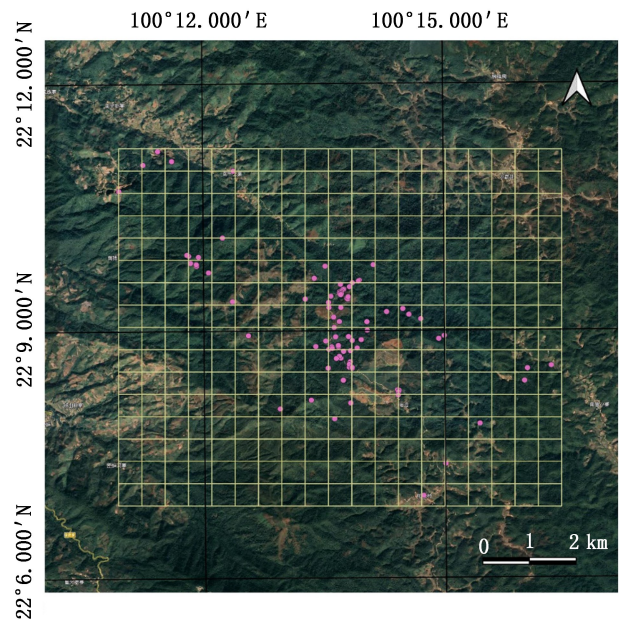


图 1 研究群体位点记录分布

Fig. 1 Distribution of research population sites records

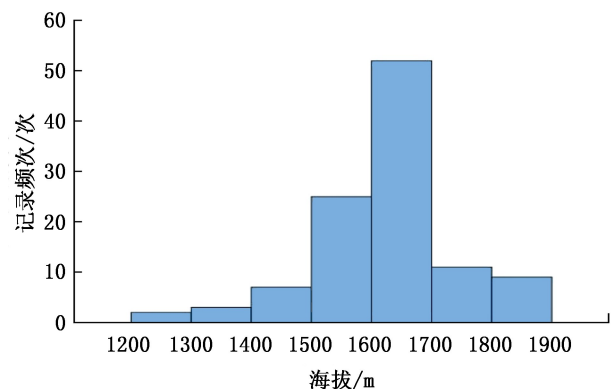


图 2 研究群体对各海拔的利用强度

Fig. 2 Research population's utilization patterns at various altitudes

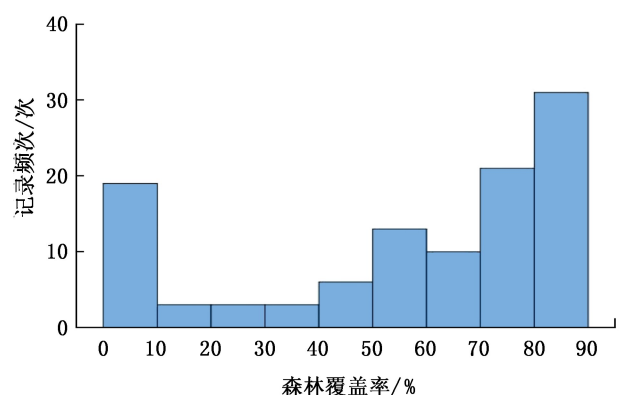


图 3 森林覆盖率对研究群体生境利用的影响

Fig. 3 Impact of forest coverage on habitat utilization of research population

野牛群出现的频率也在下降。但是,在覆盖率极低(0~10%)区域出现了另一个记录高峰(图 3)。

### 3.4 坡度的影响

研究群体对生境的利用强度明显受到坡度的影响,它们更倾向于利用 0°~30°的平缓区域,随着地形变得陡峭,野牛群出现频率明显降低(图 4)。

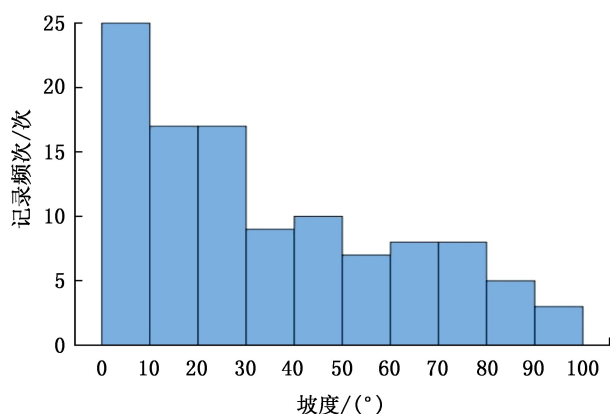


图 4 研究群体在不同坡度的记录频次

Fig. 4 Recording frequency of research population at different slopes

## 4 结论与讨论

本研究结果显示,勐满地区印度野牛的家域面积不到 20 km<sup>2</sup>,远不及该物种超过 100 km<sup>2</sup>的平均家域面积。勐满的印度野牛偏好森林覆盖率高且地势平坦的生境,但在森林覆盖率接近零的区域也出现利用高峰,这很可能是因为野牛群常利用植被稀疏但地势平坦的人工道路迁移。根据野外栖息地调查,勐满地区适合印度野牛的生境面积约为 27 km<sup>2</sup>,因此尚有部分适宜生境未被利用。印度野牛之所以未充分利用适宜生境,可能是因为村庄、耕地等干扰因素限制了其活动范围。综上所述,研究区域印度野牛家域面积偏小可能有两方面原因:(1)整体适宜栖息地面积在人类土地利用的蚕食下发生了大幅度的缩减;(2)在尚存的适宜栖息地中,有部分区域因人类干扰而无法被印度野牛利用。鉴于上述情况,建议对印度野牛栖息地斑块化状况进行进一步调查,评估斑块联通性恢复的可能性,为栖息地廊道建设提供科学依据。此外,勐满现有的印度野牛适宜栖息地非常有限,这对野牛种群的复壮和扩展十分不利。因此,建议对周边区域,特别是非保护地,

开展栖息地评估,探讨野牛群扩展的可能性。

本研究还发现,区域内次生林、砍伐种植地、沟谷、硝塘等区域是印度野牛经常光顾的地点,在这些区域内林下层有大量种子萌发的幼苗、灌丛、草本等植物,树木稀少的区域及大量的草地,充足的水源和矿物质为印度野牛群的生存提供了得天独厚的条件。因此,要全面了解印度野牛的栖息地需求,不能仅从植被、海拔和人为干扰的角度开展研究,还需要深入研究其对不同资源的利用情况,如访问水源和硝塘的频率。在将来的监测工作中,这些内容应该得到重视。

### 参考文献:

- [1] JONES J. Habitat selection studies in avian ecology: A critical review[J]. *The Auk*, 2001, 118(2): 557-562.
- [2] JORGENSEN S E, BRIAN F. *Encyclopedia of Ecology*[M]. Oxford: Academic Press, 2008: 1807-1810.
- [3] JENSVOLD M L A, SANZ C M, FOUTS R S, et al. Effect of enclosure size and complexity on the behaviors of captive Chimpanzees (*Pan troglodytes*) [J]. *Journal of Applied Animal Welfare Science*, 2001, 4(1): 53-69.
- [4] KLAR N, FERNÁNDEZ N, KRAMER-SCHADT S, et al. Habitat selection models for European wildcat conservation [J]. *Biological Conservation*, 2008, 141(1): 308-319.
- [5] KONG D, LUO W, LIU Q, et al. Habitat use, preference, and utilization distribution of two crane species (Genus: *Grus*) in Huize National Nature Reserve, Yunnan-Guizhou Plateau, China [J]. *PeerJ*, 2018(6): 5105-5105.
- [6] CEBALLOS G, EHRLICH P, SOBERON J, et al. Global mammal conservation: What must we manage? [J]. *Science*, 2005, 309(5734): 603-607.
- [7] ANDREW T S. 解焱. 中国兽类野外手册[M]. 长沙: 湖南教育出版社, 2009.
- [8] 蒋志刚. 中国生物多样性红色名录(脊椎动物)[M]. 北京: 科学出版社, 2021.
- [9] 张忠员, 杨鸿培, 罗爱东. 西双版纳印度野牛种群数量分布和保护现状[J]. *林业调查规划*, 2016(2): 115-119.
- [10] SCHALLER G B. *The deer and the tiger: A study of wildlife in India*[M]. Chicago: University of Chicago Press, 1967.
- [11] WHARTON C H. Man, fire and wild cattle in southeast Asia[Z]. 8<sup>th</sup> Tall Timbers Fire Ecology Conference, 1968.

责任编辑: 刘平书



doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.02.018

## 中老边境跨境区域亚洲象联合保护探究

召玉龙<sup>1</sup>, 李有寿<sup>2</sup>, 李金华<sup>2</sup>, 王利繁<sup>1</sup>, 刘生强<sup>3</sup>, 吉 馗<sup>3</sup>, 张忠员<sup>1</sup>

(1. 云南西双版纳国家级自然保护区科学研究所, 云南 景洪 666100; 2. 云南西双版纳国家级自然保护区  
尚勇管护所, 云南 勐腊 666300; 3. 云南西双版纳国家级自然保护区勐腊管护所, 云南 勐腊 666300)

**摘要:**2014—2018 年, 对中老边境跨境联合保护区域开展访问调查, 结合实地调查, 初步掌握了中老边境跨境联合保护区域内亚洲象的种群数量及活动通道。在跨境联合保护区域内, 由于两国经济发展水平不同, 亚洲象跨境保护所面临的困难也不同, 在人象冲突中, 中方给予遭受亚洲象损害方一定程度的补偿, 而老方因经济条件所限难以兑现补偿, 造成民众抵触情绪。边境各国经济发展影响到中老跨境联合保护区域的发展, 提升中老边境区域两国边民收入是开展跨境联合保护的途径之一。

**关键词:**亚洲象; 跨境保护; 人象冲突; 中老边境

中图分类号: Q959.845; S863 文献标识码: A 文章编号: 1671-3168(2023)02-0097-04

引文格式: 召玉龙, 李有寿, 李金华, 等. 中老边境跨境区域亚洲象联合保护探究[J]. 林业调查规划, 2023, 48(2): 97-100, 187. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.02.018

ZHAO Yulong, LI Youshou, LI Jinhua, et al. China-Laos Cross-border Joint Protection of Asian Elephants[J]. Forest Inventory and Planning, 2023, 48(2): 97-100, 187. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.02.018

## China-Laos Cross-border Joint Protection of Asian Elephants

ZHAO Yulong<sup>1</sup>, LI Youshou<sup>2</sup>, LI Jinhua<sup>2</sup>, WANG Lifan<sup>1</sup>, LIU Shengqiang<sup>3</sup>,  
JI Kui<sup>3</sup>, ZHANG Zhongyuan<sup>1</sup>

(1. Research Institute of Xishuangbanna National Nature Reserve, Jinghong, Yunnan 666100, China;  
2. Shangyong Administration of Xishuangbanna National Nature Reserve, Mengla, Yunnan 666300, China;  
3. Mengla Administration of Xishuangbanna National Nature Reserve, Mengla, Yunnan 666300, China)

**Abstract:** From 2014 to 2018, the visit to the China-Laos cross-border joint protection area combined with the field survey preliminarily grasped the population number and activity channels of the Asian elephants in the area. Due to the different levels of economic development between the two countries, the difficulties faced by the cross-border protection of Asian elephant were also different. In the human-elephant conflict, China gave a certain degree of compensation to the party suffering from the damage of Asian elephants, while Laos couldn't pay compensation due to economic conditions, resulting in public resistance. The economic development of border countries affected the development of cross-border nature reserves, and increasing the income of border residents in the China-Laos border region was one of the ways to carry out cross-border joint protection.

**Key words:** Asian elephants; cross-border protection; human-elephant conflict; China-Laos border

收稿日期: 2021-09-22.

第一作者: 召玉龙(1988-), 男, 云南景洪人, 工程师. 主要从事自然保护区管理工作. Email: 76186233@qq.com

责任编辑: 张忠员(1983-), 男, 云南思茅人, 高级工程师. 主要从事自然保护区管理工作. Email: yavxin@126.com

亚洲象 (*Elephas maximus*) 又称印度象, 主要生活于森林和丛林, 常在海拔 1 000 m 以下的沟谷、河边及竹阔混交林中活动, 为大型陆生草食性哺乳动物<sup>[1]</sup>。西双版纳国家级自然保护区勐腊、尚勇子保护区与老挝接壤, 边境线长达 108 km。该区域正处于全球十二大生物多样性热点之一的印支半岛生物多样性热点地带, 生物多样性极为丰富, 区域内分布有 2 100 余种野生动物, 其中亚洲象、印支虎、印度野牛、白颊长臂猿、蜂猴等是该区域的典型代表和关键保护物种。但因该区域世居的部分少数民族落后的生产生活方式, 历来形成靠山吃山的风俗和狩猎的民间传统, 加之原始的刀耕火种耕作方式, 在一定程度上加剧了社区对自然资源的依赖。近年来, 随着边境区域人口的增加和经济的发展, 对土地和森林资源的依赖程度也随之加大, 森林不断被蚕食, 资源不断遭受破坏, 区域生物多样性保护面临的压力也随之越来越大。

2009 年 12 月, 在“中国云南西双版纳中老边境跨境保护第四次交流年会上”, 中老双方签署了《中

老边境联合保护区域项目合作协议》(以下简称“协议”), “协议”的签订进一步明确了双方任务和责任<sup>[2]</sup>。通过建立跨境生物多样性保护措施, 对该区域内的跨境亚洲象进行有效保护, 同时双方林业管理部门在不断合作的基础上, 保护的物种不断地从单一物种的保护扩展到区域内生物多样性的保护, 这对于处于两国边境一线的动物物种及森林生态系统保护极其重要。

### 1 区域范围及概况

区域范围南起中国西双版纳国家级自然保护区尚勇片区、勐腊片区、老挝南塔南木哈 (NamHa NPA) 国家级自然保护区、丰沙里省国有林, 沿国境线两侧各约 5 km 的宽幅向北延伸。中国境内涵盖勐腊县的勐满镇、尚勇、磨憨及勐伴镇直至勐腊子保护区的金厂河头; 老挝区域由南向北沿边境线经过与西双版纳接壤的北部三省 (南塔省、乌都姆赛和丰沙里省), 整个区域形成由南至北总长约 220 km, 面积 20 万  $\text{hm}^2$  的一条带状区域 (图 1)。

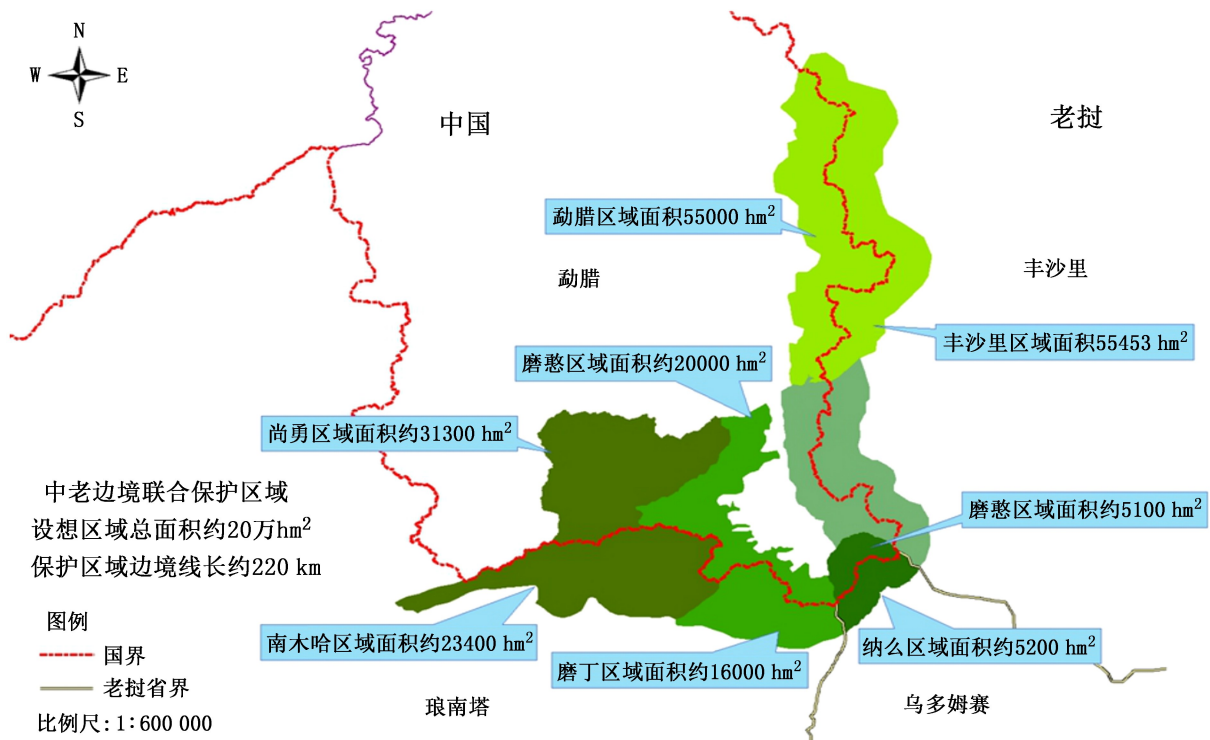


图 1 中老边境跨境亚洲象联合保护区域示意图

Fig. 1 Schematic diagram of China-Laos cross-border joint protection area

区域海拔范围 600~1 700 m, 属热带气候, 月均温 15.1~21.7℃。全年明显分为干湿两季, 干季 11 月至次年 4 月, 雨季 5—10 月。年降水量 1 300~1 600

mm。区域内主要自然植被群落有热带雨林、常绿阔叶林、竹阔混交林和草甸等。丰富的植被养育着丰富的生物多样性, 该区域内分布着大湄公河区域众

多典型的大型有蹄类如亚洲象、印度野牛、水鹿、鬃羚、野猪、赤麂以及大型食肉猫科动物印支虎和云豹等。

## 2 调查方法

对中老双边调查区域内的村寨以访问调查为基础,调查涉及到中国一侧及老挝一侧的村寨。前期,在初步掌握中老跨境跨境联合保护区域亚洲象种群的基本活动范围后,根据村寨访查掌握的中老跨境活动亚洲象种群基本活动信息设定关键野外调查区域,运用野生动物痕迹调查法、野外实体观测法就双方边境一线活动的亚洲象分布区域、种群数量、迁移活动范围与老挝北部三省资源环保厅工作人员共同到老挝村庄开展实地访问调查及野外核实确认,结合相关历史数据,分析汇总得出初步结论。

## 3 调查结果

### 3.1 跨境亚洲象种群数量

尚勇保护区野生亚洲象种群数量大约 60~80 头,约占中国野生亚洲象种群总数的 30%~40%<sup>[3]</sup>。此次中老跨境跨境联合保护区域范围内调查记录到有 5 个亚洲象种群活动,种群数量 25~33 头。中老边境一线的 5 个活动种群中,南塔省分布 2 个活动种群,数量 13~15 头,占中老边境一线亚洲象种群数量的 45%。乌多姆赛省分布一个活动种群,数量 5~7 头,占中老边境一线亚洲象种群数量的 21%。丰沙里省分布 2 个活动种群,数量 7~10 头,占中老边境一线亚洲象种群数量的 34%。由此可以看出,中老边境跨境一线老方一侧亚洲象活动以南塔省最为集中,约占一半的比例(45%);丰沙里省次之(34%),乌多姆赛省最少(21%)。

### 3.2 活动区域面积及通道利用

根据访问调查结合实地观察,初步统计整个中老边境跨境亚洲象种群活动总面积约 170 000 hm<sup>2</sup>。其中:南塔省的活动区域为 54 000 hm<sup>2</sup>,约占总活动区域面积的 32%;乌多姆赛省活动区域为 94 000 hm<sup>2</sup>,占 55%;丰沙里省活动区域为 22 000 hm<sup>2</sup>,占 13%。由此可以看出,在中老边境跨境亚洲象活动区域的亚洲象种群中,乌多姆赛省的最小种群活动范围最大。

从分布区域和面积上看,活动于中老边境一线的 5 个亚洲象种群活动范围大,地跨老挝三省,总面积近 17 万 hm<sup>2</sup>,平均每个体活动面积达 52 km<sup>2</sup>,远高

过“10 km<sup>2</sup>/头”(Sukumar, 2003)的个体家域平均值。

结合中老双方林业工作人员地形图指正及村寨访问调查和实地调查,在老挝南塔省一侧的南墩村、巴卡村、西达村和曼扑栾、南拱村、南混和南亮(老挝村寨音译)有亚洲象分布,对应中国一侧与尚勇保护区的龙门片区相连,在龙门片区一线常年有亚洲象活动。南塔省的南塔县南拱村、南混和扎克亮对应中国一侧为龙门村委会的南满村,亚洲象主要在这几个村子周围活动。此区域 2015 年活动着一群 10 多头的亚洲象种群。最近的一次是 2017 年 7—9 月过境到中国一侧的 4 头象群(3 头母象,一头公象)活动,该跨境群象是从尚勇保护区龙门片区大榕树迁移过来,对应利用的跨境通道位于 32 号界桩和 33 号界桩范围,这条跨境通道是利用率较高且较为固定的一条通道,常年有象群来往于两国之间。跨境亚洲象通道路线为大湾—大榕树—扎卡亮国境梁子—南拱村(老挝)。

另一个跨境种群是勐满(中方)与勐醒(老方)相连的一个通道。具体路线为南坪—大广梁子—坝腊橡胶林—傣族水坝—龙筐—咖啡一厂—咖啡二厂—58 公里国境梁子。2016 年 11 月和 2017 年 9 月有 6~8 头亚洲象群沿此通道进入老挝的南练迈、南跌箠(当地地名),又返回勐满(咖啡厂基地)。

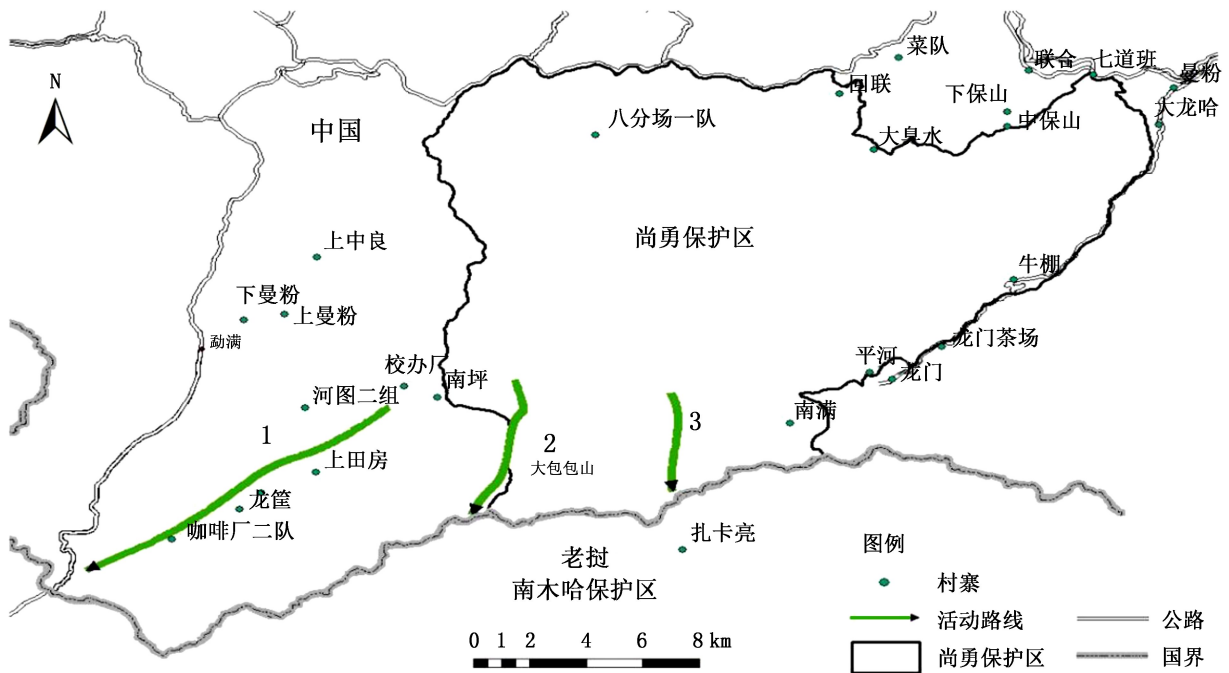
南平村区域内分布有一群跨境亚洲象,最近一次观测到象群活动时间为 2018 年 6 月,种群数量 30 头,其中群内有 5~6 头幼体,活动路径主要为曼西体、回心山、岔河检查站(老挝锅巴脸(音译)),最近一次观测到象群活动时间为 2017 年 11 月,活动路径主要为曼西体、回心山、岔河检查站(老挝锅巴脸)。

龙门村委会附近分布有一群跨境亚洲象,群体数量 7~8 头,其中群内有一头幼体,中方一侧的活动路线为大榕树—国境线 33 号界碑至 32-1 界碑区域,老挝一侧的活动路线为 33 号至 32-1 号界碑、南贡村、南练村、洗布河村(音译)(老挝村寨),最近一次观测到象群活动时间为 2018 年 6 月。

勐捧镇区域内分布的象群数量约 7 头,中方一侧的活动路线为满陇—满坎—勐哈—满听—曼回庄—景坎—城子—曼种—尚勇保护区,进出中国老挝的通道在 42-1 号界碑点附近,最近一次观测到象群活动时间为 2018 年 8 月。

尚勇保护区与南塔省共有 3 条亚洲象通道,但此次调查发现仅有两条通道有亚洲象活动轨迹(图 2)。





路线 1: 南坪—大广梁子—坝腊橡胶林—傣族水坝—龙筐—咖啡一厂—咖啡二厂—58 公里国境梁子  
 路线 2: 南坪—大包包山—田方国境梁子      路线 3: 大湾—大榕树—扎卡亮国境梁子

图 2 尚勇保护区与南塔省亚洲象通道

Fig. 2 Asian elephant passages between Shangyong Reserve in China and Nanta Province in Laos

### 3.3 区域人象冲突基本状况

亚洲象种群迁移活动过程中,对经过区域周边村寨的农作物(主要是水稻和玉米以及部分经济作物如橡胶、甘蔗等)均造成一定程度的毁坏。村民对此抱怨甚多。同时,亚洲象在迁移过程中也威胁到该区域民众的人身安全和正常的生产生活。2014年,在乌多姆赛就有一村民因遭亚洲象攻击不幸身亡。目前,对亚洲象所造成的损害中方给予一定程度的补偿;而老方境内却连最基本的补偿都难以兑现。长此以往,形成村民对“保护大象”的不理解和愤慨,造成一些村民对亚洲象采取一些过激行为,如在老挝境内的暴力驱赶甚至误伤误杀等现象发生,极不利于对跨境亚洲象种群的保护。

## 4 讨论与展望

从目前了解和调查结果看,中老边境跨境一线的亚洲象活动区域较大,地处偏远,中老双方管理部门日常巡护及一些必要的保护措施均难以全面涵盖该区域;加之该区域世居众多少数民族,经济发展滞后,生产生活水平相对落后,造成该区域大多数民众对资源的依赖程度高,无形之中增大了保护管理部门对亚洲象(包括其它野生动物)保护的难度和

度。以上种种带给该区域亚洲象等旗舰物种及其赖以生存的生态系统保护工作极大挑战。

由于中老边境跨境亚洲象日常管理支持上的缺乏,仍未能在该区域实施亚洲象种群的实时监测,因此,未能及时掌握跨境亚洲象种群动态活动规律;同时,对亚洲象种群活动区域的生境现状、亚洲象与周边社区的冲突程度、冲突形成机制、种群承载力等均未能开展深入系统研究。中老双方管理部门均希望能从更多渠道争取资金,全面、系统地展开跨境亚洲象调研,更深入详细地摸清跨境亚洲象种群迁移活动规律、人象冲突成因、生境现状,探究人象冲突缓解措施,全面系统地跨境亚洲象种群保护工作提供科学决策依据,全面实施中老边境跨境亚洲象保护合作。

开展跨境亚洲象联合保护的方面,中方一侧亚洲象肇事可以得到一定数额的补偿,在人象冲突矛盾中起到一定的缓解作用,在政府开展亚洲象保护进程中,边境村民对于亚洲象保护仍持积极态度。鉴于此,应根据边境一些区域的自然地理条件,引导中方一侧的村寨替代种植亚洲象不取食的物种,减少人象冲突频次。另一方面,鉴于老挝的国

(下转第 187 页)

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.02.019

## 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  
(云南省林业调查规划院, 云南 昆明 650051)

**摘要:**以全国第二次重点保护野生植物资源调查确定的云南分布目的物种作为研究对象进行区系特征分析。结果表明,云南省第二次调查的重点保护野生种子植物共 48 科 94 属 136 种,其中裸子植物 5 科 11 属 23 种,被子植物 43 科 83 属 113 种;在重点保护野生种子植物区系中,属于热带分布类型的最多,有 23 科 49 属 76 种,分别占科、属、种总数的 47.92%、52.13% 和 55.88%,整体呈较强的热带性性质,与云南省生物多样性富集程度高的热带区域相一致;在重点保护野生种子植物只含 1 种的 20 科中,东亚特有科水青树科和连香树科均在分类学地位上较为孤立或起源较为古老。

**关键词:**区系特征;分布类型;重点保护野生植物;云南省

中图分类号:S718.521.2;Q948.5 文献标识码:A 文章编号:1671-3168(2023)02-0101-05

引文格式:郑静楠,郑进烜,王勇,等.云南省第二次调查重点保护野生植物区系特征[J].林业调查规划,2023,48(2):101-106. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.02.019

ZHENG Jingnan, ZHENG Jinxuan, WANG Yong, et al. Flora Characteristics of Key Protected Wild Plants in the Second Survey of Yunnan Province[J]. Forest Inventory and Planning, 2023, 48(2): 101-106. doi: 10.3969/j.issn.1671-3168.2023.02.019

## Flora Characteristics of Key Protected Wild Plants in the Second Survey of Yunnan Province

ZHENG Jingnan, ZHENG Jinxuan, WANG Yong, WU Fuqin  
(Yunnan Institute of Forest Inventory and Planning, Kunming 650051, China)

**Abstract:** The target species distributed in Yunnan in the second national key protected wild plant resources survey were used as the research object to analyze the flora characteristics. The results showed that the key protected wild seed plants in the second survey of Yunnan consisted of 136 species in 94 genera and 48 families, including 23 species of gymnosperms in 11 genera and 5 families, and 113 species of angiosperms in 83 genera and 43 families; among the key protected wild seed plant flora, tropical distribution had the largest number, with 76 species, 49 genera and 23 families, accounting for 55.88%, 52.13% and 47.92% of the total respectively, showing a strong tropical nature as a whole, which was

收稿日期:2021-09-23.

项目来源: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、自然保护地和湿地保护研究工作.

Email:zjx3410@163.com

consistent with the tropical regions with high biodiversity enrichment in Yunnan Province; among the 20 families with only one species of key protected wild seed plants, the East Asian endemic family Tetracentraceae and family Cercidiphyllaceae were relatively isolated in taxonomic status or relatively old in origin.

**Key words:** flora of plants; areal-type; wild plants; habitat; Yunnan Province

植物区系指一定地区或国家所有植物种类的总和,是植物界在一定的自然地理条件下,特别是在自然历史条件综合作用下发展演化的结果<sup>[1]</sup>。云南省特殊的地理位置、复杂的地形、多样的气候,使其成为中国乃至世界生物多样性最丰富的地区之一,其中高等植物有 19 365 种,占中国的 50.2%,特别是列入保护的珍稀、濒危物种资源,在全国乃至全世界均占有重要地位。在 2012 年启动的全国第二次重点保护野生植物资源调查工作中,云南省调查发现维管束植物共 152 种,其中种子植物 136 种。通过对云南省第二次重点保护种子植物区系成分进行分析,为科学评价重点保护野生植物价值和制定保护策略提供理论依据。

## 1 研究区概况

云南省简称“滇”或“云”,地处中国西南边陲,位于东经 97°31'39"~106°11'47",北纬 21°08'32"~29°15'08"之间,北回归线横贯云南省南部。全省总面积 39.4 万 km<sup>2</sup>,海拔 76.4~6 740 m,均温 4.7~23.7℃,85%雨量集中在 5—10 月,大部分地区年降水量不足 1 000 mm,无霜期长。云南省土壤面积 3 522.87 万 hm<sup>2</sup>,其中以铁铝土纲(砖红壤、赤红壤、红壤、黄壤)为主,其次是淋溶土纲(黄棕壤、棕壤、暗棕壤、棕色针叶林土)。云南气候属于低纬高原季风气候,由于地形复杂和垂直高差大等原因,立体气候特点显著,类型多样。滇西北地区属寒带型气候,长冬无夏,春秋较短;滇中属温带型气候,四季如春,遇雨成冬;滇南、滇西南的低热河谷区,有一部分处在北回归线以南,进入热带范围,长夏无冬,一雨成秋。在一个省区内,同时具有寒、温、热(包括亚热带)三带气候<sup>[2]</sup>。

## 2 研究方法

### 2.1 物种确定

对照国家林业局确定的全国第二次重点保护野生植物资源调查的调查物种 313 种,云南有分布记载的 135 种,增加 17 种,云南第二次重点保护野生

植物调查的物种共计 152 种,其中种子植物 136 种,占总种数的 89.47%<sup>[3]</sup>。

### 2.2 区系分析方法

以郑万钧裸子植物分类系统和恩格勒被子植物分类系统为标准,对云南省重点保护野生植物进行整理,展开科、属、种数量的统计分析;根据中国种子植物分布区类型系统的划分标准<sup>[4-7]</sup>,对云南省重点保护野生植物区系的分布区类型进行分析;对云南省重点保护野生植物区系的特有现象及区系的地理分布特征展开分析。

## 3 结果与分析

### 3.1 重点保护野生植物的区系组成

根据云南省第二次重点保护野生植物调查名录进行统计,结果详见表 1。

表 1 云南省重点保护野生种子植物数量统计

Tab. 1 Quantity of key protected wild seed plants in Yunnan Province

植物类群	科数		属数		种数	
	数量 /个	占比 /%	数量 /个	占比 /%	数量 /种	占比 /%
裸子植物	5	10.42	11	11.70	23	16.91
被子植物	43	89.58	83	88.30	113	83.09
双子叶植物	41	85.42	79	84.04	100	73.53
单子叶植物	2	4.16	4	4.26	13	9.56
合计	48	100.00	94	100.00	136	100.00

注:占比指所占云南省重点保护野生种子植物总数的百分比。

重点保护野生植物中种子植物共计 48 科 94 属 136 种,其中裸子植物 5 科 11 属 23 种,被子植物 43 科 83 属 113 种。被子植物中双子叶植物 41 科 79 属 100 种,单子叶植物 2 科 4 属 13 种。

### 3.2 重点保护野生植物科的区系特征

#### 3.2.1 科的分布区类型

按照吴征镒等<sup>[15-16]</sup>对世界种子植物科分布区



类型进行划分,将云南省第二次调查的重点保护野生种子植物 48 科分为 7 种类型(表 2)。

表 2 云南省第二次调查重点保护野生种子植物分布区类型

Tab. 2 Areal-types of key protected wild seed plants in the second survey of Yunnan Province

科的分布区类型	科数 /个	占比 /%	属数 /个	占比 /%	种数 /种	占比 /%
1 广布(世界分布)	9	18.75				
2 泛热带分布(热带广布)	21	43.75	9	9.57	9	6.62
3 热带亚洲分布			1	1.06	1	0.74
4 热带亚洲至热带大洋洲间断分布	2	4.17	14	14.89	33	24.26
5 热带亚洲至热带非洲分布			1	1.06	1	0.74
6 热带亚洲分布			24	25.53	32	23.53
热带分布类型(类型 2~6)合计	23	47.92	49	52.13	76	55.88
7 北温带分布	8	16.67	9	9.57	12	8.82
8 东亚及北美间断分布	4	8.33	9	9.57	12	8.82
9 东亚分布	2	4.17	4	4.26	4	2.94
10 中国特有分布	2	4.17	23	24.47	32	23.53
温带分布类型(类型 7~10)合计	16	33.33	45	47.87	60	44.12
共计	48	100.00	94	100.00	136	100.00

世界分布的科有 9 个,占总科数的 18.75%;泛热带分布的科有 21 个,占总科数的 43.75%;热带亚洲至热带大洋洲间断分布的科有 2 个,占总科数的 4.17%;北温带分布有 8 个科,占总科数的 16.67%;东亚及北美间断分布的有 4 科,占总科数的 8.33%;东亚分布和中国特分布各 2 科,各占总科数的 4.17%。科的热带与温带成分之比为 1.44 : 1,说明云南省第二次调查的重点保护野生植物区系以热带分布的科占比较大,并以热带科占优势,重点保护物种具有热带性质稍强的植物区系特征。

中国特有科有杜仲科(Eucommiaceae)、银杏科(Ginkgoaceae)2 个科,均起源于早期古北大陆东部,为中国华中至横断山区特有,而且银杏科属于孑遗状态,说明云南省第二次调查重点保护野生植物的区系具有古老性和独特性;另外东亚特有科有水青树科(Tetracentraceae)、连香树科(Cercidiphyllaceae)

2 个科,表明所调查的重点野生植物包含东亚植物区系的一部分,云南省植物发源与东亚植物区系密切相关。

### 3.2.2 科的数量结构

对云南省第二次调查的重点保护野生植物种子植物科的数量结构进行统计分析,结果见表 3。

表 3 云南省第二次调查重点保护野生种子植物科的数量结构

Tab. 3 Quantitative structure of key protected wild seed plant families in the second survey of Yunnan Province

类型	科数 /个	科名	属数 /个	种数 /种
10~19 种	2	木兰科 Magnoliaceae	11	22
		苏铁科 Cycadaceae	1	10
5~9 种	2	红豆杉科 Taxaceae	4	6
		松科 Pinaceae	5	7
2~4 种	24	兰科 Orchidaceae	2	11
		柏科 Cupressaceae	2	2
		冬青科 Aquifoliaceae	3	3
		椴树科 Tiliaceae	3	3
		夹竹桃科 Apocynaceae	2	2
		姜科 Zingiberaceae	3	3
		壳斗科 Fagaceae	2	2
		蓝果树科 Nyssaceae	3	4
		楝科 Meliaceae	2	3
		龙脑香科 Dipterocarpaceae	3	4
		毛茛科 Ranunculaceae	2	3
		槭树科 Aceraceae	2	2
		茜草科 Rubiaceae	2	2
		肉豆蔻科 Myristicaceae	2	2
		三尖杉科 Cephalotaxaceae	1	2
		山茶科 Theaceae	1	2
		山榄科 Sapotaceae	2	2
		杉科 Taxodiaceae	2	2
		使君子科 Combretaceae	3	3
		无患子科 Sapindaceae	2	2
		梧桐科 Sterculiaceae	2	3
		五加科 Araliaceae	1	2
		樟科 Lauraceae	1	2
		棕榈科 Palmae	2	2
只含 1 种	20	柏科 Cupressaceae	1	1
		大戟科 Euphorbiaceae	1	1
		冬青科 Aquifoliaceae	1	1

续表 3

类型	科数 /个	科名	属数 /个	种数 /种
		杜鹃花科 Ericaceae	1	1
		杜仲科 Eucommiaceae	1	1
		防己科 Menispermaceae	1	1
		胡桃科 Juglandaceae	1	1
		桦木科 Betulaceae	1	1
		苦苣苔科 Gesneriaceae	1	1
		连香树科 Cercidiphyllaceae	1	1
		马尾树科 Rhoipteleaceae	1	1
		蔷薇科 Rosaceae	1	1
		瑞香科 Thymelaeaceae	1	1
		石竹科 Caryophyllaceae	1	1
		水青树科 Tetracentraceae	1	1
		四数木科 Tetramelaceae	1	1
		藤黄科 Guttiferae	1	1
		铁青树科 Olacaceae	1	1
		卫矛科 Celastraceae	1	1
		银杏科 Ginkgoaceae	1	1

在统计的植物科中,含 10 种以上的科有 2 科,即木兰科(Magnoliaceae)、苏铁科(Cycadaceae),共含 12 属、32 种,占总属数的 12.77% 和总种数的 23.53%;5~9 种的科有 2 科,即红豆杉科(Taxaceae)、松科(Pinaceae),共含 9 属、13 种,占总属数的 9.57% 和总种数的 9.56%;2~4 种的科有 24 科,共含 53 属、68 种,占总属数的 56.38% 和总种数的 50.00%。以上大科或较大科对云南省第二次调查的重点保护野生植物区系的性质和特点起着十分重要的作用,是重点保护的主要科的成分。另外,只含 1 种的科有 20 科,如杜仲科、银杏科、水青树科和连香树科等单型科,其是中国或东亚特有科,在系统发育上具有比较孤立或古老的类群。

### 3.3 重点保护野生植物属的区系特征

#### 3.3.1 属的分布区类型

按照中国种子植物区系属分布区类型的划分<sup>[18-19]</sup>,对云南省第二次调查的重点保护野生植物 96 属的分布区类型进行统计,划分为 9 个分布类型(表 2)。研究区各分布类型中,属于热带分布类型的属有 49 属,占总属数的 52.13%;属于温带分布类型的有 45 属,占总属数的 47.87%,其中,热带亚洲分布类型所含属最多,有 24 属,占总属数的 25.53%;

中国特有分布类型次之,有 23 属,占总属数的 24.47%。在云南省第二次调查的重点保护野生植物各类型属的地理成分中,以热带和温带起源的植物区系比例最大,说明云南省重点保护野生植物区系具有热带和温带性质,同时,与热带亚洲至热带大洋洲间断分布、北温带分布和东亚及北美间断分布的植物区系具有非常密切关系。另外,特别需要说明的是,属于中国特有分布类型的属 23 个,占总属数的 24.87%,说明云南省重点保护野生植物在起源上具有华夏区系的古老和特殊性,这些物种作为列入国家重点保护植物是极必要的。

#### 3.3.2 属的数量结构

通过对云南省第二次调查的重点保护野生植物种子植物属的数量结构进行统计分析,结果见表 4。

表 4 云南省第二次调查的重点保护野生植物种子植物属的数量结构

Tab. 4 Quantitative structure of key protected wild seed plant genera in the second survey of Yunnan Province

类型	属数/个	占总属数 百分比/%	种数/种	占总种数 百分比/%
含 6~10 种	3	3.19	24	17.65
含 2~5 种	14	14.89	35	25.74
含 1 种	77	81.91	80	56.62
合计	94	100.00	136	100.00

在统计的属中,含 6~10 种的属有 3 个,即悬木属(*Magnolia*),含 8 种,苏铁属(*Cycas*),含 10 种,兜兰属(*Paphiopedilum*),含 6 种,共 24 种,占总属数的 3.19% 和总种数的 17.65%;含 2~5 种的属有 14 个,共 35 种,占总属数的 14.89% 和总种数的 25.74%。另外,仅有 1 种的属有 77 个,共 77 种,占总属数的 81.91% 和总种数的 56.62%,比例较大的单属单种种子植物是云南省重点保护野生植物生物多样性的的重要组成部分。

#### 3.4 重点保护野生植物种的区系特征

云南省第二次调查的重点保护野生植物种子植物 136 种,参照吴征镒属的分布区划分方法,根据种的现代地理分布特征,划分为 9 个类型(表 2)。

属于热带分布类型的有 76 种,占总种数的 55.88%。在热带分布类型中,以属于热带亚洲分布类型的种类最多,共 32 种,占总种数的 23.53%,主要分布在热带地区,是热带区域的代表物种,如云南沉香(*Aquilaria yunnanensis*)、任豆(任木)(*Zenia in-*

*signis*)、勐仑翅子树(*Pterospermum menglunense*)、东京龙脑香(*Dipterocarpus retusus*)、望天树(*Parashorea chinensis*)等物种。

属于温带分布类型的有60种,占总种数的44.12%。以中国特有种的种类最多,共32种,占总种数的23.53%,是云南省第二次调查的重点保护野生植物区系的主要组成部分,体现了重点保护野生植物的重要价值。属于北温带分布类型的种类共8种,占总种数的8.82%,这些物种在一定程度上具有亚热带的过渡性质,如油麦吊云杉(*Picea brachytyla* var. *complanata*)、毛枝五针松(*Pinus wangii*)、云南金钱槭(*Dipteronia dyerana*)、喜马拉雅红豆杉(*Taxus wallichiana*)等物种。属于东亚及北美间断分布类型的种类共8种,占总种数的8.82%,如五裂黄连(*Coptis quinquesecta*)、姜状三七(*Panax zingiberensis*)、地枫皮(*Illicium difengpi*)等物种。另外,属于东亚分布类型的种类共4种,占总种数的2.94%,这些物种主要分布于常绿阔叶林林下或沟管中,如川黄檗(黄皮树)(*Phellodendron chinenses*)、十齿花(*Dipentodon sinicus*)、水青树(*Tetracentron sinense*)、连香树(*Cercidiphyllum japonicum*)等。

## 4 结论与讨论

### 4.1 云南植物种类与特有类型丰富度

云南省第二次调查的重点保护野生植物种子植物种类丰富,共有48科94属136种。科划分为7个类型,属和种均可划分为9个类型和15个变型。这些物种中中国特有科有杜仲科和银杏科,东亚特有科有水青树科和连香树科,占全部东亚特有科的56.26%;中国特有属有23属,占总属数的24.87%;中国特有种32种,占总种数的23.53%。

### 4.2 种子植物地理成分复杂性

云南省第二次调查的重点保护野生植物种子植物有中国种子植物属、种的9大分布类型,并且在各分布区类型中存在有大量的变型和间断分布类型,同时这些重点保护野生植物的特有种主要是以华中为分布中心向外扩散的物种,植物区系成分属于典型的中国—日本植物区系的一部分,说明重点保护

野生植物区系成分的复杂性和重要性,在一定程度上代表了云南省植物区的主要特点。

### 4.3 云南植物区系偏热带成分

云南省第二次调查的重点保护野生植物种子植物热带分布23科49属76种,占比分别为47.92%、52.13%和55.88%,整体呈较强的热带性性质。在科的9个分布区类型中,热带和温带分布的科共39科,其中热带主要以泛热带和北温带分布成分为主,整体呈重点保护野生植物以热带成分为主的特点,与云南省生物多样性富集程度高的热带区域相一致。

### 4.4 植物区系成分的古老性

云南省第二次调查的重点保护野生植物种子植物只含1种的20科中,东亚特有科有水青树科和连香树科,均在分类学地位上较为孤立或起源上较为古老。珙桐属有2个种,是第三纪古热带植物区系的子遗种;水青树科和连香树科为东亚特有科,是典型的第三纪子遗植物,表明了第二次调查的重点保护野生植物植物区系具有一定古老性。同时,调查物种发现木兰科、壳斗科等较为古老的科,其存在进一步表明植物区系的古老性和独特性。

## 参考文献:

- [1] 吴征镒,王荷生. 中国自然地理——植物地理(上册)[M]. 北京:科学出版社,1983:1-125.
- [2] 张子翼,温庆忠,华朝朗. 云南自然保护区[M]. 昆明:云南科技出版社,2018.
- [3] 云南省林业厅. 云南省第二次重点保护野生植物资源调查报告[R]. 2019.
- [4] 吴征镒,周浙昆,李德铎,等. 世界种子植物的分布区类型[J]. 云南植物研究,2003,25(3):245-257.
- [5] 吴征镒. 《世界种子植物的分布区类型系统》的修订[J]. 云南植物研究,2003,25(5):535-538.
- [6] 吴征镒. 中国种子植物属的分布区类型[J]. 云南植物研究,1991(增刊):1-139.
- [7] 吴征镒. 中国种子植物属的分布区类型的增刊和勘误[J]. 云南植物研究,1993,增刊(IV):141-178.

责任编辑:陈旭



doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.02.020

## 我国公益林生态补偿法律制度研究

张倩月

(河海大学法学院,江苏南京 211100)

**摘要:**公益林生态补偿制度对保护森林资源、建设生态文明具有重大意义,现行法律法规中虽存在大量的关于公益林生态补偿的规定,但长期缺少系统化的法律制度规范,存在着补偿方式单一、补偿标准不合理等不足。为了更好地实现其保护森林、改善生态环境的制度价值,需要尽快建立一套行之有效的系统化的法律规范体系,创新政府补偿方式,引入市场化补偿方式,确定科学的补偿标准,用法律手段保障公益林生态补偿制度的运行,实现人与自然的和谐共生。

**关键词:**公益林生态补偿;法律制度;补偿方式;补偿标准;政府补偿;市场补偿

中图分类号:S759.2;S718.56;F224.5 文献标识码:A 文章编号:1671-3168(2023)02-00106-04

引文格式:张倩月.我国公益林生态补偿法律制度研究[J].林业调查规划,2023,48(2):106-109,148.

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.02.020

ZHANG Qianyue. Legal System of Ecological Compensation for Public Welfare Forest in China[J]. Forest Inventory and Planning, 2023, 48(2): 106-109, 148. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.02.020

### Legal System of Ecological Compensation for Public Welfare Forest in China

ZHANG Qianyue

(Law School, Hohai University, Nanjing 211100, China)

**Abstract:** The ecological compensation system of public welfare forest is of great significance to the protection of forest resources and the construction of ecological civilization. Although there are a large number of provisions on ecological compensation of public welfare forest in the current laws and regulations, there is a lack of systematic legal system for a long time, and there are shortcomings such as single compensation method and unreasonable compensation standard. In order to better implement the system value of forest protection and improve the ecological environment, it is necessary to establish an effective and systematic legal norm system as soon as possible, innovate government compensation methods, introduce market-oriented compensation methods, determine scientific compensation standards, use legal means to ensure the operation of the ecological compensation system for public welfare forests, and achieve harmonious coexistence between humans and nature.

**Key words:** ecological compensation of public welfare forest; legal system; compensation method; compensation standard; government compensation; market-oriented compensation

森林是地球上重要的生态系统之一,一方面其有可观的经济价值,人类社会的生产生活离不开木

材加工产品,更重要的是其具有不可估量的生态价值,在排氧固碳、减缓温室效应,涵养水源、保持水

收稿日期:2021-12-06.

第一作者:张倩月(1998-),女,山东泰安人,硕士研究生.主要从事国际环境法和自然资源保护法方面的研究. Email:289008603@qq.com

土,丰富物种多样性等方面发挥着巨大作用。“绿水青山就是金山银山”,在国家大力提倡绿色发展的今天,公益林生态补偿作为实现生态资源持续发展和生态环境保护的重要手段之一,得到了立法和实践的重视。特别是在习近平总书记提出“碳达峰和碳中和”目标的背景下,公益林作为主要的碳汇来源之一,其保护营造工作被摆在更重要的位置上,公益林生态补偿机制将在整体生态文明建设中发挥更加关键性的作用。

我国公益林生态补偿制度相较于西方国家起步较晚,相关立法仍然停留在“原则”和“指导”层面,无论是法律制度还是配套机制的具体建设均不完善,以致于在实践中产生了一系列问题。为了充分保护森林资源,更好地平衡公益林生态效益与经济利益,有必要进一步完善我国公益林生态补偿法律制度,为今后可持续发展提供更全面的法制保障。

## 1 公益林生态补偿法律制度现状

公益林生态补偿是以保护和改善森林生态环境为目的,采用以政府补偿为主、市场补偿为辅的补偿方式,对公益林不同利益诉求主体间的利益关系进行调整的一种激励和协调机制。

我国森林资源管理工作开始较早,但对于公益林生态补偿法律制度建设经历了较长时间的探索与试点阶段。建国初期,我国并未认识到森林资源重要的生态效益,以开发森林的经济效益为主,直到 20 世纪 80 年代,林木的滥砍滥伐引发了生态环境恶化,才以保护森林为价值导向颁布了一系列法律法规,建立了初步的森林保护法律体系。公益林生态补偿制度法律层面的建设始于 1998 年修正的《森林法》,其中第八条第二款明确国家设立森林生态效益补偿基金,并规定了该基金使用的对象和补偿范围<sup>[1]</sup>。这一规定标志着公益林生态补偿制度正式以法律形式得到体现。许多学者认为这是公益林生态补偿制度在我国的立法确立,但从严格意义上来说,森林生态效益补偿基金只是公益林生态补偿制度的补偿方式之一,其设立目的是为了解决资金来源问题,两者不能混为一谈。但不可否认的是,森林生态效益补偿基金的设立为之后公益林生态补偿制度的发展明确了方向。随后 2001 年颁布的《森林法实施条例》、2004 年颁布的《中央森林生态效益补偿基金管理办法》等法律文件均为公益林生态补偿工作的顺利进行提供了相对具体的指导意见和有力

保障,进一步充实了公益林生态补偿制度的内容<sup>[2]</sup>。

随着生态文明建设在国家整体发展规划中的地位进一步提高,越来越多的立法开始涉及公益林生态补偿制度。2014 年修订的《环境保护法》第三十一条增加了生态保护补偿制度,为之后的公益林生态补偿的立法工作提供了有效法律依据。特别是 2019 年《森林法》第七条规定的修订,我国第一次在法律层面明确了森林生态补偿制度的确立。这次修订体现了国家对进一步完善生态公益林补偿制度的积极态度,反映了国家建设生态文明、实现人与自然和谐发展的决心。2020 年颁布的《长江保护法》与 2021 年颁布的《乡村振兴法》也都提到了生态保护补偿机制,公益林作为重要的补偿对象之一包含在其中(表 1)。总而言之,现行法律法规中虽然存在大量的关于公益林生态补偿的规定,但总体仍呈现零散、片面、效力位阶低、可操作性差等问题,无法满足实践中的需要。

表 1 我国现行关于公益林生态补偿的法律

Tab. 1 Current laws on ecological compensation for public welfare forests in China

时间	名称	内容
2014 年 修订	环境 保护法	第三十一条 国家建立、健全生态保护补偿制度... 进行生态保护补偿。
2019 年 修订	森林法	第七条 国家建立森林生态效益补偿制度,加大公益林保护支持力度... 进行生态效益补偿。
2020 年 颁布	长江 保护法	第七十六条 国家加大财政转移支付力度,对长江干流及重要支流源头和上游的水源涵养地等生态功能重要区域予以补偿... 开展生态保护补偿。
2021 年 颁布	乡村 振兴法	第三十四条 国家健全重要生态系统保护制度和生态保护补偿机制... 建设美丽乡村。

## 2 公益林生态补偿法律制度的不足

### 2.1 缺少系统化的法律体系

缺少系统化的法律体系是制约公益林生态补偿制度发展的最大因素,现有相关法条都零散分布在不同的法律中,未形成“基础法—专门法—单行法规”这一具有法律逻辑的体系,给实践工作带来了困难。

1) 作为在环境保护方面具备基础法性质的综合立法《环境保护法》忽视了生态补偿规定,致使地

方政府的实践得不到来自上位法的支撑<sup>[3]</sup>。《环境保护法》第三十一条虽然提及了生态保护补偿制度,但法条仅简单表述为“建立、健全”制度,规定过于笼统,缺乏实质性的制度内容;第三款所提到的补偿主体也限定在人民政府,阻碍了公益林市场化补偿方式的发展。

2)《生态补偿条例》的立法工作未得到足够重视。生态补偿是公益林生态补偿的上位概念<sup>[4]</sup>,公益林生态补偿制度的底层原理、运作机制等均建立在生态补偿制度的基础之上。但目前我国严重忽略了生态补偿专门立法工作的重要性,至今仍未出台具有针对性的法律法规,直接导致公益林生态补偿制度运行体系的混乱,缺少相应的理论基础、政策架构和具体运作规范,降低了制度运行的可操作性,无法充分发挥其制度作用。

## 2.2 补偿方式单一

国家财政拨款是我国当前主要的公益林生态补偿资金来源,一方面体现了政府对公益林建设与修复工作的重视,但同时也暴露了目前我国公益林补偿方式单一的不足,政府、企业、个人等多主体的资金来源制度未建立,市场补偿这一重要手段未得到充分运用,一定程度上反映了现行公益林生态补偿制度的脆弱性与滞后性。

“谁受益,谁补偿”与公平原则同为公益林生态补偿制度应遵循的基本原则,其强调的是谁享用了公益林提供的生态效益,谁就应承担相应的补偿责任,但这一责任主体的确定十分困难,森林生态系统的受益人数之广往往难以计量,而这种环境利益的受益者也不仅限于一时,因此在以往的实践中,这部分支出多是由政府的财政来承担。但我国公益林生态补偿不仅限于一时一地,而是一项长期实施的体系化制度,特别是考虑到我国公益林分布广、体量大的实际情况,如果不能充分运用多种补偿方式,长时间大额的财政支出将给政府财政带来沉重负担,无形之中增加了补偿资金链断裂的风险。公益林生态补偿不能只靠政府财政转移支付,必须健全补偿途径,改变目前单一的财政转移支付补偿方式,引入多方主体的资金来源,实现补偿方式的多样化,维护公益林生态补偿制度的有效运行。

## 2.3 补偿标准不合理

补偿标准是直接影响公益林生态补偿制度实施效果的关键性因素,其确定过程不是简单的成本计算,而是要结合不同地区的实际情况,综合考虑生态效益、经济成本、种植意愿等因素得出一个科学的结

论。但我国现行的补偿标准明显未经过动态科学论证,存在着明显的不合理之处。

### 2.3.1 补偿标准偏低

从理论上讲,公益林生态补偿的主要目标是调整公益林保护主体和利用主体之间的利益关系,从而保护森林资源。补偿标准应体现出对公益林经营者的生产成本、丧失的机会成本以及公益林的生态价值 3 方面的补偿。尽管近年来我国增加了在公益林管护上的资金投入,现行的公益林生态补偿标准仍不能完全覆盖这 3 方面的价值,无法实现补偿目的。根据最新规定,我国国有和集体、个人所有的国家级生态公益林中央补偿标准分别为  $150 \text{ 元}/\text{hm}^2 \cdot \text{a}$  和  $240 \text{ 元}/\text{hm}^2 \cdot \text{a}$ 。以针叶林为例,经营者一个轮伐期内的生产和机会成本约为  $375 \text{ 元}/\text{hm}^2 \cdot \text{a}$ ,加上林木本身的生态价值,每年的补偿金应至少不低于  $375 \text{ 元}/\text{hm}^2 \cdot \text{a}$ ,显然我国未实现这样的补偿标准<sup>[5]</sup>。

### 2.3.2 地区间公益林生态补偿标准不平衡

受地区经济发展水平的影响,各地制定的国家级生态公益林补偿标准相差很大。例如位于东部沿海的温州市龙湾区,2021 年度国家级公益林补偿标准为  $450 \text{ 元}/\text{hm}^2$ ,而在湖南省韶关市始兴县,这一标准则降为  $240 \text{ 元}/\text{hm}^2$ 。如果国家继续忽视这种区域间差异悬殊的补偿标准,必然会挫伤经济欠发达地区主体的积极性,迫使这部分主体追求实现更多的经济效益,转向公益林保护的对立面。我国的实际情况是经济相对落后地区的生态环境更为脆弱,需要更多资金上的扶持,现行不合理的补偿标准显然无法实现保护生态环境的目的。

## 3 完善公益林生态补偿法律制度的建议

### 3.1 建立系统化的法律体系

面对我国严峻的森林生态问题,建立一套系统化、可操作性强、符合法律效力位阶的公益林生态补偿法律体系显得尤为迫切,这是促进公益林生态补偿制度发展首要解决的问题,但这一工作不是一蹴而就的,需要结合我国立法的实际情况,统筹规划,逐步推进才能实现。

落实到具体操作中:(1)应在《环境保护法》这一基本法中明确生态补偿这一公益林生态补偿上位概念的定义、地位及重要性<sup>[6]</sup>,建立生态补偿制度的基本框架,包括主体、客体、范围等内容,为之后的公益林生态补偿制度立法工作提供更有力的法律依据,畅通立法道路;(2)应在现有政策和法律的基础上加速推进《生态补偿条例》的出台,对生态补偿的



基础性、原则性、程序性问题加以规定,发挥其普遍的指导作用;(3)依据上述两部法律文件,配套制定具有针对性的《公益林生态补偿条例》,对公益林生态补偿的主客体、范围、方式、标准等具体规则作出进一步细化的规范<sup>[7]</sup>,尽快形成一套行之有效的公益林生态补偿法律制度体系,为今后的实践工作提供指导。

### 3.2 实施多元化的补偿方式

#### 3.2.1 创新政府补偿方式

完善公益林生态补偿制度是建设我国生态文明过程中极为重要的任务,单一的补偿方式不仅对政府财政造成了沉重负担,而且也已无法满足进一步保护森林资源的现实需求,创新政府补偿方式是公益林生态补偿制度必然的发展方向。

政府要从根本上改变以往传统的补偿模式,一味限制公益林采伐和简单采取输送资金的补偿方式,不仅不能有效平衡生态效益与经济发展之间的矛盾,也违背了人与自然和谐发展的根本制度目的。在今后的补偿工作中,政府应发挥其在方向引导、统筹协调方面的作用,通过政策、实物、技术等多种创新形式进行补偿,鼓励地方转变传统经济发展方式,实现地区经济的绿色可持续发展;同时,政府的补偿工作也应展现更多人文关怀,解决保护区民众就业、医疗、教育等多方面问题,这同样也是补偿的一种形式,降低因保护公益林给地方经济发展带来的影响,减轻中央及地方财政负担,更好地平衡保护森林资源过程中产生的利益冲突。

#### 3.2.2 引入市场补偿方式

公益林生态补偿制度离不开政府发挥主导作用,但同样需要市场化的补偿方式为保护公益林提供更多的资金来源,提高补偿制度的运作效率。在市场补偿方式中,目前最受学界和市场关注且可操作性最高的是林业碳汇交易制度。

林业碳汇交易是指,通过植树造林等手段发挥森林吸收二氧化碳等温室气体的功能,按照相关规则展开的碳排放权或碳排放空间的交易活动<sup>[8]</sup>,其将森林生态价值商品化、市场化,为公益林生态补偿发展提供了新思路。一方面,有效解决了补偿责任主体难以界定的问题,通过市场调动社会资金的流入,体现法律的公平原则;另一方面,为公益林的营造保护提供更多资金来源,减轻政府财政压力,保障了制度的有效运转<sup>[9]</sup>。特别是在“碳达峰、碳中和”目标提出的背景下,发展林业碳汇交易与完善公益

林生态补偿制度的相互配合将开创我国森林资源保护事业新局面。但我国现阶段的林业碳汇交易制度建设尚处于探索阶段,法律规范不健全,严重制约了实践的发展,有必要尽快制定出台专门的法律,明确森林碳汇权属,完善森林碳汇计量监测体系,建立一套透明有效的监管体系,规范林业碳汇交易实践,拓宽公益林补偿方式,助力我国森林保护事业的发展<sup>[9]</sup>。

### 3.3 确定科学的补偿标准

公益林生态补偿标准直接决定着公益林受偿主体的参与积极性,能否科学、合理地确定补偿标准直接影响着公益林生态补偿制度作用的发挥<sup>[10]</sup>。为了更好地保障公益林建设:(1)应适当提高补偿标准,实现对公益林经营者的生产成本、丧失的机会成本以及公益林生态价值3个方面覆盖,满足最低的补偿标准;(2)在确定最低补偿标准基础上,应结合受补偿地区经济发展水平、生态环境状况、林种等地域因素,对经济发展落后、生态环境脆弱、造林成本高的生态功能重要地区给予法律、政策上的偏斜,考虑到不同地区的特殊性,有针对性地对各地公益林进行补偿。只有确定科学合理的公益林生态补偿标准,才能体现环境法公平的价值追求<sup>[11]</sup>,保障经营者的合法权益,实现公益林的稳定健康发展,促进地区生态文明建设。

## 4 结 语

公益林生态补偿作为一项有利于全人类、全社会发展的公益性事业,在发挥森林生态效益、维护生态平衡方面具有不可或缺的意义,需要得到政府、社会的更多重视。但在过去的实践中,公益林生态补偿制度长期缺少健全的法律体系作为支撑,存在着补偿方式单一、补偿标准较低等不足,严重影响了其制度价值的实现。对此,应以法律手段为森林资源保护与建设事业保驾护航,以法律保障生态文明的发展,这既是历史的经验,也是现实的选择,只有不断完善公益林生态补偿法律制度,协调好生态保护与经济发展之间的矛盾,才能助力生态文明建设,实现人与自然和谐发展。

## 参考文献:

- [1] 于同申,张建超.健全公益林生态补偿制度研究[J].福建论坛(人文社会科学版),2015(7):37-43.
- [2] 曹明德.森林资源生态效益补偿制度简论[J].政法论坛,2005(1):133-138. (下转第148页)

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.02.021

## 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  
(昆明市西山林场,云南昆明 650100)

**摘要:**对昆明市西山林场范围内妙高寺保护小区古树植物群落进行调查,并对所采标本和照片进行系统鉴定,同时结合相关文献资料,调查发现维管束植物 120 科、391 属、574 种,其中裸子植物 5 科、10 属、12 种,被子植物 107 科、369 属、545 种,蕨类及石松类植物 8 科、12 属、17 种。按植物资源主体功能划分为食用、药用、纤维、工业原料、鞣料、染料、树脂与树胶、材用、观赏、其他类等 10 个植物资源类型。

**关键词:**古树植物群落;植物资源调查;功能划分;保护利用;妙高寺

中图分类号:TU986.36;S718.54;S757.2 文献标识码:A 文章编号:1671-3168(2023)02-0110-05

引文格式:张昆锐,李红旭,陈洁,等.昆明市妙高寺古树植物群落植物资源调查与分析[J].林业调查规划,2023,48(2):110-114,192. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.02.021

ZHANG Kunrui, LI Hongxu, CHEN Jie, et al. Investigation and Analysis of Ancient Tree Community Resources in Miaogao Temple of Kunming[J]. Forest Inventory and Planning, 2023, 48(2): 110-114, 192. doi: 10.3969/j.issn.1671-3168.2023.02.021

## Investigation and Analysis of Ancient Tree Community Resources in Miaogao Temple of Kunming

ZHANG Kunrui, LI Hongxu, CHEN Jie, LI Jucan  
(Xishan Forest Farm, Kunming 650100, China)

**Abstract:** The ancient tree community in Miaogao Temple of Xishan Forest Farm, Kunming was investigated, and the systematic identification of the collected specimens and photos was carried out combined with relevant literature. The investigation found 574 species of vascular plants in 391 genera and 120 families, including 12 species of gymnosperms in 10 genera and 5 families, 545 species of angiosperms in 369 genera and 107 families, and 17 species of pteridophytes and lycopsids in 12 genera and 8 families. According to the main functions, the plant resources were divided into 10 types of edible, medicinal, fiber, industrial raw materials, tannins, dyes, resins and gums, timber, ornamental, and other plant resources.

**Key words:** ancient tree community; investigation of plant resources; functional division; protection and utilization; Miaogao Temple

植物资源指一定地域对人类生存有用的所有植物总和,是人类生存和发展必不可少的物质基础。人类生活水平的不断提高和充实,在一定程度上是

建立在利用植物资源的基础上。随着人口数量的快速增长,人类对粮食、医药、资源和工业原料的需求日益增多,对植物资源的开发和破坏逐渐加剧,造成

收稿日期:2021-09-27.

第一作者:张昆锐(1973-),男,云南昆明人,工程师.从事森林资源管理工作.

森林、草原面积不断减少,生态环境遭到破坏,水土流失严重,环境日益恶化,给人类生存带来严峻挑战。严酷的现实已使越来越多的人意识到,保护植物和森林资源在内的自然资源刻不容缓。

## 1 研究区概况

妙高寺保护小区位于昆明市西山林场普吉林区,地跨林场与五华区,西南方向毗邻黑林铺街道办事处海源社区自卫村,东北方向毗邻沙朗白族乡陡坡村委会,经常有村民来林场放牧,对植被产生干扰,破坏了群落结构。妙高寺保护小区面积 30 hm<sup>2</sup>,地理坐标为东经 102°37'47",北纬 25°06'06"。属滇中高原,四周河流纵横切割,山地连绵,地形复杂,生境类型丰富,各种植被类型交错分布,植被具有过渡性的特点。紧靠滇池和主城西岸,是昆明城区主要的西部生态自然屏障。进入昆明市西山林场林区可将昆明主城、滇池美景、西山睡美人尽收眼底。林场周边有棋盘山、筇竹寺、妙高寺、郊野公园、团结休闲园,是昆明市民主要的休闲、度假地。

## 2 妙高寺古树植物群落植物资源调查

2018 年春起,由中科院昆明植物所彭华研究员带队,西山林场技术人员、中科院昆明植物所专家等对妙高寺保护小区植物资源开展野外调查,截止项目结束共计调查 14 次。主要调查了妙高寺保护小区古树植物群落,对妙高寺古树植物群落范围内的古树、元江栲、滇石栎、滇青冈、滇润楠等 14 个树种进行挂牌;设置样方 12 个,记录样方的基本信息,按乔木层、灌木层、草本层和层间植物层分别进行调查,同时开展物种鉴定,了解其生境。

### 2.1 调查方法

按照项目的调查对象及目的,植被调查选取调查范围内的典型植被进行样方调查,重点关注妙高寺古树植物群落范围内植被类型。原则上每个植被类型设置 3 个样方,样方的布点按照不同区域、生境和植被类型进行选择,应在该植被类型的内部,具有一定代表性,不能跨越河沟、道路等,避免边缘效应。样方面积按照森林样方 20 m × 20 m,灌木样方 5 m × 5 m,草本样方 1 m × 1 m 设置。样方统一设置为正方形,并进行坡度校正。首先调查记录样方的基本信息,如经纬度、海拔、坡向和坡度等,然后按乔木层、灌木层、草本层和层间植物层分别进行调查,主

要记录组成物种的种类、株数、高度和盖度等数据。乔木的起测胸径为 5 cm。森林样方中需对其乔木层所有物种进行高度及胸径测量,并计算盖度及统计株数,灌木层只统计及计算处于样方对角的 10 m × 10 m 范围内所有灌木株数及盖度;草本层则统计及计算位于样方 4 个角及中心共 5 个 1 m × 1 m 范围所有草本的株数及盖度。灌木样方中对灌木层所有物种进行高度及胸径测量,并计算盖度及统计株数;草本层统计方法同森林样方草本层统计方法。草本样方中直接统计草本植物数量及计算盖度。野外植被调查时尽量拍摄每种植被类型的生境及群落照片。

### 2.2 野外调查情况

主要调查区域为妙高寺保护小区,同时涵盖西山林场边界,调查植物包括西山林场范围内实地所见的全部维管束植物物种,重点关注妙高寺古树植物群落的分布情况,并对妙高寺古树植物群落范围内的古树进行挂牌,同时开展物种鉴定,了解其生存状况,并设置样方进行调查。植物资源野外调查 14 次,共计 14 d。

按云南植被分区系统,调查区内植被属于我国西部半湿润常绿阔叶林亚区域。通过对所采标本和所拍摄照片的系统鉴定,同时结合相关文献资料,目前发现维管束植物包括外来植物、栽培植物共 120 科、391 属、574 种,其中裸子植物 5 科、10 属、12 种,被子植物 107 科、369 属、545 种,蕨类及石松类植物 8 科、12 属、17 种。

### 2.3 调查结果分析

依据《云南植物志—索引》进行调查,统计植物 300 多种,根据用途将其划分为 10 个类型(表 1)。

表 1 不同类型资源所含植物物种数量

Tab. 1 Number of plant species contained in different types of resources

项目	数量 /种	占比 /%	项目	数量 /种	占比 /%
食用植物	54	11.7	染料植物	2	0.4
药用植物	345	74.5	树脂树胶植物	4	0.8
纤维植物	10	2.2	材用植物	27	5.8
工业原料植物	40	8.7	观赏植物	38	8.2
鞣料植物	11	2.4	其他类植物	98	21.2

注:部分植物具有多种用途,各用途植物物种数量相加所得数值大于本地植物物种的数量。



不同类型资源所含植物物种数量由多到少依次为药用植物、食用植物、工业原料植物和其他类植物,药用植物占比达 74.5%,其他类植物占比为 21.2%,食用植物占比为 11.7%,工业原料植物占比为 8.7%。植物物种数量最少的为染料植物、鞣料植物和树脂树胶植物等。由此可见,昆明市西山林场的资源植物数量较为丰富。

### 3 植物资源划分与统计

#### 3.1 食用植物资源

妙高寺古树群落范围内食用植物可分为含淀粉类、蛋白质类物质的果、蔬、饮料类植物、动物饲料类植物、经济昆虫寄主及蜜源植物。野生食用蔬菜初步统计有 19 科、42 属、54 种,主要食用部位有嫩茎叶、花和果。食用茎叶类的种类最多,多为早春时节摘取幼嫩茎叶来炒食或煮食,如石榴(*Punica granatum*)、芥(*Capsella bursa-pastoris*)、苦荞麦(*Fagopyrum tataricum*)、杏(*Armeniaca vulgaris*)、山楂(*Crataegus pinnatifida*)、青刺尖(*Prinsepia utilis*)、矮杨梅(*Myrica nana*)、阳荷(*Zingiber striolatum*)、滇韭(*Allium mairei*)、狗牙根(*Cynodon dactylon*)等,川梨(*Pyrus pashia*)一般摘取新鲜的花部经焯水后炒食、凉拌、煮食。

野生食果植物初步统计有 10 种,多为蔷薇科、杨梅科、杜鹃花科等科的植物,如悬钩子属植物石榴(*Punica granatum*)、山楂(*Crataegus pinnatifida*)、红泡刺藤(*Rubus niveus*)、杏(*Armeniaca vulgaris*)、枇杷(*Eriobotrya japonica*)、矮杨梅(*Myrica nana*)等。

饮料植物指在其果实、根、茎、花和叶等植物器官中,有一种或多种可作为原料加工成饮料,据初步统计研究区域内共有 2 种植物。

云南地区分布有丰富的野生淀粉植物,以含淀粉量高的壳斗科植物蕨类最为常见,其果实淀粉含量约 50%;其次是棕榈科、薯蓣科、天南星科、旋花科、茄科植物等。在研究区域内,果实类淀粉植物约有 10 种,常见的有青冈(*Cyclobalanopsis glauca*)、滇青冈(*Cyclobalanopsis glaucoides*)等,根茎类植物如土茯苓(*Smilax glabra*)、滇黄精(*Polygonatum kingianum*)、欧洲凤尾蕨(*Pteris cretica*)和基生鳞毛蕨(*Dryopteris basisora*)等。人们采摘或挖取相应部位进行处理后食用。

#### 3.2 药用植物资源

云南地区药用植物资源丰富,种类繁多,且种类特色鲜明,有明显地域性,同时云南拥有众多少数民族,

积累了具有各民族特色的医药经验和书籍资料。

调查区域内初步统计共有药用植物约 345 种,分别属于 92 科、246 属,如金铁锁(*Psammosilene tunnicoides*)是石竹科(Caryophyllaceae)、金铁锁属(*Psammosilene*)的植物,在《中国中药资源志要》中记载有:根为辛,温,有毒。祛风活血,散瘀止痛,用于治疗风湿痹痛,骨痛,创伤出血,跌打损伤。由于金铁锁属植物在医药中的重要价值,该属在野外的天然分布和蕴藏量已很少,仅发现于保护区内部人迹罕至的地方;海金沙(*Lygodium japonicum*)、瓜子金(*Polygala japonica*)、何首乌(*Fallopia multiflora*)、扭果紫金龙(*Dactylicapnos torulosa*)等也是著名中药,可用于清热润肺,养阴生津,清心除烦,在调查区内分布较广,蕴藏量较多,也较为常见,常见于妙高寺后山。

研究区域内野生药用植物种类多样,资源相对丰富。妙高寺由于受到人为干扰相对较少,植被茂密,物种丰富,许多地方人迹罕至,蕴藏有多种野生药材;低海拔地区土地开发利用较多,有不少开发为农地,存在一定的生境破坏。

#### 3.3 纤维植物资源

纤维植物是造纸、编织、无烟火药和火药棉、喷漆及乳浊剂等的重要原料。调查区内纤维含量较高的植物有 10 种,多为生长于次生环境下可直接利用的资源,如八月瓜(*Holboellia latifolia*)、构树(*Broussonetia papyrifera*)、长叶水麻(*Debregeasia longifolia*)、水麻(*Debregeasia orientalis*)、糯米团(*Gonostegia hirta*)、葎草(*Humulus scandens*)、苦皮藤(*Celastrus angulatus*)、密蒙花(*Buddleja officinalis*)、西南粗糠树(*Ehretia corylifolia*)等。合理地采取引种、驯化和培育措施,减少对野生植物资源的消耗。

#### 3.4 工业原料植物资源

凡是能加工成工业产品的植物种类统称工业原料植物,工业原料植物资源包括工业油料植物、芳香油植物、紫胶虫寄主植物、杀虫植物等。研究区内发现工业原料植物 40 种。

植物油脂是植物的储藏物,多集中于植物的种子、种仁等。工业油料广泛用于制皂、油漆、医药以及提取脂肪酸等方面。主要集中在樟科,如樟(*Cinnamomum camphora*)、香叶树(*Lindera communis*)、红叶木姜子(*Litsea rubescens*)、滇润楠(*Machilus yunnanensis*)、云南樟(*Cinnamomum glanduliferum*)等,这些樟科植物的枝叶可提取樟油、樟脑及木姜子油,是很好的工业原料。

芳香油是植物各器官中一类具有挥发性气味的物质,是多种芳香物质的混合物,包括芳香族、氯化芳香族、杂环芳香族和脂肪族等化合物,其中以萜类、倍半萜类、烯及其含氧化合物为最多。从植物中提取的芳香油是目前生产香料、香精的主要原料,广泛用于饮料、食品、牙膏、香皂、化妆品、烟草、医疗制品、文化用品及其他日常生活用品,同时也是我国出口的一类重要资源。调查区内芳香油含量较高的植物约有 32 种,主要有柏木(*Cupressus funebris*)、密蒙花(*Buddleja officinalis*)、东紫苏(*Elsholtzia bodinieri*)、野拔子(*Elsholtzia rugulosa*)、蜜蜂花(*Melissa axillaris*)、构树(*Broussonetia papyrifera*)、牛至(*Origanum vulgare*)、柔毛山黑豆(*Dumasia villosa*)、珠光香青(*Anaphalis margaritacea*)、六棱菊(*Laggera alata*)、女贞(*Ligustrum lucidum*)、清香木(*Pistacia weinmannifolia*)、黄连木(*Pistacia chinensis*)、水红木(*Viburnum cylindricum*)、珍珠荚蒾(*Viburnum foetidum* var. *ceanothoides*)、华山松(*Pinus armandii*)、云南松(*Pinus yunnanensis*)、沙针(*Osyris wightiana*)等。目前,调查区内芳香油植物资源基本未被利用。其中,山鸡椒油能直接用于日化香精和食用香精,可作为清新剂提调香精头香的清鲜香。山鸡椒在省外已形成规模化栽培,其在调查区域分布较广,但仅当做调味品和蔬菜,未进行进一步的开发利用。

紫胶虫是一种重要的资源昆虫,生活在寄主植物上,吸取植物汁液,雌虫通过腺体分泌出一种纯天然的树脂紫胶。紫胶是一种重要的化工原料,广泛地应用于多种行业。所以紫胶虫寄主植物也是一种重要的工业原料植物。研究区域内紫胶虫寄主植物较少,此类植物仅发现山合欢(*Albizia kalkora*)1 种。

杀虫植物资源对研制无公害植物性杀虫剂具有重要意义。调查区内发现一些杀虫植物如翼齿六棱菊(*Laggera crispata*)、马桑(*Coriaria nepalensis*)等,但目前均未被开发利用。

### 3.5 鞣料植物资源

鞣料植物指单宁含量较高的植物。单宁主要贮藏在植物的树皮、果皮或种皮内,是提取栲胶的主要原料,在制革、冶金、化学、纺织以及医药等方面具有重要用途。单宁含量在 7% 以上,纯度超过 50% 的鞣料植物具有开发利用价值。本次调查区域内鞣料植物有 11 种。主要有滇鼠刺(*Itea yunnanensis*)、红泡刺藤(*Rubus niveus*)、黄龙尾(*Agrimonia pilosa* var. *nepalensis*)、委陵菜(*Potentilla chinensis*)、山合欢(*Albizia kalkora*)、尼泊尔栎木(*Alnus nepalensis*)、板栗

(*Castanea mollissima*)、高山栲(*Castanopsis delavayi*)、槲栎(*Quercus aliens*)、栓皮栎(*Quercus variabilis*)、水红木(*Viburnum cylindricum*)等。但是大多数鞣料植物是剥皮利用的,易造成植株死亡,大量采集时,对植物资源和生态系统破坏较大,开发利用时需注意保护与利用相结合。

### 3.6 染料植物资源

染料植物指富含天然色素的植物。调查区内染料植物主要有飞龙掌血(*Toddalia asiatica*)、西南粗糠树(*Ehretia corylifolia*)、密蒙花(*Buddleja officinalis*)3 种。其中,粗糠柴的果可提取红色染料,密蒙花的花可作黄色食用染料,当地少数民族群众经常用其将糯米染成黄色,做成黄色糯米饭。

### 3.7 树脂与树胶植物资源

树脂和树胶是植物体内的分泌物,是一种无色或有色的透明或半透明的固体或半固体物质。树脂和树胶是重要的工业原料,在现代化学、香料、医药、食品和纺织等方面应用广泛。调查区内树脂、树胶植物很少,主要有云南油杉(*Keteleeria evelyniana*)、华山松(*Pinus armandii*)和云南松(*Pinus yunnanensis*)等松科植物。

### 3.8 材用植物资源

用材树种在调查区林业生产经营方面占有重要位置,主要应用于建筑、采矿、船舶、枕木、包装、造纸、家具、军工器材、工艺品等方面,是国民经济建设中重要原料之一。同时乔木树种在森林生态系统的建立、结构和功能等方面也有举足轻重的作用。本调查区内发现各类用材树种约 46 种,主要集中于大乔木科,如云南油杉(*Keteleeria evelyniana*)、华山松(*Pinus armandii*)、云南松(*Pinus yunnanensis*)、柳杉(*Cryptomeria fortunei*)、干香柏(*Cupressus duclouxiana*)、柏木(*Cupressus funebris*)、侧柏(*Platycladus orientalis*)、昆明柏(*Sabina gaussenii*)、罗汉松(*Podocarpus macrophyllus*)、三尖杉(*Cephalotaxus fortunei*)、樟(*Cinnamomum camphora*)、云南樟(*Cinnamomum glanduliferum*)、滇润楠(*Machilus yunnanensis*)、滇鼠刺(*Itea yunnanensis*)、山合欢(*Albizia kalkora*)等。

### 3.9 观赏植物资源

观赏植物是具有观赏价值植物的总称,包括园林植物、花卉植物和绿化植物。本区域内初步统计共有观赏植物约 70 种,分别属于 30 科、46 属。其中,草本 8 种、灌木 42 种、乔木 20 种。部分种类的花大而美丽,并具有芳香气味,观赏价值很高,如木兰科(*Magnoliaceae*)、山茶科(*Theaceae*)、杜鹃花科

(Ericaceae)和木樨科(Oleaceae)的植物。部分种类虽然花朵不大,但是良好的观叶观果树种,如冬青科(Aquifoliaceae)的大部分常绿树种树形美观,而蔷薇科石楠属、红果树属,冬青科部分冬青属植物等,秋季火红的果实也具有较高的观赏价值。另外,许多草本植物也具有较高的开发利用价值,如莎草科和灯芯草科的部分种类适应于水体,可用于城市园林造景,以增加城市绿化植物多样性,并具有地方特色。

地石榴(*Ficus tikoua*)、苦葛(*Pueraria peduncularis*)是良好的水土保持植物物种,在调查区域内部分较干燥的河谷路边和一些遭到人为干扰的地方,可看到大片的苦葛、地石榴,对于热扰贫瘠环境的适应性较强。

部分植物可用于绿篱的建设,如尖叶木犀榄(*Olea europaea* subsp. *cuspidata*)、长尖叶蔷薇(*Rosa longicuspis*)、矮探春(*Jasminum humile*)及窄叶火棘(*Pyracantha angustifolia*)等。

调查区域内蕴藏有大量值得开发利用的观赏类植物资源。乡土树种在本地的应用具有很大价值和优点,除习性适应外,同时更是当地生物多样性的体现。但是在开发利用时要注意对物种、生物多样性、生态环境的保护。

### 3.10 其他类植物资源

本调查区域还发现许多经济价值较高的植物资源,不便归入以上各类植物资源,将其合并为其他类植物资源,共有约 98 种,其中包括一些蜜源植物,如野拔子(*Elsholtzia rugulosa*)、牛至(*Origanum vulgare*)、广布野豌豆(*Vicia cracca*)等。蜜源植物对保护区生物多样性保护有积极作用,具有较大经济价值。同时分布有一些重要的牧草饲料类植物,如天蓝苜蓿(*Medicago lupulina*)、四籽野豌豆(*Vicia tetrasperma*)、白羊草(*Bothriochloa ischaemum*)、毛臂形草(*Brachiaria villosa*)、草地短柄草(*Brachypodium pratense*)、短柄草(*Brachypodium sylvaticum*)、扁穗雀麦(*Bromus catharticus*)、疏花雀麦(*Bromus remotiflorus*)、细柄草(*Capillipedium parviflorum*)、狗牙根(*Cynodon dactylon*)、十字马唐(*Digitaria cruciata*)等,可一定程度上支持牛羊等牲畜的野外饲养。但一旦牲畜数量过多,牧草被过度啃食,极易造成植被退化,对生态系统破坏相当严重,故对该类资源开发利用时需要注意把握好度。川梨(*Pyrus pashia*)、苦荞麦(*Fagopyrum tataricum*)等植物是重要遗传资源,存在实际或潜在基因价值,应加以保护。

## 4 结 论

妙高寺保护小区的自然地理属性是天然林木种子资源库,具有很高的研究和保护价值。调查区开展的古树群落研究,不仅能为滇中原始森林群落研究提供依据,也为未来城市造林绿化提供参照系统和宝贵的地理种源。

随着社会经济的不断发展,人们回归自然、追求自然产品成为新风尚,如营养、保健、无污染的“绿色食品”,舒适、美观的天然织物,蕴含天然成分的化妆品等。调查区植物资源丰富,通过认识、保护、合理开发利用,能为当地的社会与经济发展,尤其是旅游文化发展提供独特、重要支撑。同时,丰富的植物资源也成为我国资源植物的重要野外基因库。

## 参考文献:

- [1] 李红旭,马玉春. 滇池面山森林植被生态修复研究[M]. 昆明:云南科技出版社,2017.
- [2] 李红旭,马玉春,马勇,等. 滇池流域采矿业植被规划设计[J]. 林业调查规划,2008,33(2):132-135.
- [3] 张懋功. 云南年鉴[M]. 昆明:云南年鉴社,2017.
- [4] 李红旭,马玉春,陈杰,等. 浅析县级国家重点公益林生态效益补偿实施方案编制[J]. 林业调查规划,2006,31(4):40-42.
- [5] 李红旭,马玉春,马勇,等. 昆明市国家公益林区划界定[J]. 林业调查规划,2005,30(2):18-20.
- [6] 昆明市林业局,云南大学生态学与地植物理学研究所. 昆明植被[M]. 昆明:云南科技出版社,1994.
- [7] 吴征镒,朱彦丞. 云南植被[M]. 北京:科学出版社,1987.
- [8] 中国植被编辑委员会. 中国植被[M]. 北京:科技出版社,1995.
- [9] 宋永昌. 植被生态学[M]. 第2版. 北京:高等教育出版社,2016.
- [10] 姜汉侨,段昌群,杨树华,等. 植物生态学[M]. 第2版. 北京:高等教育出版社,2010.
- [11] 丁圣彦,彭鉴. 昆明附近元江栲萌生灌丛群落生物量的研究[J]. 西南林学院学报,1991,11(1):41-50.
- [12] 王仁师. 昆明地区沟谷常绿阔叶林的初步研究[J]. 西南林学院学报,1988,8(1):27-33.
- [13] 李红旭,李芝喜. 论森林植被的生态防洪功能[J]. 云南林业调查规划设计,2000,25(2):39-44.
- [14] 吴征镒. 云南植物志[M]. 北京:科学出版社,2006.
- [15] 吴征镒. 中国植物志[M]. 北京:科学出版社,2004.
- [16] 吴征镒,周浙昆,李德铎,等. 世界种子植物科的分布区类型系统[J]. 云南植物研究,2003,25(3):245-257.

(下转第 192 页)



doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.02.022

## 自然教育视角下生态型农庄的场地构思与营造策略

黄 燕<sup>1</sup>, 张亚琼<sup>1</sup>, 赵梓娟<sup>1</sup>, 罗媛媛<sup>1,2</sup>

(1. 湖南农业大学 东方科技学院, 湖南 长沙 410128; 2. 湖南农业大学 园艺学院, 湖南 长沙 410128)

**摘要:**当前, 观光型农庄已无法满足社会、生态的需求, 农庄的开发形式在进行转型的新探索, 自然教育内容的加入, 可为生态型农庄的发展转型提供新的道路。从自然教育的视角下, 阐明在生态型农庄中开展自然教育的意义, 梳理生态型农庄的环境要素, 构建生态型农庄的自然教育内容体系, 为生态型农庄的建设提供新的场地构思, 提出自然教育在生态型农庄中的实现途径。

**关键词:**生态型农庄; 自然教育; 场地构思; 场地营造; 生态系统

中图分类号: S718.55; G40; S757.42 文献标识码: A 文章编号: 1671-3168(2023)02-0115-05

引文格式: 黄燕, 张亚琼, 赵梓娟, 等. 自然教育视角下生态型农庄的场地构思与营造策略[J]. 林业调查规划, 2023, 48(2): 115-119. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.02.022

HUANG Yan, ZHANG Yaqiong, ZHAO Zijuan, et al. Site Conception and Construction Strategy of Ecotype Farm from Perspective of Natural Education[J]. Forest Inventory and Planning, 2023, 48(2): 115-119. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.02.022

## Site Conception and Construction Strategy of Ecotype Farm from Perspective of Natural Education

HUANG Yan<sup>1</sup>, ZHANG Yaqiong<sup>1</sup>, ZHAO Zijuan<sup>1</sup>, LUO Yuanyuan<sup>1,2</sup>

(1. Orient Science and Technology College of Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China;

2. College of Horticulture, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China)

**Abstract:** At present, sightseeing farms can no longer meet the needs of society and ecology. The development form of farms is undergoing new exploration of transformation. The addition of natural education content can provide a new way for the development and transformation of ecotype farms. From the perspective of natural education, this paper clarified the significance of carrying out natural education in ecotype farms, combed the environmental elements of ecotype farms, constructed the content system of natural education in ecotype farms, provided a new site concept for the construction of ecotype farms, and put forward the way to realize natural education in ecotype farms.

**Key words:** ecotype farm; nature education; site concept; site construction; ecosystem

收稿日期: 2021-11-04.

基金项目: 2019 年度湖南农业大学青年科学基金项目 (19QN44); 2020 年湖南农业大学东方科技学院教学改革研究项目 (HNJG-2020-1296).

第一作者: 黄燕 (1987-), 女, 湖南长沙人, 讲师, 硕士. 研究方向为风景园林规划设计. Email: 408451741@qq.com

责任作者: 罗媛媛 (1985-), 女, 湖南宁乡人, 讲师, 硕士. 研究方向为风景园林规划设计. Email: rainbow.home@foxmail.com

我国是农业大国,农耕文化源远流传,但是,随着城市化的快速进程,农耕文化对新一代的城市居民而言是一种未知的文化,城市居民对乡村风貌、文化及风土人情的认知基本为零。因此,为了传承和保留我国作为农业大国几千年的农耕文化和农业智慧,了解前人过去的生活和劳作方式、食物最原始的状态、食物来源以及生产过程等,挖掘、保护农耕文化十分重要。

近年来,人和大自然割裂的情况逐渐凸显:随时随地可以上网、看电视,手机和电脑等现代化的信息工具让人们缺乏足够的身体运动和同伴真实社交互动,人与人、人与自然的距离越来越远,“自然缺失症”已经成为现代人类共同的“症状”。

自然教育活动的开展需要亲自然的户外真实体验,较大面积的自然环境,要能保证活动的安全性,以自然界中的实物为素材,从了解自然到认识自然,最终达到热爱自然的目的,而这在寸土寸金的城市中,较难实现。本文从自然教育的视角,探讨生态型农庄作为自然教育载体的意义和实现途径,以期生态型农庄的发展转型提供新的思路,为自然教育发展提供新的场所。

## 1 生态型农庄开展自然教育的意义及条件优势

### 1.1 生态型农庄开展自然教育的意义

当代城市居民生活被虚拟的环境围绕,电视、网络、室内的学习环境中提供的是抽象的内容,失去了对真实环境的体验,对人的身体的健康、人格、道德的养成和创造力的培养等造成不利影响<sup>[1]</sup>。国内公众自然教育意识淡薄,现代都市人普遍缺少接触大自然的机会,自然科学、生态伦理等方面知识欠缺,应试教育的根深蒂固让学生基本没有亲近自然、自由发展的机会<sup>[2]</sup>。生态型农庄能提供广阔的活动场地、丰富的自然素材,可以开展多种多样的自然教育活动,将城市居民吸引到自然中,在真实的自然环境中了解自然、认识自然,引导家庭带动儿童从劳动、玩耍、交流中学习自然知识,促进对食物、健康以及生态环保的关注,实现人与自然、人与人的互动,在真实的环境中体会自然、尊重自然、爱护自然。

《中共中央关于制定国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标的建议》中,提出“发展乡村旅游”“以城带乡”“城乡互补”<sup>[3]</sup>,

在倡导户外活动与自然教育的当代背景下,乡村再一次被赋予了重要意义。近年来乡村旅游发展中,现有的生态型农庄多以提高土地经济价值和资源的高效利用为目的,对农庄的规划、设计及建设更多地是考虑其娱乐休闲的功能,形式雷同,农业景观特质淡漠,可持续发展成了最大的问题<sup>[4]</sup>,生态型农庄的开发方式急需转型。乡村中的生物、水文、土壤等是活的自然教育的素材,生态型农庄具有自然教育功能的优势条件,可以成为城市居民休闲游憩体验的场所,也可以成为城市居民接触自然、认识自然、了解自然的大教室。

我国是农业大国,农耕文化是我国传统文化中重要内容,机械化的进程改变了传统农耕模式,也改变了下一代对我国传统文化的认识。农耕中最重要的是自然,自然也是自然教育中重要的内容。结合本土特征开展自然教育,对于农耕文化的传承、乡村资源的活化、生态型农庄的建设具有十分重要的意义。

### 1.2 生态型农庄开展自然教育的条件优势

大部分生态型农庄都停留于农业生产、休闲观光层面,在教育、连接、公众参与等方面的作用发挥不够。将生态型农庄作为自然教育的载体无疑是“双赢”的模式,可以为生态型农庄的可持续发展提供新道路,自然教育也能得到进一步发展。

#### 1) 场地面积大,距离城区近

《自然教育理论与实践》中列出了一些城市自然体验区的特点和标准提供参考,场地内至少一半是自然原生态区域,且有大面积的栽种区域,面积至少 5 000 m<sup>2</sup>,最小宽度约 20 m。某些区域需要长期维护,以保证宽阔的视野;某些区域需要管控,以防止安全隐患。目标群体为 6~12 岁孩子。场地周边 500 m 范围内有生活区,可以让孩子们进行大动作游戏,消除对原始自然的恐惧。除了赛车等运动,其他活动都是允许的,在给定空间内不需要额外的保护措施<sup>[5]</sup>。生态型农庄作物种植面积大,活动区域广,视野宽阔,周边民居建筑依山傍水而建,有大面积原生态区域,民居可以提供居住及餐饮需求,村庄的集群式生活方式也保证了一定安全性。此外,大部分生态型农庄选址距离城区近,相关群体可以使用公共交通出行,参与者便于到达。

#### 2) 在地化教育环境,描绘“家乡”的样子

城市面貌千篇一律,城市中成长的孩子对自己的“家乡”认识淡漠,要加深对“家乡”的认识,需要

参与到真实的“在地化”教育中。自然环境地质、地貌、土壤、植被、气候、水文等的不同组合形成地球表层具有差异性的自然区域,体现不同地方的差异化<sup>[6]</sup>。围绕这些当地特有的基本组成要素开展自然教育活动,充分挖掘当地环境特色,把人的教学活动和行为与场地融合在一起,基于当地社区和环境进行在地化教育,能让参与者产生场所依恋,将体验、探究式学习方法融入教学,才能健康可持续发展。我国的生态型农庄具有农业景观的特征,以实现有机种养为目的,同时它兼有自然景观和绿地景观的特征,承载着旅游接待和人类活动等功能<sup>[7]</sup>。生态型农庄中的农耕活动、农事节气等与农业相关的活动,为可持续导向的教学提供了极佳的情景和内容,可以让孩子们进一步了解生态环境对人类生存的重要作用,对家乡的土地产生情感,从而热爱家乡。

3)丰富的生物多样性,完整的生态系统  
生态型农庄中有自然界中无数的小循环,例如,

植物的枯枝落叶分解后为土壤微生物提供营养,微生物又构成昆虫生存的基础,昆虫松土促进植物生长,同时昆虫和植物又成为动物的食物来源等。根据当地环境条件开展自然教育活动,参与者可以观察完整的生态系统、生态链及物质循环,并了解其重要性。

## 2 生态型农庄自然教育内容体系

地质、地貌、土壤、植被、气候、水文等是自然环境的基本组成要素,也是农耕的基本组成内容,动植物的生长节律与自然环境相适应是农业中最为核心的内容。乡村中自然教育的资源丰富,是认识动、植物,观察生态系统、生态循环的绝佳场所,笔者构建了如图 1 所示的生态型农庄自然教育的内容体系,可根据自然教育内容建立适合生态型农庄的自然教育活动库,进一步对本土资源自然教育内容进行规划和深度挖掘。

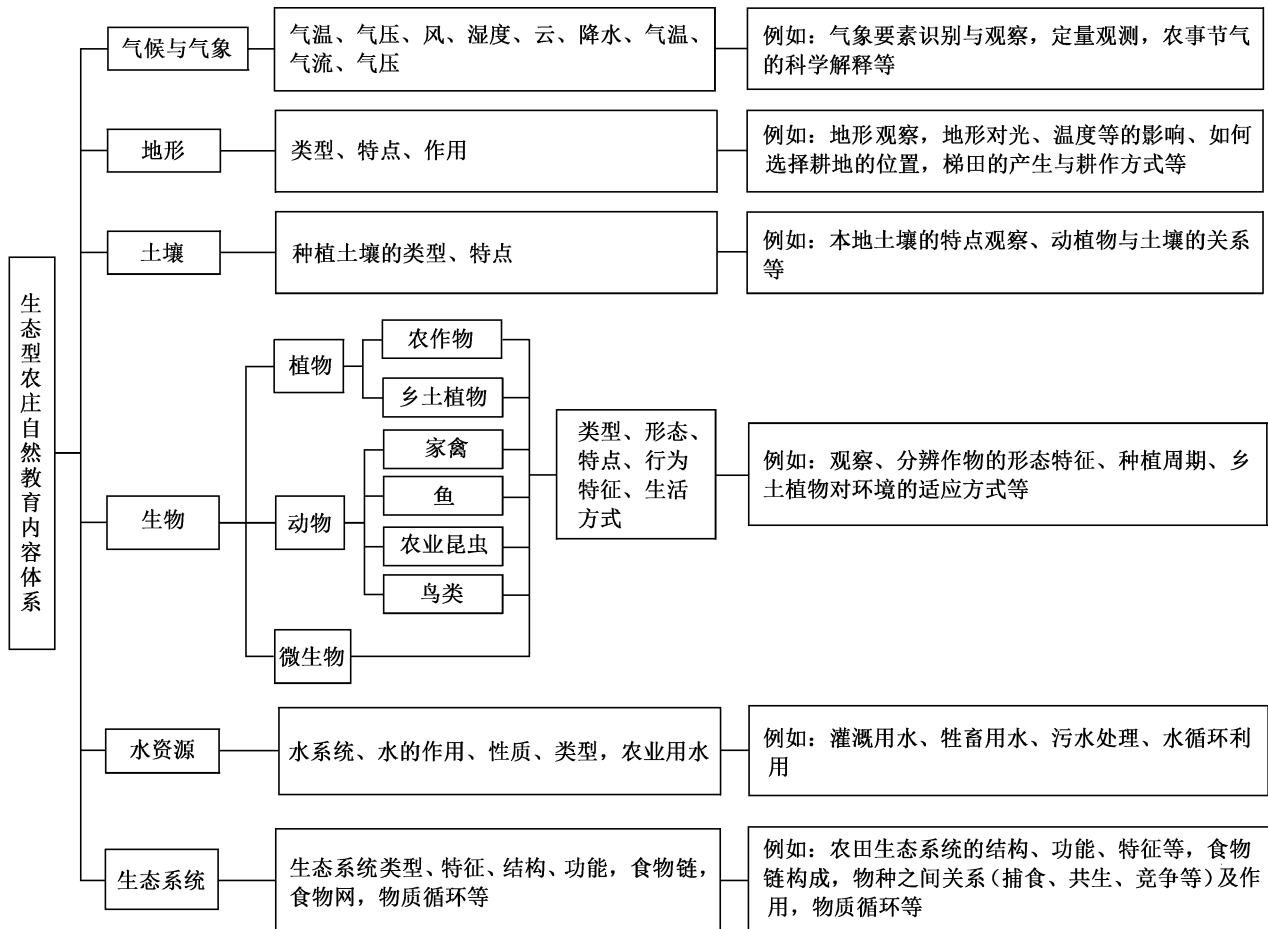


图 1 生态型农庄自然教育内容体系

Fig.1 Content system of natural education in ecotype farms



### 3 生态型农庄自然教育内容的场地构思与营造策略

#### 3.1 生态型农庄自然教育内容的场地构思

生态型农庄通常包含农业生产、观光游览与生

活休闲三大功能,划分为种植区、养殖区、餐饮区、娱乐区、住宿区五大模块<sup>[8]</sup>。除基本的采摘、作物种植等活动外,根据功能与分区,结合生态型农庄自然教育内容体系,对生态型农庄的场地进行构思,如图 2。

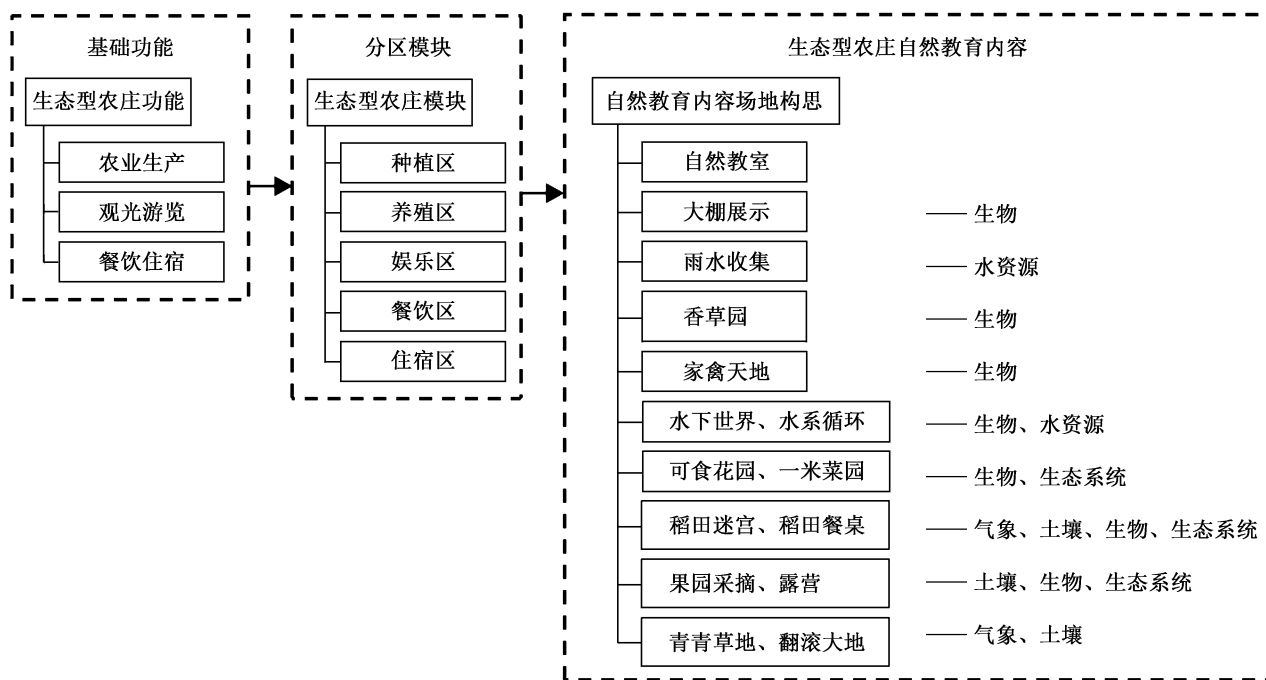


图 2 生态型农庄自然教育内容场地构思

Fig. 2 Site conception of natural education content in ecotype farms

#### 3.2 生态型农庄自然教育内容的营造策略

##### 3.2.1 基础功能+自然教育

将自然教育内容体系与功能、分区模块结合,选择适合功能区的自然教育内容,创造“多元化”活动,一方面满足生态型农庄在农业生产、观光游览与生活休闲方面的功能需求,另一方面可以根据场地功能加入自然教育内容。例如,种植区除了进行大面积的生态种植,可以划分出部分面积做“可食花园”,并加入公共艺术小品和科普标识系统,以景观化的方式种植农产品,吸引游客观赏、观察植物形态特征、生长方式等<sup>[9]</sup>。

##### 3.2.2 社区居民+外来游客

自然教育不仅要解决人与自然的问题,人与人之间的关系也是自然教育所关注的重点。为了加深外来游客对社区的归属感,沟通人与人之间的关系,生态农庄的建设及后期维护过程可让当地社区居民与外来游客共同参与。例如,建设初始,居民与游客共同参与农庄的规划设计,由农庄持有人主持,社区

规划部门协助;农庄的播种、育苗、收获等环节可让游客完整参与,观察农作物从播种到搬上餐桌的完整过程。社区居民与外来游客共建共治,形成可持续发展的过程。

可持续教育是当代自然教育的一个重要内容,农庄建设运营的各环节都可以开展可持续教育,例如,果园建设方案、废旧材料的循环使用、雨水收集与再利用、厨余垃圾堆肥、化肥与农药使用、废旧物品艺术创作、生物多样性保护等。这些过程强调了人的主体性,将主体置身于环境中来激发人与人、人与环境之间的情感联系,实现人与生态环境之间良好的交互作用。

##### 3.2.3 解说系统+定期活动

解说系统在自然教育中起着非常重要的作用,是农庄中的教育功能、服务功能、使用功能得以发挥的基础。对农庄现有的资源进行合理的规划,设计解说内容,丰富解说方式至关重要。农庄中的解说类型可分为人员解说和媒介解说两部分,由专业机

构策划解说内容,让村民,尤其当地留守儿童参与人员解说培训,一方面培养社区居民自然教育意识,另一方面,为熟悉社区环境情况的居民增加收入,也为乡村自然教育储备人才。媒介解说形式可包含生态农庄需要提供给游客的咨询性、基础性的纸质、电子媒介等。常用的媒介形式包含手册、导览牌、解说牌、试听节目等。人员解说与媒介解说相互配合,以自然教育为主要内容,构成生态型农庄的自然教育解说体系。有计划地定期开展可持续的自然教育体验活动,可与中小学课程、研学等内容配合,并跟踪青少年参与自然教育后长期的变化。例如,以农耕二十四节气为主题,每个节气对应自然教育内容设计体验活动,立春除草、播种,立秋收割、嫁接、追肥等。长期可持续的环境教育和自然体验实践活动,可培养青少年对户外活动的长期兴趣和对自然环境的热爱。

#### 4 总结与讨论

现在商业运营机构多、受众范围小,使自然教育难以有效推广和普及。鉴于此,本文从自然教育的视角出发,探讨生态型农庄作为自然教育载体的可行性和意义。通过对生态型农庄的环境元素、功能区块进行重新梳理,构建出生态型农庄的自然教育内容体系,将自然教育内容与场地结合,总结适合生态型农庄自然教育的场地构思与营造策略,为自然教育发展提供一种新的理论和实践指导范式。

从自然教育和农业相结合的角度,自然教育项目在生态型农庄中可以满足城市居民对自然的需求,也可以发挥生态型农庄的长处,同时,结合当地的环境及产业特色,打造特色项目,避免同质化的竞争。例如,在果树种植上,可结合果树的特性、生长的需求开展自然教育活动;水稻种植上,结合鱼稻共生模式开展自然教育体验活动。要发挥生态型农庄基础设施与场地性质的优势来设计自然教育活动。

虽然场地优势明显,自然教育主题也属于当下重点发展方向,但实现过程需要政府部门的引领推动,相关从业机构的挖掘研究,更需要当地企业团队的积极配合,多元的合作平台才能让自然教育在乡村中品牌化、体系化。

目前国内自然教育缺乏专业人才,应重点考虑从当地居民中发展自然教育储备人才,让村民参与到相关的自然教育体系、解说系统规划、专题实践课程中,为当地居民赋能,使他们能进一步成为当地生态环境保护的主力。

#### 参考文献:

- [1] 闫淑君,曹辉. 城市公园的自然教育功能及其实现途径[J]. 中国园林,2018,34(5):48-51.
- [2] 张亚琼,黄燕,曹盼,等. 中国自然教育现状及发展对策研究[J]. 林业调查规划,2021(4):158-162.
- [3] 中共中央. 关于制定国民经济和社会发展第14个五年规划和2035年远景目标的建议[Z]. 北京:人民出版社,2020.
- [4] 董云超,夏宜平,潘菊明. 园林式生态型农庄的设计与实践——以浙江嘉兴碧云花园为例[J]. 中国园林,2008(8):33-36.
- [5] 骆桦,黄向. 自然教育理论与实践[M]. 长春:东北师范大学出版社,2020.
- [6] 苏华,王义民. 自然环境要素对农耕社会的作用机理研究——以黄河中下游地区为例[J]. 农业考古,2011(4):4-6,13.
- [7] 熊超,龙岳林. 生态型农庄的景观设计研究[J]. 山西建筑,2010,36(20):10-11.
- [8] 栾春风,董凤君. 大城市郊区休闲生态型农庄规划布局研究[J]. 地域研究发展,2017,36(2):128-132,168.
- [9] 周晨,黄逸涵,周湛曦. 基于自然教育的社区花园营造——以湖南农业大学“娃娃农园”为例[J]. 中国园林,2019(12):12-16.

责任编辑:刘平书

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.02.023

## 基于植被覆盖度的剑川县森林城市创建潜力研究

王 群<sup>1</sup>, 李 玥<sup>1</sup>, 刘兴波<sup>2</sup>, 张 英<sup>3</sup>, 李金星<sup>3</sup>

(1. 国家林业和草原局昆明勘察设计院, 云南 昆明 650031; 2. 砚山县林业和草原局, 云南 砚山 663100;  
3. 剑川县林业和草原局, 云南 剑川 671300)

**摘要:**利用 ENVI 软件, 基于像元二分模型法的剑川县 2013 年和 2021 年冬季 Landsat 8 影像, 结合归一植被指数, 计算剑川县不同时期植被覆盖度, 利用决策树分类方法获得 2013 年和 2021 年两个时期的植被覆盖动态变化特征。结果表明, 8 年来剑川县高覆盖度植被区域面积不断增加, 生态环境得到不断改善。分析剑川县各乡镇生态特色, 结果表明, 剑川县文化底蕴深厚, 具有较好的森林城市创建潜力。

**关键词:**森林城市; 植被覆盖度; 植被指数; 生态特色; 剑川县

中图分类号: S731.2; S718.553 文献标识码: A 文章编号: 1671-3168(2023)02-0120-05

引文格式: 王群, 李玥, 刘兴波, 等. 基于植被覆盖度的剑川县森林城市创建潜力研究[J]. 林业调查规划, 2023, 48(2): 120-124. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.02.023

WANG Qun, LI Yue, LIU Xingbo, et al. Construction Potential of Forest City in Jianchuan County Based on Vegetation Coverage[J]. Forest Inventory and Planning, 2023, 48(2): 120-124. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.02.023

## Construction Potential of Forest City in Jianchuan County Based on Vegetation Coverage

WANG Qun<sup>1</sup>, LI Yue<sup>1</sup>, LIU Xingbo<sup>2</sup>, ZHANG Ying<sup>3</sup>, LI Jinxing<sup>3</sup>

(1. Kunming Survey&Design Institute of National Forestry and Grassland Administration, Kunming 650031, China;  
2. Forestry and Grassland Bureau of Yanshan County, Yanshan, Yunnan 663100, China;  
3. Forestry and Grassland Bureau of Jianchuan County, Jianchuan, Yunnan 671300, China)

**Abstract:** Using ENVI software, according to the pixel dichotomy model method for the 2013 and 2021 winter Landsat 8 images of Jianchuan County, combined with the normalized vegetation index, the vegetation coverage was calculated, and then the decision tree classification method was used to obtain the dynamic changes of vegetation coverage in the two periods. The results showed that the area of high coverage vegetation in Jianchuan County was increasing and the ecological environment was improving in the past eight years. The analysis of the ecological characteristics of various townships in Jianchuan County showed that Jianchuan County had a profound cultural heritage and good potential for creating forest city.

**Key words:** forest city; vegetation coverage; vegetation index; ecological characteristics; Jianchuan County

森林城市是区域范围内以森林植被为主体, 基于环境生态可持续发展条件下, 结合城市功能、城市布局形成以人、自然、城市、文化为一体的生态系统,

是通过以高大乔木为框架, 主要以木本植物为主体, 通过多层次的植物群落或立体形式植物结构, 形成城市生态系统, 并融合当地特色的城市人文, 实现人

收稿日期: 2021-08-12; 修回日期: 2021-09-01.

第一作者: 王群(1985-), 女, 山东临沂人, 硕士, 工程师. 从事林业调查规划工作.



类与森林、经济协调发展的城市发展模式<sup>[1]</sup>。

植被包含森林、草原、作物及城市绿地等,具有防止沙尘、保持水土、美化环境等多重功效,是生态系统中最为重要的部分之一<sup>[2]</sup>。森林城市重在强调森林在城市建设中的作用,故选择 Landsat 8 冬季影像,以减少草原、农作物对结果的影响。在遥感领域,植被指数是反映地表植被信息的重要参数,广泛应用于定性和定量评价植被覆盖和生长状况。植被覆盖度是指单位面积内植被(包括叶、茎、枝)垂直投影面积所占的百分比<sup>[3-4]</sup>,是描述地表植被状况的重要参数<sup>[5]</sup>。基于植被指数的混合像元二分模型法是最实用的估算植被覆盖度的方法<sup>[6]</sup>。本文通过利用遥感软件 ENVI 对剑川县 2013 和 2021 年 2 个年份植被覆盖度变化进行提取和分析,为剑川县创建森林城市和生态建设提供决策支持。

## 1 概 况

剑川县位于云南省西北部、大理白族自治州北部,地处滇西北要冲,素为战略要地,为滇西北陆路交通的咽喉重地,史有“全滇保障”之称。剑川县属于暖温带,冬干夏湿的季风气候类型,年降水量 744 mm,雨季(5—10 月)降水约占 92%。剑川县由于河流切割强烈,峰峦重叠,山高谷深,地形崎岖,形成一个多山县份,山地面积占 94%。地势由西北向东南倾斜,高山峡谷,河川谷地纵贯南北,相间并列,海拔高差大,最高点雪邦山主峰海拔 4 295.3 m,最低点沙溪镇联合村米子坪海拔 1 973 m,相对高差 2 248.3 m,山地坡度一般为 25°~35°。2008 年 7 月,剑川县被列为国家第一批重点生态功能区县域。2020 年剑川县森林覆盖率达 74.47%,县内自然风光秀丽,名胜古迹众多,美丽乡村特色浓郁,创建森林城市具备一定的基础。

## 2 创建森林城市背景

森林城市建设作为改善城乡人居环境,拓展城市绿色空间,提升百姓生活幸福指数,是实现林业产业绿色发展的重要举措<sup>[7-9]</sup>,增强城市综合实力的重要手段和推进城市现代化进程的重要措施<sup>[10-11]</sup>。在森林城市建设已纳入到国家发展战略层面的背景下<sup>[12]</sup>,结合云南省森林城市建设实际,开展实施云南省森林城市建设“7·1”工程,加速推进云南省森林城市建设<sup>[13]</sup>。进入“十四五”期间,站在新的历史起点,剑川县将围绕生态美、环境美、城市美、乡村美、山水美的目标创建森林城市,进一

步创造良好的人居环境,弘扬城市绿色文明,提升城市品位,促进人与自然和谐,构建和谐城市。

## 3 植被覆盖度分析方法

植被覆盖度是衡量地表植被状况的一个重要指标,是描述生态系统的重要基础数据,也是区域生态系统环境变化的重要指示,了解植被覆盖空间分布及其变化情况对改善生态环境,促进森林城市建设具有重要意义。本研究基于中国科学院计算机网络信息中心发布的分辨率为 30 m 的 Landsat 8 遥感卫星数据,对数据进行辐射定标、大气校正、镶嵌、裁剪等预处理后,利用 ENVI 软件,根据植被指数估算植被覆盖的原理,通过建立归一化植被指数(NDVI)。植被覆盖度指数公式为:

$$VFC = (NDVI - NDVI_{soil}) / (NDVI_{veg} - NDVI_{soil})$$

式中:NDVI<sub>veg</sub> 代表高植被覆盖;NDVI<sub>soil</sub> 代表裸地的 NDVI 值。

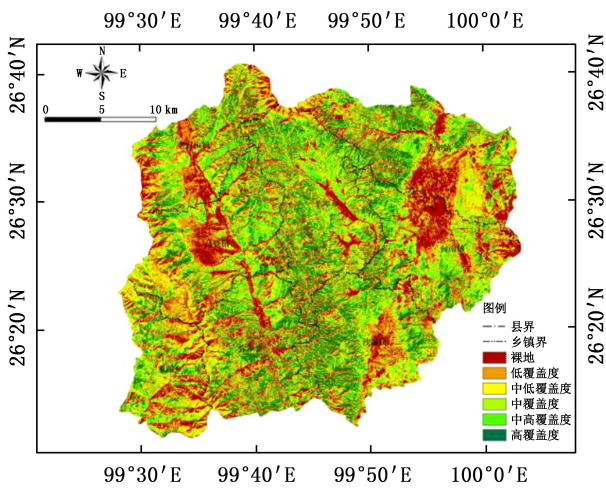
利用植被覆盖度指数定量估算 2013 年和 2021 年剑川县植被覆盖度指数值。其结果值分为 6 个等级,即裸地(0~0.10)、低覆盖度(0.10~0.30)、中低覆盖度(0.30~0.55)、中覆盖度(0.55~0.65)、中高覆盖度(0.65~0.70)、高覆盖度(0.70~1.0)。

## 4 结果与分析

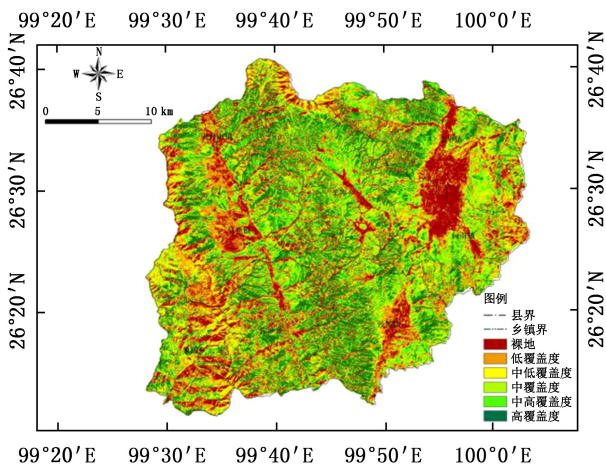
### 4.1 植被覆盖度变化总体特征

对比 2013 年与 2021 年剑川县各等级植被覆盖度空间分布情况可以得出:各等级植被覆盖度在空间位置相对固定,但分布面积发生变化。总体上看,剑川县大部分区域具有较高的植被覆盖度,尤其是在中部,但在西南和东北部破碎化较严重,植被覆盖度较低。较高植被覆盖度区域主要集中分布在羊岑乡、沙溪镇、老君山镇东部、马登镇东北部、金华镇西北部等区域;裸地及植被覆盖度较低区域主要集中分布在象图乡、金华镇、甸南镇、弥沙乡和马登镇西南部等区域。

经过 8 年的发展,剑川县裸地面积占全县国土总面积比例由 2013 年的 20.41% 减少至 2021 年的 19.24%,减少 1.17%;低、中低和中覆盖度面积占比由 2013 年的 19.20%、14.54%、14.92% 减少至 2021 年的 18.12%、13.04%、13.67%,分别减少 1.08%、1.50%、1.25%;中高和高覆盖度面积占比由 2013 年的 14.24%、16.69% 增加至 14.40%、21.53%,分别增加 0.16%、4.84%(图 1,图 2,表 1)。



(a) 2013年



(b) 2021年

图 1 剑川县植被覆盖度分级

Fig. 1 Classification of vegetation coverage in Jianchuan County

总体上看,剑川县植被覆盖度不断增加,森林面积不断扩大,植被覆盖质量逐渐提升。截至 2021 年,中高和高植被覆盖度面积达 35% 以上,与 2013 年相比增加了国土面积的 5.00%,充分表明剑川县生态建设取得了显著成效,为改善生态环境,建设森林城市,促进社会经济可持续发挥了重要作用。

#### 4.2 植被覆盖度镇域差异分析

剑川县各乡(镇)植被覆盖度差异较大。高植被覆盖度区域主要是以郁闭度较高的有林地、灌木林地为主,低植被覆盖度区域主要是以农地、草地、建设用地及荒地为主。从各等级植被覆盖度占各乡(镇)国土面积比来看,与 2013 年相比,2021 年全县裸地面积减少 1.17%,除象图乡外,其他乡镇裸地面积均有不同程度的减少,其中弥沙乡减少 2.49%,羊岑乡、金华镇、老君山镇、沙溪镇减少 1.60% 以上,

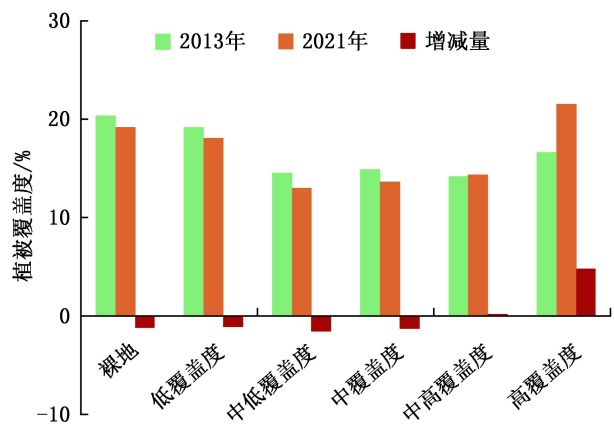


图 2 剑川县植被覆盖度分级统计

Fig. 2 Classification statistics of vegetation coverage in Jianchuan County

表 1 剑川县各覆盖等级变化

Tab. 1 Changes of vegetation coverage levels in Jianchuan County

年度	裸地	低覆盖度	中低覆盖度	中覆盖度	中高覆盖度	高覆盖度
2013 年	20.41	19.20	14.54	14.92	14.23	16.69
2021 年	19.24	18.12	13.04	13.67	14.40	21.53
增减量	-1.17	-1.08	-1.50	-1.25	0.17	4.84

马登镇减少 1.09%, 甸南镇减少 0.58%。2021 年低及中低覆盖度面积占比前三位的是马登镇、老君山镇和象图乡,分别为 22.21%、20.82 和 19.85%;与 2013 年相比,除马登镇外,其他所有乡(镇)均出现不同程度的减少,其中,金华镇、老君山镇和沙溪镇变化较大,分别减少 2.05%、1.57%和 1.47%。2021 年中低和中覆盖度除甸南镇与金华镇外,其他乡镇均出现不同程度的减少,沙溪镇和马登镇减少明显,分别减少 2.50%、2.40%。在中高及高植被覆盖度方面,2021 年除象图乡和甸南镇仅占 24.40%和 28.85%,其他乡镇均超过 31%;与 2013 年相比,全县所有乡(镇)中高及高植被覆盖度面积均有不同程度增加,其中,老君山镇、马登镇、弥沙乡、沙溪镇和羊岑乡面积增加超过 5%,金华镇、象图乡和甸南镇分别增加了 4.80%、2.31%和 0.73%(表 2)。

生态产业是森林城市评价指标之一,旨在发展森林旅游、休闲、康养、食品等绿色生态产业,促进农民增收致富。马登镇和老君山镇气候条件适宜苹果栽培,且苹果产值远远高于种植其他农作物,在增加果农经济收入,满足指标的同时,进一步提高了剑川县植被覆盖度。

表 2 剑川县镇域植被盖度等级变化

Tab. 2 Changes of vegetation coverage levels in towns of Jianchuan County

乡(镇)	裸地		低覆盖度		中低覆盖度		中覆盖度		中高覆盖度		高覆盖度	
	2013年	2021年	2013年	2021年	2013年	2021年	2013年	2021年	2013年	2021年	2013年	2021年
甸南镇	23.60	23.02	19.86	19.27	13.39	13.48	15.03	15.38	14.20	14.84	13.92	14.01
金华镇	23.42	21.80	20.47	18.42	14.49	12.86	13.44	13.94	12.17	14.16	16.01	18.82
老君山镇	22.40	20.75	22.39	20.82	14.12	12.96	15.50	11.85	14.39	12.83	11.20	20.79
马登镇	21.77	20.68	22.13	22.21	15.76	13.36	14.53	12.50	13.77	13.44	12.04	17.81
弥沙乡	20.25	17.76	16.49	15.68	14.04	12.93	14.24	13.26	13.72	13.88	21.26	26.49
沙溪镇	15.67	13.79	18.02	16.55	13.40	10.90	15.11	13.68	15.10	16.02	22.70	29.06
象图乡	22.20	25.26	20.95	19.85	19.48	17.65	15.28	12.84	10.69	9.17	11.40	15.23
羊岑乡	15.14	13.45	14.59	13.47	13.20	11.85	16.54	15.19	18.52	18.39	22.01	27.65
剑川县	20.41	19.24	19.20	18.12	14.54	13.04	14.92	13.67	14.24	14.40	16.69	21.53

剑川县各乡(镇)植被覆盖度呈向好发展趋势,由于当地政府对生态环境建设高度重视,绝大多数乡镇的裸地向低及次低植被覆盖度区域转化,低及次低植被覆盖度区域向中高及高植被覆盖度区域转化。

#### 4.3 各乡镇生态特色潜力分析

##### 4.3.1 金华镇

金华镇是县城所在地,位于剑川县北部,是全县的政治、经济、文化中心,是全县人口最多的乡镇。金华自古以来是茶马古道上的历史重镇,镇内古建筑群繁多。金华镇山川毓秀,旅游资源得天独厚,有大旅行家徐霞客游览足迹的剑川“三山”中的“金华山”,有以其山、石、林、泉、幽、险、奇、绝而闻名的千狮山,有神话传说的墨斗山,有养育剑川儿女之摇篮的剑湖等。在创建园林城市中,剑川县切实推进了县城绿化、园林绿化、路网绿化和景观建设,对县城主要区域换绿、增绿、配绿、添绿,人居环境得到极大改善。

##### 4.3.2 甸南镇

甸南镇历史悠久、文化灿烂、山川瑰丽,民族风情浓郁,物产资源丰富,是名扬海内外的“木雕之乡”,素有“云南文明之源”美称。近年来,全镇广泛开展植树造林和城乡绿化活动,开展农村庭院绿化美化,努力建设美丽宜居乡村。

##### 4.3.3 沙溪镇

2020年11月沙溪镇被评为全国最美小镇,2021年4月被云南省政府命名为“云南省特色小镇”。沙溪镇以创建茶马古道休闲小镇为主题,以休闲旅游为主导产业,文化创意为特色产业,辅之以高原特色现代农业,打造茶马古道千年古镇,以建设世界一流、中国唯一、宜居宜业休闲旅游小镇、大滇

西旅游环线上的魅力沙溪为目标,强化镇区美化绿化,绿地面积、水域面积均较明显增长。

##### 4.3.4 老君山镇

老君山镇地处“滇省众山之祖”——老君山脉之下而得名,风光秀丽,境内旅游资源十分丰富,有温泉、溶洞、杜鹃花海、龙潭湖泊、高山草甸、古冰川遗址及浓郁的民族风情,构成了人与自然和谐共处的乐土。

##### 4.3.5 马登镇

马登镇是剑川县西部山区中心集镇,境内居住有白、汉、彝、傣、纳西、普米等多个民族,是一个典型的少数民族聚居镇,构建了“东薯西谷南烟北果”产业发展格局。

##### 4.3.6 弥沙乡

弥沙乡有历史悠久的盐井文化,弥沙乡按照“生态立乡、农业稳乡、烤烟富乡、核桃促乡、畜牧活乡、工业强乡、科教兴乡、和谐建乡”的发展思路,充分利用资源优势,发展培植了烤烟、畜牧、水电、林果四大支柱产业。

##### 4.3.7 象图乡

象图乡人少地多,自然资源丰富,拥有榿木、红豆杉等珍稀树种。乡内有铁、锡、铅、锌等多种矿藏资源,以及品质优良的黑木耳、蜂蜜、竹笋、纯大麦农户自产酒等土特产品和30多种珍贵中草药材。境内有4000hm<sup>2</sup>的天然草山草场,冬季草种枯落,影像上呈现为裸地形态。

##### 4.3.8 羊岑乡

2017年羊岑乡被评为“国家级生态乡镇”,乡内森林覆盖率达87.64%。生态环境优良、草质优良,有广阔的老君山天然牧场;松茸、牛肝菌、羊肚菌等



野生菌种类繁多且产量较大;拥有羊岑八景、松溪八景、苏家坟、火葬墓群、方壶山等丰富的旅游资源。

## 5 结 论

1) 剑川县绝大部分区域具有较高的植被覆盖度,截至 2021 年,中高及高植被覆盖度面积达 35% 以上,与 2013 年相比中高及高植被覆盖度面积增加了国土面积的 5.00%。除象图乡仅占 24.40%,甸南镇占 28.85% 外,其他乡镇均超过 30%,充分表明剑川县在生态建设中取得了显著成效。

2) 从植被空间分布格局上看,剑川县西南和东部破碎化较重,植被覆盖度较低。低植被覆盖度区域主要位于城镇和周边区域,呈外延式扩散。以农业、草原为主的乡镇,如位于东部的甸南镇、金华镇,西南部的象图乡和马登镇,裸地面积占比分别为 23.02%、21.80%、25.26% 和 20.68%。因此,在创建森林城市过程中,应根据地形、自然生态、环境容量和基本农田等因素加强该区域的生态建设。

3) 森林文化是人类在社会实践中创造的森林物质财富和精神财富的总和<sup>[14]</sup>。剑川县文化底蕴深厚。剑川是白族原乡,历史悠久,包容开放的白族居民创造了本土为主、吸纳多元的剑川文化,被誉为“白族文化聚宝盆”。一年一度的石宝山歌会节和剑川白曲最负盛名,均列入国家非物质文化遗产保护名录。

4) 从生态产业看,剑川县属滇西北物种基因库之一,植物种类繁多,原生树种、水果、花卉、菌类、药用植物、水生植物遍及全县。剑川自然风光瑰丽奇绝,文化旅游资源丰富,拥有世界自然遗产三江并流八大片区之一的老君山、世界纪念性建筑遗产沙溪寺登街、国家 4A 级景区石宝山·沙溪古镇、大世界基尼斯认证的“世界双绝”国家 3A 级景区千狮山、省级风景名胜区剑湖等。

“十三五”期间是剑川县县域品位上档提质的 5 年,剑川县实施了永丰河生态长廊建设、金龙河生态文化长廊建设、广播电视塔片区绿化、214 国道绿化提升改造、大丽高速公路入城路绿化提升、城南农贸市场空地绿化、盘龙公园建设等项目,切实推进了县城绿化、园林绿化、路网绿化和景观建设。“十三五”期间,剑川县实施大规模国土绿化,完成天保公益林建设 6 000 hm<sup>2</sup>、各类林业工程新造林 3 833.33 hm<sup>2</sup>、义务植树 128.1 万株、绿色廊道及增绿复绿工程 40.13 hm<sup>2</sup>。剑川县相继获得了全国民族团结进

步示范县、国家园林县城、云南省美丽县城、省级文明城市、省级卫生县城、省级双拥先进县等荣誉称号。

通过两期植被覆盖率对比,近 8 年来,剑川县通过大力开展国土绿化和增绿行动,全面提升了生态环境质量和水平,筑牢了剑川县生态安全屏障,为完善城市森林网络体系,提高城市森林可持续发展能力,促进国家森林创建工作打下了坚实基础。同时,剑川县文化底蕴深厚,创建森林城市潜力较大。

## 参考文献:

- [1] 李树贤. 森林城市建设与优化绿森植被兼容的思考 [C]//廊坊市应用经济学会(廊坊). 对接京津——绿色发展森林城市论文集,2020.
- [2] 许亚辉,周蕾,倪海峰,等. 2000 年以来南京市植被覆盖度动态变化的遥感提取与驱动力分析[J]. 科技创新导报,2014,11(28):203-206.
- [3] 贾坤,姚云军,魏香琴,等. 植被覆盖度遥感估算研究进展[J]. 地球科学进展,2013,28(7):774-782.
- [4] 穆少杰,李建龙,陈奕兆,等. 2001—2010 年内蒙古植被覆盖度时空变化特征[J]. 地理学报,2012,67(9):1255-1268.
- [5] JIA K,LIANG S L,GU X F,et al. Fractional vegetation cover estimation algorithm for Chinese GF-1 wide field view data [J]. Remote Sensing of Environment,2016,177:184-191.
- [6] 吴志杰,何国金,王猛猛,等. 南方丘陵区植被覆盖度遥感估算与时空变化研究:以福建省永定县为例[J]. 遥感技术与应用,2016,31(6):1201-1208.
- [7] 张英杰,李心斐,程宝栋. 国内森林城市研究进展评述 [J]. 林业经济,2018(9):92-96.
- [8] 刘宏明. 试论我国森林城市建设的特点与重点 [J]. 北京林业大学学报(社会科学版),2018,17(2):32-37.
- [9] 叶智. 中国城市森林建设理念与实践 [J]. 林业经济,2011,33(12):18-21.
- [10] 彭镇华. 中国城市森林 [M]. 北京:中国林业出版社,2003.
- [11] 冯超. 张家界国家森林公园城市建设思路 [J]. 林业建设,2017(2):29-32.
- [12] 王成,彭镇华,陶康华. 中国城市森林的特点及发展思考 [J]. 生态学杂志,2004(3):88-92.
- [13] 彭建松,朱坤,胥辉,等. 云南省高原山地森林城市发展探析 [J]. 林业资源管理,2021(1):24-28.
- [14] 樊宝敏,李智勇. 森林文化建设问题初探 [J]. 北京林业大学学报(社会科学版),2006,5(2):4-9.

责任编辑:许易琦

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.02.024

## 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

(国家林业和草原局西南调查规划院,云南 昆明 650000)

**摘要:**随着林草职能划转林业部门,标志着草原功能由传统生产为主转向生态、生产并重的新草原治理格局,建立与新时代草原治理相对应的成效评价体系已显得十分迫切。以“生态”“生产”为核心评价目标,选择产草比、草畜平衡控制比、裸地(斑)面积治理度等五项指标,尝试构建全国不同区域不同主导功能草原修复成效量化评价指标体系,以期持续推动草原生态系统合理保护与利用,促进美丽中国建设。

**关键词:**草原;修复成效评价;指标体系;美丽中国建设

中图分类号:S812.2;X826;O186.16 文献标识码:A 文章编号:1671-3168(2023)02-0125-04

引文格式:陈俊松,张英团,刘永杰,等.我国草原修复成效评价指标体系构建探究[J].林业调查规划,2023,48(2):125-128. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.02.024

CHEN Junsong, ZHANG Yingtuan, LIU Yongjie, et al. Construction of Evaluation Index System for Grassland Restoration Effectiveness in China [J]. Forest Inventory and Planning, 2023, 48 (2): 125 - 128. doi: 10.3969/j.issn.1671-3168.2023.02.024

## Construction of Evaluation Index System for Grassland Restoration Effectiveness in China

CHEN Junsong, ZHANG Yingtuan, LIU Yongjie, ZHAO Leilei, LENG Congbin

(Southwest Survey and Planning Institute of National Forestry and Grassland Administration, Kunming 650000, China)

**Abstract:** With the transfer of forest and grass functions to forestry departments marking the new grassland governance pattern from traditional production to ecology and equal production, it is particularly urgent and key to establish an evaluation system corresponding to grassland governance in the new era. On the basis of “ecology” and “production” as the core evaluation goal, this paper selected five indicators such as grass yield ratio, balanced control ratio of livestock and bare land (spot) area control to construct a quantitative evaluation index system for grassland restoration effectiveness with different dominant functions in different regions, aiming at continuously promoting the rational protection and utilization of grassland ecosystems and promoting the construction of beautiful China.

**Key words:** grassland; restoration effectiveness; indicator system; construction of beautiful China

收稿日期:2021-09-09.

第一作者:陈俊松(1985-),男,云南会泽人,高级工程师,注册水土保持工程师.主要研究方向为水土保持与荒漠化(石漠化)综合防治、草原调查监测、生态保护与修复. Email:stbc.restore@qq.com

责任作者:赵磊磊(1985-),男,山东微山人,博士,高级工程师.从事石漠化防治及林业生态工程研究. Email:zhaollsd@163.com

草原被称为地球的“皮肤”。我国草原面积约占国土面积的 40%。草原是我国重要的生态系统和自然资源,在维护国家生态安全、边疆稳定、民族团结和促进经济社会可持续发展、农牧民增收等方面具有基础性、战略性作用<sup>[1]</sup>。然而,由于自然原因和人为原因,全国 90%的天然草原出现不同程度的退化,中度和重度退化面积仍占 1/3 以上<sup>[2]</sup>。草原生态系统整体仍较脆弱,局部地区退化现状还未得到根本性改变,严重影响了草原多功能效益的发挥。

加强草原保护修复已经成为国内共识。2021 年 03 月 30 日,国务院办公厅发布《关于加强草原保护修复的若干意见》,标志着草原保护修复进入新的发展阶段。自 1978 年开始实施专项的草原项目以来,各级政府以草原生态修复工程项目为重要抓手,草原地区的生态、生产情况得到改善。实践证明:坚持以草原修复工程推动草原保护修复是促进草原生态系统良性发展、永续利用的重要手段,也是人与自然和谐发展的重要调控方式。科学评价草原工程项目的修复成效有利于发挥评价的导向作用,对推动草原修复事业科学、快速、健康发展具有重要的现实和长远意义,尤其是在草原由生产向生态—生产双重治理格局转变的新时代背景下,显得尤为必要和重要。

## 1 我国草原修复概况及成效评价研究进展

### 1.1 我国草原修复工程概况

我国草原保护建设项目自 1978 年开始实施,开始时投资规模很小。1978—1994 年,中央财政草原基本建设投资平均每年不到 2 000 万元,期间的 1982 年仅有 160 万元。1995 年启动牧区开发示范工程项目,投资增加到 7 000 多万元。新世纪以来,党和国家高度重视草原保护建设工作,启动实施了草原生态补奖、退牧还草、京津风沙源治理、农牧交错带已垦草原治理、退耕还林还草、西南岩溶地区石漠化综合治理、草原防火等一系列草原保护建设项目(表 1),投资力度有较大幅度增长。据不完全统计,2000—2017 年,已累计投入中央财政资金约 1 551 亿元用于草原保护建设,有力促进了草原生态恢复,推动了草原保护制度落实,加快了草牧业生产方式转变,增加了农牧民收入<sup>[3-4]</sup>。

### 1.2 我国草原修复成效评价研究进展

相比其他生态工程,由于草原修复工程类型较

表 1 我国草原主要修复工程情况

Tab. 1 Main grassland restoration projects in China

序号	工程类型	主要建设内容	实施时间
1	退牧还草工程	包括围栏建设、退化草原改良、棚圈建设、人工饲草地建设、黑土滩治理、毒害草治理、石漠化草地治理、已垦草原治理等 8 项建设内容	2003 年
2	草原生态保护补助奖励政策	禁牧补助、草畜平衡奖励、牧民生产资料综合补贴和牧草良种补贴等	2011 年
3	京津风沙源治理工程	现有林草植被的保护、草地治理、宜林荒山荒沙造林种草、飞播造林(草)、封山(沙)育林(草)、退耕还林、禁牧舍饲、小流域综合治理、种苗基地建设、水利配套措施、生态移民、建设农田林网等	2000 年
4	岩溶地区石漠化综合治理工程	主要包括人工种草和改良草地,在中度和轻度石漠化地区的原有天然植被条件下,通过草地除杂、补播、施肥、围栏等措施,使退化了的天然低产劣质草地更新为优质高产的草地。根据实际需求和适宜的条件,建设人工草地	2008 年
5	新一轮退耕还林还草	退耕还林还草	2014 年
6	农牧交错带已垦草原治理工程	按照草畜平衡的原则,合理安排载畜量。充分利用草地资源以及农作物秸秆资源,调整畜种结构,改良品种,加快草畜畜牧业发展	2016 年
7	草原鼠虫害治理项目	防治草原鼠害,生物防治为主,化学、物理措施为辅	2001 年
8	飞播牧草项目	飞播牧草	1979 年
9	牧草保种项目	种质资源保护	1997 年
10	草原防火工程	加强和完善草原防火体系建设,建设草原火灾应急通信指挥系统、防火物资储备库、防火站和边境草原防火隔离带;建立专业半专业扑火队伍,开展技能培训和应急演练,提高草原防火能力	1992 年
11	草原防火隔离带建设项目	在国界线内侧开设、营造草原防火隔离带,采用机械翻耕、化学除草、人工刈割、生物营造等方式进行	1989 年

多、单项工程投资较少,目前尚未形成一套完整的统一草原修复成效评价标准<sup>[5-10]</sup>。不同地区针对不同工程也开展了一些工程成效评价实践性探索。如:云南江城县在评价山区天然草原生态恢复成效时,采用产草量、植被覆盖率两项量化指标<sup>[11]</sup>;三江源生态工程针对黑土滩治理开展整体性评估,评估内容包括种质资源适宜性、土壤、植被变化趋势、土壤微生物、经济效益、生物多样性、碳汇等方面<sup>[12]</sup>。伊



风艳等对内蒙古呼伦贝尔草原生态保护补助奖励政策实施效果进行评价,评价成效指标主要为牧草生长高度、植被覆盖度等<sup>[13]</sup>。崔巍等针对西北地区草场退化,从生态环境条件转好、植被得到恢复、生物多样性回升、畜牧业经济得到发展四方面开展了退化草地生态修复成效评价<sup>[14]</sup>。

## 2 草原修复成效评价指标体系构建

### 2.1 评价指标体系构建原则

#### 2.1.1 评价指标数量适当

评价指标应当坚持数量适当原则。如数量过多,不仅会增加评价工作量,增加运行管理成本,进而影响评价指标可操作性;如过少,则难以反映草原修复效果,达不到评价的导向性作用。建立以目标为导向的成效评价体系,可以很大程度上精简评价指标,达到客观评价工程成效的目的。

#### 2.1.2 评价指标能体现区域主导功能

随着国家对草原治理由生产向生态—生产方向重大转变,传统的评价指标主要以生产为主,对生态指标的评价相对较少。因此,新时代草原修复成效评价应统筹生产、生态指标,形成生产—生态指标并行并相对有所侧重原则。

#### 2.1.3 修复分区与国家重大规划相衔接

我国地域辽阔、气候类型复杂,形成的草原是欧亚大陆草原的重要组成部分,具有典型的干旱、半干旱草原景观和植被成分,拥有原生的草甸草原、干草原、荒漠草原、沼泽草地和次生的灌草丛。根据《全国重要生态系统保护和修复重大工程总体规划(2021—2035年)》中对草原修复思路,将全国草原区域分为西北干旱区、青藏高原区、北方半湿润区和南方草地区。各区范围及特点如表2所示。

#### 2.1.4 评价指标与现有监测评价指标相结合

为全面掌握草原健康、退化、质量、生产能力和生态功能等的动态变化,国家林草局草原管理司2021年发布了《全国草原监测评价体系构建方案》和《全国草原监测评价工作指南(试行)》,根据调查任务,提出了草原基况调查、生态评价、年度动态监测等方面的监测指标体系。效益成效评价指标应与现有指标相结合,增加评价指标的可行性、获取容易性,不足指标通过现地调查补充完善。

### 2.2 评价指标体系构建结果

#### 2.2.1 草原修复效果评价指标选择

根据成效评价指标选择原则,从生产功能上,拟

表2 中国草原修复分区、分布及特点

Tab. 2 Zoning, distribution and characteristics of grassland restoration in China

序号	草原修复分区	范围	草原特点
1	青藏高原区	青藏高原,涉及西藏、青海全境及四川、甘肃和云南部分地区	以高寒草原为主,生态系统极度脆弱,牧草生长期短,产草量低
2	西北干旱区	中国西北、华北北部以及东北西部地区,涉及河北、山西、内蒙古、辽宁、吉林、黑龙江、陕西、甘肃、宁夏和新疆等10个省(区)	属温带半干旱、干旱气候。植被稀疏,以典型草原、荒漠化草原、草原化荒漠和荒漠为主,生态系统十分脆弱
3	北方半湿润区	中国东北和华北地区,涉及北京、天津、河北、山西、内蒙古、辽宁、吉林、黑龙江、山东、河南和陕西等11省(市)	属温带大陆性季风气候。植被类型以温性草原和温性草甸为主
4	南方草地区	中国南部,涉及上海、江苏、浙江、安徽、福建、江西、湖南、湖北、广东、广西、海南、重庆、四川、贵州和云南等15省(市、区)	主要分布在地、丘陵区域,草地植被类型主要为草丛、灌丛以及少量的低地草甸和山地草甸

选择产草比、草畜平衡控制比两项指标反映治理前后修复成效;从生态功能上,拟选择裸地(斑)面积治理度、林草植被综合盖度、生物多样性指数比作为衡量生态效果的主要指标。由于生态—生产功能具有一定程度的关联性和区别,在量化时应根据主导功能有所侧重。选择的5项指标均为常规指标,具有技术成熟、易于获取、行业认可度高的特点。拟采取指标及定义详见表3。

#### 2.2.2 不同区域不同主导功能下草原修复效果评价

不同区域不同主导功能不同退化程度下草原修复具有明显的不同。通过文献综述法及经验,初步构建以中度退化为基础的评价指标体系。不同区域不同主导功能草原修复成效评价标准详见表4。

## 3 结 语

开展草原修复工程项目成效评价是加快和促进草原生态修复进程的重要手段。新时代草原管理目标已由传统生产为主转向生态、生产并重的新治理格局。在此背景下,本文尝试在基于“双重”规划对草原修复分区基础上,以“生态”“生产”为目标导向,选择产草比、草畜平衡控制比、裸地(斑)面积治理度等五项指标,建立了全国不同区域不同主导功

表 3 拟采取的成效评价指标及定义

Tab. 3 Proposed performance evaluation indicators and definitions

序号	指标	定义
1	产草比	工程实施前后产草量的比值,是反映牧区修复效果重要指标(治理前产草量有困难的,采用地区产草量平均值)
2	草畜平衡控制比	工程实施前后草畜数量与理论载畜量的比值,反映载畜量的重要指标
3	裸地(斑)面积治理度/%	工程实施治理裸(斑)地面积占治理前裸地(斑)面积比例
4	林草植被综合盖度/%	指项目区达到林草标准合格面积占项目区面积的比例
5	生物多样性指数比	工程实施前后生物多样性指数之比,包含植物、动物、微生物数量。获取数据困难的,仅统计植物多样性指数,反映生态质量的重要指标

表 4 全国不同区域不同主导功能草原修复成效评价指标

Tab. 4 Evaluation indicators for grassland restoration effectiveness with different dominant functions in different regions

草原分区	生态功能主导区					生产功能主导区				
	产草比	草畜平衡控制比	裸地(斑)面积治理度/%	林草植被综合盖度/%	生物多样性指数比/%	产草比	草畜平衡控制比	裸地(斑)面积治理度/%	林草植被综合盖度/%	生物多样性指数比/%
青藏高原区	1.10	0.75	75	+10	+5	1.15	0.85	70	+5	+2
北方干旱区	1.05	0.80	80	+15	+5	1.10	0.90	75	+10	+2
东北、华北半湿润区	1.20	0.90	85	+25	+10	1.25	1.00	80	+15	+5
南方草地区	1.25	0.90	85	+20	+10	1.30	1.00	80	+15	+5

注:对中度退化以上草原地区,各项指标可减少 1%~10%;对中度退化以下草原地区,各项指标可根据实际情况增加 2%~5%;各省、市可根据具体情况确定不低于本评价要求的目标值。

能草原修复成效量化评价指标体系,对持续推动草原修复工作、提高草原生物多样性和建设美丽中国具有一定的意义,以供关注草原以及国家生态建设事业的同行参考。

参考文献:

[1] 国务院办公厅. 关于加强草原保护修复的若干意见[J]. 中华人民共和国国务院公报,2021(11):14-18.  
 [2] 周杰,乔光华. 草原退化治理相关研究进展[J]. 农业经济,2020(7):9-11.  
 [3] 卢欣石. 草原知识读本[M]. 北京:中国林业出版社,2019.  
 [4] 国家林业和草原局网. 草原保护建设工程项目简报[EB/OL]. [2019-05-24]. <http://www.forestry.gov.cn/cys/29/20190327/171739327447523.html>.  
 [5] 邵全琴,樊江文. 基于目标的三江源生态保护和建设一期工程生态成效评估及政策建议[J]. 中国科学院院刊,2017,32(1):35-44.  
 [6] 杨兆平,高吉喜. 生态恢复评价的研究进展[J]. 生态学杂志,2013,32(9):2494-2501.

[7] 丁佩秋. 我国草原生态保护制度研究[D]. 北京:中国地质大学,2010.  
 [8] 张立中. 中国草原利用、保护与建设评析及政策建议[J]. 农业现代化研究,2012,33(5):523-528.  
 [9] 梁涛. 锡林郭勒草原生态保护的公共政策研究[D]. 呼和浩特:内蒙古师范大学,2012.  
 [10] 杨旭东,杨春,孟志兴. 我国草原生态保护现状、存在问题及建议[J]. 草业科学,2016,33(9):1901-1909.  
 [11] 张焕芳,李天平. 云南江城县山区天然草原生态恢复保护利用获得成效[J]. 养殖与饲料,2016(5):74-77.  
 [12] 尚占环,董全民. 青藏高原“黑土滩”退化草地及其生态恢复近 10 年研究进展——兼论三江源生态恢复问题[J]. 草地学报,2018,26(1):1-21.  
 [13] 伊风艳,吕文利. 内蒙古呼伦贝尔草原生态保护补助奖励政策实施效果研究[J]. 内蒙古科技与经济,2015(23):3-5.  
 [14] 崔崑,崔秀萍. 论退化草地与水土保持生态修复[J]. 水土保持研究,2005(1):101-104.

责任编辑:刘平书

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.02.025

## 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

(佛山市林业科学研究所(佛山植物园), 广东 佛山 528000)

**摘要:**采用美景度评价(SBE)法对佛山市同期建成的 12 个主题植物景观进行评价,对各主题植物景观的花色搭配、景观结构、配置模式进行了分析。结果表明,12 个主题植物景观美景度由高到低依次为亚艺公园—文华公园>西樵山环山花海景观带>桂畔湖湿地公园>东平河北岸滨水公园>三水新城水轴>半月岛湿地公园>南蓬山森林公园>佛山植物园>云勇森林公园>龙舟广场>潭州水道陈村段景观林带>展旗岗森林公园;适地适树、植物搭配层次感、景观效果持续性 3 个评价指标对城市公园主题植物景观美景度评价影响最为显著;乔+灌、灌(片植)、草(片植)、水生植物(片植)是城市公园中美景度评价最好的景观结构;“大王椰+蒲葵+鸡蛋花+玫瑰+月季+黄蝉+台湾草”“黄花风铃木+黄槐+黄金熊猫+红继木+波斯菊+美人蕉”“落羽杉+再力花+荷花(片植)+睡莲”是较佳的植物配置模式。在今后的主题植物景观建设中,应重点遵循适地适树的原则,加强植物搭配的层次感及植物群落的丰富度,要重视植物景观结构以及植物配置模式,尽量丰富植物色系,且要适当增加黄色花系和粉色花系植物的种植比例。

**关键词:**主题植物;美景度评价法;景观结构;配置模式;佛山市

中图分类号:S731.2;G246;P901 文献标识码:A 文章编号:1671-3168(2023)02-0129-07

引文格式:李鑫,张学平,殷爱华,等.佛山市城市公园主题植物景观的美景度评价[J].林业调查规划,2023,48(2):129-135. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.02.025

LI Xin, ZHANG Xueping, YIN Aihua, et al. Beauty Estimation of Theme Plant Landscape in Urban Parks of Foshan City [J]. Forest Inventory and Planning, 2023, 48(2): 129-135. doi: 10.3969/j.issn.1671-3168.2023.02.025

## Beauty Estimation of Theme Plant Landscape in Urban Parks of Foshan City

LI Xin, ZHANG Xueping, YIN Aihua, WAN Lixin, WEN Shanna, WANG Bingqing

(Foshan Institute of Forestry (Foshan Botanical Garden), Foshan, Guangdong 528000, China)

**Abstract:** This study evaluated 12 theme plant landscapes in Foshan City by the scenic beauty estimation (SBE) method, and analyzed the flower color matching, landscape structure, and configuration mode of each theme plant landscape. The results showed that the beauty of the 12 theme plant landscapes from high to low was as follows: Yayi-Wenhua Park > Xiqiaoshan Surrounding Mountains and Flower Sea Landscape Belt > Guipan Lake Wetland Park > Dongping River North Bank Waterfront Park > Sanshui New City Water Axis > Banyue Island Wetland Park > Nanpeng Mountain Forest Park > Foshan Botanical Gar-

收稿日期:2021-11-12.

基金项目:佛山市自筹经费类科技计划项目(2016AB000101).

第一作者:李鑫(1989-),男,江西新干人,硕士,工程师.研究方向为城市林业. Email:448365152@qq.com

责任作者:王冰清(1994-),女,湖南常德人,硕士,助理工程师.研究方向为城市林业. Email:1364240839@qq.com



den > Yunyong Forest Park > Dragon Boat Plaza > Landscape Forest Belt of Chencun Section of Tanzhou Waterway > Zhanqigang Forest Park. The three evaluation indexes of suitable land and trees, plant collocation sense of hierarchy and landscape effect sustainability had the most significant impact on the evaluation of theme plant landscape beauty. The landscape structures with good beauty evaluation were arbor + shrub, shrub (patch planting), grass (patch planting) and aquatic plants (patch planting). The better plant configuration modes were “*Roystonea regia* + *Livistona chinensis* + *Plumeria rubra* + *Rosa rugosa* + *Rosa chinensis* + *Allemanda nerifolia* + *Zoysia tenuifolia*” “*Handroanthus chrysanthus* + *Cassia surattensis* + *Xanthostemon chrysanthus* + *Loropetalum chinense* var. *rubrum* + *Cosmos bipinnata* + *Canna indica*” and “*Taxodium distichum* + *Thalia dealbata* + *Nelumbo nucifera* (patch planting) + *Nymphaea tetragona*”. In the future construction of theme plant landscape, this paper suggested to focus on following the principle of suitable place and tree, strengthen the hierarchy of plant collocation, strengthen the richness of plant community, pay attention to the structure of plant landscape and plant configuration mode, try to enrich the plant color system, and appropriately increase the proportion of yellow flower system and pink flower system.

**Key words:** theme plant; scenic beauty estimation method; landscape structure; configuration mode; Foshan City

目前主题植物景观已成为城市公园绿地的重要组成部分,在城市公园中的应用越来越广泛。主题植物景观除能给城市增姿添彩,在改善城市生态环境方面也发挥着重要作用<sup>[1]</sup>。提升城市公园植物景观,有利于提高公众的认同感和幸福感,以及城市综合竞争力,从而带动城市特色旅游产业和相关产业发展。虽然主题植物景观在佛山市城市公园建设中已有应用,但“拷贝式”景观随处可见,公园设计思想过于陈旧,创新性不足,对主题植物景观的树种选择、搭配模式、营建模式、文化传承等方面的系统评价鲜见报道<sup>[2-3]</sup>。主题植物景观评价通常代表着个人或群体对植物景观在美学意义上的主观感受,评价结果在一定程度上能指导主题植物景观的建设。关于植物景观评价的方法很多,1976年由丹尼尔等<sup>[4]</sup>提出的美景度评价(SBE)法被认为是横向评测最严格、最准确的评价方法,主要通过构建植物群落、景观本身和测试人员审美尺度的评价因子模型来探究植物景观评价体系<sup>[5-6]</sup>,科学合理地进行量化评价。

本研究采用美景度评价法对佛山市同期规划且已完成建设的 12 个主题植物景观进行评价,针对主题景观的空间结构和配置模式分别建立科学系统的评价体系,筛选影响主题植物景观美景度评判的关键因素,为今后佛山乃至粤港澳大湾区的主题植物景观规划、设计、建设以及打造节约可持续主题植物景观提供研究基础。

## 1 材料与方法

### 1.1 样本选择

选择佛山市已建成的 12 个城市公园作为研究样本。12 个城市公园散布在佛山市各行政区的中心区域,分别为半月岛湿地公园、东平河北岸滨水公园、桂畔湖湿地公园、龙舟广场、南蓬山森林公园、三水新城水轴、潭州水道陈村段景观林带、亚艺公园—文华公园、西樵山环山花海景观带、云勇森林公园、展旗岗森林公园、佛山植物园。

### 1.2 研究方法

样本的群落调查采取植物社会调查法(法瑞学派调查法)<sup>[7-8]</sup>,通过实地调查主题植物景观区域的植物群落信息,记录各城市公园主题植物景观的植物品种、数量、物候、种植覆盖面积、植物配置,收集观赏素材,分析佛山市 12 个城市公园的主题植物景观结构和配置模式。通过美景度评价(SBE)法对 12 个城市公园主题景观进行综合评价,选出最佳的景观效果。

#### 1.2.1 评价素材的收集

在 12 个主题植物景观样本地进行拍照,每个样本地各选取 3 张具代表性且能凸显植物主题景观现状的照片并进行编号(1-1,1-2,1-3,2-1,...,12-3),用于对景观单元的美景度评判。为避免相片素材出现选择性偏差,本次研究相片素材委托佛山城市报的外摄记者(容铸华)拍摄,相片拍摄设备均为佳能 EOS 6D、iPhone 7P 手机及大疆无人机(大疆御

Mavic Air 2)。在各样本地相片素材中各选取鸟瞰相片 1 张和主题植物景观效果相片 2 张,所有相片素材处理方式均一致。

1.2.2 评判指标及权重的确定

根据前期的调查研究<sup>[9]</sup>,确定适地适树、物种乡土性、植物适应性、植物和生境和谐性、植物气味和谐性、植物与周边园建协调性、围合度、空间和谐性、园区安全性、景观体量合理性、主题景观占比合适性、交通便利度、游览设施、色彩丰富度、天际线、视野开阔度、季相变化、景观效果持续性、主题景观色块感、植物景观震撼力、植物搭配层次感、导向性、主题性、地方特色、岭南文化表达、营造成本、维护成本等 27 个景观评判指标及其权重值。

1.2.3 评判人员及方法的确定

根据 Bienabe、Frank 研究中得出的“在整体评价中,不同群体、不同专业及文化程度的评价者审美态度在统计学上未有显著差异”<sup>[10-11]</sup>,结合翁舒斐等<sup>[12]</sup>得出的“园林专业人士对植物景观现状的评价更加客观”的结论,本次研究通过委托 10 名佛山科技学院园林、园艺专业教师,30 名佛山市林科所(市云勇森林公园)的技术人员以及 60 名园林专业学生,共计 100 人进行评价。利用佛山科技学院课室的播放设备向教师组及学生组分别展示各植物景观样本地收集的相片素材,评判者再根据对各样本地照片的视觉感官对 27 个植物景观评判因子进行综合美景度评判。评判前 1 min 时间将 36 张样本的相片素材快速浏览一遍,然后每张相片再以 30 s/张的速度播放,评判者在相片播放期间完成对 27 个评判因子的打分。评判标准采用 7 分制,以喜好度作为衡量指标,极不喜欢为-3 分,很不喜欢为-2 分,不喜欢为-1 分,一般为 0 分,喜欢为 1 分,很喜欢为 2 分,极喜欢为 3 分。最终得到 100 份有效评判结果。

1.2.4 美景度评分标准化处理

鉴于评判者审美尺度不一致,采用传统的标准化方法对所有评判者的评判分值进行标准化处理,得出每张相片的标准化分值。以同一个样本景观的 3 个标准化分值的平均值作为该景观样本的标准化得分值( $Z_j$ ),即为该样本景观的美景度值(SBE 值),其计算公式为:

$$Z_{ji} = (R_{ji} - R_i) / S_i \quad (1)$$

$$Z_j = \sum Z_{ji} / 3 \quad (2)$$

式中: $Z_{ji}$  表示第  $i$  个评判者对第  $j$  相片的评判标准化值; $R_{ji}$  表示第  $i$  个评判者对第  $j$  个样本的评判等

级值; $R_i$  表示第  $i$  个评判者所有评判值的平均值; $S_i$  表示第  $i$  个评判者评判值的标准差。

1.2.5 美景度值的计算

将各植物景观单元(照片)的评判因子标准化分值乘以各因子相应的权重系数,得到各因子的分值,求和后得出各植物景观单元(照片)的最终美景度值,继而求出平均值,得出各主题植物景观样本的美景度值。

1.2.6 评价模型的建立

采用多元线性回归分析模型逐步回归方法及向后筛选策略方法<sup>[13]</sup>,以各评价因子作为自变量代入回归方程计算,美景度值  $Y$  作为因变量,逐步回归计算筛选出对美景度值影响显著的因子作为城市公园主题植物景观评价的自变量,以建立评价模型。

2 结果与分析

2.1 景观样本美景度值分析

对收集的 100 份评判结果进行整理分析,利用 Excel 软件计算出各植物景观单元(照片)以及各城市公园主题植物景观样本的美景度值,如表 1 和图 1 所示。

表 1 各植物景观单元美景度值(SBE 值)

Tab. 1 Beauty degree value of each plant landscape unit

样本编号	样本名称	照片号	美景度值	样本编号	样本名称	照片号	美景度值
1	半月岛湿地公园	1-1	1.407	7	潭州水道陈村段景观林带	7-1	1.095
		1-2	1.162			7-2	0.957
		1-3	1.194			7-3	1.070
2	东平河北岸滨水公园	2-1	1.399	8	亚艺公园-文华公园	8-1	1.462
		2-2	1.301			8-2	1.575
		2-3	1.184			8-3	1.485
3	桂畔湖湿地公园	3-1	1.268	9	西樵山环山花海景观带	9-1	1.218
		3-2	1.295			9-2	1.449
		3-3	1.344			9-3	1.281
4	龙舟广场	4-1	1.039	10	云勇森林公园	10-1	1.136
		4-2	1.056			10-2	1.007
		4-3	1.186			10-3	1.270
5	南蓬山森林公园	5-1	1.287	11	展旗岗森林公园	11-1	0.849
		5-2	1.175			11-2	0.749
		5-3	1.246			11-3	1.333
6	三水新城水轴	6-1	1.242	12	佛山植物园	12-1	1.238
		6-2	1.363			12-2	1.284
		6-3	1.210			12-3	1.173

由表 1 可知,36 个植物景观单元(照片)的美景度值为 0.749~1.575,其中得分最高的为景观单元(照片)8-2,最低的为景观单元(照片)11-2。美景度值超过 1.30 的植物景观单元(照片)有 10 个,其

中样本 8 亚艺公园—文华公园的 3 个植物景观单元(照片)美景度值均较高。美景度较低的植物景观单元(照片)有 8 个,其中样本 7 潭州水道的 3 个植物景观单元(照片)美景度值均较低。

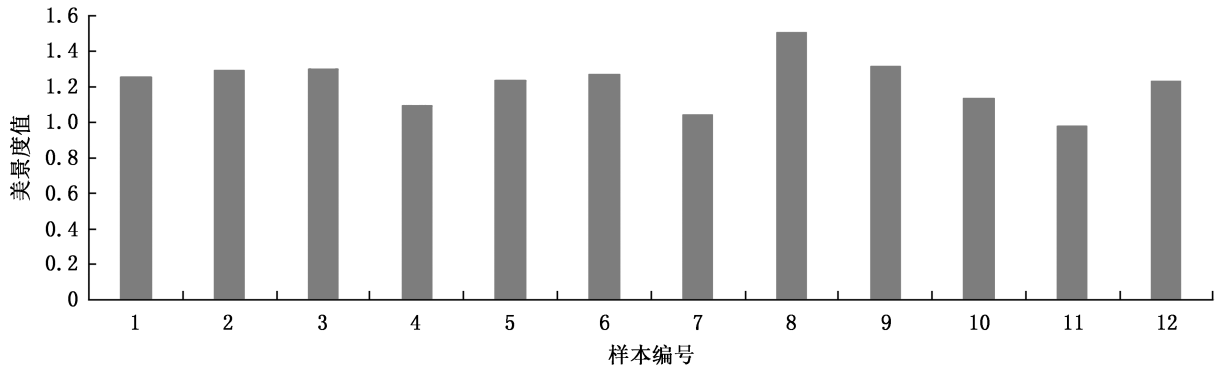


图 1 12 个主题植物景观样本的美景度值

Fig. 1 Beauty degree values of 12 theme plant landscape samples

由图 1 可知,样本 8 亚艺公园—文华公园美景度值最高,样本 11 展旗岗森林公园美景度值最低,美景度值由高到低依次为:亚艺公园—文华公园(1.51)>西樵山环山花海景观带(1.32)>桂畔湖湿地公园(1.3)>东平河北岸滨水公园(1.29)>三水新城水轴(1.27)>半月岛湿地公园(1.25)>南蓬山森林公园(1.24)>佛山植物园(1.23)>云勇森林公园(1.14)>龙舟广场(1.09)>潭州水道陈村段景观林带(1.04)>展旗岗森林公园(0.98)。

### 2.2 美景度影响因素分析

根据逐步回归计算结果,结合自变量间的共线性问题,剔除  $P > 0.05$  的因子,得出 9 个对美景度值影响显著的因子作为自变量,分别为适地适树、物种乡土性、植物适应性、植物搭配层次感、植物气味和谐性、景观效果持续性、主题景观色块感、植物景观震撼力、游览设施。建立城市公园主题植物景观美景度得分与评价因子关联模型:

$$Y = 0.152 + 3.042X_1 + 1.583X_2 + 1.313X_3 + 2.800X_4 + 1.525X_5 + 2.859X_6 + 0.121X_7 + 1.417X_8 + 0.799X_9 \quad (3)$$

式中:Y 表示因变量,即城市公园主题植物景观 SBE 值; $X_1$ 、 $X_2$ 、 $X_3$ 、 $X_4$ 、 $X_5$ 、 $X_6$ 、 $X_7$ 、 $X_8$ 、 $X_9$  表示自变量,分别为适地适树、物种乡土性、植物适应性、植物搭配层次感、植物气味和谐性、景观效果持续性、主题景观色块感、植物景观震撼力、游览设施。

根据主题植物景观美景度评价关联模型得出各评价因子的系数均为正数,即表明该美景度值与公

式中的变量呈正相关,且随变量的递增而增高;各变量前的系数不同,表明各因子对美景度评价的影响力有差异,本次研究所选择的 27 个因子中,有 9 个对评价结果影响显著。其中适地适树、植物搭配层次感、景观效果持续性 3 项系数相近且较大,表明 3 个因子对主题植物景观美景度评价影响最为显著,因此在城市公园主题植物景观规划时,应重点遵循适地适树的原则,加强植物搭配的层次感及植物群落的丰富度,选择的主题植物观赏期要长,如观花植物要尽量考虑花期长,观叶植物要叶变色持续时间长,观果植物要挂果期久等。另外在植物配置上,也要考虑物种乡土性以及植物在小环境下的适应性;适当增加芳香植物的配置,同时要考虑几种芳香植物在园区的气味和谐,避免过于浓烈或几种不同香气杂糅难闻的情况发生;增加植物景观震撼力同样有助于提升城市公园主题植物景观美景度,所以在植物配置方面,需选择花量大、花色艳丽、有强烈视觉冲击的植物,如黄花风铃木、宫粉紫荆、樱花等。

### 2.3 主题植物景观结构的分析

根据实地样方调查的数据以及现场调查的情况,将各主题植物景观的主题植物品种数量、最佳观赏期(盛花期)、主题植物种植面积占比、乔灌草植物种植面积情况、常见景观结构汇总,如表 2 所示。

由表 2 可知,12 个城市公园主题植物种植品种有 4~6 种,乔、灌类植物占比大,其与地被类植物的种植面积之比约为 2:1,主题植物景观最佳观赏期



表 2 主题植物景观景观结构统计  
Tab. 2 Statistics of landscape structure of theme plants

样本编号	样本名	主题植物数量/种	最佳观赏期	面积占比/%		常见景观结构
				乔灌类植物	地被类植物	
1	半月岛湿地公园	5	1—2 月	70	30	乔+灌+草、乔+灌、乔(片植)+草
2	东平河北岸滨水公园	5	5—6 月	40	60	乔+草、灌+草、草(片植)
3	桂畔湖湿地公园	4	1—2 月	70	30	乔+草、乔+灌+草
4	龙舟广场	6	4—5 月	60	40	乔(片植)、乔+灌+草、草(片植)
5	南蓬山森林公园	4	4—5 月	80	20	乔+灌、草(片植)
6	三水新城水轴	5	4—5 月	65	35	乔+灌+草、乔+灌
7	潭州水道陈村段景观林带	5	4—5 月	60	40	乔+灌+草
8	亚艺公园—文华公园	6	5—6 月	60	40	乔+灌、灌(片植)、草(片植)、水生植物(片植)
9	西樵山环山花海景观带	6	3—6 月	70	30	乔+灌+草、乔+草、灌+草、草(片植)
10	云勇森林公园	6	3—4 月	70	30	乔+灌+草、乔+灌、乔+草、灌+草
11	展旗岗森林公园	5	3—4 月	90	10	乔(片植)、灌(片植)、乔+草
12	佛山植物园	6	1—2 月	80	20	乔+灌+草、乔+灌、乔+草

主要分布在 1—6 月,受植物花期影响,各主题植物的最佳观赏期稍有错落,其中桂畔湖湿地公园、半月岛湿地公园、佛山植物园最佳观赏期为 1—2 月,云勇森林公园、展旗岗森林公园最佳观赏期为 3—4 月,西樵山环山花海景观带最佳观赏期为 3—6 月,三水新城水轴、南蓬山森林公园、龙舟广场、潭州水道陈村段景观林带最佳观赏期为 4—5 月,亚艺公园—文华公园、东平河北岸滨水公园最佳观赏期为 5—6 月。美景度值最高的城市公园植物景观结构为乔+灌、灌(片植)、草(片植)、水生植物(片植)。

2.4 主题植物配置模式分析

植物配置模式、主题景观色彩、植物生长状况、

景观震撼感、主题性作为植物景观评价的重要部分,对植物美景度评价影响显著。研究表明,不同主题植物花色及同种主题植物花色因植物生长状况各异、植物搭配合理性等条件的变化,引起评判者对植物景观评价的改变,通过将不同花色植物科学合理的搭配,处理好主色调与次色调之间的关系,协调好高、中、低 3 层植物群落的分布,可更好地展示植物景观的美。因此,本研究根据各植物景观主题植物花色进行分类统计,分为黄色系、红色系、粉色系、绿色系、蓝紫色系、多色系 5 类,列出各花色的主题植物配置模式共 23 种,结合各类型的美景度值进行评价,结果如表 3 所示。

表 3 主题植物花色及其配置模式评价情况汇总

Tab. 3 Summary of evaluation of theme plant flower colors and their configuration patterns

编号	主题花色	色彩丰富度			色块感			植物层次感			配置模式	植物长势恢复情况			景观震撼力			主题性			美景度值
		高	中	低	强	中	差	强	中	差		强	中	差	强	中	差	强	中	差	
1	黄色	√			√			√			小叶榄仁+黄金香柳+美人蕉+细叶紫薇+翠芦莉+黄蝉	√			√			√			1.407
2	红色		√			√			√		红花紫荆+美人蕉+勒杜鹃		√			√			√		1.162
3	黄色		√			√			√		秋枫+黄花风铃木+美人蕉	√			√				√		1.399
4	红色		√			√			√		小叶榄仁+木棉+美人蕉	√			√				√		1.301
5	粉色		√			√			√		大腹木棉+勒杜鹃+台湾草		√			√			√		1.268
6	粉色			√		√			√		宫粉紫荆+大腹木棉+勒杜鹃+台湾草	√				√			√		1.295
7	粉色		√			√			√		大腹木棉+美人蕉+台湾草		√			√			√		1.344

续表 3

编号	主题花色	色彩丰富度			色块感			植物层次感			配置模式	植物长势恢复情况			景观震撼力			主题性			美景度值	
		高	中	低	强	中	差	强	中	差		强	中	差	强	中	差	强	中	差		
8	红色		√			√			√			盾柱木+二乔玉兰+山菅兰+台湾草	√			√			√			1.039
9	红色		√			√		√				秋枫+盾柱木+红花紫荆+红继木+台湾草	√			√			√			1.056
10	绿色		√		√				√			小叶榄仁+加那利海枣+红继木+假连翘+台湾草	√			√			√			1.186
11	蓝紫色		√			√				√		蓝花楹+翠芦莉	√			√			√			1.175
12	红色		√			√			√			凤凰木+芒果树+红继木+勒杜鹃+芭蕉+台湾草	√			√			√			1.363
13	黄色、红色		√			√			√			黄花风铃木+大叶紫薇+红继木+龙船花+台湾草	√			√			√			1.095
14	红色	√				√			√			大王椰+月季(片植)+玫瑰(片植)+龙船花+勒杜鹃	√			√			√			1.462
15	红色、黄色	√				√			√			大王椰+蒲葵+鸡蛋花+玫瑰+月季+黄蝉+台湾草	√			√			√			1.575
16	粉色	√				√			√			落羽杉+翠芦莉+再力花+荷花(片植)+睡莲	√			√			√			1.485
17	黄色、红色、紫色	√				√			√			黄花风铃木+黄槐+黄金熊猫+红继木+波斯菊+美人蕉	√			√				√		1.449
18	黄色、红色	√				√			√			黄花风铃木+细叶紫薇+黄连翘	√			√			√			1.218
19	红色	√				√			√			波斯菊+红继木	√			√			√			1.281
20	红色		√			√			√			刺桐(片植)		√		√			√			1.136
21	红色		√			√			√			刺桐+红花银桦+大叶油草		√		√			√			1.007
22	红色		√			√			√			木棉(片植)			√		√		√			0.849
23	红色	√				√			√			凤凰木+茶花	√			√			√			1.238

由表 3 可知,黄色系植物景观有 2 个,粉色系植物景观有 4 个,蓝紫色系植物景观有 1 个,红色系植物景观有 11 个,绿色系植物景观有 1 个,多色系植物景观有 5 个。6 种花色对比,红色系植物景观应用较为广泛。植物配置方面,以亚艺—文华公园的“大王椰+蒲葵+鸡蛋花+玫瑰+月季+黄蝉+台湾草”配置美景度值最高,西樵山环山花海景观带的“黄花风铃木+黄槐+黄金熊猫+红继木+波斯菊+美人蕉”配置次之,展旗岗森林公园“木棉(片植)”配置最低。

不同景观主题植物花色平均得分如图 2 所示。

由图 2 可知,主色调以黄色系植物景观的平均分值最高为 1.403,粉色系植物景观平均分次之,为 1.348;绿色系、蓝紫色系与红色系植物景观平均分接近且较低。研究表明,红色系植物景观应用

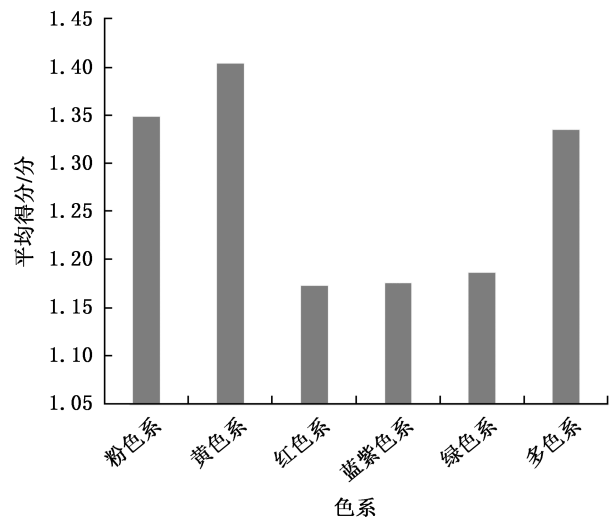


图 2 主题植物花色评价平均得分  
Fig. 2 Evaluation average scores of theme plant flower colors

较常见,但是主色系为黄色、粉色或多色植物景观相对效果更佳,此结论与史尚睿、刘滨谊等<sup>[14-15]</sup>研究中得出的色彩在植物景观的搭配比例对植物景观评价起重要作用一致,同时在植物景观中黄元素和红元素色彩越丰富复杂,植物景观越受欢迎的结论相符合。

### 3 结论与讨论

通过美景度评价(SBE)法得出亚艺公园—文华公园美景度值最高,展旗岗森林公园美景度值最低,美景度值由高到低依次为:亚艺公园—文华公园(1.51)>西樵山环山花海景观带(1.32)>桂畔湖湿地公园(1.30)>东平河北岸滨水公园(1.29)>三水新城水轴(1.27)>半月岛湿地公园(1.25)>南蓬山森林公园(1.24)>佛山植物园(1.23)>云勇森林公园(1.14)>龙舟广场(1.09)>潭州水道陈村段景观林带(1.04)>展旗岗森林公园(0.98)。

影响植物景观的因素有多种,根据建立的美景度评价模型归纳总结得出适地适树、植物搭配层次感、景观效果持续性对主题植物景观美景度评价影响最为显著,具体表现为花色、花量、植物季节变化、植物时空表达等植物特性以及景观结构、植物配置模式对植物景观的美景度评价影响较大。从植物景观结构上分析得出,乔+灌、灌(片植)、草(片植)、水生植物(片植)4种景观结构美景度评价最好,且常用的乔灌类植物与地被类植物的比例约为2:1;从植物配置分析得出,在植物景观主题化方面,可采用“大王椰+蒲葵+鸡蛋花+玫瑰+月季+黄蝉+台湾草”和“黄花风铃木+黄槐+黄金熊猫+红继木+波斯菊+美人蕉”的植物配置模式,而在水体绿化应用方面则可采用“落羽杉+再力花+荷花(片植)+睡莲”的植物配置模式。主题植物景观的建设中,要减少单一色系景观的应用,搭配多种花色植物,且要适当增加黄色花系和粉色花系植物的种植比例。

### 参考文献:

[1] 田安康. 植物景观在海绵城市中的重要性及应用[J].

现代园艺,2016(20):139-140.

- [2] 白琳,牟小玲. 园林植物景观评价方法及其应用研究[J]. 绿色科技,2019(23):80-81.
- [3] 陈志国. 成都市温江区“国色天乡”主题公园园林植物配置与景观评价研究[D]. 成都:四川农业大学,2012.
- [4] DANIEL T C, BOSTER R S. Measuring landscape esthetics: The scenic beauty estimation method[M]. Ogden: Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station, 1976:66-76.
- [5] 宋爱云,张大鹏,曹帮华,等. 风景林景观质量评价现状及发展[J]. 山东农业大学学报(自然科学版),2011,42(1):155-158.
- [6] 杨鑫霞,亢新刚,杜志,等. 基于SBE法的长白山森林景观美学评价[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版),2012,40(6):86-90,98.
- [7] 乌云娜,霍光伟,宋彦涛,等. 牧压梯度上呼伦贝尔典型草原植物群落学特征[J]. 草业学报,2015,24(1):176-182.
- [8] AFANASYEV D F, SEREDA M M. Methodological peculiarities of the Braun-Blanquet method used for marine bottom vegetation classification[J]. Scientific Annals of the Danube Delta Institute, 2012(18):9-12.
- [9] 李鑫,殷爱华,万利鑫,等. 基于AHP的佛山公园主题植物景观评价对比研究[J]. 绿色科技,2021,23(15):83-87.
- [10] 谈佳畅. 色彩景观在园林设计中的应用研究[J]. 现代园艺,2013(20):133.
- [11] 王佳. 广州地区住宅楼盘园林建设成本及控制方法研究[D]. 广州:华南理工大学,2013.
- [12] 翁殊斐,朱锦心,苏志尧,等. 岭南地区滨水绿地植物景观质量评价[J]. 林业科学,2017,53(1):20-27.
- [13] 闵志强,胡云云,顾丽. 基于多元线性回归的西昌市云南松蓄积量模型研究[J]. 西北林学院学报,2017,32(3):186-190.
- [14] 史尚睿. 森林景观色彩量化软件与最优配比规律初探[D]. 北京:中国林业科学研究院,2015.
- [15] 刘滨谊,范榕. 景观空间视觉吸引要素量化分析[J]. 南京林业大学学报(自然科学版),2014,38(4):149-152.

责任编辑:陈旭



doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.02.026

## 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  
(云南省林业调查规划院,云南昆明 650051)

**摘要:**根据相关国家标准,采用定性和定量相结合的方法对云南章凤国家森林公园旅游资源进行调查与评价研究。结果认为,森林公园植被保存完好,生物多样性丰富,景观资源类型多样,自然景观资源与人文景观资源相辅相成,具有较高的保护价值、科研价值和游憩价值,达到国家旅游资源一级标准。建议在分重点、分区实施保护管理的前提下开展可持续利用。

**关键词:**旅游资源;风景资源;质量调查与评价;章凤国家森林公园;陇川县

中图分类号:S788.2;S757.2;TU986.52 文献标识码:A 文章编号:1671-3168(2023)02-0136-06

引文格式:罗怀秀,陶晶,晁增华,等.云南章凤国家森林公园旅游资源调查与评价[J].林业调查规划,2023,48(2):136-141. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.02.026

LUO Huaixiu, TAO Jing, CHAO Zenghua, et al. Investigation and Evaluation of Tourism Resources of Zhangfeng National Forest Park in Yunnan[J]. Forest Inventory and Planning, 2023, 48(2):136-141. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.02.026

## Investigation and Evaluation of Tourism Resources of Zhangfeng National Forest Park in Yunnan

LUO Huaixiu, TAO Jing, CHAO Zenghua, YANG Zhongxing, ZHANG Wei  
(Yunnan Institute of Forest Inventory and Planning, Kunming 650051, China)

**Abstract:** Based on relevant national standards, the tourism resources of Zhangfeng National Forest Park in Yunnan was investigated and evaluated by the qualitative and quantitative methods. The results showed that the forest park had well preserved vegetation, rich biodiversity, diverse types of landscape resources, and complementary natural landscape resources and human landscape resources, with high protection value, scientific research value, and recreation value reaching the standard Grade I of national tourism resources. This paper recommended to carry out sustainable utilization under the premise of implementing protection management in different key areas and zones.

**Key words:** tourism resources; landscape resources; quality investigation and evaluation; Zhangfeng National Forest Park; Longchuan County

章凤国家森林公园于 1993 年批准建立,批复面积 7 000.0 hm<sup>2</sup>。管理部门在资源管护、护林防火等

方面取得了较好的成绩,但由于管理体制不顺、经费缺乏等原因,造成管理范围不清楚、管理目标不明

收稿日期:2021-09-01;修回日期:2021-09-24;二次修回日期:2021-10-11.

第一作者:罗怀秀(1988-),女,云南绥江人,工程师.主要从事林业调查规划及监测、自然保护地研究监测工作.

Email:lhluohuaixiu@163.com

责任作者:张伟(1976-),男,云南漾濞人,高级工程师.主要从事林业调查规划及监测工作. Email:411063336@qq.com

确、管理混乱等现状。森林公园经历了县城搬迁、山区居民下坝、易地扶贫搬迁、重点项目建设、借山造林和租赁林地等历史过程,其范围内遍布村庄、农田地和人工林,已不具备国家级森林公园所必须的资源价值条件。为提升森林公园的景观质量,提高森林公园的保护价值,充分发挥自然保护、自然教育、生态旅游三大功能作用,促进生态文明建设和生物多样性保护,2019年陇川县人民政府启动了章凤国家森林公园经营范围调整工作。通过本底资源调查、论证和评估,确定了森林公园调整方案和范围。调整后森林公园区域面积集中连片,景观质量符合国家森林公园质量等级标准,动植物生境和生物多样性丰富度显著提高,提升了森林公园的保护价值,缓解了保护与发展的矛盾。本研究在景观资源调查的基础上对森林公园旅游资源进行了分析与评价,有望对森林公园旅游资源保护管理、可持续利用提供科学依据<sup>[1]</sup>。

## 1 森林公园概况

范围调整后的章凤国家森林公园(以下简称

“森林公园”)位于德宏州陇川县境内,处于德宏—孟定中山宽谷区西部。地势北高南低,最高点位于干崖梁子,海拔2 618 m,最低点位于章凤片区,海拔780 m,相对高差1 838 m;属亚热带低纬山地季风气候,多年平均气温为18.9℃,年均降雨量1 582.2 mm;属伊洛瓦底江水系,森林覆盖率为96.81%。森林公园周边居住着傣、景颇、阿昌、傈僳、德昂等多个民族,少数民族占总人口53.9%。森林公园由干崖梁子、户撒梁子和章凤3个片区组成,总面积7 017 hm<sup>2</sup>。户撒梁子片区和干崖梁子片区是新调入区域,生态系统原真性高,生物多样性丰富,尚未开展生态旅游活动。章凤片区是原森林公园保留区域,位于陇川县城,开展了部分旅游基础设施建设,是举行中缅民族联谊、重要节庆活动和城乡居民休闲娱乐的主要场所<sup>[2]</sup>。

## 2 旅游资源

采用《旅游资源调查、分类与评价》(GB/T 18972—2017)<sup>[3]</sup>标准中的方法对森林公园旅游资源进行调查和分类,详见表1。

表1 旅游资源类型与数量

Tab.1 Types and quantities of tourism resources

类型	主类	亚类	基本类型	资源单体	单体个数	
自然景观资源	地文景观	自然景观综合体	山丘型景观	干崖梁子、户撒梁子	2	
		自然标记与自然现象	自然垂直带	植被垂直带谱:季风常绿阔叶林—落叶阔叶林—中山湿性常绿阔叶林—山顶苔藓矮林	1	
	水域景观	水系	游憩河段	户撒河、南宛河	2	
		湖沼	游憩湖区	章凤片区2个人工库塘	2	
	生物景观	植被景观	林地	刺栲、短刺栲林;小果栲、截头石栎林;龙陵栲林;木果石栎林;银木荷林;杜鹃、乌饭矮林;旱冬瓜林;西南桦林;水青树林;牡竹林;人工杉木林	11	
				独树与丛树	桫欏、大叶黑桫欏、金毛狗、金荞麦、合果木、红椿、水青树、高盆樱桃、疟腮树、异形南五味子、红花木莲、长梗润楠、楠木古树、千年夫妻树、古茶树	15
				草地	蓼属植物草甸、密毛蕨草甸	2
				花卉地	杜鹃花海	1
		野生动物栖息地	陆地动物栖息地	懒猴、北豚尾猴、菲氏叶猴、猕猴、黑熊、豹猫、毛冠鹿、貉、黄喉貂、斑林狸、中华鬣羚、巨松鼠、棕黑疣螈、红瘰疣螈等保护动物栖息地	14	
				鸟类栖息地	黑颈长尾雉、白鹇、原鸡、白腹锦鸡、红隼、褐冠鹃隼、环颈山鹧鸪、红喉山鹧鸪、白胸翡翠、滇鹇、黑冠鹃隼、凤头蜂鹰、蛇雕、凤头鹰、松雀鹰、普通鵟、林鹞、燕隼、游隼、楔尾绿鸠、灰头鹦鹉、黄嘴角鸮、领角鸮、褐林鸮、领角鸮、斑头鸮等保护鸟类栖息地	26
天象与气候景观	天象景观	太空景象观赏地	干崖梁子晨曦日出、落日余晖	2		
	天气与气候现象	云雾多发区	户撒云海	1		
		物候景象	森林植被季相变化	1		

续表 1

类型	主类	亚类	基本类型	资源单体	单体个数		
人文景观资源	建筑与设施	人文景观综合体	文化活动场所	团结广场	1		
			纪念地与纪念活动场所	早乐东民族广场	1		
		实用建筑与核心设施	特性屋舍	阿昌族、景颇族、傣族、傈僳族、德昂族传统民居	5		
			桥梁	章凤片区拱桥	1		
			堤坝段落	章凤片区水库堤坝	1		
			景观农田	户撒田园风光	1		
			景观与小品建筑	形象标志物	目瑙示栋	1	
				雕塑	早乐东雕塑	1	
		塔形建筑		傣族白塔	1		
		景观步道、甬路		大台阶景观	1		
		历史遗迹	非物质类文化遗存	花草坪	章凤片区人工草坪	1	
				地方习俗	景颇族、阿昌族、傣族、傈僳族、德昂族地方习俗	5	
				传统服饰装饰	景颇族、阿昌族、傣族、傈僳族、德昂族传统服饰	5	
				传统演艺	景颇族目瑙纵歌、阿昌族户撒刀锻制技艺、山歌、民族舞蹈	4	
	旅游购品		农业产品	传统医药	景颇族、阿昌族、傣族、傈僳族、德昂族传统医药	5	
				种植业产品及制品	“福睿牌”户撒阿昌米、户撒手工米线、“云兰牌”白砂糖、“香芝牌”茶产品、“金泰牌”茶产品、“纵歌牌”茶产品	6	
				林业产品及制品	“竹韵”牌竹产品、各种菌类和野菜制品	3	
			工业产品	畜牧业产品及制品	阿昌火烧猪、牛干巴、牛撒撒	3	
				日用工业品	阿昌户撒刀、银配饰	2	
				手工工艺品	织品、织染	阿昌族织锦	1
			人文活动	人事活动记录	地方人物	早乐东、司拉山	2
					地方事件	佛祖花园传说、早乐东历史	2
				岁时节令	宗教活动与庙会	景颇族目瑙纵歌节、能仙节;阿昌族阿露窝罗节、火把节、会街节;傣族泼水节、开门节、关门节、花街节;傈僳族阔时节;德昂族龙阳节	11
	农时节日	景颇族尝新节、新米节、采花节			3		
	现代节庆	自行车比赛、马拉松、刀王争霸赛、过手米线手工艺大赛			4		
	合计	8	17	38		151	

## 2.1 资源类型与数量

根据上述标准,森林公园旅游资源共涉及 8 个主类、17 个亚类、38 个基本类型,分别占分类标准的 100%、73.91%、34.55%,旅游资源种类多样,数量丰富,具有较高的保护价值、科研价值和游憩价值。

## 2.2 资源结构特点

### 1) 自然景观资源和人文景观资源相辅相成

森林公园旅游资源单体共计 151 个。其中,自然景观资源单体为 80 个,占单体总量的 52.98%;人文景观资源单体为 71 个,占单体总量的 47.02%。

可以看出,森林公园的自然景观资源和人文景观资源相辅相成。

### 2) 自然景观资源以生物景观类为主

在森林公园自然景观资源单体中,生物景观类为 69 个,分别占单体总量和自然景观资源单体总量的 45.70%和 86.25%,充分说明自然景观资源以生物景观类为主,其他景观类型是必要的补充。

### 3) 人文景观资源各具特色

在人文景观资源单体中,人文活动类数量最多,共 22 个,占人文景观资源单体总量的 30.99%;其次



为历史遗迹类,共 19 个,占人文景观资源单体总量的 26.76%;旅游购品类、建筑与设施类为 15 个,占人文景观资源单体总量的 21.13%。可见,森林公园人文景观资源各具特色,这与近年来陇川县依托优秀民族传统文化大力发展民族节庆旅游活动,并在章凤片区开展旅游基础服务设施建设密切相关。

### 3 资源质量评价

#### 3.1 定性评价

##### 3.1.1 自然景观资源

森林公园自然景观资源主要分布于户撒梁子片区和干崖梁子片区,两片区均地处三江褶皱系和冈底斯及念青唐古拉褶皱系组成的横断山脉区,地形地貌复杂,海拔高差悬殊;林地景观保存完好,以中山湿性常绿阔叶林景观和季风常绿阔叶林景观为主体,兼有落叶阔叶林和竹林景观类型;动植物、独树与丛树景观资源丰富,包括杪楞群落、杜鹃群落、楠木古树、懒猴、北豚尾猴、菲氏叶猴等;山脉、森林、蓝天、白云交相辉映,自成一体,清澈的河流掩映于群山峻岭之中,形成规模宏大的天象与气候景观以及颇具特色的河流景观。

##### 3.1.2 人文景观资源

森林公园少数民族风情特色浓郁,景颇族、阿昌族、傣族、德昂族、傈僳族等少数民族文化在此交融,其中“景颇族目瑙纵歌”和“阿昌族户撒刀锻制技艺”被列入国家级非物质文化遗产名录<sup>[4]</sup>。另外,森林公园紧邻边境口岸,民族文化与边境文化巧妙融合,是一个展示、领略中国西南边疆少数民族文化的重要窗口。各少数民族共同创造的物质文化、精神文化、边境文化与民风民俗增加了森林公园的人文风貌。

##### 3.1.3 生态环境

森林公园保存完好的植被除具有明显的水源涵养、水土保持、固碳释氧、维持生物多样性等生态服务功能外,还可释放负氧离子,净化空气,可誉为“天然的森林氧吧”。另外,森林公园生态环境优美、气候四季如春,紫外线辐射小,空气湿度大,无工业废气污染,是名副其实的“天然疗养院”。

##### 3.1.4 区位

森林公园所在的陇川县是滇西对外开放的最前沿阵地,是我国通向东南亚、南亚最便捷的重要陆地口岸,对应缅甸国家一类口岸雷基,沿章—八公路向西 92 km 可直通缅北交通枢纽、港口城市八莫,有利于开展国际旅游合作。森林公园是滇西精品旅游环

线的重要结点,西进缅甸、盈江,南连瑞丽,东出潞西,北达梁河、腾冲,以章凤镇(县政府所在地)为中心的交通枢纽已基本形成。

#### 3.2 定量评价

根据《中国森林公园风景资源质量等级评定》(GB/T 18005—1999)<sup>[5]</sup>评价体系对森林风景资源质量、区域环境质量和旅游开发条件进行评价和综合性质量等级评定。

##### 3.2.1 风景资源质量

根据上述标准对各个资源类型进行打分、评价,详见表 2。

表 2 风景资源质量评分

Tab. 2 Score of landscape resources quality

资源类型	评价因子	满分	实际得分	权数	加权得分
地文资源	典型度	5	3.0	0.20	2.60
	自然度	5	5.0		
	吸引度	4	2.0		
	多样性	3	1.5		
	科学度	3	1.5		
水文资源	典型度	5	2.0	0.20	1.80
	自然度	5	3.0		
	吸引度	4	2.0		
	多样性	3	1.0		
	科学度	3	1.0		
生物资源	地带度	10	9.0	0.40	14.00
	珍稀度	10	9.0		
	多样性	8	7.0		
	吸引度	6	5.0		
	科学度	6	5.0		
人文资源	珍稀度	4	4.0	0.15	2.25
	典型度	4	4.0		
	多样性	3	3.0		
	吸引度	2	2.0		
	利用度	2	2.0		
天象资源	多样性	1	0.6	0.05	0.16
	珍稀度	1	0.5		
	典型度	1	0.5		
	吸引度	1	0.5		
	利用度	1	1.0		
资源基本质量评分值					20.81
资源组合			1.5	1.00	
特色附加分			2.0	1.30	
资源质量评价分值					23.11

从表 2 中可知,地文资源得分为 2.6 分。地文资源主要为干崖梁子和户撒梁子,均为中山构造侵蚀地貌类型,表现为构造侵蚀后形成的中山中切割而成的垄状山脊和沿断裂带发育的河谷盆地相间平行展布,海拔在 1 500 m 以上。

水文资源得分为 1.8 分。水文资源主要为南宛河,其众多支流源于森林公园,河长 65.7 km,流域面积 1 426.3 km<sup>2</sup>。南宛河壮阔秀丽,河畔的竹桥,漂流的竹筏,两岸的青山、竹林和万顷稻田,构成了一幅美丽的画卷,是我国西南边陲美丽的河流之一。

生物资源得分为 14 分。生物资源主要为植被景观和野生动植物景观。植被景观主要为常绿阔叶林景观,植被外貌通常四季常绿,树冠呈半球形,且整齐一致,远远望去山高林深、郁郁葱葱;观赏植物主要有桫欏、水青树、杜鹃、红花木莲、多花含笑等,这些植物在春、夏、秋、冬四季变化中呈现出不同的迷人景色。该区域古树参天,如千年夫妻树、楠木古树等。野生动物丰富,如以蜂猴、菲氏叶猴为代表的哺乳动物,以黑颈长尾雉、白鹇为代表的鸟类等。这些动物的存在增添了森林公园的神秘色彩。

人文资源得分为 2.25 分。陇川世居少数民族多,包括全国近 1/3 的景颇族和半数的阿昌族,少数民族文化多姿多彩,素有“中国目瑙纵歌之乡”的美誉。

天象资源得分为 0.16 分。天象资源主要为户撒云海和干崖梁子日出日落。户撒乡常被云雾笼罩,蔚为壮观。干崖梁子最高海拔为 2 618 m,为全县最高点,是观看日出日落的最佳地点。

资源组合得分为 1.0 分。森林公园自然资源和人文资源均比较丰富,且空间组合状况良好。

特色附加值得分为 1.3 分。森林公园自然景观资源中,有 7 种国家 II 级重点保护植物、4 种国家一级重点保护动物、29 种国家 II 级重点保护动物;人文景观资源中,“景颇族目瑙纵歌”和“阿昌族户撒刀锻制技艺”被列入国家级非物质文化遗产名录<sup>[4]</sup>,均在国内具有重要影响或特殊意义,资源特色附加值得分高。

### 3.2.2 区域环境质量

根据各项评价指标对各个评价项目进行打分、评价,森林公园区域环境质量评价总得分为 8.5 分,详见表 3。

森林公园植被类型多样,森林覆盖率高,尤其是户撒片区和干崖梁子片区,远离城市,区域内无村寨分布,周边村寨较少,空气和水体均未受到污染,各项环境指标均优于森林公园外其他区域。

表 3 区域环境质量评分

Tab. 3 Score of regional environmental quality

评价项目	评价标准	评价得分
大气质量	达到环境空气质量标准(GB 3095—2012)一级标准	2.0
地表水质量	达到地表水环境质量标准(GB 3838—2002)二级标准	1.0
土壤质量	达到土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准(试行)(GB 15618—2018)一级标准	1.5
负离子含量	旅游旺季主要景点其含量为 1 万~5 万个/cm <sup>3</sup>	2.0
空气细菌含量	空气细菌含量为 1 千个/m <sup>3</sup> 以下	2.0
合计		8.5

### 3.2.3 旅游开发条件

根据各项评价指标对各个评价项目进行打分、评价,森林公园旅游开发条件总得分为 8.5 分,详见表 4。

表 4 旅游开发条件评分

Tab. 4 Score of tourism development conditions

评价项目	评价指标	实际得分
旅游区面积	生态旅游区面积大于 500 hm <sup>2</sup>	1.0
旅游适游期	大于或等于 240d/a	2.0
区位条件	100 km 内有著名的旅游区(点)	2.0
外部 公路 交通	国道或省道,有交通车随时可达,客流量大	1.0
	航空	100 km 内有国内航空港或 150 km 内有国际航空港
内部交通	区域内交通方式较为单一	0.5
基础设施条件	通水电,有通讯和接待能力,但各类基础设施条件一般	1.0
合计		8.5

森林公园地处滇西旅游线上,100 km 内有著名的瑞丽、章凤口岸和扎朵风景区;瑞(瑞丽)陇(陇川)、腾(腾冲)陇(陇川)高速公路经过章凤片区,已建成陇川通用机场,陇川县城距离芒市国际机场 110 km。陇川县城至户撒梁子片区和干崖梁子片区所涉及的乡镇均有省道或县道相通,各乡镇至森林公园道路均为乡村道路,森林公园内均以徒步道路为主。章凤片区已建设团结广场、早乐东民族广场等基础设施,具备一定旅游接待能力;其余片区未开展基础设施建设。

### 3.2.4 旅游资源质量等级评定

经综合评价得出,森林公园旅游资源质量等级评分为 40.11 分,达到国家旅游资源质量等级一级标准,森林公园具有较好的旅游资源质量,区域生态环境良好,具备一定的旅游开发条件(表 5)。

表 5 旅游资源质量等级评定

Tab. 5 Evaluation of tourism resources grade

评价因子	满分	实际得分	等级
森林风景资源质量	30	23.11	
区域环境质量	10	8.50	
旅游开发条件	10	8.50	
合计	50	40.11	一级

## 4 结 论

该森林公园旅游资源共涉及 8 个主类、17 个亚类、38 个基本类型、151 个资源单体,旅游资源数量丰富、类型多样,自然景观资源以生物景观类为主,人文景观资源各具特色。森林公园风景资源质量等级评分为 40.11 分,达到国家风景资源质量等级一级标准。森林公园植被保存完好,生物多样性丰富,景观资源类型多样,自然景观资源与人文景观资源相辅相成,具有较高的保护、科研和游憩价值。

## 5 保护与可持续利用建议

景观资源是生态旅游资源的核心,景观资源保护必须贯穿于森林公园开发建设的始终<sup>[6]</sup>。自然景观资源是景观资源保护的重中之重。在资源管理和开发建设上,需要对各类自然景观资源制定相应的管理措施,以保护自然景观的原始状态和完整性<sup>[7]</sup>。应切实加强对森林公园植被景观和野生动

植物栖息地的保护,注重森林防火、病虫害防治及外来入侵物种防控,减少人为干扰。另外,应根据森林公园总体规划功能分区,制定相应保全、保存、发展的具体措施,促进森林公园实现科学、规范和高效的管理。

该森林公园自然景观类资源主要分布于户撒梁子片区和干崖梁子片区。该区域植被类型以季风常绿阔叶林和中山湿性常绿阔叶林为主体,保存完好的森林生态系统孕育了丰富的生物多样性,生物景观资源丰富,结合其资源特色与区位优势,可开展生态体验、森林康养、自然教育等生态旅游活动。森林公园周边少数民族文化丰富,且紧邻缅甸,民族文化和边境文化相互交融,可发展多元化文化体验项目,增加森林公园文化氛围,促进民族文化的传承。

## 参考文献:

- [1] 杨忠兴,洪焰泉,徐婷婷,等. 云南武定狮子山州级自然保护区旅游资源调查与评价研究[J]. 中国林副特产, 2020(4):70-75.
- [2] 杨忠兴,晁增华. 云南章凤国家森林公园[M]. 昆明:云南科技出版社,2021.
- [3] 国家质量监督检验检疫总局. 旅游资源分类、调查与评价:GB/T18972—2017[S]. 北京:中国标准出版社,2017.
- [4] 国务院. 关于公布第一批国家级非物质文化遗产名录的通知[Z]. 2006.
- [5] 国家质量监督检验检疫总局. 中国森林公园风景资源质量等级评定:GB/T18005—1999[S]. 北京:中国标准出版社,2000.
- [6] 晁莉. 森林公园旅游资源开发研究[D]. 西安:西安建筑科技大学,2011.
- [7] 闫晓旺. 森林公园旅游资源和生态环境保护的探讨[J]. 林业勘查设计,2018(1):24-25.

责任编辑:刘平书



doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.02.027

## 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

(安康学院 数学与统计学院, 陕西 安康 725000)

**摘要:**选取旅游景点容量标志性指标、旅游资源禀赋标志性指标、旅游交通条件标志性指标构建旅游景点质量评估体系。在对安康市旅游收入进行相关性与线性回归分析的基础上,分析安康市旅游产业发展优势与劣势,提出安康市旅游效益提升策略:以创建 5A 旅游景区提升旅游竞争力;以全力推动高铁建设构建旅游交通网;以凝练安康旅游形象标识语扩大旅游市场。

**关键词:**旅游景点;质量评估体系;旅游效益;旅游竞争力;旅游交通网;旅游形象标识语;安康市

中图分类号:X821;S788.2;F416.88;S731.3 文献标识码:A 文章编号:1671-3168(2023)02-0142-07

引文格式:袁蓉,赵临龙,陈影颖.陕南旅游景点质量评估体系及安康市旅游产业发展研究[J].林业调查规划,2023,48(2):142-148. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.02.027

YUAN Rong, ZHAO Linlong, CHEN Yingying. Quality Evaluation System of Tourist Attractions in Southern Shaanxi and Development of Tourism Industry in Ankang City[J]. Forest Inventory and Planning, 2023, 48(2): 142-148.

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.02.027

## Quality Evaluation System of Tourist Attractions in Southern Shaanxi and Development of Tourism Industry in Ankang City

YUAN Rong, ZHAO Linlong, CHEN Yingying

(School of Mathematics and Statistics, Ankang University, Ankang, Shaanxi 725000, China)

**Abstract:** The quality evaluation system for tourist attractions was constructed through the symbolic indicators of tourist attraction capacity, tourism resource endowment and tourism transportation conditions. On the basis of the correlation and linear regression analysis of Ankang's tourism income, this paper analyzed the advantages and disadvantages of Ankang's tourism industry development, and proposed strategies to improve Ankang's tourism benefits, including creating 5A tourist attractions to enhance tourism competitiveness, fully promoting the construction of high-speed rail to build a tourism transportation network, and expanding the tourism market with concise and healthy tourism image logo.

**Key words:** scenic attractions; quality evaluation system; tourism benefits; tourism competitiveness; tourism transportation network; tourism image logo; Ankang City

2021 年 1 月 29 日,《陕西省国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标纲要》

发布,对于陕西省旅游提出:到 2025 年,旅游总收入突破 1 万亿元,旅游总人次达到 9 亿人次,形成文化

收稿日期:2021-11-25.

项目来源:安康学院大学生创新创业训练计划项目(AKXY2020035);2023 年度陕西省哲学社会科学专项青年项目(2023QN0251);2022 年度陕西省教育厅科学研究计划项目(22JZ010);陕西(高校)哲学社会科学重点研究基地“陕南乡村振兴研究中心”资助项目(2018-11).

第一作者:袁蓉(2000-),女,陕西宝鸡人,会计员.研究方向为统计分析.

责任作者:赵临龙(1960-),男,陕西西安人,硕士,教授.研究方向为旅游项目开发研究. Email:859041422@qq.com

旅游万亿级产业板块。对于陕南旅游发展提出:共同推进秦岭巴山生态环境保护,牢固树立绿水青山就是金山银山的理念,进一步挖掘陕南绿色生态优势,打响秦巴生态品牌和南水北调中线水源地产品品牌,培育生态康养、休闲度假、绿色食品等新增长点。重点发展山水旅游、生态康养、特色民宿、文化创意等产业。建设陕南自然风光生态旅游产业带,打造一批精品旅游线路,建设一批 5A 级旅游景区和国家旅游度假区,发展大众旅游和乡村旅游,全面建设全域旅游示范省。

## 1 陕南三市旅游景点质量评估体系

### 1.1 陕南三市旅游景点质量评估体系的构建

按赵临龙“旅游资源禀赋混合度评价模型的建立与应用”中的旅游景点质量评估思路<sup>[1]</sup>,对于陕南三市旅游景点质量评估体系的构建,对旅游景点容量标志性指标、旅游资源禀赋标志性指标、旅游交通条件标志性指标,分别给出加权分值总和(1)、(2)、(3):

$$\sum = 1 \times 0.08 + 2 \times 0.04 + 3 \times 0.02 + 4 \times 0.01 \quad (1)$$

$$\sum = 1 \times 0.2 + 2 \times 0.15 + 3 \times 0.15 + 4 \times 0.10 + 5 \times 0.10 + 6 \times 0.02 + 7 \times 0.03 + 8 \times 0.03 + 9 \times 0.04 + 10 \times 0.04 + 11 \times 0.10 + 12 \times 0.04 \quad (2)$$

$$\sum = 1 \times 0.07 + 2 \times 0.05 + 3 \times 0.02 + 4 \times 0.03 + 5 \times 0.01 \quad (3)$$

得到三地旅游景点容量得分、资源禀赋得分、交通条件得分(表 1,表 2,表 3)。

表 1 陕南三市旅游景点数量统计

Tab. 1 Quantity of tourist attractions in the three cities of southern Shaanxi 个

景点级别	汉中	安康	商洛
1. 5A 级	0	0	1
2. 4A 级	15	14	14
3. 3A 级	16	22	26
4. 2A 级及以下	1	3	1

注:数据截至 2019 年底(下同)。

再分别将陕南三市的旅游景点容量得分、旅游资源禀赋得分、旅游交通条件得分转化为占各自总量的百分比得分 I、II、III,给出陕南三市质量评估体系加权分值总和:

表 2 陕南三市旅游资源禀赋统计

Tab. 2 Endowment of tourism resources in the three cities of southern Shaanxi 个

旅游资源	汉中	安康	商洛
1. 世界文化自然遗产	1		
2. 世界地质公园			
3. 国家级旅游度假区			
4. 国家级风景名胜区			
5. 国家 5A 级旅游景区			1
6. 国家 4A 级旅游景区	15	14	14
7. 国家自然保护区	7	6	6
8. 国家森林公园	4	6	4
9. 国家级水利风景区	3	3	4
10. 国家地质公园		1	2
11. 国家历史文化名城	1		
12. 国家历史文化名镇村	1	2	1

表 3 陕南三市旅游交通条件统计

Tab. 3 Tourism transportation conditions in the three cities of southern Shaanxi 个

交通方式	汉中	安康	商洛
1. 高铁	2		
2. 动车	2	1	
3. 铁路	2	4	2
4. 高速公路	6	6	4
5. 航空	8	8	

$$\sum = I \times 0.30 + II \times 0.50 + III \times 0.20 \quad (4)$$

计算出陕南三市旅游质量评估综合得分(表 4)。

### 1.2 陕南三市旅游景点质量评估体系

综前所述,给出旅游景点质量评估体系(表 5)。

## 2 安康市旅游收入分析

### 2.1 安康市旅游收入相关性分析

据表 4 数据,安康市旅游景点得分、交通条件得分均为三市第二名,但资源禀赋得分为三市倒数第一,导致安康旅游景点质量评估综合得分名列陕南三市最后。安康市旅游发展基本情况见表 6。

2020 年以来的疫情使旅游产业受到极大影响。选择 2019 年数据作为研究指标。将相关数据分别标记为:旅游总收入 y(亿元)、旅游总人数 X<sub>1</sub>(万人)、生产总值 X<sub>2</sub>(亿元)、城镇居民人均可支配收入

表 4 陕南三市旅游质量评估综合得分

Tab. 4 Comprehensive score of tourism quality evaluation in the three cities of southern Shaanxi

陕南 三市	旅游景点			资源禀赋			交通条件			综合	
	得分	占比/%	排名	得分	占比/%	排名	得分	占比/%	排名	得分	排名
汉中	9.3	29.7	3	1.09	37.2	1	2.31	82.2	1	0.440	1
安康	10.3	32.9	2	0.88	30.0	3	0.34	12.1	2	0.273	3
商洛	11.7	37.4	1	0.96	32.8	2	0.16	5.7	3	0.287	2

表 5 旅游景点质量评估体系

Tab. 5 Quality evaluation system for tourist attractions

一级指标	二级指标	数量	标准	得分	占比/%	总分
1. 旅游 景点数量 (占比 30%)	1.1 5A 级		0.08			
	1.2 4A 级		0.04			
	1.3 3A 级		0.02			
	1.4 2A 级及以下		0.01			
2. 旅游 资源禀赋 (占比 50%)	2.1 世界文化自然遗产		0.20			
	2.2 世界地质公园		0.15			
	2.3 国家级旅游度假区		0.15			
	2.4 国家级风景名胜区		0.10			
	2.5 国家 5A 级旅游景区		0.10			
	2.6 国家 4A 级旅游景区		0.02			
	2.7 国家自然保护区		0.03			
	2.8 国家森林公园		0.03			
	2.9 国家级水利风景区		0.04			
	2.10 国家地质公园		0.04			
	2.11 国家历史文化名城		0.10			
	2.12 国家历史文化名镇村		0.04			
3. 旅游 交通条件 (占比 20%)	3.1 高铁		0.07			
	3.2 动车		0.05			
	3.3 铁路		0.02			
	3.4 高速公路		0.03			
	3.5 航空		0.01			

$X_3$ (元)、公路里程  $X_4$ (km)、公路客运量  $X_5$ (万人)、旅游景区个数  $X_6$ (家),得到安康市旅游相关变量数据(表 7)。

安康市旅游效益相关性分析结果见表 8。

从表 8 可以看出,除了公路里程外,其他元素的  $r$  值均大于 0,说明安康市旅游总收入与旅游总人数、生产总值、旅游景区个数、城镇居民人均可支配收入存在正相关性,而与公路客运量呈负相关性;旅游总人数、生产总值和景区个数与旅游总收入呈高度相关,城镇居民人均可支配收入与旅游总收入中度相关,公路里程与旅游总收入相关程度弱,基本不相关。

### 2.1.1 旅游总收入正相关性分析

旅游收入与其他元素相关性显著程度次序为:旅游总人数、生产总值、旅游景区个数、城镇居民人均可支配收入、公路里程。很显然,旅游总人数直接影响旅游收入,旅游者越多或者旅游人数增加得越快,旅游累计消费就越高,给旅游带来的收益也就越多;生产总值的增加有利于旅游基础设施的完善和旅游宣传的投入,形成良好的旅游市场氛围,扩大了旅游效益;旅游景区个数的增加为旅客提供更多的选择,同时增加单位消费水平,扩大了旅游效益;城镇居民人均可支配收入增加,更加刺激人们的旅游消费,增加了旅游人数,提升了旅游效益;公路里程的增加为旅客深度游提供了极大方便,延伸了旅游效益的产出。

### 2.1.2 旅游总收入负相关性分析

旅游收入与公路客运量具有负相关性。随着安

表 6 安康市旅游发展基本情况

Tab. 6 Basic situation of tourism development in Ankang City

人口/万人	面积/km <sup>2</sup>	标识语	高速公路	铁路	高铁	航空
249.34	23391	秦巴明珠 生态安康	2009 年 5 月 28 日,西康高速公路开通;2020 年底,全市高速化	1970 年 10 月 8 日,阳安铁路开通至安康;1975 年 11 月,襄渝铁路开通;2001 年 1 月 8 日,西康铁路开通	2020 年 10 月 11 日,西康动车开通;2021 年 9 月 5 日,安康—汉中动车开通;2021 年 6 月 29 日,西渝高铁开工	1964 年 4 月 1 日,安康五里铺机场正式开通民航;2020 年 9 月 22 日,安康富强(新)机场通航

注:常住人口为 2020 年 11 月 1 日零时第七次人口普查数据。



表 7 安康市旅游相关变量数据(2009—2019 年)  
Tab. 7 Data of tourism related variables in Ankang City (2009—2019)

年份	旅游总收入 /亿元 $y$	旅游总人数 /万人 $X_1$	生产总值 /亿元 $X_2$	城镇居民人均可 支配收入/元 $X_3$	公路里程 /km $X_4$	公路客运量 /万人 $X_5$	旅游景区个数 /家 $X_6$
2009	21.83	600	274.95	12525	19458.00	5951	14
2010	47.68	1219	327.06	14642	19973.00	6837	14
2011	63.38	1562	407.17	17365	21407.14	7617	14
2012	76.22	1837	496.91	20300	21536.14	7924	18
2013	95.30	2166	604.55	22533	43130.28	8250	20
2014	119.91	2529	689.44	25011	22542.78	4855	25
2015	144.90	2851	755.05	27191	22695.19	5009	25
2016	170.79	3276	842.86	25962	22790.37	3371	26
2017	228.53	3788	974.66	28158	23023.69	3416	29
2018	293.81	4578	1133.77	24977	24501.01	3713	29
2019	329.14	5103	1182.06	27016	25489.10	2577	39

注:数据主要来源于安康市统计年鉴,旅游景区为 2A 级以上景区数量。

表 8 安康市旅游效益相关性  
Tab. 8 Correlation of tourism benefits in Ankang City

	$y$	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$X_5$	$X_6$
$y$ 皮尔森(Pearson)相关	1	0.991**	0.983**	0.779**	0.099	-0.817**	0.948**
显著性(双尾)		0	0	0.005	0.772	0.002	0
$N$	11	11	11	11	11	11	11

康四通八达的铁路开通和提速,形成西安—安康—重庆南北铁路旅游线路和武汉—安康—汉中—成都东西铁路线路,加上自驾游的兴起,安康市直通西安、汉中大巴增多了旅客旅游出行的选择,而武汉、重庆、成都主要选择列车,使安康市公路客运量逐步减少。随着未来高铁、航空优势的呈现,长途公路客运量将会更加萎缩。

### 2.2 安康市旅游收入线性回归分析

安康市旅游收入线性回归分析采用模型估计方程(5)进行,公式为:

$$y = 1.22 + 0.046X_1 + 0.164X_2 + 1.087X_6 -$$

$$0.005X_3 \quad (5)$$

安康市旅游收入线性回归系数见表 9。

模型估计方程式(5)表明,在生产总值、城镇居民人均可支配收入、公路里程、旅游景区个数不变的情况下,当旅游总人数每增加 1 万人,安康市旅游总收入平均增加 0.046 亿元。

## 3 安康市旅游效益提升策略

### 3.1 安康市旅游产业发展优势

从陕南三市旅游景点容量、资源禀赋、交通条件得分(表 4)可以看出,安康市旅游具有以下优势。

表 9 安康市旅游收入线性回归系数  
Tab. 9 Linear regression coefficient of tourism income in Ankang City

模型	非标准化系数		标准系数		$t$	显著性	相关性	
	$B$	标准误	贝塔				零阶	分部
常量	1.220	15.238			0.080	0.939		
$X_1$	0.046	0.017	0.633		2.637	0.046	0.991	0.763
$X_2$	0.164	0.081	0.506		2.016	0.100	0.983	0.670
$X_3$	-0.005	0.001	-0.263		-5.001	0.004	0.779	-0.913
$X_4$	0	0	-0.022		-0.880	0.419	0.099	-0.366
$X_6$	1.087	1.102	0.085		0.986	0.369	0.948	0.403

### 3.1.1 安康绿色生态环境造就山水园林宜居城市

安康市地处秦巴山区的汉江南北区域,属国家秦岭中央公园,整个国家级森林公园数量名列陕南三市第一,不仅有原始森林,而且森林覆盖率高达 65%<sup>[2]</sup>。天然的富硒茶使安康市成为全国富硒茶基地。2020 年 4 月 21 日,习近平总书记来到安康市平利县老县镇女娲凤凰茶业现代示范园区考察时指出:因茶致富、因茶兴业。人不负青山,青山定不负人。绿水青山既是自然财富,又是经济财富<sup>[3]</sup>。

安康市的绿色生态环境使安康市成为名副其实的宜居城市。在 2016 年陕西省百岁老人统计报告中,安康市 130 名百岁老人占全市总人口的万分之 2.93,名列陕西省各地市第一<sup>[4]</sup>,尤其是安康市镇坪县,全县人口不到 6 万,超过百岁的老人有 8 位,被命名为“长寿文化之乡”<sup>[5]</sup>。

随着交通环境的进一步改观,安康市这个适合人类宜居的山水园林城市将成为人们旅游康养的目的地。

### 3.1.2 安康市全国“中心”位置造就交通区位优势

安康市地处我国西北、西南、华中交汇处,被誉为我国的“自然国心”<sup>[6]</sup>。陕西、重庆、湖北三地的“自然国心”鸡心岭景区,不仅绿色生态资源禀赋优质,而且人文底蕴深厚。其不仅是历史上的巴山古盐道的制高点 and 关隘<sup>[7]</sup>,也是 1932 年 12 月贺龙“红三军七千里小长征”留下战斗足迹的胜地,还是 1950 年 1 月秦巴山全域解放的主战场<sup>[8]</sup>。

安康市在全国地理位置的“中心”点也成为全国交通枢纽城市,高速公路如包茂高速、十天高速、白银高速及支线、上海—安康高速等,在安康城区形成“米”字型 7 条出口(仅差西北方向 1 条);铁路如西渝铁路、武成铁路在安康城区形成“十”字型线路,2021 年 6 月 29 日,西康高铁开工,以及未来汉中—安康—十堰城际铁路、安张快速铁路开工,安康市将成为全国高铁的“十”字型通道和南北旅游大通道(包头—延安—西安—安康—张家界—桂林—湛江—海口—三亚)的主要旅游节点城市<sup>[9]</sup>。

2020 年 9 月 22 日,安康富强(新)机场通航,通达北京、天津、上海、重庆、广州、杭州、兰州、常州等城市,随着汉江水道疏通,安康市将成为双向辐射的重要旅游节点城市。

### 3.1.3 安康山水的多元文化造就旅游文化多样性

安康市地处全国“自然国心”之地,既属于秦岭国家中央公园,也是陕西省边缘地段的南大门。汉江水道使安康市成为码头城市,成为秦朝、汉朝“汉

中郡”的治所(公元前 312 年—公元 30 年)<sup>[10]</sup>,340 多年的“汉中郡”史在我国大统的汉文化形成中起到承上启下的作用,“汉水文化”是安康文化的重要根基。汉江码头相连接的秦蜀古道、秦楚古道以及巴山盐道的“山地文化”是安康文化的主要内容,形成天南地北的方言、民俗、饮食等多元文化,成为人们感悟南北方言、感受南北民俗、品尝南北饮食的旅游休闲地。

### 3.2 安康旅游产业发展劣势

#### 3.2.1 安康旅游资源品质核心竞争力有限

安康市除国家级森林公园数量名列陕南三市前列,其它旅游资源禀赋指标均不在前列。同时,缺少旅游优质资源,汉中市作为国家历史文化名城,拥有世界文化遗产张骞墓;商洛市抢注了“秦岭最美是商洛”形象标识语,并拥有国家 5A 级旅游景区金丝峡,而安康市目前尚未有在全国叫得响的旅游文化品牌。

缺少旅游资源核心竞争力的品牌,使安康市在陕南旅游效益方面受到极大影响。2019 年汉中、商洛、安康三市旅游收入依次为 411.88 亿元、380.26 亿元、329.14 亿元,与陕南三市旅游质量评估综合排名一致。

#### 3.2.2 安康市高效舒适的旅游交通网正在构建中

安康市的旅游交通处于汉中市和商洛市中间,由于汉中市和商洛市均属于西安市的 1 小时经济圈,而安康市为西安市的 2~3 小时经济圈,尤其汉中市拥有西城高铁,南北直达北京、南宁;东西直达上海、成都。目前安康市已开通本省西安、汉中的动车和四川达州动车,而与周边湖北十堰尚未开通动车,安康市快捷方便的旅游交通网暂未形成。

旅游交通高效快捷网的空白点使安康市在陕南旅游效益方面受到极大影响。2019 年,汉中、商洛、安康三市旅游人数依次为 6 785.86 万人、6 556.28 万人、5 102.76 万人,与陕南三市旅游质量评估综合排名一致。

#### 3.2.3 安康市旅游文化品牌尚需极大提升

安康市形象标识语:“秦巴明珠,生态安康”,重点突出了安康市绿色生态资源优势,但未能使安康市文化底蕴凸显出来。缺少文化品牌引领的旅游,难以占有旅游广阔的市场,更难吸引广泛的旅游人气。

在沿汉水流域,对于相关城市的形象标识语:两汉三国 真美汉中(汉中市)、秦巴明珠 生态安康(安康市)、秦岭最美是商洛(商洛市)、太极武当 中国水都 生态车城(十堰市)、千古帝乡 智慧襄阳(襄

阳市)、宛若仙境 颐养天堂(南阳市)、中国农谷 长寿荆门(荆门市)、高山流水 白云黄鹤(武汉市),认知度调查结果依次为 16.26%、4.07%、13.82%、11.38%、12.20%、14.63%、17.07%、10.57%,安康市形象标识语不仅名列陕南三市最后,也名列汉水流域8地末尾。

秦岭南北,对于相关城市的形象标识语:魅力天水 陇上江南(天水市)、青藏之窗 雪域羚城(甘南州)、秦陇锁钥 巴蜀咽喉(陇南市)、神奇阿坝 熊猫家园(阿坝州)、人文蜀道 中国凤都(广元市)、两汉三国 真美汉中(汉中市)、秦巴明珠 生态安康(安康市)、秦岭最美是商洛(商洛市),认知度调查结果依次为 16.25%、11.25%、13.75%、17.50%、8.75%、12.50%、5.00%、15.00%,安康市形象标识语名列陕南三市最后,也名列秦岭南北8地末尾。

综上所述表明,安康市旅游效益名列陕南三市最后。

### 3.3 安康市旅游产业发展策略

#### 3.3.1 以创建5A旅游景区提升旅游竞争力

安康市旅游核心竞争力的缺失,使安康市旅游标志性品牌打造成为重要工作。在十四五期间,安康市将创建瀛湖、南宫山、鬼谷岭3家5A旅游景区。对于瀛湖5A旅游景区的创建,要发挥汉江安康母亲河的历史作用,充分利用“汉中郡”码头城市,构建安康城的汉江码头文化园或博物馆,并与瀛湖景区统一打造“安康城码头·瀛湖”5A旅游景区,使安康“汉中郡”码头城市和瀛湖旅游区成为人类宜居的康养之地、天南地北的美食健康城。

对于南宫山5A旅游景区的创建,充分利用历史佛教圣山南宫山高僧弘一大师圆寂真身不腐的奇观<sup>[11]</sup>,打造中国神奇名山。弘一大师通过巴山中药材达到真身不腐的特效功能,要充分发挥巴人“巫文化”神奇的“巫术”,将山中盐泉变成晶体盐巴、将山中药材变成防腐剂,将人类饮食的鲜肉变成长期不腐的腊肉,将山中“茶”树叶变成清凉解渴的神水,将山中“豆腐树”树叶变成天然美食的神仙豆腐等奇闻异事,将南宫山打造成一座巫术之山、药材之山、美食之山、康养之山。

对于鬼谷岭5A旅游景区的创建,也在于挖掘战国传奇人物纵横家创始人鬼谷其人(王诩)的历史文化传奇<sup>[12]</sup>,结合良好的自然生态资源(茂盛古树),打造融自然与人文一体的特色旅游品质。同时,秦巴古道也是提升安康旅游品质的核心要素,积极将安康境内的秦岭古道(子午道、库谷道、旬河谷

道等)与秦岭其它古道共同打造列入《中国世界文化遗产和自然遗产预备名单》,并积极着手申报大巴山古盐道世界文化和自然遗产。

#### 3.3.2 以全力推动高铁建设构建旅游交通网

在包海高铁西渝段开工建设的基础上,全力推进安张铁路的开工建设。随着张海高铁张家界—怀化段和郑万高铁襄阳—万州段的相继开通、包海高铁包头—西安—安康段和奉节—巫溪段相继开工,安张高铁机遇浮现。陕西与重庆联合打通安康—巫溪250 km(时速200~250 km)的高铁连接线,间接实现安康—奉节—宜昌—张家界高铁的贯通。

安张高铁是我国中西部南北旅游大通道构建的关键段,是陕西(安康市)上通内蒙下达海南,融入世界震撼力极强的中国南北旅游大通道之中。因此,陕西主动与重庆、湖北、湖南联合,分步打通恩施—来凤县120 km(龙山县130 km)的高铁连接线,间接实现恩施—来凤县(龙山县)—张家界高铁的贯通;以及开工修建奉节—恩施120 km的高铁连接线,直接实现安康—奉节—恩施—张家界高铁的贯通。

陕西(安康市)依据国家《汉江生态经济带发展规划》,联合湖北省全力推进汉中—安康—十堰城际铁路开工建设,与西城高铁和西武高铁共同形成(上海)—武汉—安康—汉中(延伸九寨沟旅游景区)—成都(或兰州)的重要旅游精品线。

安康市在省内开通动车安康—西安、安康—汉中、安康—达州的基础上,将动车延伸到省外十堰,形成四通八达的高铁网,成为连接大都市西安、武汉、重庆、成都的重要旅游节点城市。

#### 3.3.3 以凝练安康旅游形象标识语扩大旅游市场

2021年3月12日,《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要》发布,《纲要》中提到我国四大河流:长江、黄河、淮河、汉江,足见汉江经济带在国家中的地位。历史上,长江、淮河、黄河、汉江称为江淮河汉<sup>[13]</sup>。

2016年10月14日,中央电视台的大型人文纪录片《汉水安康》在全国播映,引起较大轰动<sup>[14]</sup>。安康这座“秦汉郡城”码头城市被人们所认识,汉江经济带连接的秦巴古道使安康城成为周边地区经济文化辐射的中心。因此,不论是从汉水廊道流域,还是从秦巴山地区域,安康市形象标识语“汉水安康,秦汉郡城”,既展示了安康市的地理位置,又突出了安康市的历史地位,极大地丰富和提升了安康市旅游文化品牌的影响力。



安康市既属于秦岭国家中央公园,又是大巴山的“自然国心”重要区域。“自然国心”鸡心岭地处陕渝鄂边界处,安康市成为天南地北自然与人文融合多彩地。“东西南北中,安康欢迎您”成为安康市旅游形象宣传的重要地理坐标,通过汉江历史的水道和巴山神秘的盐道,呈现安康这块神秘的吉祥地:全国的中心区域、大自然的南北分界带、天然的生态康养之地、历史的移民宜居之地、天南地北的饮食地、茶饮品的原产地、酒水开发的故乡、原生态民歌之乡,形成“和谐安康”多元文化,成为一座名副其实的吉祥安康之城。

2020年4月21日,习近平总书记在新冠疫情非常时期来到安康市平利县考察调研时表示,衷心希望父老乡亲们生活像城市的名字一样:安康、平利,平安顺利。这是对中国最吉祥之地—安康市新的注释。安康市要将“吉祥安康”作为城市靓丽的精致名片,将安康市打造成为“平安顺利,幸福安康”吉祥之地。

### 参考文献:

- [1] 赵临龙. 旅游资源禀赋混合度评价模型的建立与应用——以我国中西部南北旅游大通道 8 省市自治区为例[J]. 甘肃科学学报, 2018, 30(4): 1-7, 23.
- [2] 赵临龙. 安康市山水园林生态旅游城市打造的研究[J]. 湖北农业科学, 2020, 59(15): 97-103, 113.
- [3] 赵临龙. 后疫情时期陕西旅游复苏相关产业发展的探析[C]//2021 中国旅游科学年会论文集: 新发展格局中的旅游和旅游业新发展格局. 北京: 中国旅游研究院, 2021: 714-722.
- [4] 王选程, 赵临龙, 闫琪. 安康富硒茶营销战略的思考[J]. 湖北农业科学, 2021, 60(19): 149-152.
- [5] 陕西最小的县, 人口不到五万, 却以长寿闻名全国[EB/OL]. [2017-10-24]. [https://www.sohu.com/a/199871639\\_99903359](https://www.sohu.com/a/199871639_99903359).
- [6] 赵临龙. “自然国心——鸡心岭”旅游文化品牌的深度开发研究[J]. 湖北农业科学, 2019, 58(18): 185-192.
- [7] 赵临龙. 基于中西部南北旅游大通道的“盐道文化”廊道的旅游发展[J]. 社会科学家, 2019(3): 97-105.
- [8] 赵临龙. 自然“国心”鸡心岭“爱国游”的开发建议[J]. 安康学院学报, 2007, 19(3): 33-34, 58.
- [9] 赵临龙. 中国中西部南北旅游大通道的构建研究[M]. 北京: 科学出版社, 2018.
- [10] 汤其领. 汉初封国制探析[J]. 史学月刊, 1998(6): 35-39.
- [11] 董亚娟, 马耀峰. 山水型旅游目的地竞争力提升研究——以陕西大南官山旅游区为例[J]. 特区经济, 2009(5): 163-165.
- [12] 刘海文, 刘海诗. 战国时期的实用谋略教育家——鬼谷子[J]. 史学月刊, 1996(4): 13-18.
- [13] 赵临龙. 基于人文纪录片《汉水安康》的安康市区域旅游标识语研究[J]. 安康学院学报, 2020, 32(5): 83-87, 102.
- [14] 赵临龙. 《汉水安康》纪录片对打造安康旅游文化品牌的启示[J]. 安康学院学报, 2018, 30(1): 10-14.

责任编辑: 许易琦

(上接第 109 页)

- [3] 汪海燕, 张红霄. 基于制度供给与需求理论的生态补偿立法问题——以公益林补偿为例[J]. 江苏警官学院学报, 2014, 29(6): 32-36.
- [4] 王清军, 陈兆豪. 中国森林生态效益补偿标准制度研究——基于 10 省地方立法文本的分析[J]. 林业经济, 2013(2): 57-68.
- [5] 杜群. 生态补偿的法律关系及其发展现状和问题[J]. 现代法学, 2005(3): 186-191.
- [6] 周训芳. 生态公益林补偿与管护制度的法律重构[J]. 南京工业大学学报(社会科学版), 2017, 16(4): 89-97.
- [7] 王艳洁, 李义松. 以农民为视角构建弱势群体生态保护补偿制度[J]. 行政与法, 2018(2): 59-66.
- [8] 杨博文. “资源诅咒”抑或“制度失灵”? ——基于中国林业碳汇交易制度的分析[J]. 中国农村观察, 2021(5): 51-70.
- [9] 曾以禹, 吴柏海, 周彩贤, 等. 碳交易市场设计支持森林生态补偿研究[J]. 农业经济问题, 2014, 35(6): 67-76.
- [10] 杜娟, 谢芳婷, 刘小进, 等. 不同群体林农对生态公益林补偿政策的满意度研究——基于江西省南方集体林区的实证分析[J]. 林业经济, 2019, 41(9): 16-23.
- [11] 刘婷婷. 森林生态环境补偿法律制度研究[J]. 西部林业科学, 2019, 48(6): 174-175.

责任编辑: 许易琦

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.02.028

## 基于生态环境保护的旅游村落规划设计

刘璐

(榆林学院, 陕西 榆林 719000)

**摘要:**随着国民经济水平提高,人民生活水平不断改善,人民在追求更高生活品质的路上越走越远。近年来乡村旅游的发展蒸蒸日上,满足了消费者的休闲需求。作为一种新兴的旅游产业模式,乡村旅游场所不仅要满足人们对放松身心的需求,同时也要做到人与自然的和谐。藉此,基于生态环境保护视角分析旅游村落现存问题,提出旅游村落规划设计的系列对策、方略和措施。

**关键词:**乡村旅游;环境保护;传统文化;农业景观;特色旅游;农家乐

中图分类号: TU982.29; F590.7; D922.68 文献标识码: A 文章编号: 1671-3168(2023)02-0149-05

引文格式: 刘璐. 基于生态环境保护的旅游村落规划设计[J]. 林业调查规划, 2023, 48(2): 149-153. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.02.028

LIU Lu. Tourism Village Planning and Design Based on Ecological Environment Protection[J]. Forest Inventory and Planning, 2023, 48(2): 149-153. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.02.028

## Tourism Village Planning and Design Based on Ecological Environment Protection

LIU Lu

(Yulin University, Yunlin, Shaanxi 719000, China)

**Abstract:** With the improvement of the national economic level and the continuous improvement of people's living standards, people are going farther and farther in the pursuit of higher quality of life. In recent years, the development of rural tourism has been thriving, meeting the leisure needs of consumers. As an emerging tourism industry model, rural tourism venues should not only meet people's needs for relaxation, but also achieve harmony between human and nature. Based on the perspective of ecological environment protection, this paper analyzed the existing problems of tourist villages and proposed a series of countermeasures, strategies, and measures for the planning and design of tourist villages.

**Key words:** rural tourism; environmental protection; traditional culture; agricultural landscape; characteristic tourism; agritainment

随着农家乐旅游产业的不断发展,现如今民族村落乡村旅游的发展更是犹如雨后春笋,在促进经济发展的同时也为当地社会稳定、传统文化的弘扬与保护做出了贡献,甚至引起了学界的高度关注。

旅游开发是一把双刃剑,在促进经济水平提高的同时,也对生态环境造成了一定的影响甚至产生破坏。有学者认为,旅游开发应建立在保护原有生态的原生性、完整性、多样性不被破坏的基础上,进而通过

收稿日期: 2021-11-09.

基金项目: 2021 年度陕西省教育厅科研计划项目(21JK0448).

第一作者: 刘璐(1991-),女,陕西榆林人,硕士,讲师. 研究方向为景观设计.

民族特色旅游开发提高居民经济收入。除此之外,学者们表明,旅游业的发展确实增加了居民收入,提高了居民的生活水平,然而,大量游客的涌入不仅对当地的生态环境造成一定的破坏,外地人的文化及价值观同时也对当地的人文教育、饮食文化等产生了一定的冲击。民族乡村之所以能够吸引越来越多人的目光,除了其文化习俗、信仰、建筑等之外,最打动人的莫过于游客在此能够与居民互动并深度参与体验当地人的日常活动。然而,这些给游客带来新体验与放松的活动,对当地的经济、文化、社会及环境等都造成了一定的冲击和影响,并改变了当地居民原有的生产生活方式<sup>[1]</sup>。

## 1 村落旅游功能定位

国家民族事务委员会印发的《少数民族特色村寨保护与发展规划纲要(2011—2015年)》指出,民族特色村寨是民族文化的发源与传承地,承载着民族文化精髓,是民族精神家园的重要阵地,是少数民族生产、生活、社交互动的时空聚落地。而乡村拥有丰富的传统建筑及民族文化资源,具有较高的历史、文化、科学、艺术、社会和经济价值<sup>[2]</sup>。近年来,传统民族村落旅游的发展可谓蒸蒸日上,尤其在振兴乡村战略的大背景下,如何把握村落的旅游开发功能、目标已成为各界争相关注的焦点。李宏认为,旅游目的地是旅游活动的承载空间,为旅游者提供了消费平台。旅游目的地吸引力来自商业化的旅游服务、非商业化的原始景观和旅游目的地所拥有的独特氛围<sup>[3]</sup>。藉此,可以把民族乡村的旅游功能定位为:以合理旅游规划、决策为基础,以民族乡村特色建筑及民族民俗文化体验为依据,以此开发策划相符合的旅游产品方案,从而促使旅游者产生新的旅游动机,满足旅游者的旅游需求,并实现民族传统建筑的保护性开发,进而为民族经济的发展,乡村居民的生活水平提高,文化的弘扬与传承做出贡献。

## 2 旅游村落现存问题

### 2.1 乡土自然环境恶化

一些旅游村落在旅游资源开发过程中由于缺乏针对性的保护规划细则,及保护机制不健全等问题,导致一些村落旅游开发规划不够明确,甚至出现一些生态破坏行为:(1)由于缺乏相关引导,村民的生产生活行为得不到有效引导,使得当地的生态环境遭到了一定的破坏。比如,除去生产生活废水的乱

排乱放对环境造成污染之外,一些居民甚至为蓄水养鱼建造池塘而肆意截断河道溪流。(2)耕地的肆意扩张使得林地面积减少,秸秆的焚烧对空气造成污染等。(3)由于一些企业或机构的不合理管理或经营,致使当地的自然环境遭到严重破坏<sup>[4]</sup>,例如,河道的硬化、渠化,河流的割裂等都大大破坏了当地的生态平衡。(4)由于旅游开发的需要,道路、桥梁、酒店、超市、停车场等一系列基础设施的修建导致大量林地、草地毁坏,各种环境污染问题纷至沓来,然而这些问题都没得到有效的解决。

### 2.2 生活配套设施不完善

受当地经济发展水平影响,大部分传统民族村落交通状况并不是很好,交通系统尚未完善,很多村落的道路并未实现全面硬化,一些公路路面较窄,等级较低且缺乏有效维护,一定程度上阻碍了当地的经济的发展。另外,乡村地区大多缺乏健全的排污设施,生活污水大多自然排放,生活垃圾亦得不到及时处理,导致环境污染严重,水质恶化。此外,配套设施数量少,分布不合理以及覆盖率不足成为一些乡村地区公共服务配套设施方面的主要问题。基础教育方面如幼儿园、中小学配套服务设施不够完善<sup>[5]</sup>;民生方面如便民中心及户外活动场所缺乏。乡村居民的公共空间环境亦受到一定的破坏,比如,随处可见的违建使建筑物显得杂乱,整个村落的空间景观性不佳,也给当地居民的日常生活带来了不利影响。

### 2.3 优势传统文化资源埋没

由于受到当地乡土文化资源保护机制不够完善的影响,乡村文化资源普查、评定等环节相对滞后,致使一部分乡土文化设施或载体因缺少相应的维护与修缮而遭到遗忘甚至被埋没。比如,位于龙王村地区的古碉楼及一些工业文化建筑等。乡村特色文化得不到有效保护或者开发不够合理,被破坏后得不到及时修缮和维护,这将导致特色传统文化的流失。更有甚者,部分村民私自将文物进行买卖,或者将文化资源空间占用从事生产生活活动<sup>[6]</sup>。

## 3 基于生态环境保护的旅游村落规划设计策略

### 3.1 优化空间格局

#### 3.1.1 规划生态景观

作为乡村旅游发展的重要开发产品,农家乐自然村景观的开发要切实结合当地自然资源及历史人



文资源,并尽最大可能保留自然生态的完整性和原始性,建造出符合当地独特人文的自然资源景观(图 1)。如图 1 所示,农家乐自然村的生态景观湿地,在开发旅游资源的同时,使当地生态得到最大保留。



图 1 生态景观湿地

Fig. 1 Ecological landscape wetland

相较于城市人文景观,农家乐自然村的优势莫过于其自然的生态环境。景观的绿化为旅游者提供了自然和谐的生态旅游空间及短暂的生活空间。农家乐自然村旅游资源的开发以最小限度破坏其本来生态为基础,合理利用原有的自然资源,如河流、湖泊等,构建出带有当地特色的独特旅游资源(图 2)<sup>[7]</sup>。



图 2 生态景观桥

Fig. 2 Ecological landscape bridge

### 3.1.2 整合农业景观

作为旅游村落独有的旅游资源,农田景观是当地居民对自然进行长期改造的结果。农田改造的初衷虽并非为打造旅游资源,然而随着当地旅游业的发展,农田景观亦可作为当地旅游业的一个重要旅游资源,且吸引了不少旅游者的目光。例如,梯田是

由于改造地形以提高农作物产量而产生的(图 3),同时也作为农业景观,为当地乡村旅游增添了不少魅力。



图 3 梯田农业景观

Fig. 3 Rural terraced agricultural landscape

### 3.1.3 创新聚落景观

在乡村旅游景观不足的情况下,亦可加以创新(图 4,图 5)。图 4 所示为鲁家村入口景观,图 5 所示为革新村入口景观,在原有村入口规模不变的基础上,通过创新设计,和原有景观加以整合,创造出独具特色的村入口景观,同时亦为游客提供了良好的乡村体验。



图 4 鲁家村入口景观

Fig. 4 Entrance landscape of Lujia Village

### 3.2 营造景观特色

一个景点之所以能够打动人并吸引人们前来观看,一定是因为这个景点有其独特的魅力与特色。尤其在竞争如此激烈的当下,要想在众多乡村旅游景观中脱颖而出,抓住旅游者的目光,营造特色主题必不可少。当然,具体的主题该如何设置定是要以



图 5 革新村入口景观

Fig. 5 Entrance landscape of Gexin Village

当地旅游资源特色为基础,以当地文化传统为依据,打造出属于当地特色的旅游资源。另一方面,由于受当地社会经济及传统文化的影响,乡村大都形成了属于自己独特的建筑风格。因此,在旅游资源开发过程中,本土建筑风格需更加突出,以此来区别于其他村落。例如,对于山地丘陵地区,可采用自由的设计风格;对于平坦的地区,可采用“回”字形设计格局,以此与周围景观形成一体,打造出自身专属建筑风格<sup>[8]</sup>。

### 3.3 完善基础设施

俗话说,要想富,先修路。同理,乡村旅游产业要想取得发展,必须改善道路等服务设施建设。与普通农村街道作用不同,旅游乡村的街道不仅要满足游客的通行需求,还需有一定的观赏性。比如,在道路两旁增添一些具有观赏或娱乐性的服务设施,如花草种植,或提供长凳、自助售货机等供游客休息或休闲购物,在最大限度减少对生态破坏的同时,满足游客的正常出行需求(图 6,图 7)。

### 3.4 保护生态

1) 在乡村旅游开发过程中,应主要以自然景观和人文景观为主,最大限度地保留当地自然景观,并保证人文景观不被破坏。在进行乡村景观设计时,可以利用具有鲜明特色的景观节点来突出其点缀的作用,或者利用辐射效应对生态景观的多样性进行保护<sup>[9]</sup>。

2) 在开发乡村旅游资源的同时,一定要注重廊道建设。作为生态系统的能量流和物质流通道,廊道具有不可替代的作用。廊道不仅可以用来缓解生产生活污染,同时,还具有抗洪减灾、保护生态的作用。

3) 对基质景观加以保护。生态基质是生态旅游



图 6 村落内部主路

Fig. 6 Main road within the village



图 7 村落内部人行路

Fig. 7 Pedestrian roads within the village

景区中的关键地区,保护生态基质就是保护了整个地区生态系统的命脉。生态基质主要指突出林地和农田的自然特征<sup>[10]</sup>,然而,到目前为止,大部分的景观规划只注重农田的产业布局,并不在意其生态价值。因此,在今后的旅游开发过程中应重视保护农田及林地景观<sup>[11]</sup>。

## 4 结 语

综上所述,随着我国经济的发展,人民的生活水平日益提高,人们对美好生活的向往比以前更加强



烈,乡村旅游成为人们休闲放松的首选。因此,在更加有效合理地开发乡村旅游资源方面对乡村生态旅游设计提出了挑战。通过以上研究分析,希望通过合理科学的生态空间规划、打造专属特色乡村景观、完善基础设施及多方位的生态保护等措施,使乡村旅游能够朝着更加绿色、环保的道路前进,在带动经济发展、提高居民收入的同时,为乡村文化的传承与发展做出贡献。

### 参考文献:

- [1] 朱烜伯,张家其,李克强. 乡村振兴背景下民族乡村村落旅游开发影响机制[J]. 江西社会科学,2021,41(3): 229-237.
- [2] 牛菲. 生态皮革服装设计中极简主义思想的渗透[J]. 中国皮革,2021,50(7):109-112.
- [3] 张占孝. 基于数据挖掘技术的旅游景点客流量预测[J]. 自动化技术与应用,2021,40(4):68-72.
- [4] 孙一卉. 生态文明视阈下的乡村旅游景观规划设计研究[D]. 杭州:浙江农林大学,2013.
- [5] 吴亚微. 侗民族生态伦理与旅游的可持续发展——以黔东南黎平县侗族乡村村落肇兴侗寨为例[J]. 大众文艺,2020(2):259-261.
- [6] 章榕,宋尧佳. 重庆四山地区旅游型村落景观规划研究——以北碚龙王村为例[J]. 园林,2021,38(5):74-82.
- [7] 周靳萌子. 基于大秦岭西安段生态环境保护下的农家乐旅游村落规划设计研究[D]. 西安:长安大学,2015.
- [8] 周杏会,贺悦清,王宏美,等. 基于生态文明视域下的乡村旅游景观规划设计探索[J]. 黑龙江粮食,2021(8): 70-71.
- [9] 石运红. 蒙山百花峪生态旅游村落规划设计[D]. 济南:齐鲁工业大学,2016.
- [10] 陈沙沙. 乡村村落环境保护与旅游开发的契合——以铜川市耀州区申河村为例[J]. 江西建材,2018(1): 38-39.
- [11] 陈玉聪. 生态文明视阈下的乡村旅游景观规划设计研究[J]. 南方农机,2018,49(8):167-168.
- [11] 金文华,金钱荣,王晓英. 喜马拉雅红豆杉生活环境探究[J]. 林业勘查设计,2020,49(1):145-148.
- [12] 卓嘎,杨小林,幸福梅,等. 喜马拉雅红豆杉愈伤组织的诱导[J]. 西部林业科学,2015,44(4):100-104.
- [13] 李华婷. 云南轿子山国家级自然保护区社区共建共管模式初探[J]. 绿色科技,2021,23(8):25-27.
- [14] 苏骅,王平. 轿子山国家级自然保护区垂直气候分区研究[J]. 林业调查规划,2020,45(6):59-62,68.
- [15] 王泽欢,刘恩德,向春雷,等. 中国特有种丁茜形态描述的修订及新分布区的报道[J]. 广西植物,2011,31(5):569-571.
- [16] 代俊,肖之强,马晨晨,等. 滇东北植物区系新资料[J]. 浙江林业科技,2016,36(5):69-76.
- [17] 袁丛军,李鹤,陈锐,等. 珍稀植物西康玉兰的果实性状特征及其表型多样性[J]. 江苏农业科学,2020,48(8):142-148.
- [18] 韩春艳,龙春林. 濒危植物西康玉兰种子休眠、萌发及贮藏特性[J]. 云南植物研究,2010,32(1):47-52.
- [19] 王倩,李雪,张明生,等. 不同酸处理对金铁锁种子萌发的影响[J]. 山地农业生物学报,2019,38(4):81-85.
- [20] 戚淑威,和桂青,周国华,等. 金铁锁优质种源组织培养研究[J]. 江西农业学报,2019,31(7):22-26.
- [21] 马晨晨,肖之强,代俊,等. 濒危植物平当树的种群现状及保护[J]. 西部林业科学,2017,46(2):101-106.
- [22] 梁文娟,尹迪,郗建宇,等. 美丽芍药根中黄酮类成分及其生物活性[J]. 中成药,2021,43(2):399-403.
- [23] 张明英,王西芳,高静,等. 美丽芍药叶绿体全基因组解析及系统发育分析[J]. 药学学报,2020,55(1): 168-176.
- [24] 王定康,孙桂芳,陈雪,等. 几种重楼属植物花药开裂和关闭现象的研究[J]. 安徽农业科学,2008(9):3709-3710,3722,3479.
- [25] 雷彻虹,余志祥,谢大军,等. 四川攀枝花苏铁国家级自然保护区云南梧桐种群分布特点与繁育特性研究[J]. 四川林业科技,2021,42(4):41-46.
- [26] 唐荣,杨静,孙卫邦. 云南梧桐的再发现[J]. 大自然,2017(6):60-63.

责任编辑:刘平书

(上接第79页)

责任编辑:杨竣熔



doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.02.029

## 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

(云南师范大学 地理学部, 云南 昆明 650500)

**摘要:**运用旅游心理学、情感心理学、设计心理学的情感化设计、环境心理学、旅游地理学、旅游规划与开发等相关理论,探析旅游活动中人类情感的内涵与特征,寻找旅游开发中需要激发的情感。研究表明,旅游者情感具有效能性、时效性、感染性、移情性四大特征,目前单项旅游开发在情感方面存在走马观花式观光旅游、车水马龙式度假旅游等问题。在情感营造中注重情感与环境的关系,从自然、人工、人际 3 方面进行情景营造。提出匹配情感动机,增设旅游情感体验项目,提升情感旅程等强化旅游情感体验策略。

**关键词:**旅游情感;情景营造;情感体验;情感需求体系

中图分类号:F590.3;P901;B842.6 文献标识码:A 文章编号:1671-3168(2023)02-0154-06

引文格式:陈艳桃,郭贞梅,张巧. 旅游开发中的情景营造与情感体验研究[J]. 林业调查规划,2023,48(2):154-159. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.02.029

CHEN Yantao, GUO Zhenmei, ZHANG Qiao. Scene Construction and Emotional Experience in Tourism Development[J]. Forest Inventory and Planning, 2023, 48(2): 154-159. doi: 10.3969/j.issn.1671-3168.2023.02.029

## Scene Construction and Emotional Experience in Tourism Development

CHEN Yantao, GUO Zhenmei, ZHANG Qiao

(Department of Geography, Yunnan Normal University, Kunming 650500, China)

**Abstract:** This paper used tourism psychology, emotional psychology, emotional design of design psychology, environmental psychology, tourism geography, tourism planning and development and other related theories to explore the connotation and characteristics of human emotions in tourism activities, and to stimulate emotions in tourism development. The research results indicated that tourists' emotions had four major characteristics of effectiveness, timeliness, contagion and empathy, and the individual tourism development had problems in the emotional aspect, such as casual sightseeing tourism and busy vacation tourism. This paper suggested to focus on the relationship between emotions and environment and create scene from natural, artificial, and interpersonal aspects, and propose strategies to enhance tourism emotional experience, such as matching emotional motivation, adding tourism emotional experience projects, and enhancing emotional journey.

**Key words:** tourism emotions; scene creation; emotional experience; emotional needs system

依据马斯洛需求层次理论,可将人性需求分为物性需求、情感与知性需求、神性需求 3 个等级,情

感则是人性需求中最重要的组成部分。目前,人性的物性需求已得到极大满足,但由于信息现代化时

收稿日期:2021-08-11.

第一作者:陈艳桃(1994-),女,甘肃临洮人,硕士研究生.研究方向为旅游规划和旅游产业管理. Email:15352342717@163.com

代的快节奏生活方式,使人们远离自然,疏于人际交流,造成了物质需求满足和低情感失衡的状态,而旅游作为人们谋求更好生活的本性体现的自发性活动<sup>[1]</sup>,便成为人们宣泄压力、亲近自然、增进感情的调和剂。

情感在旅游领域的相关研究起步较晚<sup>[2]</sup>,但近年来对旅游者情感议题的关注度明显提高,也取得了一定成果,而鲜有文献对情感化设计在旅游开发中的应用进行全面、系统地研究报道。在旅游“情感化”时代<sup>[3]</sup>,情感旅游已成为旅游发展的必然趋势,应用人类情感学相关理论研究旅游开发中的情景营造和情感体验显得尤为重要。因此,本文以人类情感为切入点,构建旅游者情感需求体系,探索情感化设计在情景营造和旅游情感体验强化中的应用,以此提高旅游空间品质,增加旅游吸引力,使旅游成为人们放松身心、回归自然、体验情感的重要载体。

## 1 旅游活动中的情感探析

### 1.1 情感辨析

情感的研究由来已久,早在公元前4世纪,亚里士多德与柏拉图就已对其进行研究<sup>[4]</sup>,他们可谓是情感研究的先驱。17世纪笛卡尔在《论心灵的各种情感》一书中从生理学方面论证了情感,他认为“情感是一种激情,并把形形色色的情感归纳为高兴、悲痛、惊奇、欲望、爱慕、憎恨6种基本情感”<sup>[5]</sup>。雅科布松在《情感心理学》一书中认为,“情感多与人的社会性需求相联系,是指人具有稳定的情感态度和固定的心理状态”<sup>[6]</sup>。《普通心理学》认为“情感是指以人的需求为中介的一种心理活动,其反映的是客观外界事物与主体需求之间的关系”。中国传统哲学认为“情感的内涵复杂而广泛,从某种意义上讲,情感是中国人学形而上学的重要基础,其不仅有情感感受,而且有情感体验。情感具有层次性,分为感性情感(如情欲、情绪)、理性情感(如情理、情义)、超理性情感(如神秘体验、宗教体验)3层”<sup>[7]</sup>。通过文献阅读与归纳,就情感本身来讲,其产生总是指向某一客体,是人对于一定事物、某些人或一定现象而形成的一种情绪态度。

### 1.2 旅游情感与旅游情感体验

情感是旅游情感的上位概念,依据情感界定旅游情感。旅游情感是人们(游客、旅游从业人员、当地居民以及其他社会成员)对旅游目的地的品牌、景观、设施、服务等所持有的一种感觉和情绪,表达

人们对其的喜好和厌恶;旅游情感体验则是游客对旅游情感的一个认识与反应过程<sup>[8]</sup>。从旅游情感和旅游体验的定义层面着手,可知二者之间存在内在联系,后者由前者刺激产生,故前者是后者的刺激物;后者过程中又将产生新的旅游情感,即前者又是后者的结果,此情感属于派生情感。

### 1.3 旅游情感特征

旅游本身属于一种情感体验现象<sup>[9]</sup>,旅游者进行旅游的目的在于追求幸福快乐,释放生活压力,而旅游规划的意义在于为旅游者提供所期许的超感官情感体验,为营造符合游客喜好的情景,增强游客的情感体验,把握人类旅游情感所具有的特征已成必然。

旅游情感一般包括效能性、时效性、感染性、移情性四大特征。

1)效能性又可称为功能性。随着旅游观光体验向旅游生活体验的转变<sup>[9]</sup>,旅游地的情感体验能否满足旅游者的情感需求将被视为一种必不可少的旅游功能,旅游地的情感体验能否引导旅游者的情感积极向上也是一种旅游功能,故可称其为情感功能化。

2)时效性是指同一旅游环境在旅游者不同年龄阶段的体验存在较大差异。人们随着年龄的增长,知识阅历的丰富,环境的变化,其情感也会随之改变。

3)感染性体现在旅程中,旅程中的活动是旅游者与旅游地居民和从业人员密切接触的过程,也是情感交流最为密集的阶段,更是三者情感互相感染以及旅游者情感波动易变的高发阶段,三者之间存在强烈的情绪感染<sup>[10]</sup>,这种强烈的情感感染性使情感存在易变性。

4)旅游者的情感具有移情性,游客追求的是新鲜感和神秘感<sup>[11]</sup>,其大都具有看戏心态,是非功利的旁观者,也是新奇美好事物的欣赏者,更是幸福快乐的追求者,故会不自觉地将自己的情感投入到所接触的事物上,从而产生明显的移情现象。

## 2 旅游开发中情感的激发

旅游开发以提升旅游资源对游客的吸引力为目的,将潜在的旅游资源优势转化为经济效益,并使旅游活动得以实现的技术经济行为<sup>[12]</sup>。随着旅游“情感化”时代的到来,研究旅游开发与情感的关系,分析旅游开发中的实际情感问题并为之提出相应的情感策略是旅游开发研究的重中之重。

## 2.1 单项旅游开发在情感方面的现存问题

### 2.1.1 走马观花式观光旅游

目前,走马观花式观光旅游较多,这种观光旅游使游客与旅游景点之间的相处时间较少,更是减少了游客与游客、游客与旅游地居民之间交流的机会,这种传统的观光旅游只能激发游客的瞬时情感,而很难激发游客的持久性情感。因此,不能吸引游客故地重游。

### 2.1.2 车水马龙式度假旅游

度假旅游区游客量集中,淡旺季明显,车水马龙的度假旅游不仅带来了接待困难,而且暴露了交通阻塞、环境污染、游客吃住困难等问题,这种度假旅游不但不能激发游客的快乐、惊喜、放松等积极情感,反而会激发游客的愤怒、厌恶、恐惧等负面情感,最终致使度假旅游区吸引力降低。

### 2.1.3 单一同质式文化旅游

文化旅游资源存在极大相似性的区域,在进行旅游开发时,其旅游开发模式单一且同质化严重,并且各区域之间为吸引游客,出现恶性竞争,对区域造成不可恢复的破坏。这种单一且同质化的旅游致使游客产生视觉疲劳,千篇一律无新意的旅游项目使游客产生失落感,从而不能赢得游客对旅游地的忠诚度和满意度。

### 2.1.4 体验式旅游项目匮乏

目前,旅游商业化严重,过度追求经济效益,淡化了对旅游产品质量和游客体验需求的关注;同时,传统旅游方式转型慢,大多仍处于仅满足人们好奇心的初级阶段,具有“走马观花”的感觉。由此可知,旅游开发缺乏游客亲身参与的情感沉浸式旅游

体验项目,这与当代游客的情感需求背道而驰,当代游客大多期望通过旅游获得一些技能与知识,感受异地独有的地域特色和深厚文化底蕴,从而得到精神满足。

### 2.1.5 旅游环境设计缺乏情感要素

人的情感产生于外部环境的刺激<sup>[13-14]</sup>,丘吉尔曾说“我们塑造了环境,环境又反塑造了我们”<sup>[15]</sup>。因此,旅游环境与旅游者之间是相互影响的关系,一方面,旅游环境的质量对旅游者的行为活动产生刺激,从而影响旅游者的情感;另一方面,在同一旅游环境中,不同的旅游者具有不同的情感体验。但是,目前旅游环境设计以美观大气为主,对旅游者情感的考虑较为匮乏,鲜少考虑外部环境对旅游者情感的刺激作用,因而使旅游者身临其境的体验感降低,对旅游地产生情感共鸣的几率变小。

## 2.2 旅游者情感需求体系

“情感化设计”由著名心理学家、设计师 Donald Norman 所提出,最初多用于工业产品设计<sup>[16-17]</sup>。近年来,亦有学者将“情感化设计理念”应用到旅游产品设计中。“情感化设计”根据人脑活动的阶段,将设计分为本能、行为、反思三大层次<sup>[17-18]</sup>,其中本能层次设计是外观美感的设计,需符合人本能的审美原则;行为层次设计侧重于效用与功能设计;反思层次设计着重考虑功能和精神双重需求,即侧重于消费者的满意度和忠诚度。

以唐纳德·A·诺曼的“情感化设计”为理论基础,针对单项旅游开发在情感方面的现存问题,探寻“情感”旅游开发的突破点,以构建旅游者本能、行为、反思 3 个层次的情感需求体系(图 1)。

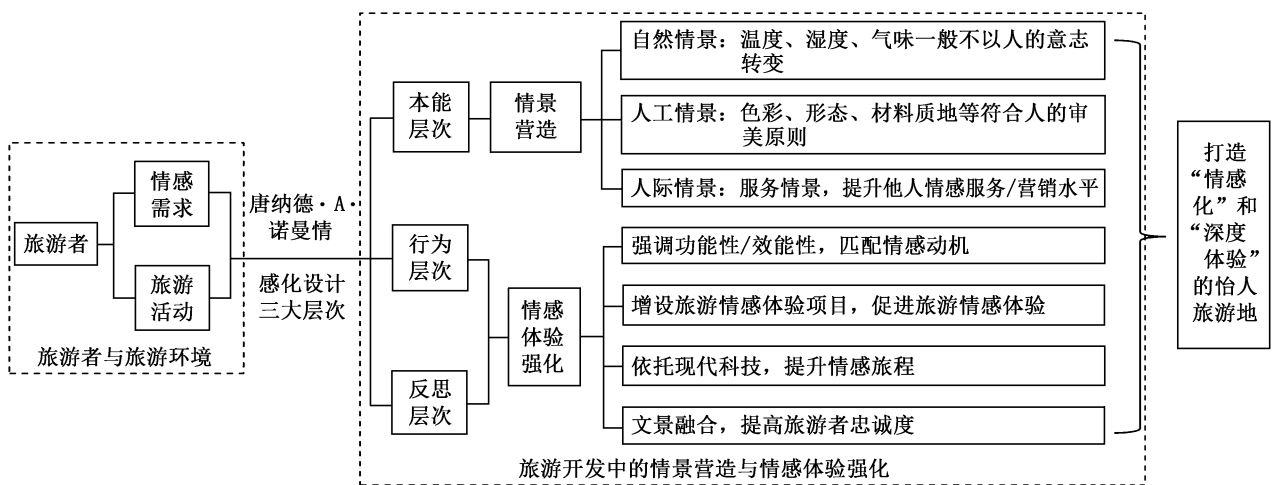


图 1 旅游者情感需求体系  
Fig. 1 Tourist emotional needs system



### 3 情景营造

旅游开发中情景营造的基本内涵是“情”与“景”结合<sup>[19]</sup>,情为主体,景为客体,即因情设景,情因景生,最终使游客触景生情的过程。

#### 3.1 旅游者情感与旅游环境

旅游者的情感产生于旅游环境的刺激<sup>[7,14,17]</sup>,不同特征的旅游环境给旅游者带来不同的情绪反应,如旅游者面对黑色旅游景点时会产生恐惧、怜悯、嗜血、优越感等情绪<sup>[20]</sup>;而旅游者面对红色旅游景点时又会产生崇拜、敬畏、喜悦、幸福感等情绪。因此,全面掌握环境心理学相关理论(旅游环境对旅游者情绪的刺激),对旅游环境进行避雷式营造具有重要作用(表1)。

表1 旅游环境刺激情绪分类

Tab.1 Classification of emotional stimulation in tourism environment

旅游者情绪	旅游环境特征
紧张	布局不符合审美、色彩缺乏协调性、光线刺眼、噪音严重等
恐惧	标志不明、光线模糊和昏暗、应急设施缺乏完备性、旅游人群密集等
欢乐	空间自由、布局协调、色彩迎合情感且非理性、有轻快节奏的音乐、建筑结构沉重且具韵律感等
动感	设计结合点、线、面等几何要素,使设计更具立体感和动感,强烈的原色搭配(如红色旅游——深红、鲜红等色彩;播放激昂的军歌等)
敬畏	布局对称、排列整齐、色彩单一,以冷色调为主、建筑材料昂贵典雅
不愉快	指示牌指示不明、多障碍、布局杂乱、功能区分布不明、噪音严重、光线灰暗或刺眼、服务设施不到位、服务态度差等
愉悦	空间布局、形式、色彩、符号、光线等设计要素完全符合旅游者的审美原则,且满足旅游者的情感期望和情感要求

注:根据《环境心理学》整理编制。

#### 3.2 情景营造路径

以旅游者本能层次情感体系为切入点,以旅游者情感与旅游环境的关系为轴线,以序列感、均衡感、协调性、韵律感等为设计原则,从自然情景、人工情景、人际情景等方面进行设计,其中自然情景(温度、湿度、气味等)一般不以人们的意志为转移;人工情景可从色彩、形态、材料质地等方面进行营造;人际情景即服务情景,其营造可从服务和营销水平提升入手,以此营造出包围人、感知人、观察人、理解人、服务人的旅游情景。

#### 3.2.1 自然情景营造

旅游自然情景一般包括环境的气温、湿度、气味等,一切非人类创造,且一般不以人的意志为转移。因此,自然情景营造可突出某一特殊的环境要素,如某地冬暖夏凉,即强调了气温这一要素,有关景区可突出此点。

#### 3.2.2 人工情景营造

##### 1) 色彩设计

色彩是视觉审美的核心,故旅游环境的配色设计是审美层次的灵魂,在配色设计时注重色彩的情感语言,合理利用色彩的冷暖效应,结合旅游环境的原有色彩,围绕旅游者追求幸福、快乐、温馨的情感需求,对旅游道路、标识牌、基础设施进行着色,以色彩的配置烘托旅游氛围,传递旅游者的情感,增加旅游情感体验的真实性。

##### 2) 形态设计

形态是“形”和“态”的组合,“形”是指建筑物、旅游设施、旅游道路、旅游绿化系统等的外形,而“态”更多是指景物或事物内部所蕴含的精神势态,也可称为情感。旅游环境的形态设计包括点、线、面等几何体要素,利用形态的情感语言理论,将这些要素自由搭配使用,可满足旅游者复杂的情感需求。

##### 3) 设施材料设计

设施材料设计是旅游规划中必不可少的一部分,不同的材料给人的视觉刺激、情感表达、文化体验是不同的,如自然材料给人一种质朴感,木制栈道给人一种古朴舒适感,色彩丰富的砖制材料给人一种亲切感,因此,充分考虑各种材料的特性是必要的,通过对材料的准确把握,将各大旅游设施设计到位,给旅游者以全新的心理感受。

#### 3.2.3 人际情景营造

旅游景区的人际情景营造即服务/交流情景营造,涉及景区内服务人员和旅游消费者<sup>[22]</sup>,二者间的人际情景影响因素主要包括旅游产品、游客数量、游客/服务人员态度、销售技巧等。

情感在人际情景营造中起到至关重要的作用。

(1)对于旅游产品设计来讲,充分考虑情感要素,进行情感化设计是后期情感营销的奠基石,一个本身具有情感意义的产品,在后期销售中比无情感意义的产品占据优势。(2)旅游目的地协调好旅游淡季,实行网上预约,严格控制游客数量,减少“人头化”旅游现象。(3)旅游业作为典型的服务业代表之一,其必定遵循“100-1=0”的服务行业著名定律。因此,良好的服务态度必不可少。(4)美国推销大王乔·

坎多尔弗曾指出：“推销工作 98% 是感情工作，2% 是对产品的了解”<sup>[23-24]</sup>；同时不同个体间有“情感亲和”、“情感交流”、“情感表现”三大愿望<sup>[23,25]</sup>，以情感三大形态为切入点，对旅游产品赋予某种市场上旅游者能够接受的情感含义，并在旅游产品销售时，辅以良好的服务态度和交流，以此赢得旅游者对产品的信赖与偏爱，进而赢得绝对竞争优势。

## 4 旅游情感体验强化策略

旅游行动很大程度取决于情感动机，而旅游者的情感动机大多为获得感官刺激的快乐和自我实现、认知提升、身份认同等方面的深层次体验<sup>[26]</sup>。因此，对旅游情感体验的强化应以旅游者行为和反思两大层次的情感需求着手，针对单项旅游开发在情感方面的现存问题，提出如下策略：

### 4.1 匹配情感动机，满足旅游者情感需求

旅游动机是旅游行为产生的原动力<sup>[27]</sup>，情感作为旅游的重要动机，是旅游者获得幸福感的源头<sup>[26]</sup>。依据旅游者情感特征，匹配其情感动机，打造具有针对性情感体验旅游地，以增强旅游者情感体验。

王克军、马耀峰认为，人的情感动机可分为利己主义和利他主义两类，前者存在于任何旅游活动中，而后者主要存在于黑色旅游中<sup>[27]</sup>。不同人群情感需求存在明显差异性，匹配情感动机可使旅游情感体验开发更具人文情怀，满足不同人群的情感需求。例如：以情感时效性为切入点，将旅游者分为老年、中年、青年、儿童 4 个层次。老年人多半会产生孤独感<sup>[28]</sup>，对温馨往事有种莫名的怀念感。此外，老年人还有求知欲、好奇心、养生和自我提升等情感动机<sup>[24]</sup>。因此，在亲子敬老游<sup>[29]</sup>中需注入以上情感要素。中年人生活趋于稳定，对温馨家庭情感旅游更为中意。青年人有寻求新奇、知识、美食、放松等的情感动机<sup>[24]</sup>，其更倾向于一种浪漫轻松的旅游环境。儿童好奇心较重，对具有趣味性的事物毫无抵抗力，如迪士尼乐园就是亲子旅游的典型代表之一。

### 4.2 增设旅游情感体验项目，促进旅游情感体验

旅游的核心是体验<sup>[30-33]</sup>，其中侧重情感考虑的旅游体验项目对旅游者的触动感更强。目前，旅游仍以走马观花为主，在体验经济时代，旅游者对旅游体验的需求日益高涨。同时，景区自身发展需增设具有个性、参与性、情感性、互动性、休闲性、娱乐性的旅游情感体验项目，强化旅游者对其的评价，提升满意度和忠诚度，推进沉浸式旅游体验，促进旅游情感体验。

### 4.3 依托现代科技，提升情感旅程

在旅游宣传层面，新媒体是应用最广的现代技术，其给旅游业的宣传和发展带来了机遇。利用“互联网+”时代的新媒体平台，将其作为旅游宣传信息推广的渠道和综合互动服务的平台，如利用微信朋友圈集赞、公众号转发、微博宣传等，鼓励旅游者分享个人旅途经历，让整个旅游宣传更具人文情怀，从而使情感旅程得以延伸。

在旅游基础设施升级层面，传统基础设施的更新需以旅游者的必要性情感需求为出发点，如交通、网络、住宿、餐厅、厕所等基础设施便捷化，着重关注特殊人群需求，打造迎合旅游者需求的基础设施环境。

在旅游业态增扩层面进行跨业界合作。近年来出现了《奔跑吧兄弟》、《花样姐姐》、《亲爱的客栈》等外景真人秀节目，此类节目将亲情、爱情、友情等情感注入到拍摄地<sup>[34]</sup>，提升了拍摄地的知名度，从而使拍摄地成为极具发展潜力的旅游目的地。因此，旅游地打造可通过与影视行业的合作，满足旅游者的情感体验需求。

### 4.4 文景融合，提高旅游者忠诚度

反思层面的设计是将旅游地的人文历史和个性特征融入景观设计中，使旅游地成为文化的活动场所和载体，突显其地域和文化特色，形成别具一格的自我形象和品牌，以达到美感、功能、精神的统一，从而提高旅游者对旅游地的满意度和忠诚度。

文化因景而前趋，景因文化而扬名<sup>[35]</sup>。文化作为旅游地的文脉，与旅游地旅游规划之间有着十分密切的关系。通过拓展旅游地人文历史并对其进行不同定位，依据定位的文化主体，推出不同的文化体验活动，打造旅游文化地标，开发新颖文化旅游产品，从而彰显旅游地的民俗风情。此外，还需提升旅游地居民和工作人员的服务意识和交流水平，在主客交流中促使主客间产生深厚的情感关系<sup>[36-37]</sup>，最终使旅游者对旅游地产生情感共鸣并表现出较高的满意度，而在满意度的驱动下旅游者可能做出重游并向亲朋好友推荐旅游地的忠诚行为。

## 5 结 论

“情感”贯穿于旅游活动的始终，是旅游开发中一个核心议题。本文以人的旅游情感相关概念和理论为基础，以单项旅游开发在情感方面的现存问题为主线，创建旅游者情感需求体系，并在此基础上提出情景营造路径与情感体验强化策略，得出如下结论：(1) 旅游者情感具有效能性、时效性、感染性、移

情性四大特征。(2)目前单项旅游开发在情感方面存在走马观花式观光旅游、车水马龙式度假旅游、单一同质式文化旅游、体验式旅游项目匮乏、旅游环境设计缺乏情感要素等问题。(3)从旅游者本能层次情感需求着手,注重情感与环境的关系,将序列感、均衡感、协调性、韵律感等作为设计原则,从自然、人工、人际3方面进行情景营造。(4)从旅游者行为和反思两大层次的情感需求着手,提出匹配情感动机,满足旅游者情感需求;增设旅游情感体验项目,促进旅游情感体验;依托现代科技,提升情感旅程;文景融合,提高旅游者忠诚度等强化旅游情感体验的四大策略。

### 参考文献:

- [1] 祝艳青. 大学校园景观环境的情感化设计探析[D]. 石家庄:河北大学,2011.
- [2] 陈钢华,李萌. 旅游者情感研究进展:历程、主题、理论与方法[J]. 旅游学刊,2020,35(7):99-116.
- [3] 李庆雷,李芳. 情感旅游的理论研究及启示(上)[N]. 中国旅游报,2016-02-29(C02).
- [4] 谢彦君. 旅游体验的两极情感模型:快乐—痛苦[J]. 财经问题研究,2006(5):88-92.
- [5] (英)罗素著. 何兆武,李约瑟译. 西方哲学史[M]. 北京:商务印书馆,1976.
- [6] 雅科布松. 情感心理学[M]. 哈尔滨:黑龙江人民出版社,1988:16-18.
- [7] 蒙培元. 论中国传统的情感哲学[J]. 哲学研究,1994(1):45-51.
- [8] 邹木涛. 旅游情感体验的内容分析[J]. 北京第二外国语学院学报,2010(9):21-27.
- [9] 唐艺嘉. 情感化设计在旅游产品中的应用研究[J]. 设计,2016(15):34-25.
- [10] 汪红焯,王立新,杜红梅. 旅游心理学[M]. 上海:上海交通大学出版社,2009.
- [11] 李长秋. 旅游者的情感体验与旅游营销[J]. 北方经贸,2008(3):122-123.
- [12] 马勇,李玺. 旅游规划与开发[M]. 北京:高等教育出版社,2012.
- [13] 刘书敏. 城市慢行交通环境的情感化设计研究[D]. 兰州:兰州交通大学,2017.
- [14] 马天,谢彦君. 旅游体验中的情感与情感研究:现状与进展[J]. 旅游导刊,2019,3(2):82-101.
- [15] 马武定. 城市美学[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2005.
- [16] 李智雪. 谈“情感化设计”[J]. 文教资料,2013(30):64-65.
- [17] 湛小纯. 情感化设计在旧工业区改造中的应用研究——以上海1933老场坊为例[D]. 上海:上海师范大学,2018.
- [18] (美)唐纳德·A·诺曼. 设计心理学. 情感化设计[M]. 北京:中信出版社,2015:21-22.
- [19] 聂晓民. 如何做情景规划[N]. 中国旅游报,2013-12-27(020).
- [20] 谢彦君,孙佼佼. 黑色旅游的愉悦情感与美丑双重体验[J]. 财经问题研究,2016(3):116-122.
- [21] 保罗·贝尔,托马斯·格林,杰弗瑞·费希尔著. 朱建军,吴建平译. 环境心理学[M]. 北京:中国人民大学出版社,2009.
- [22] 是凯. 营造旅游景区体验情境的要素与模式研究[J]. 市场周刊(理论研究),2011(9):51,93.
- [23] 李庆雷,李芳. 情感旅游的理论研究及启示(下)[N]. 中国旅游报,2016-03-07(B06).
- [24] 李晓彤. 浅析安利(中国)的情感营销[J]. 江苏商论,2007(5):86-87.
- [25] 余航. 基于情感互动理论的校园景观设计——以广西师范学院附属外语学校为例[D]. 南宁:广西师范大学,2015.
- [26] 张晓,白长虹. 快乐抑或实现? 旅游者幸福感研究的转向——基于国外幸福感研究的述评[J]. 旅游学刊,2018,33(9):132-144.
- [27] 高海霞,姚瑶. 游客自我概念与乡村旅游动机关系研究[J]. 地域研究与开发,2018(2):104-110.
- [28] 王克军,马耀峰. 旅游者情感动机的实证研究[J]. 地理与地理信息科学,2015,31(3):111-117.
- [29] 李林,孔繁秋,张欣怡,等. 基于情感化设计的失独老人居住空间设计研究[J]. 建材与装饰,2020(13):109,112.
- [30] 魏小安,魏诗华. 旅游情景规划与项目体验设计[J]. 旅游学刊,2004(4):38-44.
- [31] 芮田生. 旅游体验与旅游产品策划研究[D]. 成都:四川大学,2007.
- [32] 樊友猛,谢彦君. 旅游体验研究的具身范式[J]. 旅游学刊,2019,34(11):17-28.
- [33] 马天,谢彦君. 旅游体验的社会建构:一个系统论的分析[J]. 旅游学刊,2015,30(8):96-106.
- [34] 陈芸. 目的地品牌情感的特征、内涵及培育[N]. 中国旅游报,2016-03-23(B06).
- [35] 田野,卢东,POWPAKA S. 游客的敬畏与忠诚:基于情绪评价理论的解释[J]. 旅游学刊,2015,30(10):80-88.
- [36] 梁凤苗,严艳,朱杉杉. 主客交流视角:情感凝聚与旅游者忠诚度——以遗产旅游者为案例[J]. 资源开发与市场,2020(2):185-192.
- [37] 周慧玲,许春晓,唐前松. “认识差距”、“情感”与旅游者“场所依恋”的关系研究——以都江堰为例[J]. 人文地理,2010(5):132-136.

责任编辑:许易琦



doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.02.030

## 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

(云南师范大学 地理学部, 云南 昆明 650500)

**摘要:**以西南民族地区 171 个乡村旅游重点村为研究对象,综合运用 ArcGIS 空间分析、最邻近指数、地理集中指数、核密度分析、地理联系率等统计方法对乡村旅游重点村的空间分布特征及影响因素进行探析。结果表明,研究区乡村旅游重点村的最邻近指数为 0.789,表明其在空间上呈凝聚型分布;研究区乡村旅游重点村的地理集中指数  $G=44.90$ ,大于理想状态分布下的地理集中指数 34.2,表明其在空间上呈集聚分布,但集聚度不高;研究区乡村旅游重点村的分布密度呈多核心特征,高核密度值地区有成都市、渝东南地区、渝西南地区、六盘水市、黔南布依族苗族自治州,其中成都市的核密度值最高;研究区乡村旅游重点村的分布受到地形、河流湖泊、资源禀赋、人口分布、经济发展水平、交通分布等因素的影响。

**关键词:**乡村旅游重点村;空间分布特征;凝聚型分布;集聚分布;核密度值;西南民族地区

中图分类号:S731.7;F590.7;O186.14;O211.3 文献标识码:A 文章编号:1671-3168(2023)02-0160-07

引文格式:朱勇.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[J].林业调查规划,2023,48(2):160-166. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.02.030

ZHU Yong. Spatial Distribution Characteristics and Influencing Factors of Key Rural Tourism Villages in Southwestern Ethnic Regions[J]. Forest Inventory and Planning, 2023, 48(2): 160-166. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.02.030

## Spatial Distribution Characteristics and Influencing Factors of Key Rural Tourism Villages in Southwestern Ethnic Regions

ZHU Yong

(Department of Geography, Yunnan Normal University, Kunming 650500, China)

**Abstract:** Taking 171 key rural tourism villages in the southwestern ethnic regions as the research object, this paper comprehensively used ArcGIS spatial analysis, nearest neighbor index, geographic concentration index, nuclear density analysis, geographic connection rate and other statistical methods to analyze the spatial distribution characteristics and influencing factors of key rural tourism villages. The results showed that the nearest neighbor index of the key rural tourism villages in the study area was 0.789, indicating that the villages were spatially cohesively distributed; the geographic concentration index  $G=44.90$ , which was greater than the geographic concentration index of 34.2 under the ideal distribution, indicating that the villages were spatially agglomerated, but the degree of agglomeration was not high; the

收稿日期:2021-07-14.

第一作者:朱勇(1985-),男,四川成都人,硕士研究生.从事旅游资源、工业旅游等方面研究.

distribution density of key rural tourism villages in the study area showed a multi-core feature, the high density value areas were Chengdu City, Southeast Chongqing, Southwest Chongqing, Liupanshui City, Qiannan Buyi and Miao Autonomous Prefecture, among which Chengdu had the highest nuclear density value; the distribution of key rural tourism villages in the study area was affected by factors such as topography, rivers and lakes, resource endowments, population distribution, economic development level, and transportation distribution.

**Key words:** key rural tourism villages; spatial distribution characteristics; cohesively distributed; agglomerated distribution; nuclear density value; southwestern ethnic regions

习近平同志在党的十九大报告中首次提出乡村振兴战略。之后,中共中央、国务院连续发布中央一号文件,对推进乡村振兴作出总体部署。2021 年中央一号文件重点指出,站在脱贫攻坚和乡村振兴有效衔接的历史转折点,民族要复兴,乡村必振兴,把全面推进乡村振兴作为实现中华民族伟大复兴的一项重大任务。乡村旅游作为乡村振兴的重要抓手,迎来了难得的政策机遇。西南地区作为我国“内陆经济高地”<sup>[1]</sup>,研究其乡村旅游地的空间分布,对于推进西南民族地区乡村旅游发展以及乡村振兴的有效实施具有重要意义。近年来,国内学者对乡村旅游的研究集中在乡村旅游的概念<sup>[2-4]</sup>、乡村旅游的发展模式<sup>[5-7]</sup>以及乡村旅游的转型升级<sup>[8-10]</sup>等方面,也有学者从国家<sup>[11-12]</sup>、省域<sup>[13-14]</sup>层面研究乡村旅游地的空间分布。鲜有学者从某个区域<sup>[15]</sup>出发研究乡村旅游地的空间分布。本文以西南民族地区为研究区域,运用地理空间分析方法探讨研究区乡村旅游重点村的空间分布及其影响因素,以期推动区域乡村旅游可持续发展。

## 1 研究区概况

本研究区位于我国西南地区,地处青藏高原东侧,主要包括四川、云南、贵州、广西、重庆 4 省 1 市,总面积 1 376 269 km<sup>2</sup>。区域内经济发展速度较慢,是我国典型连片特困地区所在区域,也是脱贫攻坚的主战场。区域内地形地貌复杂,是我国典型的岩溶地貌分布区,同时有高原、盆地、丘陵、山地、平原等多种地貌类型,且多为我国重要河流的上游地区,长江、黄河、怒江、澜沧江、珠江、红河水系均流经本区<sup>[16]</sup>,河流水系发达,水资源丰富,同时是我国少数民族的主要聚居地,民族文化多元、特色鲜明。总之,独特、多元、完整的民族文化资源和丰富的自然资源使西南民族地区具有巨大的旅游开发潜力。研

究区乡村旅游重点村共 171 个,占全国乡村旅游重点村总数的 17.1%。在脱贫攻坚和乡村振兴有效衔接的历史转折点,乡村旅游不仅可激发乡村发展的内生动力,而且是乡村经济“造血”的重要途径之一,乡村旅游重点村作为发展乡村旅游的基础,分析其空间分布特征,探讨其内在影响因素,是推进乡村振兴以及防止返贫的重要举措。

## 2 材料与方法

### 2.1 数据来源

研究中 4 省 1 市两批国家级乡村旅游重点村名录来源于中华人民共和国文化和旅游部 (<https://www.mct.gov.cn/>)。每个村的空间坐标数据均使用谷歌地图获取,采用百度地图对获取的地理坐标数据进行检验并矫正,整理为 Excel 数据库,导入 ArcGIS 10.4 生成乡村旅游重点村分布图。行政区划数据和空间分辨率为 30 m 的数字高程模型数据 (DEM) 来源于地理空间数据云 (<http://www.gscloud.cn/>);河流、湖泊、道路等基础矢量数据从资源环境数据云平台 (<http://www.resdc.cn/>) 获取;人均 GDP 和常住人口数据来源于四川、云南、贵州、广西、重庆统计年鉴。

### 2.2 研究方法

#### 2.2.1 最邻近指数

最邻近指数可用来判断西南民族地区乡村旅游重点村的空间分布类型<sup>[17]</sup>。公式为:

$$R = PI/PE \quad (1)$$

式中: $R$  为最邻近点指数; $PI$  为西南民族地区乡村旅游重点村的平均实际最邻近距离; $PE$  为西南民族地区乡村旅游重点村的理论最邻近距离。

$$PE = 1/(2\sqrt{n/d}) \quad (2)$$

式中: $n$  为境内重点村数量; $d$  为研究区面积。

当  $R < 1$ 、 $R = 1$ 、 $R > 1$  时,分别表明乡村旅游重点

村呈集聚、随机、均匀分布。

### 2.2.2 地理集中指数

地理集中指数可用来描述西南民族地区乡村旅游重点村在空间上的集聚程度<sup>[18]</sup>。公式为：

$$G = 100 \times \sqrt{\sum_{i=1}^n (X_i/Q)^2} \quad (3)$$

式中： $G$  为西南民族地区乡村旅游重点村的地理集中指数； $X_i$  为第  $i$  个省市的重点村数目； $Q$  为重点村总数； $n$  为西南民族地区省市总数。

地理集中指数  $G$  在  $(0, 100)$  之间， $G$  值越接近 100，集聚程度越高。

### 2.2.3 核密度

核密度可用来计算西南民族地区 171 个乡村旅游重点村分布的密集程度<sup>[19]</sup>。公式为：

$$f(x) = \sum_{i=1}^n k \left( \frac{g - G_i}{w} \right) \cdot \frac{1}{nh} \quad (4)$$

式中： $f(x)$  为核密度估计值； $k$  为核函数； $g - G_i$  为估计点到样本  $G_i$  处的距离； $w$  为带宽，且  $w > 0$ ； $n$  为乡村旅游重点村数目。

核密度值越高，表示乡村旅游重点村越密集。

### 2.2.4 地理联系率

地理联系率可用来分析旅游资源禀赋对西南民族地区乡村旅游重点村空间分布的影响程度，选取 5A 景区作为旅游资源禀赋测度指标<sup>[12]</sup>。公式为：

$$G = 100 - \frac{1}{2}(X_i - Y_i) \quad (5)$$

式中： $G$  为地理联系率； $X_i$  为第  $i$  省份乡村旅游重点村数目占研究区乡村旅游重点村总数目的比重； $Y_i$  为第  $i$  省份 5A 级景区数量占研究区 5A 级景区总数的比重。

$G$  值在  $(0, 100)$  之间，值越接近 100，说明乡村旅游重点村的分布与 5A 级景区的分布联系度越高。

## 3 空间分布特征

### 3.1 空间分布类型

根据公式，利用 ArcGIS 10.4 的平均最近邻指数，计算得出西南民族地区 171 个乡村旅游重点村的理论最近邻距离和实际最近邻距离（表 1），实际最近邻距离为 42.614 km，理论最近邻距离为 53.996 km，最近邻比率约为 0.789 < 1， $Z$  得分为 -5.27， $P$  值为 0，显著性水平检验表明，研究区域乡村旅游重点村在空间上呈凝聚型分布（图 1）。

表 1 西南民族地区乡村旅游重点村最近邻指数

Tab.1 Nearest neighbor index of key rural tourism villages in southwestern ethnic regions

属性	实际最近邻距离/km	理论最近邻距离/km	最近邻比率	Z	P
数值	42.614	53.996	0.789	-5.27	0

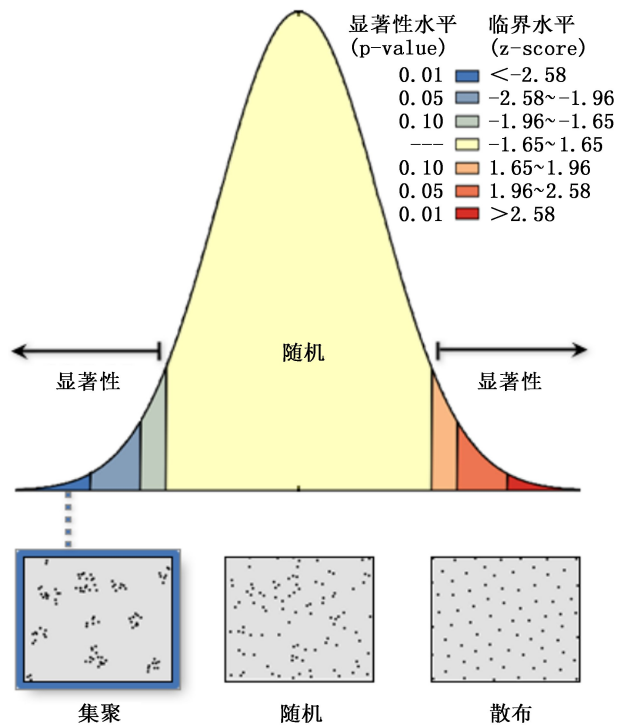


图 1 西南民族地区乡村旅游重点村空间分布形态

Fig.1 Spatial distribution patterns of key rural tourism villages in southwestern ethnic regions

### 3.2 空间分布均衡性

将西南民族地区 171 个乡村旅游重点村和 5 个省市带入公式。若 171 个乡村旅游重点村平均分布于 5 个省市，则每个省市的重点村数量为 34.2 个。根据公式(3)计算得出西南民族地区乡村旅游重点村的地理集中指数  $G=44.90$ 。即  $44.90 > 34.2$ ，表明西南民族地区乡村旅游重点村在空间上呈集聚分布，但集聚度不高。

### 3.3 空间分布密度

利用公式以及 ArcGIS 10.4 的核密度分析工具，生成西南民族地区乡村旅游重点村分布核密度图，直观反映了研究区域乡村旅游重点村分布密度情况（图 2），乡村旅游重点村在空间分布上呈多核心特征，高核密度值地区有成都市、渝东南地区、渝西南地区、六盘水市、黔南布依族苗族自治州，其中成都市的核密度值最高。



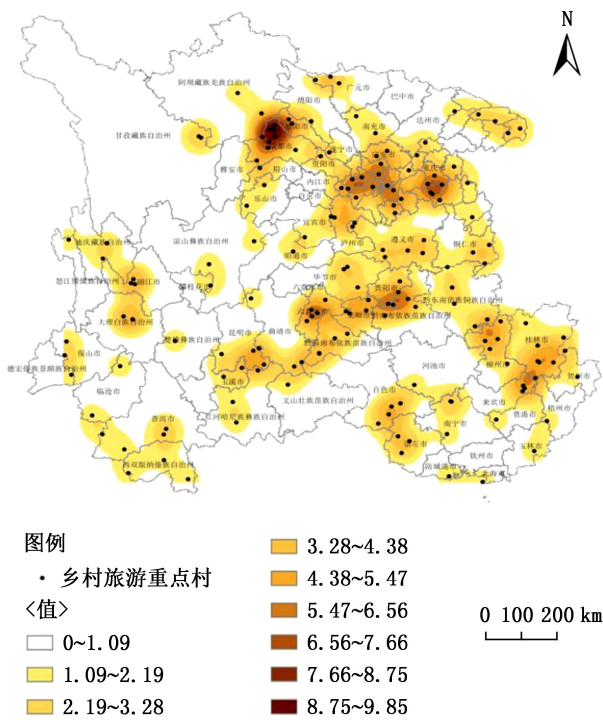


图 2 西南民族地区乡村旅游重点村核密度  
Fig. 2 Nuclear density of key rural tourism villages in southwestern ethnic regions

几乎无重点村分布。乡村旅游重点村的数量随着海拔升高而递减(图 3)。

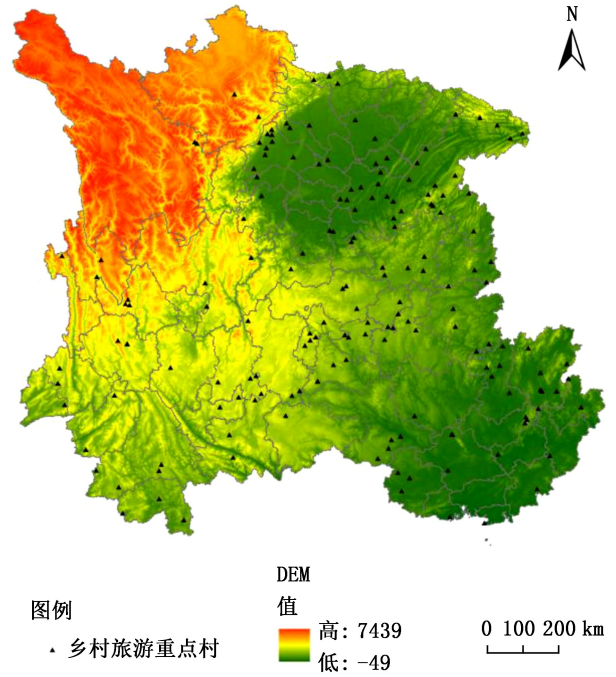


图 3 西南民族地区乡村旅游重点村高程  
Fig. 3 Elevation of key rural tourism villages in southwestern ethnic regions

## 4 影响因素分析

### 4.1 自然因素

#### 4.1.1 地形因素

海拔的高低对聚落的形成存在直接影响,一方面从水热组合方面影响农业生产,另一方面海拔的高低对交通产生影响,从而影响聚落的分布。此外,由于海拔因素所造成的自然灾害也对聚落选址产生影响。将西南民族地区的高程地形图与乡村旅游重点村叠置(表 2)分析发现,在海拔 0~500 m,乡村旅游重点村共 52 个,占比 30.41%;海拔 500~2000 m,重点村共 109 个,占比 63.74%;海拔 2000~3500 m,重点村共 10 个,占比 5.85%;在海拔大于 3500 区域

表 2 不同海拔乡村旅游重点村分布数量  
Tab. 2 Distribution of key rural tourism villages at different altitudes

海拔/m	数量/个	占比/%
0~500	52	30.41
500~2000	109	63.74
2000~3500	10	5.85
>3500	0	0

#### 4.1.2 河流湖泊因素

西南民族地区区域内河流湖泊众多,星罗棋布。河流湖泊作为人类文明的发源地同时也是人类生产生活用水的来源地,对村落的形成具有一定的影响,同时,水体景观作为发展旅游业的基础之一,也是发展乡村旅游的重要支撑。借助 ArcGIS 10.4 的缓冲区分析工具,对研究区域的河流建立了 3 km、6 km、9 km 缓冲区,并将其与区域内的乡村旅游重点村叠置计算,结果如表 3。

表 3 河流缓冲区不同半径内乡村旅游重点村分布  
Tab. 3 Distribution of key rural tourism villages in different radii of river buffer

缓冲半径/km	数量/个	占比/%
0~3	56	32.75
0~6	86	50.29
0~9	116	67.84
>9	55	32.16

在距离河流 3 km 的缓冲区半径内有 56 个乡村旅游重点村,占比 32.75%;在距离河流 6 km

的缓冲区半径内有 86 个乡村旅游重点村,占比 50.29%;在距离河流 9 km 的缓冲区半径内有 116 个乡村旅游重点村,占比 67.84%。乡村旅游重点村具有极强的亲水性,距离河流越远,重点村的数量越少(图 4)。

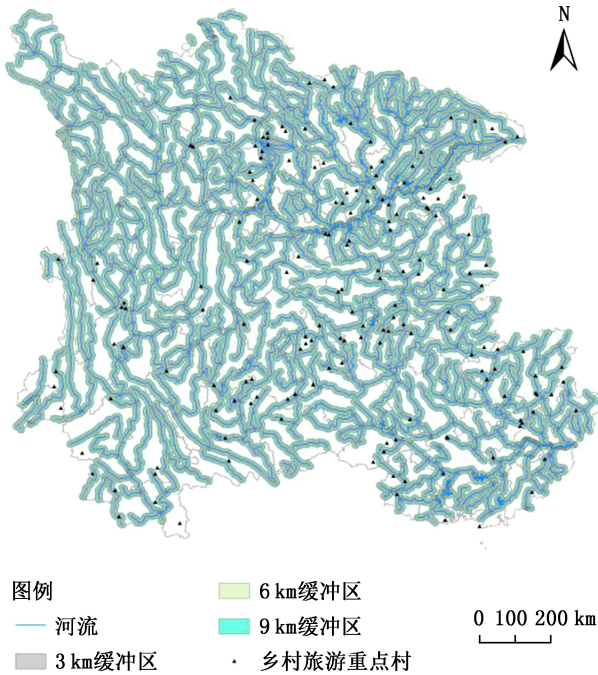


图 4 西南民族地区乡村旅游重点村水系分布  
Fig. 4 Water system of key rural tourism villages in southwestern ethnic regions

### 4.1.3 资源禀赋

资源禀赋是乡村旅游发展的基础,对乡村旅游重点村的分布具有深刻影响。区域 5A 级景区数量可在一定程度上表征区域资源禀赋,尤其是对景区带动型乡村旅游而言,5A 级景区的分布直接影响当地乡村旅游的发展以及重点村的分布。因此,本文将 5A 级景区作为研究对象,研究国家级乡村旅游重点村的分布与资源禀赋之间的关系。根据 4 省 1 市的 5A 级景区和重点村数量,通过公式(5)计算得出研究区域各省市乡村旅游重点村与 5A 级景区的地理联系率(表 4)。

结果显示,西南民族地区乡村旅游重点村与 5A 级景区地理联系率  $G=100$ ,表明两者在空间分布上联系密切。

## 4.2 社会经济因素

### 4.2.1 人口因素

区域常住人口不仅是区域乡村旅游发展的驱动

表 4 4 省 1 市 5A 级景区与乡村旅游重点村的地理联系率  
Tab. 4 Geographical connection rate between 5A scenic spots and key rural tourism villages in 4 provinces and 1 city

地区	乡村数量 / 个	5A 级景区数量 / 个	$Q_i$	$W_i$
四川省	35	15	0.20	0.33
重庆市	29	8	0.17	0.17
云南省	36	8	0.21	0.17
贵州省	38	8	0.22	0.17
广西省	33	7	0.19	0.15
总计	171	46	-	-

力之一,而且根据距离衰减规律<sup>[20]</sup>和乡村旅游特征,乡村旅游消费者多倾向于选择距离较近区域,因此,区域常住人口是乡村旅游的重要客源市场。区域常住人口在一定程度上影响着乡村旅游发展,也影响着乡村旅游重点村的分布。借助 ArcGIS 10.4 将区域内常住人口与重点村的分布叠置分析发现(图 5),在成都市、桂林市、贵阳市、昆明市等人口较多的城市,乡村旅游重点村数量也相对较多,二者具有高度耦合性。

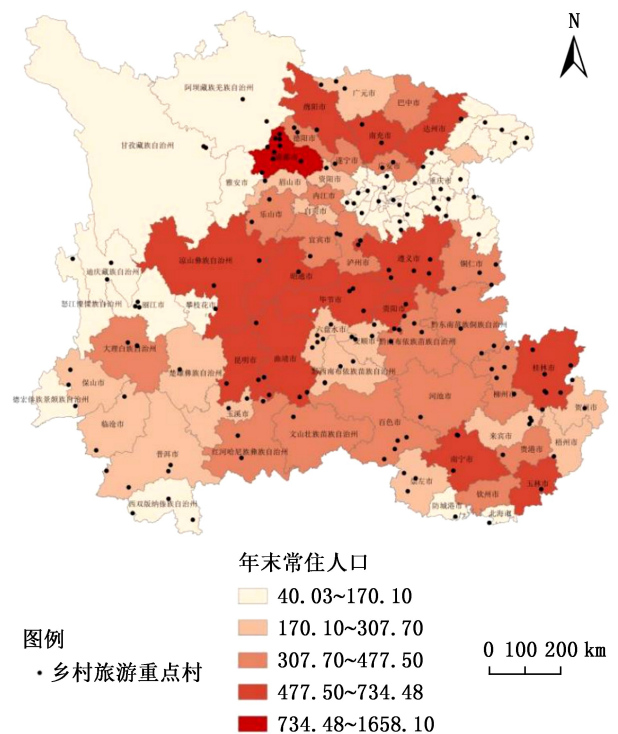


图 5 西南民族地区乡村旅游重点村人口分布  
Fig. 5 Population distribution of key rural tourism villages in southwestern ethnic regions



### 4.2.2 经济发展水平因素

区域经济发展水平一定程度上可反映区域消费水平,从而影响旅游消费以及开发力度。以 2019 年 4 省 1 市人均 GDP 作为判别经济发展水平指标。借助 ArcGIS 10.4 将人均 GDP 数据可视化,用颜色的深浅表示人均 GDP 高低,然后将乡村旅游重点村与其叠置(图 6),结果表明,颜色较深即是经济发展水平较高地区,重点村数量也相应较多,如:成都市、重庆市、柳州市。这主要是因经济发达地区受交通便利、旅游集散功能强、政府投资力度大、民众旅游消费意识较强等因素影响所致。但在一些经济相对较弱地区如六盘水市、遵义市,也分布有较多的旅游重点村,可能与当地旅游发展政策、红色旅游资源丰富等因素有关。

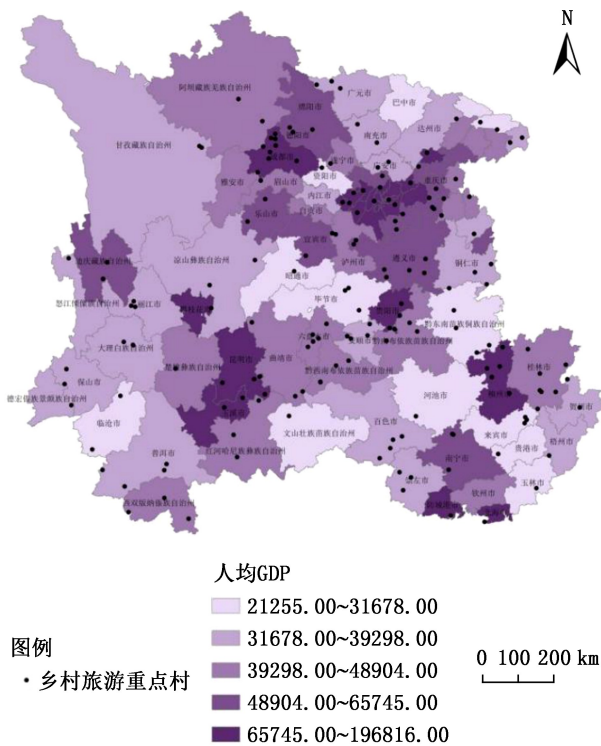


图 6 西南民族地区乡村旅游重点村人均 GDP 分布  
Fig. 6 Distribution of GDP per capita of key rural tourism villages in southwestern ethnic regions

### 4.2.3 交通因素

交通是影响聚落分布格局的重要因素,道路是经济发展的命脉,也是乡村旅游持续发展的重要因素。以高速公路、国道、省道为中心,借助 ArcGIS 10.4 缓冲区分析工具,对研究区域道路建立 5 km、10 km、15 km 缓冲区,并与区域内乡村旅游重点村叠置计算,进而研究道路与重点村的相关关系(表 5)。在距离道路 5 km 的缓冲区半径内有 81 个乡村

表 5 道路缓冲不同半径内乡村旅游重点村分布

Tab. 5 Distribution quantity of key rural tourism villages within different radius of road buffer

缓冲半径/km	数量/个	占比/%
0~5	81	47.37
0~10	121	70.76
0~15	148	86.55
>15	23	13.45

村旅游重点村,占比 47.37%;在距离道路 10 km 的缓冲区半径内有 121 个乡村旅游重点村,占比 70.76%;在距离道路 15 km 的缓冲区半径内有 148 个乡村旅游重点村,占比 86.55%。可以发现,距离道路 15 km 以内的缓冲半径内,旅游重点村数量随道路距离的增加而增加,但距离道路超过 15 km 后,重点村的数量明显变少。研究区内重点村分布具有明显的道路指向性,道路可达性的高低深刻影响着乡村旅游发展(图 7)。

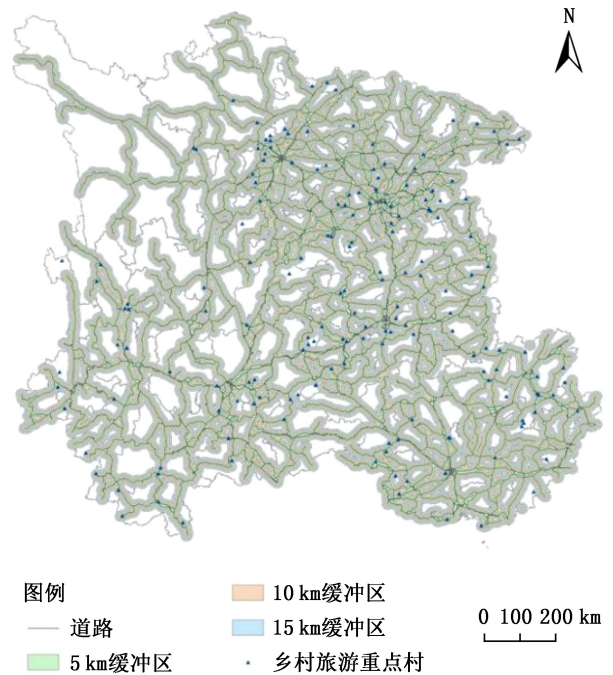


图 7 西南民族地区乡村旅游重点村交通分布  
Fig. 7 Traffic distribution of key rural tourism villages in southwestern ethnic regions

## 5 结论

以西南民族地区 4 省 1 市的 171 个旅游重点村为研究对象。运用 ArcGIS 10.4 软件,结合最邻近



点指数、地理集中指数、核密度分析、地理联系率等方法,对乡村旅游重点村的空间分布特征及影响因素进行研究,得出以下结论:

1)西南民族地区乡村旅游重点村的最邻近比率为  $0.789 < 1$ ,表明其在空间上呈凝聚型分布。

2)西南民族地区乡村旅游重点村的地理集中指数  $G = 44.90$ ,大于理想状态下的地理集中指数  $34.2$ ,表明其在空间上呈集聚分布,但集聚度不高。

3)西南民族地区乡村旅游重点村的分布密度呈多核心特征,高密度值地区有成都市、渝东南地区、渝西南地区、六盘水市、黔南布依族苗族自治州,其中成都市的核密度值最高。

4)地形、河流湖泊、资源禀赋等自然因素和人口分布、经济发展水平、交通分布等人文因素均深刻影响着西南民族地区乡村旅游重点村分布。

#### 参考文献:

- [1] 张世均. 新常态下西南民族地区参与孟中印缅经济走廊建设的路径与对策研究[J]. 西南民族大学学报(人文社科版), 2016, 37(2): 113-119.
- [2] 张健,董丽媛,华国梅. 我国乡村旅游资源评价研究综述[J]. 中国农业资源与区划, 2017, 38(10): 19-24.
- [3] 于法稳. 新时代乡村旅游发展的再思考[J]. 环境保护, 2019, 47(2): 14-18.
- [4] 尤海涛,马波,陈磊. 乡村旅游的本质回归:乡村性的认知与保护[J]. 中国人口·资源与环境, 2012, 22(9): 158-162.
- [5] 邹统钎. 中国乡村旅游发展模式研究——成都农家乐与北京民俗村的比较与对策分析[J]. 旅游学刊, 2005(3): 63-68.
- [6] 李巧玲. 基于自然景观背景的乡村旅游发展模式、问题及对策探析[J]. 中国农业资源与区划, 2016, 37(9): 176-181.
- [7] 刘尧尧. 论新型城镇化背景下我国乡村旅游发展模式的转变[J]. 农业经济, 2021(6): 58-59.
- [8] 戴洪涛. 经济新常态下乡村旅游转型升级研究[J]. 社会科学家, 2019(10): 97-103.
- [9] 杨慧,龙云飞. 乡村旅游的低碳化转型升级研究[J]. 农业经济, 2019(6): 53-54.
- [10] 于秋阳,冯学钢. 文化创意助推新时代乡村旅游转型升级之路[J]. 旅游学刊, 2018, 33(7): 3-5.
- [11] 戚禹林,王丽丽,李丁,等. 中国乡村旅游重点村空间分布及影响因素[J]. 资源开发与市场, 2021, 37(6): 734-740, 746.
- [12] 马斌斌,陈兴鹏,马凯凯,等. 中国乡村旅游重点村空间分布、类型结构及影响因素[J]. 经济地理, 2020, 40(7): 190-199.
- [13] 张杰,麻学锋. 湖南省乡村旅游地空间分异及影响因素——以五星级乡村旅游区为例[J]. 自然资源学报, 2021, 36(4): 879-892.
- [14] 吴昕昱,张文政. 河南省乡村旅游地空间分布与影响因素研究[J]. 中国农业资源与区划, 2020, 41(8): 238-246.
- [15] 刘姝. 长三角地区乡村旅游重点村空间分布特征及影响因素[J]. 南阳师范学院学报, 2020, 19(6): 1-7.
- [16] 毛琼,毛英,李芳,等. 中国西南地区主要矿山地质灾害及其防治对策[C]//中国金属学会(北京). 2010年全国采矿科学技术高峰论坛论文集, 2010: 248-250.
- [17] 丛丽,吴必虎,寇昕. 北京市会议产业空间格局及其影响因素研究[J]. 经济地理, 2013, 33(5): 77-83.
- [18] 徐珍珍,余意峰. 国家全域旅游示范区空间分布及其影响因素[J]. 世界地理研究, 2019, 28(2): 201-208.
- [19] 朱豆豆,谢霞,李晓东,等. 新疆 A 级旅游景区空间分布特征及影响因素分析[J]. 新疆大学学报(自然科学版)(中英文), 2020, 37(3): 353-361.
- [20] 陆保一,张恩伟,明庆忠,等. 云南省 A 级旅游景区空间演化特征及其驱动机制[J]. 山地学报, 2019, 37(6): 879-890.

责任编辑: 许易琦

校 对: 许春霞 许易琦

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.02.031

## 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

(河南农业大学 风景园林与艺术学院, 河南 郑州 450002)

**摘要:**以河南省巩义市海上桥村为研究对象,以可视性、风景景观质量和视觉吸收力 3 个准则层和 11 个评价因子构建视觉景观评价体系,运用 AHP 层次分析法对数据进行处理,并对海上桥村视觉景观进行评价。结果显示,3 个准则层权重值从高到低排序为可视性(0.539 6) > 风景景观质量(0.297 0) > 视觉吸收力(0.163 4)。海上桥村视觉景观综合评分为 3.287 4,总体景观效果属于“一般”水平,评价等级为Ⅲ级。针对可视性、景观质量和视觉吸收力给出了优化措施。

**关键词:**视觉景观;AHP 层次分析法;可视性;景观质量;视觉吸收力;海上桥村

中图分类号:P901;P964;S711 文献标识码:A 文章编号:1671-3168(2023)02-0167-05

引文格式:冯艳,李丹,刘畅,等.基于 AHP 的巩义市海上桥村视觉景观评价研究[J].林业调查规划,2023,48(2):167-171. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.02.031

FENG Yan, LI Dan, LIU Chang, et al. Visual Landscape Evaluation of Haishangqiao Village in Gongyi City Based on AHP [J]. Forest Inventory and Planning, 2023, 48(2): 167-171. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.02.031

## Visual Landscape Evaluation of Haishangqiao Village in Gongyi City Based on AHP

FENG Yan, LI Dan, LIU Chang, ZHAO Mengmeng, KONG Dezheng

(College of Landscape Architecture and Art, Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, China)

**Abstract:** Taking Haishangqiao Village, Gongyi City, Henan Province as the research object, the visual landscape evaluation system was constructed based on 3 criteria layers of visibility, landscape quality and visual absorption, as well as 11 evaluation factors. The data was processed by the analytic hierarchy process (AHP) method, and the visual landscape of Haishangqiao Village was evaluated. The results showed that the weight values of 3 criteria layers were ranked from high to low as visibility (0.539 6) > landscape quality (0.297 0) > visual absorption (0.163 4). The comprehensive visual landscape rating of Haishangqiao Village was 3.287 4, and the overall landscape effect belonged to the “average” level, with an evaluation level of III. And optimization measures were proposed for visibility, landscape quality, and visual absorption.

**Key words:** visual landscape; analytic hierarchy process; visibility; landscape quality; visual absorption; Haishangqiao Village

本世纪的前 10 年,我国传统村落旅游开始兴起,旅游开发及其可持续发展是这一阶段学者研究的

核心命题<sup>[1]</sup>。借助深厚的文化底蕴和独特的自然资源等优势发展生态旅游,是我国传统村落乡村振兴的

收稿日期:2021-12-02.

基金项目:河南省科技厅科技攻关项目(212400410023).

第一作者:冯艳(1980-),女,河南焦作人,硕士,讲师.研究方向为城市规划. Email:76694596@qq.com

责任作者:孔德政(1964-),男,江苏南京人,博士,教授.主要从事风景园林规划设计研究. Email:kzxy303@163.com

重要途径之一。旅游与人的视觉感官和体验密切相关,由此,传统村落视觉景观研究就显得尤为重要。

作为风景园林学科的基础理论领域,风景园林视觉分析与评价的研究与实践兴起于 20 世纪 60 年代<sup>[2]</sup>。国内从事该领域基础理论研究相对较少。刘滨谊教授认为视觉景观评价的影响因素复杂,至今尚无认可度较高的理论、实证和自成一体的评估框架<sup>[3]</sup>,其对城市景观空间视觉吸引要素、机制等进行了深入研究,在乡村景观方面则通过照片访谈的方式开展了视觉感知分析<sup>[4]</sup>。邱丽珉在物理学的基础上对视觉进行了划分,认为视觉吸收力是发展乡村旅游景观的重中之重<sup>[5]</sup>。

海上桥村是河南省巩义市大峪沟镇的一个行政村,2019 年 6 月入选中国传统村落名录。在 2016 年该村的传统村落保护发展规划中将其定位为“历史风貌完整、生态环境优美、以遗产保护为核心兼顾旅游发展”的豫西典型代表传统村落。如何在保护的前提下充分利用自身优势合理发展文化旅游业,是海上桥村亟待解决的问题。在视觉动力理论的基础上,以海上桥村为研究对象,从景观可视性、风景景观质量和视觉吸收力构建准则层筛选出 11 个评价因子,结合 AHP 层次分析法构建乡村视觉景观评价体系,以期在传统村落的发展和保护提供理论支撑。

## 1 研究区域概况

海上桥村距巩义市区 4 km,南距 310 国道 2 km,地处嵩山北麓青狮山下的浅山丘陵区,地势北高南低,东西北三面环山,南向为冲沟,属于温带大陆性季风气候。该村南北长约 400 m,东西长约 600 m,村落沿山体沟壑呈阶梯状分布,选址讲究“负阴抱阳”,聚落完整,空间格局体现了传统可持续人居发展模式。据巩义市文物局调查统计,该村落现存清代民居群 22 处,总面积为 22 400 m<sup>2</sup>,内有窑洞 75 孔,楼房 42 幢 80 余间,建筑形式以四合院和窑洞建筑为主(图 1)。

## 2 评价方法

### 2.1 评价指标体系的建立

采用(AHP)层次分析研究法,首先根据该方法中评价指标的构建原则和传统村落景观特征以及视觉景观要素,确立评价体系的基本框架,通过文献分析、现场踏勘、实地调研、专家咨询等方式,制定传统村落视觉景观评价模型,根据结果确定海上桥村视



图 1 海上桥村平面图(作者无人机拍摄)

Fig. 1 Plan of Haishangqiao Village (taken by the author using UAV)

觉景观评价指标体系(表 1),共分为 3 个层次:第一层为目标层 A1,即海上桥村视觉景观评价;第二层为准则层,即可视性(B1)、风景景观质量(B2)、视觉景观吸收力(B3);第三层为指标层,包含 11 项指标评价因子(Cn)。

表 1 海上桥村视觉景观评价指标体系

Tab. 1 Evaluation indicators system of visual landscape in Haishangqiao Village

总目标层	准则层	指标层	
海上桥村 视觉景观 评价 A1	B1 可视性	C1 视距	
		C2 视觉机率	
		C3 自然性	
		C4 独特性	
		C5 多元性	
	B2 风景景观质量	C6 色彩	
		B3 视觉景观吸收力	C7 坡度
			C8 坡向
			C9 植物多样性
			C10 水系距离
			C11 高程

### 2.2 权重值的确定

通过实地调研了解游客对各视觉景观因子的需求程度,结合河南农业大学专家学者意见以及文献查阅结果,判断各影响因子的相对重要程度,同时运用 1~9 标度量量化评价指标(表 2),构建判断矩阵,两两比较,运用 AHP 层次分析法软件进行数据处理,计算得出各影响因子权重值以及相对于总体视觉景观的权重。



表 2 各标度含义

Tab. 2 Meaning of each scale

重要级别	含义	说明
1	同样重要	两要素对比,重要程度相同
3	稍微重要	两要素对比,一个因素比另一个稍微重要
5	明显重要	两要素对比,一个因素比另一个明显重要
7	非常重要	两要素对比,一个因素比另一个重要
9	极端重要	两要素对比,一个因素比另一个极端重要
2,4,6,8	—	上述判断得中间值

2.3 构建判断矩阵及一致性检验

通过一致性比例(CR=CI/RI)确保权重结果的科学性和可靠性。其中,CI代表一致性指标,(n为判断矩阵CI= $\frac{\lambda_{max} - n}{n - 1}$ 的阶数),RI代表平均随机一致性指数。当CR<0.10时,认为判断矩阵具有良好的-一致性;当CR>0.10时,应对判断矩阵相关数值进行适当修正,以使其符合一致性要求。经过一致性验证,B1、B2、B3的一致性比例CR分别为0.0079、0.0038、0.00000396,CR均小于0.1,由此本研究构建的评价体系的各层级指标通过一致性检验,得到海上桥村视觉景观评价指标权重表(表3)。

表 3 海上桥村视觉景观评价指标权重

Tab. 3 Weights of visual landscape evaluation indicators in Haishangqiao Village

目标层	准则层		指标层		
	因素	权重值	因素	权重	归一化权重值
海上桥村视觉景观评价 A1	B1 可视性	0.5396	C1 视距	0.5809	0.2157
			C2 视觉机率	0.4191	0.3238
	B2 风景景观质量	0.2970	C3 自然性	0.1409	0.0418
			C4 独特性	0.2628	0.0781
			C5 多元性	0.1409	0.0418
	B3 视觉景观吸收力	0.1634	C6 色彩	0.4554	0.1353
			C7 坡度	0.0965	0.0158
			C8 坡向	0.0492	0.0080
			C9 植物多样性	0.4625	0.0756
			C10 水系距离	0.2954	0.0483
			C11 高程	0.0964	0.0158

2.4 视觉景观指因素评分标准

为对海上桥村村落视觉景观做更全面的评价,参考前人的综合评价方法<sup>[6-9]</sup>,通过专家评分及发

放问卷等方式对海上桥村视觉景观各项因子进行打分。共发放问卷 50 份,回收有效问卷 45 份,利用评分常用的李克特量表法<sup>[10]</sup>,结合被调研者的问卷得分情况,计算出各层指标综合评价得分及总得分(表 4),据此说明海上桥村在量表上所处的水平等级(表 5)。

表 4 海上桥村视觉景观综合评价得分

Tab. 4 Comprehensive evaluation score of visual landscape in Haishangqiao Village

目标层	准则层		指标层			
	因素	综合得分	因素	综合得分	等级 总得分	
海上桥村视觉景观评价 A1	B1 可视性	3.3985	C1 视距	3.6500	II	3.2874
			C2 视觉机率	2.8002	III	
	B2 风景景观质量	3.1993	C3 自然性	3.6501	II	
			C4 独特性	3.4501	III	
			C5 多元性	2.5097	IV	
	B3 视觉景观吸收力	3.0798	C6 色彩	3.0999	III	
			C7 坡度	3.5439	II	
			C8 坡向	3.2500	III	
			C9 植物多样性	2.5001	IV	
			C10 水系距离	3.1500	III	
			C11 高程	3.3490	III	

表 5 海上桥村视觉景观评价分级标准

Tab. 5 Classification standard of visual landscape evaluation in Haishangqiao Village

综合得分(区间符号表示)	评价等级	评价含义
>4.5	I	很好
[4.5,3.5)	II	较好
[3.5,2.5)	III	一般
[2.5,1.5)	IV	较差
<1.5	V	很差

3 结果分析

3.1 各层指标权重计算结果分析

研究表明,海上桥村视觉景观评价体系的 3 个准则层所占权重从高到低排序依次为:可视性、风景景观质量、视觉景观吸收力。其中可视性所占权重最高,为 0.5396,其次是风景景观质量,所占比重为 0.2970。说明旅客对海上桥村视觉景观中的可视性和风景景观质量要求相对较高。依据巩义市海上桥村传统村落保护发展规划,选取海上桥村最

佳景观视点,利用 depthmap 对其空间可视性进行分析(图 2),颜色越暖表明能够看清或被看到的次数越高。结果显示,村入口处、古民居建筑群处、海上桥村美术馆入口处和画家工作室 4 个区域颜色最暖,在景观规划设计中应重点加强。在风景景观质量上应加强植物在景观空间中的应用,注重村落历史要素的挖掘,增加独特的历史文化景点和休闲设施等,以完善村落的视觉景观效果,满足游客休闲、游憩、娱乐等多元化需求,以促进海上桥村旅游业发展。

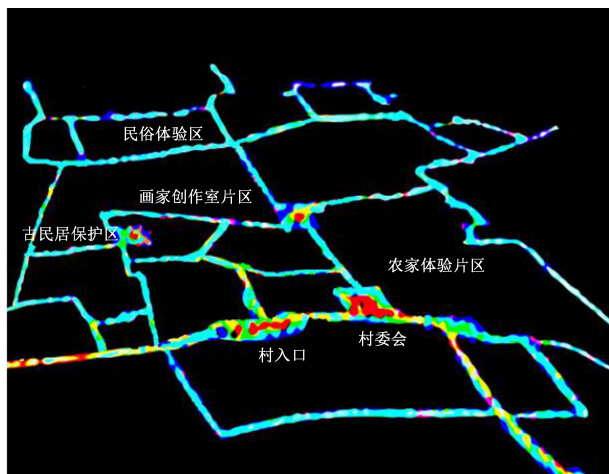


图 2 depthmap 空间可视性分析  
Fig. 2 Depthmap spatial visibility analysis

从指标层权重分析发现,在可视性准则层中视距的权重(0.5809)占比最高,说明在视觉体验过程中,视距的开敞性更有利于形成丰富且有层次感的瞬时景象。对旅客的视线吸引与空间的围合度、位置和边界等有关<sup>[11]</sup>。在村落总体空间上,可利用山体林木等增加边界,产生空间围合感和层次感,从而提高视觉可视性;在小尺度空间中,可通过种植植物等方式提高空间围合性,有效减少周边噪声以及视觉要素过多带来的干扰,也可利用特色建筑或景观小品等细节来吸引旅客视觉注意力;在风景景观质量准则层中,色彩的权重值(0.4554)占比最高,说明游客对景观空间的色彩色调和谐度感知非常敏锐。设计时可提取海上桥村原有的窑洞建筑、景观小品、植物等要素中的色彩元素,分析村落颜色基调,调整不和谐因子,保护和延续村落总体风貌;视觉吸收力准则层中植物多样性的权重分值相对最高(0.4625),表明在海上桥村视觉景观规划建设中应更注重植物多样性的搭配运用,在树种的选择上应以乡土树种和观赏性强的植物品种为主进行种植,

以确保提升海上桥村植物景观的稳定性和景观空间区域内生态自我协调能力。

### 3.2 视觉景观综合评分结果分析

根据以上评价指标体系以及相应的因子权重,结合问卷调查和专家评分结果进行计算,海上桥村视觉景观综合评价得分为 3.2874,景观效果属于“一般”水平,评价等级为Ⅲ级。

在可视性中,视觉几率得分最低(2.8002),评价等级为Ⅲ级。经调研发现,村内主干道宽度 3~5 m,次路及小路宽度 0.5~2 m,海上桥村三面环山的地势使村内道路蜿蜒曲折,陡峭狭窄、杂草满布,小尺度景观空间可视性较低(图 3)。此外,村内部断头路和建筑坍塌区域对道路通达性影响较大,进而导致视觉景观杂乱和景观视线受阻等问题。



图 3 地形陡峭杂草满布  
Fig. 3 Steep terrain and overgrown with weeds

风景景观质量方面,多元性(2.5097)和色彩(3.0999)得分相对较低,评价等级分别为Ⅳ级和Ⅲ级。通过调研发现,海上桥村功能单一,缺乏集散、休闲娱乐等公共场地,对景观多元性影响较大;在色彩上,海上桥村植物配置以绿色、黄色为主,颜色搭配单一(图 4),而村落核心区的清代建筑以黄色和灰色为主,在对其进行修缮保护时,所用材料在材质和色彩上与原古民居建筑相差较大,略显突兀,使村落整体色调不和谐,对游客视觉吸引力不够(图 5)。

在视觉吸收力中得分较低的是植物多样性(2.5001),评价等级为Ⅳ级。海上桥村植物多以乡土树种为主,如榆树、楝树以及梨树、杏树、石榴树和黄金蜜桃等当地特色观赏性果树,缺乏多样性,植物景观特征不明显,且未充分利用地形地貌优势形成有效的视觉吸引,导致视觉吸收力较低。





图 4 植物配置色彩单一

Fig. 4 Single color of plant configuration



图 5 修缮材料混杂

Fig. 5 Mixed repair materials

## 4 海上桥村视觉景观优化策略

### 4.1 可视性优化措施

整合较为杂乱和封闭的视觉景观区域,在村落原有交通道路基础上铺设石子等材料;对于陡峭路段石砌阶梯道路通行,形成完整、流畅的观赏流线。此外,通过合理搭配多种景观元素来吸引视线、引导流线,衔接景观空间,达到移步异景的效果,满足多元的景观空间需求,延续海上桥村的特色风貌景观。

### 4.2 风景景观质量优化措施

风景景观质量上,应统一海上桥村村落整体色调,利用当地建筑材料进行修缮,如黄土、木材、石材和烧制的青砖等材料。结合相关历史传说等设计景观小品,优化村落整体视觉的自然性和独特性风貌。

### 4.3 视觉吸收力优化措施

视觉吸收力的优化上,可利用景观空间中的远山、植物和标识牌等物体再次强化景观空间的视觉景深感;在村落景观空间中增加鸡爪槭、花叶青木、红花忍冬等具有四季色彩变化的植物,结合植物设置树

池座椅,形成多样化的视觉景观空间,利用地形上的高差优势,增强视觉植物景观的层次感和丰富感。

## 5 结论与讨论

基于 AHP 层次分析法,从视觉景观相关研究理论出发,选取可视性、风景质量、视觉景观吸收能力 3 个层次构建传统村落视觉景观评价体系,并对巩义市海上桥村视觉景观进行综合评价。结果表明,其等级为Ⅲ级,处于“一般”水平。通过深入分析发现该村落目前在视觉景观上的主要问题,并提出相应的优化建议,为下一步规划改造、风貌保护和旅游开发提供理论依据。在未来研究中应持续深入研究视觉等相关理论,细化传统村落不同功能区的视觉景观评价指标,通过更多的案例完善传统村落景观评价体系。

## 参考文献:

- [1] 李久林,储金龙. 1990 年以来中国传统村落研究知识图谱——来自 CiteSpace 的佐证[J]. 乡村与城镇建设, 2019, 37(12): 17-23.
- [2] 刘滨谊,范榕. 景观空间视觉吸引机制实验与解析[J]. 中国园林, 2014, 30(9): 33-36.
- [3] 唐真,刘滨谊. 视觉景观评估的研究进展[J]. 风景园林, 2015(9): 113-120.
- [4] 邵钰涵,刘滨谊. 乡村景观的视觉感知分析[J]. 中国园林, 2016, 32(9): 5-10.
- [5] 邱丽珉. 基于视知觉形式动力理论的薛下庄乡村旅游景观设计研究[D]. 杭州:浙江工业大学, 2019.
- [6] 高爽,冯艳,郭悦,等. 基于 AHP 的北京市望湖公园康复性景观评价[J]. 湖北农业科学, 2021, 60(10): 99-104, 109.
- [7] 陈诗童,郑文铖,董建文. 基于 AHP 法的特色商业步行街景观评价与改造策略研究——以福清成龙步行街为例[J]. 福建建设科技, 2021(3): 3-7.
- [8] 鲁黎明,张晨曦,杨芳绒,等. 基于 AHP 法的河南农业大学新旧校区景观评价[J]. 林业调查规划, 2021, 46(5): 196-200.
- [9] 范榕,刘滨谊. 基于 AHP 法的景观空间视觉吸引评价[C]//中国风景园林学会 2014 年会论文集(下册), 2014: 236-240.
- [10] 何玮琪,蒋璐珉. 基于李克特量表评价长沙华天酒店室内植物景观营造[J]. 居业, 2016(10): 42-44.
- [11] 刘滨谊,范榕. 景观空间视觉吸引要素及其机制研究[J]. 中国园林, 2013, 29(5): 5-10.

责任编辑:许易琦



doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.02.032

## 乡愁视角下的乡村景观营造策略

——以三门峡市渑池县段村乡四龙庙村为例

赵明辉,李东升,崔亚召

(河南科技大学园艺与植物保护学院/洛阳市生态景观设计重点实验室,河南 洛阳 471000)

**摘要:**近期国内的美丽乡村建设,往往仅注重基础设施建设,忽略居民的情感需求,乡村景观出现都市化、同质化等问题。文章以河南三门峡市渑池县四龙庙村为例,通过实地考察和居民访谈等形式,提取该村乡愁景观载体元素,构建乡愁景观载体元素体系。以牛心柿、农具等乡愁景观元素为载体,对四龙庙村进行景观提升,希望能为我国美丽乡村建设提供借鉴,为乡村振兴注入新的活力。

**关键词:**乡村振兴;美丽乡村;景观载体;乡愁;乡村景观提升;四龙庙村

中图分类号:S731.7;P901 文献标识码:A 文章编号:1671-3168(2023)02-0172-06

引文格式:赵明辉,李东升,崔亚召. 乡愁视角下的乡村景观营造策略——以三门峡市渑池县段村乡四龙庙村为例[J]. 林业调查规划,2023,48(2):172-177. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.02.032

ZHAO Minghui, LI Dongsheng, CUI Yazhao. Construction Strategies of Rural Landscape from Perspective of Homesickness——A Case Study of Silongmiao Village in Duancun Township, Mianchi County, Sanmenxia City[J]. Forest Inventory and Planning, 2023, 48(2): 172-177.

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.02.032

## Construction Strategies of Rural Landscape from Perspective of Homesickness

——A Case Study of Silongmiao Village in Duancun Township,  
Mianchi County, Sanmenxia City

ZHAO Minghui, LI Dongsheng, CUI Yazhao

(College of Horticulture and Plant Protection, Luoyang Key Laboratory of Ecological Landscape Design,  
Henan University of Science and Technology, Luoyang, Henan 471000, China)

**Abstract:** Recently, the construction of beautiful countryside in China only focuses on infrastructure construction, ignoring the emotional needs of residents, resulting in urbanization and homogeneity of rural landscape. The research project extracted the carrier elements and constructed the elements system of homesickness landscape of Silongmiao Village in Mianchi County, Sanmenxia City through field investigation and resident interview. Taking homesickness landscape elements such as Niuxin persimmon and farm implements as carriers, the landscape improvement of Silongmiao Village was expected to provide reference for the construction of beautiful countrysides in China and inject new vitality into rural revitalization.

**Key words:** rural revitalization; beautiful countryside; landscape carrier; homesickness; rural landscape improvement; Silongmiao Village

收稿日期:2021-11-15.

第一作者:赵明辉(1994-),男,河南兰考人,硕士研究生.研究方向为风景园林规划与设计. Email:984635342@qq.com

责任作者:李东升(1976-),男,河南舞阳人,硕士,副教授.研究方向为风景园林规划与设计. Email:L-DS@163.com

自党的十九大报告提出乡村振兴战略,给美丽乡村建设带来了新的机遇,随着这一战略的不断推进,我国乡村建设热潮持续上升。但在乡村生态环境得到改善的同时,也出现了一系列的问题。由于缺乏相关的乡村景观设计理论指导,在实践的过程中往往照搬城市景观设计理论,导致乡村景观出现城市化和雷同化现象<sup>[1]</sup>。乡村原有自然景观资源和传统文化根基遭到破坏,自然淳朴的生态气息越来越薄弱,含有乡土文化性质的符号越来越少,许多具有乡愁内涵的乡村景观正在慢慢消失<sup>[2]</sup>,乡村面临着“千村一面、万村一貌”的危机。

乡村景观的营造应根植于乡土文化,以“乡愁记忆”的延续为其可持续发展的核心,增强乡村居民的归属感,激发乡村可持续建设的内在动力。本文以河南省三门峡市渑池县段村乡四龙庙村的景观设计为例,探究在乡村振兴背景下如何从乡愁视角下实现美丽乡村建设,以期为乡村建设提供经验指导与参考。

## 1 乡愁的内涵

传统意义上的“乡愁”,是指人们远离家乡、祖国及其生活的地方而产生的对于往昔人、事、物的思念和眷恋之情,即由于在时间和空间维度上远离故乡而产生的困顿情绪;而深层次的乡愁不仅指“家乡”这一特定的乡愁之源,同时暗指作为人类“原乡”抽象意义的乡村,是对山水田园的精神向往、心灵归属和文化认同。

### 1.1 乡愁产生的原因

随着城镇化的不断推进,城乡经济发展越来越两极分化,农村的收入、教育等方面都远远落后于城市,大量的乡村居民因谋生、教育等原因开始迁移到城市生活。这些新城镇人面对城乡生活的强烈对比和巨大反差,产生了巨大的心理落差,内心的情感得不到慰藉。与此同时,物质生活水平的极度发展,给人们带来了精神上的空虚与匮乏。在这种物质生活和精神生活极度不平衡的状态下,人们开始对生存价值以及人生意义产生怀疑。他们开始迫切寻找新的精神寄托,从而开始回忆往昔充实的农村生活,认为只有在往昔物质匮乏的“单纯”年代塑造的精神家园里,才能找到已经在现实中失落的自我,乡愁也由此产生<sup>[3]</sup>。

### 1.2 乡愁景观载体

乡愁景观即乡愁情感之“意”与景观物象之“象”交融的产物,依附于自然生态、田园生产及乡

村栖居空间<sup>[4]</sup>。乡愁景观更加关注乡村文脉的传承、乡土记忆的延续和土地归属感。乡愁景观载体是以“乡愁”情感的表达为出发点,通过景观元素的再现和重组,能够触发认知主体的乡愁记忆,从而成为寄托乡愁情感的景观载体。

按照乡愁景观载体元素的存在形态,可以将其划分为物态乡愁景观载体元素和非物态乡愁景观载体元素。物态乡愁景观载体元素主要包括田园山水、建筑和街巷等物质形态元素;非物态乡愁景观载体元素主要包括传统习俗、手工技艺和乡风祖训等非物态元素。

## 2 四龙庙村乡愁景观载体元素的提炼

### 2.1 四龙庙村概况

四龙庙村隶属于河南省三门峡市渑池县段村乡,地处渑池县北部,距离渑池县城43 km,素有“七沟八疙瘩”之称。所在的段村乡东面与洛阳市新安县相接,西与坡头为邻,南连西阳和仁村两乡,东北部和南村乡接壤,西北部隔黄河与山西省垣曲县相望。该村主要以牛心柿为核心产业,花椒和连翘为附属产业,其中“仰韶牛心柿”被列为“仰韶三宝”,在2010年被评为国家地理标志农产品。

### 2.2 乡愁景观载体元素调查

通过查阅地方县志、书籍资料,对四龙庙村的地理环境、历史背景和发展演变做详细的了解;在文献研究的基础上进行多次实地调研,对村庄周边山水环境、村落布局、建筑风格、街巷景观和农业景观等进行调研,对这些景观要素进行整理分析,提取“物态乡愁景观载体元素”。最后走访当地居民,与其进行深度访谈,了解并记录当地特有的历史文化、传统习俗、传说典故以及乡风祖训等“非物态乡愁景观载体元素”。最后进行汇总整理,做为后续乡愁景观载体元素体系构建的依据。

### 2.3 乡愁景观载体构建

挖掘乡愁景观载体元素是建设具有乡愁记忆特色的乡村的重要途径。四龙庙村物态乡愁载体元素有老建筑、老院子等23种元素,非物态乡愁载体元素有柿饼制作手艺、耕作等18种元素。再根据乡愁载体元素的内容特征,将“物态乡愁景观载体”与“非物态乡愁景观载体”这2个大类细分为7个中类和若干小类,构建出包含3个层级的乡愁景观载体元素系统(表1)。

表 1 四龙庙村乡愁景观载体元素体系

Tab. 1 Carrier element system of homesickness landscape in Silongmiao Village

大类	中类	小类	关键词	
物态载体	乡景	村居之景	老建筑、老院子、古井、戏台、磨盘、石碾、水车、犁耙、石拱桥、菜地	
		田园之景	农田、小麦、玉米、乡间小路、柿树	
		林野之景	柿树、柿林、老槐树、花椒、连翘	
	乡食	农家美食	牛心柿、野菜、柿饼	
		乡音	自然之音	犬吠、鸡鸣、虫鸣
		人文之音	方言、戏曲	
非物态载体	乡俗	传统习俗	庙会	
	乡趣	生活之趣	赶集、捕鱼、冬日晒暖、夏日乘凉	
		农耕之趣	耕作、种菜、摘柿子、除草、收麦	
	乡风	祖训	百善孝为先、吃亏是福	
	乡技	农技	柿饼制作手艺	



- 1 游客服务中心
- 2 香山寺
- 3 四龙庙小学
- 4 连翘探春
- 5 四龙桥
- 6 拦水坝
- 7 亲水平台
- 8 田园水车
- 9 竹林听雨
- 10 农业观光园
- 11 柿外桃源
- 12 四龙广场
- 13 牛心柿晾晒棚
- 14 垂钓平台
- 15 垃圾中转站
- 16 传统村居聚落
- 17 花椒种植基地
- 18 连翘种植基地
- 19 牛心柿种植基地
- 20 文化广场
- 21 北涧河
- 22 戏台
- 23 生态停车场
- 24 玫瑰谷漂流

图 1 四龙庙村规划总平面图

Fig. 1 General plan of Silongmiao Village

### 3 乡愁视角下的乡村景观营造策略

#### 3.1 乡愁景观设计总体策略

根据村庄空间功能的不同将四龙庙村划分为自然山水空间、田园生产空间和聚落空间三种空间层次,这三种空间依次呈现出从自然向人为过渡的趋势。在进行景观营造时,要以各个空间层次的特点、乡愁景观载体元素为基础,形成以山水为背景、田园为中景、聚落为近景的乡愁景观空间结构,最终形成生态、生产、生活“三生”共融的乡愁主题(图 1,图 2)。

#### 3.2 自然山水景观

山水格局是决定乡村景观特点的最大要素<sup>[5]</sup>。四龙庙村属于典型的豫西黄土丘陵沟壑区,总体呈现沟壑纵横、台原错落、水土流失、生态脆弱的现实特征<sup>[6]</sup>。鉴于四龙庙村周围山水生态环境,在对山水空间进行景观提升时要严格保留原有的自然山水格局,并据其自然资源位置分布划分山林保护区和水系保护区。

##### 1) 山林保护区

在进行山水空间景观提升时,先对区域内的林地景观进行保育和修复;对于坡度较陡的地域,可在保护原始地形地貌的基础上进行局部小范围的平整;对于裸露的林地采用泡桐、洋槐、乌桕等乡土树种进行补植;下层山林空间增加少量花灌木和小乔木。最终形成具有层次感的山林空间。

##### 2) 水系保护区

四龙庙村中有一条北涧河穿村而过,在对河流

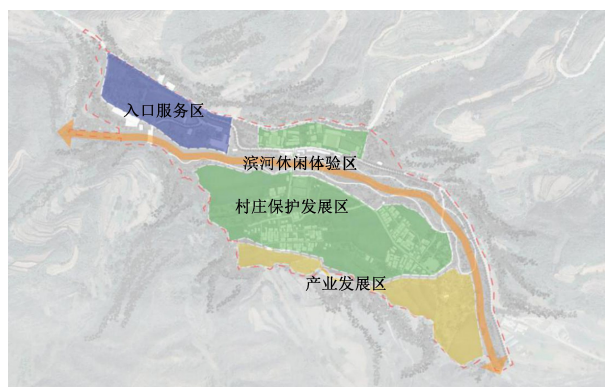


图 2 四龙庙村景观结构布局

Fig. 2 Landscape structure layout of Silongmiao Village

水系进行保护时,一方面为保障水流畅通,可对河流进行疏通处理,采取置石、草皮、植物等生态化手段对驳岸进行软化;另一方面,利用当地水生植物作为缓冲带,对水体进行过滤、净化,提高河流生态涵养能力。

#### 3.3 田园生产景观

田园生产景观是乡村景观的重要组成部分,它源于人类生产活动及日常生活,融入生产劳动和劳动成果<sup>[7]</sup>。在对村庄田园生产景观进行提升时,要充分尊重原有的地形地貌和田园肌理,保持当地特定的农作物种植和生产方式,在此基础上进行合理的景观提升。



田园生产景观中的乡愁景观载体元素不仅包含农作物,还包括田间动物和生产活动场景,可以通过直接引用、重组或者变异的手法将这些乡愁景观载体元素运用到田园生产空间之中。如动物是田园空间中极具辨识度的乡愁景观元素,可以通过直接引用的方法将各种田园动物的形象以景观小品的形式应用到田园空间中(图 3);农作物原材料也可以作为乡愁景观载体元素,可以将秸秆等材料通过艺术化的处理手法塑造成麦秸卷、稻草人等形象(图 4)。



图 3 融入动物元素的景观小品

Fig. 3 Landscape sketch incorporating animal elements

### 3.4 聚落景观

乡村聚落景观不仅包括村落布局、建筑形制、院落布局、街巷格局等物态的景观,还包括民间艺术、手



图 4 利用秸秆材料制成的景观小品

Fig. 4 Landscape sketches made from straw materials

工技艺、饮食习俗等非物态景观,这些景观要素具有浓郁的地方特色,是乡村文化的重要载体<sup>[8]</sup>。在对四龙庙村聚落景观进行提升时,要以保留原乡风味为原则,提炼其乡愁景观载体元素,以增强当地居民对“乡”的归属感。

#### 1) 建筑与院落

在进行建筑与庭院风貌提升时,严格遵行“原址保护、修旧如旧、建新如故”的基本原则。对现有建筑,院落布局采用当地的“三合院”形式。对存在危险的建筑进行加固修缮,建筑材料选择当地的青色片瓦、木质门窗以及砖泥结构的墙身(图 5),使其延续豫西地区传统民居特色,保留原汁原味的乡土气息。



图 5 豫西地区传统民居建筑材料

Fig. 5 Traditional residential building materials in western Henan



### 2) 植物景观

乡土植物是乡村植物景观设计时不可或缺的元素,进行植物造景时应深入提炼乡土植物。四龙庙村乡土植物主要有柿树、槐树、泡桐、构树、酸枣、石榴、花椒树、连翘。在植物景观设计时,采用柿树、槐树、泡桐来营造乡村上层景观空间,利用花椒、连翘、酸枣、石榴等植物来营造下层空间。这些植物不仅能够体现村庄的产业文化,还能突出乡土特色,唤起当地居民的乡愁记忆。

古树是乡村聚落的标志性景观,也是村落发展的见证。而在四龙庙村内生长着一棵树龄 2 000 多年的古槐,它见证了一代又一代村民的繁衍生息。在对植物景观进行提升时,以古槐为中心设计居民休息广场(图 6,图 7),古树周围用栏杆进行围合保护,四周设置座椅、树池,为村民营造出能够乘凉晒暖的休闲空间。

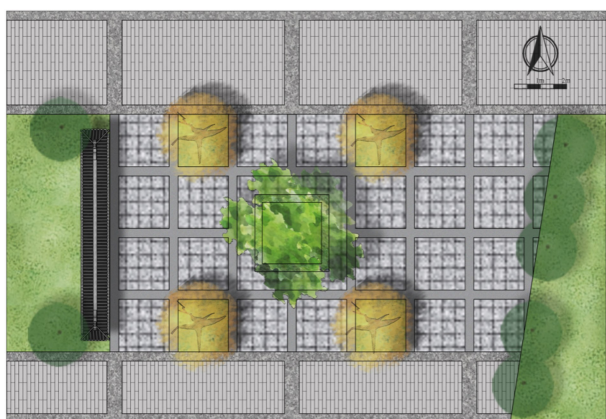


图 6 古槐广场平面图  
Fig. 6 Plan of Guhuai Square



图 7 古槐广场效果图  
Fig. 7 Renderings of Guhuai Square

### 3) 景观小品

景观小品的设计要依据村庄乡愁景观载体元素来进行,景观小品的材质要以乡土材料的色彩和质地为基础。在进行景观小品设计时,提炼“牛心柿”这一乡愁景观载体元素,通过艺术化的重构与再现,结合当地天然石材和木材等材料色彩质地,作成景观标识标牌和景观灯具,让景观小品更具有乡愁感染力(图 8)。

### 4) 宅旁空间

宅旁空间是乡村点状公共空间的重要组成部分<sup>[9]</sup>。宅旁空间按照功能的不同,可分为宅旁绿地和宅旁空地。对宅旁绿地进行景观提升时,提取当地乡愁景观载体元素进行美化设计。根据居民生活需求,将宅旁绿地开发为小块菜畦和圃地,种植蔬菜果树等作物;利用乡土材料制成的篱笆来对菜畦和圃地进行空间划分(图 9);对宅旁空地进行景观提升时,

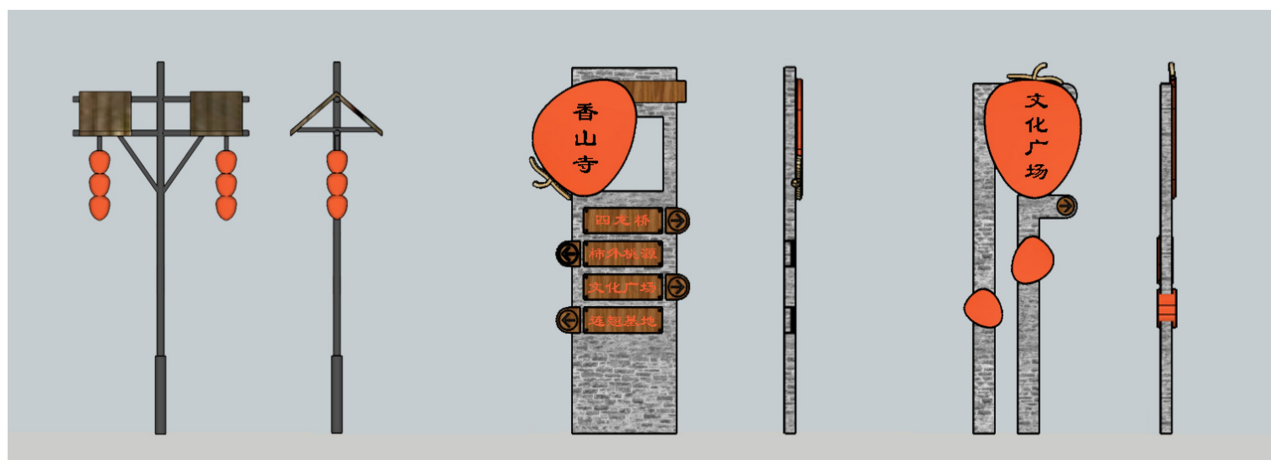


图 8 融入“牛心柿”乡愁载体元素的景观小品  
Fig. 8 Landscape sketch incorporating homesickness carrier elements of “Niuxin persimmon”



图9 宅旁绿地景观提升效果

Fig. 9 Improvement effect of green space landscape near the house

可将农具、农产品等摆放在宅旁空地,通过摆放、悬挂布置使其规范美观(图10)。通过宅旁空间的合理利用和布置,打造出更具有乡愁情感的宅旁空间。



图10 宅旁空地景观提升效果

Fig. 10 Improvement effect of vacant land near the house

#### 5) 道路营造

乡愁景观载体在道路营造中主要体现在街巷铺装。乡村景观道路提升时应将青砖、青瓦等本土乡愁景观载体材料应用在乡村道路铺装(图11),这不仅是一种装饰美,同时也是展示乡土文化的平台,让人们漫步在乡村道路的过程中感知乡村、品味乡愁。

## 4 结论与讨论

乡村景观承载了人们的乡愁归属,传递当地居民的情感记忆。本文以“乡愁记忆”为切入点,通过查阅资料、现场调研等方式提取四龙庙村能够引起乡愁记忆的景观载体元素,根据乡愁景观载体元素的内容特征对其进行分类,构建乡愁景观载体元素

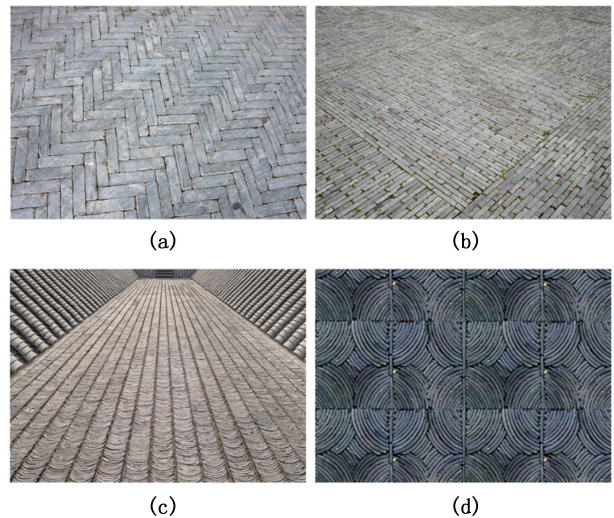


图11 融入“青砖、青瓦”乡愁载体元素的铺装样式

Fig. 11 Paving style incorporating homesickness carrier elements of “black bricks and tiles”

体系。最后,将乡愁景观载体元素与景观设计手法有机地结合,让“乡愁记忆”融入景观载体中,让抽象的乡愁情感以具体可感、可赏、可游、可体验等多元化的形式保留和再现,并希望藉此对其它蕴含乡愁文化的美丽乡村景观营造提供借鉴与指导。

### 参考文献:

- [1] 陈家欢,陆琦. 乡愁视角下乡村景观的营造策略[J]. 南方建筑, 2018(1): 88-93.
- [2] 王雪莹. 美丽乡村景观规划中“乡愁符号”的应用研究——以桂阳县莲花坪农场为例[D]. 长沙: 中南林业科技大学, 2020.
- [3] 禹建湘,黄惟琦. 中国文化乡愁的历史生成及当代意义[J]. 湖南人文科技学院学报, 2017, 34(4): 78-82.
- [4] 张智慧,吴敏. “乡愁景观”载体元素体系研究[J]. 中国园林, 2019, 35(11): 97-101.
- [5] 邓博. 乡村旅游视角下的巴渝乡村聚落景观设计[D]. 重庆: 重庆大学, 2019.
- [6] 芦旭. 豫西黄土丘陵沟壑区新型乡村聚落景观规划设计方法研究[D]. 西安: 西安建筑科技大学, 2015.
- [7] 宋吉贤. 杭州地区美丽乡村建设背景下生产性景观调查分析与研究[D]. 杭州: 浙江农林大学, 2017.
- [8] 王茜. 关中地区传统乡村聚落景观基因提取与表达[D]. 西安: 西安建筑科技大学, 2019.
- [9] 蒋闻. 南京市美丽乡村点状公共空间景观构建模式研究[D]. 南京: 南京林业大学, 2017.

责任编辑: 刘平书



doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.02.033

## 城市湿地景观生态规划设计的目标及内容探讨

裴咏洁

(中国城市建设研究院有限公司,北京 100120)

**摘要:**城市湿地具有多种生态服务功能。城市湿地景观是自然湿地、人工湿地、湿地文化的有机结合,具体包括湿地自然保护区、湿地风景名胜、湿地公园、景观展示型湿地等主要类型。藉此分析了城市湿地景观生态规划设计的目标和主要内容,以便为城市湿地的生态保护与恢复、科普宣教、生态旅游等提供理论参考,认为在全社会致力于全面实现“碳达峰碳中和”目标的背景下,城市湿地景观的生态规划设计要不断探索创新。

**关键词:**城市湿地;景观生态设计;湿地恢复;湿地保护;湿地文化;碳达峰碳中和

中图分类号:S731.2;Q178.5;P901;TU986 文献标识码:A 文章编号:1671-3168(2023)02-0178-05

引文格式:裴咏洁.城市湿地景观生态规划设计的目标及内容探讨[J].林业调查规划,2023,48(2):178-182,224.

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.02.033

PEI Yongjie. Objectives and Contents of Urban Wetland Landscape Ecological Planning and Design[J]. Forest Inventory and Planning, 2023, 48(2): 178-182, 224. doi: 10.3969/j.issn.1671-3168.2023.02.033

## Objectives and Contents of Urban Wetland Landscape Ecological Planning and Design

PEI Yongjie

(China Urban Construction Design & Research Institute CO., LTD., Beijing 100120, China)

**Abstract:** Urban wetland has a variety of ecological service functions. Urban wetland landscape is an organic combination of natural wetland, artificial wetland and wetland culture, including wetland nature reserve, wetland scenic spot, wetland park, landscape demonstration wetland and other main types. This paper discussed the objectives and main contents of urban wetland landscape ecological planning and design, providing theoretical basis for ecological protection and restoration of urban wetland, popular science education, ecological leisure, etc. This paper concluded that the ecological planning and design of urban wetland landscape should be explored and innovated under the background of national and local governments fully implementing the goal of “peak carbon dioxide emissions and carbon neutralization”.

**Key words:** urban wetland; landscape ecological design; wetland restoration; wetland protection; wetland culture; peak carbon dioxide emissions and carbon neutralization

湿地生态系统具有丰富的物种多样性,在应对全球气候变化中也具有重要作用。城市湿地景观是

自然湿地、人工湿地、湿地文化的有机结合,受人为干扰影响较大。城市湿地的保护和利用也是制约城

收稿日期:2021-11-18;修回日期:2022-01-04.

第一作者:裴咏洁(1973-),女,天津人,高级城市规划师.主要从事国土空间规划与城市设计方面的工作。

Email:shengtaishheji2000@163.com

市社会经济可持续发展的关键<sup>[1]</sup>。城市湿地景观包括湿地自然保护区、湿地风景名胜区、湿地公园、景观展示型湿地等类型,各类型湿地景观的主要特征及其保护利用重点不同<sup>[2]</sup>。基于各城市对生态文明建设理念的不断实践,以及“山水林田湖草沙”生态系统综合修复与治理技术的不断创新,城市湿地作为一类典型的生态系统,其在景观生态规划设计中的主要目标和内容需要系统化梳理,相关研究成果可为城市湿地的生态保护与恢复、科普宣教、生态旅游等提供理论依据。

## 1 城市湿地景观的主要类型

### 1.1 湿地自然保护区

湿地自然保护区是以保护具有重要生态功能及价值的自然湿地为主的保护管理区域。在湿地自然保护区的核心区要严格限制人为干扰活动。通过湿地自然保护区的设立,使湿地生态系统得到有效保护和恢复,促进湿地生态系统结构和功能的不断完善,从根本上减少人为干扰对湿地自然生态系统造成的负面影响。同时,通过湿地自然保护区多样的科普宣教活动,加强民众对湿地保护的认知(图 1a)。

### 1.2 湿地风景名胜区

湿地风景名胜区是以湿地资源为主体而建立的风景观赏区域,湿地的自然景观、人工景观与湿地文化相结合,可以有效促进湿地风景名胜区的生态观光、生态康养、湿地休闲等多种功能。由于湿地风景名胜区主要以生态休闲和科普宣教为主,因此其自然保护属性没有湿地自然保护区严格。我国现已建立了滇池、太湖、洱海、西湖等影响力较大的湿地风景名胜区(图 1b)。

### 1.3 湿地公园

湿地公园是湿地保护与利用的综合载体,具有生物多样性保护、湿地生态休闲、湿地文化宣教等多种功能。同时,湿地公园也是自然保护地体系的重要组成部分,是湿地保护和公园建设的有效结合,湿地公园也更注重湿地景观价值的展示以及湿地生态文化的传播,通过保护湿地生态系统的完整性,促进湿地生态服务功能的发挥,同时通过多种途径开展湿地资源的合理利用和科学研究(图 1c)。

### 1.4 景观展示型湿地

景观展示型湿地主要指人工湿地景观,是通过模拟自然湿地的生态结构和功能向大众展示湿地的生态保护价值,通过这种途径可以有效增加湿地的面积,使自然湿地和人工湿地得到可持续的发展和



(a) 扎龙湿地自然保护区



(b) 杭州西湖风景名胜区



(c) 赣州章江国家湿地公园



(d) 污水处理厂+人工湿地

图 1 城市湿地景观的主要类型实景

Fig. 1 Real scene of urban wetland landscape types

利用。这类湿地的空间布局比较灵活,在城市各种公园和绿地中可以根据场地合理布局。同时,一些开发利用后的废弃土地也可以营建人工湿地,引进一些湿地动植物,丰富城市生物多样性(图 1d)。

## 2 城市湿地景观生态规划设计的目标

### 2.1 生态健康目标

#### 2.1.1 自然原生性

湿地具有自组织特征,可以通过自我调节功能完成自身修复,这也是自然湿地生态系统健康的一个重要标志。目前,大部分湿地都受到一定程度的人为干扰,自然湿地已经越来越少,城市湿地景观的规划主要是通过人工模拟自然湿地的结构和功能来实现湿地景观自然原生性的再现<sup>[3]</sup>。

#### 2.1.2 系统完整性

湿地是一个完整的生态系统,具有结构稳定性和功能多样性的系统完整性特征。城市湿地景观的生态规划设计应充分考虑场所自然环境、物种组成特征、人为干扰因素等,注重湿地景观的多重目标设计,通过不同的感官体验、时空关联性、功能指示性等,营造出具有系统完整性的湿地景观。

#### 2.1.3 环境适宜性

城市湿地景观的环境适宜性是以湿地的生态环境安全为主要目标,各种湿地景观设施要从人与自然的和谐共生理念为出发点,优先选取生态环保型材料,尽量避免大修大建,以原有场地环境为基础,加大湿地环境保护的科普宣教标志设置,引导游客探索人与自然和谐相处的生态文明要义。

### 2.2 景观美学目标

#### 2.2.1 生态美

生态美是自然景观的基本特征,追求生态美也是人工景观的核心美学目标。湿地生态系统的结构、功能、多样性等从不同的角度展示着自然湿地景观的生态美,城市湿地景观作为自然湿地景观与人工湿地景观的复合体,也应遵循生态美学原则,充分体现湿地的原生性、独特性和观赏性<sup>[4]</sup>。

##### 1) 自然美

自然美是来源于自然景观的独特形态、声音、色彩等特征的综合感知。湿地是自然景观中较为独特的景观类型之一,湿地动物、植物、岸线形态、水体空间的自然组合,其形态特征、色彩组成、声景观类型都极具自然美感,能使人心旷神怡并激发对自然风景的情感依赖。

##### 2) 生态关系和谐美

湿地是自然生态系统的一个重要组成部分,是生物与环境相互作用产生的景观类型,湿地的动植物及其生存环境有着密切关系,这种生态关系是一种和谐共生的命运共同体,它们相互适应、相互制约、相互促进并共同演绎出生态关系和谐美。

#### 2.2.2 艺术美

城市湿地景观在不同的时空尺度上都在塑造艺术之美,通过湿地景观的细节表达和局部处理增强了湿地景观的场所精神,才能更好地展示湿地景观的艺术美。湿地景观的文化艺术价值是多样化的,如湿地水鸟、湿地植物、湿地斑块、湿地环境等从不同的角度反映着湿地文化与湿地环境的融合美。景观设计师在进行湿地景观规划设计时应该把园林设计理论、生态景观理论、生物多样性理论、生态文化理论等结合起来,实现湿地景观设计的多元化发展,从艺术语言表达、形态结构组成、中国传统文化中寻求艺术与环境的融合美。

#### 2.2.3 意境美

意境美与观赏者对自然生态、社会发展、文化素养的认识有密切关系,例如陆机的《文赋》中描述:“遵四时以叹逝,瞻万物而思纷;悲落叶于劲秋,喜柔条于芳春”,深刻地指出自然景观对激发人的情感所起的重要作用。在湿地景观设计中,景观设计师要积极探索和追求湿地景观的意境美,把“寓情于景、借景抒情、情景交融”的意境效果体现在湿地景观设计中。

### 2.3 文化教育目标

#### 2.3.1 场所特征和历史文脉

湿地文化与城市历史、文化、传统、民族等密切相关,也是一种场所精神的集中体现,城市湿地景观常保存着很多的历史文脉痕迹。例如,历史上一些时期都有对河道进行人工改造从事围水造田的围垦文化,人类社会的发展与湿地资源的供给有着密切的关系,尽管这一时期也会对湿地景观产生一定程度的破坏,但也留存了人类改造自然的历史印记,湿地内的农田斑块就是千百年来农耕文化的直接体现。

#### 2.3.2 自然体验和科普教育

城市湿地具有重要的自然体验和科普教育作用,对促进湿地文化传播及湿地综合利用能力提升具有重要意义。湿地生态系统内丰富的动植物资源可以用来开展生态监测和科学研究,通过湿地景观的动态变化特征可以了解人类活动对湿地生态环境



的影响,有些城市湿地为了保护和修复湿地生态系统,会建立湿地博物馆、人工生态浮岛、湿地太阳能净水系统等人工景观,这些景观可以更好地展示湿地的污水净化机理<sup>[5]</sup>。

### 2.3.3 精神感悟和思想教化

湿地内水草丛生、白鹭低飞、蛙鸣一片、游鱼翔底,它浓缩为文化符号变成人们心中的诗词歌画,并通过文学形式表达出对湿地景观的情感认知。同时,湿地生态系统独特的功能和作用会极大地提升人们的精神感悟,使人们回归于心灵深处对自然生态系统的崇拜(如水文化、森林文化等)。以上城市湿地景观生态规划设计的目标框架如图 2 所示。

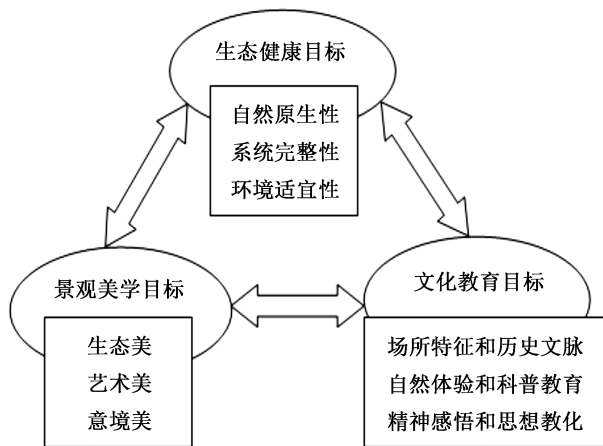


图 2 城市湿地景观生态规划设计的目标框架

Fig. 2 Target frame of urban wetland landscape ecological planning and design

## 3 城市湿地景观生态规划设计的内容

### 3.1 城市湿地景观的保护规划

#### 3.1.1 区域协调规划

区域协调规划是为了保护湿地生态系统的各类资源而进行整体规划,其目标是解决湿地保护利用与区域社会经济发展间的关系,主要采用湿地保护区、外围保护区及周边景观控制区等三个层次结构形成不同圈层<sup>[6]</sup>。在不同的层次结构内湿地的保护利用强度存在差异。通过合理预留不同的利用区域,减少人为干扰对湿地生态系统结构和功能的影响,保证湿地景观与社区社会经济发展相协调,严格落实国家和地方政府对湿地保护利用的控制红线制度。

#### 3.1.2 保护分区规划

保护分区规划按照湿地资源的功能及主要因

素,按照核心保护区、生态缓冲区、保护利用开发区(试验区)进行科学划分。湿地保护分区规划应该以湿地景观生态学作为指导,重点关注湿地景观的格局、过程及机制,使湿地生态系统的结构稳定、功能多样(增加生物多样性),要与湿地保护区协调规划模式有所区别,突出湿地景观要素之间的耦合关系。通常情况下,应把湿地斑块划为一级保护区,河流廊道划为二级保护区,大型生态斑块划为三级保护区,其余划为四级保护区。

#### 3.1.3 生物物种保护规划

生态设计的核心要求之一就是要保护湿地生物多样性,维持湿地生态系统的健康。为了达到上述目标,首先要做的就是对湿地生态系统范围内的动植物资源进行详细调查,掌握其数量、分布、特征等,按照有关动植物资源保护规范进行分类和编目,确定不同动植物资源的保护和利用途径,尤其要加强珍稀物种的栖息地保护和管理;其次,要按照景观生态学的理论科学划分景观要素,特别是要重视生物廊道的修复利用,确保野生动物的正常活动;最后,要严格保护湿地生态系统中的优势种和建群种,营造不同的湿地物种生境条件,使湿地生态系统的结构稳定、功能增强。

### 3.2 城市湿地景观的形态设计

#### 3.2.1 植物群落形态设计

##### 1) 植物选择

湿地植物选择应尽量采用乡土植物,减少养护成本,实现湿地生态系统的近自然演替。在乡土植物景观设计中,首先关注湿地植物的适宜性及其自然更新能力,其次要注重植物之间的配置关系(生物多样性、结构功能、视觉景观等),最后要形成“自然湿地保护+人工湿地修复”组合模式下的健康植物群落。例如,废水处理湿地常用的一些植物有芦苇属、香蒲属等。根据不同水域深度形成的湿地在植物选择中也有特色,如草丛沼泽湿地一般包括香蒲沼泽群落、芦苇沼泽群落、菖蒲沼泽群落、球穗莎草沼泽群落、水葱沼泽群落等;浅水植物湿地包括漂叶萍群落、紫萍群落、白萍(水鳖)群落、眼子菜群落、细果野菱群落;沉水植物湿地包括金鱼藻群落、虾苦草群落、狐尾草群落等。此外,沿岸耐湿乔灌草组成各种群落体系,一般以湿生植物水杉、垂柳、金钱松等构成相应的植物群落,或由不同植物共同组成多样的湿地景观。

##### 2) 植物配置

湿地植物群落的配置需要考虑多项复杂因素,

如空间配置、时间序列、种间关系、能量流动等,通过不同的技术措施来丰富植物景观的多样性及空间层次性。相关研究表明<sup>[7]</sup>,人工湿地植物配置的主要依据为:根据湿地类型配置植物(表流人工湿地植物配置、潜流人工湿地植物配置、植物塘配置),按照工艺类型配置植物,根据植物的特性配置植物(植物对水深的要求、植物的生长分蘖特性、植物对气候变化的适应性)。此外,不同的植物配置在湿地生态修复和景观应用中的作用不同,如采用乡土的水生植物来进行湿地景观的植物造景,能够形成长期而稳定的植物群落。同时,也要考虑到湿地景观的美学性,适当拓展一些优良的湿地景观植物,丰富湿地功能区的植物品种,最终目标是达到近自然状态的湿地景观效果。具体地说,从层次上考虑,植物的配置设计有水岸植物、挺水植物、浮水植物、沉水植物之分,例如,应用垂柳(水岸植物)+芦苇(挺水植物)+睡莲(浮水植物)+金鱼藻(沉水植物)进行配置设计,形成完整的层次序列;从功能上考虑,采用发达茎叶类植物有利于阻挡水流和沉降泥沙,采用发达根系类植物有利于吸收湿地污染物等,这样既能保持湿地生态系统的完整性,又能展现出湿地植物的景观多样性。

### 3.2.2 水岸空间形态设计

#### 1) 湿地岸线的形态设计

城市湿地景观的岸线一般无法全部保留自然形态,为了达到近自然化的湿地岸线形态就需要进行技术处理,具体内容包括<sup>[8]</sup>:(1)通过营造蜿蜒曲折的岸线走向扩展生态界面,为不同的湿地动植物提供生存环境,也可以提升湿地生态界面的综合效益。(2)通过水位设计形成消落带,根据坡度和高程控制达到调节水量的要求,这与丰水期和枯水期的水量有密切关系。(3)自然式缓坡护岸的形式是湿地护岸最典型的设计手法。岸边的湿地基质土壤养分充足,表层土中富含植物种子等,通过土壤种子库调控提升湿地生态系统的修复效率,形成陆生环境到湿地环境的过渡带,丰富湿地岸线景观组成。(4)在特殊情况下要采用垂直堤岸时,可采用树桩加固的方法进行湿地岸线的形态营造,结合科普宣教游步道设计,增强湿地生态环境的综合体验感。

#### 2) 水岸空间的生态架构

湿地岸线是一个有着重要功能的生态交错带,水岸空间的生态架构极其重要<sup>[9]</sup>。具体设计内容包括:(1)在水岸结构中配置挺水植物、浮水植物与沉水植物等不同类型的湿生植物,丰富城市湿地生

态系统的生物多样性,通过植物配置与湿地水位环境之间的定量关系研究,可以解决湿地空间方面的基础科学问题,有利于湿地水岸空间的优化设计。(2)在水岸建造材料的选择上,应该以生态环保型材料为主,如植物环保材料、疏松环保材料、生物仿生材料等,利用“低碳化”的设计理念营造水岸空间的总体架构,提升植物生长的速率和生态修复的效果,为不同湿地生物创造良好的栖息环境。(3)为了提升水岸空间的亲水感与维持生态系统完整性间的矛盾,可在景观优美的岸边设置木栈道和观鸟屋等亲水设施,加强水岸环境的自然生态修复和人工促进修复,这样既不会对湿地生态系统造成破坏,又能增强科普宣教功能(图 3)。

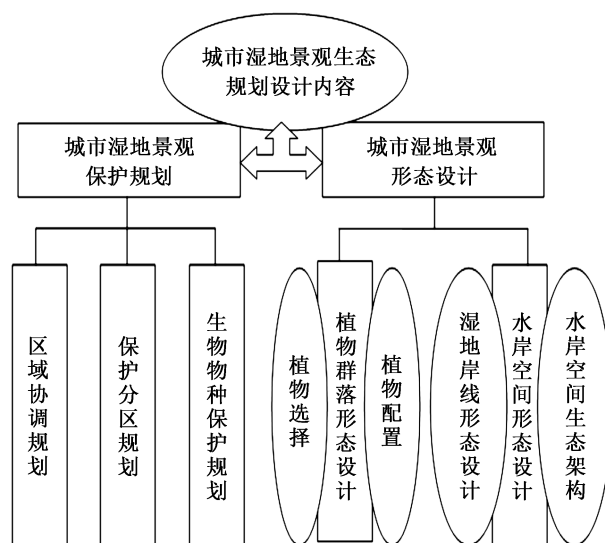


图 3 城市湿地景观生态规划设计内容框架

Fig. 3 Content frame of urban wetland landscape ecological planning and design

## 4 结 语

城市湿地具有多种生态服务功能,城市湿地景观是自然湿地、人工湿地、湿地文化的有机结合,具体包括湿地自然保护区、湿地风景名胜区、湿地公园、景观展示型湿地等主要类型。在全社会致力于全面实现“碳达峰碳中和”目标的背景下,城市湿地景观的生态规划设计要不断进行探索创新<sup>[10]</sup>。综合分析认为,今后城市湿地景观的生态规划要重点考虑以下方面<sup>[11]</sup>:(1)加强湿地本底资源的调查和监测,科学掌握全球气候变化背景下城市湿地资源的动态变化特征,从“低碳规划设计”的角度保护和

(下转第 224 页)

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.02.034

## 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<sup>1</sup>, 魏洪兵<sup>3</sup>, 骆思霜<sup>4</sup>, 孔晓燕<sup>1</sup>, 张高琦<sup>2</sup>, 朱培英<sup>1</sup>, 刘树钿<sup>4</sup>, 袁联金<sup>4</sup>, 罗刚<sup>4</sup>

(1. 昭通市森林和草原资源管理站, 云南 昭通 657000; 2. 昭通市林木种苗工作站, 云南 昭通 657000;  
3. 水富铜锣坝竹产业专业合作社, 云南 水富 650021; 4. 水富市林业和草原局, 云南 水富 650021)

**摘要:**采用金佛山方竹母竹分株单株菹苗、1年生营养袋实生苗、1年生实生裸根苗造林,对造林后竹苗的地径生长、苗高生长、新发苗(笋)数量进行对比研究。结果表明,不同类型苗木对苗木地径生长、苗高生长、新发苗数量均有显著影响。对苗木地径生长的影响为:母竹分株苗造林>裸根苗造林>营养袋苗造林;对苗高生长的影响为:母竹分株苗造林>裸根苗造林>营养袋苗造林;对新发苗(笋)数量的影响为:营养袋苗造林>裸根苗造林>母竹分株苗造林。

**关键词:**竹苗造林;苗木生长;苗木类型;新发苗(笋)数量;金佛山方竹

中图分类号:S725.71;S795;Q945.3 文献标识码:A 文章编号:1671-3168(2023)02-0183-05

引文格式:白祖云,魏洪兵,骆思霜,等.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[J].林业调查规划,2023,48(2):183-187. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.02.034

BAI Zuyun, WEI Hongbing, LUO Sishuang, et al. Effects of Different Types of Bamboo Seedlings Afforestation on Growth and Seedlings(Shoots) of *Chimonobambusa utilis*[J]. Forest Inventory and Planning, 2023, 48(2):183-187. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.02.034

## Effects of Different Types of Bamboo Seedlings Afforestation on Growth and Seedlings(Shoots) of *Chimonobambusa utilis*

BAI Zuyun<sup>1</sup>, WEI Hongbing<sup>3</sup>, LUO Sishuang<sup>4</sup>, KONG Xiaoyan<sup>1</sup>, ZHANG Gaoqi<sup>2</sup>,  
ZHU Peiyong<sup>1</sup>, LIU Shudian<sup>4</sup>, YUAN Lianjin<sup>4</sup>, LUO Gang<sup>4</sup>

(1. Zhaotong Station of Forest and Grassland Resources Management, Zhaotong, Yunnan 657000, China; 2. Zhaotong Station of Forest Seedling, Zhaotong, Yunnan 657000, China; 3. Shuifu Tongluoba Bamboo Industry Professional Cooperative, Shuifu, Yunnan 650021, China; 4. Shuifu Forestry and Grassland Bureau, Shuifu, Yunnan 650021, China)

**Abstract:** The comparative study was conducted on ground diameter, seedling height, and number of new seedlings(shoots) of *Chimonobambusa utilis* by individual seedling separated from parents, 1-year-old nutrient bag seedlings, and 1-year-old bare root seedlings for afforestation. The results showed that different types of seedlings had a significant impact on the growth of ground diameter, seedling height, and the number of new seedlings. The impact on seedling ground diameter was as follows: individual seedling separated from parents afforestation>bare root seedling afforestation>nutrient bag seedling afforestation; the impact on seedling height was as follows: individual seedling separated from parents afforestation>bare root seedling afforestation>nutrient bag seedling afforestation.

收稿日期:2021-11-23.

基金项目:昭通市鲲鹏计划项目.

第一作者:白祖云(1968-),男,云南水富人,正高级工程师.主要从事森林和草原资源管理与竹产业研究工作. Email:365450070@qq.com



ation > bare root seedling afforestation > nutrient bag seedling afforestation; the impact on number of new seedlings was as follows: nutrient bag seedling afforestation > bare root seedling afforestation > individual seedling separated from parents afforestation.

**Key words:** bamboo seedling afforestation; seedling growth; seedling type; number of new seedlings (shoots); *Chimonobambusa utilis*

发展竹产业是昭通市脱贫攻坚和乡村振兴的重要举措,是实现林业高质量发展的有效途径。昭通市委、政府提出竹产业“两个百万亩”目标,方竹就是其中的一个“百万亩”<sup>[1]</sup>。在此所说的方竹并非“方竹(*Chimonobambusa quadrangularis* (Fenzi) Makino)”,而是《中国植物志》寒竹属(*Chimonobambusa* Makino)方竹组(Sect. *Oreocalamus* (Keng) Wen et D. Ohrnb)竹种的统称,昭通市主要推广发展的是金佛山方竹(*Chimonobambusa utilis* (Keng) P. C. Keng)<sup>[2]</sup>。水富铜锣坝竹产业专业合作社应运而生,并成为昭通市农林专家挂钩联系点,在此开展大量的研究工作,得到合作社及当地乡镇党委政府、村民委员会及水富市林草部门的大力支持。2018年底至2019年初,铜锣坝竹产业专业合作社先后调运了金佛山母竹分株苗、1年生营养袋苗、裸根苗进行种植,为研究金佛山方竹不同类型竹苗造林对生长及发笋的影响提供了方便。2020年6月,昭通市林业和草原局挂钩联系水富市竹产业专业技术人员进行数据采集,开展了研究工作。该项目研究对今后选择合适的竹苗进行造林,促进竹产业发展具有重要的指导意义。

## 1 研究地概况

研究地点位于水富市太平镇二溪村铜锣坝竹产业专业合作社。二溪村东邻水富市太平镇盐井村,南邻复兴村,西邻绥江县板栗镇罗平村和关口村,北邻盐津县普洱镇串丝村,南北长 10.3 km,东西宽 6.8 km,全村土地面积 65.5 km<sup>2</sup>。距太平镇政府所在地 23 km,距水富市政府所在地 66 km<sup>[3]</sup>,昭乐高速公路在其境内设有出入口,交通方便。现有农户 505 户、2 019 人。境内最高海拔 1 730 m,最低海拔 815 m。境内有铜锣坝国家级森林公园、铜锣坝市级自然保护区。项目研究区土壤主要是由砂岩、紫色砂岩发育而成的黄壤、黄棕壤、紫色土等土壤类型,属亚热带气候,雨量充沛,年降雨量在 1 200 mm 以上,铜锣坝竹产业专业合作社种植方竹 78.67 hm<sup>2</sup>,建有竹子苗圃 1 个<sup>[4]</sup>。乔木树种有峨眉栲、檫木、滇

木荷、水青冈、杉木、柳杉等;经济树种有核桃、板栗、黄柏、杜仲等;竹类植物有水竹、金竹、苦竹、筇竹、刺竹子、斑竹、金佛山方竹、八月竹、紫竹等。研究数据采集地海拔 1 340~1 370 m。

## 2 材料与方法

### 2.1 竹苗类型

研究采用的造林竹苗分为 3 个类型:母竹分株单株苗(以下简称母竹分株苗)、1年生营养袋实生苗(以下简称营养袋苗)、1年生实生裸根苗(以下简称裸根苗)<sup>[5]</sup>。

### 2.2 数据采集方法

在 3 个类型苗木的造林地块内按每个类型随机抽取 10 丛,根据每丛竹的高度分高、中、矮 3 个等级,在每个等级中随机抽取 1 株测量地径和高度,地径以 cm 为单位,读至 mm;高度以 m 为单位,读至 cm。不能分为 3 个等级的,则分为高和矮 2 个等级,在株数多的 1 个等级中随机选择 2 株,株数少的 1 个等级中随机选择 1 株,测量地径和高度;用算术平均数法计算每丛的平均地径和平均高度,将各丛的平均地径和平均高度用算术平均数法计算各类型的平均地径和平均高度。同时调查每丛竹新发苗发笋(以下简称新发苗)株数,用算术平均数法计算各类型的新发苗数量,以株(n)为单位。

### 2.3 数据分析方法

对采集的数据按造林苗木类型进行整理后,采用 WPS 表格工具进行方差分析和 F 检验<sup>[6]</sup>,分析和检验 3 种类型的苗木对造林后竹子的径生长、高生长、发苗发笋情况是否有显著影响,并根据分析结果提出今后造林建议。

## 3 结果与分析

### 3.1 不同类型苗木造林生长情况

裸根苗造林的平均地径为 0.61 cm,平均高为 1.01 m,萌发新苗 8 株/丛;母竹分株苗造林的平均地径为 0.85 cm,平均高为 1.28 m,萌发新苗 4.4

株/丛;营养袋苗造林的平均地径为 0.46 cm,平均高为 0.91 m,萌发新苗 12.8 株/丛(表 1,表 2,表 3)。

表 1 不同类型竹苗造林地径生长

Tab. 1 Ground diameter growth of different types of bamboo seedlings afforestation cm

苗木类型	地径	地径总和	平均地径	地径平方和
裸根苗	0.72, 0.58, 0.61, 0.60, 0.58, 0.56, 0.72, 0.38, 0.75, 0.56	6.06	0.61	3.7758
母竹分株苗	0.93, 1.13, 0.75, 0.83, 0.95, 0.73, 0.53, 0.63, 1.30, 0.70	8.48	0.85	7.6864
营养袋苗	0.36, 0.40, 0.46, 0.49, 0.42, 0.48, 0.48, 0.47, 0.60, 0.48	4.64	0.46	2.1898
合计		19.18		13.6520

表 2 不同类型竹苗造林苗高生长

Tab. 2 High growth of different types of bamboo seedlings afforestation m

苗木类型	苗高	苗高总和	平均苗高	苗高平方和
裸根苗	1.13, 0.97, 1.23, 0.83, 1.13, 1.17, 1.07, 0.60, 1.07, 0.93	10.13	1.01	10.5801
母竹分株苗	1.37, 1.73, 1.37, 1.07, 1.43, 1.27, 0.87, 0.90, 1.60, 1.17	12.78	1.28	17.0452
营养袋苗	0.77, 0.80, 0.97, 1.10, 0.90, 0.77, 0.97, 0.77, 1.17, 0.83	9.05	0.91	8.3783
合计		31.96		36.0036

表 3 不同类型竹苗造林对新发苗(笋)数量影响的方差分析

Tab. 3 Variance analysis of the impact of different types of bamboo seedlings (shoots) afforestation on the number of new seedlings 株/丛

苗木类型	新发苗(笋)数量	新发苗(笋)数量总和	平均发苗(笋)数量	发苗(笋)数量平方和
裸根苗	9, 8, 12, 7, 14, 6, 8, 4, 7, 5	80	8.0	724
母竹分株苗	3, 7, 3, 3, 5, 3, 4, 9, 4, 3	44	4.4	232
营养袋苗	8, 9, 21, 9, 17, 13, 14, 6, 21, 10	128	12.8	1898
合计		252		2854

不同类型竹苗造林的地径、苗高、新发苗(笋)数量比较见图 1,图 2,图 3。

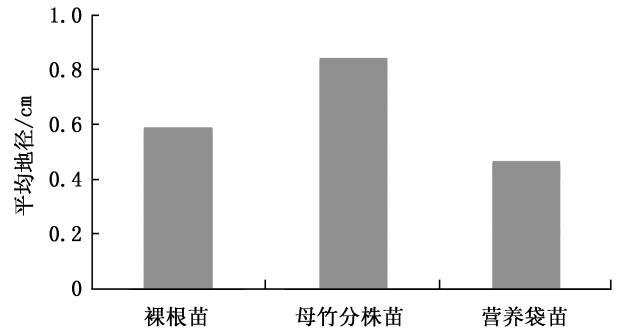


图 1 不同类型竹苗造林地径生长比较

Fig. 1 Comparison of ground diameter growth of different types of bamboo seedlings afforestation

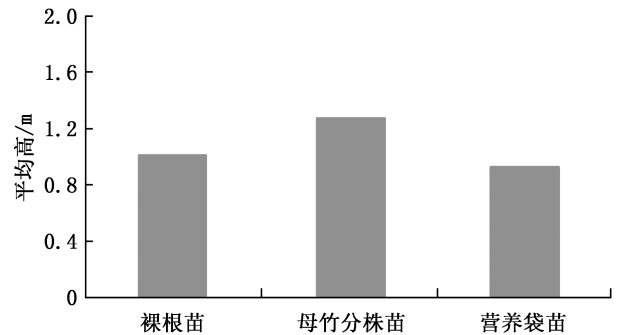


图 2 不同类型竹苗造林苗高生长比较

Fig. 2 Comparison of height growth of different types of bamboo seedlings afforestation

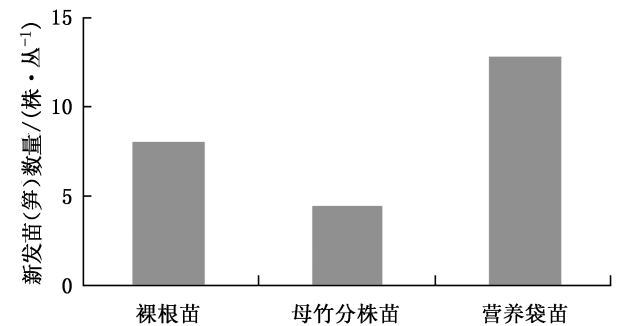


图 3 不同类型竹苗造林新发苗(笋)数量比较

Fig. 3 Comparison of the number of new seedlings of different types of bamboo seedlings afforestation

从图 1 可以看出,平均地径:母竹分株苗造林 > 裸根苗造林 > 营养袋苗造林。

从图 2 可以看出,平均苗高:母竹分株苗造林 > 裸根苗造林 > 营养袋苗造林。

从图 3 可以看出,新发苗(笋)数量:营养袋苗造林>裸根苗造林>母竹分株苗造林。

### 3.2 方差分析与 F 检验

#### 3.2.1 不同类型苗木造林对地径生长影响的方差分析与检验

假设苗木类型对造林后竹子地径生长无显著影响,那么,  $F < F_{\alpha}$ 。

不同类型苗木造林对地径生长影响的方差分析与检验结果见表 4。

表 4 不同类型苗木造林对地径生长影响的方差分析与 F 检验

Tab. 4 Variance analysis and F-test of the impact of different types of bamboo seedlings afforestation on ground diameter growth

变差来源	离差平方和	自由度	方差	F	F $_{\alpha}$
组间 (L 间)	0.753946667	3-1 = 2	0.376973333	16.01264867	F $_{0.05}$ (9,27) = 2.25
组内 (L 内)	0.63564	30-3 = 27	0.023542222		F $_{0.01}$ (9,27) = 3.15
总和 (L 总)	1.389586667	29			

由于  $F = 16.01264867$ , 大于  $F_{0.01}(9, 27) = 3.15$ , 假设不成立, 因此, 苗木类型对造林后竹子地径生长有显著影响。

#### 3.2.2 不同类型苗木造林对竹高生长影响的方差分析与检验

假设苗木类型对造林后竹子高生长无显著影响,那么,  $F < F_{\alpha}$ 。

不同类型苗木造林对竹高生长影响的方差分析与检验结果见表 5。

由于  $F = 4.639011419$ , 大于  $F_{0.01}(9, 27) = 3.15$ , 假设不成立, 因此, 苗木类型对造林后竹子高生长有显著影响。

#### 3.2.3 不同类型苗木造林对新发苗(笋)数量影响的方差分析与检验

假设苗木类型对造林后竹子的新发苗量无显著影响,那么,  $F < F_{\alpha}$ 。

不同类型苗木造林对新发苗数量影响的方差分析与检验结果见表 6。

由于  $F = 12.55287958$ , 大于  $F_{0.01}(9, 27) = 3.15$ , 假设不成立, 因此, 苗木类型对造林后竹子的新

表 5 不同类型苗木造林对竹高生长影响的方差分析与 F 检验

Tab. 5 Variance analysis and F-test of the impact of different types of bamboo seedlings afforestation on height growth

变差来源	离差平方和	自由度	方差	F	F $_{\alpha}$
组间 (L 间)	0.500126667	3-1 = 2	0.250063333	4.639011419	F $_{0.05}$ (9,27) = 2.25
组内 (L 内)	1.45542	30-3 = 27	0.053904444		F $_{0.01}$ (9,27) = 3.15
总和 (L 总)	1.955546667	30-1 = 29			

表 6 不同类型苗木造林对新发苗(笋)数量影响的方差分析与 F 检验

Tab. 6 Variance analysis and F-test of the impact of different types of bamboo seedlings afforestation on the number of new seedlings (shoots)

变差来源	离差平方和	自由度	方差	F	F $_{\alpha}$
组间 (L 间)	355.2	3-1 = 2	177.6	12.55287958	F $_{0.05}$ (9,27) = 2.25
组内 (L 内)	382	30-3 = 27	14.14814815		F $_{0.01}$ (9,27) = 3.15
总和 (L 总)	737.2	30-1 = 29			

发苗数量有显著影响。

## 4 结论与讨论

### 4.1 结论

采用 1 年生金佛山方竹裸根实生苗、1 年生实生营养袋苗和母竹分株单株苗进行造林,对造林后竹苗地径生长、苗高生长和新发苗(笋)数量均有显著影响,其结果为:

对地径生长的影响为:母竹分株苗造林>裸根苗造林>营养袋苗造林。

对苗高生长的影响为:母竹分株苗造林>裸根苗造林>营养袋苗造林。

对新发苗(笋)数量的影响为:营养袋苗造林>裸根苗造林>母竹分株苗造林。

### 4.2 讨论

不同类型苗木对地径生长的影响具有一致性,



即:母竹分株苗造林>裸根苗造林>营养袋苗造林,而对新发苗数量的影响刚好相反,即营养袋苗造林>裸根苗造林>母竹分株苗造林。主要原因是:母竹分株苗的萌发能力与 1 年生实生苗相比,萌发能力相对较弱<sup>[7]</sup>,因此萌发出来的新生苗较少,土壤供给的营养、水分相对较多,因此,地径较粗、苗高较高。1 年生裸根苗和营养袋苗造林后的平均地径较粗,平均苗高相对较高。营养袋苗在起苗和运输途中对根系的损伤较小或基本不损伤,种植后很快能适应新环境,造林后萌发出比裸根苗造林更多的新生苗,由于萌发出的新生苗多,与裸根苗造林相比,单株营养和水分的供给相对较少,因此营养袋苗造林后的地径和苗高生长小于裸根苗造林。但这次研究仅限于造林后 1 年半的时间,长期的影响还有待进一步研究。

## 5 建 议

在今后的造林中尽量不要采用母竹分株单株苗造林。在采用裸根苗造林时尽可能采取就近育苗方式,减少水分蒸发;需要远距离调运苗木时应提前对造林地块进行整地,在苗木运输中采取保湿措施,苗木运送到造林地后应及时种植。在采用营养袋苗造

林时,应注意施足底肥,并在第二年新发苗(笋)成竹后及时疏除移栽时的母苗和弱小的新发苗。

## 参考文献:

- [1] 昭通市人民政府. 昭通全力打造绿色生态产业“金字招牌”综述[EB/OL]. (2019-09-26). [https://www.sohu.com/a/343715215\\_120207547](https://www.sohu.com/a/343715215_120207547).
- [2] 中国科学院中国植物志编辑委员会. FRPS 中国植物志[EB/OL]. (2020-03-27). <http://www.iplant.cn/frps2019/frps/Sect.%20Oreocalamus>.
- [3] 360 百科. 二溪村[EB/OL]. (2021-03-27). <https://baike.so.com/doc/8283329-8600318.html>.
- [4] 刘明清. 保护与发展并重 生态与脱贫双赢——水富林草局助推脱贫攻坚大决战纪实[EB/OL]. 2021-03-27. [https://www.sohu.com/a/425363610\\_100017917](https://www.sohu.com/a/425363610_100017917).
- [5] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. 造林技术规程[S]. 2016:6-7.
- [6] 于尔循, 罗鸣福, 王绍宗. 数理统计[M]. 北京: 中国林业出版社, 1984: 173-191.
- [7] 董文渊, 黄宝龙, 谢泽轩, 等. 密度调节与轮间制采笋对箬竹林竹笋—幼竹生长的影响[J]. 林业科学, 2002, 38(5): 78-82.

责任编辑: 许易琦

(上接第 100 页)

情,亚洲象在老挝一侧肇事和破坏农作物等情况发生后,老挝政府无法通过任何形式对老挝边民进行补偿,加之老挝一侧经济较为落后,边民多处于贫困线上,因此,对于跨境亚洲象保护有抵触情绪,以往尚勇保护区破获多起猎杀亚洲象案件,均系老挝人跨国入境所为<sup>[4]</sup>。目前由于中方管控严格,导致跨境亚洲象在老挝一侧遭到屠杀。因此,将跨境自然保护区的经济发展纳入各国的发展规划中,跨境自然保护区的建立和发展离不开经济支撑,边境各国经济发展直接影响到跨境自然保护区的发展<sup>[5]</sup>。提升中老边境区域两国边民收入是开展跨境亚洲象联合保护的途径之一。同时,通过中方林业部门与老挝北部三省资源环保厅的积极沟通合作,跨境亚洲象保护方面的成效正在不断提升,区域生物多样

性保护得到加强。

## 参考文献:

- [1] 张立. 中国亚洲象现状及研究进展[J]. 生物学通报, 2006, 41(11): 1-4.
- [2] 王利繁, 李泽君, 罗爱东, 等. 中老跨边境生物多样性保护措施初探[J]. 林业调查规划, 2015, 40(2): 149-152.
- [3] 冯利民, 张立. 云南西双版纳尚勇保护区亚洲象对栖息地的选择[J]. 兽类学报, 2005, 25(3): 229-236.
- [4] 赵建伟, 王利繁. GIS 技术在西双版纳尚勇保护区亚洲象保护方案设计中的应用[J]. 林业调查规划, 2007, 32(3): 18-32.
- [5] 龙悦宁. 中、老、缅跨境自然保护区合作中的法律问题[J]. 东南亚南亚研究, 2017(3): 52-57.

责任编辑: 许易琦

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.02.035

## 高山草甸的经营发展模式探讨

李 飞

(会泽县林业和草原局,云南 会泽 654200)

**摘要:**对会泽县大海乡高山草甸国家样地监测区的牧草进行样地调查,同时走访调查高山草甸所涉及 6 个村委会农户的牛羊数量、放牧方式及其经济收入,也对国家 4A 级旅游风景区 12 000 hm<sup>2</sup> 草甸的游客数量、旅游方式、景点和餐饮进行调查,旨在掌握畜牧业和旅游业对草甸生态和经济的影响,探讨高山草甸的经营发展模式。结果表明,畜牧业的发展达到草蓄平衡,旅游业的发展对草甸本身没有造成环境破坏,反而更能促进草甸生态的保护,通过政府部门有效的管理措施,畜牧业和旅游业的发展方式得到转变,高山草甸既能发展畜牧业和旅游业,旅游业也能更好地保护高山草甸生态。

**关键词:**草甸生态;经营模式;畜牧业;旅游业;大海乡高山草甸

中图分类号:S812.8 文献标识码:A 文章编号:1671-3168(2023)02-0188-05

引文格式:李飞.高山草甸的经营发展模式探讨[J].林业调查规划,2023,48(2):188-192. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.02.035

LI Fei. Management and Development Model of Alpine Meadows[J]. Forest Inventory and Planning, 2023, 48(2): 188-192. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.02.035

## Management and Development Model of Alpine Meadows

LI Fei

(Huize Bureau of Forestry and Grassland, Huize, Yunnan 654200, China)

**Abstract:** The sample survey was carried out in the national sample plot monitoring area of the alpine meadow in Dahai Township, Huize County, at the same time, the number of cattle and sheep, grazing methods and economic income of the farmers of the six village committees involved in the alpine meadow were investigated. The survey was also conducted on 12 000 hm<sup>2</sup> of meadow in the national 4A-class scenic spot in order to understand the impact of animal husbandry and tourism on the ecology and economy of the meadow, and then the management and development model of alpine meadow was discussed. The results showed that the development of animal husbandry had reached the balance of grass storage, and the development of tourism had not caused any damage to the environment of the meadow itself, but could promote the protection of the meadow ecology, and the development mode of animal husbandry and tourism had been changed. The alpine meadow could not only develop the animal husbandry and tourism, but also protected the alpine meadow ecology better.

**Key words:** meadow ecology; management model; animal husbandry; tourism; alpine meadow in Dahai Township

收稿日期:2021-10-14;修回日期:2021-10-21.

第一作者:李飞(1983-),男,云南会泽人,高级工程师.主要从事天然林保护和退耕还林工作.

草原生态系统是陆地生态系统的重要组成部分,其不仅是重要的畜牧业生产基地,而且是重要的生态屏障,也是发展观光旅游业的旅游资源,草原生态状况直接关系到国家的整体生态安全。会泽县地处滇东北乌蒙山主峰地段,位于金沙江上游,生态区位重要。大海草山属高山草甸,加快草原生态修复治理,充分发挥其生态保护、旅游和畜牧生产等多种功能,对增加农民收入、维护国家生态安全具有重要意义。通过样地调查和走访调查的方式,得出保护生态能促进产业的发展,发展产业可以更好地保护生态,生态和产业能够相互促进、相互协调发展,为政府、林草和旅游部门提供参考<sup>[1-4]</sup>。

## 1 调查地概况

大海乡土地总面积 332.47 km<sup>2</sup>,草山面积 12 000 hm<sup>2</sup>,辖 22 个行政村、182 个村民小组、219 个自然村,位于县城西北部,距县城 28 km,介于 103°5'50"~103°19'20"E,26°7'20"~26°3'10"N,区域内高山深谷纵横,地形破碎,海拔为 780~417.3 m。属温带高原气候,地处印度洋季风区,纬度较低,气候温和,年均

温 8.5℃,降雨量 1 370 mm,相对湿度 75%,无霜期 156 d。区域内土壤以亚高山草甸土为主,有部分沼泽土,土壤有机质 15.5%,pH 值 4.2~5.5。天然草场牧草优势种以禾本科的羊茅、牛毛毡,蔷薇科的西南萎陵菜及鸭茅、白三叶、蒲公英、母菊、接骨草、披碱草和珠牙菱等其他杂草类组成,植被覆盖度 85%。据调查,共有天然草类资源 200 余种,独特的草山风光形成了美丽的大海草山,属国家 4A 级风景区,每年旅游季 7—8 月都吸引了大量的游客来观光旅游<sup>[5-7]</sup>。

## 2 材料与方方法

采用样地调查与走访农户相结合的调查方法,进行相关数据和信息资料的收集。国家样地监测区分为常规、永久、刈割和辅助监测区,具体调查方法按照国家监测样地的技术规程,设立 1 m×1 m 的正方形样地(每个样地面积 1 m<sup>2</sup>);调查内容包括样地经纬度、海拔、植物盖度、草群平均高度、植物种类、主要植物种类和产草量(表 1)。

表 1 样地基础信息

Tab. 1 Basic information of sampling plots

国家样地监测	东经	北纬	海拔 /m	植物盖度 /%	平均高度 /cm	植物种类 /种	主要植物	产草量 /kg
常规	103°15'56"	26°12'51"	3473.9	94	60	7	鸭茅、萎陵菜、白三叶	1.8
永久	103°15'55"	26°12'52"	3476.2	96	55	6	鸭茅、萎陵菜、接骨草	2.0
刈割	103°15'58"	26°12'52"	3466.2	70	30	9	蒲公英、母菊、白三叶	0.4
辅助	103°15'39"	26°12'55"	3493.1	89	50	7	鸭茅、萎陵菜、白三叶	0.6

走访农户调查涉及 6 个村的畜牧业养殖大户和一般农户,旅游景区的管理负责人,主要调查养殖户牛羊数量、放牧方式和经济收入,旅游景区游客数量、旅游方式、餐饮和经济收入,走访调查采用访问、交谈的方式开展。

## 3 结果与分析

### 3.1 政府部门对草山的管理

林草部门充分发挥林业和草原的监督管理作用,提高科技支撑水平。会泽县林草部门对草山实施生态修复 2020 年 3 773.3 hm<sup>2</sup>,加固围栏 6.19 km;2021 年 2 166.7 hm<sup>2</sup>,新建围栏 23 km。县草原站每月实行固定样地监测数据上报,实时掌握草原的生

态变化过程。乡政府及林业站聘用专职草原管理员对草山实施管护,劳务管护费 0.6 万元/(a·人),实行一年一聘,每个村 2 人,合计 12 人,负责各村委会放牧区围栏的开启和关闭,禁牧区和休牧区日常的监督和管理。每年 6—10 月是禁牧区,牛羊全部赶出草山,恢复草山的自然生长。大海乡政府加强了草山的监督和管理,下达《关于加强草原生态修复治理项目管理事宜》(大政发[2021]23 号)的通知,在山地推行林草结合,以林护草、以草固土,促进物种较单一的草地向更复杂更稳定的带隔护林带的稀树草地转变,同时村委会、牧民和周边群众也积极主动地参与管理,全身心投入到草山保护中。



### 3.2 畜牧业对草山生态和经济的影响

传统养殖业牧民放牧方式从常年放牧到现在的季节性放牧,草原植被盖度提高、生态草原种群数量

增加、生态环境明显改善。各村林草面积及畜牧业发展状况见表 2。

表 2 各村林草面积及畜牧业发展状况

Tab. 2 Area of forest and grass and development status of animal husbandry in each village

行政村	林地/hm <sup>2</sup>	草地/hm <sup>2</sup>	牛			羊		
			户数/户	数量/万头	收入/万元	户数/户	数量/万只	收入/万元
坪管村	1233.3	1866.7	80	0.04	160	23	0.4	192
大菜园	333.3	3066.7	50	0.02	80	45	0.8	384
大脑包	1466.7	1266.7	35	0.01	40	15	0.3	144
绿荫塘	646.7	1200.0	12	0.01	40	13	0.2	96
鲁纳管	506.7	2200.0	175	0.06	240	50	0.5	240
观音岩	286.7	2400.0	189	0.08	320	62	0.6	288
合计	4473.3	12000.0	541	0.22	880	208	2.8	1344

#### 3.2.1 草畜平衡

根据样地调查的数据资料统计,平均产草量 1.2 kg/m<sup>2</sup>,大海草山面积 12 000 hm<sup>2</sup>,年可产鲜草 14 400 万 kg,年可饲养 35 600 个羊单位,通过实现分季节放牧、圈养配合散养,草山和林地相互替代以提高牲畜单产量和价值量代替单纯增加牲畜数量的原始方式,提高草地生产价值,全面提高大海乡畜牧业发展的整体水平,从根本上转变纯放牧的饲养方式,利用农作物副产物饲喂牲畜。2020 年大海乡 6 个村委会养牛 0.22 万头(1 hm<sup>2</sup>/头),需要草山面积 2 200 hm<sup>2</sup>;养羊 2.8 万只(0.3 hm<sup>2</sup>/只),需要草山面积 9 333.3 hm<sup>2</sup>,牛羊合计需要草山面积 11 533.3 hm<sup>2</sup>,未超出草山总面积,可以达到草畜平衡。据调查农户资料显示,当地的农户从记事三十多年来,草山生态环境没有明显的变化,一直以来在低矮的山丘处有稀少的红色杜鹃花和小竹丛,以前当地农户挖掘作为燃料,现在农户普遍用电燃料充足,杜鹃花和小竹丛增多,生态的自然修复功能越来越好。传统的放牧方式转变了,家庭主要的经济来源是外出务工,没有强劳动力的农户会选择在家养殖牛羊,养羊大户很少。大海乡是全县海拔最高的区域,全年较冷,平均温度低于县城 3℃,养羊大户有 22 家,大部分农户养羊 1~5 只,没有养牛大户,一般养殖牛 5~10 头。牛羊把山上放牧区的草吃完,有效地减少了鼠害和虫害(白土蚕)发生,第二年可以自然更新生长,未对草山形成破坏性的影响,也在草原生态的承受范围之内,没有形成超重、超负荷放牧,草皮未受到破坏。牛羊的粪便在山上可以形成天然的自然

机肥料,促进草的生长。同时在旅游季节,稀疏的牛羊在草山上形成了风景区的旅游景观,是游客心中生态平衡、和谐自然的正面反映。

#### 3.2.2 畜牧业对经济的影响

从表 2 统计各村畜牧业发展的数据情况来看,弱劳动力不能外出务工,养殖成了其主要的经济来源。从事养羊 120~130 只以上的大户,按 60%出栏率,可以出售 60~70 只/年,平均收入 800 元/只,可以增加收入 6~7 万元。散养户养羊 1~5 只,30%是为了改善生活状况和质量,在逢年过节时宰杀,70%是出售 2~4 只羊作为家庭的次要收入 0.2~0.4 万元。养牛的规模有 5~10 头,可以出售牛仔 2~5 头/年,按 40%出栏率,牛仔平均 1 万元/头,可以增加经济收入 2~5 万元。对于农民来说,无论经济收入的多少,都是家庭经济收入的重要组成部分。农户养牛主要是出售牛仔,优质好的母牛牛仔,就自留作为繁殖的母牛来饲养。2020 年大海乡畜牧业总产值 9 845 万元、农民人均纯收入 3 393 元,占农民人均纯收入的 25.5%,缩小山区与坝区的差距,加快山区农民致富步伐。

### 3.3 旅游业对草山生态和经济的影响

#### 3.3.1 旅游对生态的影响

2018—2020 年不同旅游方式的游客数量见表 3。

从表 3 可以看出,2018—2020 年 3 年间,旅游业人数呈逐渐上升趋势,说明大海草山国家 4A 级景区是人们向往的旅游胜地。游客均是从县城或者县城外开车到旅游景区,在景区大门口的停车场集中停车,统一坐景区旅游观光车游览,景区内只有一

表 3 不同旅游方式的游客数量

Tab. 3 Number of tourists with different

tourism methods						万人
年度	旅游方式	自驾游	团队	公益性	散客	合计
2018	观光游	3.9	1.7	0.7	1.6	7.9
2019	观光游	4.2	1.8	0.8	1.7	8.5
2020	观光游	5.7	2.5	1.1	2.3	11.5
2020	草山滑雪	3.5	—	—	—	3.5

表 4 景区门票价格及收入

Tab. 4 Ticket prices and income of scenic spots

年度	旅游方式	门票/元	数量/万张	收入/万元
2018	观光游	55	3.9	214.5
2019	观光游	55	4.2	231.0
2020	观光游	37	5.7	210.9
2020	草山滑雪	120	3.3	396.0

条环形的旅游单行道,旅游观光车只在眺望犀牛和观景台 2 个景点停留,主要是防止旅游景区的承受能力超载,减少污染,同时有效避免景区内交通的拥挤和事故的发生。散客旅游不进入景区,只在景区大门口外短暂地停留,看过草山景色,吃过烧洋芋和羊肉串后就离开。草山滑雪场每年 12 月至次年 2 月营业 3 个月,游客从高空索道坐缆车上去,再滑雪下来,如果天气原因不下雪便人工造雪,到第二年的草山生长季,地上也长出旺盛的草丛,滑雪项目对草皮没有形成毁灭性的破坏。景区只允许特种车辆通行,比如草原监理车、基站通讯维修车、道路维修车进去短暂地停留,不会对环境造成破坏和污染。游客的集中观光区域也是美食接待区,设置有区域专职保洁员和移动垃圾箱,每一批游客过后,区域专职保洁员即可收拾游客留下的垃圾,美食接待区摊主负责各自范围内的环境卫生,每天晚上都把垃圾箱内的垃圾清运干净,在景区的任何位置都看不到垃圾,游客的观光旅游对草山没有造成环境污染。

### 3.3.2 旅游业对经济的影响

#### 1) 景区门票

2018—2020 年景区门票价格及收入见表 4。

从表 4 可以看出,观光旅游 2018、2019 年收费 55 元/张,包含 20 元的旅游观光车票,2020 年因受疫情影响,上级发改部门发文,价格调整为半价,收费为 37 元/张,但游客数量仍然逐渐增加,经济收入也呈上升趋势。门票销售对象主要是自驾游客,团队旅游是旅行社和旅游管理部门合作,可以直接进入景区游览;公益性旅游是政府部门组织做出贡献的军人、致富带头人、优秀教师及中青年业务技术骨干等特殊人才的旅游。2020 年观光旅游县财政收入 210.9 万元,下拨景区派出所经费 15 万元,财政所 15 万元,林业站 30 万元(用于 2021 年景区草原生态修复项目经费)。草山滑雪场 2019 年开工建设,2020 年开始营业,门票 100~140 元/人,平均每人滑雪一次,消费接近 1 000 元,卖出门票 3.3 万张,收入 396.0 万元,10%的资金用于滑雪场建设的草地恢复费用,30%的资金上缴财政。

#### 2) 旅游餐饮业

景区门口有 1 家餐馆,主要经营烤全羊和本地原生态蔬菜,特色小吃主要是烤羊肉串、烧洋芋、燕麦粑粑(火疠子粑粑),在观景台和眺望犀牛景点还可以骑毛驴和马。景区门口餐饮种类及单价见表 5。

表 5 餐饮种类及单价

Tab. 5 Types and prices of restaurants

年度	类别	规模数量/家	羊肉串/元	烧洋芋/元	燕麦粑粑/元	烤全羊/元	收入/万元	
							最少	最多
2018	特色小吃	15	2.0~2.5	1.0~1.5	2.0~4.0	—	0.3	6
2019	特色小吃	18	2.5~3.0	2.0~2.5	2.5~4.5	—	0.5	8
2020	特色小吃	23	3.0~3.5	2.0~3.0	3.0~5.0	—	0.9	15
2020	餐馆	1	—	—	—	3000	15.5	

从表 5 中可以得出,旅游景区门口有 1 家餐馆,2020 年建设投入使用,房屋权属为大菜园村委会的

集体财产,2020 年卖出烤全羊 55 只,价格 3 000 元/只,收入 15.5 万元。现在人们的收入增加,生活质

量提高,消费观念和水平均得到改变,烤全羊都是大海草山的本地纯生态绵羊,较受游客喜爱。特色小吃最受欢迎的就是烤羊肉串,一只羊毛重 30 kg,可以销售羊肉 1 000 串,3 元/串,收入 3 000 元,扣除成本 1 000 元,能增加业主经济收入 2 000 元,2018 年以来规模数量、价格和经济收入均呈上升趋势。游客到每个景点均可以开展体验牛屎粑粑烧洋芋、品味火疔子粑粑、骑驴和骑马项目。2020 年业主收入最少的 0.9 万元,最多的 15 万元。

#### 4 结论与建议

保护和修复高山草甸生态能促进畜牧业和旅游业的发展,发展畜牧业能增加农户的经济收入,发展旅游业能增加财政收入也能反哺促进草山的生态修复保护,本文讨论的高山草甸发展模式对其保护和开发利用既能互相影响,也能相互促进,在当代经济发展下,有据可行。

建议上级政府部门把旅游总收入的 20% 拨付给林草部门用于草山的生态修复项目建设,10% 用

于当地农户的生态补偿费。

#### 参考文献:

[1] 张婷. 高山草甸旅游开发研究[D]. 昆明:云南大学,2017.

[2] 丘勤. 格拉达杜鹃灼灼的高山草甸[J]. 旅游,2012(4):70-73.

[3] 李文华,周兴民. 青藏高原生态系统及优化利用模式[M]. 广州:广东科技出版社,1998.

[4] 张大勇,王刚,杜国祯. 甘南山地草原人工草场的演替[J]. 植物生态学报,1990(2):103-109.

[5] 张秀云,姚玉璧,王润元. 亚高山草甸类草地退化评估及草地保护对策[J]. 水土保持通报,2008(6):143-145.

[6] 姚玉璧,邓振镛,尹东,等. 黄河首曲流域草地生态与自然环境退化成因及对策研究[J]. 草业革命,2007(12):87-93.

[7] 周华坤,赵新全,周立,等. 青藏高原高寒草甸的植被退化与土壤退化特征研究[J]. 草业学报,2005(3):31-40.

责任编辑:杨焱熔

(上接第 114 页)

[17] 李锡文. 中国种子植物区系统计分析[J]. 云南植物研究,1996,18(4):363-384.

[18] 吴征镒. 中国种子植物属的分布区类型[J]. 植物分类与资源学报,1991,13(S4):1-3.

[19] 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:云南科技出版社,2006.

[20] 彭华. 无量山种子植物区系的特有现象[J]. 云南植物研究,1997,19(1):1-14.

[21] 汪松,解焱. 中国物种红色名录(第 1 卷):红色名录

[M]. 北京:高等教育出版社,2004.

[22] 熊子仙. 云南资源植物学[M]. 昆明:云南教育出版社,1997.

[23] 杨岚,李恒. 云南湿地[M]. 北京:中国林业出版社,2010.

[24] 中国科学院昆明植物研究所,昆明市西山林场. 妙高寺古树植物群落科学考察报告[M]. 昆明:云南科技出版社,2019.

责任编辑:陈旭



doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.02.036

## 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  
(云南农业大学,云南昆明 650201)

**摘要:**为促进猕猴桃果实发育,提高果实品质,以中华绿肉猕猴桃为试验品种,叶面喷施 0.5% 磷酸二氢钾铵,研究喷施叶面肥磷酸二氢钾铵对猕猴桃果实发育和品质的影响。结果表明,喷施叶面肥磷酸二氢钾铵可促进果实果梗长度、粗度以及果实横径、纵径的发育;显著提高猕猴桃果实中维生素 C 含量,但对猕猴桃果实重量、可溶性固形物含量及可滴定酸含量无显著影响。

**关键词:**猕猴桃;磷酸二氢钾铵;叶面肥;果实发育;果实品质

中图分类号:S753.532;S663.4;Q945.65 文献标识码:A 文章编号:1671-3168(2023)02-0193-04

**引文格式:**杨慧,李琦,伍峥,等. 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[J]. 林业调查规划, 2023,48(2):193-196. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.02.036

YANG Hui, LI Qi, WU Zheng, et al. Influence of Foliar Application Potassium Ammonium Dihydrogen Phosphate on Fruit Development and Quality of Kiwifruit[J]. Forest Inventory and Planning, 2023, 48(2): 193-196. doi: 10.3969/j.issn.1671-3168.2023.02.036

### Influence of Foliar Application Potassium Ammonium Dihydrogen Phosphate on Fruit Development and Quality of Kiwifruit

YANG Hui, LI Qi, WU Zheng, GUO Shize, TANG Tianrui, YANG Xuehu  
(Yunnan Agricultural University, Kunming 650201, China)

**Abstract:** To improve the development and quality of kiwifruit, Chinese green-fleshed kiwifruit was sprayed with 0.5% potassium dihydrogen phosphate, and the effects of spraying foliar fertilizer potassium dihydrogen phosphate on the development and quality of kiwifruit were studied. The results showed that spraying potassium ammonium dihydrogen phosphate could promote the development of fruit stem length, thickness and horizontal and vertical diameter; the content of vitamin C in kiwifruit was significantly increased, but it had no significant effect on the weight, soluble solids and titratable acid content of kiwifruit.

**Key words:** kiwifruit; potassium ammonium dihydrogen phosphate; foliar fertilizer; fruit development; fruit quality

猕猴桃是猕猴桃科(Actinidiaceae)猕猴桃属(*Actinidia*)多年生攀缘性落叶藤本植物,目前已有 100 多年栽培历史,是我国常见水果之一<sup>[1-3]</sup>。中国、意大利、新西兰、智利和希腊是世界猕猴桃生产

大国<sup>[4]</sup>,2016 年全球猕猴桃年产达 400 万 t,其中我国猕猴桃产量达 160.27 万 t,位居世界第一<sup>[5]</sup>。我国猕猴桃主产区包括陕西、四川、湖南、湖北、重庆和贵州等<sup>[6]</sup>。在众多水果中猕猴桃号称水果之王,果实

收稿日期:2021-09-16.

第一作者:杨慧(1998-),女,四川乐山人,研究生.研究方向为果实生理与分子.

责任作者:杨学虎(1971-),男,云南大理人,副教授.研究方向为果实生理与生态.

清香多汁,酸甜爽口,风味鲜美,果肉中含有钙、铁、钾、磷、镁等多种矿物质,以及苯丙氨酸、亮氨酸等人体所需的 17 种氨基酸。猕猴桃中含量最多的营养成分是维生素 C,被誉为“维 C 之王”<sup>[7]</sup>。猕猴桃有着巨大的商业潜力<sup>[8-10]</sup>,既可鲜食,又可加工成罐头、果酱、果汁、果脯及酿酒等,深受消费者喜爱<sup>[11-13]</sup>。除食用价值外,猕猴桃的药用价值也很高,可全身入药,对防治维生素缺乏症、冠心病、高血压等均有功效<sup>[14]</sup>,具有广阔的发展前景。我国开展了大规模猕猴桃资源调查,培育出大批优良品种,种植面积和产量均大幅提高。然而,猕猴桃产业在我国虽已有较大规模,但猕猴桃产量和品质均不能适应激烈竞争的市场需求,不能满足国内市场的消费需求,与新西兰等国家相比,在国际市场上的占有份额也很少<sup>[15]</sup>。因此,必须保证猕猴桃产量和品质的进一步提高<sup>[16]</sup>,而施肥是提高猕猴桃产量和品质的重要措施<sup>[17-19]</sup>。

叶面肥作为猕猴桃果实营养的重要补充,喷施叶面肥对猕猴桃果实发育和品质的影响十分重要。磷酸二氢钾铵是一种含有氮、磷、钾等元素的多元复合肥料,具有施用方便,用量少,适用范围广,效果显著的特点,作为叶面肥喷施效果良好<sup>[20]</sup>。对于磷酸二氢钾铵对猕猴桃果实发育影响的相关研究还较少,根据夏静等<sup>[21]</sup>的研究,选择浓度为 0.5% 磷酸二氢钾铵对猕猴桃果实进行喷施,研究其对猕猴桃果实发育和品质的影响,为提高猕猴桃产量和品质,扩大栽培范围提供试验依据。

## 1 试验材料与方法

### 1.1 试验材料

试验地点位于云南农业大学东校区后山基地中心,土壤为红壤土。试验品种为中华猕猴桃中绿肉猕猴桃。供试磷酸二氢钾铵( $\text{KH}_2\text{PO}_4 \cdot \text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_2$ )肥是昆明隆祥化工有限公司提供的“隆祥”牌磷酸二氢钾铵复合肥。

### 1.2 试验方法

采用完全随机设计,设置 2 个处理(包括对照组),5 个重复,在果园中随机选 10 棵结果量和生长势相近的猕猴桃,其中 5 棵为对照组,5 棵为试验组,每棵树上随机选 5 个果实挂牌编号。用精确度为 0.01 cm 的游标卡尺测量每个猕猴桃的果梗长度、粗度,以及果实横径、纵径 4 个数据,每 15 d 测量 1 次直至收获,最后根据测得数据,分析发育情况的变化。

选择晴朗无风的日子,在早晨 10:00 之前或下

午 15:00 以后,以 0.5% 磷酸二氢钾铵( $\text{KH}_2\text{PO}_4 \cdot \text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_2$ )作为叶面喷施肥料,对试验组结果枝的果实及叶面进行喷施,对照组喷施清水,共喷施 3 次,即 5 月 18 日喷第 1 次,6 月 2 日喷第 2 次,6 月 17 日喷第 3 次。果实成熟后,摘下编号标记的果实,分别测量果实的单果重以及可溶性固形物、可滴定酸、维生素 C 含量,进行品质测定。

### 1.3 测定项目

#### 1.3.1 猕猴桃的生长变化

猕猴桃果实发育情况主要测量猕猴桃果实的横径、纵径,以及果梗长度、粗度 4 个指标,采用精确度为 0.01 mm 的游标卡尺。从 6 月 4 日开始测量,每 15 d 测量 1 次,共测量 7 次。

#### 1.3.2 品质测定

使用精确度为 0.01 g 的电子天平直接测量果实重量;采用折光仪法<sup>[22]</sup>测量猕猴桃果实中可溶性固形物含量;采用标准滴定法<sup>[23]</sup>测定可滴定酸含量;采用碘量法<sup>[24]</sup>测定猕猴桃果实中维生素 C 含量。

### 1.4 数据处理与分析

采用 Excel 2010 和 SPSS 25 软件对所测数据进行分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 喷施叶面肥对猕猴桃果实发育的影响

#### 2.1.1 叶面喷施 0.5% 磷酸二氢钾铵对猕猴桃果实横径及纵径的影响

施肥后猕猴桃果实横径、纵径变化情况见图 1。

从图 1(a)可以看出,喷施组和对照组猕猴桃果实横径均呈持续增长趋势。自 6 月初开始喷施组果实横径明显大于对照组,6—7 月初横径增长速率快,7 月初之后开始缓慢增长。由图 1(b)可知,果实纵径方面,喷施组与对照组均呈同时增长趋势,6—7 月纵径增长速率较快,之后增长速率减慢,喷施组的纵径长度始终高于对照组( $P < 0.05$ )。由此可知,喷施 0.5% 磷酸二氢钾铵对猕猴桃果实横径、纵径生长均具有促进作用。

#### 2.1.2 叶面喷施 0.5% 磷酸二氢钾铵对猕猴桃果实果梗长度与粗度的影响

施肥后猕猴桃果实果梗长度、粗度变化情况见图 2。

从图 2(a)可以看出,6 月上旬,喷施组果实果梗长度呈快速增长趋势。从 6 月下旬开始,喷施组猕猴桃果实果梗长度保持较稳定的增长速度。与对照组相比,喷施 0.5% 磷酸二氢钾铵可显著提高猕

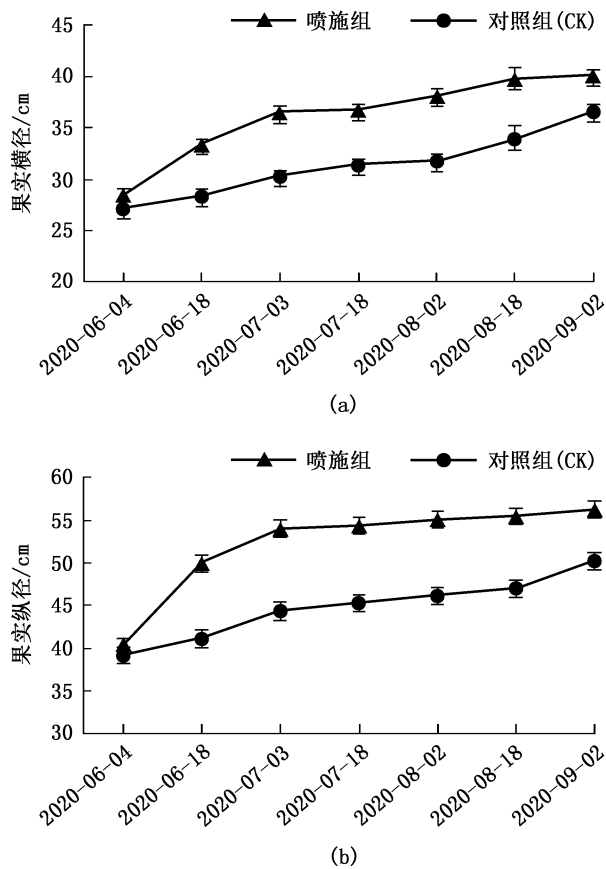


图 1 喷施 0.5%磷酸二氢钾铵对猕猴桃果实横径、纵径的影响  
Fig. 1 Effect of spraying 0.5% potassium ammonium dihydrogen phosphate on horizontal and vertical diameter of kiwifruit

猕猴桃果实果梗的生长速率。由图 2(b)可知,猕猴桃果梗粗度在 6 月初一直呈增长趋势。整体来看,6 月以后喷施组果实果梗粗度显著大于对照组。由此可知,喷施 0.5%磷酸二氢钾铵可促进猕猴桃果实果梗长度、粗度的发育。

### 2.2 喷施叶面肥对猕猴桃果实品质的影响

施肥后猕猴桃果实品质变化情况见表 1。

表 1 叶面喷施 0.5%磷酸二氢钾铵对猕猴桃果实品质的影响

Tab. 1 Effect of foliar spraying 0.5% ammonium dihydrogen phosphate on fruit quality of kiwifruit

果实品质指标	对照组(CK)	喷施组
维生素 C ( $\text{mg} \cdot 100^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$ )	32.30 ± 2.43a	65.18 ± 4.67b
可溶性固形物/%	8.97 ± 0.05a	9.20 ± 0.63a
可滴定酸/%	0.87 ± 0.10a	0.62 ± 0.08a
果实重量/g	48.65 ± 1.63a	52.89 ± 3.12a

注:同一行不同小写字母表示显著性差异( $P < 0.05$ )。

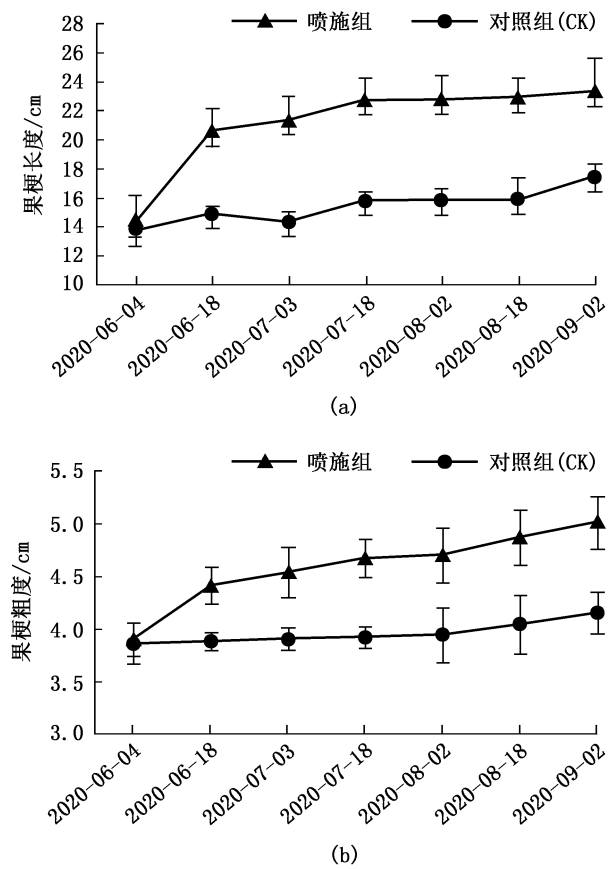


图 2 喷施 0.5%磷酸二氢钾铵对猕猴桃果实果梗长度、粗度的影响

Fig. 2 Effect of spraying 0.5% ammonium dihydrogen phosphate on stem length and thickness of kiwifruit

在维生素 C 含量方面,喷施组和对照组相比差异显著;在果实重量、可溶性固形物含量和可滴定酸含量方面,喷施组和对照组间差异不显著。由此可知,叶面喷施 0.5%磷酸二氢钾铵对果实重量、可溶性固形物含量和可滴定酸含量无显著影响,但能显著提高猕猴桃果实中维生素 C 含量。

### 3 讨论与结论

研究表明,磷元素参与植株光合作用各阶段的物质转化、产物转运和能量运输,在适宜范围内,磷对植株株高、径粗、干重和叶面积<sup>[25]</sup>具有促进作用。李丽红等<sup>[26]</sup>研究表明磷肥可很好地提高果实中维生素 C 含量;张振英等<sup>[27]</sup>研究表明适量地增施钾肥有助于促进果实的发育,还可提高果实中可溶性固形物等的含量,同时,提高果实的着色面积;而氮肥能增加植株的产量<sup>[28]</sup>。磷酸二氢钾铵是一种高效复合肥料<sup>[29]</sup>,极易溶于水,可促进果实发育,提高果实品质,是一种理想的叶面喷施肥料<sup>[30]</sup>。



本试验结果表明,喷施 0.5% 磷酸二氢钾铵对猕猴桃果实的发育和品质均有影响,对猕猴桃果实重量、可溶性固形物含量及可滴定酸含量影响不显著( $P > 0.05$ ),但可促进果实果梗长度、粗度以及果实横径、纵径的发育,显著提高猕猴桃果实中维生素 C 含量( $P < 0.05$ )。

磷酸二氢钾铵作为叶面肥能促进果实发育,提高果实品质<sup>[31]</sup>。本实验中喷施 0.5% 磷酸二氢钾铵仅可提高维生素 C 含量,而对其他指标无影响。本研究虽取得一定进展,但仍然存在问题,如喷施的最佳用药量、最佳时期等影响着研究结果,今后研究方向将是叶面喷施肥的最佳用量、最适时期及最佳喷施次数等。

### 参考文献:

- [1] 黄宏文. 猕猴桃研究进展 VII[M]. 北京:科学出版社, 2014:113-116.
- [2] WANG S A, QIU Y, ZHU F. Kiwifruit (*Actinidia* spp.): A review of chemical diversity and biological activities[J]. Food Chemistry, 2021(350):128469.
- [3] HU H, ZHAO S, LI P, et al. Hydrogen gas prolongs the shelf life of kiwifruit by decreasing ethylene biosynthesis[J]. Postharvest Biology and Technology, 2018(135):123-130.
- [4] GARCIA V, QUEK S Y, STEVENSON R J, et al. Kiwifruit flavour: A review[J]. Trends in Food Science & Technology, 2012, 24(2):82-91.
- [5] 杨红, 伍小雨, 唐江云. 猕猴桃产业现状与发展对策分析[J]. 中国果业信息, 2018, 35(3):16-19.
- [6] 屈振江, 周广胜. 中国主栽猕猴桃品种的气候适宜性区划[J]. 中国农业气象, 2017, 38(4):257-266.
- [7] 安新哲. 猕猴桃优质高效栽培掌中宝[M]. 北京:化学工业出版社, 2011:9-10, 23-24.
- [8] 周颖, 李保国, 叶维. 鲜切水果加工工艺及保鲜技术的研究进展[J]. 食品与发酵科技, 2014, 50(6):22-26, 35.
- [9] 鞠天奎. 鲜切水果加工工艺及保鲜技术[J]. 中国果业, 2019, 39(6):12-15.
- [10] 王晓东. 鲜切水果加工工艺及保鲜技术研究进展[J]. 青海农林科技, 2017(4):53-57.
- [11] MA T, LAN T, JU Y, et al. Comparison on the nutritional properties and biological activities of kiwifruit (*Actinidia*) and their different forms products: How to make kiwifruit more nutritious and functional[J]. Food & Function, 2019(63):1674-1690.
- [12] MA T, SUN X, ZHAO J, et al. Nutrient compositions and antioxidant capacity of kiwifruit (*Actinidia*) and their relationship with flesh color and commercial value[J]. Food Chemistry, 2017(218):294-304.
- [13] 吉宁, 王瑞, 马立志, 等. 微孔保鲜膜耦合 1-MCP 对贵长猕猴桃保鲜效果研究[J]. 食品研究与开发, 2016, 37(9):200-206.
- [14] 宋晓斌, 张学武, 马松涛. 猕猴桃溃疡病研究现状与前景展望[J]. 陕西农林科技, 1997(4):62-64.
- [15] 刘旭峰. 猕猴桃栽培新技术[M]. 咸阳:西北农林科技大学出版社, 2005:6-7.
- [16] BENLLOCH-TINOCO M, IGUAL M, RODRIGO D, et al. Superiority of microwaves over conventional heating to preserve shelf-life and quality of kiwifruit puree[J]. Food Control, 2015(50):620-629.
- [17] 梁栋. 配方施肥对枇杷园土壤理化性质、叶片光合特性及果实品质的影响[D]. 雅安:四川农业大学, 2017.
- [18] 姜洁, 龚富, 郭蓉. 海藻生物肥对草莓产量和品质的影响[J]. 核农学报, 2019, 33(5):1032-1037.
- [19] 李磊, 龙友华, 尹显慧, 等. 猕猴桃园套种蔬菜对土壤养分、酶活性及果实品质的影响[J]. 经济林研究, 2019, 37(3):128-137.
- [20] 樊蕾, 赵建国. 我国磷酸二氢钾现状及前景展望[J]. 磷肥与复肥, 2006, 21(3):34-37.
- [21] 夏静. 磷酸二氢钾在果树上的使用及注意事项[J]. 果树资源学报, 2020, 1(3):42-43.
- [22] 中华人民共和国农业部. 水果和蔬菜可溶性固形物含量的测定:NY/T 2637-2014[S]. 北京:中国农业出版社, 2014.
- [23] 刘延吉. 植物生理学实验指导 2 版[M]. 沈阳:辽宁科学技术出版社, 2001.
- [24] 张歆皓, 高竹婷, 王卫东, 等. 果实中维生素 C 含量的测定及其稳定性研究[J]. 内蒙古民族大学学报(自然科学版), 2018, 33(3):125-127.
- [25] 许秀美, 邱化蛟, 周先学, 等. 植物对磷素的吸收、运转和代谢[J]. 山东农业大学学报(自然科学版), 2001, 32(3):397-400.
- [26] 李丽红, 林强, 林文俊, 等. 养分补偿对红壤退化地东魁杨梅果实内在品质的影响[J]. 四川农业大学学报(自然科学版), 2020, 38(6):693-698.
- [27] 张振英, 李延菊, 崔万锁, 等. 增施钾肥对苹果果树及树盘土壤的影响[J]. 山东农业科学, 2013, 45(8):99-102.
- [28] 丁宁, 姜远茂, 陈倩, 等. 不同供磷水平对平邑甜茶生长及<sup>15</sup>N 尿素吸收和利用的影响[J]. 山东农业大学学报(自然科学版), 2012, 43(2):223-226.
- [29] 李楠, 宋建国, 刘伟, 等. 草原施肥对羊草产量和质量的影响[J]. 草原与草坪, 2001(3):38-41.
- [30] 唐岩, 宋来庆, 孙艳霞, 等. 叶面喷施磷酸二氢钾对红将军苹果叶片性状、果实品质和香气成分的影响[J]. 山东农业科学, 2017, 49(5):82-85.
- [31] 夏静. 磷酸二氢钾在果树上的增效使用[J]. 西北园艺, 2020(2):38-40.

责任编辑: 陈旭

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.02.037

## 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

(福建农林大学,福建 福州 350002)

**摘要:**阐述福建省花卉苗木产业发展成效,运用 Logistic 曲线模型对福建省花卉苗木产业发展进行阶段性识别与分析。研究表明,福建省花卉苗木产业发展演化过程呈现“S”型走势,2011 年进入成长期,2018 年到达飞跃点。依据花卉苗木产业所处的阶段和产业发展中存在的问题,从引导花卉苗木产业结构升级、深化产业融合、打造特色花卉品牌、提升科技含量、畅通国内国际花卉苗木市场双循环等方面提出建议。

**关键词:**花卉苗木产业;产业生命周期;乡村振兴;产业结构调整;产业融合;福建省

中图分类号:S723.13;S682;F416.88 文献标识码:A 文章编号:1671-3168(2023)02-0197-05

引文格式:王丹,陈秀兰,徐学荣.乡村振兴背景下福建省花卉苗木产业发展研究[J].林业调查规划,2023,48(2):197-201. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.02.037

WANG Dan, CHEN Xiulan, XU Xuerong. Development of Flower and Seedling Industry in Fujian Province under Background of Rural Revitalization[J]. Forest Inventory and Planning, 2023, 48(2): 197-201. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.02.037

## Development of Flower and Seedling Industry in Fujian Province under Background of Rural Revitalization

WANG Dan, CHEN Xiulan, XU Xuerong

(Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350002, China)

**Abstract:** This paper studied the development status of the flower and seedling industry in Fujian Province, and used the Logistic curve model to identify and analyze the development stages. The results showed that the development and evolution process of the flower and seedling industry in Fujian Province presented an “S” shaped trend, entering the growth period in 2011 and reaching the maturity point in 2018. According to the stages of flower and seedling industry and the problems existing in industrial development, this paper put forward suggestions from the aspects of guiding the upgrading of structure, deepening industrial integration, building characteristic flower brands, improving scientific and technological content and unblocking domestic-international double circulation.

**Key words:** flower and seedling industry; industry life cycle; rural revitalization; industrial structure adjustment; industrial integration; Fujian Province

收稿日期:2021-11-15.

基金项目:国家社科基金项目(19BTJ047);福建省社科规划重大项目(FJ2019Z020).

第一作者:王丹(1980-),女,河南焦作人,副教授,博士研究生.研究方向为植保经济学. Email:21087916@163.com

责任作者:徐学荣(1963-),男,福建龙岩人,教授,博士.从事农业经济理论与政策和经济管理数量分析的教学与研究. Email:fzxxr@163.com

乡村振兴要求实现产业振兴,产业兴旺是乡村振兴的基石。花卉苗木产业是乡村振兴的“美丽产业”,是二〇三五远景目标“把我国建设成为富强民主文明和谐美丽的社会主义现代化强国”不可或缺的重要产业<sup>[1]</sup>。福建省凭借优越的自然环境、丰富的野生花卉资源和便利的区位优势,大力发展花卉苗木产业,综合生产水平位列我国前五位。将花卉苗木产业打造成为集经济效益、社会效益和生态效益为一体的绿色朝阳产业是福建省“十四五”期间追逐的目标。在乡村振兴的当下,研究福建省花卉苗木产业发展状况,有助于推动产业持续振兴,走向兴旺,助力乡村振兴,为建设社会主义现代化强国奠定“美丽产业”基础。

当前关于花卉苗木产业发展的研究,有从花卉认证体系入手,倡导构建完善的认证体系达到提升产业质量的目的<sup>[2]</sup>;有从产业冷链物流体系入手,提出提升花卉苗木产业物流水平的建议<sup>[3]</sup>;有从中美两国花卉产业的生产流程、新品种培育与科研教育方面的差异入手,提出推动我国花卉发展的建议<sup>[1]</sup>。针对福建省花卉苗木在乡村振兴背景下的研究,尚未从产业发展周期的角度来研判福建花卉苗木产业发展的阶段性。文章以此为切入点,在实地调研的基础上,归纳福建省花卉苗木产业发展取得的成效,并对花卉苗木产业发展阶段进行识别,研判进入高质量发展阶段的特征,并针对现阶段发展的关注点,结合乡村振兴发展要求,提出福建省花卉苗木产业振兴策略。

## 1 花卉苗木产业发展成效

### 1.1 产业发展水平较高

福建省花卉苗木产业种植规模趋稳,2018年福建省花卉种植面积达 64 909 hm<sup>2</sup>,是 2007 年种植面积 16 174 hm<sup>2</sup> 的 4.01 倍,年均增长速度为 13.5%,此期间的发展呈现“S”型增长趋势,受土地和市场等要素的限制,未来种植面积将呈现稳定态势,因其他后起省份大力发展花卉苗木,福建省花卉在全国种植面积中的占比从 2014 年的 6.05% 下降到 2018 年的 3.98%。花卉产值发展速度快,2018 年为 85.5 亿元,比 2003 年的 19.1 亿元增长了 3.48 倍,平均增长速度为 10.51%,在全国花卉苗木产业中占比逐年增加,近 4 年稳定在 10% 之上。2018 年产业出口额占全国出口额的 40% 以上,稳居中国第一。

### 1.2 产业经营主体发展较快

2018 年福建省大中型花卉企业有 961 家,在全

国占比由 2006 年的 3.38% 增长到 10.1%,其中年产值超过 500 万元或种植面积 3 hm<sup>2</sup> 以上的骨干企业有 280 多家,民营企业逐渐成为花卉出口的主力军。花卉种植大户数量为 6.29 万户,在全国占比中由 2006 年的 2.75% 增长到 2013 年的 5.4%,再降至 2018 年的 4.4%。坚持规模经济发展方向,福建省花卉苗木种植逐步向规模化、专业化方向发展,经营主体间广泛采用“公司+农户”“企业+合作社+农户”“企业+基地+合作社/种植户”等经营模式,通过利益联结机制实现了协同发展。

### 1.3 种植结构调整成效显著

2014 年以来,高档盆花生产面积适当压缩,观赏苗木种植面积的增速势头得到有效控制。食用、美容用、药用花卉强劲发展,以兰科、菊科植物为主的功能花卉种植面积不断增长。花卉品种不断丰富,杜鹃花、水仙花等传统花卉不断创新升级,新兴花卉产品如绣球、荷兰菊等切花产品迅速崛起,大规格开花容器苗如盆栽榕树远销国内外,供不应求。花卉第二产业中,深加工产品越来越多,干花、永生花和游香花等生产明显增加,以花卉为原料的保健、美容养生产品逐渐崛起。花卉第三产业方面,花卉销售和花卉休闲旅游发展强劲,销售渠道多元化,2018 年产值在花卉第三产业中占比高达 20.4%,较 2016 年的 13.8% 增长近 7%。

### 1.4 科技水平明显提升

花卉新品种培育成果明显,截至 2018 年 4 月,福建省引进和培育了红掌、国兰、石斛兰等名优花卉品种 193 个,推广 39 个;自主培育花卉新品系 30 多个,有 70 个花卉品种获得国家植物新品种权。政府通过境内外考察、引进设备、推进两岸花卉苗木交流合作,改善管理水平等提高花卉种植水平。推进设施花卉的发展,截至 2018 年末,控温温室面积占全国的 13.2%,而日光温室面积占全国的 10.4%。2018 年末福建省花卉科技人才达 1.96 万人,在全国专业技术人员占比中也由 2006 年的 3.38% 增长到 5.92%,花卉科技人才增速高于全国平均水平。

## 2 花卉苗木产业发展阶段性分析

### 2.1 模型选择

产业发展的生命周期一般经历导入期、成长期和成熟期 3 个阶段,选取具有饱和值的“S”型趋势模型——逻辑斯蒂(Logistic)模型<sup>[4]</sup>,拟合花卉苗木种植面积和产值的发展状况,并根据拟合模型进行阶段识别判定,模型表达式为:



$$Y = A / (1 + Be^{-kt}) \quad (1)$$

式中: $A$ 、 $B$ 、 $k$  为模型参数, $A$  为发展的饱和值, $k$  为内禀增长率。

当  $k$  为正值时,其为一单调递增的生长曲线。将发展曲线三阶导数为 0 的点分别记为  $t_1$  和  $t_3$ ,二阶导数为 0 的点记为  $t_2$ ,具体数值见公式(1),对应的  $Y$  值分别为  $Y_1, Y_2, Y_3$ 。

$$t_1 = (\ln B - \ln(2 + \sqrt{3})) / k, \quad t_2 = \ln B / k, \quad (2)$$

$$t_3 = (\ln B + \ln(2 + \sqrt{3})) / k$$

$(t_1, Y_1)$  为“起飞点”,  $(t_2, Y_2)$  为“鼎盛点”,  $(t_3,$

$Y_3)$  为“成熟点”。 $(0, t_1)$  为“导入期”或“启动期”,在此时期, $Y$  缓慢增大,其增长速度由小逐渐增大至  $Ak/6$ ;  $(t_1, t_2)$  为成长前期, $Y$  曲线向下凸,发展空间大,所受抑制少,增长速度从  $Ak/6$  持续上升至  $Ak/4$ ;  $(t_2, t_3)$  为成长后期,也称“成熟期”,此间  $Y$  曲线向上凸,相对发展空间变小,所受抑制逐渐增大,成熟期内  $Y$  还在增长,但增长速度已明显减缓,从  $Ak/4$  减至  $Ak/6$ 。 $(t_3, +\infty)$  称为“顶极期”,增长速度逐步下降趋于 0。 $(t_1, t_3)$  上  $Y$  轨迹具有“准线性”性质,是快速发展期,相关特征点及阶段见表 1<sup>[5]</sup>。

表 1 逻辑斯蒂模型特征点及发展阶段

Tab. 1 Characteristics and development stages of Logistic model

$t$	$[0, t_1)$	$t_1$	$[t_1, t_2)$	$t_2$	$[t_2, t_3)$	$t_3$	$[t_3, +\infty)$
$Y$	缓慢上升	$(3-\sqrt{3})A/6$	快速上升	$A/2$ 拐点	继续上升	$(3+\sqrt{3})A/6$	趋于饱和
$dy/dx$	上升	$Ak/6$	上升	$Ak/4$	下降	$Ak/6$	下降
发展时期	导入期		成长前期		成长后期		顶极期

2.2 指标数据

因总产值能反映产业的产、销两方面情况,因此选用花卉苗木产业总产值作为衡量产业发展的主要指标。为了解产业发展过程中要素投入贡献情况,选用年末实有花卉苗木种植总面积衡量生产规模,反映产业土地要素投入变动情况。指标数据见表 2。

表 2 福建省花卉苗木产业产值及年末实有花卉苗木种植面积

Tab. 2 Output value and actual planting area of flower and seedling industry in Fujian Province

年份	总产值 /亿元	总面积 /hm <sup>2</sup>	年份	总产值 /亿元	总面积 /hm <sup>2</sup>
2007	22.7	-	2013	46.6	52271
2008	28.4	12992	2014	58.5	61838
2009	31.1	16210	2015	74.2	64251
2010	28.8	17310	2016	73.7	64251
2011	32.4	22024	2017	81.6	60860
2012	40.3	33431	2018	85.5	64909

数据来源:中国林业统计年鉴(2007—2018)、福建省统计年鉴(2008—2018)。

2.3 花卉苗木种植面积增长趋势模型及特征

种植面积受土地资源的约束,花卉苗木的种植面积如图 1 中的 MJ 曲线,随着对应产业的发展呈现“S”型,因此选用 eviews 7.2 软件对种植面积进行

logistic 回归分析。回归模型为:

$$MJF = \frac{69\,533.224\,5}{1 + 19.774\,0e^{-0.537\,0t}} \quad (3)$$

回归模型拟合优度  $R^2=0.936\,4$ ,  $MAPE=7.684\,0\%$ , 拟合程度较好。种植面积的拟合曲线 MJF 见图 1。

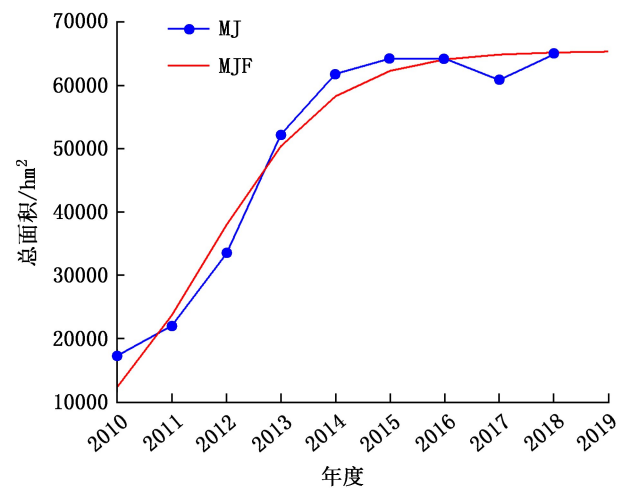


图 1 福建省花卉苗木种植总面积时间序列及其拟合  
Fig. 1 Time series and fitting diagram of total planting area of flower and seedlings in Fujian Province

从图 1 中可以看出,大致服从 Logistic 分布,饱和值为  $69\,533.224\,5\text{ hm}^2$ ,另外两个参数分别为: $B=19.774\,0$ ,  $K=0.537\,0$ ,据此将其带入 Logistic 模型临

界点公式(1), 据此得出起飞点  $t_1$  为 3.10, 即为 2011 年; 飞跃点  $t_2$  为 5.56, 为 2013 年; 成熟点  $t_3$  为 8.01, 为 2016 年。

从模型可判断 2011 年为福建省花卉产业种植规模的起飞点, 种植面积开始迅速增加, 增长速度极快; 2013 年为飞跃点, 增长速度转缓的转折点, 2011—2013 为成长阶段的前期, 2013—2016 为成长阶段后期, 增长速度有所趋缓; 2016 年为成熟点, 种植面积达饱和值的 98.18%, 面积供给在有限土地资源的约束下将趋于稳定。

#### 2.4 花卉苗木总产值增长趋势模型及特征

花卉苗木产值发展趋势见图 2 中的 CZ 曲线, 在既定资源约束下, 其发展同样经历导入期、成长期和成熟期, 呈现“S”型, 同样选用 eviews 7.2 软件对种植面积进行 Logistic 回归分析。回归模型为:

$$CZF = \frac{148.2931}{1 + 6.8238e^{0.2105t}} \quad (4)$$

回归模型拟合优度  $R^2 = 0.960031$ ,  $MAPE = 4.1812\%$ , 拟合程度较好。产值的拟合曲线 CZF 见图 2, 大致服从 Logistic 分布, 饱和值为 148.2931 万元, 另外两个参数分别为:  $B = 6.8238$ ,  $K = 0.2105$ , 将其带入 Logistic 模型临界点公式(1), 据此得出起飞点  $t_1$  为 2.87, 即为 2011 年; 飞跃点  $t_2$  为 9.13, 为 2018 年; 成熟点  $t_3$  为 15.38, 为 2024 年。

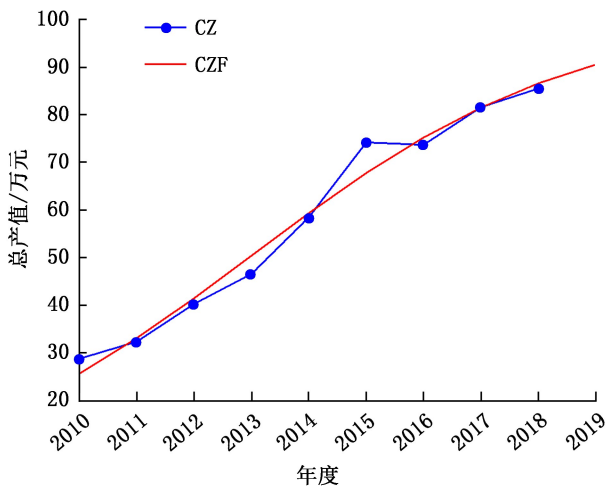


图 2 福建省花卉苗木总产值时间序列及其拟合  
Fig. 2 Time series and fitting diagram of total output value of flower and seedlings in Fujian Province

从模型可判断 2011 年是福建省花卉产业的起飞点, 产业开始迅速发展; 2018 年为飞跃点, 增长速度转缓的转折点, 2011—2018 为成长阶段的前期,

2018—2024 为成长阶段后期, 增长速度有所趋缓; 2024 年产业达到成熟点, 将逐渐趋于稳定。

#### 2.5 结果分析

福建省花卉种植面积发展趋势大致呈现“S”型趋势, 2011 年进入起飞阶段, 2016 年基本达到饱和状态, 与实际种植状况的生命周期相吻合。福建省花卉产值发展从模型看同样于 2011 年进入起飞阶段, 2018 年达到飞跃点, 现实中在三农政策的引导下, 福建省花卉苗木产业在 2011 年开始着力发展, 2018 年后土地等资源的投入受到约束, 开始走精细化、标准化发展之路, 增长速度有所放缓, 但发展仍处于稳步增长态势, 与产业模型基本吻合。

分析发现, 福建省花卉种植面积的飞跃点为 2013 年, 早于产值的飞跃点 2018 年, 成熟点为 2016 年, 也远远早于产值的相应点 2024 年。花卉苗木产值发展周期与种植面积发展周期的这种不一致, 主要有以下原因。

1) 福建省土地资源有限, 约束严重, 种植面积较早达到饱和状态。

2) 花卉产业结构升级的需要, 现代化设施花卉产业正将成为主流, 向标准化和精细化转变, 以特色花卉、高技术含量花卉取胜。

3) 供给方面, 相比花卉强国和浙江等花卉强省, 福建省在花卉品牌、科技、现代化等方面还存在一定差距, 福建省花卉苗木产业还有很大的发展空间, 由于现代消费理念的转变, 花卉大众消费和日常消费需求已到来, 花卉需求市场空间仍有开发空间。

综上所述, 当前福建省花卉产业处于成长阶段后期, 正处于由规模扩张转向质量提升的关键期<sup>[6]</sup>, 因此, 转变产业结构、提升科技含量、打造特色品牌、挖掘大众消费等将是未来一段时间产业振兴发展的重点。

### 3 福建省花卉苗木产业高质量发展策略

#### 3.1 积极引导花卉苗木产业结构调整

立足花卉苗木产业现状, 积极宣传产业政策和发展规划, 以市场为导向, 规范花卉种苗市场<sup>[7]</sup>, 为花农或企业提供生产技术和咨询服务工作, 推进花卉种苗研发和生产示范区建设, 鼓励花卉苗木经营主体重点发展当地特色产品如洋兰、铁皮石斛、三角梅等优势花卉, 引进花卉新品种, 瞄准健康养生、美容养颜等发展的新需求, 加大食用、药用、美容用等工业用花卉种植, 走特色化和差异化经营之路, 发展对路适销产品, 诱导产业结构调整。

### 3.2 深化花卉苗木产业融合发展

推进花卉苗木向第二产业融合发展,鼓励深化花卉产品加工和关联产业配套发展。一方面,大力发展干花、永生花和旅游鲜花等花卉加工产品;利用花卉的美容、保健、医药等功能特点,积极开发以铁皮石斛、食用菊等功能花卉为原料的食品、保健品、化妆品等深加工产品,建设对应的生产加工基地,延伸产业链,深化纵向融合。另一方面,大力发展与花卉苗木产业相配套的设施产业及园艺材料生产基地<sup>[8]</sup>,拓展产业领域,加强横向融合,提高福建省花卉苗木产业在市场中的竞争力。鼓励与第三产业融合发展,打造“花卉产业+旅游业”的发展模式,举办各种花卉节,用花卉吸引游客,同时借助旅游业宣传和营销福建省花卉苗木,推进两者协同发展。通过产业融合,实现花卉苗木产业综合发展,带动就业,增加农民收入,助推乡村振兴。

### 3.3 强化花卉苗木品牌化建设

政府应鼓励和引导花卉苗木产业品牌化发展。微观层面,培育具有较强生产及市场开拓能力的龙头企业和专业合作社,打造花卉苗木产业集团,对内统一品牌,确保花卉苗木生产质量,对外重拳出击,积极参与国内外花卉苗木展销会,提高知名度;另外,借助数字媒体,通过直播、短视频等方式宣传产品,全方位打造花卉苗木国内外知名品牌。宏观层面,逐步通过墙体、视频和国际花卉节等模式进行宣传,以科技创新将福建省打造成“花卉苗木”之都,树立中国乃至世界盆栽花卉苗木“最福建”的形象,同时创意宣传福建鲜切花。从两个层面形成至上而下和至下而上的一体化品牌宣传机制,双轮驱动,促进福建省花卉苗木产业知名度的提升。

### 3.4 持续推进花卉苗木技术创新

持续实施“科技兴花”战略应从研发和推广两方面同时进行。一方面,强化花卉优良品种培育。成立花卉苗木产业技术创新联盟,整合福建花卉协会、企业、良种基地、高校、科研院所的力量协作攻关,通过项目带动、财政补贴或无息贷款等财政支持方式,鼓励有关组织围绕产业需求,瞄准技术前沿,依托资源优势,大力培育花卉苗木优良品种,发展现代化工厂育苗,同时鼓励引进先进的花卉育种公司和花卉新品种<sup>[9]</sup>。另一方面,推进科技产业化。加大花卉行业科技推广体系建设,构建完善的技术服务体系,充分发挥科技特派员作用,同时强化与花卉行业有关院校的带动作用,组织花卉苗木生产技术

培训,提高花卉产品质量。坚持发展设施花卉苗木产业,提高花卉苗木产业种植和生产的智能化和现代化水平。

### 3.5 畅通花卉苗木市场双循环

畅通国内外“双循环”,除了鼓励福建省花卉苗木企业积极参与国内外花卉展销会等传统推介模式外,还应从3方面打通市场循环<sup>[10]</sup>。

1)鼓励花卉苗木经营主体向数字化方向延伸。利用“互联网+”,借助电商碎片化、便利化的特点,创新营销模式,在国内外花卉苗木有关产销平台推介和发布各种花卉苗木供需信息,确保花卉产销信息对接畅通,并利用各种网络化媒体,宣传福建花卉苗木相关文化故事,从各个方面触及消费者。

2)拓宽和完善花卉苗木产品流通渠道,一方面提高产品配送覆盖面;另一方面完善冷链运输体系,降低运输损耗,提高仓储、物流配送服务水平,提高花卉国内外运销效率。

3)积极探究“一带一路”倡议、RCEP和其它自贸协定花卉苗木相关规则和成员国有关规定,通过顶层设计开辟新市场,提高花卉产品的国际市场占有率。

### 参考文献:

- [1] 周雨琦,温振英,樊晚林,等.中美花卉产业比较研究[J].北方园艺,2019(4):154-161.
- [2] 张璇,陆文明.中国花卉认证发展现状及建议[J].世界林业研究,2021,34(2):68-73.
- [3] 宋昌昊.新冠肺炎疫情对中国花卉产业发展的影响[J].北方园艺,2020(20):142-145.
- [4] 徐湘博,孙明星,张林秀.农业生命周期评价研究进展[J].生态学报,2021,41(1):422-433.
- [5] 张淑焕.中国农业生态经济与可持续发展[M].北京:社会科学文献出版社,2000:141-145.
- [6] 徐学荣,吴祖建,张巨勇,等.可持续发展通道及预警研究[J].数学的实践与认识,2003(2):31-37.
- [7] 方梅玉.漳州市花卉、苗木产业现状及发展方向[J].福建热作科技,2019(4):60-64.
- [8] 吴章辉.尤溪县花卉苗木产业发展问题及对策[J].绿色科技,2020(9):46-47.
- [9] 廖资亿.关于加快推进三明市花卉苗木产业发展的对策建议[J].林业经济,2018,40(9):65-67.
- [10] 陈林.“双循环”新发展格局下产业升级的关键[J].人民论坛,2021(2):38-40.

责任编辑:许易琦



doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.02.038

## 基于永续发展视角的欧盟绿色新政研究

崔巧玲, 雷玲

(杨凌职业技术学院, 陕西 杨凌 712100)

**摘要:** 环境问题的解决无法依靠传统的环境政策工具, 而是必须依赖经济活动的转型。以欧盟为例, 探讨其在环境永续的挑战下, 发展出从环境永续到经济永续的重要环境管理思维, 从制造业、运输及仓储业以及不动产分析其对企业的监管举措, 并强调在现今不环保也没有经济的国际市场氛围下, 企业不该再享有任何自由排放的权利, 政府也不该漠视当前环境议题先于经济发展的课题。

**关键词:** 环境永续分类法; 经济活动转型; 欧盟; 绿色新政

中图分类号: S733; D0; X22 文献标识码: A 文章编号: 1671-3168(2023)02-0202-04

引文格式: 崔巧玲, 雷玲. 基于永续发展视角的欧盟绿色新政研究[J]. 林业调查规划, 2023, 48(2): 202-205.

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.02.038

CUI Qiaoling, LEI Ling. European Green New Deal Based on Perspective of Sustainable Development[J]. Forest Inventory and Planning, 2023, 48(2): 202-205. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.02.038

## European Green New Deal Based on Perspective of Sustainable Development

CUI Qiaoling, LEI Ling

(Yangling Vocational & Technical College, Yangling, Shaanxi 712100, China)

**Abstract:** The solution to environmental problems cannot rely on traditional environmental policies, but must rely on the transformation of economic activities. This paper explored the important environmental management thinking of the European Union, which had developed from environmental sustainability to economic sustainability under the challenge of environmental sustainability, analyzed the regulatory measures for enterprises from the manufacturing, transportation, warehousing, and real estate industries, and emphasized that in the current international market atmosphere where there was no environmental protection or economy, enterprises should no longer enjoy any right to free emissions, and the government should not ignore current environmental issues before the economic development of the subject.

**Key words:** environmental sustainability classification; transformation of economic activities; European Union; Green New Deal

收稿日期: 2021-12-09.

基金项目: 2022 年度高校思想政治理论课教师研究专项一般项目(22JDSZK120); 陕西省社会科学基金项目(2020R031); 郑州西亚斯学院科研项目(2019-YB-64).

第一作者: 崔巧玲(1967-), 女, 河南项城人, 硕士, 副教授. 主要从事大学生思想政治教育研究.

责任作者: 雷玲(1972-), 女, 陕西武功人, 博士, 副教授, 硕士生导师. 研究方向为农业经济管理.

## 1 绿色经济转型的必要性

世界气象组织 2021 年 4 月发布的《2020 年全球气候状况》报告指出,虽然 2020 年因为反圣婴现象,具有暂时的全球降温效应,但此效应未能阻止 2020 年成为有记录以来最暖的 3 个年份之一。目前全球平均温度已较工业化前水平提升约 1.2℃,2011—2020 年则是有记录以来最暖的 10 年。

面对严峻的气候变化,世界经济论坛每年都会针对环境、科技、政治、社会与经济议题,进行风险发生的可能性及冲击性评估,并进一步探讨国家与利害关系人应对这些风险的措施。《2021 年全球风险报告》指出,在最有可能发生的全球风险排名中,前 5 项就有 4 项与环境、气候变迁相关,其中极端气候的发生更是位居首位;若依冲击性排序,前 5 项排名中有 3 项与环境议题相关,气候行动失败高居第二名,仅次于目前全球疫情所造成的冲击(表 1)。报告也强调,气候变迁是一项灾难性的风险,且没有人能够幸免,虽然疫情导致 2020 年上半年全球的二氧化碳排放量减少,但从 2008—2009 年金融危机的经验可知,后续碳排放可能会反弹,因此,绿色经济的转型不容拖延。

表 1 未来十年全球前十大风险

Tab. 1 Top 10 global risks in the next 10 years

依据可能性排序			依据冲击性排序		
排名	议题	风险	排名	议题	风险
1	环境	极端天气	1	社会	传染病
2	环境	气候行动失败	2	环境	气候行动失败
3	环境	人为环境灾害	3	地缘政治	大规模杀伤性武器
4	社会	传染病	4	环境	生物多样性流失
5	环境	生物多样性流失	5	环境	自然资源危机
6	科技	数字影响力集中	6	环境	人为环境灾害
7	科技	数字不平衡	7	社会	民生危机
8	地缘政治	国际关系瓦解	8	环境	极端气候
9	科技	网络安全失效	9	经济	债务危机
10	社会	民生危机	10	科技	IT 基础设施失灵

以往环保部门绝大多数的环境政策管理方式是污染预防与控制,外加污染者付费原则。虽然针对企业征收空污费、水污费、废弃物回收处理费甚至即将征收碳费等费用,目的在于将企业经济活动所产

生的外部成本内部化,让企业负起环境污染的责任,实现目标中的理想环境。然而,经济活动规模不断扩大,就算是生产者严守法规,对污染者征收费用,但在其多数认为环保造成生产成本增加,外部成本难以量化,环境费一直无法正确反映环境外部成本的情况下,企业无法真正转型,导致空气质量越来越糟,工厂废水、废弃物污染等事件层出不穷,说明仅通过企业末端处理污染物,或依据污染量征收环境税的方式,并无法提供足够的诱因驱使企业进行最佳的环境保护。

## 2 绿色新政助力绿色经济发展

环境问题的解决无法依靠传统的环境政策工具,而是必须依赖经济活动的转型。目前已有 131 个国家承诺碳中和以对抗全球暖化,以欧盟为例,欧盟是推动绿色新政的先驱,其于 2019 年底发布的绿色新政为达成 2050 年零排放、零废弃、零污染的长期目标铺路,要求企业或个人在行为上负起更明确环境责任,并从物质流及资金流双管齐下。欧盟的绿色新政直接对经济活动本身做出限制,并提出了经济活动的永续标准,让未来所有资金流向永续的经济活动,促进经济活动市场转型。欧盟在绿色新政上不但明确制定出永续能源、循环经济、电动车、建筑物等相关目标,也期望通过控制资金的流向,促使企业将环境思维导入经济活动当中,并从系统性、整合性角度思考如何进行绿色转型。

首先,欧盟提出史上最大绿色刺激方案。2020 年因为新冠肺炎疫情对欧盟造成极大影响,欧盟执委会 2021 年 5 月提出了一项重大的“下世代欧盟”复兴计划,以疫情下的绿色复兴及数位转型为目的,欧盟执委会向金融市场借款 7 500 亿欧元作为复兴基金,其中 3 900 亿欧元直接补助给最需要经济刺激的国家,其余 3 600 亿欧元则做为低利贷款;在这笔规模达 7 500 亿欧元的复兴基金当中,有 1/3 的资金将会用于应对气候变迁,与另一项规模达 1.1 兆欧元的 2021—2027 年欧盟财务框架预算组成史上最大的绿色刺激方案(表 2)。

另外,近年来企业以友善环境为名义,遮掩其产品、政策或行动的漂绿事件时有发生,如何通过一套严谨的标准来确保永续的经济活动落实执行,欧盟提出永续投资金融框架,明确对各产业经济活动建立环境标准,以直接对永续经济活动做出明显支持行为。

表 2 下世代欧盟资金分配

Tab. 2 Funding allocation of next generation EU

投入方面	计划名称	投入 金额/ 亿欧元	说明
通过投资和改革的方式支持成员国	新复兴措施基金	6725	用于绿色和数位转型以及国民经济韧性的相关投资和改革(其中 3900 亿欧元直接用于补助)
	凝聚与区域复兴协助	475	用于在冠状病毒危机的背景下提高危机修复能力的项目,以及有助于实现绿色、数字化和弹性恢复经济的运营投资
	转型基金	100	协助成员国加速迈向气候中和过渡期
	乡村发展基金	75	支持农村地区配合欧洲绿色新政的必要构造改革,并达成新生物多样性(biodiversity)和从农场到餐桌策略的目标
鼓励私人投资推动欧盟经济	欧洲旗舰投资计划	56	流通整个欧盟范围内的私人企业投资计划
从疫情中学习经验	rescEU	19	rescEU 为欧盟的民事保护机制,将扩大并加强该机制,训练欧盟在面对未来危机时的准备及回应
	欧洲展望计划	50	资助有关健康、韧性、绿色及数位转型的重要研究
总计		7500	

### 3 建立环境永续标准

在欧盟史上最大绿色新政下,资金如何流入永续经济活动成为各国关切的重点。为有效协助欧盟、成员国、市场参与者和消费者识别属于环境永续的经济活动,欧盟执委会于 2020 年 3 月发布《欧盟环境永续分类法》报告,并持续更新,至 2021 年 6 月共涵盖农林渔业、制造业、电力、天然气、蒸汽和空调系统供应、水、污水、废弃物和污染整治、运输及仓储业、建筑和房地产活动、资讯与通讯技术等 13 个产业、98 项的经济活动,旨在通过明确的量化技术筛选标准,提供投资人与金融机构一套判断经济活动是否永续的标准,将资金确实引导至永续经济活动当中;根据该报告规定,环境永续的经济活动须符合三大要件。

六大环境目标包含:气候变迁减缓、气候变迁调适、水及海洋资源的永续性及保育、转型至循环经济、污染预防与控制、生物多样性及生态系统的保护与复原。环境永续的经济活动需至少对其中 1 项环境目标具有实质贡献,例如:使用再生能源、实际降

低碳排放量,以达到减缓气候变迁之成效。除此之外,须满足对其余环境目标(最多 5 项)未造成重大损害,这项评估的目的在于确保不会以牺牲其他目标为代价来实现某些目标,并认识到不同环境目标之间的加强关系。遵守最低限度的社会治理保障是指对社会层面提供最低限度保障,且无严重损害,可参考国际经济合作暨发展组织的跨国企业准则以及联合国工商企业和人权指导原则。

### 4 对企业的监管举措分析

为明确说明企业是否达成经济活动的标准,企业揭露环境信息尤为重要。欧盟执委会已于 2020 年《欧盟环境永续分类法》中发布气候变迁减缓及气候变迁调适两大环境目标的审查标准,并于 2021 年陆续完成其他环境目标的审查要项,最迟至 2022 年 12 月 31 日,所有永续环境相关的活动皆须于公开网站定期揭露其六大环境目标相关信息;通过企业的信息揭露,市场参与者可明确了解哪些经济活动是永续的,进而以资金作为企业改善的诱因,让市场经济活动产生变化,以下列举欧盟在制造业、运输及仓储业以及不动产业的技术筛选标准。

#### 4.1 制造业

制造业虽是欧盟第二大排碳产业,但也能生产出有助于其他产业降低温室气体排放的产品及技术。因此,《欧盟环境永续分类法》在制造业中除规范能源密集型的水泥制造、铝制造、钢铁制造、化学品制造等 11 种经济活动外,纳入再生能源技术制造、氢气生产设备制造等 5 种低碳技术制造的经济活动标准,目的在于支持低碳经济活动与绿色转型活动。以水泥制造在气候变迁减缓环境目标的量化标准为例,生产每吨水泥熟料的排放量不可大于 0.766 t CO<sub>2</sub> 当量,且与水泥熟料或水泥生产过程相关的特定排放不可大于 0.498 t CO<sub>2</sub>,才可算是符合此项环境目标。

#### 4.2 运输及仓储业

根据联合国政府间气候变化专门委员会的报告,运输产业的排放是导致全球气候变迁的主因,约占每年温室气体排放量的 14%(包括非 CO<sub>2</sub>),且燃烧化石燃料所产生的 CO<sub>2</sub> 排放量,约有 1/4 也是来自于运输产业。

运输产业占了欧盟约 1/3 能源使用量,这些能源大部分来自于石油,这也意味着运输产业在欧盟的温室气体排放中占了很大比例。自 1990 年以来,建筑产业、农业及工业等其他经济产业已逐渐减少



其排放量,但随着运输需求的提升和低碳运输方案的缺乏,运输产业的排放量有逐步上升的趋势,据统计,2017年运输产业的温室气体排放量甚至比1990年高出28%,这也让欧盟认识到运输产业的减排将会是达成减碳目标一大重点。

为降低运输及仓储业的温室气体排放量,《欧盟环境永续分类法》针对客运车辆与商用车、公共运输、内陆载货水路运输等10种经济活动拟订不同的技术筛选标准,希望藉此推动零排放运具,同时也通过规范每公里路程CO<sub>2</sub>排放量,来逐步淘汰燃油运具。以客运车辆与商用车为例,在气候变迁减缓的环境目标上便明确了零排放车辆自动符合环境永续标准,而CO<sub>2</sub>排放量最大为50g/km的车辆只使用至2025年,且从2026年开始,只有排放强度为0g/km的车辆才符合永续标准。

#### 4.3 不动产业

联合国环境规划署和国际能源署出版的《2019年不动产和建筑业全球现状报告》指出,2018年全球不动产及建筑业的排碳量占全球总排碳量的36%,其中,营造新建筑物的能耗为11%、既有建筑物的能耗则达28%。此外,国际能源署估计全球建筑还有65%的节能潜力,约可节省全球目前总耗能的25%,可见若从新建筑物整体生命周期的思维出发,设计降低耗能及减少排碳的建筑,同时针对既有建筑物进行翻新,对于不动产及建筑业的能效表现影响甚大。

建筑业是欧盟最大的能源消耗产业,约占整体能源消耗的40%,并占整体碳排放的36%;由于建筑物的排碳量很大程度上来自于能源使用,欧盟认为有必要将能源需求和温室气体排放同时做为评估建筑物性能的指标。然而实际上,多数人目前并不习惯以温室气体的排放指标来评估建筑产业的经济活动和资产表现,再加上目前缺乏建筑产业整体生命周期的(建材取得、生产制造、运输、施工及使用结束的拆除阶段)的碳排放数据,因此,目前仅以能源指标作为建筑产业的永续标准,待具备充足的数据后,再将温室气体的排放量纳入量化评估指标当中。

## 5 结 语

全球气候保护意识日益被重视,未来将有越来越多的国家发布辨识经济活动是否永续的分类方法,《欧盟环境永续分类法》作为全球首个官方发布

的永续金融分类方法,不但揭示了永续信息透明时代的来临,更将成为各国推展绿色金融之借镜,其重要性不言而喻。在全球气候威胁下,环境管理思维已全然翻新,本研究对国际间目前绿色新政的相关趋势进行分析,并阐明从环境永续到经济永续的思维,特别是环境永续分类标准的趋势下,企业不环保就不经济的生存战争。如同目前纷纷撤资化石燃料发电的趋势,企业在资金流的威胁下,不得不深思如何揭露环境表现,或向经济活动的环境永续标准迈进。同样地,政府也不该再漠视当前的环境议题,特别是过去对于碳管制的忽视,造成我国人均排放位居国际前列,需要重新思考环境管理制度,推动我国成为绿色经济的堡垒,进而创造另一波未来新经济。

#### 参考文献:

- [1] 尚月,韩奕琛. 应对迈向碳中和时代的挑战:俄罗斯的  
绿色新政[J]. 现代国际关系,2021(10):18-28,63-64.
- [2] 杨成玉. 欧盟绿色发展的实践与挑战——基于碳中和  
视域下的分析[J]. 德国研究,2021,36(3):79-97,154-  
155.
- [3] 王优酉,张晓通,邹磊,等. 欧盟碳税新政:内容、影响及  
应对[J]. 国际经济合作,2021(5):13-24.
- [4] 曲如晓,李婧,杨修. 绿色合作伙伴建设中中欧绿色贸  
易的机遇与挑战[J]. 国际贸易,2021(5):32-40.
- [5] 汪万发,张剑智. 疫情下国际绿色复苏政策动向与影响  
分析[J]. 环境保护,2020,48(20):64-67.
- [6] 董一凡. 试析欧盟绿色新政[J]. 现代国际关系,2020  
(9):41-48,57.
- [7] 雷曜,张薇薇. 欧盟绿色新政与中欧绿色金融合作  
[J]. 中国金融,2020(14):39-41.
- [8] 邵忍丽. 欧洲拟在2050年前实现碳中和[J]. 生态经  
济,2020,36(2):1-4.
- [9] 郇庆治. 欧洲左翼政党谱系视角下的“绿色转型”[J].  
国外社会科学,2018(6):42-50.
- [10] 英格·索尔提,寇静娜. 全球资本主义第四次机体危  
机背景下左翼和世界社会主义的未来[J]. 当代世界  
与社会主义,2014(3):25-30.
- [11] 付亦重,袁佳,邱薇. 欧美碳关税措施的新发展与我国  
的应对之策[J]. 对外经贸实务,2012(5):25-28.
- [12] 何建坤,周剑,刘滨,等. 全球低碳经济潮流与中国的  
响应对策[J]. 世界经济与政治,2010(4):18-35,156.

责任编辑:杨焱熔

校 对:陈旭 杨焱熔

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.02.039

## 基于微更新理念的乡村庭院营造实践

崔亚召<sup>1,2</sup>, 李东升<sup>1,2</sup>, 赵明辉<sup>1,2</sup>

(1. 河南科技大学园艺与植物保护学院, 河南 洛阳 471000; 2. 洛阳市生态景观设计重点实验室, 河南 洛阳 471000)

**摘要:**“微更新”是一种渐进性、低成本与可持续很强的乡村有机发展理念。基于对“微更新”理念和庭院类型的分析,以洛阳市伊川县东坡村2号乡村庭院营造实践为例,将其乡村庭院的现状问题归纳为:庭院空间缺乏科学布局规划、缺乏景观营造、缺乏活动性与体验性,并在“微更新”理念指导下提出具体的改造提升策略为:庭院空间功能布局重构,结合场地需求,营造丰富的景观季相与层次,基于场所的在地性对重要节点进行分类改造。

**关键词:**乡村庭院;“微更新”理念;庭院类型;乡土景观

中图分类号:S731.7;O228 文献标识码:A 文章编号:1671-3168(2023)02-0206-06

引文格式:崔亚召,李东升,赵明辉. 基于微更新理念的乡村庭院营造实践[J]. 林业调查规划,2023,48(2):206-211. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.02.039

CUI Yazhao, LI Dongsheng, ZHAO Minghui. Practice of Rural Courtyard Construction Based on Micro-renewal Concept [J]. Forest Inventory and Planning, 2023, 48(2): 206-211. doi: 10.3969/j.issn.1671-3168.2023.02.039

## Practice of Rural Courtyard Construction Based on Micro-renewal Concept

CUI Yazhao<sup>1,2</sup>, LI Dongsheng<sup>1,2</sup>, ZHAO Minghui<sup>1,2</sup>

(1. College of Horticulture and Plant Protection, Henan University of Science and Technology, Luoyang, Henan 471000, China;  
2. Luoyang Key Laboratory of Ecological Landscape Design, Luoyang, Henan 471000, China)

**Abstract:** Micro-renewal is a gradual, low-cost and sustainable organic development concept of rural villages. This paper analyzed the concept of “micro-renewal” and the types of courtyards, and summarized the current situation of rural courtyards in practice based on the case of No. 2 rural courtyard in Dongpo Village, Yichuan County, Luoyang City as follows: lack of scientific layout planning, landscape creation, and activity and experience in courtyard space. Under the guidance of the concept of “micro-renewal”, specific transformation and improvement strategies were proposed: reconstruction of courtyard space functional layout, combining site requirements, creating rich landscape season and level, and classification and transformation of important nodes based on the locality.

**Key words:** rural courtyard; micro-renewal concept; courtyard type; rural landscape

在乡村振兴的时代背景下,我国一些乡村在建设

与改造的过程中缺乏对乡村生产、生活方式的思

考和对乡村空间肌理的保护,其改造方式与改造效果盲目地向大城市学习;更有甚者,大拆大建盲目建

收稿日期:2021-12-13.

第一作者:崔亚召(1996-),男,河南汝州人,硕士研究生.研究方向为风景园林规划与设计. Email:2368820311@qq.com

责任作者:李东升(1976-),男,河南舞阳人,硕士,副教授.研究方向为风景园林规划与设计. Email:L-DS@163.com

设,使其乡建过程中出现了严重的同质化现象,从而让乡村失去了自身特色,缺乏活力,后劲不足。作为乡村的基本单元——庭院,随着时间的推移,乡村庭院在改造过程中也或多或少存在一些上述的问题,如何在挖掘乡土景观元素的同时,对乡村庭院进行针灸式改造提升,使其既符合现代人的生活需求,又不失传统乡村庭院的特色,是急需思考与解决的问题。

## 1 “微更新”理念与乡村庭院

### 1.1 “微更新”理念

“微更新”理念从字面上可理解为微小的更新,既包含物质层面又包含非物质层面;更新是在设计改造中,通过巧妙地运用合适的触媒元素激发场所空间活力,强调的不仅是物质空间层面的更新,更强调对“人的需求”的更新,其方式包含:改造、再利用、修缮、置入、维护、保护等,保证在更新后较长时间内保持良好的功能和使用状态,现已广泛应用于乡村的有机建设与发展<sup>[1]</sup>。

### 1.2 庭院类型分析

庭院作为乡村的重要组成部分,是村民生活、生产的重要场所,承担了众多的记忆与情感,与村民有着难舍难分的情怀<sup>[2]</sup>。庭院的类型依据功能的需求不同可以分为4种:城市休闲型、乡土观赏型、清新园艺型、农家乐体验型(表1)<sup>[3]</sup>。

表1 庭院类型分析  
Tab.1 Courtyard types

庭院类型	风格	主要特征
城市休闲型	简洁大方、安静舒适,极富现代感	建筑的选材与相关配套设施的选择极具现代感,强调以舒适、方便为主
乡土观赏型	古朴传统、历史岁月感与乡土文化元素感强	充分挖掘乡村的环境肌理、文化底蕴、产业特色,利用乡土元素和乡土景观材料,提升乡村整体面貌和观赏性
清新园艺型	清新、亲切、温馨	莳花弄草、菜园、盆栽
农家乐体验型	田园牧歌	结合当地的特色产品,注重游客的体验感与参与感

### 1.3 乡土景观元素

乡土景观元素是展示地域特色和本土文化的重要载体,其色彩、质感、实用性本土环境最为融

洽<sup>[4]</sup>。东坡村保留了原村落的乡村肌理与文化底蕴,传承了豫西的建筑风貌,青砖、青瓦、石磨、石碾、料姜石、夯土墙、水缸、农具等乡土景观元素丰富,乡土文化特色突出。通过挖掘场所的乡土景观元素,总结东坡村2号院的乡土景观元素(表2)。

表2 东坡村2号院乡土景观元素  
Tab.2 Rural landscape elements of No.2 rural courtyard in Dongpo Village

类型	元素名称	特征	
建筑材料	青砖	墙体与铺装材料	
	青瓦	屋顶与传统材料	
	夯土	传统夯筑工艺、墙体材料	
	料姜石	墙体与饰面材料	
	木材	亲切、舒适	
	旧青石	铺装材料	
	鹅卵石	铺装材料	
	旧红砖	墙体与铺装材料	
	毛石	墙体材料	
	毛竹	装饰材料	
	苇席	屋顶与建筑立面装饰材料	
	劳作工具	石磨	传统生产劳作工具
		石碾	传统生产劳作工具
		木犁	生产播种工具
木耙		农事生产工具	
镰刀		清草与收割工具	
锄头		农事生产工具	
生活工具	水缸	盛水容器	
	木桶	生活容器	
	酒坛	传统生活容器	
	陶罐	传统生活容器	
	石槽	传统石材容器	
	簸箕	传统生活工具	

综上所述,庭院的类型多种多样,在“乡村振兴”战略实施的大背景下,乡村庭院的建设实践如何才能更接地气、合实际是一个需要深思的问题。本次实践对象由于需要同时满足办公与生活的双重需求,定位为前两种庭院类型的有机结合体,在实践建设的过程中,从“微更新”理念出发,强调渐进性、低成本、可持续的思维,同时注重在地性资源的传承与保护,以期建造出既符合现代人的生活需求,又不失传统乡村特色的人居庭院环境。



## 2 设计实践案例概况

### 2.1 区位环境概况

东坡村是典型的豫西村落,山林沟壑资源丰富,环境优美;建筑材料多以青砖、青瓦、夯土以及其他当地乡土材料为主,乡村空间肌理较为完整。本案例的乡村庭院位于东坡村的第二户人家,为便于沟通和记忆,故称为 2 号院。2 号院临近建业路且与东坡村的主要道路相连,位置优越,交通便利,庭院格局与四合院类似,庭院整体宽度约为 12 m,长度约 29 m,总占地面积约 300 m<sup>2</sup>,目前庭院空间较为破败,众多空间未得到有效利用(图 1)。



- 1. 堂屋(3间窑洞)    3. 空闲地    5. 门厅    7. 庭院中庭
- 2. 西厢房(已破败)    4. 东厢房    6. 楼梯间

图 1 场地现状

Fig. 1 Current situation of the site

### 2.2 现状问题分析

2 号院庭院场地现状主要存在的问题见图 2。

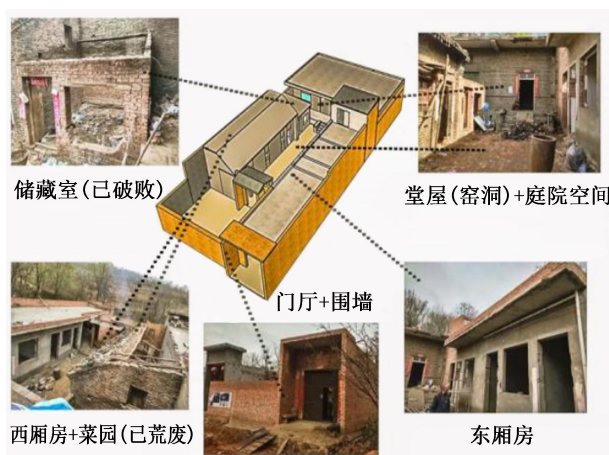


图 2 场地现状问题分析

Fig. 2 Analysis of current site issues

### 2.2.1 庭院空间缺乏科学布局规划

就整体而言,庭院缺乏合理的功能分区,各分区之间缺乏有效的衔接,整体空间布局有待提升。就局部而言,庭院堂屋空间共 3 间,以豫西风格的窑洞为主,建筑内部交通流线紊乱,各房间的私密性与安全性不足,光照和防潮问题严重;庭院的西厢房区域已破败不堪,一片萧条景象,但建筑的肌理依然清晰可见,建筑材料多以青砖、青瓦、夯土和当地的料姜石为主,乡土元素丰富;庭院的东厢房区域以红砖砌筑为主,建筑立面效果与内部空间格局定位模糊;庭院门厅及其西侧闲置的土地资源未得到更加有效的利用;庭院外墙高筑,内外空间缺乏联动,建筑外立面裸露、破败,与乡村的整体肌理不协调,且庭院入口区域缺乏停留与休闲空间,景观效果缺失。

### 2.2.2 庭院空间缺乏景观营造

庭院空间布局紧凑,四面建筑环绕,中庭面积狭小,压抑感强,景观面积空间不足。院内生活、生产垃圾、生产农具随意堆放,严重影响庭院的景观效果;庭院可绿化的景观空间面积太少,且缺乏美感。

### 2.2.3 庭院空间缺乏活动性与体验性

在生活中,人们不仅有生存需要,也有情感需求,庭院空间是居民进行邻里交往与户外活动的重要场所,人们喜欢在庭院空间中驻足、聊天和玩耍,所以庭院空间对居民生活的重要性不言而喻<sup>[5-6]</sup>。结合当前的定位需求,现在的庭院空间布局与这些需求存在较大的差距。就目前而言,庭院空间缺乏活动性和体验性场所,居民的参与感低,庭院空间活力不足。所以急需盘活庭院空间的活力,从而进一步增进人们的幸福感与获得感。

## 3 “微更新”理念下的庭院空间改造提升策略

运用“微更新”理念对东坡村 2 号乡村庭院进行科学布局规划改造(图 3)。针对以上庭院所面临的问题和未来庭院的功能需求,结合低成本、可持续、生态性的原则要求,分别从庭院空间功能布局重构、庭院景观季相与层次营造、重要节点改造提升等方面对场地问题与需求做出回应,以期满足现代的生活需求,探索乡建新思路。

### 3.1 庭院空间功能布局重构

空间的规划布局是庭院设计的关键所在,只有充分考虑庭院的在地性并结合现实需要,才能划分出合理的功能分区。庭院的空间布局可以主要考虑两方面:首先,空间布局要满足村民日常生活需求,既要保持各功能空间之间的独立性又要注重其联系

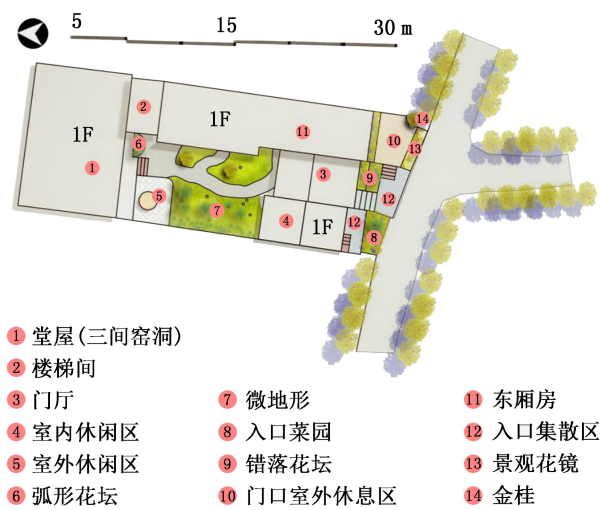


图 3 庭院方案设计总平面图

Fig. 3 General layout of courtyard scheme design

性,从而保证住户相关活动的有效开展;其次,综合考虑庭院景观空间的路线与氛围,同时也应注重内外空间的互动性和光影效果的营造。综合以上因素将乡村庭院的空间划分为生活、办公、交通、景观、休闲活动空间(图 4)。

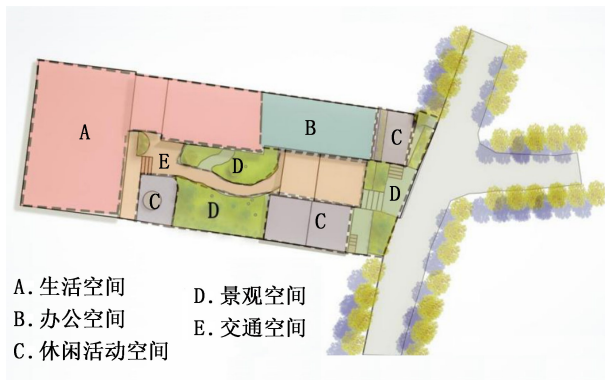


图 4 庭院功能分区

Fig. 4 Courtyard functional zoning

生活空间即居民在此进行日常生活休息的空间;考虑到目前庭院兼具办公的需求,工作空间即工作人员在室内进行开会沟通、交流、汇报的空间;景观空间即结合庭院中庭和现建筑西厢房的区域做统一的改造设计,一方面可以解决景观空间不足的问题,另一方面改善庭院光照不足,缓解内部空间的压抑感;休闲活动空间结合现有的储藏区域和菜园区域进行统一改造与规划,设计有室内和室外休闲活动空间,既解决了休闲空间缺乏的问题,又解决了堂屋室内场地与室外地坪之间的竖向高差问题。

### 3.2 结合场地需求,营造丰富的景观季相与层次

庭院景观营造是此次乡村庭院改造提升的重要组成部分。在设计过程中选用了乔木、灌木和草本多层次搭配的原则,同时考虑景观的季相变化,并结合亮化工程与小品装饰,营造出富有层次感的庭院景观空间。在场地内部具体表现为:考虑到洛阳的气候特征与人们健康的感官体验,在庭院景观区的植物选择与景观营造上选用了一些低成本、好养护、常绿型、色叶型、芳香型的植物(图 5),如草本类的狗牙根、鼠尾草;灌木类的竹子、金桂、南天竹、紫叶小檗、紫薇、腊梅;乔木类的樟树等。此外,结合场地情况局部营造微地形,修建鱼池与水循环系统,并考虑当地的风环境,在建筑屋檐装饰部分风铃饰品,在微风的吹拂下发出悦耳的声音,营造局部的声环境。庭院内的园路从功能需求出发,以路径相连,地面铺装采用小青砖,收边采用卵石,既美观大方又经济实用。庭院内规划有庭院灯、树灯和屋顶射灯等亮化工程,在满足照明的同时也美化了环境(图 6)。



图 5 庭院景观实景

Fig. 5 Real view of courtyard landscape

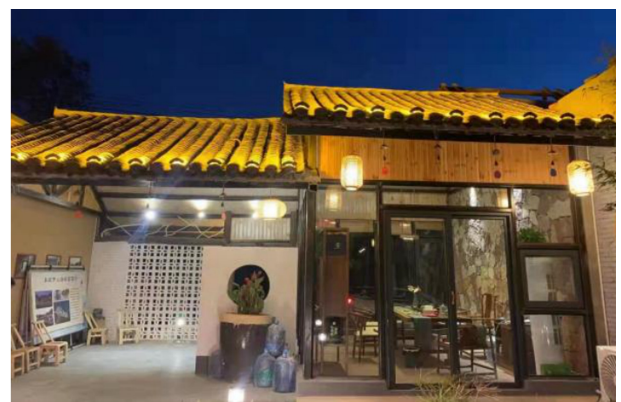


图 6 庭院亮化实景

Fig. 6 Real view of courtyard lighting



### 3.3 重要节点改造提升

#### 3.3.1 入口景观区

入口区域是进入庭院的必经之路,占有重要的位置。门口区域设计富有层次感的景观空间,入口区域采用旧青石砌筑平台和台阶,右侧高低错落搭配花坛,种植迎客松与葱莲,营造出一种归家之感;左侧用竹篱笆围合出绿化空间,上层空间种植高大常绿乔木香樟,下层种植彩叶常绿灌木南天竹;原门厅外侧区域设计为休息平台,其内侧砌筑花坛,种植南天竹,外侧区域种植草本花卉葱莲并辅以灌木金桂,休息平台用场地废弃的红砖砌筑并与入口以台阶相连,其平面铺装采用片石散铺,立面材质采用当地的乡土材料料姜石散铺,从而营造出丰富的肌理感与景观空间层次感。门口台阶入户的方式搭配两侧高低错落的花池与休闲平台,在解决场地竖向高差的同时,又巧妙地结合景观元素围合出宽敞的入口景观空间(图 7)。



图 7 庭院入口景观区实景

Fig. 7 Real view of courtyard entrance landscape area

#### 3.3.2 休闲活动区

场地的休闲活动区主要分为两部分:(1)庭院内的室外休闲区,此区域用青砖砌筑平台使之与堂

屋室外连廊相连,平台之上用片石散铺并置以石桌、座凳等小品,再者,在周围景观环境的营造上,选择常绿且具有抗菌杀毒功效的乔木类树种香樟,一方面可以为休憩空间提供遮阴,另一方面配合其周围的灌木树种可以遮挡视线,营造出半私密的空间,丰富场所的空间类型(图 8)。(2)庭院内的室内休闲区,此区域为新置入的功能空间,其建筑主体结构采用钢构焊接,外饰黑色氟碳漆,与门厅相连。室内休息区平台铺地使用场地废弃的红砖以工字相铺,并将其饰面打蜡,在防潮的同时也极具美感。建筑立面上采用大面积玻璃开窗与木纹材质相结合的手法,营造出丰富的虚实空间,增强庭院内外空间的通透感,与此同时,在室内装饰有芦苇帘,可依据情况调节室内的光线与私密程度,以此营造出多样的空间类型。屋顶采用坡屋面形式,建筑材料选用场地上废弃的旧青瓦、木椽子等,在延续场地元素的同时也节省了建造成本(图 9)。



图 8 庭院室外休闲平台实景

Fig. 8 Real view of outdoor leisure platform in courtyard



图 9 庭院室内休闲平台实景

Fig. 9 Real view of indoor leisure platform in courtyard



### 3.3.3 堂屋建筑空间与庭院外立面

就堂屋建筑空间而言,在改造过程中依次封堵建筑内部各间相连的门洞,并分别在各间的后墙与窑脸位置开凿门窗洞口,从而改善窑洞空间流线紊乱、采光差的问题。对窑洞的内部空间进行加固,地面铺设水磨石,墙面采用偏乡土效果的涂料饰面,室内屋顶空间以竹子连接,并加以竹筐、灯具等元素,构筑丰富多变的空間,营造浓厚的乡土氛围,解决建筑内部空间萧条、安全性低的问题(图 10)。就庭院外立面而言,提取当地的乡土建筑元素夯土,夯土与我国广大的乡村有着深厚的情感。在庭院外立面采用一种仿夯土材料的真石漆,价格既低廉又实用,从而使庭院外立面的整体既乡土又整洁(图 11)。



图 10 庭院堂屋窑洞空间改造实景  
Fig. 10 Real view of space renovation of courtyard cave dwelling

## 4 结 论

首先对“微更新”理念和庭院类型进行分析,其次以洛阳市伊川县东坡村 2 号乡村庭院为案例对象进行营造实践,其主要结论如下:(1)通过对东坡村 2 号庭院进行现场调研分析,发现场地庭院空间存



图 11 庭院外立面改造实景  
Fig. 11 Real view of courtyard facade renovation

在 3 个主要问题,分别为:缺乏科学布局规划、缺乏景观营造、缺乏活动性和体验性。(2)针对场地的现存问题对其进行“微更新”改造,具体的改造提升策略分别为:庭院空间功能布局重构,结合场地需求,营造丰富的景观季相与层次,基于场所的地性对重要节点进行分类改造。

### 参考文献:

- [1] 李娜. 乡村旧建筑空间的微更新设计研究[D]. 南京:南京林业大学,2020.
- [2] 姚歌. 浙中乡村民居庭院景观设计研究[D]. 金华:浙江师范大学,2017.
- [3] 倪云. 美丽乡村建设背景下杭州地区乡村庭院景观设计研究[D]. 杭州:浙江农林大学,2013.
- [4] 何超,白新祥. 基于五行文化的乡土景观元素分类及应用[J]. 山西建筑,2018,44(3):213-214.
- [5] 蔡群波. 杭州地区乡村庭院营造与实践[D]. 杭州:浙江农林大学,2017.
- [6] 聂丹. 传统建筑庭院的布局形式在现代居住空间中的应用[J]. 园林与建筑,2008:159-161.

责任编辑:杨焱熔

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.02.040

## 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<sup>1,2</sup>, 王翼飞<sup>1</sup>, 华超<sup>1</sup>, 汪安印<sup>1</sup>, 尤啸龙<sup>1</sup>, 宋芳琳<sup>2</sup>, 贺丹<sup>1</sup>

(1. 河南农业大学 风景园林与艺术学院, 河南 郑州 450002; 2. 郑州市城市道路绿化管理处, 河南 郑州 450000)

**摘要:**为研究城市道路不同植物配置模式对大气中  $PM_{2.5}$  和  $PM_{10}$  浓度的削减作用,以郑州市建设路为研究对象,选取 4 种乔-灌型植物配置,采用便携式颗粒物检测仪器(CW-HAT200S)及气象仪(Kestrel 5000)测定其  $PM_{2.5}$ 、 $PM_{10}$  浓度和气象因子,分析乔-灌型植物群落对  $PM_{2.5}$  和  $PM_{10}$  浓度在垂直空间和水平空间的削减作用。结果表明,道路环境下  $PM_{2.5}$  和  $PM_{10}$  浓度在垂直方向和水平方向的日动态变化规律表现较为一致,均呈“U”型,早晚高,中午低;颗粒物浓度与温度、风速呈显著负相关,与湿度呈显著正相关;削减率与温度、风速和湿度的相关关系不明显。乔木枝下高较低、有多层高度的配置形式对颗粒物的削减更有效果,群落配置“美人梅+红叶石楠+黄杨”在垂直方向上削减效果最好,群落配置“悬铃木+海桐+构骨”在水平方向上削减效果最好。

**关键词:**城市道路;大气颗粒物;植物群落;削减率;郑州市

中图分类号:S731.8;TU986.34;P427.2 文献标识码:A 文章编号:1671-3168(2023)02-0212-07

引文格式:赵冰锐,王翼飞,华超,等.郑州市道路绿地乔-灌型植物配置对大气颗粒物的影响[J].林业调查规划,2023,48(2):212-218. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.02.040

ZHAO Bingrui, WANG Yifei, HUA Chao, et al. Effect of Arbor-Shrub Plant Configuration on Atmospheric Particulate Matters in Zhengzhou Road Green Space [J]. Forest Inventory and Planning, 2023, 48(2): 212-218. doi: 10.3969/j.issn.1671-3168.2023.02.040

## Effect of Arbor-Shrub Plant Configuration on Atmospheric Particulate Matters in Zhengzhou Road Green Space

ZHAO Bingrui<sup>1,2</sup>, WANG Yifei<sup>1</sup>, HUA Chao<sup>1</sup>, WANG Anyin<sup>1</sup>, YOU Xiaolong<sup>1</sup>,  
SONG Fanglin<sup>2</sup>, HE Dan<sup>1</sup>

(1. College of Landscape Architecture and Art, Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, China;  
2. Zhengzhou Administration of Urban Road Greening, Zhengzhou 450000, China)

**Abstract:** The objective of this study was to explore the effect of different plant configurations methods on reducing the concentration of  $PM_{2.5}$  and  $PM_{10}$  in the atmosphere. Four types of arbor-shrub plant configurations in Jianshe Road of Zhengzhou were selected to detect the  $PM_{2.5}$  and  $PM_{10}$  concentrations and meteorological factors by PMs samplers (CW-HAT200S) and a portable weather station (Kestrel 5000), and to analyze reduction of arbor-shrub plant community in vertical space and horizontal space. The results showed that under the road traffic environment, the diurnal dynamic changes of  $PM_{2.5}$  and  $PM_{10}$  concen-

收稿日期:2021-11-30;修回日期:2022-10-25.

基金项目:国家自然科学基金项目(31600579);河南省科技攻关项目(212102110185);河南省青年骨干教师资助项目(2020GGJS049).

第一作者:赵冰锐(1994-),女,河南长垣人,硕士,助理工程师.主要从事风景园林植物应用研究.

责任作者:贺丹(1983-),女,河南新乡人,博士,副教授.研究方向为风景园林植物应用.

trations in the vertical and horizontal directions were relatively consistent, showing a “U” shape, higher in the morning and evening and lower at noon; the particulate matter concentrations had a significant negative correlation with temperature and wind speed, and a significant positive correlation with humidity; the correlation between reduction rate and temperature, wind speed and humidity were not obvious. The configuration with low height under the branches and multi-layer height was more effective for the reduction of particulate matter. In this experiment, the configuration of “*Prunus × blireana* ‘Meiren’ + *Photinia serrulata* + *Buxus sinica*” had a better reduction effect in the vertical direction, and the configuration of “*Platanus orientalis* + *Pittosporum tobira* + *Ilex cornuta*” had a better reduction effect in the horizontal direction.

**Key words:** urban road; atmospheric particulate matter; plant community; reduction rate; Zhengzhou City

近年来,随着郑州市城市建设的快速发展,大气污染情况严重,全年 60% 以上时间空气处于污染状态,PM<sub>2.5</sub>、PM<sub>10</sub> 等可吸入颗粒物年均浓度超过标准限值<sup>[1]</sup>。颗粒物可通过呼吸系统、破损皮肤等途径进入人体,对血管、心肺系统及神经系统等造成严重危害<sup>[2-3]</sup>。同时颗粒物浓度的升高降低了能见度,影响交通安全<sup>[4]</sup>。机动车尾气排放是城市大气颗粒污染物的主要来源<sup>[5-6]</sup>,因此如何降低道路的颗粒物污染对城市大气治理至关重要。

植物叶片通过阻滞、吸附等方式对颗粒物进行削减,在大气污染治理中产生不可替代的作用<sup>[7-8]</sup>。道路分车绿带作为阻隔汽车尾气污染的第一道防线,具有降低大气污染的功能。目前,国内外学者对道路植物削减颗粒物开展了相关研究,大多以植物个体为研究对象。由于植物叶片表面结构特征和生活型的差异,不同植物个体削减颗粒物的能力不同<sup>[9-11]</sup>。而相同植物种类在不同区域环境或不同群落中削减颗粒物的能力也不相同<sup>[12-14]</sup>。在道路环境植物群落对颗粒物的削减作用研究中,乔-灌-草群落结构对颗粒物的削减作用最大<sup>[15-17]</sup>,而多层次、复杂化的组合以及乔木的复层混交可增加乔-灌-草群落结构对 PM<sub>2.5</sub> 的削减作用<sup>[18-19]</sup>。此外,有研究表明,不同等级道路的绿化带群落结构削减效果存在差异,主干道分车绿带的最优配置结构是乔-灌型,次干道最优配置结构是乔-灌-草型,而支路差异不显著<sup>[20]</sup>;在垂直梯度和水平梯度上,草本型和灌木型结构、乔-草型和灌木型结构分别对大气颗粒物的削减作用更好<sup>[21]</sup>。

本研究选择郑州市道路中 4 种典型的乔-灌型群落配置为研究对象,连续动态测定 PM<sub>2.5</sub>、PM<sub>10</sub> 浓度和气象因子,通过比较分析不同植物群落配置对颗粒物的削减规律,为更有效地发挥郑州市城市道路植物的滞尘作用提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究区概况

郑州市位于东经 112°42′~114°14′,北纬 34°16′~34°58′范围,地处河南省中部偏北,年均风速 2.8~3.2 m/s,年均温 15.6℃,年均降雨量 640 mm。

### 1.2 道路样地选择

以郑州市建设路段(大学路至华山路)为监测点,道路为东西走向,总长约 4 km,周围属于商业居住区,无大型工厂或施工情况,可认为交通是该道路颗粒物的最主要来源。选取道路样地中位于侧分车绿带的植物群落共计 4 种,侧分车绿带宽度为 3 m,植物种类丰富,长势良好。各群落分别设置 3 m×5 m 的样方进行垂直变化研究,另外选择样方 1 和样方 4 植物群落绿带进行水平变化研究。样方位置分布如图 1 所示,各样方植物配置如表 1 所示。

### 1.3 试验测定方法

#### 1.3.1 测量仪器

赛纳威 CW-HAT200S 手持式粉尘仪(CHINA)、Kestrel 5000 手持式气象记录仪(USA)、皮尺。

#### 1.3.2 测量点选取

垂直测量对照组为各样方机动车道一侧边缘中点处,实验组为样方非机动车道一侧边缘中点处,各样方对照组和实验组均在距地面垂直高度 0.5 m、1.5 m、2 m 处分别设置 3 个测量点(图 2)。每个采集点重复采集 3 次。

水平测量从路口绿化带起点处开始,沿绿化带延伸方向每隔 10 m 设置一个测量点,共计 3 个,均距地面高度 1.5 m(基本与人的呼吸带高度相一致)(图 3)。每个采集点重复采集 3 次。

#### 1.3.3 测量时间及指标

选择 2021 年 7 月 7 日无风晴天进行监测,在车流量较高的 7:00—19:00 时间段,应用手持粉尘仪同时测定各样方测量点的 PM<sub>2.5</sub> 和 PM<sub>10</sub> 浓度。对



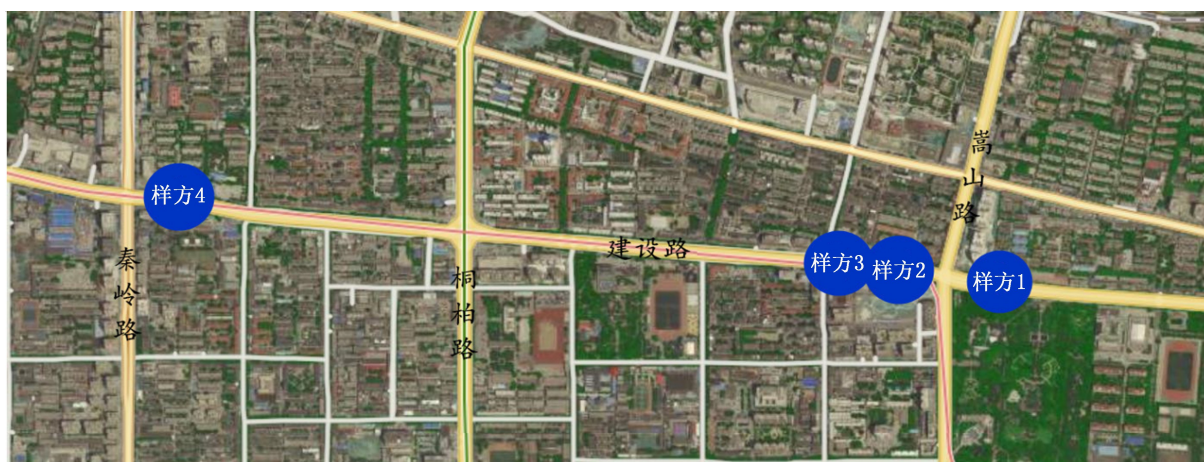


图 1 样方位置分布

Fig. 1 Location distribution of samples

表 1 样方植物配置

Tab. 1 Plant configuration of samples

样方编号	植物类型	种名	冠幅 /m	高度 /m	其他特征
样方 1	乔木	悬铃木 <i>Platanus orientalis</i>	12.72	13.35	—
	灌木	海桐 <i>Pittosporum tobira</i>	0.20	0.56	—
		构骨 <i>Ilex cornuta</i>	1.00	0.94	球形
样方 2	乔木	雪松 <i>Cedrus deodara</i>	6.40	16.36	—
	灌木	红叶石楠 <i>Photinia serrulata</i>	0.25	0.55	—
		黄杨 <i>Buxus sinica</i>	0.20	0.40	—
样方 3	乔木	美人梅 <i>Prunus×blireana</i> 'Meiren'	2.50	5.40	—
	灌木	红叶石楠 <i>Photinia serrulata</i>	0.25	0.55	—
		黄杨 <i>Buxus sinica</i>	0.20	0.40	—
样方 4	乔木	女贞 <i>Ligustrum lucidum</i>	2.50	3.00	球形造型树
	灌木	红叶石楠 <i>Photinia serrulata</i>	0.25	0.55	—
		黄杨 <i>Buxus sinica</i>	0.20	0.40	—

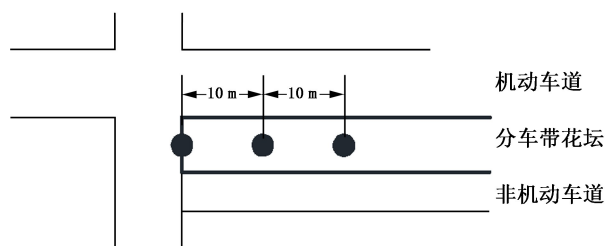


图 3 水平测量点示意图

Fig. 3 Schematic diagram of horizontal measurement points

每个测量点连续测 3 次,每次测量的时间为 60 s,取 3 次测量数据的平均值为该测量点的颗粒物浓度值。每隔 2 h(即 7 时、9 时、11 时、13 时、15 时、17 时、19 时)再次测定全部样方测量点颗粒物浓度,共计 7 个时间点。对照组测量时粉尘仪检测口应朝向车行道,实验组测量时粉尘仪检测口应朝向侧分车绿带。手持气象记录仪在 7 个时间点同步测定各样方 1.5 m 高度处气象因子,包括风速、温度和湿度。在每 2 h 的测量时间段内,统计各样方路段 10 min 内车流量 3 次,取平均值为该时间段的车流量。

1.4 数据处理

利用 Microsoft Excel 2019 软件对所测数据进行整理,应用 SPSS 23.0 软件进行相关性分析。通过削减率(P)来衡量不同植物组成的滞尘效果。

垂直方向削减率的计算公式<sup>[22]</sup>为:

$$P_1 = \frac{C_1 - C_2}{C_1} \times 100\% \quad (1)$$

式中: $P_1$  为样方颗粒物削减率; $C_1$  为对照点大气颗粒物浓度 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ );  $C_2$  为试验点大气颗粒物浓度 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )。

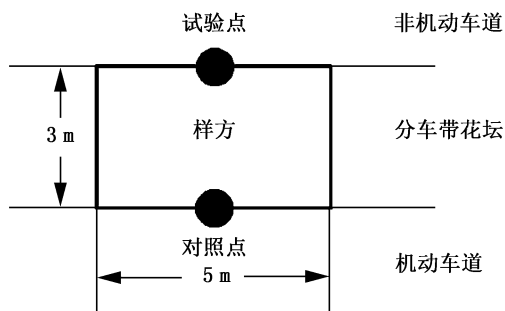


图 2 垂直测量点示意图

Fig. 2 Schematic diagram of vertical measurement points

水平方向削减率的计算公式<sup>[24]</sup>为:

$$P_2 = \frac{C_3 - C_4}{C_3} \times 100\% \quad (2)$$

式中: $P_2$  为颗粒物水平削减率; $C_3$  是 10 m 测点的大气颗粒物浓度 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ); $C_4$  是 20 m 测点的大气颗粒物浓度 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )。

## 2 结果与分析

### 2.1 乔-灌型绿地对 $\text{PM}_{2.5}$ 和 $\text{PM}_{10}$ 削减作用的垂直方向变化

#### 2.1.1 日动态变化

以 1.5 m 高度为例,不同样方  $\text{PM}_{2.5}$  和  $\text{PM}_{10}$  浓度的日动态变化如图 4 所示。

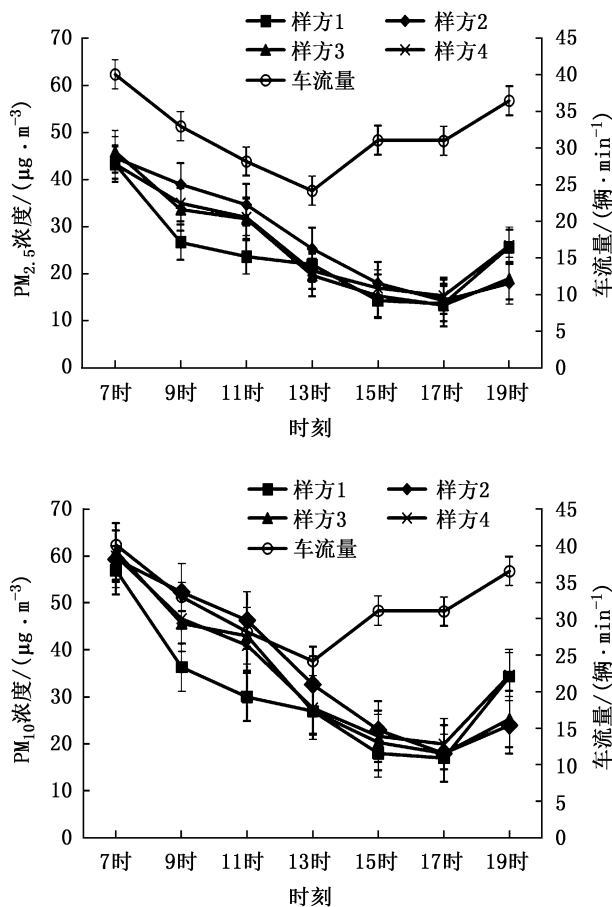


图 4 不同样方  $\text{PM}_{2.5}$  和  $\text{PM}_{10}$  浓度日动态变化 (1.5 m 高度)  
Fig. 4 Daily dynamic changes of  $\text{PM}_{2.5}$  and  $\text{PM}_{10}$  concentration in each sample (1.5 m height)

$\text{PM}_{10}$  浓度的日变化幅度总体较  $\text{PM}_{2.5}$  大,规律表现较为一致。各样方  $\text{PM}_{2.5}$  和  $\text{PM}_{10}$  浓度均为早晨 7 时最高, $\text{PM}_{2.5}$  浓度最高为  $46 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , $\text{PM}_{10}$  浓度

最高为  $61 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 。随着时间推移,颗粒物浓度逐渐降低,至 17 时达到最低点  $13.33 \mu\text{g}/\text{m}^3$  和  $17 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ,然后开始回升。郑州市上下班高峰集中在早晨和傍晚,特别是早上 7 时,车流量为全天最大,平均 40 辆/min,随着时间的推移,车流量逐渐降低,至 13 时达到最低点后开始回升。颗粒物浓度与车流量日变化曲线总体一致,均呈“U”型,但颗粒物浓度上升时间点晚于车流量上升时间。

不同样方  $\text{PM}_{2.5}$  和  $\text{PM}_{10}$  削减率的日均动态变化如图 5 所示。

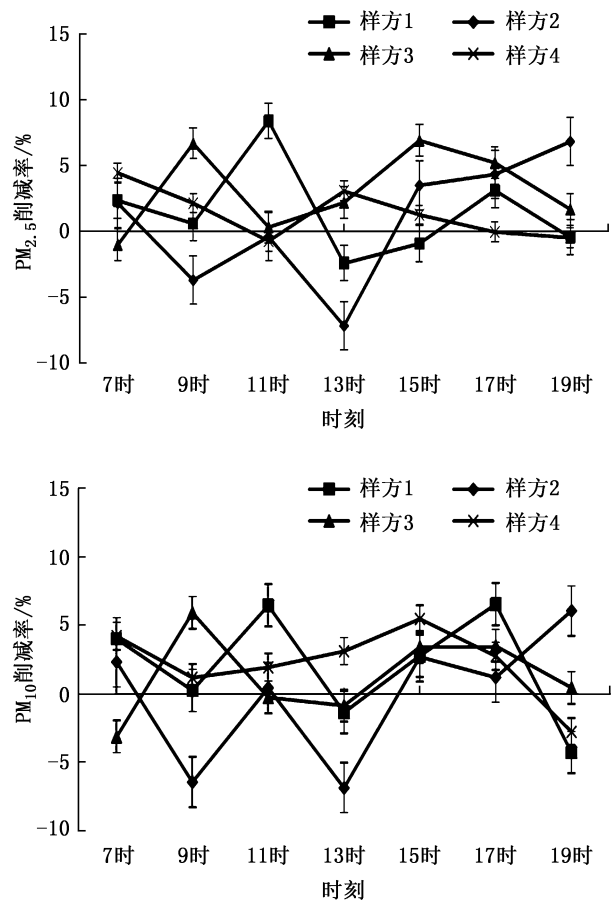


图 5 不同样方对  $\text{PM}_{2.5}$  和  $\text{PM}_{10}$  削减率日均动态变化  
Fig. 5 Daily average dynamic change of the reduction rate of  $\text{PM}_{2.5}$  and  $\text{PM}_{10}$  in each sample

随着时间的变化,各样方削减率不断上下波动,幅度均在 10%左右,较为稳定。但削减能力表现有所差别,其中样方 3、4 的削减率多为正值,而样方 1、2 的削减率在部分时间点为明显负值。各样方  $\text{PM}_{2.5}$  和  $\text{PM}_{10}$  的日均削减率大小依次为样方 3 > 样方 4 > 样方 1 > 样方 2。

### 2.1.2 空间变化

不同高度处各样方  $PM_{2.5}$  和  $PM_{10}$  削减率变化如图 6 所示。

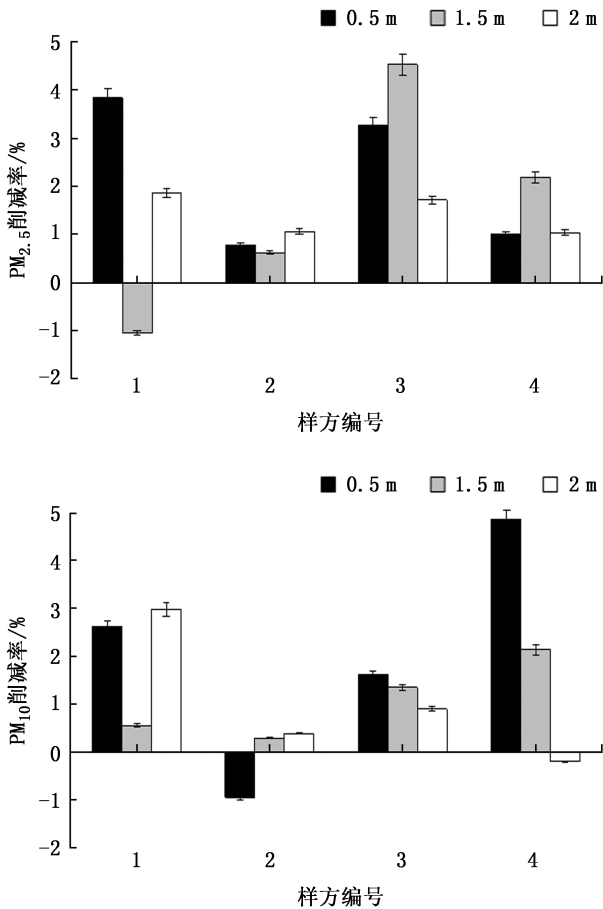


图 6 垂直方向各样方绿带对  $PM_{2.5}$  和  $PM_{10}$  的削减率变化  
Fig. 6 Reduction rate of  $PM_{2.5}$  and  $PM_{10}$  in each sample in the vertical direction

0.5 m 高度处,样方 1 绿带对  $PM_{2.5}$  的削减率最高,为 3.84%;样方 4 绿带对  $PM_{10}$  的消减率最高,为 4.87%。1.5 m 高度处,样方 3 绿带对  $PM_{2.5}$  的削减率最高,为 4.53%;样方 4 绿带对  $PM_{10}$  的消减率最高,为 2.15%。2 m 高度处,样方 1 绿带对  $PM_{2.5}$  和  $PM_{10}$  的削减率均为最高,分别为 1.87%和 2.99%。

### 2.2 乔-灌型绿地对 $PM_{2.5}$ 和 $PM_{10}$ 削减作用的水平方向变化

以 10 m 处为例,水平方向  $PM_{2.5}$  和  $PM_{10}$  浓度的日动态变化如图 7 所示。

与垂直方向浓度变化表现一致,总体  $PM_{10}$  浓度的日变化幅度较  $PM_{2.5}$  更大,均大致呈“U”型。各样方  $PM_{2.5}$  和  $PM_{10}$  浓度早晨 7 时最高, $PM_{2.5}$  浓度最高为  $43.67 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , $PM_{10}$  浓度最高为  $58.67 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 。

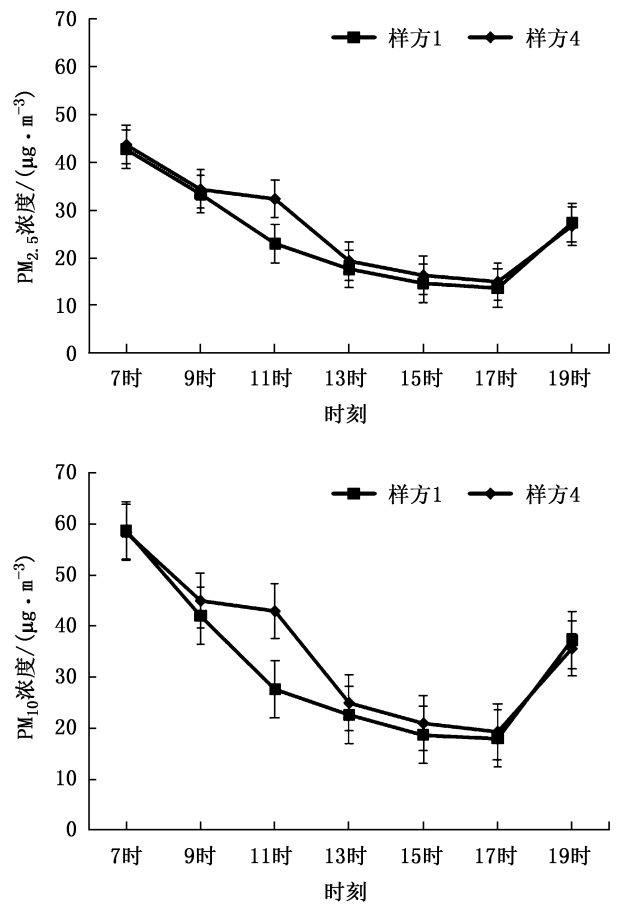


图 7 水平方向  $PM_{2.5}$  和  $PM_{10}$  浓度日动态变化  
Fig. 7 Daily dynamic changes of  $PM_{2.5}$  and  $PM_{10}$  concentrations in the horizontal direction

随着时间的推移,颗粒物浓度逐渐降低,至 17 时达到最低点后开始回升。

水平方向  $PM_{2.5}$  和  $PM_{10}$  的削减率日变化特征如图 8 所示。

削减率大多为正值,说明 20 m 以内的水平方向存在明显的削减作用。其中,样方 1 绿带对  $PM_{2.5}$  削减率的日变化幅度较  $PM_{10}$  稍大,样方 4 绿带刚好相反,总体样方 1 绿带的削减率日变化较样方 2 波动更大。

### 2.3 乔-灌型绿地 $PM_{2.5}$ 、 $PM_{10}$ 浓度及削减率与气象因子的关系

$PM_{2.5}$ 、 $PM_{10}$  浓度及削减率与温度、风速、相对湿度的相关性如表 2 所示。

从表 2 可以看出,气象因子对  $PM_{2.5}$  和  $PM_{10}$  浓度的影响较为一致,均与温度、风速呈显著负相关,与相对湿度呈显著正相关。相关性强弱依次为相对湿度 > 温度 > 风速。同时,气象因子与乔-灌型群落  $PM_{2.5}$  和  $PM_{10}$  削减率的相关性并不明显。



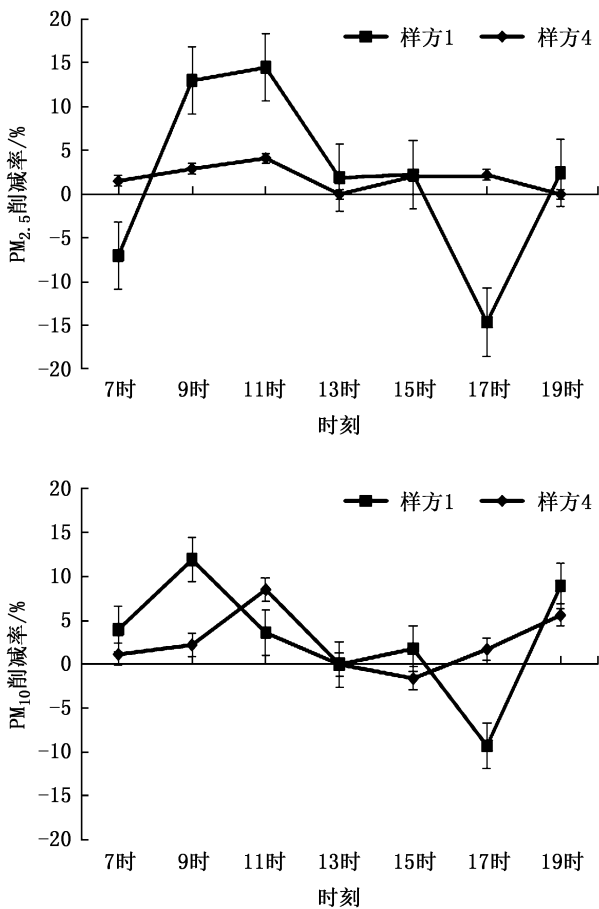


图 8 水平方向各样方绿带对 PM<sub>2.5</sub> 和 PM<sub>10</sub> 的削减率日动态变化

Fig. 8 Daily dynamic changes in the reduction rate of PM<sub>2.5</sub> and PM<sub>10</sub> in the horizontal direction

表 2 PM<sub>2.5</sub>、PM<sub>10</sub> 浓度及削减率与气象因子的相关性分析  
Tab. 2 Correlation between the concentration and reduction rate of PM<sub>2.5</sub> and PM<sub>10</sub> and meteorological factors

项目	温度	风速	相对湿度
C <sub>2</sub> (PM <sub>2.5</sub> )	-0.450 **	-0.310 **	0.668 **
C <sub>2</sub> (PM <sub>10</sub> )	-0.453 **	-0.304 **	0.672 **
P <sub>1</sub> (PM <sub>2.5</sub> )	0.058	-0.058	-0.042
P <sub>1</sub> (PM <sub>10</sub> )	0.107	-0.187	-0.090
P <sub>2</sub> (PM <sub>2.5</sub> )	0.222	0.218	-0.262
P <sub>2</sub> (PM <sub>10</sub> )	-0.046	0.277	0.104

注: \* 表示 0.05 水平(双侧)显著相关, \*\* 表示 0.01 水平(双侧)显著相关; C<sub>2</sub> 为试验点大气颗粒物浓度(μg/m<sup>3</sup>), P<sub>1</sub> 为样方颗粒物削减率, P<sub>2</sub> 为颗粒物水平削减率。

### 3 讨论与结论

道路环境下, PM<sub>2.5</sub> 和 PM<sub>10</sub> 浓度的日动态变化曲线与车流量日变化基本一致, 说明道路中颗粒物

的来源主要是机动车尾气排放<sup>[6]</sup>。但颗粒物浓度上升时间点晚于车流量上升, 原因可能是 13 时时温度较高、风速较大、湿度较低, 大气颗粒物的分子运动较快<sup>[23]</sup>。经过稀释扩散与植物削减后, 大气中颗粒物浓度未能迅速上升。同时, 根据相关性分析, PM<sub>2.5</sub> 和 PM<sub>10</sub> 浓度与温度、风速呈显著负相关, 与湿度呈显著正相关。而白天较晚上温度高、湿度低, 所以日浓度变化表现均呈“U”型, 早晚高, 中午低。这与以往研究结果一致, 但最低点的出现时间不同, 可能受气候条件、车流量等环境因素影响<sup>[24-26]</sup>。

相关性分析表明样方颗粒物削减率与温度、风速和湿度的相关性并不显著。所以, 不同乔-灌型道路绿带对颗粒物的垂直削减能力表现有所差别, 其原因主要在于植物自身结构特征和配置组成不同<sup>[9, 18-19]</sup>。在 0.5 m 高度, 削减率更高的样方 1 和 4 均有低高度球冠, 这与张灵芝等<sup>[25]</sup>对重庆市道路绿地滞尘效应的研究结果一致, 表明以球形布局的植物群落对颗粒物的削减作用更强。在 1.5 m 高度, 削减率更高的样方 3 和 4 中植株枝下高较低、枝叶有多层高度、密集度适中<sup>[15]</sup>, 表明有多层高度的配置优于单层群落配置<sup>[18]</sup>。在 2 m 高度, 悬铃木单叶面积和冠幅更大, 捕获空气中颗粒物的能力更强, 所以样方 1 对颗粒物的削减作用更为突出<sup>[27]</sup>。本研究中, 总体垂直方向削减能力依次为样方 3 > 样方 4 > 样方 1 > 样方 2, 即群落配置“美人梅+红叶石楠+黄杨” > 群落配置“女贞+红叶石楠+黄杨” > 群落配置“悬铃木+海桐+构骨” > 群落配置“雪松+红叶石楠+黄杨”。

水平方向 PM<sub>2.5</sub> 和 PM<sub>10</sub> 的削减率日变化大多为正值, 说明 20 m 以内的水平方向存在明显的削减作用。但也存在部分负值, 可能是由于二次扬尘影响或滞尘速度慢于颗粒物聚集的速度, 使道路绿地对颗粒物的削减出现逆向表现<sup>[22]</sup>。本研究中, 总体样方 1 绿带的水平削减能力大于样方 4, 即群落配置“悬铃木+海桐+构骨” > 群落配置“女贞+红叶石楠+黄杨”。

综上所述, 道路颗粒物 PM<sub>2.5</sub> 和 PM<sub>10</sub> 浓度同时受到气象因子与交通因子的影响, 基本呈现先降低后增高的“U”型曲线, 并与湿度、车流量呈正相关, 与温度、风速呈负相关。相同植物群落类型, 不同植物配置对大气颗粒物的削减效果也有所不同。因此选择优势物种和营造多层空间结构等措施可有效提高乔-灌型道路植物群落对大气颗粒物的削减能力。

## 参考文献:

- [1] 王翠连,张军,郑瑶,等. 郑州城区  $PM_{10}$ 、 $PM_{2.5}$  质量浓度变化特征及其对气象因子的响应[J]. 环境保护科学,2019,45(6):76-83.
- [2] 甄泉,方治国,王雅晴,等. 雾霾空气中细菌特征及对健康的潜在影响[J]. 生态学报,2019,39(6):2244-2254.
- [3] LELIEVELD J, EVANS J S, FNAIS M, et al. The contribution of outdoor air pollution sources to premature mortality on a global scale[J]. Nature,2015(525):367-383.
- [4] TU Huizhao, LI Zhenfei, SUN Yifan, et al. Driving behavior in case of Haze: A high fidelity driving simulator study [C]//14th COTA International Conference of Transportation Professionals. Changsha, China: Curran Associates, Inc, 2014.
- [5] 韩力慧,张鹏,张海亮,等. 北京市大气细颗粒物污染与来源解析研究[J]. 中国环境科学,2016,36(11):3203-3210.
- [6] 罗娜娜,赵文吉,晏星,等. 交通与气象因子对不同粒径大气颗粒物的影响机制研究[J]. 环境科学,2013,34(10):3741-3748.
- [7] NOWAK D J, HIRABAYASHI S, DOYLE M, et al. Air pollution removal by urban forests in Canada and its effect on air quality and human health[J]. Urban Forestry & Urban Greening,2018(29):40-48.
- [8] 易心钰,彭映赫,廖菊阳,等. 森林植被与大气颗粒物的关系[J]. 植物科学学报,2017,35(5):790-796.
- [9] HE C, QIU K, POTT R. Reduction of urban traffic-related particulate matter—leaf trait matters [J]. Environmental Science and Pollution Research,2020,27(6):5825-5844.
- [10] 路艳,卞贵建,季洪亮. 道路绿化树种滞尘的季节效应与叶片特征关系[J]. 森林与环境学报,2020,40(3):269-275.
- [11] 王会霞,王彦辉,杨佳,等. 不同绿化树种滞留  $PM_{2.5}$  等颗粒污染物能力的多尺度比较[J]. 林业科学,2015,51(7):12-23.
- [12] 江胜利,金荷仙,许小连. 杭州市常见道路绿化植物滞尘能力研究[J]. 浙江林业科技,2011,31(6):45-49.
- [13] 张家洋,周君丽,任敏,等. 20种城市道路绿化树木的滞尘能力比较[J]. 西北师范大学学报(自然科学版),2013,49(5):113-120.
- [14] 刘颖,李朝炜,邢文岳,等. 城市交通道路绿化植物滞尘效应研究[J]. 北方园艺,2015(3):77-81.
- [15] 胡海滨,钱庆荣,陈庆华,等. 福州市主干道分车绿带对骑行通勤者暴露于细颗粒物的影响[J]. 西北林学院学报,2021,36(4):241-248.
- [16] 孙晓丹,李海梅,刘霞,等. 不同绿地结构消减大气颗粒物的能力[J]. 环境化学,2017,36(2):289-295.
- [17] ABHIJITH KV, KUMAR P. Field investigations for evaluating green infrastructure effects on air quality in open-road conditions [J]. Atmospheric Environment,2019(201):132-147.
- [18] 徐欢,赵晶晶,李红. 道路绿地植物配置对  $PM_{2.5}$  浓度分布与消减作用的影响[J]. 北方园艺,2016(24):65-69.
- [19] 王国玉,白伟岚,李新宇,等. 北京地区消减  $PM_{2.5}$  等颗粒物污染的绿地设计技术探析[J]. 园林生态,2014,30(7):70-76.
- [20] 陈小平,肖慧玲,周志翔,等. 城市道路典型绿带结构对总悬浮颗粒物的净化效应[J]. 长江流域资源与环境,2014,23(11):1620-1626.
- [21] 杨貌,张志强,陈立欣,等. 春季城区道路不同绿地配置模式对大气颗粒物的削减作用[J]. 生态学报,2016,36(7):2076-2083.
- [22] 张灵芝,秦华. 城市道路行道树绿带对  $PM_{2.5}$  的滞尘效应及其变化分析[J]. 中国园林,2015,31(5):106-110.
- [23] 马克明,殷哲,张育新. 绿地滞尘效应和机理评估进展[J]. 生态学报,2018,38(12):4482-4491.
- [24] 邵锋. 园林树木对  $PM_{2.5}$  等大气颗粒物浓度和成分的影响及滞尘效应研究——以浙江农林大学为例[D]. 北京:北京林业大学,2020.
- [25] 张建设,冯万富,史晓海,等. 不同绿地结构对  $PM_{2.5}$  和  $PM_{10}$  的消减作用[J]. 江苏农业科学,2019,47(21):302-304.
- [26] FLICSTEIN B, BRODAY D M. The impact of a forced reduction in traffic volumes on urban air pollution [J]. Atmospheric Environment,2008,42(3):428-440.
- [27] 赵晨曦,王玉杰,王云琦,等. 细颗粒物( $PM_{2.5}$ )与植被关系的研究综述[J]. 生态学杂志,2013,32(8):8.

责任编辑:陈旭

果 doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.02.041

## 春夏秋冬主题园设计

——以太原和平公园为例

陈利红<sup>1</sup>, 郭兵义<sup>2</sup>, 任艺伟<sup>2</sup>, 武小钢<sup>3</sup>, 曹晔<sup>2</sup>

(1. 晋中信息学院 商务英语学院, 山西 太谷 030801; 2. 山西农业大学 城乡建设学院, 山西 太谷 030801;  
3. 山西农业大学 林学院, 山西 太谷 030801)

**摘要:** 主题园为以某一特定主题为表达对象的观赏性游园。以太原市和平公园的春夏秋冬主题园为研究对象, 比较分析我国古典园林(扬州个园、杭州西湖、佛山梁园)、国内现代园林(四盒园)和国外园林(米兰四季花园、日本 Kitagata 公寓、美国 Oldfields 四季花园、法国凡尔赛宫四季喷泉)的园林要素和象征意义, 总结了春夏秋冬主题园春园、夏园、秋园、冬园的景观设计手法和技巧, 并统计了主题园景观营造所运用的植物种类, 以期为主题园的设计提供参考。

**关键词:** 主题园; 春夏秋冬; 设计手法; 景观营造; 植物种类; 和平公园; 太原

中图分类号: TU986 文献标识码: A 文章编号: 1671-3168(2023)02-0219-06

引文格式: 陈利红, 郭兵义, 任艺伟, 等. 春夏秋冬主题园设计——以太原和平公园为例[J]. 林业调查规划, 2023, 48(2): 219-224. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.02.041

CHEN Lihong, GUO Bingyi, REN Yiwei, et al. Design of Spring, Summer, Autumn and Winter Garden——A Case Study of Heping Park in Taiyuan [J]. Forest Inventory and Planning, 2023, 48(2): 219-224. doi: 10.3969/j.issn.1671-3168.2023.02.041

## Design of Spring, Summer, Autumn and Winter Garden

——A Case Study of Heping Park in Taiyuan

CHEN Lihong<sup>1</sup>, GUO Bingyi<sup>2</sup>, REN Yiwei<sup>2</sup>, WU Xiaogang<sup>3</sup>, CAO Ye<sup>2</sup>

(1. College of Business English, Jinzhong College of Information, Taigu, Shanxi 030801, China;  
2. College of Urban and Rural Construction, Shanxi Agricultural University, Taigu, Shanxi 030801, China;  
3. College of Forestry, Shanxi Agricultural University, Taigu, Shanxi 030801, China)

**Abstract:** The theme garden is an ornamental garden with a specific theme as the object of expression. This paper selected the spring, summer, autumn and winter garden of Heping Park in Taiyuan as the research object, and discussed the landscape design techniques and the applied plants types of the garden by comparing the classical gardens in China (Yangzhou Geyuan, Hangzhou West Lake, Foshan Liangyuan), domestic modern gardens (Sihe Garden), foreign gardens (Four Seasons Garden in Milan, Kitagata Apartment in Japan, Oldfields Four Seasons Garden in America and Four Seasons Fountain of

收稿日期: 2021-12-20.

基金项目: 山西省优秀博士来晋工作奖励资金科研项目(SXYBK2019007).

第一作者: 陈利红(1989-), 男, 山西吕梁人, 硕士. 研究方向为栖息地保护. Email: clh539525@163.com

责任作者: 武小钢(1977-), 男, 山西忻州人, 博士, 教授. 研究方向为风景园林规划与管理研究、城市化过程生态与功能、城市环境与植物. Email: wxg354@163.com



Versailles Palace in France), in order to provide a reference for the design of the theme park.

**Key words:** theme garden; spring, summer, autumn and winter; design techniques; landscape construction; plant species; Heping Park; Taiyuan

主题园源于早期的游乐园,最大特点是赋予某一特定主题,围绕既定的主题进行景观营造,景观中的山水、植物、建筑、园路等园林要素均为其服务,成为表达特定主题的观赏性游园。比如国内最早营建的“锦绣中华”“中国民俗文化村”“世界之窗”等大型主题园。目前国内学者已对主题园景观设计进行多方面研究,主要集中在海棠、葡萄、向日葵、月季、八仙花、荷花等植物主题方面,研究植物的地域特色、文化内涵、功能价值等。而春夏秋冬主题园作为主题园中的一种较为特殊的表现形式,多以具有季相、时令特征的石头、植物、园林小品等为主要造园要素,营造一年四季的不同景观,体现季节的轮回变化,吸引人们去感知和体验<sup>[1]</sup>。南宋刘松年最早在《四景山水图》中以人的活动为中心,运用界画技法,精心描绘了庭院台榭和植物特性,以及杭州春、夏、秋、冬四时景象。此卷图画分为4幅,第1幅,踏青,春花烂漫,杨柳葱翠;第2幅,纳凉,夏木浓荫,碧荷点点;第3幅,观山,秋高气爽,霜叶尽染;第4幅,赏雪,山裹银装,万籁俱寂<sup>[2]</sup>。目前,已建成的春夏秋冬主题园较少,相关研究也相对缺乏,最具有研究价值和最为经典的春夏秋冬园属古典园林个园和现代园林四盒园。以太原市和平公园中的春夏秋冬主题园为研究对象,可补充主题园的研究案例,还可为春夏秋冬主题园的设计提供参考。

### 1 和平公园景观规划设计

和平公园位于太原市万柏林区,东至千峰南路,西至和平南路,北至南内环西街,南至九院沙河,属于太原市绿地系统规划的大型综合性公园。占地 30.81 hm<sup>2</sup>,面积约为迎泽公园的一半。其中,绿地面积约 21.12 hm<sup>2</sup>,水系面积 2.62 hm<sup>2</sup>,园路、铺装及其他硬化场地面积 6.72 hm<sup>2</sup>,建筑占地面积 0.35 hm<sup>2</sup>。以“自然生态,和谐共融”为设计主题,以“构建城市自然美景,承载百姓和谐生活”为设计理念<sup>[3]</sup>,结合山石、水景、植物、小品、建筑等园林元素,充分发挥绿地的生态、经济、社会等效益,塑造舒适、宜人、和谐、时尚的综合性公园,以满足市民及游客休闲、娱乐、运动等不同活动需求,打造具有改善

城市生态环境、紧急避难、防灾防火功能的综合自然生态环境。和平公园整体设计为犹如游向东南方向的鱼,公园核心区位于“鱼肚”部位的中心湖泊,该区域凹凸有致的空间形态设计独具匠心,凹处是观景平台、荷花池等功能空间区,凸处设有生态滞留池,可过滤、净化、滞留雨水,体现了当下推崇的“海绵景观”设计理念。同时通过融入生态化、人性化、休息娱乐化、艺术化等设计理念,塑造新时代自然、和谐、美丽、舒畅、有亲和力、有活力的空间景观环境,即春夏秋冬主题花园、春季广场、入口区节日广场、中心湖景区生态湿地等景观节点(图1)。

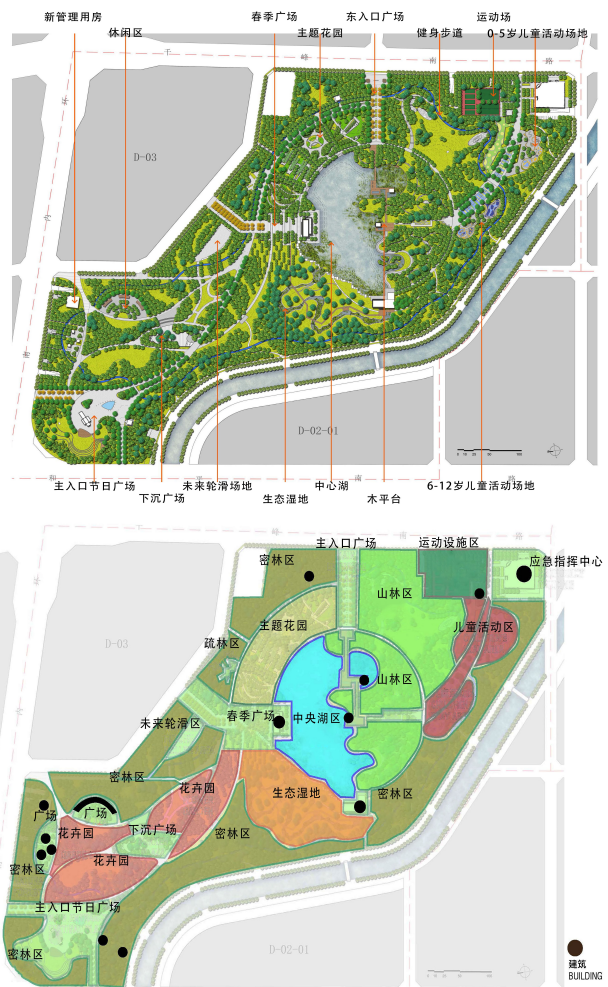


图1 太原市和平公园平面图和功能分区(来自山西省城乡规划设计院)  
 Fig.1 Plan and functional zoning map of Heping Park in Taiyuan City (from Shanxi Urban and Rural Planning and Design Institute)

## 2 春夏秋冬主题园景观设计

春夏秋冬主题园位于公园中心湖的东北侧,通过运用植物、园路、地形、园林小品等园林要素营造以春、夏、秋、冬四季为主题的不同景观空间,分别命名春园、夏园、秋园、冬园,彼此既相互独立,又通过环形跑道和沿湖道路互相联系。主题园在空间营造和植物配置等方面颇具特色,春夏秋冬园的主题营造主要通过季相植物的合理配置得以实现,再结合道路、园林小品等造园要素来呈现三季有花、四季有景的季相效果(图 2)。

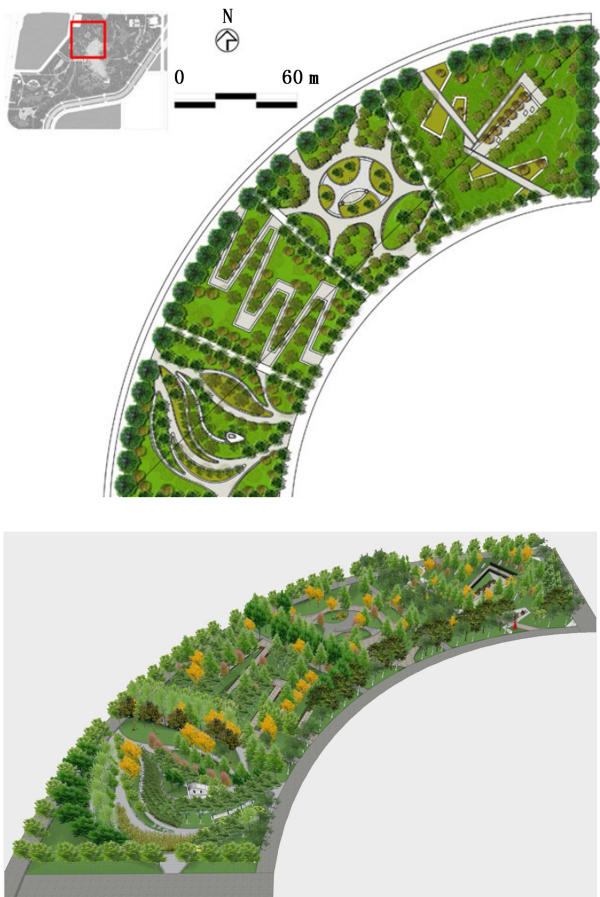


图 2 春夏秋冬主题园平面图和鸟瞰图(自绘)

Fig. 2 Plan and aerial view of spring, summer, autumn and winter garden (drawn by author)

### 2.1 春园景观设计

春园位于靠近春季广场的东侧,采用流线型设计,通过流线型的园路将春园切割成 9 个高低错落有致的小山丘,经实地考察测量,最大高差约达 2.95 m,小山丘营造出平地、微坡、缓坡、中坡等多种

类型,打破了直线的呆板和无趣,为户外景观提供生机,赋予空间多变性。让人联想到自然河流、地形,具有强烈的心理暗示作用,使景观融于自然环境之中。通过统计分析植物观赏期,春园内春季观花类植物占总体的 41%,主要以玉兰(*Magnolia denudata* Desr.)、丁香(*Syringa oblata* Lindl.)、西府海棠(*Malus micromalus* Makino.)、紫叶矮樱(*Prunus cistena* N. E. Hansen et Koehne)等植物为主,花期主要集中在 3—5 月,相对其他园的春季景观要更胜一筹;春园的观叶植物占比为 36%,略高于其他园(表 1)。通过不同植物种植方式结合春园的微地形变化,让景观在有限的空间里产生不一样的景观空间感。

### 2.2 夏园景观设计

夏园以“之”字形设计,“古之曲廊,俱曲尺曲。今予所构曲库,之字曲者,随形而育,依势而曲”。这种“之”字形折线“或蟠山腴,或穷水际,通花渡壑,坑提无尽”,向着不同景物的不同位置发生两可甚至多可的转折,展现出无尽的变化与动感<sup>[4]</sup>。“之”字形道路的高差较大,最高点与最低点的相对高差为 3.5 m,在最高点可欣赏中心景色,借景入园,在园路两侧种植高 0.5 m 的绿篱,地形与园路自然融合。夏园由高低不一的 3 个小山丘组成,坡度相对较缓,视野开阔,空间延续感强。到了夏季,夏园景观优势十分明显,观花、观叶植物占春夏秋冬主题园中同类景观效果植物总体的 54% 和 37%,如芙蓉(*Hibiscus mutabilis* Linn.)、紫薇(*Lagerstroemia indica* Linn.)、天人菊(*Gaillardia pulchella* Foug.),与其他景观植物搭配种植可创造艳丽多彩的夏季景观(表 1)。

### 2.3 秋园景观设计

秋园由 13 个椭圆形小山丘组成,高差小,坡度相对平坦。该园采用椭圆曲线设计,属于曲线设计的一种形式。不同于直线的现代感和稳定感,曲线型的道路设计具有柔软、优美和弹力的感觉,园路相对比较平坦,给游人一种柔软、优美的感受,同时还使游览路线复杂多样,可选择性较强,形成一种无秩序、自由的空间。秋季植物景观的营造主要体现在观叶和观果方面,相对于其他园,乔灌植物群落结构所营造的景观效果更加突出。观叶植物占比 32%,观果植物占比 36%,秋季到来之时,金叶榆(*Ulmus pumila*)、紫叶小檗(*Berberis thunbergia* DC.)、银杏(*Ginkgo biloba* Linna.)等植物的叶片吸引游人的眼

球;垂丝海棠(*Malus halliana* Koehne.)、栾树(*Koeleruteria paniculate* Laxm.)等植物的果实在阳光照射下更加鲜艳,再搭配一些在秋季依旧绽放的草本植物,形成壮丽美观的秋园景观。

### 2.4 冬园景观设计

冬园由 2 个小山丘组合而成,最大高差约 2.9 m,坡度较大,空间的封闭程度较高,游人视线封锁于一定区域内,形成一个封闭的私密空间。该园采用折线构图形式,折线是极简主义常用的表现形式之一<sup>[5]</sup>,折线形的挡土墙将冬园分隔成几个大小不一的私密空间。折线形的景观要素使景观更具张力,同时给人以强烈的韵律感与现代感,另外用折线型的道路将各个小空间连接起来,遵循因地制宜的原则,与自然地貌形态相结合进行设计,合乎自然,也使人们在游览过程中感受到园林的步移景异<sup>[6-7]</sup>。

冬园植物主要以常绿树种及一些观枝、观干植物为主,观枝植物和常绿植物的植物种类占比达 56%,如白皮松(*Pinus bungeana* Zucc. et Endi.)、油松(*Pinus tabuliformis* Carr.)等植物四季常绿,红瑞木(*Swida alba* Opiz.)在冬季时枝干变为红色,观赏价值极高,同时冬园也搭配种植观花、观叶、观果的乔灌木植物,如法桐(*Platanus orientalis* Linn.)、银杏(*Ginkgo biloba* Linn.)、三七景天(*Sedum aizoon* Linn.)、蒿子秆(*Chrysanthemum carinatum* Sebousb.)等,虽一年四季均有不同的景观可赏,但严冬季节的焦点都在冬园(表 1)。

## 3 春夏秋冬主题园在古今中外园林中的应用

古今中外以春夏秋冬为主题的园林并不多,主要选取 10 个园林进行分析(表 2)。表 2 中列举的 3 个中国古典园林均有其特定的象征意义,是象征艺术的表达,同时具有一定的意境表现。

### 3.1 国内古典园林

个园,占地面积虽小,但却使人有不同的空间转换体验,入口至出口均使用不同的石材,通过石头的纹路、颜色、形态变化让入园的游客享受不同的视觉感受,同时又能联想到“春笋”“夏云”“秋屋”和“冬雪”的四季意境,使之成为一个经典的四季景观循环<sup>[8]</sup>。

西湖,通过春季的桃红柳绿,夏日的荷花飘香,秋日的湖面如镜、秋月当空,冬日的断桥残雪等季相和时令变化,让游客体会到江南一年四季的不同

表 1 春夏秋冬主题园植物种类统计

Tab. 1 Statistics of plant species in spring, summer, autumn and winter garden

主题园	植物名称	类型	主题园	植物名称	类型	
春园	山楂	乔木	秋园	卫矛	小灌木	
	黑松	乔木		黑心菊	草本	
	玉兰	乔木		天人菊	草本	
	杏树	乔木		朝鲜穗花	草本	
	刺槐	乔木		万寿菊	草本	
	日本晚樱	乔木		元宝枫	乔木	
	银杏	乔木		白蜡	乔木	
	枫树	乔木		桃树	乔木	
	红山桃	乔木		金叶榆	乔木	
	西府海棠	小乔木		华北五角枫	乔木	
	红叶碧桃	小乔木		油松	乔木	
	紫叶矮樱	灌木		银杏	乔木	
	榆叶梅	灌木		垂丝海棠	小乔木	
	丁香	灌木		紫叶小檗	灌木	
	芍药	多年生草本		栾树	灌木	
	鸢尾	多年生草本		冬园	法桐	乔木
	夏园	栾树			乔木	金枝槐
白皮松		乔木	银杏		乔木	
日本晚樱		乔木	白蜡		乔木	
红花槭		乔木	白皮松		乔木	
元宝枫		乔木	华山松		乔木	
西府海棠		小乔木	雪松		乔木	
芙蓉		灌木	油松		乔木	
紫薇		灌木	红瑞木		灌木	
锦带花		灌木	银叶菊		草本	
木槿		灌木	三七景天	草本		
红瑞木	灌木	蒿子秆	草本			
猥实	灌木					

景观。

梁园造园手法独特,立意清新脱俗,主要通过种植不同植物再搭配各式各样的建筑小品以写意式处理手法体现四季景观,并且借用了大量古典诗词表现岭南水乡的四季园林景观<sup>[9]</sup>。西湖的苏堤春晓、曲院风荷、平湖秋月,梁园的草庐春意、群星秋色,均通过写实与写意相结合的设计手法来体现四季景观。

### 3.2 国内现代园林

转观现代园林,西安世界园艺博览会中四盒园



表 2 古今中外春夏秋冬主题园统计

Tab. 2 Statistics of spring, summer, autumn and winter theme gardens at all times and in all countries

类型	名称	主题园	园林要素	象征意义
国内 古典 园林	扬州个园	春山景园	笋石	石笋露出地面,表达初春景象
		夏山景园	湖石	叠石如云翻雾卷之态
		秋山景园	黄石	黄色的石头和火红的槭树叶象征秋天已经到来
		冬山景园	宣石	晶莹雪白的宣石象征冬季
	杭州西湖	苏堤春晓	苏堤、杨柳	阳春三月,新柳如烟,掩映湖面
		曲院风荷	曲院、莲花、荷花	夏日清风徐来,荷香与酒香四处飘逸
		平湖秋月	湖、月亮(虚)	深秋气爽,湖面平静如镜,秋月当空,月光与湖水交相辉映
		断桥残雪	桥	冬雪时远观桥面若隐若现于湖面
	佛山梁园	草庐春意	桃花、沙梨树、水	春来遍是桃花水,不辨仙源何处寻;忽如一夜春风来,千树万树梨花开;舍南舍北皆春水,但见群鸥日日来
		枕湖消夏	荷池、戏台建筑群、湖畔的临水廊	盛夏之际在此品茗赏曲,领略镜湖三百里荷净纳凉时的诗情画意,其乐无穷
群星秋色		秋爽轩、枫树、丹桂、芒果、凤眼果、杨桃、菊圃	秋风丹桂香千里、春华秋实、黄花不负秋风意	
寒香傲雪		梅花、松、竹	体现主人画梅题梅成癖,崇尚寒梅傲雪独领群芳的品格	
国内 现代 园林	四盒园	春盒	白粉墙、石材砌筑、小桥、竹	绿竹象征春季
		夏盒	木质葡萄花架屋	夏季炎热,葡萄架提供阴凉
		秋盒	石头砌筑、爬山虎	象征秋季的到来
		冬盒	青砖砌筑、白色砂石铺地	白沙石如同冬雪
国外 园林	米兰四季园	春夏秋冬馆	植物、蔬菜	
	日本 Kitagata 公寓四季园	春夏秋冬园	树脂玻璃、植物	
	美国 Oldfields 四季园	春夏秋冬 PUTTO	雕塑	
	美国 Dickinson 四季园	春夏秋冬园	雕塑、植物	
	美国 Buscot 四季园	春夏秋冬园	植物、雕塑	
	法国凡尔赛宫四季喷泉	春	花神弗洛拉(Flora)	花神:水池中央头戴玫瑰花花冠,罗马人用战神的名字命名3月,而3月是罗马一年中的第1个月
		夏	谷神克瑞斯(Ceres)	谷神:斜躺在谷穗之上,周围簇拥着欢乐的小丘比特,以此象征太阳王路易十四统治下人民富足安康的生活
	秋	酒神巴克斯(Bacchus)	酒神:头戴葡萄枝冠斜躺在葡萄串上,雕塑选择黄绿色的镀金基调以衬托这位狂欢庆祝之神	

利用木、石和砖等乡土材料建造了4个盒子,采用不同的园林造景要素创造出春、夏、秋、冬四季不同氛围<sup>[10]</sup>。春盒运用白墙、屏风、竹林来描绘春意盎然的景象;夏盒中设置有错落复杂的葡萄藤缠绕的木质花架;秋盒中石墙留有漏窗,增加了景观的视线角度;冬盒中白色砂石如冬雪一般铺满内外,游客能透过冬盒的空洞看到春盒的丛林,继而感受四季的轮回,人们无论在其中漫步或静思,均能感受到浓浓诗意和园林的空间情趣表达<sup>[11]</sup>。

### 3.3 国外园林

国外的日本 Kitagata 公寓四季花园、美国 Oldfields 四季花园、美国 Dickinson 四季花园、美国 Bus-

cot 四季花园和法国凡尔赛宫四季喷泉的景观均较直观,主要运用植物、雕塑等多种造园要素来进行春、夏、秋、冬四季的景观营造,其中值得一提的是米兰四季花园,通过人为创造实现同一空间内季相变化分明的四季景观。

## 4 总 结

春夏秋冬主题园的景观营造主要有两种类型,一是通过利用具有季相特征的园林要素来间接表达季相景观,这是一种写意的表现手法,在同一时空具有四季景观,具有丰富的象征意义,比如古典园林个园和现代园林四盒园,还有国外园林法国凡尔赛宫

四季喷泉。二是通过具有季相特征的植物来营造季相景观,即春季观花、夏季观果、秋季观叶、冬季观枝,在不同时空才能表达四季景观,无法在同一时空感受季节的轮回,这是一种写实的表现手法,如本文所研究的主题园,还有本研究所选取的其他案例皆采用这种设计手法。

因此,在进行春夏秋冬主题园规划设计时,应运用写意与写实相结合的方法,选取具有春、夏、秋、冬象征意义的山石、园林小品等园林要素,再选择季相植物进行配置,最后融入其他园林要素,从而实现在同一时空和不同时空均能体现四季景观和季相轮回。

### 参考文献:

- [1] 王向荣. 四盒园——空间和诗意的花园[J]. 风景园林, 2010(2): 142-146.
- [2] 朱翥. 《四景山水图》中的南宋文人园林造景手法探讨[J]. 风景园林, 2016(2): 102-108.
- [3] 苏炳锋. 珍稀植物园规划设计与营造提升——以福州

- 国家森林公园为例[J]. 福建热作科技, 2011(3): 42-44.
- [4] 田朝阳, 闫一冰, 卫红. 基于线、形分析的中外园林空间解读[J]. 中国园林, 2015(1): 94-100.
- [5] 张瑞. GoogleEarth 在道路及规划设计中的应用[D]. 武汉: 华中科技大学, 2007.
- [6] 陈必胜, 晏姿. 八仙花主题园的景观营造与探索——以上海共青森林公园八仙花主题园为例[J]. 中国园林, 2019, 35(2): 110-114.
- [7] 杨婧, 张九玲, 朱春福, 等. 薰衣草主题园发展现状及对策[J]. 北方园艺, 2017(21): 114-121.
- [8] 沈学峰. 扬州个园景观营造分析[D]. 扬州: 扬州大学, 2018.
- [9] 叶蔚标. 佛山梁园原貌及修复初步研究[D]. 广州: 华南理工大学, 2013.
- [10] 田朝阳, 吴军基, 孟南. 解读四盒园, 探索中国人理想的栖居空间——兼论人居环境基本空间结构单元及其空间特征[J]. 华中建筑, 2012, 30(6): 171-174.
- [11] 王向荣. 大师园综述及四盒园[J]. 建筑学报, 2011(8): 36.

责任编辑: 陈旭

(上接第 182 页)

利用好各类城市湿地资源。(2) 充分重视湿地生态系统碳汇能力的提升, 从湿地植物配置、湿地土壤保护、湿地生物多样性等方面加强城市湿地景观的规划设计, 积极响应国家“双碳”目标下的湿地生态管理。(3) 积极推进“湿地生态文化”的科普宣教, 把不同城市的历史文化与城市湿地的生态文化等纳入到城市湿地景观的保护和利用中, 使湿地景观功能和湿地生态文化融合发展, 全面提升城市湿地的社会生态效益。

### 参考文献:

- [1] 吕尧. 基于“湿地公园群”规划的城市区域生态基底优化——北京市朝阳区北部城市湿地公园群规划案例分析[J]. 林业资源管理, 2019(6): 127-131.
- [2] 王明铭. 城市修复理念下的湿地公园施工技术与管理[J]. 现代园艺, 2019(24): 198-199.
- [3] 刘瑞瑜. 城市湿地公园规划设计研究[J]. 江西农业, 2018(22): 68-69.
- [4] 文言, 张建林. 重庆市主城区湿地公园湿地植物景观配置调查分析[J]. 林业调查规划, 2018(6): 139-143.

- [5] 高雅言. 弹性景观在城市湿地公园设计中的重要性研究——以迁西滦河城市湿地公园设计方案为例[J]. 设计, 2019(15): 158-160.
- [6] 蒋五一, 田晶晶, 蔡永立. 城市大河滩地景观生态设计方法探讨——以安徽怀远淮河湿地公园为例[J]. 园林, 2018(12): 64-68.
- [7] 黄宇. 城市湿地公园植物景观改建项目的建设规划方向初探——以南宁市相思湖湿地公园植物景观提升工程为例[J]. 林业科技情报, 2018(4): 110-113.
- [8] 朱爱青. 生态修复目标指引下的城市湿地公园景观提升方法的研究——以安徽沙颍河湿地公园为例[J]. 景德镇学院学报, 2018(6): 76-79.
- [9] 廖日红, 魏激. 城区型国家湿地公园总体规划理论框架与技术体系[J]. 林业调查规划, 2018(2): 135-139.
- [10] 张广帅, 蔡悦荫, 闫吉顺, 等. 滨海湿地碳汇潜力研究及碳中和建议——以辽河口盐沼湿地为例[J]. 环境影响评价, 2021(5): 18-22.
- [11] 陈峰. 基于生态修复的城市滨河景观空间营造设计研究——以龙岩东山湿地公园为例[J]. 安徽建筑, 2021(11): 15-17.

责任编辑: 刘平书

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.02.042

## 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<sup>1</sup>, 孔德政<sup>2</sup>, 王文姬<sup>3</sup>, 甄月惠<sup>4</sup>

(1. 安阳市易园管理站, 河南 安阳 455000; 2. 河南农业大学 风景园林与艺术学院, 河南 郑州 450002;  
3. 无锡市市政园林局, 江苏 无锡 214100; 4. 保定市园林绿化中心, 河北 保定 071002)

**摘要:**为探究新江南园林的造园范式, 丰富新江南园林造园理论和方法, 增强新时期风景园林文化自信, 以无锡市尚林苑为例, 对其造园艺术特色、创新发展等方面进行分析, 总结新江南园林造园理念、方法和创新手段, 认为无锡尚林苑以江南园林造园艺术理论为指导, 运用新材料、新格局, 满足园林新功能, 做到了对传统园林艺术的传承与创新。

**关键词:**新江南园林; 造园艺术; 植物配置; 乡村旅游; 尚林苑

中图分类号: TU986.1 文献标识码: A 文章编号: 1671-3168(2023)02-0225-06

引文格式: 梁文玉, 孔德政, 王文姬, 等. 基于无锡尚林苑造园艺术的新江南园林范式探究与实践[J]. 林业调查规划, 2023, 48(2): 225-230. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.02.042

LIANG Wenyu, KONG Dezheng, WANG Wenji, et al. Research and Practice of New Jiangnan Garden Paradigm Based on Landscape Design of Shanglinyuan Garden in Wuxi[J]. Forest Inventory and Planning, 2023, 48(2): 225-230. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.02.042

## Research and Practice of New Jiangnan Garden Paradigm Based on Landscape Design of Shanglinyuan Garden in Wuxi

LIANG Wenyu<sup>1</sup>, KONG Dezheng<sup>2</sup>, WANG Wenji<sup>3</sup>, ZHEN Yuehui<sup>4</sup>

(1. Anyang Yiyuan Management Station, Anyang, Henan 455000, China; 2. College of Landscape Architecture and Art, Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, China; 3. Wuxi Municipal Bureau of Landscape, Wuxi, Jiangsu 214100, China; 4. Baoding Landscape Greening Center, Baoding, Hebei 071002, China)

**Abstract:** In order to explore the gardening paradigm of the new Jiangnan garden, enrich the gardening theory and method, and enhance the cultural confidence of landscape architecture in the new era, this paper analyzed the artistic characteristics and innovative development of Wuxi Shanglinyuan Garden, summarized the concept, method and innovative mean of the new Jiangnan garden, and put forward that Wuxi Shanglinyuan Garden which was guided by the theory of new Jiangnan garden used new materials and new patterns, satisfying the new functions of gardens and achieving the inheritance and innovation of traditional garden art.

**Key words:** new Jiangnan garden; gardening art; plant configuration; rural tourism; Shanglinyuan Garden

收稿日期: 2021-09-20.

基金项目: 教育部人文社会科学基金一般项目“遗产视角下近代园林的数字化保护与管理研究”(Z2019110009907); 河南省住建厅“城市更新中园林品质提升研究——以郑州、安阳等为例”(豫建办[2022]219号).

第一作者: 梁文玉(1967-), 女, 河南安阳人, 高级工程师. 主要从事风景园林规划设计、植物配置应用与研究等.

责任作者: 甄月惠(1967-), 女, 河北阜平人, 正高级工程师. 主要从事园林设计、园林工程施工及公园管理.



江南是中国古典园林艺术的重要发源地。江南古典园林是中国传统园林中的精华,其作为中国传统造园艺术的三大流派之一,经过历史的沉淀、历代文人画家和工匠的继承和发展,形成了以无锡、苏州和常州等太湖地区为主的格局,留下了如苏州拙政园、无锡寄畅园等诸多优秀园林文化遗产。

随着现代城镇化进程的加快,无锡园林在继承优秀传统文化园林文化的同时,遵循“绿水青山就是金山银山”等现代生态文明发展理念,形成了以山水城市融合田园乡村为标准的新江南园林范式,上林苑就是其中的一例代表。

## 1 无锡园林特点及现状

无锡,北倚长江,南滨太湖,京杭大运河从无锡穿过,自然风光如画,经济力量强盛,自古以来就被誉为“太湖明珠”“鱼米之乡”“小上海”。其城市标志以“玉飞凤”为造型主体,与山水、园林共同构成一个完整圆满的文化符号。“江南园林,明看苏州,清看扬州,民国看无锡”。与苏州古典园林的写意山水相比,无锡园林选址多在自然山水之间,处理山水的手法以朴野疏朗的情趣、自由多变的原创性、鲜明的过渡性特征,与苏州古典园林形成了对照和补充。这种对照和补充丰富了中国古典园林的艺术风格,也使人们更加全面地认识了江南私家园林的面貌。无锡近代园林顺应时代需求,在继承中国传统园林精华的同时,吸收西方园林先进造园元素,其开放性开中国近代风景园林造园艺术的先河,具有突出的文化、艺术、社会、经济和生态价值,堪称中国近代园林的里程碑。

## 2 尚林苑造园艺术特色分析

尚林苑位于无锡市惠山区尚田小镇景区北侧。尚田小镇是集乡村旅游、农业环保、婚礼产业、教育培训为一体的综合性度假景区。尚林苑是兼具餐饮、茶歇、会议和休闲游赏功能为一体的江南园林式酒店(图 1、图 2),总占地面积 1.133 hm<sup>2</sup>,由南北两部分组成。南部为林荫停车场;北部为酒店核心区,占地 0.69 hm<sup>2</sup>,分为餐饮区、会议区、厨房加工准备区,形成多个园林庭院。大多数建筑坐北朝南,建筑形式以无锡本地一层民居形式为主。各院落通过曲廊联系。建筑采用古法木梁架技艺,白墙黛瓦、朴素淡雅。室内布置沿用中式风格。建筑取名富有趣意,如子期、右军,对应历史上琴棋书画的代表人物



图 1 尚林苑鸟瞰

Fig. 1 Bird's-eye view of Shanglinyuan Garden



图 2 尚林苑平面红线图

Fig. 2 Plan of Shanglinyuan Garden

钟子期、王羲之,或是以经典诗词命名,处处蕴含东方文化之美,处处能领略到东方园林的魅力,表达出园林是诗情画意、美好生活的组成部分。尚林苑可寻向外之意,品景外之境,感悟欧阳修“醉翁之意不在酒,在乎山水之间也”之意趣,体现江南文人山水园林典型特点。

尚林苑各院落园林空间因大小、造园手法不同而风格迥异。院中山水、花木、置石和小品处处体现和谐生态。造园艺术传承江南园林传统造园理论,巧妙构思、尺度宜人、技法娴熟,叠石造景、理水、配置花草树木与周边环境融合自然,呈现淡雅、质朴风貌,处处蕴含深厚意境美,具有较深的江南园林艺术特色。不仅传承江南园林精华,而且融古通今,守正创新。不仅有传统江南园林的假山叠石,还推陈出

新,大胆构思创作五彩斧劈石、千层石等丰富的石材叠石技艺。构图不拘一格,因地制宜,妙造自然山水,体现太华千寻、江湖万里之境。积极探索与实践植物配置,营造出高品质景观,以符合现代人的生活方式和审美的种植模式,体现了植物多样化、花园化、花境化、园艺化、大盆景式的创新模式。

### 2.1 空间布局

尚林苑空间布局分成室内外空间和连廊部分。室外空间布局以自然式或不规则式为主,以建筑围合成九个独立的空间院落。每个院落大小迥异各自独立,或开敞或私密,形成不同的园林空间。院落之间由曲折多变的连廊联通,廊内外空间相互渗透,呈现出不同的空间,勾画出不同的框画。室内空间根据建筑功能分成包房、雅座、开放的卡座、会议室、操作间、洗手间等,多为封闭空间。并按照使用功能布置桌椅家具,室内木窗、木门与外边绿色自然融合。

#### 2.1.1 庭院空间

清逸院空间开敞明亮,四周景色均靠墙而设,山

石松韵、花草萋萋;水弄堂院落空间狭长幽深,林泉翠植,曲径通幽。袖珍天井虽仅有数平方米的空间,也是郁郁生机,紫藤、凌霄等藤蔓绕石,一叶兰、沿阶草等绿植美草相依,构成江南青绿小景。

#### 2.1.2 连廊空间

寻幽探胜、移步换景的连廊空间。尚林苑各院落大部分通过连廊联系。连廊空间曲折多变,可静观,也可动观,动静结合。探幽寻盛、移步换景成为流动的风景。连廊门窗采用大块玻璃,把传统烦琐的窗户样式简化,并可通过开关调控门窗,让连廊内的温度更适应寒暑变化,营造出舒适的空间体验;同时,外部空间景色可有机渗透,更符合现代人的审美需求。

连廊内虽狭窄,但廊外空间无限,清逸院、水弄堂、静乐院都通过连廊相互接通。沿廊驻足赏行,但见美卉嘉木、蕉情竹意、鸢花藤萝,石菖蒲、绣球花、碧桃等植物组团扑面而来,黄绿红紫,移步换景,领略春夏秋冬四季美景(图3)。



图3 景色如画的连廊空间

Fig. 3 Picturesque corridor space

#### 2.1.3 室内空间

自然过渡、富有意境的室内空间。尚林苑所有建筑室内装饰延续传统江南的简约雅致风格,温馨淡雅。书画墨宝悬挂四壁,典雅的中式家具、灯饰,木梁柱木屋顶,温馨的硅藻泥墙面,营造出古色古香的书香文化氛围。水弄堂院内几处房屋室内创新采用大落地门窗采光,巧借青绿植物、山石美景入室,框景如画(图4)。

### 2.2 假山置石

巧夺天工的堆山置石造景艺术。尚林苑的庭院空间进行了堆山置石造景。在设计时,王新平造园大师根据石材特性,借鉴山水画技法,一材一石一法,做到胸有丘壑。石材品种丰富,有灵璧石、泰山石、五彩斧劈石、钟乳石、太湖石、千层石和龟纹石等品种。造景形式有点景孤石、驳岸石、假山小景、石包土、园路收边石、散置石等。院落中山石造景因材





图 4 室内空间  
Fig. 4 Interior space

施艺、出奇创新、自由适宜、景园尊雅的造园理念<sup>[4]</sup>与盆景艺术高度融合,使所造园林如放大版的盆景,体现园虽小景无限,追求或山峰秀丽、层峦叠嶂,或玲珑雅致、山水秀美。

清逸院西厢房前两组斧劈石景山南北对峙,山脉高低错峰,俊朗秀美,妙造自然,呈现高远特色(图 5),有元代高克恭《春山晴雨图》之神韵;明德院小院清秀素雅,故选择典雅的莲花石叠山造景,与奇松、花木映衬,形成清崎峻、群峰而立的迎宾石景;静乐院体现静谧清雅之意,采用独立泰山石和迎



图 5 清逸院西厢房南斧劈石假山  
Fig. 5 Axe splitting stone rockery in the south side of west wing-room of Qingyiyuan Courtyard

客松配置于院落中心;水弄堂内采取千层石造景,山体小巧精致,上有飞瀑流泉,生机盎然(图 6)。



图 6 水弄堂千层石瀑布飞泉  
Fig. 6 Waterfall of melaleuca stone in Shuinongtang Hall

### 2.3 理水

朴实自然、宛若天成的景观。江南古典园林以水景为盛,多追求“虽由人作,宛自天开”“天人合一”的文化思想<sup>[5]</sup>。尚林苑理水营造融合中国山水理论美学艺术,因地制宜,引水为池。守正创新,大胆采用真、假理水,丰富江南园林造景形式,如借鉴宋画留白,以白石子旱溪处理留白,妙造自然。

会议中心庭院建筑为天井式,中间碧水蓝天,湖面开敞如镜,四周花木环翠,有寄畅园锦汇漪之造园风范,又有苏州耦园“以水环楼”之遗风;湖南山石流瀑、林泉高致,有瞻园南假山之神韵。环池青葱翠绿,奇草异卉、曲桥凌波,呈现自然野趣之境(图 7)。尚林苑的水弄堂庭院就是地道的江南水弄堂,狭长幽深,“庭院深深深几许”,以水系、叠石、小桥、飞瀑、



图 7 会议中心前庭院水系景色  
Fig. 7 Water scenery in the front courtyard of conference center



绿植营造出狭长幽深之境(图 6)。水中锦鲤嬉戏、鱼翔浅底,耳边听淙淙流水不绝入耳。清逸院西北角采用白砂、汀步石造景手法;南墙外一组山石大盆景式园林造景,干净凝练,以白墙为纸,白砂五彩斧劈石为山河,造型松、鸡爪槭、佛甲草如汀州绿屿,体现江湖万里山水意境(图 8)。



图 8 尚林苑南墙白砂、远山、汀州绿屿枯山水造景  
Fig. 8 Landscaping of white sand, distant mountain, green island of southern wall in Shanglinyuan Garden

## 2.4 植物配置

植物营造层次丰富、和谐自然,既有江南园林传统特征,又具新时代创新。植物设计严格把控其文化性,在形态、大小、色彩、季相变化、适应性、新优性上考虑,因空间较小,不采用高大乔木,大量使用中小乔木、灌木和丰富的地被花草,讲求生境、意境和画境,与地形、山石巧妙组合,构建不同的江南园林植物新特色,探索花境在新江南园林的应用,开创盆景式园林造园和芳香植物配置的新模式。主要表现在以下几方面:

1) 植物配置延续江南园林传统以梅、松、竹、桂花、茶花和芭蕉、腊梅等花木营造蕉窗听雨、踏雪寻梅、竹虚静美等意境。如静乐院安石、右军包厢前的散放拙石、腊梅和球类花木,冬季踏雪寻梅,木牌上“安石”二字点出王安石的《梅花》诗:“遥知不是雪,为有暗香来”,情景交融,对话品梅(图 9)。

2) 广泛应用 200 种适生植物,体现植物多样化,妙造层次丰富的四季景色,收四时之烂漫,春赏樱,冬品梅。

3) 大胆引种新优、稀有品种,如厚皮香、红花粉千层、松红梅等。

4) 创新应用长效多年生花境,营造移步换景的路缘花境、墙垣花境和湿生花境,如水弄堂湿生花境,由再力花、金叶石菖蒲、水生鸢尾等组成。围墙



图 9 静乐院安石、右军包厢前踏雪寻梅雪景  
Fig. 9 Anshi scenery in Jingleyuan Courtyard and snowy scenery of Taxue Xunmei in the front of wing-room

外边路缘主要花境植物由樱花、紫薇、红枫、结香、无尽夏、吴风草、鼠尾草、佛甲草等组成。

5) 运用盆景造景艺术手法。不仅在重点院落入口对称放置精致小盆景,而且在院落空间处理上,运用松、石和植物营造“大盆景式”园林空间,创新地把山石盆景、树石盆景与园林结合在一起,如清逸院北侧的北海道黄杨植物群组成的植物造型盆景,纯穆院、明德院、清逸院和静乐院进口口的松石、树石大盆景园林。

6) 广泛应用香花植物、香草植物,营造芳香花园,丰富新江南园林范式,满足人们高品质需求。配置桂花、琼花、月季、含笑、薄荷、迷迭香<sup>[6]</sup>等香花、香草植物,发挥避蚊虫和保健功效,增加游赏和夜赏舒适度。

## 2.5 园林小品

朴实小巧、蕴含地域文化特征的园林小品。尚林苑的园林建筑以白墙黛瓦、灰瓦坡顶、栗柱为特色,园林小品朴素自然,雅洁小巧,与环境高度契合,充满浓郁地域特色。

(1) 尚林苑整体营建风格朴实无华,大量沿用当地的老石材等老物件。五个院门口全部采用老石材门墩。庭院的铺装、曲桥、台阶、步石、石板桥全部采用老旧金山石。金山石是无锡本地石材,暖色,质感朴拙,富有地域特色。(2) 绿地中放置老马槽、老磨盘、老构件,体现浓郁的农耕文化。(3) 水弄堂临水而设的三个门庭水榭为四角半亭形式,凌驾于溪流上,轻巧灵秀,与厢房建筑、山体、植物契合自然,既作为门庭遮阳避雨,又成观景佳构,仰可观屋宇翘角,俯可赏锦鲤翠溪、花木佳卉,如入世外桃源,令人神清气爽。(4) 清逸院紫藤花架采用木质架构,绿蔓轻抚,夜幕降临,或茶歇或醉酒花间,玻璃灯饰如

星月般温馨浪漫,让人流连忘返。(5)石灯笼小品造型巧妙,朴实无华。几块顽巧朴实无华的石灯笼放置在清逸院西北角,与佛甲草绿植形成庭院亮点。

### 3 创新发展

园林贵在创新发展,尚林苑不仅继承传统园林文化艺术,而且大胆创新使用新材料、新手法:(1)大胆改革漏窗。不采用传统瓦作漏窗,而是选取黑色氟碳漆铁艺,提取松竹梅、冰纹图案,透风漏景,框景入画(图 10)。(2)丰富的植物品种结合传统园林植物配置,体现花园化、园艺化,更符合现代人对高品质审美的需求。纯穆院丛植的细叶芒观赏草点缀小块景石,其飘逸浪漫的姿态和花絮形成园林中的亮点,与后边山石树木、迷迭香、吴风草形成层次丰富、野趣潇洒的景致。(3)少用或不用草坪。采用大量斑块状小灌木配置手法,生态环保、长效可持续,体现园林的生态性。清逸院以樱花、红枫、无尽夏、吴风草、月季、杜鹃、金边麦冬等组成的长效花境,与白墙花窗映衬,移步异景。



图 10 梅纹铁艺漏窗

Fig. 10 Iron leakage window of plum pattern

### 4 结 语

新江南园林经过实践创新,推动传统园林造景艺术发展。通过对新江南园林艺术的研究,促进中西方多元文化的碰撞发展,有利于新理论和新方法

的产生和发展,丰富园林游赏体验,增加新江南园林范式实践,丰富新时代风景园林专业研究的内容<sup>[8]</sup>,助力新江南园林的体系发展。

尚林苑造园吸取优秀理念,多元文化交融,外为中用,造景立意源于自然而高于自然,创造性地运用花境、旱溪,盆景式造园,运用丰富多彩的花草、嘉木、花卉创意出四时、四季不同的景观。运用高超技艺小中见大、情景交融,体现清雅、婉约、朴素的新江南园林神韵,处处表达生景、意境、画境,适应新时代人民群众的审美需求。

尚林苑作为乡村旅游中的一个小节点,它独特的地理位置、典型的江南小庭院园林特色,加上景区的特色风貌,吸引着远近人们打卡。作为乡村振兴的农业旅游项目,尚田小镇景区在苏南地区乡村振兴中具有一定的代表性,通过优美环境、绿色品牌农业、乡村旅游等三产的良性发展,振兴了乡村产业。

### 参考文献:

- [1] 高兴辉. 江南园林造园手法对现代室内设计的启示[J]. 建筑工程技术与设计, 2017(13): 103-106.
- [2] 朱蓉,文姬. 太湖鼋头渚近代园林研究[M]. 南京:东南大学出版社, 2016.
- [3] 朱震峻. 中国无锡近代园林[M]. 北京:中国建筑工业出版社, 2019.
- [4] 杨洪涛. 留园石文化探析[J]. 安徽农业科学, 2012, 40(8): 4660-4661.
- [5] 柯璞. 中国古典园林理水在当代景观设计中的运用[J]. 城市建设理论研究, 2020, 51(5): 231-233.
- [6] 曾妮. 庭院植物景观案例研究—以杭州市为例[D]. 杭州:浙江农林大学, 2018.
- [7] 胡静敏. 华南地区花境的营造方法研究[D]. 广州:华南农业大学, 2016.
- [8] 郭晓华,尹芳. 赛教相长,以赛促学—从学科竞赛谈风景园林专业设计能力的培养[J]. 现代园艺, 2020(8): 196-197.
- [9] 丁璐. 无锡植物专类园景观设计研究[D]. 无锡:江南大学, 2018.
- [10] 吴佩君. 浙江庭园营造技法与风格研究[D]. 杭州:浙江大学, 2017.
- [11] 沙无垢,史明东. 太湖鼋头渚风景区(五湖烟水独忘机)[M]. 苏州:古吴轩出版社, 2010.
- [12] 朱震峻. 中国无锡近代园林[M]. 北京:中国建筑工业出版社, 2019.

责任编辑:刘平书



# 《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,国内外公开发行人。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拉伯数字连续编写,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<sup>2</sup>、m<sup>2</sup>、dm<sup>2</sup>、cm<sup>2</sup>;体积单位:m<sup>3</sup>、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,均应使用阿拉伯数字;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于文中适当位置的右上角,并与文末参考文献序号对应一致。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]//”,对于图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。





2009年第三届云南期刊奖评选中荣获“优秀期刊奖”

2012年第四届云南期刊奖评选中荣获“优秀期刊奖”

2022年度“西牛计划”之“优秀中文科技期刊”



云南怒江丙中洛

国内定价：20.00元（全年120.00元）  
Price(abroad): 5.00 dollars(30.00 dollars yearly)

广告经营许可证号：5300004000093

ISSN 1671-3168

