

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43卷 第3期  
Vol.43 No.3

2018 3

云南省林业调查规划院  
西南地区林业信息中心

林业调查规划

第43卷

第三期

Vol.43 No.3

二〇一八年六月

# 林业调查规划

LINYE DIAOCHA GUIHUA

(双月刊 1976年创刊)

第43卷 第3期 (总第224期) 2018年6月

# Forest Inventory and Planning

(Bimonthly, Started in 1976)

Vol. 43 No. 3 (Sum No. 224) Jun. 2018

主办单位 云南省林业调查规划院  
西南地区林业信息中心

《林业调查规划》编辑委员会

主任委员 张子翼

副主任委员 温庆忠

委员 (按姓氏笔画排序)

王卫斌 司志超 艾建林 许易琦 吕树英  
华朝朗 负新华 吴霞 张清 张子翼  
张正全 张良实 李东 李建友 李春燕  
周远 周小平 杨建祥 胥辉 施化云  
胡宗华 秋新选 陶晶 彭华 温庆忠  
董建昌 魏小平 瞿林

《林业调查规划》编辑部

主编 张子翼

副主编 许易琦

编辑部成员 刘平书 许易琦 吕鹏程  
杨焱熔 张林艳 张瑞君

英文责编 杨焱熔

编辑出版 《林业调查规划》编辑部

地址 昆明市人民东路289号  
云南省林业调查规划院

邮编 650051

电话 0871-63318347;63332538

传真 0871-63318347

电子信箱 ynfip@vip.163.com

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

印刷 昆明锦润印刷有限公司

订购处 《林业调查规划》编辑部

国际标准刊号 ISSN 1671-3168

国内统一刊号 CN 53-1172/S

广告经营许可证号 5300004000093

国内定价 20.00元

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

Editorial Board of Forest Inventory and Planning

Director of the Board: ZHANG Ziyi

Associate Director of the Board: WEN Qingzhong

Members:

WANG Weibin, SI Zhichao, AI Jianlin, XU Yiqi,  
LV Shuying, HUA Chaolang, YUN Xinhua, WU Xia,  
ZHANG Qing, ZHANG Ziyi, ZHANG Zhengquan,  
ZHANG Liangshi, LI Dong, LI Jianyou, LI Chunyan, ZHOU Yuan,  
ZHOU Xiaoping, YANG Jianxiang, XU Hui, SHI Huayun,  
HU Zonghua, QIU Xinxuan, TAO Jing, PENG Hua,  
WEN Qingzhong, DONG Jianchang, WEI Xiaoping, QU Lin

Editorial Department of Forest Inventory and Planning

Chief Editor: ZHANG Ziyi

Associate Editor: XU Yiqi

Editor: LIU Pingshu, XU Yiqi, LV Pengcheng,  
YANG Junrong, ZHANG Linyan, ZHANG Ruijun

English Editor in Charge: YANG Junrong

Edited & Published by:

Editorial Department of Forest Inventory and Planning

Address: 289 East Renmin Road, Kunming, China

Post Code: 650051

Tel: 86-0871-63318347;63332538

Fax: 86-0871-63318347

Email: ynfip@vip.163.com

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

Printed by: Kunming Jinrun Printing Co., Ltd.

Order Place: Editorial Department of Forest Inventory and Planning

ISSN 1671-3168

CN 53-1172/S

Ad. Licence: 5300004000093

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

目 次 Contents

●森林经理 Forest Management

- 基于非负特征值分解和 SVM 的极化 SAR 图像分类 ..... 陆翔 章皖秋 郑雅兰 岳彩荣(1)  
Classification of Polarimetric SAR Image Based on Nonnegative Eigenvalue Decomposition and Support  
Vector Machine ..... LU Xiang, ZHANG Wanqiu, ZHENG Yalan, YUE Cairong (1)
- 安徽省森林碳储量及碳密度特征研究 ..... 胡建全 徐志扬(6)  
Storage and Density Characteristics of Forest Carbon in Anhui province ..... HU Jianquan, XU Zhiyang (6)
- 基于随机森林算法构建 Hyperion 影像云和云阴影掩模 ..... 任鹏洲 岳彩荣(10)  
Masking of Cloud and Cloud Shadow for Hyperion Image Based on Random Forest Algorithm  
..... REN Pengzhou, YUE Cairong (10)
- 广东省主要乡土阔叶树种生物量模型研建思路与框架..... 徐期瑚 薛春泉 罗勇 林丽平 黄宁辉(16)  
Concept and Framework of Biomass Models for Main Local Broad-leaved Tree Species in Guangdong  
..... XU Qihu, XUE Chunquan, LUO Yong, LIN Liping, HUANG Ninghui(16)

●研究与探索 Research and Explore

- 基于 X 波段极化干涉 SAR 数据的思茅松林冠层高度反演 ..... 陈子怡 章皖秋 岳彩荣(22)  
Inversion of *Pinus kesiya* Forest Canopy Height Based on X-band Polarimetric Interference SAR  
..... CHEN Ziyi, ZHANG Wanqiu, YUE Cairong (22)
- 基于功能指数法的云南省不同区域造林成活率影响因子研究..... 施化云 王雁(28)  
Impact Factor on Survival Rate of Afforestation in Different Regions of Yunnan Province Based on  
Function Index Method ..... SHI Huayun, WANG Yan(28)
- 西双版纳石灰山季雨林附生兰科植物种群动态研究 ..... 余东莉 杨正斌 宋志勇 王仕华(34)  
Dynamics of Epiphytic Orchid Population in Limestone Monsoon Forests of Xishuangbanna  
..... YU Dongli, YANG Zhengbin, SONG Zhiyong, WANG Shihua (34)
- 望云山森林公园森林景观稳定性评价 ..... 钟海智(40)  
Evaluation on the Landscape Stability of Wangyun Mountain Forest Park ..... ZHONG Haizhi(40)

●生物多样性 Biological Diversity

- 西双版纳环境友好型生态橡胶园与橡胶纯林鸟类多样性对比分析  
..... 宋志勇 杨鸿培 田耀华 杨正斌 岩香甩 余东莉 孔树芳(47)  
Comparison of Bird Diversity between Environment-friendly Eco-rubber Plantation and Rubber Pure Forest  
..... SONG Zhiyong, YANG Hongpei, TIAN Yaohua, YANG Zhengbin, YAN Xiangshuai, YU Dongli,  
KONG Shufang(47)
- 陕西省常绿树种资源多样性研究..... 薛君艳 司国臣 夏浩军 王荣(53)

## Diversity of Evergreen Tree Species in Shaanxi Province

- ..... XUE Junyan, SI Guochen, XIA Haojun, WANG Rong(53)  
高黎贡山赧元片区中山湿性常绿阔叶林植物区系及多样性分析..... 唐宗英 乔璐 盛家舒 诸慧琴(59)  
Flora and Diversity of Mid-montane Humid Ever-green Broad-leaved Forest at Nankang Area in Gaoligong  
Mountains ..... TANG Zongying, QIAO Lu, SHENG Jiashu, ZHU Huiqin(59)  
野三关红椿天然群落物种多度分布分析..... 钟雄 张敏 尹茜 蔡京勇 汪洋(63)  
Species Abundance Distribution of Natural *Toona ciliata* Community in Yesanguan of Badong County  
..... ZHONG Xiong, ZHANG Min, YIN Xi, CAI Jingyong, WANG Yang(63)  
华坪县蚂蚁多样性研究 ..... 普顺荣 徐正会(68)  
Investigation on the Ant Diversity in Huaping County of Yunnan ..... PU Shunrong, XU Zhenghui(68)

## ●森林资源管理 Forest Resource Management

- 成都市棠湖公园植物种类调查与研究 ..... 余卓璠 周优文 周建华(75)  
Investigation and Research on Plant Species in Tanghu Park of Chengdu City  
..... YU Zhuofan, ZHOU Youwen, ZHOU Jianhua(75)  
西藏兰科一新纪录种—落叶石豆兰 ..... 王喜龙 王程旺 李剑武 土艳丽 文雪梅(80)  
*Bulbophyllum hirtum* (Sm.) Lindl. ex Wall. —A Newly Recorded Species of Orchidaceae in Tibet  
..... WANG Xilong, WANG Chengwang, LI Jianwu, TU Yanli, WEN Xuemei(80)  
基于层次分析法的广东省森林健康状况评价初探 ..... 黄玉娟 赵建强(82)  
Evaluation of Forest Health Status in Guangdong Province Based on Analytic Hierarchy Process  
..... HUANG Yujuan, ZHAO Jianqiang(82)  
重庆市雨台山公园植物资源调查与研究..... 李文清 秦华(87)  
Investigation and Analysis on Plant Resources in Yutaishan Park of Chongqing ..... LI Wenqing, QIN Hua(87)

## ●生态建设 Ecological Construction

- 基于县域尺度的宝鸡地区退耕还林生态补偿金合理确定方法研究 ..... 徐玉霞 胡浩楠(92)  
Determination of Grain for Green Eco-compensation in Baoji on County Scale ..... XU Yuxia, HU Haonan(92)  
广东省沙化土地分布及其治理对策探究 ..... 乐平(100)  
Distribution of Desertified Lands in Guangdong Province and the Control Countermeasures ..... YUE Ping(100)  
杞麓湖国家湿地公园保护与恢复工程建设研究 .....  
..... 曾昭朝 马山俊 张绍辉 王钰 周小平 宋劲忻 华朝朗(103)  
Protection and Restoration of Qilu Lake National Wetland Park .....  
ZENG Zhaozhao, MA Shanjun, ZHANG Shaohui, WANG Yu, ZHOU Xiaoping, SONG Jinxin, HUA Chaolang  
(103)  
祁连县森林生态系统服务功能效应研究 ..... 陈贵林(107)  
Effects of Forest Ecosystem Services in Qilian County ..... CHEN Guilin(107)

## ●自然保护区 Nature Reserve

- 多维智能空间管理系统在会泽黑颈鹤自然保护区的实践与运用 ..... 陈媛(111)  
Practice and Application of Multi-dimensional Intelligent Space Management System in Huize National Nature  
Reserve of Black-necked Cranes ..... CHEN Yuan(111)  
省道 310 改建工程对黄河湿地国家级自然保护区影响评价及问题探讨

..... 李秀英 吴洋 张哲 张雨(116)  
Impact Assessment of 310 Provincial Road Reconstruction on National Nature Reserve of Yellow River Wetland and Its Problems

..... LI Xiuying, WU Yang, ZHANG Zhe, ZHANG Yu(116)  
虫情测报仪在玉溪红塔山自然保护区森林害虫监测与防治中的应用

..... 左天兴 黄桂英 贾丽萍 王宏勋 杨云波(121)  
Application of Pest Detector in Forest Pests Monitoring and Control of Hongtashan Nature Reserve  
..... ZUO Tianxing, HUANG Guiying, JIA Liping, WANG Hongxun, YANG Yunbo(121)

## ●森林土壤 Forest Soil

广西维都林场桉树人工林土壤养分状况与科学施肥研究

..... 李步斌 杨家强 王劲松 刘霜莲 江海涛 郭东强(125)  
Soil Nutrient and Scientific Fertilization of Eucalyptus Plantation in Weidu Forest Farm of Guangxi

..... LI Bubin, YANG Jiaqiang, WANG Jinsong, LIU Shuanglian, JIANG Haitao, GUO Dongqiang(125)  
吴起县退耕地不同植被类型土壤性质分析 .....

..... 刘广亮 艾宁 朱清科 强方方 罗梦娇(129)  
Soil Properties of Different Vegetation Types in Rehabilitated Lands of Wuqi County  
..... LIU Guangliang, AI Ning, ZHU Qingke, QIANG Fangfang, LUO Mengjiao(129)

## ●生态旅游 Ecological Tourism

基于 IPA 模型的世界自然遗产丹霞山民宿游客满意度研究 .....

..... SUI Chunhua, HUANG Fengying, WU Weidan(135)  
Tourist Satisfaction for B&B in Mt. Danxia Based on IPA Model

基于功能分区理论的秦岭北麓自然保护区生态旅游开发研究 .....

..... HE Qiyan(141)  
Development of Ecological Tourism in Nature Reserve of North Qinling Mountains Based on Functional Zoning Theory .....

## ●森林经营 Forest Management

南亚热带人工林近自然高效可持续经营模式

..... 韦菊玲 郭文福 雷丽群 刘福妹 邓硕坤 庞圣江(145)  
Efficient and Sustainable Models of Close-to-nature Management of South Subtropical Artificial Forest

..... WEI Juling, GUO Wenfu, LEI Liqun, LIU Fumei, DENG Shuokun, PANG Shengjiang(145)  
富源县腰站片区核桃品种改良适应性研究 .....

..... ZHAO Linhua, TAI Peirong(150)  
Adaptability of Improved Varieties of *Juglans regia* in Yaozhan Area of Fuyuan County

## ●种苗培育 Seedling Cultivation

“德宏 6 号”云南萝芙木优良无性系选育 .....

..... ZHAO Yongfeng, SU Zhiliang, SU Weigeng, LI Yanming, HUANG Tiejian (153)  
刨花润楠扦插繁殖技术研究 .....

..... TANG Jianmin, FAN Jinshun, CHAI Shengfeng, ZOU Rong, ZHOU Yunhong, WEI Jiqin(158)  
Techniques of Cutting Propagation of *Machilus pauhoi*

..... TANG Jianmin, FAN Jinshun, CHAI Shengfeng, ZOU Rong, ZHOU Yunhong, WEI Jiqin(158)

## ●论坛 Forum

- 森林认证在云南国有林场的发展因素分析及建议 ..... 杨秋益 许彦红(163)  
Driving Factors and Development Suggestions of Forest Certification in State - owned Forest Farm of Yunnan  
..... YANG Qiuyi, XU Yanhong(163)
- 重庆市乡村民宿发展现状及策略研究 ..... 张苗 周建华(168)  
Development Status and Strategy of Rural B&B in Chongqing City ..... ZHANG Miao, ZHOU Jianhua(168)
- 保山市泥炭沼泽现状及保护管理对策 ..... 吴兴华 杨国伟 沙剑斌(173)  
Present Status and Protection Strategy of Peat Swamps in Baoshan City  
..... WU Xinghua, YANG Guowei, SHA Jianbin(173)
- 建筑与农业一体化研究—生态都市农业理念 ..... 杨迦迪 周优文 周建华(178)  
Integration of Architecture and Agriculture —Concept of Urban Eco-Agriculture  
..... YANG Jiadi, ZHOU Youwen, ZHOU Jianhua(178)

## ●古树名木

- 快速城市化地区古树保护现状与对策 ..... 邓洪涛 薛冬冬 杨艳婷(183)  
Conservation Status and Countermeasures of Ancient Trees in Rapid Urbanization Region  
..... DENG Hongtao, XUE Dongdong, YANG Yanting(183)
- 黄浦区古树名木养护标准化初探 ..... 何晓雯(188)  
Standardized Management of Ancient and Famous Trees Conservation in Huangpu District ... HE Xiaowen(188)

## ●城市园林 Urban Landscape

- 海绵城市践行——以城市雨水花园中航山水间为例 ..... 海维珂 周建华(192)  
Practice of Sponge City——Shanshuijian Rain Garden of Zhonghang Community as an Example  
..... HAI Weike, ZHOU Jianhua(192)
- 近 15 年陕西省城市园林绿化发展动态研究 ..... 强方方 刘广亮 史姣姣 王洁 张耀霞(198)  
Development Dynamic of Urban Landscape Greening of Shaanxi Province in the Last 15 Years  
..... QIANG Fangfang, LIU Guangliang, SHI Jiaojiao, WANG Jie, ZHANG Yaoxia(198)
- 基于 LFA 方法的重庆园博园植被景观功能评价研究 ..... 徐梅 王海洋(204)  
Evaluation of Vegetation Landscape Function in Chongqing Garden Expo Based on LFA  
..... XU Mei, WANG Haiyang(204)
- 凤凰山自然保护区自然生境 ..... 许易琦摄(封面)  
Habitat of Phoenix Mountain Nature Reserve ..... Photographed by XU Yiqi (Front cover)
- 黄龙自然保护区自然生境 ..... 窦延玲摄(封底)  
Habitat of Huanglong Nature Reserve ..... Photographed by Dou Yanlin (Back cover)
- 《林业调查规划》编委会名单 ..... (封二)
- 《林业调查规划》征稿简则 ..... (封三)

(本期责任编辑:许易琦,刘平书,张林艳,杨竣熔)

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2018.03.001

## 基于非负特征值分解和 SVM 的极化 SAR 图像分类

陆 翔 章皖秋 郑雅兰 岳彩荣  
(西南林业大学林学院,云南 昆明 650224)

**摘要:**非负特征值约束的优势在于它可以判定一个极化矩阵能否对目标的散射机制进行表征。若一个矩阵不能满足非负特征值约束条件,则不能表征目标的散射机制,也就没有地物目标散射的极化信息。在非负特征值约束理论之前的极化分解中忽略了这个条件,导致分解的极化特征没有意义。根据满足非负特征值约束的非负特征值分解方法,提取出平面散射、偶次散射、体散射分量,结合支持向量机分类器,提出了一种 SAR 图像分类方法,并以 AIRSAR\_SanFrancisco 数据进行分类实验,且将分类结果与 H/A/ $\alpha$ -Wishart 分类结果进行对比分析。结果表明,基于非负特征值分解和支持向量机分类器结合的分类方法可行有效,且具有很好的分类精度。

**关键词:**合成孔径雷达(SAR);非负特征值分解;支持向量机(SVM);遥感图像分类;分类精度

中图分类号:S771.8;TP391 文献标识码:A 文章编号:1671-3168(2018)03-0001-05

## Utilization Status and Consumption Structure of Rural Energy in Zhaotong City

BAI Zuyun

(Energy Science and Technology Extension Station of Zhaotong City, Zhaotong, Yunnan 657000, China)

**Abstract:** The social economy, the consumption of forest resources, the utilization of rural energy and the will of the masses in Zhaotong were investigated based on collecting data, sampling survey, holding symposium and field investigation to reduce the consumption of forest resources, protect the ecological environment and achieve the sustainable development. This paper analyzed the consumption structure of biomass energy, biogas, electric energy, gasoline, diesel oil, coal, solar energy and other rural energy, and put forward the countermeasures for the development of rural energy in the new era, including developing the rural energy planning, expanding the scale of new energy promotion and innovating the construction mechanism.

**Key words:** rural energy; consumption structure; countermeasures; Zhaotong City.

SAR 图像分类技术因其自身的全天时全天候的优点成为近年来遥感图像分类的研究热点<sup>[1]</sup>。影像分类的前提是分类特征的提取。目前,SAR 图像分类特征可分为 2 类:1) 影像的极化特征:包括

自身的极化信息,极化分解特征和极化比等。2) SAR 图像衍生特征:包括纹理特征,总功率特征,相干特征等<sup>[2]</sup>。因此,SAR 图像的分类也是基于以上特征来结合某种分类器来进行,但是总体看来,SAR

收稿日期:2018-01-29.

基金项目:国家自然科学基金(31260156);云南省林学一流学科建设经费资助(51600625).

作者简介:陆翔(1992-),男,安徽蚌埠人,地图学与地理信息系统专业硕士研究生.研究方向为微波遥感应用.Email:1821332789@qq.com

通信作者:岳彩荣(1964-),男,博士,教授,博士生导师.研究方向为资源环境遥感、微波遥感.Email:cryue@163.com

图像分类中极化分解的信息是最主要的。1997 年, Cloude 提出了基于熵值和平均散射角的目标分解的分类方法, 由此构建一个  $H/\alpha$  分类平面, 此种分类方法更适合于分布式地物目标。Krogager、Lee、Pellizzeri 等人也都利用  $H/\alpha$  分类平面做过类似的分类研究, 也取得了相应的成果<sup>[3-5]</sup>。2002 年, Lee 等人利用 Cloude 分解结合 Wishart 分类器提出了一种非监督的 SAR 图像分类方法。此方法在初始分类图的基础上定义了 Wishart 分布分类训练集, 然后使用分类结果定义下一次迭代的训练集, 在迭代中使得分类结果显著地改进<sup>[6]</sup>。2004 年, Lee 又通过 Freeman 分解和最大似然分类器结合提出了一种迭代分类的方法, 该方法的作用在于可以保持地物的极化散射特性<sup>[7]</sup>。

除此之外, 国内的 SAR 分类有: 2006 年和 2007 年, 汪洋分别利用 Cameron 和 Krogager 分解结合 SVM 分类器进行了 SAR 图像的分类, 此种分类方法需要对 SVM 分类器的参数进行多次试验才能得出最优分类结果<sup>[8,9]</sup>。2011 年, Van Zyl 推导出了表征目标散射特性的极化矩阵的特征值全为非负数这一理论, 并得出非负特征值约束 (NNEC, non negative eigenvalue constraints) 是极化矩阵表征目标散射机制的充要条件。若不能满足非负特征值约束条件的矩阵, 分解出来的极化特征也没有意义。为了避免其他极化分解中可能产生的无意义分解特征, 本文将依据非负特征值分解 (NNED, non negative eigenvalue decomposition) 理论进行分类特征的提取, 并结合 SVM 分类器进行极化 SAR 图像的分类<sup>[10]</sup>。

## 1 研究方法

### 1.1 研究区及数据

研究数据采用 NASA/JPL 机构的 AirSAR 卫星的 SIR-C 数据, 数据区域位于美国的旧金山湾 (San Francisco Bay), 数据 900 行, 1 024 列大小。图 1 为 Van Zyl 分解 (非负特征值分解) 的彩色合成图。研究区的地物主要分为 3 类: 城区 (包括金门大桥)、水体和植被。

图 1 Van Zyl 分解彩色合成图

Fig. 1 Color synthesis diagram of Van Zyl decomposition



### 1.2.1 精细化 Lee 滤波

由于 SAR 数据存在大量的乘性噪声, 再分类会严重影响分类的精度, 因此在进行极化分解之前, 先采用精细化 Lee 滤波对原始影像进行滤波处理。在精细化 Lee 滤波下乘性噪声的模型用式 (1) 表达:

$$y = xv \tag{1}$$

式 (1) 中,  $y$  表示观测像素值,  $x$  表示没有噪声额像素值,  $v$  表示均值为 1、方差为  $v_\sigma^2$  的噪声。由此可以推导出线性最小的均方滤波器。

$$\hat{x} = \bar{y} + b(y - \bar{y}) \tag{2}$$

式 (2) 中,  $\hat{x}$  代表滤波后的像素值,  $\bar{y}$  代表局部均值,  $b$  参数表示 0~1 范围的权函数。通过式 (1) 和 (2) 可以推导出滤波后的协方差矩阵  $\hat{z}$ 。

$$\hat{z} = \bar{z} + b(z - \bar{z}) \tag{3}$$

此滤波方法的优点在于可以有效地保留边缘的纹理信息和点目标<sup>[11]</sup>。

### 1.2.2 非负特征值分解

非负特征值分解首先利用一个  $3 \times 3$  的协方差矩阵来对自然地物中方位向对称的目标进行描述<sup>[12]</sup>。在自然界中的地物, 比如土壤和森林, 在散射对称性的理论下成立, 因此, 极化通过和交叉极化通道的相关系数可以假设为 0<sup>[13,14]</sup>。协方差矩阵此时用公式 (4) 表示:

## 1.2 研究方法



$$C_3 = \begin{bmatrix} \langle |S_{HH}|^2 \rangle & 0 & \langle S_{HH}S_{VV}^* \rangle \\ 0 & \langle 2|S_{HV}|^2 \rangle & 0 \\ \langle S_{VV}S_{HH}^* \rangle & 0 & \langle |S_{VV}|^2 \rangle \end{bmatrix} = \alpha \begin{bmatrix} 1 & 0 & \rho \\ 0 & \eta & 0 \\ \rho^* & 0 & \mu \end{bmatrix} \quad (4)$$

式(4)中,  $\alpha = \langle S_{HH}S_{HH}^* \rangle$ ,  $\rho = \langle S_{HH}S_{VV}^* \rangle / \langle S_{HH}S_{HH}^* \rangle$ ,  $\mu = \langle S_{VV}S_{VV}^* \rangle / \langle S_{HH}S_{HH}^* \rangle$ ,  $\eta = 2\langle S_{HV}S_{HV}^* \rangle / \langle S_{HH}S_{HH}^* \rangle$ , 则 4 个参数均与目标物的大小、形状、介电性质及取向角分布有关,特征值分解的解析式为:

$$\begin{aligned} \lambda_1 &= \frac{\alpha}{2} \{ 1 + \mu + \sqrt{(1 - \mu)^2 + 4|\rho|^2} \} \\ \lambda_2 &= \frac{\alpha}{2} \{ 1 + \mu - \sqrt{(1 - \mu)^2 + 4|\rho|^2} \} \\ \lambda_3 &= \alpha\eta \end{aligned} \quad (5)$$

非负特征值分解的  $\lambda_1$  和  $\lambda_2$  对应的矢量矩阵则是分解的平面散射和偶次散射<sup>[15]</sup>。

### 1.2.3 支持向量机分类器

支持向量机 (Support Vector Machine, SVM) 分类器在目前遥感图像分类中应用最为广泛,它的优点在于小样本训练集上可以拥有很好的分类效果,具有很强的泛化能力。支持向量机算法分类的核心思想是,通过非线性变换将输入空间变换到一个高维空间,然后在这个高维空间中进行线性回归,求取最优线性分类面;其中非线性变换则通过定义适当的内积函数来实现。

SVM 采用核函数将实际问题转换到高维空间,不同的核函数对应不同的特征映射,从而得出 SVM 分类超平面。当前常见的核函数类型如下<sup>[16]</sup>:

1) 线性核:  $K(x_i, x) = (x_i \cdot x)$

2) 多项式核:  $K(x_i, x) = (x_i \cdot x + 1)^d$ ,  $d$  是自然数。

3) 径向基核:  $K(x_i, x) = \exp\left[-\frac{\|x - x_i\|^2}{\gamma^2}\right]$ ,  $\gamma > 0$ ,  $\gamma$  是方差。

4) Sigmoid 核:  $K(x_i, x) = S[a(x_i \cdot x) + t]$ ,  $S$  是 Sigmoid 函数,  $a, t$  是常数,一般根据不同分类体系进行确定。

本文依据经验,选择径向基核 (Radial Basis Function, RBF) 函数对研究区进行地物分类。

### 1.2.4 H/A/ $\alpha$ -Wishart 分类

由 Clode 分解知道,  $H$  和  $\alpha$  明显地刻画了地物

的散射特征。结合极化熵  $H$  和散射角  $\alpha$ ,可以得到一个二维平面,根据不同的参数值将特征空间分成 9 个区域,其中 8 个区域有效,各个区域代表的物理散射特性则代表了某一类型的地物。1992 年, Lee 首先利用  $H/\alpha$  平面进行地物的初始分类,然后利用 Wishart 分布对分类结果进行迭代,提出了  $H/\alpha$ -Wishart 分类方法,进一步优化了分类结果<sup>[6]</sup>。1995 年, Pottier 将各向异性  $A$  引入到  $H/\alpha$ -Wishart 分类方法中,将原有的  $H/\alpha$  平面延伸到三维空间,此时非监督分类的结果达到 18 类,形成了  $H/A/\alpha$ Wishart 分类方法<sup>[17]</sup>。

## 2 实验结果

### 2.1 非负特征值分解结果

由于 SAR 图像本身存在大量的乘性噪声,因此本文用 Lee 滤波之后再行非负特征值极化分解 (图 2,图 3)。



图 2 Lee 滤波后分解合成结果

Fig. 2 Synthesis results of Lee filtering decomposition

由图 2 和图 3 可以看出,经过滤波之后的图像明显降低了噪声的影响。从图 2 的水体可以看出,滤波后的水体颜色更加纯净,并且没有了细小的颗粒(噪声)影响,植被区域滤波后与其他地物区分更加明显。从图 3 可以看出,非负特征值极化分解后的奇次散射(图 3a)中水体、城区和植被都能明显看出,这是因为自然界的物体中几乎都存在着奇次散射,所以导致所有的地物都能明显地通过奇次反射表征出来;偶次散射图(图 3b)中,城区和金门大桥是高亮区域,而水体和植被颜色偏暗,这是因为水体和植被很少存在偶次散射,且卫星数据的波段是 C

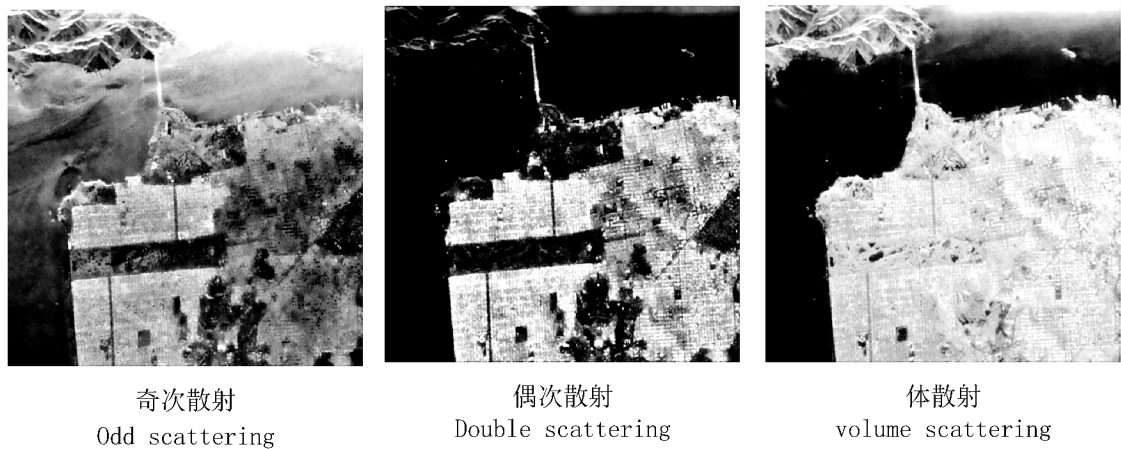


图 3 非负特征值分解结果

Fig. 3 Result of nonnegative eigenvalue decomposition

波段(3.75~7.5 cm),对森林冠层的穿透率很低,因此树干部分也不会存在偶次散射。城区部分多是建筑物,所以偶次散射明显;在体散射图(图 3c)中可以看出,水体颜色最暗,而城区和植被区域高亮,这是因为水体对奇次散射明显,对体散射很弱,风浪大的区域才会存在部分体散射。城区和植被这种地表是体散射的主体,因此在图中才会有明显的体散射特征。

### 2.2 分类结果及精度分析

#### 2.2.1 分类结果

按照上述研究方法对美国旧金山湾的 SIR-C

数据进行分类实验,采用了 2 种分类方法:

1) 本文分类方法: NNED 与 SVM 分类器结合,通过非负特征值分解得到有意义的分类特征,再结合 SVM 分类器中的径向基核进行分类,经过多次实验得到参数设置: C 取值 4 096, gamma 取值 0.062 5。

2) H/A/ $\alpha$ -Wishart 分类: 初始分类后经过 10 次迭代得到分类结果,如图 4 所示。

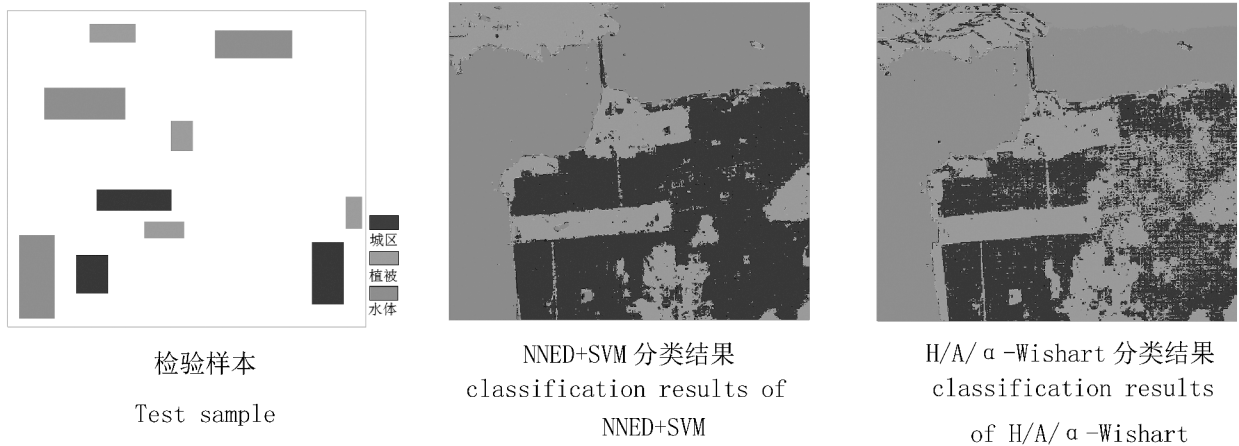


图 4 分类结果

Fig. 4 Classification results

#### 2.2.2 精度分析

对分类结果从以下 2 个方面进行精度分析及评价: 1) 目视分析; 2) 数据分析。

1) 目视分析:

①边缘信息,本文中 NNED 与 SVM 结合方法可以看出海岸边界,植被绿地的边界以及城区的边界区分明显且边缘平滑,更符合彩色合成图中的真实地表; H/A/ $\alpha$ -Wishart 分类方法的边缘比较破碎,这

间接地说明了分类的效果没有(NNED与SVM结合的分类方法)好。②图中左上角为植被区域,由彩色合成图可以看出此处地形为山地,存在部分阴影区域,(NNED与SVM结合的分类方法)的结果中存在被误分为水体的阴影,但是面积较小,而 $H/A/\alpha$ Wishart分类中不仅对阴影的误分面积更大,且存在被误分的城区,而真实地表中并没有城区,所以从这方面来看(NNED与SVM结合的分类方法)也优于 $H/A/\alpha$ Wishart分类。③城区部分,在NNED与SVM结合的分类结果中,城区部分分类结果完整、集中。从城区的右半部可以看出,NNED与SVM结合的分类结果城区中的植被较少,符合图3偶次散射图像;而 $H/A/\alpha$ Wishart分类结果存在大量的误分植被,这也说明了 $H/A/\alpha$ Wishart分类中对城区的分类结果存在偏差。

## 2) 数据分析

由2种方法的分类精度(表1)可以看出,2种分类方法在检验样本下的精度情况。总体来看,NNED与SVM结合的分类方法的3种地类的分类结果均高于 $H/A/\alpha$ Wishart分类,且分类精度达90%以上,具有很高的分类精度。从3种地物的分类精度分别来看, $H/A/\alpha$ Wishart分类结果中,只有水体的分类与NNED与SVM结合的分类方法精度相当,而植被和城区的分类精度则远低于NNED与SVM结合的分类方法。

表1 2种方法的分类精度

Tab. 1 Classification accuracy of two methods

分类方法	分类精度/%		
	城区	水体	植被
NNED+SVM	95.21	98.78	92.52
$H/\alpha$ -Wishart	83.46	96.94	80.73

## 3 结论与展望

在非负特征值分解下,本文的分解特征均能满足非负特征值约束,通过分解得到的分类特征也具有表征地表的含义。综合以上目视分析和数据分析可以得出结论:NNED与SVM结合的分类方法可行有效,具有很高的分类精度,且优于传统的 $H/A/\alpha$ Wishart分类方法。但是,NNED与SVM结合的分类方法同样也存在不足:1)未能有效地去除阴影在分类中的影响;2)也存在少量误分的地类。今后应

对这2类问题继续展开研究。

## 参考文献:

- [1] 李震,廖静娟.合成孔径雷达地表参数反演模型与方法[M].北京:科学出版社,2011.
- [2] 胡召玲,李海权,杜培军.SAR图像纹理特征提取与分类研究[J].中国矿业大学学报,2009,38(3):422-427.
- [3] PELLIZZER T M, LOMBARDO P L, FERRIERO P. Polarimetric SAR image processing: Wishart vs. " $H/A/\alpha$ " segmentation and classification schemes[C]//Geoscience and Remote Sensing Symposium, 2003. IGARSS '03. Proceedings. 2003 IEEE International, 2004,6:3976-3978.
- [4] LEE J S, AINSWORTH T L, GRIMES M R, et al. Monte Carlo Evaluation of Multi-Look Effect on Entropy/Alpha/Anisotropy Parameters of Polarimetric Target Decomposition[C]//IEEE International Conference on Geoscience and Remote Sensing Symposium, 2006:52-55.
- [5] KROGAGER, ERNST, STAYKOVA, et al. Comparison of Methods for Classification of Land Cover Using Polarimetric SAR Data[J], 2006.
- [6] LEE J S, GRUNES M R. Classification of multi-look polarimetric SAR data based on complex Wishart distribution[C]//Telesystems Conference, 1992. NTC-92., National, 2002:2299-2311.
- [7] LEE J S, GRUNES M R, POTTIER E, et al. Unsupervised terrain classification preserving polarimetric scattering characteristics[J]. Geoscience & Remote Sensing IEEE Transactions on, 2004,42(4):722-731.
- [8] 汪洋,鲁加国,张长耀.基于Cameron分解和SVM的极化SAR图像分类[J].计算机工程与应用,2006,42(36):17-19.
- [9] 汪洋,鲁加国,张长耀.基于Krogager分解和SVM的极化SAR图像分类[J].遥感技术与应用,2007,22(1):70-74.
- [10] 刘高峰.极化SAR图像特征提取与分类方法研究[D].西安:西安电子科技大学,2014.
- [11] 郎丰铤,杨杰,李德仁.极化SAR图像自适应增强Lee滤波算法[J].测绘学报,2014,43(7):690-697.
- [12] VAN ZYL J J, ARII M, KIM Y. Model-Based Decomposition of Polarimetric SAR Covariance Matrices Constrained for Nonnegative Eigenvalues[J]. Geoscience & Remote Sensing IEEE Transactions on,2011,49(9):3452-3459.
- [13] NGHIEM S V, YUEH S H, KWOK R, et al. Symmetry properties in polarimetric remote sensing[J]. Radio Sci-

ence, 2016, 27(5): 693-711.

[14] SHIN R T. Theoretical Models For Polarimetric Radar  
doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2018.03.002

Clutter[J]. Journal of Electromagnetic Waves & Applications, 1987, 1(1): 73-89. (下转第 27 页)

## 安徽省森林碳储量及碳密度特征研究

胡建全 徐志扬

(国家林业局华东林业调查规划设计院, 浙江 杭州 310019)

**摘要:**基于安徽省第九次全国森林资源清查数据,利用生物量—蓄积量转换模型,从不同森林类型、起源、龄组、优势树种(组)等方面进行分析,运用生物量换算因子连续函数法,对安徽省森林碳储量及碳密度进行估算。结果表明,安徽省森林碳储总量为  $11\,843.59 \times 10^4$  t, 平均碳密度  $29.93$  t/hm<sup>2</sup>, 其中乔木林碳储量为  $9\,790.17 \times 10^4$  t, 占森林总碳储量的 82.66%, 乔木林平均碳密度为  $31.72$  t/hm<sup>2</sup>, 碳密度大小排序为:阔叶林>针阔混>针叶林, 经济林、竹林碳储量为  $2\,053.42 \times 10^4$  t。乔木林中,天然林的面积、碳储量略小于人工林,但天然乔木林各龄组碳密度均大于人工林;阔叶混交林、杨树、马尾松、杉木、针阔混交林、栎类、针叶混交林的面积、碳储量占优势,其中又以阔叶混交林为最大,面积、碳储量均超过乔木林的 28%。文章指出安徽省乔木林碳密度水平仍然不高,今后在增加森林面积的同时,仍需采取合理经营管理措施,促使森林质量和碳汇水平不断提高。

**关键词:**森林碳储量;碳密度;生物量换算因子;森林类型;主要树种(组);安徽省

中图分类号:S718.556 文献标识码:A 文章编号:1671-3168(2018)03-0006-04

## Storage and Density Characteristics of Forest Carbon in Anhui province

HU Jianquan, XU Zhiyang

(East China Inventory and Planning Institute, State Forestry Administration, Hangzhou 310019, China)

**Abstract:** Based on data from the 9th continuous forest inventory in Anhui Province, the forest types, origins, age groups, and dominant species were analyzed by the biomass-volume conversion model, and the forest carbon storage and density were estimated with variable biomass expansion factor function (BEFF) method. The results showed the total forest carbon storage in Anhui province was  $11843.59 \times 10^4$  t, arbor forest carbon storage was  $9790.17 \times 10^4$  t, accounting for 82.66%, and its average density was  $31.72$  t/hm<sup>2</sup>, which followed the sequence of broad-leaved forest > coniferous and broad-leaved mixed forest > coniferous forest, The carbon storage of economic forest and bamboo forest was  $2053.42 \times 10^4$  t. The planted forest was superior to the natural forest on the area and the carbon storage, but inferior to all age groups of the natural forest on the carbon density. The area and carbon storage of broad-leaved mixed forest, *Populus L.*, *Pinus massoniana*, *Cunninghamia lanceolata*, coniferous and broad-leaved mixed forest, *Quercus* spp., coniferous mixed forest, were dominant in arbor forest, in which the proportion of broad-leaved mixed forest was the largest, accounting for 28%. The arbor forest density was still not high. This paper indicated to take proper management measures and improve the forest quality and carbon

storage at the same time of expanding forest area.  
收稿日期:2018-01-22.

作者简介:胡建全(1963-),男,安徽绩溪人,高级工程师。从事森林资源监测与遥感综合应用工作。Email:hdyhj@126.com

**Key words:** forest carbon storage; carbon density; biomass expansion factor; forest types; dominant species; Anhui Province

森林作为陆地生态系统的主体,对于调节碳平衡、减缓二氧化碳等温室气体浓度上升以及维持全球气候稳定等方面具有重要作用<sup>[1]</sup>。森林碳储量及碳密度特征和动态变化,是衡量森林生态系统结构优化的重要指标,也是评价森林经营管理水平高低的重要指标<sup>[2]</sup>。因此,森林碳储量的定量估算,对森林经营管理、决策等均具有重要意义。我国自20世纪70~80年代开始研究林分生物量,至今主要发展了两大方法:1)利用遥感技术研究森林生物量<sup>[3-6]</sup>,主要通过建立遥感数据及辅助数据与实测生物量之间的模型来反演森林生物量,该方法在大尺度估测生物量上具有优势,但缺点是模型适用范围具有局限性;2)利用森林资源连续清查成果研究森林生物量,我国许多学者从全国及区域尺度上运用该方法对森林生物量、森林碳储量进行了估算,结果均具有一定参考价值<sup>[7-10]</sup>。本文以安徽省为研究对象,利用森林资源连续清查成果估算其森林碳储量及碳密度,目的在于揭示全省固碳现状,为深入研究区域层面的森林碳汇及国家层面的森林生态系统碳储量提供参考数据,并为森林资源合理经营和管理提供参考。

## 1 研究区域概况

安徽省位于我国华东腹地,地处长江、淮河中下游,地理位置为N 29°22'~34°40', E 114°52'~119°39',国土面积13.81万km<sup>2</sup>。地形地貌由淮北平原、江淮丘陵、皖南山区组成。处于暖温带的南缘、北亚热带和中亚热带的北端,属季风气候类型,有明显的过渡性特征,淮河以北属暖温带半湿润气候,淮河以南属北亚热带湿润气候。全省森林植被地带性突出,水平和垂直分布都较明显,淮河以北、皖东丘陵是以马尾松、黑松、柏类等树种为主的人工林和少量天然次生林,平原农区是以杨树、泡桐、刺槐等为主的农田防护林,皖西大别山区有暖温带落叶阔叶林向亚热带常绿阔叶林过渡的特征,皖南山区属中亚热带北缘,山体下部以中亚热带区系成分为主,由中到中部为北亚热带区系成分,上部则为暖温带森林植被类型。

## 2 数据来源及研究方法

### 2.1 数据来源

采用安徽省第九次全国森林资源清查成果资料,此资料记录了详细的森林类型、起源、树种(组)、龄组的面积、蓄积等。

### 2.2 研究方法

由于第九次全国森林资源清查统计口径与采用的生物量模型不匹配,为与所用生物量模型匹配,将数据转换为第八次全国森林资源清查统计口径,即森林由乔木林、经济林、竹林和特殊灌木林组成<sup>[11]</sup>。因统计数据中特殊灌木林面积非常小,精度较低,因此忽略该部分。森林生物量包括乔木林、经济林和竹林的生物量。本文运用生物量换算因子法,分地类、优势树种(组)将其相关数据代入各计算公式中,推算森林生物量,并根据优势树种(组)的含碳率分别计算碳储量,进而估算碳密度。

#### 2.2.1 森林生物量计算

国内外大量研究均表明生物量与林分蓄积量存在着较好的回归关系,本文利用我国学者方精云等<sup>[7,8]</sup>建立的生物量蓄积量估计回归方程及计算参数(回归方程为 $B = a \times V + b$ ,式中: $B$ 为单位面积生物量( $t/hm^2$ ), $V$ 为单位面积蓄积量( $m^3/hm^2$ ), $a$ 和 $b$ 为参数)估测森林生物量,表1中列出了12组生物量—蓄积量转换模型参数<sup>[7]</sup>,其中,针叶混交林、阔叶混交林和针阔混交林3个树种组采用了曾伟生<sup>[10]</sup>的参数。

经济林、竹林的生物量采取非蓄积转换的方法,用平均生物量与总面积相结合来估算。其中:经济林采用方精云等<sup>[7]</sup>的方法估计,平均生物量取 $23.70 t/hm^2$ ;竹林采用郭兆迪<sup>[12]</sup>建立的生物量数据库得到的毛竹林和杂竹林平均生物量 $81.9 t/hm^2$ 和 $53.1 t/hm^2$ 。

#### 2.2.2 森林碳储量和碳密度计算

目前,全球森林碳储量估计普遍采用测定森林生物量乘以含碳率推算得出<sup>[13]</sup>。含碳率常用值为0.45~0.50,本文使用李海奎等查阅资料推算的分树种(组)的含碳率<sup>[14]</sup>。

碳密度计算公式为:

$$c = C/S \quad (1)$$

表 1 生物量—蓄积量换算模型参数

Tab. 1 Parameters for forest volume and biomass exchange

树种(组)	a	b
杉木 <i>Cunninghamia lanceolata</i>	0.3999	22.5410
柏木 <i>Cupressus</i> spp.	0.6129	46.1451
栎类 <i>Quercus</i> spp.	1.1453	8.5473
硬阔 Broad-leaved hardwood, 杂木 miscellaneous broad-leaved woods, 矮林 elfin forests	0.7564	8.3103
马尾松 <i>Pinus massoniana</i> , 云南松 <i>Pinus yunnanensis</i> , 思茅松 <i>Pinus kesiya</i> var. <i>langbianensis</i>	0.5101	1.0451
黑松 <i>Pinus thunbergii</i> , 高山松 <i>Pinus densata</i> , 黄山松 <i>Pinus taiwanensis</i> , 水杉 <i>Metasequoia glyptostoboides</i> , 乔松 <i>Pinus griffithii</i>	0.5168	33.2378
杨 <i>Populus</i> spp., 泡桐 <i>Paulownia</i> spp., 梧桐 <i>Firmiana</i> spp., 珙桐 <i>Davidia</i> spp., 相思 <i>Acacia</i> spp., 软阔类 Broad-leaved softwood	0.4754	30.6034
铁杉 <i>Tsuga</i> spp., 油杉 <i>Keteleeria</i> spp., 柳杉 <i>Cryptomeria</i> spp.	0.4158	41.3318
水曲柳 <i>Fraxinus mandshurica</i> , 胡桃楸 <i>Juglans mandshurica</i> , 黄菠萝 <i>Phellodendron amurense</i> , 楠 <i>Phoebe</i> spp., 樟 <i>Cinnamomum</i> spp., 檫木 <i>Sassafras tsumu</i> , 椴 <i>Tilia</i> spp.	0.7975	0.4204
针叶混交林 Mixed coniferous forests	0.5894	24.5151
针阔混交林 Mixed coniferous and broad-leaved forests	0.7143	16.9654
阔叶混交林 Mixed broad-leaved forests	0.8392	9.4157

式中,  $c_c$  为碳密度 ( $t/hm^2$ ),  $C$  为碳储量 ( $t$ ),  $S$  为面积 ( $hm^2$ )。

### 3 结果与分析

#### 3.1 分森林类型的碳储量

根据森林资源清查成果计算研究区森林碳储量

和碳密度(表 2)。

表 2 不同森林类型的生物量、碳储量及碳密度

Tab. 2 Biomass, carbon storage and carbon density in different forest types

类型	面积 / $10^4 hm^2$	生物量 / $10^4 t$	碳储量 / $10^4 t$	碳密度 / $(t \cdot hm^{-2})$
合计	395.73	23833.15	11843.59	29.93
乔木林	308.67	19730.17	9790.17	31.72
针叶林	108.12	6292.38	3167.67	29.30
阔叶林	167.02	11225.85	5521.39	33.06
针阔混交林	33.53	2211.94	1101.11	32.84
经济林	48.26	1142.62	571.66	11.85
竹林	38.80	2960.36	1481.76	38.19

由表 2 可知, 研究区森林总碳储量为  $11\ 843.59 \times 10^4 t$ , 平均碳密度为  $29.93 t/hm^2$ ; 乔木林总碳储量为  $9\ 790.17 \times 10^4 t$ , 占森林总碳储量的 82.66%, 碳密度为  $31.72 t/hm^2$ , 经济林、竹林总碳储量为  $2\ 053.42 \times 10^4 t$ , 占 17.34%。

在乔木林中, 阔叶林碳密度最大, 针阔混交林次之, 针叶林最小。阔叶林面积占乔木林面积的 54.11%, 碳储量占乔木林的 56.40%, 阔叶林碳密度高于针叶林, 可见阔叶林在固碳能力方面优于针叶林。因此, 在扩大森林面积提高碳储量中, 应考虑优先发展阔叶林、针阔混交林。

#### 3.2 分起源和龄组的乔木林碳储量

将乔木林的近、成、过熟林归并为成熟林, 按照起源、龄组分别统计面积、碳储量, 并计算其碳密度。结果见表 3 和表 4。

表 3 分起源和龄组的乔木林面积及碳储量

Tab. 3 Area and carbon storage of arbor forest in different origin and age groups

起源	合计		幼龄林		中龄林		成熟林	
	面积	碳储量	面积	碳储量	面积	碳储量	面积	碳储量
合计	308.67	9790.17	105.60	1962.54	100.14	3560.85	102.93	4266.78
天然	153.86	4698.56	65.28	1222.23	61.65	2286.86	26.93	1189.47
人工	154.81	5091.61	40.32	740.31	38.49	1273.99	76.00	3077.31

由表 3、表 4 可见, 研究区乔木天然林面积、碳储量略小于人工乔木林, 但天然乔木林各龄组的碳密度均大于人工乔木林。由此可以预见, 随着当前全国范围内天然林全面禁止商业性采伐和保护政策

的出台与实施, 研究区内未来天然乔木林的碳汇功能将继续增强, 将成为潜在的巨大碳库。

#### 3.3 乔木林主要树种(组)的碳储量

由于各树种(组)间分布范围、生长特性不同,

表 4 分起源和龄组的乔木林碳密度

Tab. 4 Carbon density of arbor forest in different origin and age groups

起源	合计	幼龄林	中龄林	成熟林
合计	31.72	18.58	35.56	41.45
天然	30.54	18.72	37.09	44.17
人工	32.89	18.36	33.10	40.49

木材密度及含碳率等各方面存在的差异,各优势树种(组)的碳储量及碳密度也存在差异<sup>[15]</sup>。研究区中,马尾松碳储量为  $650.75 \times 10^4$  t,占乔木林碳储量的 6.65%;杉木碳储量为  $1387.89 \times 10^4$  t,占 14.18%;杨树碳储量为  $1600.04 \times 10^4$  t,占 16.34%;栎类碳储量为  $728.43 \times 10^4$  t,占 7.44%;针叶混交林碳储量为  $587.33 \times 10^4$  t,占 6.00%;阔叶混交林碳储量为  $2767.67 \times 10^4$  t,占 28.27%;针阔混交林碳储量为  $1101.11 \times 10^4$  t,占 11.25%(表 5)。这 7 个优势树种(组)在研究区中具有重要地位,碳储总量为  $8823.22 \times 10^4$  t,占乔木林碳储量的 90.13%,占森林碳储量的 74.50%,面积占乔木林面积的 88.25%,占森林面积的 68.83%。尤其是阔叶混交林,其面积和碳储量均占安徽省乔木林的 28%以上。

表 5 主要树种(组)的生物量、碳储量及碳密度

Tab. 5 Biomass, carbon storage and carbon density of main species (species group)

树种(组)	面积/ $10^4 \text{hm}^2$	生物量/ $10^4 \text{t}$	碳储量/ $10^4 \text{t}$	碳密度/ $(\text{t} \cdot \text{hm}^{-2})$
马尾松	35.04	1416.08	650.75	18.57
杉木	42.92	2668.90	1387.89	32.34
杨树	35.36	3228.48	1600.04	45.25
栎类	22.07	1481.48	728.43	33.01
针叶混交林	15.03	1151.30	587.33	39.08
阔叶混交林	88.45	5648.40	2767.67	31.29
针阔混交林	33.53	2211.94	1101.11	32.84

#### 4 结论与讨论

基于第九次全国森林资源清查安徽省清查结果数据,利用生物量—蓄积量转换模型,从不同森林类型、起源、龄组、优势树种(组)方面进行分析,对全省森林碳储量、碳密度开展了估算。结果表明,安徽省森林碳储总量为  $11843.59 \times 10^4$  t,平均碳密度为

$29.93 \text{ t}/\text{hm}^2$ ,其中:乔木林碳储量为  $9790.17 \times 10^4$  t,平均碳密度为  $31.72 \text{ t}/\text{hm}^2$ ,碳密度大小排序为:阔叶林 > 针阔混 > 针叶林;经济林、竹林总碳储量为  $2053.42 \times 10^4$  t。

各树种(组)碳储量受其生长特性、木材密度、含碳率等的差异和面积、蓄积比例、起源、龄组结构等的综合影响。从起源和龄组结构看,天然乔木林的面积、碳储量略小于乔木人工林,但天然乔木林各龄组碳密度均大于人工林。从优势树种(组)看,阔叶混交林、杨树、马尾松、杉木、针阔混交林、栎类、针叶混交林 7 个主要树种(组)面积、碳储量合计均占乔木林的 85%以上,而其中又以阔叶混交林最大,在面积、碳储量上均达到乔木林的 28%以上。

总体来看,安徽省乔木林碳密度水平不高,在今后相当长的一段时期内,在增加森林面积的同时,仍需采取合理的经营和管理手段,促使森林资源质量和碳汇水平提高。

森林资源连续清查成果数据缺少草本层、枯落物层、土壤层资料,目前该方面学术研究相对较少,因此本研究尚缺乏这些方面内容。另外,由于经济林与竹林生物量数据直接采用相关学者研究成果,本文估算的碳储量具有一定不确定性。

#### 参考文献:

- [1] 张昌顺,刘爱兵,谢高地,等. 基于森林资源清查的迪庆州森林生物量及生产力研究[J]. 资源科学, 2011, 33(11): 2162-2168.
- [2] 刘萍,邓鉴峰,魏安世,等. 广州市森林生物量及碳储量评估[J]. 西南林业大学学报, 2015, 35(4): 62-65.
- [3] 杨伟志,赵鹏祥,薛大庆,等. 基于 Landsat-8 影像的南宁市南北山森林生物量估测模型研究[J]. 西北林学院学报, 2016, 31(2): 33-37.
- [4] 邹琪,孙华,王广兴,等. 基于 Landsat 8 的深圳市森林碳储量遥感反演研究[J]. 西北林学院学报, 2017, 32(4): 164-171.
- [5] 徐志扬,冯仲科,胡建全,等. 基于 TM 影像的华安县桉树林生物量遥感估测[J]. 林业资源管理, 2016(4): 83-87.
- [6] 徐天蜀. 基于遥感信息的森林生物量、碳储量估测技术研究[J]. 林业调查规划, 2008, 33(3): 11-13.
- [7] 方精云,刘国华,徐嵩龄. 我国森林植被生物量 and 生产力[J]. 生态学报, 1996, 16(4): 497-508.
- [8] 方精云,陈安平,赵淑清,等. 中国森林生物量的估算: 对 Fang 等 Science 一文(Science, 2001, 291: 2320-2322)的若干说明[J]. 植物生态学报, 2002, 26(2): 243-249.

(下转第 33 页)

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2018.03.003

## 基于随机森林算法构建 Hyperion 影像云和云阴影掩模

任鹏洲 岳彩荣

(西南林业大学林学院, 云南 昆明 650224)

**摘要:** 遥感数据的判读应用不可避免地要受到云和云阴影的干扰, 这导致影像中地物信息不完整, 给后续影像解译和处理带来障碍。采用最佳波段指数方法筛选出经过预处理的 Hyperion 高光谱影像最佳波段组合, 达到波段去相关、信息含量最大并减少运算量的目的。基于不同地物类型的光谱曲线, 采用随机森林算法提取 Hyperion 影像中云和云阴影信息, 建立相应的掩模。研究结果表明, 基于经验阈值的决策树分类精度达 96.36%, 随机森林算法的分类精度达 98.86%, Kappa 系数为 0.9512, 具有更好的分类效果。利用随机森林算法建立高光谱影像云和云阴影掩模, 由于随机森林算法是建立在多个决策树分类器结果基础上, 避免了单一决策树分类器带来的误分类现象, 较好地去除了云和云阴影对遥感解译的影响。

**关键词:** Hyperion 影像; 随机森林算法; 决策树分类; 光谱曲线; 云及云阴影; 掩模

中图分类号: S711; S771.8 文献标识码: A 文章编号: 1671-3168(2018)03-0010-06

## Masking of Cloud and Cloud Shadow for Hyperion Image Based on Random Forest Algorithm

REN Pengzhou, YUE Cairong

(College of Forestry, Southwest Forestry University, Kunming 650224, China)

**Abstract:** The interpretation of remote sensing data is inevitably disturbed by cloud and cloud shadow, which results in incomplete information of objects in the image and obstacles to subsequent image interpretation and processing. The best band index method was used to filter out the best band combination of pre-processed Hyperion hyperspectral image, and achieve the purpose of band correlation, information content maximum and computation reducing. Based on the spectra curves of different types of surface features, the cloud and cloud shadow information of Hyperion image was extracted by the random forest algorithm to establish the corresponding mask. The research results showed that the accuracy of decision tree based on empirical threshold was 96.36%, and the accuracy of random forest algorithm was 98.86%, and the Kappa coefficient was 0.9512, which had better classification effect. Based on the classification results of multi-decision trees, the random forest algorithm was applied to build hyperspectral image cloud and cloud shadow mask, which avoided the inaccuracy of single decision tree classifier and removed the influence of cloud and cloud shadow on remote sensing interpretation.

收稿日期: 2018-02-27.

基金项目: 国家自然科学基金(31260156); 云南省林学一流学科建设经费资助(51600625).

作者简介: 任鹏洲(1993-), 男, 甘肃天水人, 硕士研究生. 研究方向为资源环境遥感. Email: jf9996399@126.com

通信作者: 岳彩荣(1964-), 男, 博士, 教授, 博士生导师. 研究方向为资源环境遥感, 微波遥感. Email: cryue@163.com



**Key words:** Hyperion image; random forest algorithm; decision tree classification; spectra curves; cloud and cloud shadow; mask

高光谱遥感影像拥有丰富的光谱信息和较高的光谱分辨率,由于其具备大量连续而且极窄的波段,能够体现出地物波谱之间细微的差异,因此高光谱遥感影像被广泛地应用于地质矿物识别、农作物分类、植被病虫害监测等重要领域。然而高光谱影像中云的出现不仅影响影像的判读解译,而且导致地物信息的缺失,影响了遥感图像的处理应用。提取出遥感影像中云和云阴影的信息,并建立掩模,使其未参与后期图像处理过程,将云和云阴影的影响降到最小。国内外许多专家学者对此都进行了研究,并提出相应的方法来提取影像中的云和云阴影,例如李红英<sup>[1]</sup>等通过 Landsat 8 遥感影像的光谱特征和卷云波段,设计了云和云阴影区域检测模型,利用多时相遥感影像的配准、相关分析、最小二乘拟合等图像分析方法消除或弱化云的影响,解决了青海省大面积缺少无云数据的问题。

由于云层会反射绝大部分太阳光,云层越厚,其反射能力越强,因此云层比其它地物反射率强,在光学影像中一般表现为白色,可以较明显地与其它地物区分开。同时较厚的云层吸收太阳光后所产生的阴影也会覆盖地面信息,导致遥感影像无法正确判读,由于云阴影包含部分地面反射信息,阴影重叠区域与周围地面信息区分度不高。Catalin<sup>[2]</sup> 2014 年提出的云阴影掩模构建算法中将卫星影像的可见光波段全部转换为灰度值,然后给出一定的阈值,将影像中云及其阴影的信息提取出来,并将该方法应用在 Landsat-5 影像上,提取云的精度为 95%,提取云阴影的精度为 90%。李炳燮<sup>[3]</sup>等提出了一种利用多时相 Landsat TM 影像数据进行厚云和其阴影去除的方法,该方法通过不同时期、同一位置的影像数据中未被云和阴影覆盖的像元来替换厚云和其阴影,消除和减弱了影像中云的影响。

多时相检测法虽然可以有效补偿当前遥感影像的信息损失,然而不同时相数据获取、匹配等较为严格,而且无法避免云影区域重复等问题。鹿丰玲<sup>[4]</sup>等基于随机森林分类器有效检测出阴影与水体光谱曲线的细微差别,并且建立了云、云阴影以及水体的掩模,在传统决策树分类器的基础上提高了效率。由于随机森林分类器可以看作多个决策树的集成,其最终分类结果由投票机制产生,其算法自身的健壮性和防止过拟合,使得分类过程更加准确、有效。

云雅<sup>[5]</sup>等利用云和云阴影的空间位置对应关系进行对象匹配,从而对高分一号单时相多光谱数据阴影区域进行检测,并利用测地膨胀方法对由于像幅限制产生的检测阴影区域过小问题进行修复,该方法较有效地检测出不同背景上空的云和云阴影像元。

云层投射到地面的阴影在图像上表现为阴影与地面信息的叠加,其光谱曲线并不是单纯地物的反射曲线,而是以混合像元的形式存在。郑文武<sup>[6]</sup>等利用混合像元分解技术,选择了云、植被、云阴影和不透水表面这 4 种端元,提出基于动态端元选择的线性光谱分解算法,最终反演各分量的丰度图,得到 TM 影像数据中的云和阴影,其它专家学者通过多源数据结合等方法去除云和云阴影也显示出较好的目视效果。为了提高遥感影像数据在去除云和阴影后的有效利用率,使其为环境变化监测、森林扰动现象等方面继续做出贡献,需要构建云和阴影的掩模,使其不能参与影像后期处理,将云和阴影的影响降到最小。本文将利用最佳波段指数和随机森林算法对 Hyperion 高光谱影像中存在的云和云阴影进行掩模构建相关分析。

## 1 研究区概况

云南省香格里拉市位于澜沧江、怒江、金沙江三江并流区,连接了云南,四川,西藏三省,因其独特的雪山、峡谷、高原湿地、高山湖泊和森林草甸等生态景观,而被誉为“动植物王国”、“高山大花园”。地处亚热带常绿阔叶林植被区向高寒植被区过渡地带的香格里拉市,植被分布有着明显的南北差异<sup>[7]</sup>,主要包括占全市森林面积 90.8% 的云冷杉、高山松、高山栎和云南松等优势树种组在内的森林类型<sup>[8]</sup>。香格里拉市位于云南省西北部,距离云南首府昆明市 659 km。

## 2 研究方法

### 2.1 Hyperion 高光谱数据

Hyperion 高光谱传感器搭载在 EO-1 地球观测卫星上,是由美国宇航局于 2000 年发射升空的,EO-1 卫星轨道参数接近 Landsat-7 卫星,2 颗卫星过赤道的时间相差仅 1 min。Hyperion 高光谱数据共

有 242 个波段,与 Landsat 卫星影像空间分辨率一致,均为 30m。近年来 Hyperion 高光谱影像数据已广泛应用于农业精准估计、地质填图、森林变化监测、矿物鉴定以及环境保护等诸多领域。Hyperion 高光谱影像覆盖我国滇西北地区的可用条带数据较少,本文将选取云量较少且能够继续用于后期影像处理的影像数据。图 1 为 Hyperion 遥感数据与 Landsat-7 数据地面覆盖范围对比示意图。

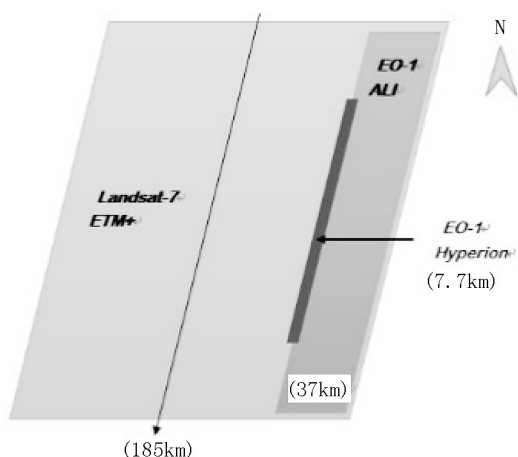


图 1 Hyperion 地面覆盖范围示意  
Fig. 1 Ground coverage of Hyperion

Hyperion 数据预处理无效波段剔除、去除坏线、smile 效应去除等过程,最终得到 198 个波段,在充分分析统计各波段的信息后,采用最佳波段指数方法筛选出用于分类的最佳波段组合。最佳波段指数的数学模型由美国科学家 Chavez<sup>[9]</sup> 最早提出,具体实现过程是通过波段组合的信息量和波段间的相关系数和之比,目的是选取出信息量大并且相关性小的波段组合。其数学计算公式为:

$$OIF = \sum_{i=b_1}^{b_3} s_i / \sum_{i,j=b_1}^{b_3} s_i |R_{ij}| ; b_1, b_2, b_3 \in (1, 2, 3, \dots, n); \quad (1)$$

式中,  $s_i$  代表第  $i$  波段的标准差,  $R_{ij}$  表示第  $i$  波段和第  $j$  波段的相关系数。

标准差越大表示该波段所含有的信息量越大,而波段间的相关系数越小,代表着波段之间相互独立性越好、信息冗余度越低。由公式(1)可知,最佳指数因子 OIF 值越大的波段组合,理论上所含有的总信息量就越大,得到的波段组合越具代表性。

由于最佳指数法的运算量较大,不利于高光谱数据的计算。因此,本实验采用极值最佳指数法<sup>[10]</sup>,首先对整体数据进行初步筛选,再进行最佳

指数因子的运算,继而求出最佳波段组合。该过程主要使用信息量法、相关系数法和最佳指数法等常规波段选择方法对 Hyperion 数据的 198 个波段进行筛选。按照信息量的大小设定一个阈值,提取信息量大于该阈值的波段,计算波段间的协方差以及相关系数,依照协方差大、相关系数小的原则,确定波段数目,然后计算不同组合波段的最佳指数 OIF,选择 OIF 最大的波段组合,最终确定的最佳波段为第 14、21、31、45、90 波段等共 20 个波段。

Hyperion 高光谱影像由于受到大气和云的影响,对其数据应用处理造成干扰,通过对云和云阴影区域进行掩模提取,使未被云及阴影覆盖的区域能够继续为影像其他相关研究和后期处理做出贡献。选取一景覆盖云南省西北部香格里拉市上空的 Hyperion 高光谱影像作为数据源,进行云和云阴影区域的掩模构建分析。

### 2.2 云和云阴影的光谱分析

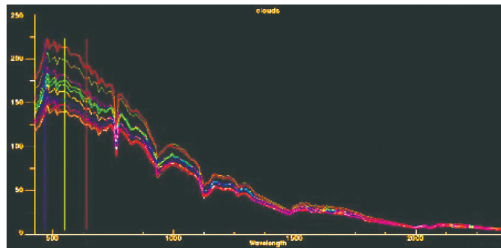
云和云阴影的存在,降低了 Hyperion 高光谱数据影像的有效利用率,如图 2 所示,影像的部分地被云层遮挡,导致地面信息缺失,由此对云和云阴影建立掩模文件,尽量消除其对影像解译处理带来的障碍,以期提高 Hyperion 影像的有效利用率。



图 2 Hyperion 真彩色合成影像  
Fig. 2 Hyperion true color synthetic image

利用 ENVI 5.3 软件提取了云、云阴影以及裸地、植被等地面物体的光谱曲线。图 3 为云、植被、裸地和阴影的波谱曲线。

从图 3 可以看出,在可见光波段中云的光谱曲线明显区别于云阴影和其他地物的光谱曲线,因此



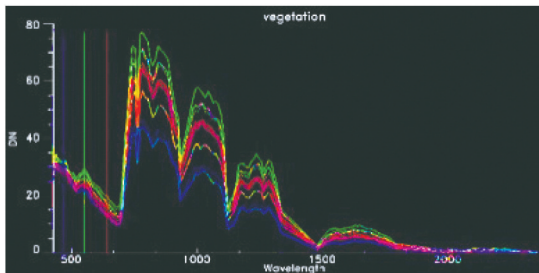
(a) 云

(a) clouds



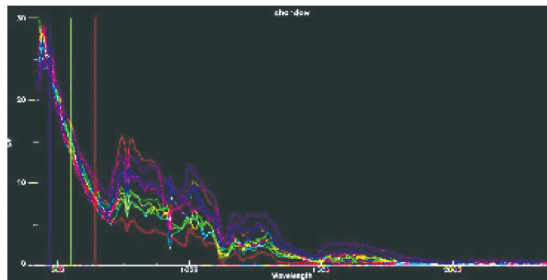
(b) 裸地

(b) bare land



(c) 植被

(c) vegetation



(d) 阴影

(d) shadow

图 3 云、植被、裸地和阴影光谱曲线

Fig. 3 Spectral curves of clouds, vegetation, bare land and shadow

云在影像上很容易被区分出来。云、云阴影、裸地和植被的光谱曲线在热红外波段均不具备可分性,几乎没有区别。将云、云阴影、裸地和植被等 4 种地物

类型各取 800 个样本,分析各类地物在 20 个波段上的光谱曲线范围。主要结论是:云在可见光波段上与其他 3 种类型地物都有着明显的可分性,其他地物类型与云阴影在近红外波段上具有一定的可分性,由于云阴影与地面物体存在不同程度的重叠,其光谱特征产生混合现象,因而云阴影与地面物体的光谱曲线没有较明显的区别。

### 2.3 随机森林算法

#### 2.3.1 决策树分类方法

决策树主要有 ID3, C4.5, CART 3 种构建算法,其中 ID3 算法由 Quiulan<sup>[11]</sup> 最早提出,以数据集当中每个属性的信息增益为依据,每次以信息增益最高者作为根结点进行划分,重复该过程,直至确定所有结点,从而建立一个能够分类训练样本的决策树。

CART 决策树是一种基于树的分类和预测方法,模型建立简明易懂,其原理是通过递归分区来实现训练样本的分割,在每个分类节点处最大限度地降低不纯度。根据研究区 4 种地物在各波段上的反射值范围,在 ENVI 5.3 软件中构造了图 4 所示的决策树,利用 B21, B139 波段以及 NDVI 数据来构造决策树,并在实现过程中修剪完善了决策树,其中各个节点处的阈值由样本光谱曲线分析总结得到。

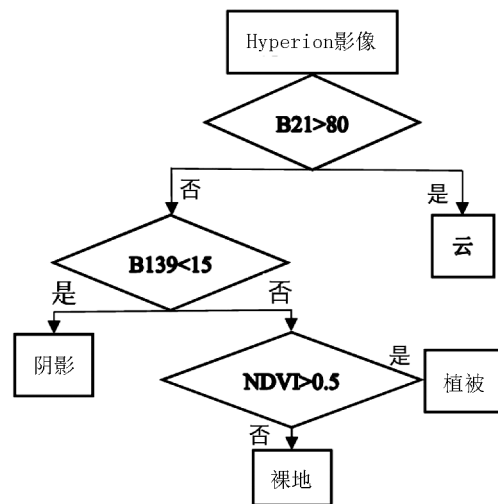


图 4 决策树分类器示意

Fig. 4 Schematic of decision tree classifier

在数值实验中发现,有部分颜色较深的绿色植被被误分类为云阴影,同时,也有部分山体阴影被分为云阴影。出现这种情况的原因是因为云阴影与其他地物类型在某些波段上的区分度不高,而人为选择的阈值缺乏合理性而影响了对这几种地物类型的

区分。为了避免这种人为选取阈值带来的误差,本文选用随机森林( random forests, RF) 分类方法来建立云和云阴影的掩模。

### 2.3.2 随机森林算法

随机森林是以相互独立的决策树分类器为基础的一种由多个决策树集成的算法。首先需要训练多个决策树,建立决策树分类模型,然后综合多个分类结果进行投票,选取票数最高者进行分类。如图 5 所示为随机森林算法分类器模型的建立过程。

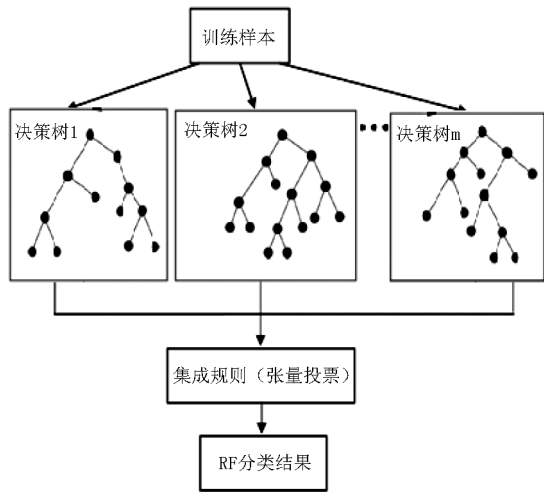


图 5 随机森林算法示意

Fig. 5 Schematic of random forest algorithm

随机森林算法使用了 CART 决策树作为弱学习器,通过随机选择节点上的一部分样本特征,得到一个最优的特征来做决策树的左右子树划分。对训练样本进行随机采样,用得到的采样集训练 m 个决策树模型,由于样本训练过程是相互独立的,为了提高运算效率,采用并行方法生成每个决策树。随机森林模型中每一棵树以二叉树的形式进行分类,生成二叉树的过程遵循自上向下的递归分裂原则,将生成得到的 m 棵决策树组成随机森林,用随机森林算法集成规则对新产生的数据进行分类判断,最终分类结果依据决策树分类器的投票数量多少来定。

随机森林算法的优势是样本训练过程可以高度并行化,可用于快速训练大样本数据,并且每棵决策树节点划分特征是随机选择的,可以应用于高维特征的样本训练<sup>[11]</sup>。此外,随机森林算法在样本训练结束后还可以给出各个特征的重要性和相关性。

## 3 结果与分析

本次试验数据为经过预处理和波段筛选的 Hyperion 影像,在充分论证分析研究区主要地表类型以及光谱反射特征之后,采用随机森林算法和决策树方法分别提取了 Hyperion 影像云和云阴影信息,样本数量共计 800 个像元。首先,从 800 个像元中随机选取 500 个像元作为训练样本,剩余 300 个像元作为检验样本。对随机森林和决策树这 2 种分类器进行训练后,采用交互验证法分别对检验样本进行分类。对分类结果进行精度评价,得到 2 种分类器的混淆矩阵(表 1,表 2)。

表 1 随机森林分类结果混淆矩阵

Tab. 1 Confusion matrix for the results of random forest classification

类别	云	阴影	裸地	植被	总计	用户精度/%
云	37				37	100
阴影		56		2	58	97
裸地			32		32	100
植被		1		172	173	99
总计	37	57	32	174	300	
制图精度/%	100	98	100	99		
总体精度/%		98.86				Kappa = 95.12

表 2 决策树分类结果混淆矩阵

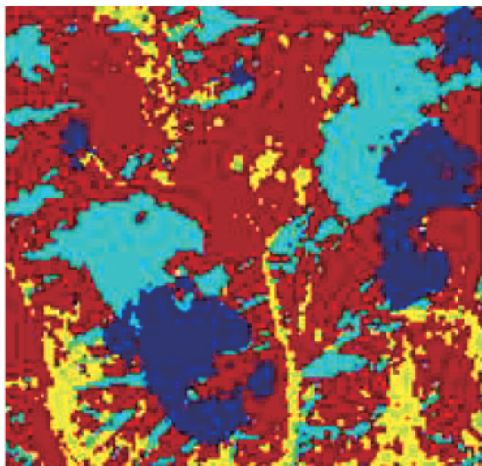
Tab. 2 Confusion matrix for the results of decision tree classification

类别	云	阴影	裸地	植被	总计	用户精度/%
云	37				37	100
阴影		56		3	59	95
裸地			32		32	100
植被		1		171	172	99
总计	37	57	32	174	300	
制图精度/%	100	98	100	99		
总体精度/%		96.36				Kappa = 94.27

从表 1 和表 2 混淆矩阵可以看出,随机森林分类的总体精度略高于决策树分类的总体精度,二者的 Kappa 系数差别不大。两种分类器都能够准确区

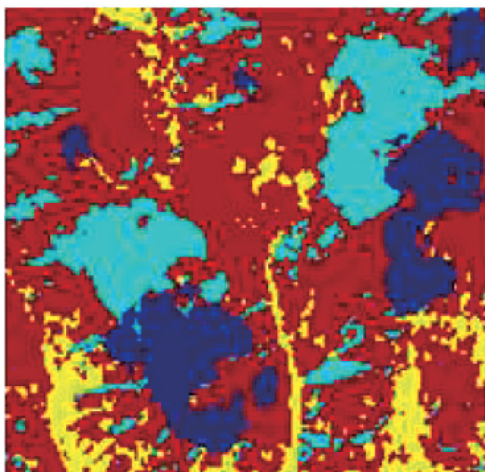
分云和其他地物类型,因为云的光谱特征明显区别于其他地物及云阴影。从分类效果来看,仍然有个别像元被误判为其他地物类型,由表 2 可知决策树分类器误判较为严重,这也说明在应对光谱特征极为相似的不同地物时,随机森林分类器具有更强的区分能力。由于随机森林分类采用并行化训练,无需人为设置阈值,运算效率更高,对影像信息分类提取速度比决策树分类器更快。

经过多次反复试验,最终选择训练样本容量为 500,以保证 2 种算法有较高的分类提取精度。对随机森林分类器和决策树分类器进行训练,然后应用于研究区域,得到云和云阴影的掩模(图 6)。



(a) 决策树分类结果

(a) Classification result of decision tree



(b) 随机森林分类结果

(b) classification results of random forest

■ 植被 ■ 裸地 ■ 阴影 ■ 云

图 6 2 种分类器提取结果

Fig. 6 Extraction results of two classifiers

从图 6 分类结果可以看出,2 种算法均可将云和云阴影分离出来,范围较大的裸地也能被区分出来,总体上有以下特点:在右侧和上侧,决策树分类器把部分植被误判为云,随机森林算法将其正确地分类为其他地物;对比可以看出,决策树分类结果中有小部分其他像元被误判为云阴影,这种现象在随机森林分类结果中相对较少。这说明了决策树仅靠单一的决策规则在面向极为相似的光谱特征时区分能力不高,而在随机森林分类器所提取分类结果中明显改善了误分类现象。

从上述结果分析可以看出,选择训练样本的机制和方法对算法的精度评价和分类提取结果有着举足轻重的影响。由于随机森林算法综合了多棵决策树的结果,并且训练样本的抽取和训练决策树的过程都是随机进行的,最终分类结果由投票决定,这种思路和理论使得随机森林分类方法更具综合性和优越性,分类结果更贴近地面真实情况。

#### 4 结论

1) 高光谱影像中云及云阴影的出现为影像解译与应用带来了很大障碍。快速有效地建立云及云阴影掩模,防止无效像元参与数据运算和分析,这是遥感影像应用必须面对的重要问题之一。由于传统决策树仅依靠单一阈值建立分类规则,在面临波谱曲线极为相似的不同地物时,分类提取效果并不能令人满意,因此本文研究分析了利用随机森林算法构建云和阴影的掩模。随机森林算法建立在多个决策树分类器结果的基础上,可以较好地综合最优决策树分类结果,避免单一决策树分类器带来的误分类现象。

2) 随机森林分类器能有效区分一部分光谱表现极为相似的云阴影和地面植被,并且建立相应的掩模,相对于决策树分类而言,随机森林算法是一种进步和升级。然而云阴影与地物具有相似的光谱特征,这是由于两者存在不同程度的重叠,致使混合光谱特征出现。部分被轻微遮盖的地物容易被误分类为云阴影,混合像元的存在使得云和云阴影提取难度增大,如何利用混合像元分解技术更精确地进行分类提取是今后需要深入研究的内容之一。

3) 采用随机森林算法在提取 Hyperion 影像云和云阴影方面效果令人满意,但还需要考察其稳健性、针对不同类型的云层时的适用性等问题。我国

(下转第 39 页)

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2018.03.004

## 广东省主要乡土阔叶树种生物量模型研建思路与框架

徐期瑚 薛春泉 罗勇 林丽平 黄宁辉

(广东省林业调查规划院,广东 广州 510520)

**摘要:**从乡土阔叶树种生物量模型研究意义出发,提出建立广东省主要乡土阔叶树种生物量模型的思路与框架;确定以 9 个乡土阔叶树种为建模对象,共划分为 9 个广东生物量建模总体,每个总体建模样本单元数为 90 株,其中采伐树根 40 株,树干解析样本 40 株;建模样本的构成是在 10 个径阶平均分配 60 株的基础上,30 株考虑样木的产地因素,根据广东省森林资源连续清查样地中样木各径阶的株数比例确定产地及径阶的分配株数;提出适合广东省生物量建模的外业调查及采样方法、内业实验测定方法以及建模技术方法。

**关键词:**乡土阔叶树种;生物量模型;建模思路框架;建模总体;建模样本;外业调查;内业实验测定;广东省

中图分类号:S718.556;S711 文献标识码:A 文章编号:1671-3168(2018)03-0016-06

### Concept and Framework of Biomass Models for Main Local Broad-leaved Tree Species in Guangdong

XU Qihu, XUE Chunquan, LUO Yong, LIN Liping, HUANG Ninghui

(Guangdong Institute of Forestry Inventory and Planning, Guangzhou 510520, China)

**Abstract:** The concept and framework of the biomass model for main local broad-leaved species in Guangdong were put forward due to the significance of the model. 9 local broad-leaved tree species were used as modeling objects, which were divided into 9 biomass modeling population. The number of elements for each population was 90, among them, 40 roots were logging and another 40 were stem analysis. 60 trees of the modeling sample were based on the average allocation of 10 diameters, and another 30 trees were based on the origin, which were both determined by the trees proportion of each diameter class in Guangdong continuous resource inventory. In this paper, the methods of field investigation, sampling, internal test and modeling technology for the biomass model in Guangdong were proposed.

**Key words:** local broad-leaved tree species; biomass model; modeling concept and framework; modeling population; modeling samples; field investigation; internal test

森林作为陆地生态系统的主体,也是陆地生态系统中最大的碳库<sup>[1]</sup>,储存了陆地生态系统 76%~

98%的有机碳,其地上部分碳库和土壤碳库分别占全球地上部分碳库和土壤碳库的 80%和 70%<sup>[2-3]</sup>,

收稿日期:2018-01-04.

基金项目:广东省林业科技专项“广东主要碳汇造林树种生物量模型研建”(2015-02);广东省林业科技创新平台建设项目“广东省碳汇计量监测创新平台建设”(2016CXPT03).

作者简介:徐期瑚(1973-),男,湖北监利人,高级工程师.主要从事森林生态监测、林业碳汇计量监测及林业生态规划工作.

森林生态系统在调节全球碳平衡、减缓大气温室气体浓度上升等方面具有不可替代的作用<sup>[4-5]</sup>。森林生物量指某一时间和空间范围内森林生态系统现存有机物总量,它是评价森林植物群落生产力高低以及潜在生产力大小的重要指标,是评价森林碳循环贡献的基础<sup>[6-7]</sup>。生物量能直接反映森林植被固碳现状,碳积累速度则反映了森林生态系统碳汇潜力。近几十年来,为了对森林生态系统在全球大气中碳源与碳汇的作用进行科学评价,有关专家学者逐渐开始研究森林生态系统潜在的生物量以及其动态变化的过程。开展不同树种、不同尺度森林生物量研究的主要方法就是建立生物量模型。建立精确的森林生物量模型不仅是制定森林植被生物量的计量标准,更是评价森林生产力、森林质量与森林固碳释氧能力的基础依据。

从20世纪90年代以来,国内关于森林生物量建模方面的研究很多,在森林生物量与生产力研究领域取得诸多成果,已经建立了多个树种的生物量模型<sup>[8-12]</sup>,由于受立地、树种、气候、经营措施等因素的综合影响,即使相同树种在不同区域的生物量也存在一定的差异,建立区域主要树种立木生物量模型可提高区域生物量估测的准确性。此外,国内对生物量模型的研究主要集中于杉木、马尾松、湿地松、桉树等人工林,总体上是研究人工林多、天然林少,研究针叶林多、阔叶林少,特别是针对以南方乡土阔叶树种为主体的天然林生物量模型研究更是较少见诸报道。本文以广东主要乡土阔叶树种为研究对象,提出省级区域的生物量模型研究思路和框架,研究成果可为区域级森林生物量建模工作提供借鉴和参考。

## 1 研究意义

广东地带性森林植被的主要类型为中亚热带常绿阔叶林、南亚热带常绿阔叶林和少量热带季雨林,主要乡土阔叶树种如樟树、木荷、红锥等,本身就是典型地带性植被树种,在广东有大量分布,是广东山地植被中重要的建群树种。开展主要乡土树种生物量模型研究,了解这些主要乡土阔叶树种在广东的分布规律及生长过程,分析研究其碳分布现状和发展趋势,对探索广东森林碳汇潜力及碳动态变化规律具有十分重要的意义。

在国家层面上,全国大区域范围内的生物量模型,在计算具体到广东区域的生物量及所产生的碳汇量,仍有较大误差,因此,开展主要乡土阔叶树种

的生物量模型研究,建立适合广东区域范围内的森林生物量模型,为广东森林碳汇计量提供较为精确的模型,是广东森林碳汇宏观监测的客观要求。

广东长隆碳汇造林项目在进行碳汇计量的过程中,由于没有广东本地的碳汇造林树种的生物量模型,而借用其它省份的生物量模型,可能导致所计量的碳汇量与实际有一定误差。因此,开展主要乡土阔叶树种的生物量模型研究,采用广东本地的生物量模型是解决碳汇计量误差最直接有效的途径。

2012年以来,广东全省大力推进以消灭宜林荒山,改造残次林、纯松林和布局不合理桉树林为重点的碳汇造林工作,主要造林树种为樟树、木荷、枫香、红锥等乡土阔叶树种。截至2015年,全省已完成碳汇造林58.0万 $\text{hm}^2$ ,建立适合广东的主要乡土阔叶树种的生物量模型,是精确计量广东省森林碳汇重点生态工程碳汇量的迫切需求。

## 2 建模思路框架

生物量建模总体框架包括4个方面内容:1)确定建模总体及取样方法;2)进行外业调查及采样;3)进行内业实验测定;4)建立模型及模型应用。

广东主要乡土阔叶树种生物量建模思路及技术路线(图1)为:在调查的基础上,采用单株伐倒法分径阶每个树种采集90株样木,进行含水率、含碳率以及树干年轮分析实验,建立主要乡土阔叶树种的生物量模型及生物量生长模型,研究各树种的BEF值、有机碳含率以及生物量的变化及分布规律,为广东林业碳汇计量提供基础的参数和模型。同时,结合广东各类森林资源调查数据以及森林碳汇重点生态工程数据,估算省级区域主要乡土阔叶树种的碳储量及全省森林碳汇重点生态工程的碳汇量,进而研究广东省主要乡土阔叶树种的碳储量分布规律和碳汇潜力,为广东林业碳汇交易提供技术支撑,同时也为全国林业碳汇计量监测体系建设提供经验和借鉴。

## 3 建模总体与取样方法

### 3.1 建模总体

不同尺度生物量估计的方程,其建模总体的划分是不同的,但基本上都是先考虑树种或树种组,然后考虑年龄和立地等因素。对于大尺度范围生物量的估计,一般都是按树种或树种组划分建模总体;对于小尺度或局部范围的生物量估测,还要考虑立地

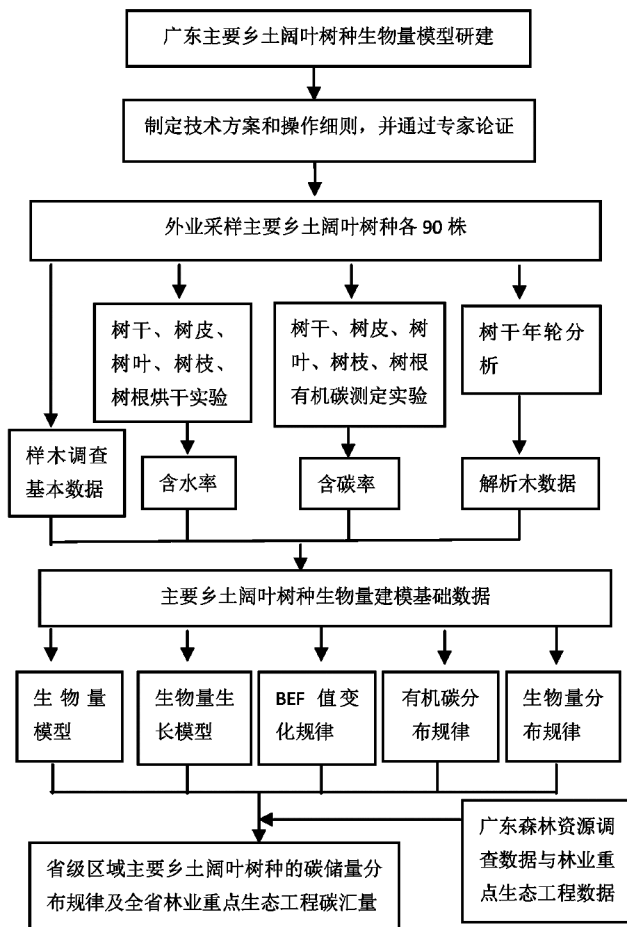


图 1 广东主要乡土阔叶树种生物量建模技术路线  
Fig. 1 Technical route of biomass model for main local broad-leaved species in Guangdong

和龄组等因素<sup>[13]</sup>, 为此, 广东主要乡土阔叶树种生物量模型以各树种为总体来建模。广东乡土阔叶树种种类繁多, 不可能把所有的树种都进行建模, 因此优先选择蓄积量大、分布广、造林使用多的乡土阔叶树种进行建模。

从全国森林蓄积量排名前 30 位的树种组成 (表 1) 来看, 蓄积量较大树种在广东主要分布有杉木、马尾松、木荷、枫香、湿地松、桉树、樟树等 7 个树种, 其中乡土阔叶树种主要为木荷、枫香、樟树。从 2012 年国家森林资源连续清查广东复查 (以下简称“广东连清”) 样地样木数据中各树种蓄积及株数统计情况 (表 2) 来看, 前 16 位树种除马尾松、杉木、尾叶桉、湿地松外, 还有红锥、华润楠、青冈、鸭脚木、罗浮锥、华南锥、樟树、黧蒴、山乌柏等乡土阔叶树种。广东主要乡土树种生物量建模树种选择除考虑蓄积量及株数分布情况外, 还考虑到广东碳汇造林的树种情况, 山地造林树种中枫香、火力楠、千年桐

表 1 全国森林蓄积量中排名前 30 位的各树种 (组) 林木蓄积量构成<sup>[14]</sup>

Tab. 1 Volume of the top 30 tree species in national forest stock volume

序号	树种 (组)	蓄积/亿 m <sup>3</sup>	比例/%
1	栎类	15.59	11.70
2	冷杉	12.47	9.36
3	云杉	11.20	8.41
4	桦木	11.13	8.35
5	落叶松	9.73	7.30
6	杉木	8.30	6.23
7	马尾松	7.64	5.74
8	杨树	6.72	5.05
9	云南松	5.26	3.95
10	高山松	3.80	2.85
11	椴树	2.10	1.58
12	柏木	1.77	1.33
13	水胡黄	1.50	1.12
14	木荷	1.12	0.84
15	油松	1.11	0.83
16	红松	0.87	0.66
17	榆树	0.82	0.61
18	思茅松	0.79	0.59
19	华山松	0.76	0.57
20	铁杉	0.74	0.56
21	樟子松	0.70	0.53
22	枫香	0.52	0.39
23	湿地松	0.51	0.38
24	柳树	0.45	0.33
25	桉树	0.44	0.33
26	柳杉	0.36	0.27
27	樟木	0.25	0.18
28	油杉	0.24	0.18
29	泡桐	0.15	0.11
30	檫木	0.12	0.09

注: 水胡黄是指东北的 3 个珍贵阔叶树种水曲柳、胡桃楸和黄菠萝。

使用较多, 沿海防护林造林中大叶相思、木麻黄使用较多。综合考虑, 广东主要乡土树种生物量模型选择樟树、木荷、枫香、红锥、黧蒴、火力楠、大叶相思、木麻黄、千年桐等 9 个树种为总体进行建模。

### 3.2 取样方法

采用单株伐倒法进行取样, 每个建样树种按 10 个径阶区间选取 90 株样木作为建模总体, 不另外采



表2 2012年广东连清样地样木中排名前16位各树种(组)蓄积及株数统计

Tab. 2 Volume and trees of the top 16 species in Guangdong continuous resource inventory

序号	树种	蓄积/m <sup>3</sup>	株数/株
1	马尾松	822.59	9197
2	杉木	713.29	14426
3	尾叶桉	685.63	15554
4	木荷	363.14	6595
5	红锥	252.04	3329
6	湿地松	207.58	3197
7	华润楠	129.63	2230
8	青冈	121.33	2012
9	鸭脚木	110.90	2278
10	其它软阔	101.70	939
11	罗浮锥	83.83	834
12	华南锥	68.77	740
13	其它硬阔	61.31	943
14	樟树	59.37	790
15	黧蒴	55.38	1264
16	山乌柏	54.99	1265

集检验样本,采集检验样本合并并在总体样木内。10个径阶区间的胸径分别为:1)2 cm 径阶(1.5~2.5 cm);2)4 cm 径阶(3.5~4.5 cm);3)6 cm 径阶(5.5~6.5 cm);4)8 cm 径阶(7.5~8.5 cm);5)12 cm 径阶(11.0~13.0 cm);6)16 cm 径阶(15.0~17.0 cm);7)20 cm 径阶(19.0~21.0 cm);8)26 cm 径阶(25.0~27.0 cm);9)32 cm 径阶(31.0~33.0 cm);10)38 cm 径阶(38.0 cm 以上)。

主要乡土阔叶树种生物量建模以2012年广东连清样地中乡土阔叶树种的产地分布为基础,根据样地内各树种样木数的比例,确定采集样本数量、径阶大小及位置。在样木选取时,同时考虑立地条件、高径比等因素。

### 3.3 样本构成

生物量建模样木每个树种采集90株,其中60株按10个径阶平均分布,每个径阶6株。另外30株考虑2012年国家森林资源连续清查样木数的比例分配。根据连清各树种样木大小和数量,确定各径阶的分配株数。

建模样本采伐树根40株,伐根样木按各径阶采样株数比例确定伐根样木数,再根据各产地分布数

量确定伐根地理位置;进行树干解析样木40株,按径阶从大到小确定解析木。样木采集尽量覆盖到全部产地。

## 4 外业调查及采样

### 4.1 外业数据调查采集

#### 4.1.1 样本采集地点基本情况调查

采样地点基本情况调查内容包括:样本编号、采样地点、地理位置 GPS 坐标、地形地势(海拔、坡向、坡位、坡度),土壤(土类名称、土层厚度、腐质层厚度、枯落物厚度)、地类、植被类型、植被总覆盖度、群落名称、优势树种、平均年龄、龄组、平均胸径(地径)、平均高度、起源、林种、郁闭度、灌木盖度、草本盖度、采集单位、采集人、采集日期。基本情况调查由专业技术人员根据采样地点的实际进行调查填写。

#### 4.1.2 样木生长情况调查

样木生长情况调查内容主要有:树种、起源、胸径、地径、树高、枝下高、冠幅(包括南北向、东西向)、年龄等。树种、起源、胸径、地径、树高、枝下高、冠幅等因子根据实地调查测量的情况进行数据填写。年龄的填写包含2部分,进行解析木采样的,树干年轮分析0号盘(0.3 m)处的年轮数即为该样木的年龄;对于没有进行解析木采样的,根据观测样木伐倒后伐桩(0.1 m)上的年轮数,结合调查样木种植年限,推测样木年龄。

### 4.2 样木鲜重测量及样品采集方法

建模样本采集方法国内已有学者进行了专题研究并建立了行业标准<sup>[15]</sup>,本研究主要依据《立木生物量建模样本采集技术规程》(LY/T2259-2014)进行外业采样。采样的主要内容包括:样木鲜重测量、样品采集和解析木圆盘取样。

#### 4.2.1 样木鲜重测量

树干鲜重测量:砍掉全部枝条称树干鲜重。称重前先测量树干直径,根据树高将树干分为11个区分段,分别测定各个区分段(0、0.5/10、1/10、2/10、3/10、...、9/10树高)的带皮直径和皮厚。大径阶样木则分段称重,样木分成上(>5/10树高)、中(2/10~5/10树高)、下(0~2/10树高)3个部分,分别称取各部分鲜重;对于小径阶样木,则一次性称取整个树干的重量。

树枝鲜重测量:将全部树枝从树干上砍下,将树冠分上、中、下3层。先将死枝挑选出来,称其重量;之后分别称取各层带叶活枝(含花、果)的鲜重;再

从每一层枝条中选取 3 个标准枝并摘叶,分别称其枝重和叶重,然后再根据每层标准枝鲜重的枝、叶比例和各层枝叶总鲜重,推算每层及全部树冠的枝、叶鲜重。

**树根鲜重测量:**采取全挖法测样木树根鲜重。将全部树根挖出,分根茎(主根)、粗根( $\geq 10$  mm)、细根( $< 10$  mm)称其鲜重。如果少量树根确实难以全部挖出的,采用相同横断面树根来代替,或按横断面比例作为系数进行推算。大径级(胸径 $\geq 30$  cm)样木的细根测定,可采用 2 分法或 4 分法,通过 1/2 或 1/4 范围内挖取细根数量按比例进行推算。

#### 4.2.2 样品采集

**树干样品采集方法:**在 1/10、3.5/10、7/10 树高处上下各锯取 2 个 5 cm 厚圆盘,重量 500 g 以上;树干过大(直径 $\geq 30$  cm)时只在下侧锯 1 个圆盘,再截取角度 30° 以上的 2 个扇形块。准确测定每个圆盘或扇形块的鲜重,再将其剥皮后称树皮鲜重。

**树冠样品采集方法:**每层标准枝选取有代表性的树枝样品 500 g 以上称鲜重;先将各层标准枝上的树叶进行混合,再选取树叶样品 500 g 以上称鲜重;在死枝中选取有代表性的死枝样品 500 g 以上称重量。对于小径阶样木,如果样木树枝数量较少,则不分层取样,一般样品重量要求 300 g 以上,不足 300 g 的则全部取样。

**树根样品采集方法:**根茎、粗根、细根各选取 500g 以上有代表性样品,称其鲜重。

#### 4.2.3 解析木圆盘取样

树干解析木调查分为自上坡面与干基交接处起至最长末端为树梢,分段方式依树干解析方式分段,即 0.3 m(0 号盘),1.3 m(1 号盘)及 3.3 m(2 号盘)…,以上继续以 2 m 为长度分段,以此类推直至尾端长度不足 2 m 但大于 1 m 则加以 1 m 分段,各取一个圆盘,树干解析的取样数量要根据伐倒木的长度来确定,根据采伐木树干上北向标记,在每个圆盘上进行标注北向。

## 5 内业实验测定

实验测定每株样木干、皮、叶、枝、根各个样品湿重、干重,分析样木各部位的含水率、含碳率,并进行树干解析。

### 5.1 含水率测定

含水率测定方法是将样品置于烘箱内烘干至恒重,再根据样品的干鲜重得到含水率。具体操作为:将外业样品按顺序分批放入烘箱,先在 85℃ 恒温下

烘 24 h 进行第一次称重,然后 85℃ 恒温继续烘烤,每隔 2 h 称重 1 次,当最近 2 次重量相对误差 $\leq 1.0\%$ 时停止烘烤,将样品取出冷却至室温再称干重。含水率计算公式为  $P\% = (1 - \text{干重}/\text{鲜重}) \times 100\%$ 。

### 5.2 含碳率测定

采用重铬酸钾—硫酸氧化法(湿烧法)对样品含碳率进行测定,具体原理为:加热条件下使用一定量的重铬酸钾—硫酸混合液氧化样品中的有机碳,然后采用硫酸亚铁滴定法对体系中剩余的重铬酸钾进行滴定,根据反应前后氧化剂的消耗量计算有机碳含量。

取已经烘干至恒重的样品进行粉碎,过 60 目筛(0.25 mm)后装在密封袋内,放于干燥器里储存待测。对木材上、木材中、木材下、树皮中、树枝中、树叶、根茎、粗根、细根 9 类样品,分别选取有代表性的样品约 1/5(不少于 20 g),粗粉碎后按四分法再取约 1/4 样品研磨并混合均匀,称取约 30 mg(精确到 0.01 mg)进行有机碳元素含量试样测定。每个样品做 3 次重复,取其平均值作为样品的含碳率;若平均相对误差超出了 $\pm 2\%$ ,则加做 1 次重复,取相差最近的 3 次测定结果的平均值作为样品的含碳率。

### 5.3 解析木年轮分析

外业采集的解析木圆盘要先进行刨光,对经刨光和标记南北向的圆盘样品,用砂轮将每个圆盘工作面磨平后,使用 WinDENDRO 软件对主要乡土阔叶树种样木进行年轮数的计数以及对树皮和每个年轮宽度进行测量,以便后期计算样木胸径、树高和材积生长量。

## 6 建立模型及应用

### 6.1 数据处理

在建模前,对已经外业调查采集的数据以及内业实验数据,依据《立木生物量建模方法技术规程》(LY/T2258-2014)进行数据处理,计算样木各部位的材积、生物量、密度。将外业、内业、计算数据汇总成一张表,内容包括:样木编号、树种、起源、胸径、地径、树高、枝下高、东西向冠幅、南北向冠幅、冠长、年龄、带皮材积、去皮材积,木材生物量(分上、中、下)、树皮生物量(分上、中、下)、树枝生物量(分上、中、下)、树叶生物量、死枝生物量、地上生物量、地下生物量(根茎、粗根、细根)、全树生物量、树干密度、木材密度等。另外,还需对外业调查及实验测定的数据进行异常数据检查。

## 6.2 拟合模型

立木生物量模型的拟合包括模型形式的确定和参数估计方法的选择,有关生物量模型的方程很多,要求选取国内外应用较为广泛的生长方程对年龄、胸径、树高、材积以及生物量的生长过程进行拟合。建立相应模型,并采用相关指数对模型的拟合效果进行检验,以评价模型是否达到预定要求。同时,利用检验样本进行检测,评估模型效果,以确保达到模型估计精度要求。

## 6.3 模型应用

主要乡土阔叶树种的生物量模型将会应用到广东林业碳汇计量监测工作中。各个树种的生物量模型将直接应用到各项目级碳汇造林(如林业 CCER 项目,香港马会东江源碳汇造林项目等)的碳汇计量及监测中;同时结合广东省森林碳汇重点生态工程造林基础数据估算工程碳汇量。此外,利用多期广东连清数据(“一类”调查数据)以及广东省森林资源规划设计调查数据(“二类”调查数据),对广东省省级区域生物量和碳储量进行估算与评价,探索广东森林植被碳汇潜力及碳动态变化规律。

## 7 讨论

建立立木生物量模型,首先要明确建模的总体单元数,一般认为,区域级建模要求达到大样本单元数(50株)以上。关于建模总体单元数取多少合适,国内研究尚无定论。国内曾伟生等<sup>[13]</sup>在全国立木生物量建模总体划分中提出建模单元数应该在150株以上,采伐树根样本数应该在50株以上(达到大样本的要求),采伐树根样本数达到总样本株数的1/3。贺东北等<sup>[16]</sup>通过对通用性二元立木材积模型建模样本的研究认为,总样本量不少于150株所构成的建模样本,是保证模型具有广泛适用性的高效样本。但也有学者有不同研究结论,如 MacDicken<sup>[17]</sup>认为,建立一个区域性的生物量模型,仅需30~100株样本,如果样本按径阶均匀分配,选取30株样本就足够了。为了提高模型的精度,当然是样本量越多越好,但传统的生物量建模属于破坏性取样,会对现有阔叶林造成一定程度的破坏,笔者认为在能够满足模型精度要求前提下,选择30~100株样本是恰当的,并且考虑到本研究属于省级区域性的建模,有别于全国大区域范围建模。因此最终确定本研究总样本单元数为90株,采伐树根样本数为40株,虽然比全国生物量建模要求的总样本量150株及树根采伐样本量50株少,但已经达到区域级大

样本量要求,树根采伐比例为总株数的4/9,也高于全国建模比例1/3的要求。

建模样本的构成,一般要求所选样木尽量覆盖整个直径分布范围,并且各个径阶样本数相等或近似相等<sup>[15,17,18]</sup>,曾伟生等<sup>[13]</sup>在全国生物量建模总体构成中,要求150株样本单元按10个径阶平均分配,每个径阶15株。本研究中,90株总样本单元数,60株按10个径阶平均分配,另外30株考虑样木的产地因素,根据广东连清样地中样木各径阶的株数比例确定产地及径阶的分配株数。因此,笔者认为:本研究建模样本的构成除满足按径阶平均分配的要求外,还增加了产地径阶构成因素,更符合广东生物量建模样木分布的实际。

## 参考文献:

- [1] 李海奎,雷渊才,曾伟生. 基于森林清查资料的中国森林植被碳储量[J]. 林业科学,2011,47(7):7-12.
- [2] SUNDQUIST E T. The global carbon dioxide budget [J]. Science,1993,259(5103):934-941.
- [3] 方精云,陈安. 中国森林植被碳库的动态变化及其意义[J]. 植物学报,2001,26(9):967-973.
- [4] WOODWELL G M, WHITTACKER R H, REINERS W A, et al. The biota and the world carbon budget [J]. Science, 1978,199(4325):141-146.
- [5] LAL R. Forest soils and carbon sequestration [J]. Forest Ecology and Management,2005,220(1):242-258.
- [6] HOUGHTON R A. Aboveground forest biomass and the global carbon balance [J]. Global Change Biology, 2005, 11(6):945-958.
- [7] WOODBURY P B, SMITH J E, Heath L S. Carbon sequestration in the U. S. forest sector from 1990 to 2010 [J]. Forest Ecology and Management,2007,241(1):14-27.
- [8] 曾伟生,肖前辉,胡觉,等. 中国南方马尾松立木生物量模型研建[J]. 中南林业科技大学学报,2010,30(5):50-56.
- [9] 金钟跃,贾炜玮,刘微. 落叶松人工林生物量模型研究[J]. 植物研究,2010,30(6):747-752.
- [10] 汪珍川,杜虎,宋同清,等. 广西主要树种(组)异速生长模型及森林生物量特征[J]. 生态学报,2015,35(13):4463-4472.
- [11] 曾伟生,姚顺彬,肖前辉. 中国湿地松立木生物量方程的研建[J]. 中南林业科技大学学报,2015,35(1):8-13.
- [12] 冉啟香,邓华锋,黄国胜,等. 云南松地上生物量模型研究[J]. 浙江农林大学学报,2016,33(4):605-611.
- [13] 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.

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2018.03.005

## 基于 X 波段极化干涉 SAR 数据的思茅松林冠层高度反演

陈子怡 章皖秋 岳彩荣

(西南林业大学林学院, 云南 昆明 650224)

**摘要:**极化干涉 SAR 数据在森林冠层高度反演的应用是 SAR 领域的研究热点。经典的三阶段冠层高度反演算法对体相干系数的解算存在着一定的误差。为提高冠层高度反演的精度,在经典三阶段算法的基础上提出一种基于相位不变原则的三阶段改进算法,并结合相干优化来提高冠层高度反演精度。通过采用星载 TanDEM-X 全极化干涉数据实现普洱地区思茅松林冠层高度的反演,并结合实测数据进行精度检验。结果表明,改进后的三阶段算法能够较为准确地反演森林冠层高度。

**关键词:**极化干涉;合成孔径雷达(SAR);森林冠层高度;三阶段算法;RVoG 模型;树高反演

中图分类号:S771.8;S791.25911;S758.54 文献标识码:A 文章编号:1671-3168(2018)03-0022-06

### Inversion of *Pinus kesiya* Forest Canopy Height Based on X-band Polarimetric Interference SAR

CHEN Ziyi, ZHANG Wanqiu, YUE Cairong

(College of Forestry, Southwest Forestry University, Kunming 650224, China)

**Abstract:** The application of polarimetric interference SAR data in the inversion of forest canopy height is a research focus in the field of SAR. The classic three-stage inversion of canopy height exists error in calculation of volume correlation. The improved algorithm combining with coherent optimization was proposed based on the principle of phase constant to improve the inversion accuracy of canopy height. The experiment used spaceborne TanDEM-X full polarimetric interference data to inverse the canopy height of *Pinus kesiya* forest in Pu'er and tested the accuracy of results with the measured data. The results showed that the inversion of canopy height was accurate based on the improved three-stage inversion algorithm.

**Key words:** polarimetric interference; synthetic aperture radar; forest canopy height; three-stage inversion algorithm; RVoG model; inversion of canopy height

碳循环作为地球循环系统的组成部分,有着十分重要的作用。而碳存储的动态表示是通过植被地上生物量的有机碳量来呈现的。而森林高度是反演

地上生物量的重要参数<sup>[1]</sup>。光学影像在垂直结构上并不敏感,且存在饱和的现象。激光雷达数据能够准确地反演植被高度,但无法实现短周期的重复

收稿日期:2018-01-29.

基金项目:国家自然科学基金(31260156);云南省林学一流学科建设经费资助(51600625).

作者简介:陈子怡(1991-),男,地图学与地理信息系统专业硕士研究生.研究方向:微波遥感应用. Email:645110569@qq.com

通信作者:岳彩荣(1964-),男,博士,教授,博士生导师.研究方向为资源环境遥感、微波遥感. Email:cryue@163.com

观测。而极化干涉合成孔径雷达(Polarimetric Synthetic Aperture Radar Interferometry, PolInSAR)通过带有地面回波的随机体散射模型(Randomly oriented volume with an underlying ground surface, RVoG)对森林高度的反演是一种很有潜力的方法<sup>[2-3]</sup>。因此,将微波雷达的反演结果作为激光雷达数据的补充数据,就可以在确保精度的基础上实现实时的森林动态信息监测,具有重要的意义。

K. P. Papathanassiou et al<sup>[4]</sup>在 1998 年利用 4 个极化复视图像及目标分解理论获得了植被区域的三维成像结果。而 Treuhaft 在 2000 年提出了基于森林是由随机取向粒子集合构成的原理提出了描述森林冠层高度和干涉复相干系数的随机体地表二层散射模型(RVoG)<sup>[5]</sup>。在 RVoG 模型的基础上, S. R. Cloud 在 2003 年提出了三阶段算法<sup>[3]</sup>,通过对复相干系数进行直线拟合,在基于物理意义求解地表相位与冠层相位,最终结算树高和地表相位,降低了反演的复杂性。2006 年,张腊梅通过将遗传算法引入树干反演算法,以 SIR-C/X-SAR 的 L 波段数据进行验证,结果显示反演可取得较高的精度<sup>[6]</sup>。2008 年,陈尔学等选择 HV 通道的复相干系数作为体复相干系数,采用相干幅度反演算法估测了森林

高度<sup>[7]</sup>。2010 年,罗环敏通过极化相干优化方法反演了地表散射相位和冠层散射相位,并结合 RVoG 模型解算了森林高度<sup>[8]</sup>。2015 年, U. Khati 与 G. Singh 基于 TereSAR-X/TanDEM-X 双星全极化数据对印度热带雨林进行了树高反演研究<sup>[9]</sup>。2017 年,龙江平等基于相位边界优化对相位信息和幅度信息进行优化,并有效地提取了体散射,提高了森林高度反演的可靠性<sup>[10]</sup>。

将 PolInSAR 作为激光雷达反演结果的验证和补充数据,能够提高数据的丰富程度。本文将德国宇航局 DLR 提供的 TanDEM-X 的全极化干涉数据应用于普洱市的思茅松林树高反演,在相位不变的原则上实现一种三阶段算法的改进方式,反演森林冠层高度,并通过实地调查数据检验结果精度。

## 1 研究区及数据

研究区位于云南省普洱市,属北热带湿润季风气候。研究区有大量思茅林,适合展开实验研究。结合实地调查测量结果,选取研究区内 35 个样本点作为研究对象(图 1)。

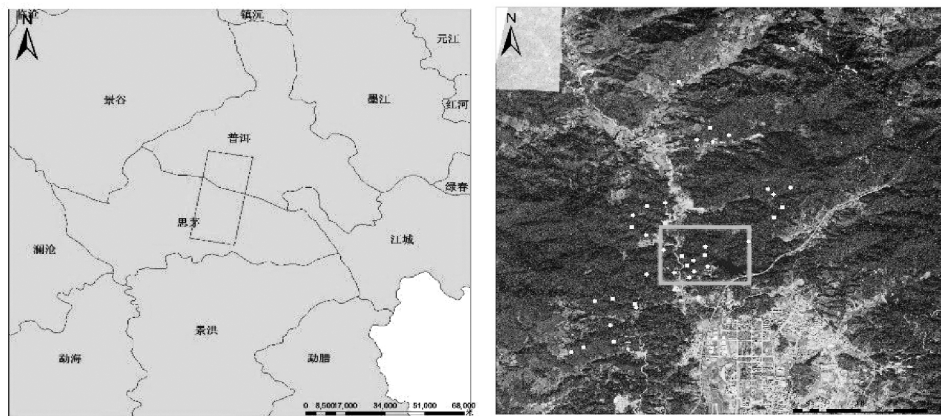


图 1 研究区及样本点示意

Fig. 1 Map of study area and sample points

实验数据采用德国 TSX/TDX (TerraSAR-X/TanDEM-X) 数据。该系统下两颗卫星相隔小于 400 m,能同时进行观测,克服了重复轨道干涉的时间去相关<sup>[11]</sup>。试验区卫星基本参数见表 1。图 2 为试验区 TanDEM-X 全极化干涉数据 Pauli 基彩色合成图,其中左侧为近天线处。

## 2 研究方法

### 2.1 随机体二层相干散射模型(RVoG)

三阶段算法主要基于 RVoG 模型来反演冠层高。该模型认为森林地区植被层为随机取向的粒子集合,存在地表、冠层以及其他结构致密层等多个后向散射分量(图 3)。

表 1 TanDEM-X 主要参数  
Tab. 1 Key parameter of TanDEM-X

波长/m	0.03	距离向分辨率/m	1.76
频率/GHz	9.65	方位向分辨率/m	2.75
带宽/m	80	基线长度/m	361.31
中心入射角/°	39.64		

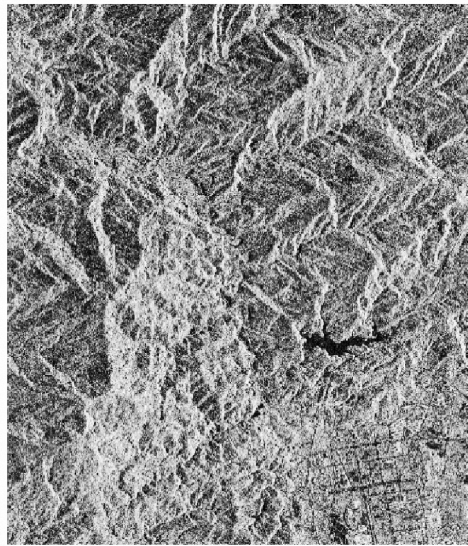


图 2 研究区 Pauli 基彩色合成图  
Fig. 2 PauliRGB of study area

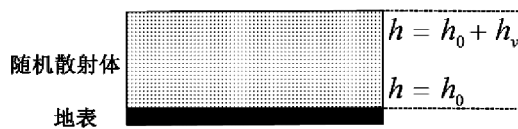


图 3 RVoG 模型示意  
Fig. 3 Diagram of RVoG model

在 RVoG 模型中,复相干系数表达式为:

$$\gamma(\omega) = \gamma_{SNR} \gamma_{Temp} \exp(i\varphi_0) \frac{\gamma_{v+m(\omega)}}{1+m(\omega)} \quad (1)$$

式中,  $\gamma(\omega)$  为经过距离向频谱滤波的极化干涉复相干系数,  $\gamma_{Temp}$  为时间去相干,  $\gamma_{SNR}$  为噪声去相干,  $\varphi_0$  为地表相位,  $m(\omega)$  为地体辐射比,  $\gamma_v$  为体相干系数。

### 2.2 三阶段算法

为了提高植被参数反演的精度与效率, Cloude 和 Papathanassiou 于 2003 年将 PolInSAR 单基线 RVoG 树高反演模型简化为三阶段算法, 可估测出地面相位、树高、消光系数, 大大简化了森林高度估测的复杂性。

基于 RVoG 模型的总复相干在不考虑时间去相干和噪声去相干的情况下可以写成如下形式:

$$\gamma(\omega) = \exp(i\varphi_0) \frac{\gamma_v + m(\omega)}{1 + m(\omega)} = \exp(i\varphi_0) (\gamma_v +$$

$$\frac{m(\omega)}{1 + m(\omega)} (1 - \gamma_v)) \quad (2)$$

式中,  $m$  为地体辐射比,  $\omega$  为极化状态,  $\varphi_0$  为地相相位,  $\gamma_v$  为体复相干系数。可以看出, 式(2)为线性表达式。各极化状态对应的复相干成直线分布, 且各种极化复相干的位置取决于  $m$  值。其中有一种极化状态的  $m$  值应约等于 0, 尤其是在穿透性较低的 X 波段应该更接近于 0。这种极化状态的复相干系数对应体散射; 而当  $m$  为无穷大时, 对应地表散射。

三阶段算法分为 3 个步骤:

1) 根据观测数据计算复相干系数, 对复相干系数进行直线拟合, 常用的方法为最小二乘法。

2) 求地表相位  $\varphi_0$ 。拟合直线与单位原存在 2 个交点, 这 2 个交点其中一个包含了地相位信息。通常选择与 HV 极化复相干最远的交点作为地表相位, 用点 Q 表示。

3) 冠层高度  $h_v$  与消光系数  $\sigma$  的估计。依次计算观测得到的复相干系数点与点 Q 的距离, 距离地相位最远的点为体散射系数相干点 P (图 4)。

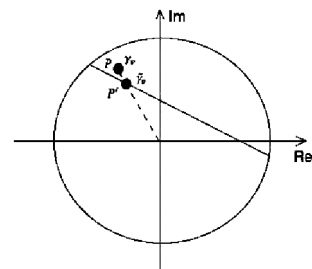


图 4 三阶段算法示意  
Fig. 4 Diagram of three-stage algorithm

再根据下式通过二维查找表选取出的体散射相位点和地相位点来估算植被高度和消光系数。

$$\gamma_v = \frac{\int_0^{h_v} \exp(ik_z z) \exp\left(\frac{2\sigma z}{\cos\theta_0}\right) dz}{\int_0^{h_v} \exp\left(\frac{2\sigma z}{\cos\theta_0}\right) dz} = \frac{2\sigma \left[ \exp\left(\frac{2\sigma h_v}{\cos\theta_0} + ik_z \cos\theta_0\right) - 1 \right]}{(2\sigma + ik_z \cos\theta_0) \left[ \exp\left(\frac{2\sigma h_v}{\cos\theta_0}\right) - 1 \right]}$$

$$k_z = m \frac{2\pi \Delta\theta}{\lambda \sin\theta_0} \approx m \frac{2\pi B_{\perp}}{\lambda R \sin\theta_0} \quad (3)$$

式中,  $\theta_0$  为天线入射角,  $\Delta\theta$  为主辅天线入射角差,  $\lambda$  为雷达波长,  $B_{\perp}$  为垂直基线长度,  $R$  为斜距。三阶段算法认为实际的体相干系数点应该位于直线上, 而观测得到的体相干系数, 由于噪声以及其他相干散射的影响, 往往会偏离拟合的直线。而相位信息与高度信息相对应, 所以本文提出一种基于相位不变的方式来改进三阶段的反演算法。另一方面, 由于随机散射体的顶层相位中心位于植被冠层最密集的部位而非植被顶部, 使得反演结果为森林冠层高而非传统森林资源调查获取的树高。

### 2.3 改进的三阶段算法

三阶段算法的关键在于体相干系数以及地表相位的确定。传统三阶段算法采用的复相干系数较少, 且假设复相干系数符合直线分布。而实际情况中, 复相干系数并不会存在于同一直线上。所以, 本研究在增加复相干系数种类的基础上, 结合相干性幅度差最大准则和干涉相位差最大准则<sup>[10]</sup>, 筛选合适的复相干系数来反演植被高度。选取满足下式的相干性幅度差最大的极化状态:

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

式中,  $\gamma(\omega_i)$ 、 $\gamma(\omega_j)$  为极化干涉矢量  $\omega_i$ 、 $\omega_j$  对应的相干系数。相干性幅度差最大准则和干涉相位最大准则可以有效地分离出散射体的相位中心, 从而提高反演精度。

另一方面, 通过测量得到的相干相位会因为去相干的增加而向圆心偏移, 也可能以为地面回波信号的干扰而远离圆心偏移, 如图 5 所示。这种偏移会沿着图 5 所示虚线进行, 所以只会使体相干的振幅减小, 而不会影响其干涉相位。因此, 垂直结构上的纯体相干相位中心是没有发生变化的。并且由于所有极化状态下的复相干受到的影响一致, 所以去相干也不会影响地表相位。

为了修正纯体相干系数, 选择与地面相位最远的极化干涉复相干, 采用模值不变的方式将该极化干涉复相干投影到直线上, 用投影点作为纯体散射复相干来估计树高(图 5)。其中, 点  $P$  为观测得到的体相干点,  $P'$  为改正后的体相干点。

### 3 结果与分析

图 6 是对图 1 红框所示区域采用经典三阶段算法与改进后三阶段算法得到的树高反演结果, 灰色

区域为水体区域。

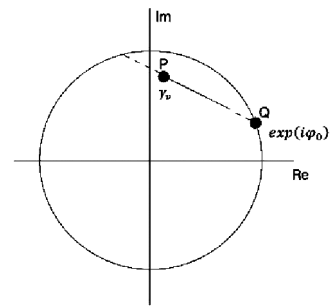
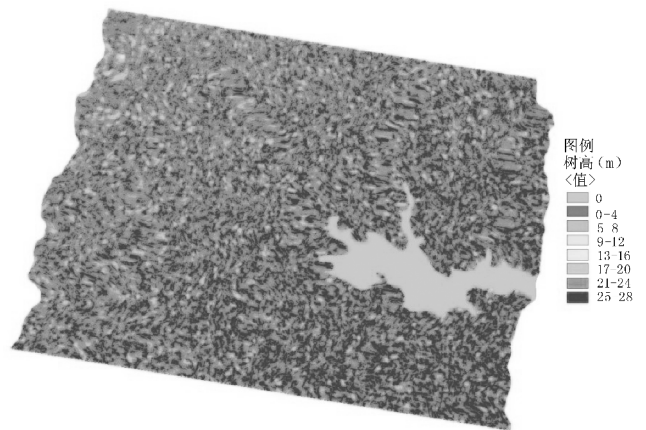
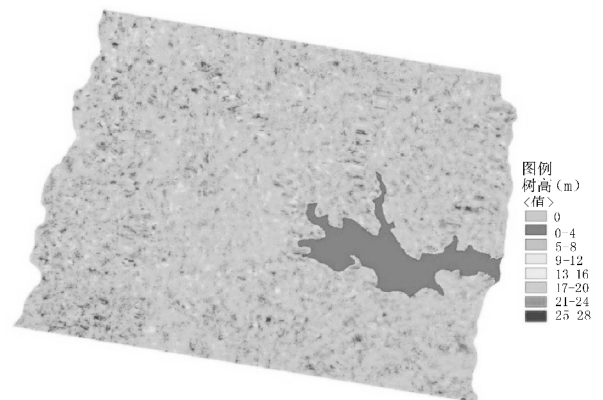


图 5 改进后的三阶段算法示意

Fig. 5 Diagram of improved three-stage algorithm



经典三阶段算法树高反演结果



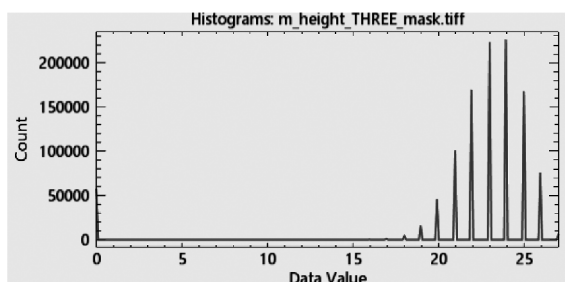
改进后的三阶段算法树高反演结果

图 6 部分区域的树高反演结果

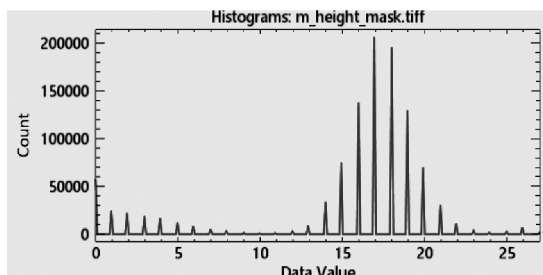
Fig. 6 Inversion results of tree height in some areas

对 2 种结果进行直方图分析, 结果见图 7。其中经典三阶段算法最大值为 27 m, 均值为 22 m, 方差为 5.41; 改进后的三阶段算法最大值为 27 m, 均值为 15.19 m, 方差为 5.95。

可以看出, 经典三阶段算法冠层高度的结果集中于 21 m 以上, 整体结果远高于实际的树高结果。改进后的三阶段算法冠层高度的结果主要集中于 17 m, 更接近实际的调查结果。说明改进后的方法



经典三阶段算法冠层高度结果



改进后的三阶段算法冠层高度结果

图 7 冠层高度反演结果

Fig. 7 Histogram of inversion results of canopy height

能够有效地提高森林冠层高度的反演精度。

图 8 为经典三阶段算法的树高反演散点图。图 9 为改进后的三阶段算法的树高反演散点图。

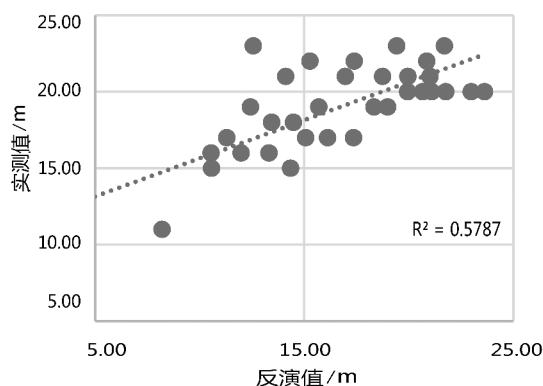


图 8 经典三阶段算法树高反演散点图

Fig. 8 Scatter diagram of inversion results of canopy height based on three-stage algorithm

由图 9 可以看出,反演结果的相关系数偏低,这是由于反演方法对 10 m 以下区域反演误差较大所致。舍去 10 m 以下的 3 个点后的树高反演结果如图 10 所示。

由树高反演散点图和反演精度表(表 2)可以看出,改进后的三阶段算法相比经典三阶段算法精度有着明显的提升。基于相位不变基础上修正体相干系数的三阶段反演结果的相关系数为 0.817,均方

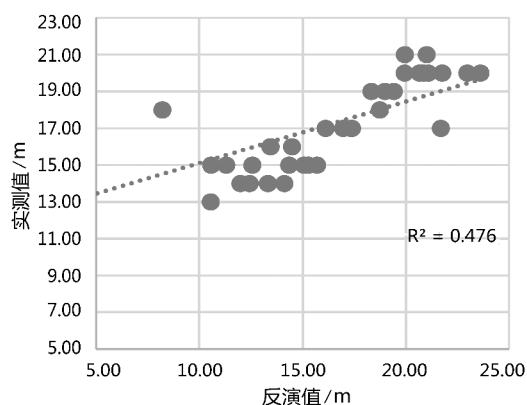


图 9 改进后的三阶段算法树高反演散点图

Fig. 9 Scatter diagram of inversion results of canopy height based on improved three-stage algorithm

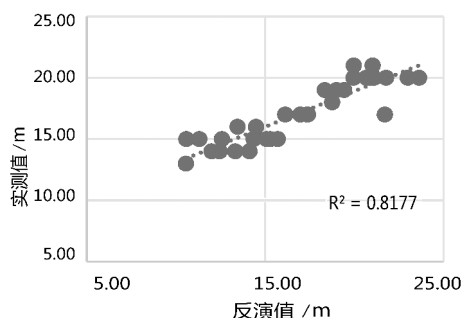


图 10 舍去异常值的改进后的三阶段算法树高反演散点图

Fig. 10 Scatter diagram of inversion results of canopy height with the outliers removed based on improved three-stage algorithm

根误差为 1.81 m。但从图 9 可以看出,改进后的方法对于较为低矮的植被区域其反演结果存在很大的误差。分析认为这是当冠层高度较低时,地表回波的信号对冠层相位的影响很大,从而导致反演结果较高。

表 2 反演结果精度

Tab. 2 Accuracy of inversion results

反演方法	相关系数	RMSE
经典三阶段算法	0.5787	4.0840
改进后的三阶段算法	0.8177	1.8120

#### 4 结论

针对经典三阶段算法存在的问题提出了基于相位不变基础上的改进三阶段算法,并通过 TerraSAR-X/TanDEM-X 数据对普洱地区思茅松植被冠层的



高度进行了反演。对比分析了改进前后的冠层高度的结果差异,结果表明:

1)经典三阶段算法对冠层高度的反演结果因为体相干系数选取时存在的误差,往往会高于真实值。

2)在相位不变的基础上对体相干系数进行修正改进的三阶段算法,在整体上能够较好地提升反演精度。但对于10 m以下的区域,因受到地表回波信号的影响,树高反演结果较差。因此,如何克服这个问题是今后的一个研究方向。

3)反演结果能够达到一定的精度,并且星载SAR有着能够短周期重复观测的优势。以星载微波SAR的反演结果结合机载激光雷达的反演结果,对森林动态监测有着重要意义。

实验表明,X波段的微波数据能够对松林植被冠层高度进行有效反演。

### 参考文献:

- [1] METTE T. Performance of forest biomass estimation from Pol-InSAR and forest allometry over temperate forests [J]. in Proc. POLInSAR, Frascati, Italy, 2005.
- [2] PPATHANASSIOU K P and CLOUDE S R. Single-baseline polarimetric SAR interferometry [J]. IEEE Trans. Geosci. Remote Sens., 2001, 39(11):2352-2363.
- [3] CLOUDE S R and PPATHANASSIOU K P. A Three-stages inversion process for polarimetric SAR interferometry [J]. Proc. Inst. Electr. Eng. -Radar Sonar Navig., 2003, 150(3):125-134.
- [4] PPATHANASSIOU K, REIGBER A, SCHEIBER R, et al. Airborne Polarimetric SAR Interferometry [J]. IEEE Transactions on Geoscience & Remote Sensing, 1998, 36(5):1551-1565.
- [5] TREUHAFT R N, SIQUEIRA P R. Vertical structure of vegetated land surfaces from interferometric and polarimetric radar [J]. Radio Science, 2016, 35(1):141-177.
- [6] 张腊梅. L波段 PolInSAR 图像地表参数反演方法研究 [D]. 哈尔滨:哈尔滨工业大学, 2006.
- [7] 陈尔学, 李增元, 庞勇, 等. 基于极化合成孔径雷达干涉测量的平均树高提取技术 [J]. 林业科学, 2007, 43(4):66-70.
- [8] 罗环敏. 基于极化干涉 SAR 的森林结构信息提取模型与方法 [D]. 北京:电子科技大学, 2011.
- [9] KHATI U, SINGH G. Bistatic PolInSAR for forest height estimation: Results from TanDEM-X [C]// Synthetic Aperture Radar [J]. IEEE, 2015.
- [10] 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, 46(1):73-82.
- [11] KRIEGER G, MOREIRA A, FIEDLER H, et al. TanDEM-X: A Satellite Formation for High-Resolution SAR Interferometry [J]. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 2007, 45(11):3317-3341.
- [12] MOUGIN E, LOPEZ A, KARAM M A, et al. Effect of tree structure on X-band microwave signature of conifers [J]. IEEE Trans. Geosci. Remote Sens., 1993, 31(3):370-381.
- [15] ZYL J J V, BURNETTE C F. Bayesian classification of polarimetric SAR images using adaptive a priori probabilities [J]. International Journal of Remote Sensing, 1992, 13(5):835-840.
- [16] 张学工. 模式识别(第3版) [M]. 北京:清华大学出版社, 2010.
- [17] POTTIER E, CLOUDE S R. Application of the H/A/alpha polarimetric decomposition theorem for land classification [C]//Wideband Interferometric Sensing and Imaging Polarimetry, 1997.

(上接第5页)

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2018.03.006

## 基于功能指数法的云南省不同区域造林成活率 影响因子研究

施化云 王雁

(云南省林业调查规划院,云南 昆明 650051)

**摘要:**依据云南 2006—2015 年省级造林检查成果数据,分析影响造林成活率的因素,采用功能指数法,对影响因子进行评价。研究结果表明,全省范围造林时间的价值指数为 16.667,树种选择的价值指数为 9.286,种苗质量的值指数为 8.625,种植冲突的价值指数为 6.500,群众积极性的价值指数为 5.417,干旱的价值指数为 0.156,其他因子的价值指数在 0.560~3.00 之间。说明专家过于看重造林时间、树种选择、种苗质量、种植冲突和群众积极性等因素对造林成活率(保存率)的影响,低估了干旱对造林成活率(保存率)的影响。文中分别对云南省不同区域评价结果进行阐述,并就影响因子的选取、影响因素的权重取值等进行了讨论。

**关键词:**造林成活率;功能指数法;影响因子;价值指数;造林时间;树种选择;干旱;云南省

中图分类号:S725.3;S711 文献标识码:A 文章编号:1671-3168(2018)03-0028-06

## Impact Factor on Survival Rate of Afforestation in Different Regions of Yunnan Province Based on Function Index Method

SHI Huayun, WANG Yan

(Yunnan Institute of Forest Inventory and Planning, Kunming 650051, China)

**Abstract:** The function index method was used to analyze and evaluate the factors influencing the survival rate of afforestation based on the data of provincial afforestation inspection from 2006 to 2015 in Yunnan province. The research results showed that the value indexes of afforestation time, species selection, seedlings quality, growing conflict, public enthusiasm and drought were 16.667, 9.286, 8.625, 6.500, 5.417 and 0.156 respectively, and the value of the other factor index was between 0.560 ~ 3.00. The results showed that the experts overemphasized the influence of afforestation time, species selection, seedlings quality, growing conflict and public enthusiasm on the survival rate of afforestation but ignored the role of drought. This paper analyzed the evaluation results in different regions of Yunnan and discussed the selection and assignment of impact factors.

**Key words:** survival rate of afforestation; function index method; impact factors; value indexes; afforestation time; species selection; drought; Yunnan province

上世纪八十年代以来,云南对每年实施的长防、 澜防、干果基地、特色经济林等工程造林成效都组织

收稿日期:2018-05-08.

作者简介:施化云(1966-),男,云南鹤庆人,高级工程师。从事林业调查规划和森林资源管理工作。

通信作者:王雁(1969-),男,云南武定人,高级工程师。从事林业调查规划和森林资源管理工作。

省级检查,通过每5年覆盖全省各县(市、区)一遍的抽查,及时总结经验,查找问题,最大限度地保证造林成效,为向社会提供林产品和生态修复做出了积极贡献。进入21世纪,以天保工程、退耕还林工程为代表的重大生态修复工程相继启动,造林投入不断加大,造林面积逐年递增。但检查发现,每年的造林成效都未能达到最佳效果,始终存在这样那样的问题。本文希望通过分析影响云南造林成活率的原因,为提高云南造林成效提供借鉴。

## 1 云南省各区域概况

云南省行政区划为16个州(市)129个县(市、区),根据地形地貌、水热分布差异、自然资源禀赋等自然地理特征,将全省分为7个区域<sup>[4]</sup>。

### 1.1 滇西北高山峡谷区

包括迪庆州、怒江州、丽江市全部及大理州的剑川县,总面积6.21万km<sup>2</sup>。该区域位于云南西北部,纬度和地势均为全省最高,地貌以高山峡谷为主,高黎贡山、怒江、怒山、澜沧江、云岭、金沙江等高大狭窄的山脉与深邃流急的江河自青藏高原平行南下,形成自然奇观——“三江并流”;立体气候明显,大部分地区长冬少夏,气候寒冷,在低海拔的河谷区,气候暖热;土壤类型有红壤、黄棕壤、棕壤、暗棕壤、棕色森林土和亚高山草甸土。主要造林树种有:冷杉、云杉、红豆杉、杉木、柏木、高山松、华山松、云南松、桉树、杨树、旱冬瓜、核桃、板栗、油橄榄、沙棘、花椒、青刺果、木瓜、慈竹等<sup>[3]</sup>。

### 1.2 滇东北高原区

包括昭通市全部、曲靖市的会泽县和宣威市以及昆明市的东川区,总面积3.70万km<sup>2</sup>。该区域位于云南东北部,以山地、坝子和高原为主,形成以乌蒙山脉和五莲峰为骨架的中山山原峡谷地貌;大部分地区气候温凉,气候垂直地带性明显,有着从南亚热带到北温带的各种气候类型;土壤类型主要有红壤、黄壤、黄棕壤、棕壤、燥红土和石灰土等。主要造林树种有:华山松、云南松、杉木、柳杉、柏树、槐树、旱冬瓜、杨树、银荆、漆树、檫木、桉树、香椿、小叶樟、香桂、核桃、板栗、花椒、慈竹、方竹、箬竹、毛竹等<sup>[3]</sup>。

### 1.3 滇中高原区

包括楚雄州全部、昆明市除东川外的其他县(市、区)、曲靖市除会泽、宣威、罗平、师宗、富源外的其他县(区)、玉溪市除元江、新平外的其他县(区),总面积6.38万km<sup>2</sup>。该区属于滇中高原盆地,以山地和山间盆地地形为主,地势起伏和缓;属

亚热带气候,日照充足,四季如春,干湿季分明;土壤类型以红壤为主,还有黄棕壤、棕壤、紫色土和石灰土。主要造林树种有:华山松、云南松、杉木、柏树、旱冬瓜、滇朴、杨树、核桃、板栗、银荆、黑荆、桉树、慈竹、金竹等<sup>[3]</sup>。

### 1.4 滇西山地区

包括保山市、德宏州全部及大理州除剑川县外的其他县(市、区),总面积5.83万km<sup>2</sup>。该区位于云南西部,属滇西纵谷区,以山地、平坝、河谷3种地形为主;区域包括亚热带和温带气候;土壤类型主要有赤红壤、红壤、黄壤、黄棕壤、棕壤、山地草甸土、紫色土和石灰土等。主要造林树种有:华山松、云南松、思茅松、秃杉、红豆杉、杉木、旱冬瓜、西南桦、柏树、桉树、杨树、银杏、橡胶、棠梨、核桃、板栗、澳洲坚果、柠檬、咖啡、油茶、茶树、木瓜、花椒、龙竹、慈竹、麻竹等<sup>[3]</sup>。

### 1.5 滇西南山地区

包括临沧市全部、普洱市的景东、景谷、镇沅、宁洱、墨江县、玉溪市的新平、元江县,总面积约5.72万km<sup>2</sup>。该区域位于云南西南部,地貌属滇西南帚状山脉中山宽谷区,是横断山脉的余脉无量山、哀牢山、邦马山等山脉向东南延伸、扩展地区;地形以低山丘陵为主;属南亚热带和中亚热带气候,热量和雨量充沛;土壤类型主要有赤红壤、红壤、黄壤、黄棕壤、紫色土等。主要造林树种有:云南松、思茅松、杉木、柏木、西南桦、旱冬瓜、桉树、黄檀、印楝、银杏、橡胶、核桃、板栗、楸木、澳洲坚果、芒果、木瓜、咖啡、茶树、龙竹、麻竹、慈竹、金竹等<sup>[3]</sup>。

### 1.6 滇南山地区

包括西双版纳州全部、普洱市的江城、澜沧、孟连、西盟县及思茅区、红河州的绿春、金平县,总面积约4.63万km<sup>2</sup>。该区域位于云南南部,处于横断山余脉无量山、哀牢山等山脉南段的尾端地区,主要有中山低谷、中低山丘陵河谷及中山宽谷地貌;本区所处纬度及地势为全省最低,属南亚热带湿润气候和北热带气候类型,高温多雾,雨量丰富,干湿季明显;土壤类型主要有砖红壤、赤红壤等。主要造林树种有:思茅松、杉木、旱冬瓜、西南桦、柚木、团花、桉树、山桂花、咖啡、橡胶、澳洲坚果、茶树、龙竹、麻竹等<sup>[3]</sup>。

### 1.7 滇东南岩溶区

包括文山州全部、红河州除绿春、金平外的其他县(市)、曲靖市的罗平、师宗、富源县,总面积约6.94km<sup>2</sup>。该区域位于云南东南部,属中低山丘陵和喀斯特岩溶区;属南亚热带和中亚热带气候,降水

比较丰富,但蒸发量大于降水量,渗漏严重,石漠化和潜在石漠化土地广泛分布;土壤类型主要有赤红壤、红壤、黄壤、石灰土等。主要造林树种有:云南松、华山松、杉木、秃杉、柳杉、柏树、旱冬瓜、桉树、橡胶、香椿、龙竹、金竹、麻竹等<sup>[3]</sup>。

## 2 材料与方法

### 2.1 数据来源

原始数据来源于云南省 2006—2015 年度省级

造林检查,导致造林成活率不达标的因子主要包括:自然灾害(干旱、霜冻、病虫害、其他自然灾害)、立地质量、种苗质量、造林技术(树种选择、初植密度、造林时间、种植质量、其他技术原因)、管理水平(人畜破坏、抚育、其他管理原因)、其他(作业设计、群众积极性、种植冲突)等 6 大类 17 项。云南省各区域造林成活率不达标面积按原因统计见表 1。

表 1 云南省各区域造林成活率不达标面积按影响因子统计

Tab. 1 Area of non-compliance survival rate of afforestation in different regions of Yunnan 万 hm<sup>2</sup>

区域	合计	自然灾害					立地条件	种苗质量	造林技术					管理水平			其他					
		计	干旱	霜冻	病虫害	其它自然灾害			计	树种选择	初植密度	造林时间	种植质量	其它技术原因	计	人畜破坏	抚育	其它管理原因	计	作业设计	群众积极性	种植冲突
云南省	4.36	2.49	2.07	0.26	0.07	0.09	0.20	0.04	0.57	0.03	0.33	0.01	0.09	0.11	0.75	0.32	0.28	0.15	0.32	0.24	0.05	0.03
滇西北	0.64	0.31	0.31	0.00	0.00	0.00	0.03	0.01	0.13	0.01	0.07	0.00	0.01	0.04	0.05	0.05	0.00	0.00	0.09	0.09	0.00	0.00
滇东北	0.73	0.38	0.22	0.08	0.01	0.07	0.07	0.00	0.16	0.01	0.11	0.00	0.01	0.13	0.04	0.02	0.07	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01
滇中	0.99	0.69	0.67	0.01	0.01	0.00	0.02	0.00	0.03	0.00	0.02	0.00	0.00	0.18	0.05	0.07	0.06	0.07	0.05	0.02	0.00	0.00
滇西	0.37	0.14	0.13	0.01	0.00	0.00	0.03	0.00	0.06	0.00	0.05	0.00	0.00	0.12	0.04	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
滇西南	0.60	0.30	0.20	0.08	0.02	0.00	0.01	0.01	0.13	0.01	0.06	0.00	0.04	0.12	0.06	0.05	0.01	0.04	0.02	0.01	0.01	0.01
滇南	0.11	0.05	0.03	0.00	0.02	0.00	0.01	0.01	0.02	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00
滇东南	0.92	0.59	0.49	0.08	0.00	0.02	0.03	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.15	0.08	0.06	0.01	0.11	0.08	0.02	0.01	0.01

### 2.2 研究方法

功能指数法又称相对值法,在功能指数法中,功能的价值用价值指数来表示,是通过评定各对象功能的重要程度,用功能指数来表示其功能程度的大小,然后将评价对象的功能指数与相对应的成本指数进行比较,得出该评价对象的价值指数。当某项影响因子价值指数等于 1 时,说明该因子影响造林成效的实际情况与专家(管理人员)的认知一致,可按原管理模式继续管理;价值指数离 1 越远,说明专家(管理人员)的认知与实际情况偏离越大,需要调整认知,提高重视程度。功能指数法包括两大工作内容,即成本指数的计算和功能指数的推算。

#### 2.2.1 成本指数的计算

本文所称成本指数是指“十二五”期间各类影响因素不达标面积与不达标总面积之比。计算公式为:

$$C_{li} = C_i / \sum C_i$$

式中: C<sub>li</sub>—第 i 类影响因素的成本指数; C<sub>i</sub>—第 i 类影响因素不达标面积;  $\sum C_i$ —全部不达标面积。

#### 2.2.2 功能指数的推算

功能指数推算采用专家评分法。具体做法是:先将分析总结的各类影响因素按同等重要排列表中,分发给专家按 10 分法打分,根据专家打分结果求算各类影响因素平均分;各类影响因素平均分除以总分值,推算出各类影响因素的功能指数。计算公式为:

$$G_{li} = G_i / \sum G_i$$

式中: G<sub>li</sub>—第 li 类影响因素的功能指数; G<sub>i</sub>—第 i 类影响因素的平均分值;  $\sum G_i$ —各类影响因素平均分之和。

#### 2.2.3 价值指数的计算

计算公式为:

$$J_{li} = G_{li} / C_{li}$$

式中: J<sub>li</sub>—价值指数; G<sub>li</sub>—功能指数; C<sub>li</sub>—成本指数。

本研究邀请云南省长期从事营造林工作的 152 位专家进行打分,其中县(市、区)级专家 97 位(主要从事营造林生产管理工作),州(市)级专家 25 位

(主要从事营造林业务管理和检查工作),省级专家 30 位(其中从事营造林业务管理工作的 10 位,从事省级造林检查工作的 20 位)。专家评分结果见

表 2。

2.3 指数计算结果

根据上述计算方法,各区域指数计算结果见表 3。

表 2 专家评分结果统计  
Tab. 2 Evaluation results

区域	干旱	霜冻	病虫害	其他 自然灾害	立地 条件	种苗 质量	树种 选择	初植 密度	造林 时间	种植 质量	其他 技术 原因	人畜 破坏	抚育	其他 管理 原因	作业 设计	群众 积极 性不高	种植 冲突
云南省	6.0	4.8	3.8	3.7	6.3	5.6	5.3	3.4	4.1	5.1	3.8	5.2	5.4	4.6	4.6	5.3	4.2
滇西北	7.4	5.6	4.4	4.6			6.2	3.8	4.7	5.9	4.6	6.2	6.1	5.5	5.3	5.9	4.8
滇东北	6.6	5.5	4.4	4.7	7.1	6.6	6.1	4.0	4.8	6.1	4.6	6.2	6.1	5.5	5.4	6.3	4.7
滇中	7.1	5.9	4.2	4.0	7.4	6.4	5.9	3.7	4.5	5.8	4.1	5.8	6.3	5.3	4.8	6.3	5.1
滇西	7.1	5.7	4.6	4.2	7.5	6.5	6.4	4.2	5.2	6.0	4.5	6.5	6.0	5.2	5.5	6.4	4.9
滇西南	6.4	4.8	3.8	3.8	6.6	6.2	5.7	3.3	4.2	5.3	4.1	5.4	6.3	5.1	5.2	5.6	4.3
滇南	6.7	5.3	4.5	4.3	6.8	6.5	6.4	4.0	4.8	6.4	4.6	6.3	6.6	5.6	5.5	6.4	4.7
滇东南	6.9	5.9	4.5	4.8	7.4	6.2	5.8	4.0	4.6	5.9	4.6	6.3	6.8	5.3	5.3	6.5	4.7

表 3 各指数计算结果  
Tab. 3 Calculation results of each index

区域	指数	干旱	霜冻	病虫害	其它 自然灾害	立地 条件	种苗 质量	树种 选择	初植 密度	造林 时间	种植 质量	其它 技术 原因	人畜 破坏	抚育	其它 管理 原因	作业 设计	群众 积极性	种植 冲突
云南省	Cl <sub>i</sub>	0.475	0.059	0.016	0.021	0.045	0.008	0.007	0.075	0.003	0.021	0.024	0.073	0.064	0.034	0.056	0.012	0.008
	Gl <sub>i</sub>	0.074	0.059	0.047	0.046	0.078	0.069	0.065	0.042	0.050	0.063	0.047	0.064	0.067	0.057	0.057	0.065	0.052
	Jl <sub>i</sub>	0.156	1.000	2.938	2.190	1.733	8.625	9.286	0.560	16.667	3.000	1.958	0.877	1.047	1.676	1.018	5.417	6.500
滇西北	Cl <sub>i</sub>	0.494	0.008	0.000	0.005	0.040	0.022	0.016	0.103	0.002	0.022	0.067	0.073	0.000	0.002	0.137	0.004	0.003
	Gl <sub>i</sub>	0.091	0.069	0.054	0.057	0.000	0.000	0.077	0.047	0.058	0.073	0.057	0.077	0.075	0.068	0.065	0.073	0.059
	Jl <sub>i</sub>	0.184	8.625	∞	11.400	0.000	0.000	4.813	0.456	29.000	3.318	0.851	1.055	∞	34.000	0.474	18.250	19.667
滇东北	Cl <sub>i</sub>	0.301	0.107	0.011	0.093	0.094	0.002	0.013	0.144	0.001	0.011	0.037	0.056	0.025	0.092	0.000	0.000	0.011
	Gl <sub>i</sub>	0.070	0.058	0.046	0.050	0.075	0.070	0.064	0.042	0.051	0.064	0.049	0.065	0.064	0.058	0.057	0.067	0.050
	Jl <sub>i</sub>	0.233	0.542	4.182	0.538	0.798	35.000	4.923	0.292	51.000	5.818	1.324	1.161	2.560	0.630	∞	∞	4.545
滇中	Cl <sub>i</sub>	0.676	0.010	0.009	0.002	0.016	0.000	0.000	0.025	0.000	0.002	0.011	0.047	0.075	0.056	0.049	0.019	0.003
	Gl <sub>i</sub>	0.077	0.064	0.045	0.043	0.080	0.069	0.064	0.040	0.049	0.063	0.044	0.063	0.068	0.057	0.052	0.068	0.055
	Jl <sub>i</sub>	0.114	6.400	5.000	21.500	5.000	∞	∞	1.600	∞	31.500	4.000	1.340	0.907	1.018	1.061	3.579	18.333
滇西	Cl <sub>i</sub>	0.360	0.030	0.000	0.000	0.086	0.003	0.000	0.129	0.007	0.038	0.002	0.120	0.222	0.000	0.001	0.000	0.001
	Gl <sub>i</sub>	0.074	0.059	0.048	0.044	0.078	0.067	0.066	0.044	0.054	0.062	0.047	0.067	0.062	0.054	0.057	0.066	0.051
	Jl <sub>i</sub>	0.206	1.967	∞	∞	0.907	22.333	∞	0.341	7.714	1.632	23.500	0.558	0.279	∞	57.000	∞	51.000
滇西南	Cl <sub>i</sub>	0.338	0.124	0.039	0.003	0.024	0.019	0.009	0.103	0.000	0.072	0.036	0.093	0.075	0.014	0.025	0.013	0.011
	Gl <sub>i</sub>	0.074	0.056	0.044	0.044	0.077	0.072	0.066	0.038	0.049	0.062	0.048	0.063	0.073	0.059	0.060	0.065	0.050
	Jl <sub>i</sub>	0.219	0.452	1.128	14.667	3.208	3.789	7.333	0.369	∞	0.861	1.333	0.677	0.973	4.214	2.400	5.000	4.545
滇南	Cl <sub>i</sub>	0.302	0.007	0.226	0.006	0.064	0.048	0.000	0.089	0.062	0.044	0.000	0.007	0.034	0.000	0.109	0.000	0.001
	Gl <sub>i</sub>	0.070	0.056	0.047	0.045	0.071	0.068	0.067	0.042	0.050	0.067	0.048	0.066	0.069	0.059	0.058	0.067	0.049
	Jl <sub>i</sub>	0.232	8.000	0.208	7.500	1.109	1.417	∞	0.472	0.806	1.523	∞	9.429	2.029	∞	0.532	∞	49.000
滇东南	Cl <sub>i</sub>	0.539	0.085	0.004	0.017	0.038	0.002	0.004	0.011	0.000	0.004	0.004	0.089	0.062	0.015	0.086	0.025	0.015
	Gl <sub>i</sub>	0.072	0.062	0.047	0.050	0.077	0.065	0.061	0.042	0.048	0.062	0.048	0.066	0.071	0.055	0.055	0.068	0.049
	Jl <sub>i</sub>	0.134	0.729	11.750	2.941	2.026	32.500	15.250	3.818	∞	15.500	12.000	0.742	1.145	3.667	0.640	2.720	3.267

### 3 结果与分析

#### 3.1 云南省总体情况

评价结果显示,云南省造林时间的价值指数为 16.667,树种选择的价值指数为 9.286,种苗质量的价值指数为 8.625,种植冲突的价值指数为 6.500,群众积极性的价值指数为 5.417,干旱的价值指数为 0.156,其他因子的价值指数在 0.560~3.00 之间。说明专家过分看重造林时间、树种选择、种苗质量、种植冲突和群众积极性等因素对造林成活率(保存率)的影响,低估了干旱对造林成活率(保存率)的影响。

#### 3.2 区域情况

##### 3.2.1 滇西北

病虫害和抚育价值指数无穷大,其他管理因素价值指数为 34.000,造林时间价值指数为 29.000,种植冲突价值指数为 19.667,群众积极性价值指数为 18.250,其他自然灾害价值指数为 11.400,霜冻价值指数为 8.625,树种选择价值指数为 4.813,种植质量价值指数为 3.318,干旱价值指数为 0.184,立地条件和种苗质量价值指数为 0.000,其他因素价值指数在 0.474~1.055 之间。说明专家高估了病虫害、抚育、其他管理因素、造林时间、种植冲突、群众积极性、其他自然灾害、霜冻、树种选择和种植质量对造林成活率(保存率)的影响,低估了干旱、立地条件和种苗质量对造林成活率(保存率)的影响。

##### 3.2.2 滇东北

作业设计和群众积极性价值指数无穷大,造林时间价值指数为 51.000,种苗质量价值指数为 35.000,种植质量价值指数为 5.818,树种选择价值指数为 4.923,种植冲突价值指数为 4.545,病虫害价值指数为 4.182,干旱价值指数为 0.233,初植密度价值指数为 0.292,其他因素价值指数在 0.538~2.560 之间。说明专家高估了作业设计、群众积极性、造林时间、种苗质量、种植质量、树种选择、种植冲突和病虫害对造林成活率(保存率)的影响,低估了干旱和初植密度对造林成活率(保存率)的影响。

##### 3.2.3 滇中

种苗质量、树种选择和造林时间价值指数无穷大,种植质量价值指数为 31.500,其他自然灾害价值指数为 21.500,种植冲突价值指数为 18.333,霜冻价值指数为 6.400,病虫害和立地条件价值指数均为 5.000,其他技术原因价值指数为 4.000,群众

积极性价值指数为 3.579,干旱价值指数为 0.114,其他因素价值指数在 0.907~1.600 之间。说明专家高估了种苗质量、树种选择、造林时间、种植质量、其他自然灾害、种植冲突、霜冻、病虫害、立地条件、其他技术原因和群众积极性对造林成活率(保存率)的影响,低估了干旱对造林成活率(保存率)的影响。

##### 3.2.4 滇西

病虫害、其他自然灾害、树种选择、其他管理因素和群众积极性价值指数无穷大,作业设计价值指数为 57.000,种植冲突价值指数为 51.000,其他技术原因价值指数为 23.500,种苗质量价值指数为 22.333,造林时间价值指数为 7.714,干旱价值指数为 0.206,抚育价值指数为 0.279,其他因素价值指数在 0.341~1.967 之间。说明专家高估了病虫害、其他自然灾害、树种选择、其他管理因素、群众积极性、作业设计、种植冲突、其他技术原因、种苗质量和造林时间对造林成活率(保存率)的影响,低估了干旱和抚育对造林成活率(保存率)的影响。

##### 3.2.5 滇西南

造林时间价值指数无穷大,其他自然灾害价值指数为 14.667,树种选择价值指数为 7.333,群众积极性价值指数为 5.000,种植冲突价值指数为 4.545,其他管理原因价值指数为 4.214,种苗质量价值指数为 3.789,立地条件价值指数为 3.208,干旱价值指数为 0.219,其他因素价值指数在 0.369~2.400 之间。说明专家高估了造林时间、其他自然灾害、树种选择、群众积极性、种植冲突、其他管理原因、种苗质量和立地条件对造林成活率(保存率)的影响,低估了干旱对造林成活率(保存率)的影响。

##### 3.2.6 滇南

树种选择、其他技术原因、其他管理原因和群众积极性价值指数无穷大,种植冲突价值指数为 49.000,人畜破坏价值指数为 9.429,霜冻价值指数为 8.000,其他自然灾害价值指数为 7.500,干旱价值指数为 0.232,病虫害价值指数为 0.208,其他因素价值指数在 0.472~2.029 之间。说明专家高估了树种选择、其他技术原因、其他管理原因、群众积极性、种植冲突、人畜破坏、霜冻和其他自然灾害对造林成活率(保存率)的影响,低估了干旱和病虫害对造林成活率(保存率)的影响。

##### 3.2.7 滇东南

造林时间价值指数无穷大,种苗质量价值指数

为 32.500, 种植质量价值指数为 15.500, 树种选择价值指数为 15.250, 其他技术原因价值指数为 12.000, 病虫害价值指数为 11.750, 初植密度价值指数为 3.818, 其他管理原因价值指数为 3.667, 种植冲突价值指数为 3.267, 干旱价值指数为 0.134, 其他因素价值指数在 0.640~2.2.941 之间。说明专家高估了造林时间、种苗质量、种植质量、树种选择、其他技术原因、病虫害、初植密度、其他管理原因和种植冲突对造林成活率(保存率)的影响, 低估了干旱对造林成活率(保存率)的影响。

## 4 讨论

### 4.1 关于影响因素

本文分析总结的影响因素是基于收集历年造林检查材料中有面积统计的因子, 缺少面积统计的因子未纳入影响评价, 如管理体制、林权纠纷、基础设施、资金投入等因子, 未作影响评价, 有待进一步研究。

### 4.2 关于影响因素的权重取值

采用的评价方法, 功能指数由专家打分获取, 各

项影响因子权重设置均等。影响因子权重设置不同, 功能指数计算结果差异明显, 对于不同的权重设置方法产生何种结果有待进一步研究。

### 4.3 关于成活率(保存率)与森林质量

本文分析研究的影响因子主要针对造林成活率(保存率), 对成林后的森林质量未作研究, 导致专家重点关注的立地条件、种苗质量等因子打分普遍偏高, 超出了常规认识。对于影响人工森林质量的因子有待进一步研究。

### 参考文献:

- [1] 施化云, 程汝青. 云南省 2006—2010 年造林绿化检查验收操作细则[S]. 2006.
  - [2] 施化云, 王雁, 李东, 等. 云南省 2011—2015 年林业双增目标责任状考核检查办法[S]. 2012.
  - [3] 施化云, 秋新选, 王雁, 等. 云南省 2006—2015 年度林业双增目标责任状考核检查报告[R]. 2016.
  - [4] 温庆忠, 秋新选, 周小平, 等. 云南省生态保护与建设规划(2014—2020 年)[Z]. 2015.
  - [5] 胡宗华. 云南省森林资源动态变化分析与评价[J]. 林业调查规划, 2017, 42(2): 87-94.
- 
- (上接第 9 页)
- [9] 方精云, 郭兆迪, 朴世龙, 等. 1981—2000 年中国陆地植被碳汇的估算[J]. 中国科学, 2007, 37(6): 804-812.
  - [10] 曾伟生. 云南省森林生物量与生产力研究[J]. 中南林业调查规划, 2005, 24(4): 1-13.
  - [11] 国家林业局. 国家森林资源连续清查技术规定(2004)[S]. 2004.
  - [12] 郭兆迪, 胡会峰, 李品, 等. 1977~2008 年中国森林生物量碳汇的时空变化[J]. 中国科学: 生命科学, 2013, 43(5): 421-431.
  - [13] 王雪军, 黄国胜, 孙玉军, 等. 近 20 年辽宁省森林碳储量及其动态变化[J]. 生态学报, 2008, 28(10): 4757-4764.
  - [14] 李海奎, 雷渊才. 中国森林植被生物量和碳储量评估[M]. 北京: 中国林业出版社, 2010: 29-31.
  - [15] 燕腾, 彭一航, 王效科, 等. 云南省森林生态系统植被碳储量及碳密度估算[J]. 西部林业科学, 2015, 44(5): 62-67.

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2018.03.007

## 西双版纳石灰山季雨林附生兰科植物种群动态研究

余东莉 杨正斌 宋志勇 王仕华

(西双版纳国家级自然保护区科学研究所,云南 景洪 666100)

**摘要:**运用定宽样线法研究西双版纳石灰山季雨林附生兰科植物种群丰富度及种群数量动态。3 年的监测结果显示:1)石灰山季雨林内附生兰科植物种类丰富(21 属 34 种),种群密度较低,为(0.6~24.9 株·丛)/hm<sup>2</sup>;2)种群丰富度年际波动明显(2~6 种),种群个体的更新速率快(3 年间的个体死亡率为 0~100%,新增率为 5.5%~100%,年际消亡率为 7%~100%);3)种群个体消亡的主要原因是人为采摘和物理致亡,由人为采摘和物理因素(附主枯死、基质脱落等物理因素及强风、动物等直接作用)导致的个体消亡分别占消亡总数的 43.6%和 36.4%。研究结果揭示,单凭立地森林植被的保护还不足以确保其内濒危附生兰科植物的长远保护。提出加强贸易管制,完善区域性就地保护体系设置等保护建议。

**关键词:**附生兰科植物;种群动态;种群丰富度;种群数量;个体消亡;石灰山季雨林;西双版纳

中图分类号:S718.54;S682.31 文献标识码:A 文章编号:1671-3168(2018)03-0034-06

## Dynamics of Epiphytic Orchid Population in Limestone Monsoon Forests of Xishuangbanna

YU Dongli, YANG Zhengbin, SONG Zhiyong, WANG Shihua

(Institute of Scientific Research of Xishuangbanna National Nature Reserve, Jihong, Yunnan 666100, China)

**Abstract:** The species abundance and population quantity of epiphytic orchids in the limestone monsoon forest of Xishuangbanna was studied based on the fixed-width line transect method. The research results of 3 years showed: 1) the epiphytic orchids in limestone monsoon forest had rich species (34 species in 21 genera) and relatively low species density (0.6~24.9 individual/hm<sup>2</sup>); 2) the fluctuation of species abundance was swift (2~6 species), and the regeneration of individuals was rapid for 3 years (mortality=0~100%, proportion of recruitment=5.5~100%; short-time annual mortality=7~100%); 3) the primary factors of the fluctuations in both species abundance and population quantity were human collecting and the deaths caused by physical factor (including the death of host, the loss of substrate and the direct impacts of strong wind and some wildlife), which accounted respectively for 43.6% and 36.4% of the dead or lost individuals. The results revealed that only the protection of forest might not be sufficient to ensure the long-term conservation of the endangered epiphytic orchid species. The suggestions of strengthening the trade control and establishing the regional local protection system were put forward.

**Key words:** epiphytic orchids; population dynamics; species abundance; population quantity; dead or lost individuals; limestone monsoon forest; Xishuangbanna

收稿日期:2018-01-25.

作者简介:余东莉(1971-),女,云南景洪人,高级工作师.研究方向:兰科植物种群生态.

通信作者:杨正斌(1967-),男,云南易门人,正高级工作师.研究方向:生物多样性监测.



种群动态研究是生态学研究的核心问题之一,同时也是濒危物种保护和资源可持续利用管理的重要理论基础。开展种群动态方面的研究,将有助于保护生物学家针对破碎的生境和不断变化的土地利用方式采用适合的保护和管理措施。

兰科(Orchidaceae)是国际自然保护联盟(IUCN)红色目录中收录受威胁种类最多的科<sup>[1]</sup>,已成为植物保护中的“旗舰”类群<sup>[2]</sup>。全世界现已知兰科植物约27 000种<sup>[3]</sup>,其中2/3属附生兰主要分布于热带森林<sup>[4]</sup>。然而,由于附生兰的生境特殊、个体细小、年龄难以准确判断、种子萌发不易观察、种群备受人为干扰等原因,长期近距离准确观察难以开展,制约了其种群动态方面的研究。目前,国内外关于野生附生兰种群动态的研究很少<sup>[5]</sup>,大多集中于分类系统、生物地理学或个别物种传粉机制方面,居群生物学和种群动态方面的研究较少,且绝大部分都是温带的类群<sup>[6-7]</sup>;而群落尺度上野生兰科植物种群丰富度及种群数量变化方面的研究则未见报道。因此,开展自然生境条件下野生兰科植物种类和种群数量的动态监测,对我国野生兰科植物资源的保护、可持续利用以及相关研究具有重要意义。

此次研究旨在通过群落尺度的种群统计学参数监测,量化附生兰科植物物种丰富度及其种群数量的动态,为热带地区野生兰科植物的保护管理和相关研究提供参考。研究拟回答3方面的问题:1)西双版纳石灰山季雨林附生兰植物的种类丰富度及种群数量如何?2)种类丰富度及种群数量的年际变化速率是多大?3)附生兰科植物种类丰富度及种群数量年际变化的主要原因是什么?

## 1 材料与方法

### 1.1 研究区概况

西双版纳位于21°09'~22°36'N,99°58'~101°50'E,属热带季风性气候区。一年内干湿两季明显,湿季(6—10月)降雨量集中了全年降水的82%~85%;干季由于早晚有浓雾,空气湿度较大,一定程度上弥补了降雨量的不足,以致该区虽然地处的纬度和海拔较高,但仍然具备了热带湿热气候的条件;年均温18~22℃,年降水量1 193.7~2 491.5<sup>[8]</sup>。西双版纳的石灰山山地呈南北走向,以块状分布于东部海拔600~1 500 m地带。该区石灰山山地的土壤和岩石比例随不同片区、坡位、坡向差异较大,总体上可分为2个主要类型。其一为典型的喀斯特石山,这种石山相对孤立且通常不与土山横向相联;

其二为土壤丰富的石山,此类石山通常较大,石山与周围的土山相关,山顶或山坡多为土壤所覆盖,仅局部地段有岩石出露。由于地形、土壤比例、岩石裸露程度及岩层厚薄程度的不同,致使石灰岩片区的小环境和气候差异显著<sup>[9]</sup>。石灰岩片区的植被为典型的石灰山季雨林,群落乔木层高度为20~35 m,盖度为65%~70%,主要树种有闭花木(*Cleistanthus sumatranus*)、棒柄花(*Cleidion brevipedunculatum*)、轮叶戟(*Lasiococca comberi*)、油朴(*Celtis wightii*)、缅桐(*Sumbaviopsis albicans*)、绒毛紫薇(*Lagerstroemia tomentosa*)等。

### 1.2 固定样线设置

在石灰山季雨林片区沿海拔梯度设2条固定样线(表1),样线单侧宽度5 m,总长度1 280 m。样线沿林内现有人行小路沿伸,样线的起、始点设为显明的大树并用红色油漆和铝牌进行标记。每年干季(1~5月)进行一次调查。2条样线均位于西双版纳国家级自然保护区勐仑片区内,人为活动相对较少。

### 1.3 数据收集

调查时,记录沿样线10 m范围(样线两侧各5 m)内附生兰科植物种名、着生区位、个体数量、附主植物、地理坐标、个体死亡或消失的原因。着生区位的划分:每一附主植物无论大小、高矮统一按其自然高度自下而上划分为5个区位(即1~5区),以便年度监测时查证各区段内兰科植物种类及个体数量的变化。对于成片或成簇的附生兰科植物,按已有的研究方法<sup>[10]</sup>采用是否具有明显边界来区分,无明显边界的一片记为1个个体,相反则记为另一个体;对生长在一起的不同种则分别各记为1个个体。

个体死亡或消失原因的认定:肉眼观察个体存在但已无明显光合活动迹象时,认定为已经死亡;原记录有的个体在对应区位灭失,认定为消失。根据生物学特性和可察痕迹将其死亡或消失的原因归为4类:生理性衰亡、物理致亡、人为采摘、其它。1)生理性衰亡:指个体或构件因自身的节律性休眠或自然代谢终结而消亡。判断依据为现存个体全部构件已无明显光合活动迹象。2)物理致亡:指由于附主植物的翻倒、枯死或枝条、树皮的剥落等物理因素和因动物或强风等外力的直接作用而导致个体坠落地面而灭失(不包含脱落后转到附主其它部位或其它树木并存活个体)。3)人为采集:特指有痕迹(用刀砍削或其它形式的生硬剥离)证明因人为采集等直接采集或破坏而导致个体灭失。4)其它,以上3类原因以外的间接作用而导致的个体灭失。

### 1.4 数据分析

根据调查数据,计算样区种群动态的 7 个参数(丰富度指数、种群密度,基期—末期的种群消失率、种群新增率、个体死亡率、个体新增率和年际个体消亡率),量化分析目标种群的动态。1) 样区物种丰富度指数,指一个群落或生境中物种数目的多少,计算公式为: $R=S$ (式中  $R$  为物种丰富度指数, $S$  为样区内目标物种的种类数量)。2) 种群密度,指单位面积内目标种群个体的数量(按有记录年份的均值计算);计算公式: $Di=(1000 \times Wi/A)/T$ (式中, $Di$  为第  $i$  种群的个体密度, $Wi$  为取样范围内第  $i$  种群的个体总数, $A$  为取样总面积( $\text{hm}^2$ ), $T$  为记录到该种群个体的次(年)数)。3) 种群消失率,指死亡和消失的种数占基期记录总数的比例,计算公式: $V=(M/S0) \times 100$ , (式中, $V$  为种群消失率, $M$  为死亡和消失(基期记录到但末期未记录到)的种类数量, $S0$  为基期记录到的种类数量)。4) 种群新增率,指新出现的种数占末期记录总数的比例。计算公式: $R=(O/S1) \times 100$ (式中, $O$  为新增(基期未记录到但末期记录到)的种类数量, $S1$  为末期记录到的种类数量)。5) 个体死亡率,指监测期内某一种群死亡和消失的个体数占基期该种群个体总数的比例。计算

公式: $V_i=(M_i/NO_i) \times 100$ (式中, $V_i$  为  $i$  种群的死亡率, $M_i$  为  $i$  种群死亡和消失的个体数, $NO_i$  为基期  $i$  种群的个体总数)。6) 个体新增率,指监测期内某一种群新出现的个体占末期该种群个体总数的比例。计算公式: $R_i=(O_i/N1_i) \times 100$ (式中, $R_i$  为  $i$  种群的个体新增率, $O_i$  为  $i$  种群新增的个体数, $N1_i$  为末期  $i$  种群个体总数)。7) 短期年际个体消亡率<sup>[11]</sup>。计算公式: $m=1-(N1/NO)^{(1/t)}$ (式中, $m$  为个体消亡率(%), $NO$  为第 1 次调查的种群个体数, $N1$  为最后一次调查的种群个体数量, $t$  为基期至末期的时间(a))。

## 2 结果与分析

### 2.1 植物的丰富度及多度

2015—2017 年,样区内共记录到附生兰科植物 21 属 34 种,种群密度为 0.6~24.9 株(丛)/ $\text{hm}^2$ (表 1)。其中,密度<1 株(丛)的有 8 种(23.5%);密度为 1~2 株(丛)的有 9 种(26.5%);密度为 3~5 株(丛)的有 4 种(11.8%);密度>5 株(丛)的有 13 种(38.2%)。

表 1 附生兰科植物种群个体数量变化统计(2015—2017 年)

Tab.1 Quantity dynamics of epiphytic orchids individuals(2015—2017)

附生兰科植物种群	密度/ (株(丛)· $\text{hm}^{-2}$ )	个体数量/株(丛)			短期年际 消亡率/ %	变化 类型
		2015	2016	2017		
直唇卷瓣兰 <i>Bulbophyllum deliescens</i>	0.6	1		1	0	不变
大序隔距兰 <i>Cleisostoma paniculatum</i>	0.6		1		NA	NA
疏茎贝母兰 <i>Coelogyne suaveolens</i>	1.8		3		NA	NA
纹瓣兰 <i>Cymbidium aloifolium</i>	9.2	17	12	17	0	不变
硬叶兰 <i>Cymbidium bicolor</i>	1.0	1	3	1	0	不变
香花毛兰 <i>Eria javanica</i>	7.6	13	12	13	0	不变
须唇羊耳蒜 <i>Liparis barbata</i>	0.6		1		NA	NA
钗子股 <i>Luisia morsei</i>	0.6	1	1	1	0	不变
条裂鸢尾兰 <i>Oberonia jenkinsiana</i>	2.4	4		4	0	不变
裂唇鸢尾兰 <i>Oberonia pyrulifera</i>	12.7		21		NA	NA
凤蝶兰 <i>Papilionanthe teres</i>	3.0	5		5	0	不变
多穗兰 <i>Polystachya concreta</i>	0.6		1		NA	NA
钻喙兰 <i>Rhynchostylis retusa</i>	0.6		1		NA	NA
掌唇兰 <i>Staurochilus dawsonianus</i>	17.7	40	8	40	0	不变
白柱万带兰 <i>Vanda brunnea</i>	1.8		3		NA	NA

续表 1

附生兰科植物种群	密度/ (株(丛)· hm <sup>-2</sup> )	个体数量/株(丛)			短期年际 消亡率/ %	变化 类型
		2015	2016	2017		
多花指甲兰 <i>Aerides rosea</i>	2.4	4	4	4	0	平衡
无茎盆距兰 <i>Gastrochilus obliquus</i>	3.6	7	4	7	0	平衡
矮万带兰 <i>Vanda pumila</i>	1.2	2		2	0	平衡
多花脆兰 <i>Acampe rigida</i>	5.0	10	7	8	7	减
梳帽卷瓣兰 <i>Bulbophyllum andersonii</i>	10.4	21	17	14	13	减
密花石豆兰 <i>Bulbophyllum odoratissimum</i>	4.8	8	11	5	15	减
长叶隔距兰 <i>Cleisostoma fuerstenbergianum</i>	5.4	11	8	8	10	减
禾叶贝母兰 <i>Coelogyne viscosa</i>	12.4	34	15	13	27	减
景洪石斛 <i>Dendrobium exile</i>	10.2	19	17	15	8	减
流苏石斛 <i>Dendrobium fimbriatum</i>	7.4	13	14	10	8	减
粗脉石仙桃 <i>Pholidota pallida</i>	10.8	20	16	18	3	减
竹枝石斛 <i>Dendrobium salaccense</i>	0.6	1	1		1	消失
全唇鸢尾兰 <i>Oberonia integerrima</i>	1.2	2			1	消失
扇唇指甲兰 <i>Aerides flabellata</i>	2.4		5	3	NA	新增
绒兰 <i>Dendrolirium tomentosa</i>	2.4			4	NA	新增
节茎石仙桃 <i>Pholidota articulata</i>	0.6		1	1	NA	新增
兜唇石斛 <i>Dendrobium aphyllum</i>	6.8	12	8	14	-5	增
钻柱兰 <i>Pelatantheria rivesii</i>	22.7	40	25	48	-6	增
大喙兰 <i>Sarcoglyphis smithianus</i>	24.9	52	17	55	-2	增

注:NA(不适用),负值(表示增长)

### 2.2 种群丰富度的年际变化

2015—2017年,样区内记录到的附生兰科植物分别为 17 属 24 种(2015 年)、19 属 28 种(2016 年)、18 属 25 种(2017 年)。其中,3 年均记录到的有 18 种(占 52.9%),仅 2 年记录到的有 7 种(占 20.6%),仅 1 年记录到的有 9 种(占 26.6%)(表 1)。与样区总记录数(21 属 34 种)相比,3 年间属级的年际变幅达 9.5%~19%(2~4 属),种级的变幅达 28.6%~47.6%(6~10 种)。

2015—2017 年,原记录到的种群消失率达 33.3%,而新加入的种群占末期种群总数的比例达 32.1%(表 2)。

### 2.3 种群及个体数量变化

末期(2017 年)和基期(2015 年)相比,新增了 3 个种群,消失了 2 种群,净增 1 属 1 种。基期和末期均记录到的 29 个种群中,个体数量保持不变和平衡的有 18 个种群,占 62.1%;个体数量呈现增长的有 3 个种群,占 10.3%;个体数量减少的有 8 个种群,占记录总数的 27.6%。种群个体数量增减幅度为 5.58%~100%(2~21 株/丛,平均增减幅度达 36.7%)。

表 2 附生兰科植物种群的年际变化(2015—2017 年)

Tab. 2 Inter-annual dynamics of epiphytic orchids population(2015—2017)

监测时段	起始 种数	末期 种数	消失 种数	新增 种数	净增 减种数	消失 率/ %	新增 率/ %
2015—2016 年	24	28	5	9	4	20.8	32.1
2016—2017 年	28	25	2	5	3	7.1	20.0
2015—2017 年	24	25	8	3	-5	33.3	12.0

个体出现死亡或消失的共有 13 个种群(含消失的 2 个种群),占基期记录种群总数的 54.2%,个体的死亡率为 10%~100%,平均死亡率为 48.2%;记录到新增个体的共有 6 个种群(不含新增的 3 个种群),占基期记录种群总数的 25%。末期新增个体的比例(新增率)为 5.5%~100%,平均新增率为 38.2%。3 年间种群个体的年际死亡率为 7%~100%。

### 2.4 个体死亡或消失的原因

统计显示,2015—2017 年死亡或消失的个体共

计 55 株(丛);因人为采摘、物理致死、生理性衰亡及其它不能确定原因而死亡或消失的个体数分别占 43.6%、36.4%、10.9%、9.1%。统计结果表明,人为采摘和物理致死是导致样区附生兰科植物个体消亡的首要原因(表 3)。

表 3 附生兰科植物种群个体死亡或消失数量  
(2015—2017 年)

Tab. 3 Dead or lost quantity of epiphytic orchids  
individuals (2015—2017)

中文名	拉丁名	死亡/ (消失) 数量/ 株 (丛)	损失数量分类			
			A	B	C	D
多花脆兰	<i>Acampe rigida</i>	2	1	1		
多花指甲兰	<i>Aerides rosea</i>	2		2		
梳帽卷瓣兰	<i>Bulbophyllum andersonii</i>	7	2	2		
密花石豆兰	<i>Bulbophyllum odoratissimum</i>	3	1		2	
长叶隔距兰	<i>Cleisostoma fuerstenbergianum</i>	3		3		
禾叶贝母兰	<i>Coelogyne viscosa</i>	21	1	2	4	
景洪石斛	<i>Dendrobium exile</i>	4	1	2		
流苏石斛	<i>Dendrobium fimbriatum</i>	3			3	
无茎盆距兰	<i>Gastrochilus obliquus</i>	3			2	
粗脉石仙桃	<i>Pholidota pallida</i>	2		5	12	4
竹枝石斛	<i>Dendrobium salacense</i>	1		1	1	
全唇鸢尾兰	<i>Oberonia integerrima</i>	2				1
矮万带兰	<i>Vanda pumila</i>	2		2		

注:A:生理性衰亡,B:物理致死,C:人为采摘,D:其它

### 3 结论与讨论

本次研究采用定宽样线法(Fixed-width strip transect method)对西双版纳石灰山季雨林的附生兰科植物物种丰富度和种群数量进行了为期 3 年的连续监测。研究发现,西双版纳石灰山季雨林内附生兰科植物种类丰富,种群个体密度较低;种群丰富度年际波动明显,种群个体的更新速率快(表 1,表 2);种群个体消亡的主要原因是人为采摘和物理致死(表 3)。

众所周知,多数兰科植物对生境的要求较为严格,生活史复杂多样,这对兰科植物种群动态研究的

方法上提出了挑战。由于研究区内生境的水平和垂直方向上差异显著<sup>[9]</sup>,兰科植物的空间分布极为不均<sup>[12]</sup>。与常规的样方法相比,采用定宽样线法可在相同的调查投入条件下,提高调查取样的比例和实际生境的代表性,降低抽样误差。同时,由于难以进行抵近观察,密林中部分附生兰科植物小苗,甚至成年植株与背景的对照不明显,可探测性较低,选择在干季大部分林木换叶或落叶时进行调查有利于降低野外观测的工作误差。

对照 2008 年时的相关记录<sup>[13]</sup>,研究区的附生兰种群密度相对较低。一方面可能与当地石灰山季雨林群落结构及组成的自然更新直接有关,部分高大乔木的自然枯死或翻倒<sup>[14-15]</sup>常常直接导致许多附生兰个体的快速消亡;另一方面,可能与人们对野生观赏类和药用类附生兰科植物的追求直接相关<sup>[16]</sup>。

人为采摘和物理致死成为自然保护区内种群个体消亡的主要原因,说明单凭立地森林植被的保护还不足以确保濒危附生兰科植物的长远保护。研究区流苏石斛种群动态的相关研究<sup>[6]</sup>也得出类似结论。对于种群密度低、空间分布相对狭窄的附生兰种而言,尽管其赖以生存的栖息环境得到较好的保护,但由于物理致死可能性的存在,局域灭绝的风险也依然存在;高度片断化的种群,局域灭绝的风险可能会更高。尽管附生兰科植物种群可通过外力作用发生垂直方向和水平方向的转移进行扩散,从而抵御局部地段种群和个体消亡的风险,但这种方式通常仅适用于对异质环境适应能力较强的种类。与此同时,商业性的人为采摘对局域种群丰富度和种群数量的影响则更为直接和迅速<sup>[17]</sup>。

鉴于研究区附生兰科植物种群波动的原因提出以下建议:1)加强野生兰科植物资源贸易的管制,抑制野生资源的过度利用;2)完善区域性野生兰科植物就地保护体系设置,增强其抵御生境破碎化、全球气候变化等因素的能力。

由于时间限制,本次研究未能涉及更长时间段的种群动态,附生兰属多年生的构件生物,短期内的种群动态表现与其长期性的种群动态特征可能有所不同。此外,附生兰科植物种群部分个体在外力作用下发生垂直方向和水平方向的转移会加大局部地段附生兰种群和个体消亡的风险,但同时也存在通过这种扩散形式降低局地灭绝风险的可能,尽管这种形式通常只适用于对异质环境适应能力较强的种类。因此,连续生境和破碎化生境条件下附生兰科

植物种群扩散也是急待研究的问题之一。

### 参考文献:

- [1] IUCN (2017) IUCN red list of threatened species [EB/OL]. Version 2017.
- [2] 罗毅波,贾建生,王春玲. 中国兰科植物保育的现状和展望[J]. 生物多样性,2003,11(1):70-77.
- [3] ZOTZ G, WINKLER U. Aerial roots of epiphytic orchids, the velamen radicum and its role in water and nutrient uptake[J]. *Oecologia*, 2013, 171(3):733-741.
- [4] GENTRY A H, DODSON C. Contribution of nontrees to species richness of a tropical rain forest [J]. *Biotropica*, 1987, 19(2):149-156.
- [5] MONDRAGÓN D, ELLIOTT D D. The Population Dynamics of Epiphytic Orchids, A Review and Methodological Guide[M]// *Treetops at Risk*. Springer New York, 2013: 377-385.
- [6] 刘强,殷寿华,兰芹英. 濒危兰科植物流苏石斛的种群数量动态[J]. 应用与环境生物学报,2012,18(4):565-570.
- [7] 黄宝强,罗毅波,唐思远,等. 国外野生兰科植物种群动态评估及对我国野生兰科植物保护的启迪[J]. 四川林业科技,2010,31(4):98-102.
- [8] 西双版纳国家级自然保护区管理局. 西双版纳国家级自然保护区[M]. 昆明:云南教育出版社,2006.
- [9] 王洪,朱华,李保贵. 西双版纳石灰山森林植被[J]. 广西植物,1997,17(2):101-117.
- [10] ZOTZ G. The population structure of the vascular epiphytes in a lowland forest in Panama correlates with species abundance [J]. *J Trop Ecol*, 2007, 23(3):337-342.
- [11] SHEIL, D. F. R. P. BURSLEM, D. ALDER. The interpretation and misinterpretation of mortality rate measures [J]. *Journal of Ecology*, 1995, 83:331-333.
- [12] 杨正斌,余东莉,刘强. 西双版纳兰科植物海拔分布格局[J]. 林业调查规划,2014,39(3):71-75.
- [13] 余东莉,刘强. 西双版纳国家级自然保护区野生兰科植物多样性评价及保护对策[J]. 林业调查规划,2008,33(6):27-29.
- [14] 杨正斌,余东莉. 西双版纳石灰山季雨林四数木—闭花木—多花白头树群落动态研究[J]. 林业调查规划,2013,38(5):23-31.
- [15] 戚剑飞,唐建维. 西双版纳石灰山季雨林的生物量及其分配规律[J]. 生态学杂志,2008,27(2):167-177.
- [16] 高江云,刘强,余东莉. 西双版纳的兰科植物多样性和保护[M]. 北京:中国林业出版社,2014.
- [17] 宋亚琼,刘芝龙, Sophie Willian, 等. 西双版纳兰科植物集市贸易特点和保护启示[J]. 生物多样性,2017, 25(5):531-539.

(上接第15页)

遥感事业发展日新月异,随机森林算法应用于国产高分辨率影像分类提取还有待今后进一步深入研究。

### 参考文献:

- [1] 李红英,骆成凤,王苑,等. Landsat8 影像中云和阴影的去除方法及应用[J]. 地理空间信息,2017(4):71-74.
- [2] CATALIN-DUMITRESCU C. A simple method of determining cloud-masks and cloud-shadow-masks from satellite imagery[J]. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, 2014, 11(1):10-13.
- [3] 李炳燮,马张宝,齐清文,等. Landsat TM 遥感影像中厚云和阴影去除[J]. 遥感学报,2010,14(3):534-545.
- [4] 鹿丰玲,现在武. 基于随机森林算法构建云-云阴影-水体掩模[J]. 国土资源遥感,2016,28(3):73-79.
- [5] 云雅,夏勇,张锦水,等. 采用单时相法的高分一号数据云/阴影检测[J]. 遥感信息,2017,32(4):35-40.
- [6] 郑文武,邓运员. 基于 LSMA 的 TM 影像云和阴影的检测与去除方法[J]. 测绘科学,2010,35(3):62-65.
- [7] 姚登举,杨静,詹晓娟. 基于随机森林的特征选择算法[J]. 吉林大学学报(工学版),2014,44(1):137-141.
- [8] 范士俊. 基于随机森林的全波形点云数据分类研究[J]. 首都师范大学学报(自然科学版),2013,34(5):71-73,78.
- [9] CHAVEZ P S, BERLIN G L, SOWER L B. Statistical method for Selecting Landsat MSS ratio [J]. *Journal of applied photographic engineering*, 1982, 1(8):23-30.
- [10] 郭彤. 改进最佳指数的高光谱快速波段选择方法[J]. 激光杂志,2016,37(9):48-50.
- [11] QUINLAN J R. Induction of decision tree [J]. *Machine Learning*, 1986, (1):81-106.
- [12] 蔡林霖. 随机森林的模型选择及其并行化方法[D]. 哈尔滨:哈尔滨工业大学,2013.

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2018.03.008

## 望云山森林公园森林景观稳定性评价

钟海智

(广东省林业调查规划院, 广东 广州 510520)

**摘要:**以 2010 年森林资源二类调查数据为信息源,对望云山森林公园森林景观稳定性进行评价。基于面积信息守恒评价法、景观指数粒度效应和移动窗口法确定了分析的适宜粒度为 60 m,移动窗口半径为 300 m。基于主成分分析法筛选出分离度(DIVISION)、香农多样性指数(SHDI)、平均分维数(PARA\_MN)、聚合度指数(AI)、景观形状指数(LSI)、斑块密度(PD)6 个指标,通过 2 个主成分方差贡献率和各景观指数的得分系数确定其权重分别为 0.292 3、0.196 9、0.146、0.141 7、0.132 1、0.090 9。采用克里金插值和自然间断点分级法将公园景观稳定性分为 4 级,其中稳定区面积所占比例为 47.95%,不稳定区占 52.05%,表明望云山森林公园整体景观稳定性较差,森林景观有待加强保护。

**关键词:**森林景观;粒度效应;景观稳定性;主成分分析法;面积信息守恒评价法;望云山森林公园

中图分类号:S759.91;Q149;F224.5 文献标识码:A 文章编号:1671-3168(2018)03-0040-07

## Evaluation on the Landscape Stability of Wangyun Mountain Forest Park

ZHONG Haizhi

(Guangdong Forestry Survey and Planning Institute, Guangzhou 510520, China)

**Abstract:** The landscape stability of Wangyun Mountain Forest Park was evaluated based on the data of forest resource inventory and planning in 2010. The evaluation method of area information conservation, the grain effect of landscape indexes and the moving window method determined that the appropriate granularity was 60 meters and the optimal quadrat scale was 300 meters. This paper screened out DIVISION, SHDI, PARA\_MN, AI, LSI and PD indicators and calculated the weights of the six indexes were 0.2923, 0.1969, 0.146, 0.1417, 0.1321 and 0.0909 respectively by using the principal component analysis. The landscape stability was divided into four levels by Kriging interpolation and natural discontinuous point classification, the stable region and the unstable region accounting for 47.95% and 52.05% respectively, which indicated that the poor landscape stability of Wangyun Mountain Forest Park should be protected.

**Key words:** forest landscape; grain size effect; landscape stability; principal component analysis; evaluation method of area information conservation; Wangyun Mountain Forest Park

森林景观是指某一特定区域里的数个异质森林群落或森林类型构成的复合森林生态系统,景观尺

收稿日期:2018-01-28.

作者简介:钟海智(1981-),男,广东河源人,工程师,经济师。主要从事林业经济、林业调查规划工作。Email:hzz163163@163.com

度是研究森林经营可持续发展的适当尺度<sup>[1]</sup>。森林景观的异质性、多样性和稳定性是森林景观研究的重要内容<sup>[2-4]</sup>。由于森林景观结构、功能上的复杂性以及时空上的动态变化,加上稳定性表达的多样化,使得森林景观稳定性评价十分困难<sup>[5]</sup>。本文以望云山森林公园 2010 年森林资源二类调查数据为基础,运用面积信息守恒评价、移动窗口法、主成分分析法及克里金插值等方法对望云山森林公园景观稳定性进行分析评价,以期为望云山森林公园森林资源的管理提供理论依据及参考。

### 1 研究区概况

望云山森林公园位于湖南省隆回县东北部,地理坐标为北纬 27°30'07"~27°34'05"、东经 110°59'03"~111°2'34"。属中亚热带湿润季风气候区,四季分明、热量充足、雨水集中、严寒期短、暑热期长。年均温 12.2℃,年均空气相对湿度 81%,年均降水量 1 600 mm。地貌类型为中山地貌,最高海拔 1 492 m(望云山顶),最低海拔 645 m,平均海拔 1 163.5 m,坡度在 20°~50°。地形总体上沟谷纵横,山坡陡峭。森林公园总面积 2 008.3 hm<sup>2</sup>,其中林地面积 1 958.2 hm<sup>2</sup>,森林覆盖率 92.4%。海拔 1 100 m 以下主要植被类型为杉木林、马尾松林、马褂木林等人工林植被,海拔 1 100 m 以上主要有杜鹃、灌木林等天然植被及少量的山顶灌草丛。

### 2 研究方法

#### 2.1 数据来源与处理

本文所用数据为望云山森林公园 2010 年森林资源二类调查数据及数字林相图。根据地类、起源、优势树种,将森林公园景观类型划分为杉木人工林、马尾松人工林、马尾松天然林、灌木林等 8 种森林景观类型(图 1),各景观类型特征见表 1。其他地类包括采伐迹地、宜林荒山荒地和耕地。

#### 2.2 景观格局指数的粒度效应

尺度问题是景观生态学研究的核心问题之一,尺度的变化对景观格局的定量分析结果会产生不同程度的影响,因此在景观格局分析中,选择合适的分析尺度很有必要。尺度主要指空间上的粒度和幅度。通常研究范围确定以后,空间幅度也随之确定,所以研究景观的尺度效应主要是研究尺度的粒度效应<sup>[6]</sup>。景观格局指数可以将复杂格局的结构组成

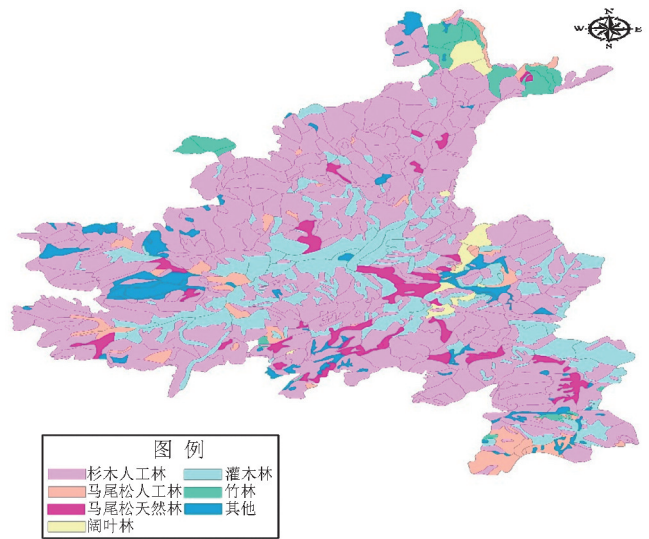


图 1 森林公园景观类型

Fig. 1 Landscape types of forest park

表 1 森林景观类型特征

Tab. 1 Landscape characteristics

森林景观类型	斑块数	斑块数占比/%	面积/hm <sup>2</sup>	面积占比/%
杉木人工林	340	54.14	1740.4778	65.81
灌木林	104	16.56	442.6907	16.74
其他	73	11.62	122.4965	4.63
马尾松人工林	41	6.53	110.7969	4.19
马尾松天然林	37	5.89	103.7999	3.92
竹林	22	3.50	79.0965	2.99
阔叶林	11	1.75	45.3081	1.71
总计	628	100	2644.6663	100

和配置特征等信息定量化,在粒度效应研究中,用于探讨空间粒度的响应规律、特定景观的合适尺度、格局形成的过程及特征等。本文通过面积信息守恒评价法和斑块类型水平指数、景观水平指数在不同粒度下的响应曲线来确定最适宜分析的粒度。

面积信息守恒评价法<sup>[7]</sup>是定量评价粒度化后研究区景观类型信息损失精度的有效方法,以景观面积变化指数  $S_i$  来评价粒度化后面积精度。 $S_i$  越大,表明粒度化后各景观类型面积精度越差,其表达式为:

$$L_i = \frac{A_i - A_{bi}}{A_{bi}} \times 100\% \quad (1)$$

$$S_i = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n L_i^2}{n}} \quad (2)$$

式(1)和(2)中: $L_i$  是面积损失的相对值, $A_i$  是某类型景观粒度化后的面积, $A_{bi}$  是该类型在粒度化前的面积, $S_i$  表示景观类型面积变化指数, $n$  表示区域景观类型数目。

依据陈端吕<sup>[8]</sup> 等的方法计算,取最小粒度为 20 m,最大粒度为 200 m,以 10 m 为间隔,得到 19 个粒度等级的栅格图像。

### 2.3 移动窗口法

移动窗口法<sup>[9]</sup> 是通过计算窗口内所选的景观指标,输出对应的栅格图,以观察景观格局空间变异状况,它可以使景观空间格局信息明晰化。

### 2.4 景观稳定性评价模型

选取斑块密度(PD)、景观形状指数(LSI)、平均分维数(PARA\_MN)、景观分离度(DIVISION)、香农多样性指数(SHDI)、聚合度指数(AI)这 6 个景观指数,基于主成分分析法,计算各指标权重,构建景观稳定性评价模型。

### 2.5 克里金插值

克里金插值法<sup>[10]</sup> 又称空间自协方差最佳插值法,通过对插值点附近的属性值进行加权运算,从而对待插值点的属性进行预测,其原理类似于待插值点权重法。本文应用 ArcGIS 中的克里金插值工具对样点进行插值,从而得到各区域的稳定性得分。

### 2.6 自然间断点分级法

自然间断点分级法是基于栅格属性值的自然分组,在分类过程中通过不断调整分类边界,将各类离差平方和减小,使类内方差尽可能小,类间方差尽可能大<sup>[11]</sup>。该方法可在 ArcGIS 中快速实现。本文通过 ArcGIS 重分类工具,基于自然间断点分级法将望云山森林公园森林景观稳定评价分为 4 级,分别为 I 级(极不稳定区)、II 级(一般不稳定区)、III 级(一般稳定区)、IV 级(极稳定区)。

## 3 结果与分析

### 3.1 景观指数粒度效应分析

图 2 为各景观指数不同粒度下的响应曲线。由图 2 可知,不同景观指数对空间粒度表现出不同的变化规律,但大致表现为以下 2 种:1) 曲线平缓下降,无明显转折点。此类指数有 5 个,即斑块数量(NP)、斑块密度(PD)、景观形状指数(LSI)、聚集度指数(AI)和平均分维数(PARA\_MN)。2) 曲线有明显转折点,并出现明显震荡。此类指数有 3 个,即最大斑块指数(LPI)、景观分离度(DIVISION)和香农

多样性指数(SHDI)。

第一类景观指数粒度响应曲线转折点不明显,这与景观空间格局存在复杂的关系,但其均随着粒度的增大,景观指数值减小,也在一定程度上反映了景观格局特征会随着粒度的变化而出现等级层次<sup>[12]</sup>。第二类指数表现出明显的粒度效应,有明显的尺度转折点。均在粒度大于 140 m 时开始出现明显震荡,表明随着粒度增大,栅格单元能够改变斑块边界的复杂程度、降低景观格局的复杂性、吞没一些较小的斑块单元,从而导致景观指数值发生一系列的变化。尺度转折点的存在,说明景观特征会在尺度转折点附近发生较大变化。而不同指数的尺度转折点并不一致,这是由于不同景观指数反映景观特征的不同方面引起的。相应地,景观整体特征的尺度转折点也并不是一个确定的数值,而是一个相对较小的区间,在这个区间内,景观指数值的突变现象比较普遍,而不同指数值的突变点并不完全相同。

根据折线拐点分布情况和不同粒度下各景观指数变化趋势,选定适宜尺度域 20~60 m 和 70~260 m。此栅格粒度域内,景观指数变化能够有效反映研究区域内景观格局变化程度和趋势。

根据面积信息守恒评价法计算得图 3。由图 3 可见,70~260 m 粒度范围内,面积损失较大,此粒度范围内不宜作为景观格局分析。综合考虑景观信息准确性和计算工作量,选择 60 m 作为适宜分析粒度。

基于移动窗口法,在适宜粒度为 60 m 的基础上,为避免破碎像元带来的数据处理冗余与误差,选择 60m 的奇数倍作为移动窗口半径,即 60 m、180 m、300 m、420 m、540 m、660 m、780 m、900 m,共 8 个移动窗口半径。在研究区选择 50 个随机点,观察其指数随移动窗口半径的变化情况(图 4),确定较合适的分析窗口为 300 m。

### 3.2 景观稳定性评价

#### 3.2.1 指标权重确定

选取斑块密度(PD)、景观形状指数(LSI)、平均分维数(PARA\_MN)、景观分离度(DIVISION)、香农指数(SHDI)和聚合度指数(AI)6 个景观指标,构建望云山森林公园景观稳定性评价模型。由于各景观指数量纲不统一,需对各景观指数无量纲处理。对于正向指标采用以下公式进行处理。

$$X'_i = \frac{X_i - X_{\min}}{X_{\max} - X_{\min}} \quad X'_i = \frac{X_{\max} - X_i}{X_{\max} - X_{\min}}$$

香农指数(SHDI)和聚合度指数为正向指标,其



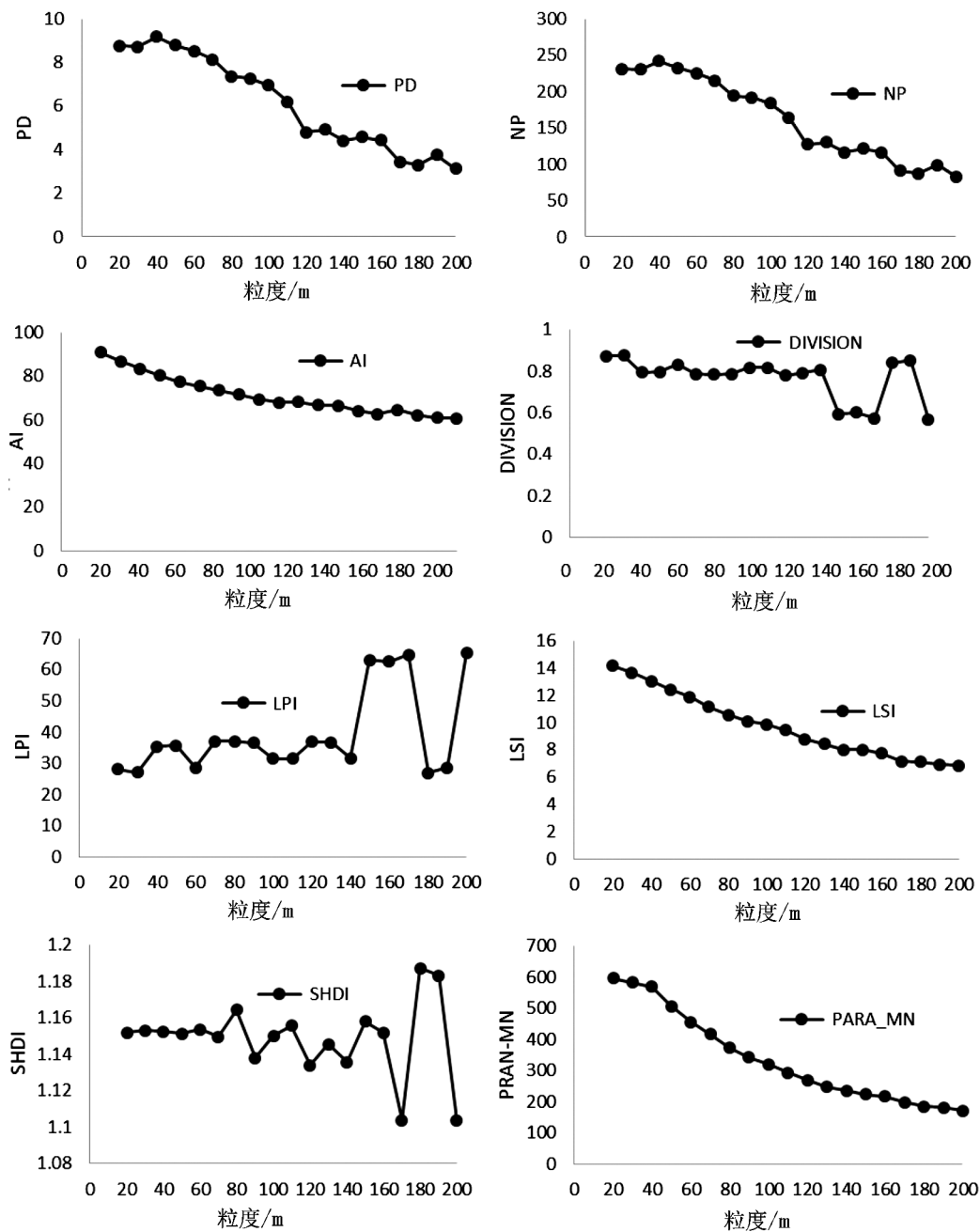


图 2 景观指数随粒度变化

Fig. 2 Variation of landscape indexes with different grain sizes

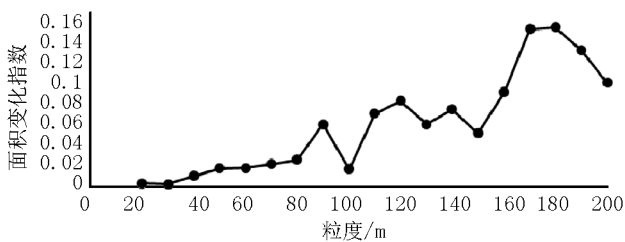


图 3 不同粒度下面积变化指数

Fig. 3 Variation of land area indexes with different grain sizes

余指数为负向指标。由表 2 可知,提取前 2 个成分为主成分,累积方差贡献率为 85.985%,满足主成分分析 85%的精度要求。通过 2 个主成分 的方差贡献率及各景观指数的得分系数,得到望云山森林公园景观稳定性评价模型各指标权重(表 3)。各景观指标权重值大小依次为分离度(DIVISION)、香农多样性指数(SHDI)、平均分维数(PARA\_MN)、聚合度指数(AI)、景观形状指数(LSI)、斑块密度(PD)。景观分离度权重值最大,对景观稳定性影响

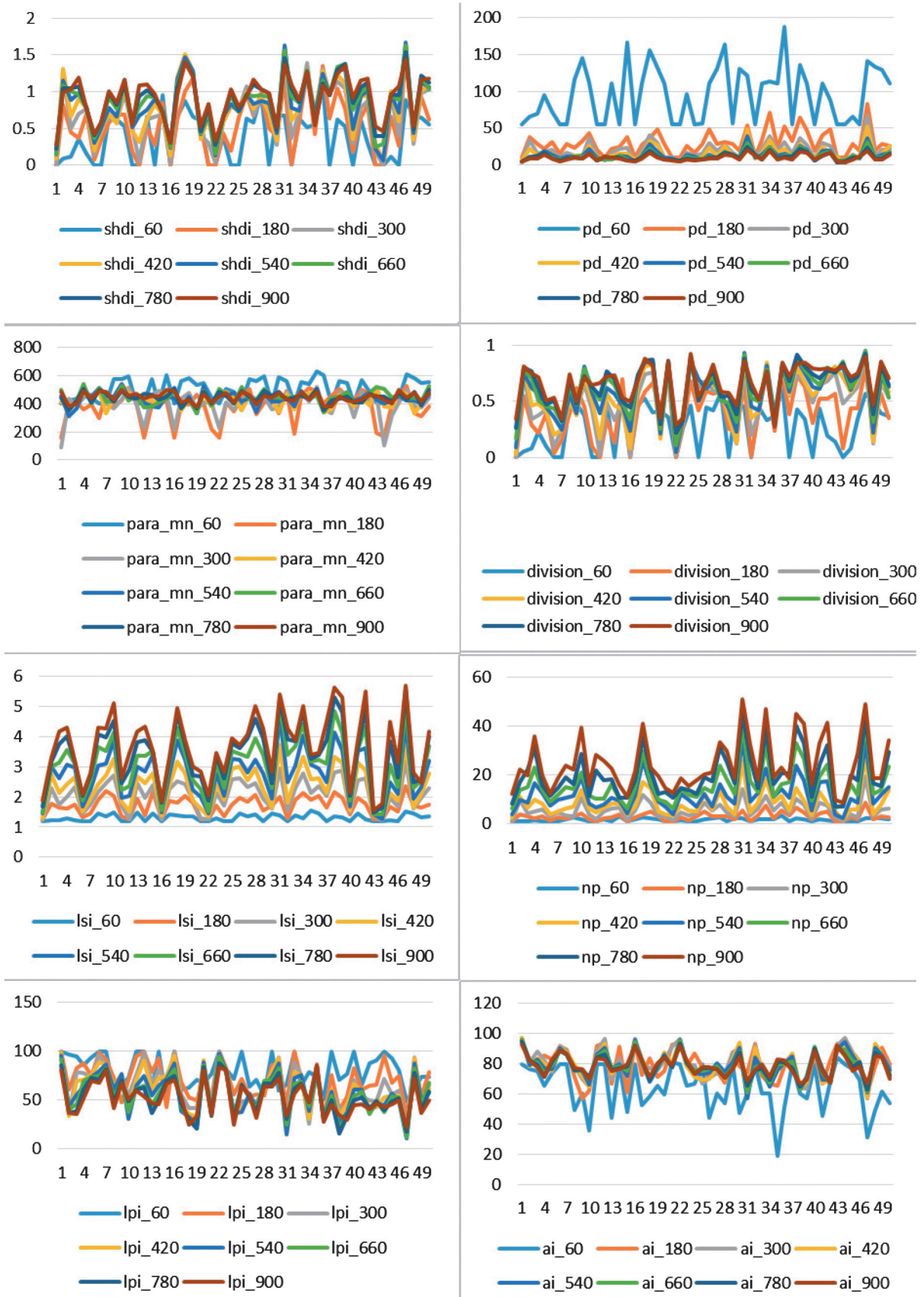


图 4 不同幅度下样点景观指数变化

Fig. 4 Variation of landscape indexes with different spatial extents

表 2 各因子贡献率和累积方差贡献率

Tab. 2 Contribution rates of the indicators and the cumulative variance

成份	初始特征值			提取平方和载入			旋转平方和载入		
	合计	方差的 %	累积 %	合计	方差的 %	累积 %	合计	方差的 %	累积 %
1	4.309	71.824	71.824	4.309	71.824	71.824	3.141	52.355	52.355
2	1.150	14.160	85.985	1.150	14.160	85.985	2.018	33.630	85.985
3	0.424	7.063	93.047						
4	0.262	4.361	97.408						
5	0.126	2.106	99.514						
6	0.029	0.486	100.000						

表 3 各指标权重

Tab. 3 Weights of all indicators

景观指数	AI	DIVISION	LSI	PARA_MN	PD	SHDI
权重	0.1417	0.2923	0.1321	0.146	0.0909	0.1969

表 4 森林公园各景观稳定性等级面积

Tab. 4 Areas of different levels of landscape stability

类别	极不稳定区	一般不稳定区	一般稳定区	极稳定区
取值范围	0.13965 ~ 0.376098	0.376098 ~ 0.48644	0.48644 ~ 0.588901	0.588901 ~ 0.809585
面积/hm <sup>2</sup>	491.58	836.01	746.91	476.1
面积所占比例/%	19.27	32.78	29.28	18.67

最显著:斑块密度权重值最小,对景观稳定性影响较小。

### 3.2.2 景观稳定性空间分布特点

基于构建的景观稳定性评价模型,计算各点的稳定性得分值,并利用克里金插值方法,得到森林公园景观稳定性分布。采用自然间断点分级法,将望云山森林公园森林景观稳定评价分为 4 级,各级稳定性得分取值及面积见表 4。稳定区占面积比例为 47.95%,不稳定区占 52.05%,表明望云山森林公园整体景观稳定性较差,有待加强环境保护。不稳定区中,极不稳定区面积占 19.27%,主要分布在黄牯斗架区附近,该区域分布景点多,人为干扰严重,且植被类型主要为人工杉木纯林,树种单一;一般不稳定区面积占 32.78%。该区面积最大,景观呈破碎化状态,且分散于整个景区中,不利于森林公园景观稳定性,应加强保护。稳定区中,极稳定区面积最小,占 18.67%,主要分布于森林公园生态保育区内,该区植被丰富,保护较好;一般稳定区面积占 29.28%,该区与一般不稳定区分布规律相似,分散于整个森林公园中,但其植被构成较一般不稳定区丰富(图 5)。

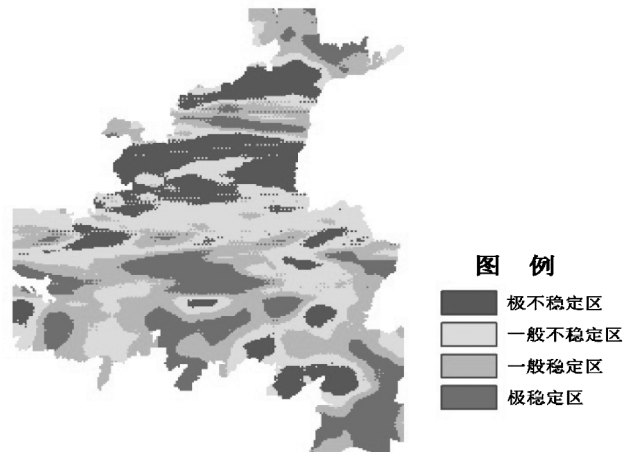


图 5 森林公园景观稳定性分布

Fig. 5 Distribution of landscape stability

## 4 结论与讨论

### 4.1 结论

1) 基于面积信息守恒评价法、景观格局指数粒度效应,得到适宜分析的栅格粒度为 60m,基于移动

窗口法得到适宜分析窗口尺寸为 300 m。

2) 基于主成分分析法构建了望云山森林公园景观稳定性评价模型,分离度(DIVISION)、香农多样性指数(SHDI)、平均分维数(PARA\_MN)、聚合度指数(AI)、景观形状指数(LSI)、斑块密度(PD)各指标权重分别为 0.2923、0.1969、0.146、0.1417、0.1321、0.0909。

3) 基于克里金插值和自然间断点分级法将森林公园景观稳定性分为 4 级,分别为 I 级(极不稳

定区)、Ⅱ级(一般不稳定区)、Ⅲ级(一般稳定区)、Ⅳ级(极稳定区)。稳定区占森林公园面积 47.95%,不稳定区占 52.05%,表明望云山森林公园整体景观稳定性较差,森林景观有待加强保护。

#### 4.2 讨论

1)适宜分析粒度和尺度的选取是基于离散数据,选取的是适宜分析的范围,可能并不是最适宜的粒度和尺度,在精确性上还应进一步从数据拟合的角度考虑选取。

2)由于稳定性表达的多样化,使得森林景观稳定性评价十分困难。基于前人研究成果<sup>[13-14]</sup>,本文对景观稳定性评价进行了探索,但是评价指标选取的科学性及合理性还需进一步探讨。

#### 参考文献:

- [1] 郭晋平,张芸香. 中国森林景观生态研究的进展与展望[J]. 世界林业研究,2003,16(5):47.
- [2] GOODEY B. In Methods of Environmental Impact Assessment. Land au, Oxford [M]. Oxford, Brooks University UCL Press,1995,78-95.
- [3] 何东进,洪伟,胡海清,等. 武夷山风景名胜区景观生态评价[J]. 应用与环境生物学报,2004(6):729-734.
- [4] 杨国靖,肖笃宁. 森林景观格局分析及破碎化评价[J]. 生态学杂志,2003,22(5):56-61.
- [5] 肖化顺,付春风,张贵. 流溪河国家森林公园森林景观稳定性评价[J]. 中南林业科技大学学报,2007(1):88-92.
- [6] 吴未,范诗薇,许丽萍,等. 无锡市景观指数的粒度效应研究[J]. 自然资源学报,2016,31(3):413-424.
- [7] 陈冬洋,陈彩虹,常双双. 基于移动窗口法与 ANN 模型的澄迈林场森林景观研究[J]. 中南林业科技大学学报,2015(12):95-101.
- [8] 陈端吕,宋涛. 西洞庭湖区森林景观指数适宜转换粒度[J]. 中国农学通报,2010,26(10):110-114.
- [9] KONG F H,NOBUKAZU N. Spatial-temporal gradient analysis of urban green spaces in Jinan,China[J]. Landscape and Urban Planning,2006,78(3):147-164.
- [10] 董雅雯,余济云,陈冬洋,等. 基于箱线图的海南省东方市生态景观格局稳定性研究[J]. 中南林业科技大学学报,2016(8):104-108,120.
- [11] 谷宁. 基于 GIS 的黄土高原地区农村建设用地整理潜力测算及评价[D]. 西安:西安建筑科技大学,2015.
- [12] 赵文武,傅伯杰,陈利顶. 景观指数的粒度变化效应[J]. 第四纪研究,2003(3):326-333.
- [13] 吕思彤,曹萍麟,舒清态,等. 高寒山区森林景观稳定性评价模型分析——以碧塔海保护区为例[J]. 山东林业科技,2015(2):31-35.
- [14] 崔文举,舒清态,刘满宾,等. 西双版纳热带林森林景观稳定性研究[J]. 云南地理环境研究,2010(2):29-33.
- [14] 曾伟生,唐守正,黄国胜,等. 全国立木生物量建模总体划分与样本构成研究[J]. 林业资源管理,2010(3):16-23.
- [15] 曾伟生. 立木生物量建模样本数据采集方法研究[J],2010,29(2):1-6.
- [16] 贺东北,曾伟生,骆期邦. 通用性二元立木材积模型的建模样本研究[J]. 中南林业调查规划,2001,20(1):1-9.
- [17] MACDICKEN K G. A guide to monitoring carbon storage in forestry and agro-forestry projects [R] //Forest Carbon Monitoring Program. Winrock International Institute for Agricultural Development,1997.
- [18] 骆期邦,曾伟生,贺东北. 林业数表模型——理论、方法与实践[M]. 长沙:湖南科学技术出版社,2001.

(上接第 21 页)

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2018.03.009

## 西双版纳环境友好型生态橡胶园与橡胶纯林鸟类 多样性对比分析

宋志勇<sup>1</sup> 杨鸿培<sup>1</sup> 田耀华<sup>2</sup> 杨正斌<sup>1</sup> 岩香甩<sup>2</sup> 余东莉<sup>1</sup> 孔树芳<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. 云南省热带作物科学研究所, 云南 景洪 666100;  
3. 西双版纳州林业局, 云南 景洪 666100)

**摘要:**在 2017 年 1—6 月, 采用样线法对西双版纳环境友好型生态橡胶园和橡胶纯林开展鸟类多样性调查。结果共记录到鸟类 11 目 32 科 60 种, 其中江南环境友好型生态胶园记录到 11 目 32 科 56 种, 江北橡胶纯林记录到 7 目 23 科 28 种; 江南、江北 2 块基地均有分布的鸟类有 24 种; 有国家二级保护物种 2 种, 国家保护的有益的或者有重要经济、科学研究价值鸟类 16 种; 按居留类型划分, 有留鸟 38 种, 旅鸟 15 种, 夏候鸟 4 种, 冬候鸟 3 种; 按生态类型划分, 有鸣禽 50 种, 涉禽 4 种, 猛禽 3 种, 攀禽 3 种; Shannon-Wiener 指数  $H_{江南} = 8.35$ ,  $H_{江北} = 6.40$ ,  $H_{江南} > H_{江北}$ ; 鸟类对生境选择呈现树林灌丛 > 近岸水域 > 环境友好型生态胶园 > 纯林的特点; 江南环境友好型生态胶园鸟类多样性明显多于江北橡胶纯林。

**关键词:** 鸟类多样性; 环境友好型生态胶园; 橡胶纯林; 生境选择; 西双版纳

中图分类号: S727.31; S718.63; Q16 文献标识码: A 文章编号: 1671-3168(2018)03-0047-06

## Comparison of Bird Diversity between Environment-friendly Eco-rubber Plantation and Rubber Pure Forest

SONG Zhiyong<sup>1</sup>, YANG Hongpei<sup>1</sup>, TIAN Yaohua<sup>2</sup>, YANG Zhengbin<sup>1</sup>, YAN Xiangshuai<sup>2</sup>,  
YU Dongli<sup>1</sup>, KONG Shufang<sup>3</sup>

(1. Institute of Scientific Research of Xishuangbanna National Nature Reserve, Jihong, Yunnan 666100, China;  
2. Yunnan Scientific Institute of Tropical Crops, Jihong, Yunnan 666100, China; 3 Xishuangbanna Forestry Bureau,  
Jihong, Yunnan 666100, China)

**Abstract:** The survey of bird diversity in environment-friendly eco-rubber plantations and pure rubber forests based on the sample-line method showed that 60 species birds belonged to 32 families and 11 orders, among which 56 species belonging to 32 families and 11 orders were recorded in the Jiangnan environment-friendly eco-rubber plantations and 28 species belonging to 23 families and 7 orders were recorded in the Jiangbei rubber pure forests. There were 24 species of birds distributed in Jiangnan and Jiangbei. This survey recorded 2 species of national second-class protection and 16 species of state protection

收稿日期: 2018-02-05; 修回日期: 2018-03-05.

基金项目: 云南省热带作物科技创新体系建设项目——环境友好型生态胶园建设关键技术研究示范(云南省热带作物科学研究所橡胶试验基地鸟类调查与监测专题).

作者简介: 宋志勇(1979-), 男, 云南保山人, 高级工程师. 主要从事动物生态学研究. Email: 551992760@qq.com

通信作者: 岩香甩(1984-), 男(傣族), 助理研究员. 研究方向: 热带植物生理生态. Email: yxsh198411@126.com

with useful or important economic and scientific research values. According to the type of residence, there were 38 species of resident birds, 15 species of travelers, 4 species of summer migratory birds and 3 species of winter migratory birds. Divided by the ecological type, there were 50 species of songbirds, 4 species of wading birds, 3 species of raptors and 3 species of scansorial birds. The H value of Shannon-Wiener index in Jiangnan was 8.35, surpassing the value of 6.40 in Jiangbei. The selection of habitats for birds presented the characteristics of shrubs>nearshore waters>environment-friendly eco-rubber plantations>pure forest. The diversity of birds in Jiangnan environment-friendly eco-rubber plantations was significantly higher than that in Jiangbei rubber pure forests.

**Key words:** bird diversity; environment-friendly eco-rubber plantations; rubber pure forest; habitat selection; Xishuangbanna

西双版纳特殊的地理位置、多样化的地形、地貌和气候,使其成为世界上生物多样性最丰富的地区之一,为鸟类的生存、繁衍提供了理想的场所。鸟类是热带森林中最为丰富的动物物种,也是最为绚丽多彩的生命形态之一。在建国初期,橡胶(*Hevea brasiliensis*)曾一度与钢铁、石油、煤炭合称为国家四大战略资源。在国内,橡胶仅种植于云南、海南和广东等省的热带区域。西双版纳是云南省重要的橡胶种植区,在过去的 20 年里,由于经济利益的驱使,部分企业与农民大规模种植橡胶树,而适合种植橡胶的土地资源有限,部分区域出现了超规划、超海拔、超坡度种植现象,导致了一系列橡胶种植业发展与生态环境保护不相协调的问题。而环境友好型生态胶园是橡胶种植业的一次新的尝试。调查鸟类多样性,可作为环境友好型生态胶园建设管理成效评价的一项重要指标。

## 1 研究区域概况

研究区位于西双版纳傣族自治州景洪市允景洪街道办事处云南省热带作物科学研究所橡胶试验基地,分为江南、江北 2 块基地,位于景洪电站与老大桥之间,澜沧江两岸,地处北纬 22.025827°~22.046441°,东经 100.769630°~100.796891°,面积 217 hm<sup>2</sup>(图 1)。

江南环境友好型生态橡胶园(以下简称江南基地)面积 89.77 hm<sup>2</sup>,最低海拔 578 m,最高海拔 761 m。人为在胶园的一定区域恢复了天然林;在胶园及周边营造珍贵用材林,林下种植灌木,保留一定面积的人工水域,丰富了橡胶园生物多样性。构建多层多种的橡胶林复合生态系统,目的是控制或缓解森林病虫害的发生。在种植过程中尽量不使用农药和化肥。江南基地除了优势树种橡胶外,还种植了



图 1 调查样线布设

Fig. 1 Layout of survey sample line

澳洲坚果(*Macadamia ternifolia*)、桃花心木(*Swietenia mahagoni*)、格木(*Erythrophleum fordii*)、滇石梓(*Gmelina arborea*)、降香黄檀(*Dalbergia odorifera*)、铁刀木(*Dalbergia odorifera*)、印度紫檀(*Pterocarpus indicus*)、缅茄(*Azelia xylocarpa*)、土沉香(*Aquilaria sinensis*)、菠萝蜜(*Artocarpus heterophyllus*)、柚(*Citrus maxima*)等 35 种树种;林下经济作物有香蕉(*Musa nana Lou*)、菠萝(*Ananas comosus*)、茶(*Camellia sinensis*)、羽叶决明(*Chamaecradia nictitans*)、草决明(*Cassia tora*)、西番莲(*Passiflora caerulea*)、辣木(*Moringa oleifera*)、海滨木巴戟(诺丽)(*Morinda citrifolia*)、云南萝芙木(*Rauwolfia yunnanensis*)、大叶千斤拔(*Moghania macrophylla*)、白花灰叶豆(*Tephrosia candida*)等植物。

江北橡胶纯林(简称江北基地)面积 127.58 hm<sup>2</sup>,最低海拔 557 m,最高海拔 813 m,树种单一,人工抑制了生物种多样性。在种植过程中不排除使用农药和化肥。主要树种是橡胶,林下有粽叶芦(*Thysanolaena maxima*)、香蕉(*Musa nana Lour*)、菠萝(*Ananas comosus*)、鬼针草(*Bidens pilosa*)等植物。

## 2 研究方法

### 2.1 样线法

2017年春夏季(1—6月)开展调查,时间为08:00—12:00,16:30—18:30,累计调查时间为40 d。江北基地、江南基地各设置3条样线(表1)。样线宽30~50 m,样线总长6 460 m。样线平均宽度40 m,抽样强度为12%。样线上步行速度为1~2 km/h,发现鸟类时记录其名称、数量、距离样线的垂直距离、地理位置等信息,同时用GPS记录样线调查的航迹<sup>[1]</sup>。

表1 样线属性

Tab.1 Attributes of sample line

样线编号	基地	生境类型	长/m	宽/m	调查频次/d
1	江北	b,c	870	30~50	5
2	江北	b,c	1900	30~50	6
3	江北	b,c	890	30~50	4
4	江南	a,c,d	660	30~50	10
5	江南	a,c	1110	30~50	8
6	江南	a,c,d	1030	30~50	7

注:a为环境友好型生态胶园,b为橡胶纯林,c为树林灌丛,d为近岸水域。

### 2.2 生境类型划分

- 1) 环境友好型生态胶园(a):江南基地以橡胶为优势树种的混交林;
- 2) 橡胶纯林(b):江北橡胶林基地;
- 3) 树林灌丛(c):小片次生林及灌丛,江南、江北基地均有涉及;
- 4) 近岸水域(d):江南基地2个鱼塘范围。

### 2.3 器材及用途

- 1) Gamin 301 GPS:用于记录样线航迹和坐标点;
- 2) Canon Mark II单反相机:用于记录鸟类影像;
- 3) 熊猫双筒望远镜:用于观测鸟类实体;
- 4) Sony录音笔:用于记录鸟类鸣声。

### 2.4 多样性指数

对鸟类多样性采用Shannon-Wiener指数(H)进行描述。Shannon-Wiener指数来源于信息理论。群落中生物种类增多代表了群落的复杂程度增高,即H值愈大,群落所含的信息量愈大<sup>[2]</sup>,表明物种丰富度也越高。

$$H = -\sum |ni / N \ln(ni / N)|$$

式中: $ni$ —第*i*个种的个体数目, $N$ —群落中所有种的个体总数。

上式亦可表示为:

$$H = -\sum pi \ln(pi)$$

式中: $pi = ni / N$ ,表明第*i*个种的相对多度。

### 2.5 数据分析处理

Shannon-Wiener指数计算、鸟类名录及图表生成使用Microsoft Excel 2007软件进行处理;研究区域示意图、面积计算使用Arc GIS10.5软件进行分析处理;鸟类照片运用Adobe Photoshop cs 3进行编辑处理;示意图底图来源于2016年Google Earth。

### 2.6 数量等级划分

- 1) 优势种:85%的样线均有分布,且每次调查时种群数量在10只以上;
- 2) 常见种:50%的样线有分布,且每次调查时种群数量在10只以下;
- 3) 偶见种:15%的样线有分布;且每次调查时种群数量在5只以下。

## 3 调查结果

### 3.1 种类组成

在调查中共记录了11目32科60种鸟(表2)。其中国家二级保护物种有2种:领鸺鹠(*Glaucidium brodiei*),普通鵟(*Buteo buteo*);国家保护的有益的或者有重要经济、科学研究价值的陆生野生动物(以下简称三有动物)16种,如蓝点颏(*Luscinia svecica*),亦称“蓝喉歌鸲”,通称蓝靛颏儿,叫的声音很好听。中国名贵鸟种2种:红点颏(*Luscinia calliope*),又名红喉歌鸲,善鸣叫,善模仿,鸣声多韵而婉转,十分悦耳,与蓝喉歌鸲(*Luscinia svecica*)、蓝歌鸲(*Luscinia cyane*)称为歌鸲三姐妹,是中国名贵笼鸟。

按目分类:雀形目Passeriformes 34种,佛法僧目Coraciiformes 5种,鸮形目Ciconiiformes 4种,雨燕目Apodiformes 3种,鹃形目Cuculiformes 3种,鸺形目Piciformes 3种,鸱形目Stigiformes 2种,鸽形目Columbiformes 2种,隼形目Falconiformes 1种,鹤形目Gruiformes 1种。

按居留类型划分:留鸟(Resident) 38种,旅鸟(Passage migrant) 15种,夏候鸟(Summer visitor) 4种,冬候鸟(Winter visitor) 3种。

按动物区系分:东洋界种29种,广布种31种。

按生态类型分:鸣禽50种,涉禽4种,猛禽3

表 2 云南省热带作物科学研究所橡胶试验基地鸟类名录

Tab. 2 Birds List of rubber tree base in Scientific Institute of Tropical Crops

目、科、物种	分布	样线 编号	区系 组成	保护 级别	留居 类型
I 雀形目 PASSERIFORMES					
一、鹎科 Pycnonotidae					
1. 黄臀鹎 <i>Pycnonotus xanthorrhous</i>	江南	4,5,6	O	LC	R
2. 红耳鹎 <i>Pycnonotus jocosus</i>	江南、 江北	1, 2, 3, 4,5,6	O	LC	R
3. 白喉红臀鹎 <i>Pycnonotus aurigaster</i>	江南、 江北	1, 2, 3, 4,5,6	O	LC	R
二、鹎科 Motacillidae					
4. 树繆 <i>Anthus hodgsoni</i>	江南	4,5	w		W
5. 灰鹎 <i>Motacilla cinerea</i>	江南、 江北	1,5	w	LC	P
6. 白鹎 <i>Motacilla alba</i>	江南	4	w	LC 三有	P
三、鹎科 Muscicapidae					
7. 白喉扇尾鹎 <i>Rhipidura albicollis</i>	江南、 江北	2,6	O		R
8. 黄眉柳莺 <i>Phylloscopus inornatus</i>	江南、 江北	1, 2, 3, 4,5,6	W	三有	P
9. 灰林鸫 <i>Saxicola ferreus</i>	江南	6	O	LC	R
10. 红点颏 <i>Luscinia calliope</i>	江南	4	W	LC	P
11. 红头穗鹎 <i>Stachyris ruficeps</i>	江北	1	O	LC	R
四、鹎科 Turdidae					
12. 鹎 <i>Copsychus saularis</i>	江南、 江北	1,3,6	O	LC	R
13. 蓝点颏 <i>Luscinia svecica</i>	江南	5	W	LC 三有	P
五、绣眼鸟科 Zosteropidae					
14. 灰腹绣眼鸟 <i>Zosterops palpebrosa</i>	江南、 江北	2,3,5,6	O	LC	R
15. 暗绿绣眼鸟 <i>Zosterops japonicus</i>	江南	5,6	W	LC	P
六、莺科 Sylviidae					
16. 黑喉缝叶莺 <i>Orthotomus atrogularis</i>	江南	4	O		R
17. 长尾缝叶莺 <i>Orthotomus sutorius</i>	江南、 江北	3,6	O		R
18. 灰脚柳莺 <i>Phylloscopus tenellipes</i>	江南	4,6	W	三有	W
七、燕科 Hirundinidae					
19. 斑腰燕 <i>Hirundo striolata</i>	江南	5	O	LC 三有	P
20. 家燕 <i>Hirundo rustica</i>	江南、 江北	2,6	W	LC 三有	P

续表 2

目、科、物种	分布	样线 编号	区系 组成	保护 级别	留居 类型
21. 白腹毛脚燕 <i>Delichon urbica</i>	江北	1	W	LC	P
八、山雀科 Paridae					
22. 大山雀 <i>Parus major</i>	江南、 江北	1,4	W	LC	P
九、卷尾科 Dicuridae					
23. 黑卷尾 <i>Dicurus macrocerus</i>	江南、 江北	2,4	W	LC	R
24. 灰卷尾 <i>Dicurus leucophaeus</i>	江南、 江北	2,4	W	LC	P
十、啄花鸟科 Dicaeidae					
25. 朱背啄花鸟 <i>Dicaeum cruentatum</i>	江南		O		R
十一、太阳鸟科 Nectariniidae					
26. 黄腰太阳鸟 <i>Aethopyga siparaja</i>	江南	4	O	LC	R
十二、扇尾莺科 Cisticolidae					
27. 灰胸山鹧鸪 <i>Prinia hodgsonii</i>	江南、 江北	3,4	O		
十三、鸦科 Corvidae					
28. 红嘴蓝鹊 <i>Urocissa erythrorhyncha</i>	江南、 江北	1,6	W	LC 三有	
十四、雀鹎科 Aegithinidae					
29. 黑翅雀鹎 <i>Aegithina tiphia</i>	江南	4	O	LC 三有	
十五、伯劳科 Laniidae					
30. 棕背伯劳 <i>Lanius schach</i>	江南、 江北	1, 2, 3, 4,5,6	W	LC	P
十六、文鸟科 Ploceidae					
31. 斑文鸟 <i>Lonchura punctulata</i>	江南	5	W	LC 三有	R
32. 白腰文鸟 <i>Lonchura striata</i>	江北	1	O		R
十七、画眉科 Timaliidae					
33. 棕头幽鹟 <i>Pellorneum ruficeps</i>	江南、 江北	1,4	O		
十八、雀科 Paridae					
34. 山麻雀 <i>Passer rutilans</i>	江南	5	W	LC	R
II 佛法僧目 CORACIIFORMES					
十九、翠鸟科 Alcedinidae					
35. 蓝翡翠 <i>Halcyon pileata</i>	江南	4	W	LC 三有	P
36. 白胸翡翠 <i>Halcyon smyrnensis</i>	江南	4	O	LC	
37. 普通翠鸟 <i>Alcedo atthis</i>	江南	4	W	LC	P
二十、戴胜科 Upupidae					
38. 戴胜 <i>Upupa epops</i>	江南	5	W	LC	P



续表 2

目、科、物种	分布	样线 编号	区系 组成	保护 级别	留居 类型
二十一、佛法僧科 Coraciidae					
39. 棕胸佛法僧 <i>Coracias benghalensis</i>	江南	5	O	LC	R
III 鹳形目 CICONIIFORMES					
二十二、鹭科 Ardeidae					
40. 绿鹭 <i>Butorides striatus</i>	江南	5	W	LC	P
41. 栗苇鳉 <i>Ixobrychus cinnamomeus</i>	江南	4	W	LC 三有	S
42. 白鹭 <i>Egretta garzetta</i>	江南	4,5	W	LC 三有	S
43. 池鹭 <i>Ardeola bacchus</i>	江南	4	W	LC	S
IV 雨燕目 APODIFORMES					
二十三、雨燕科 Apodidae					
44. 白腰雨燕 <i>Apus pacificus</i>	江南	4,5	W	LC	S
45. 小白腰雨燕 <i>Apus affinis</i>	江南、江北	1,3,5	W	LC 三有	P
46. 棕雨燕 <i>Cypsiurus parvus</i>	江南、江北	3,5	O	LC 三有	P
V 鸻形目 CUCULIFORMES					
二十四、杜鹃科 Cuculidae					
47. 小鸦鹃 <i>Centropus bengalensis</i>	江南	4	O	LC	P
48. 噪鹃 <i>Eudynamys scolopacea</i>	江南、江北	3,4	O	LC 三有	R
49. 绿嘴地鹃 <i>Phaenicophaeus tristis</i>	江南	5	O	LC 三有	R
二十五、鸦鹃科 Centropdidae					
50. 褐翅鸦鹃 <i>Centropus sinensis</i>	江南、江北	2,4,5	O	LC	R
二十六、鸱鸃科 Strigidae					
51. 斑头鸱鸃 <i>Glaucidium cuculoides</i>	江南、江北	2,5	O	LC	R
VII 鸢形目 PICIFORMES					
二十七、须鸢科 Capitonidae					
53. 赤胸拟啄木鸟 <i>Megalaima haemacephala</i>	江南、江北	2,4	O	LC	R
二十八、啄木鸟科 Picidae					
54. 斑姬啄木鸟 <i>Picumnus innominatus</i>	江北	1			
55. 蚁鸢 <i>Jynx torquilla</i>	江南	6	W	LC 三有	W
VIII 隼形目 FALCONIFORMES					
二十九、鹰科 Accipitridae					
56. 普通鵟 <i>Buteo buteo</i>	江南	5	WLC	国家二级	P

续表 2

目、科、物种	分布	样线 编号	区系 组成	保护 级别	留居 类型
VIII 鹤形目 GRUIFORMES					
三十、秧鸡科 Rallidae					
57. 白胸苦恶鸟 <i>Amaurornis phoenicurus</i>	江南	4,5	O		R
IX 鸻形目 CHARADRIIFORMES					
三十一、鹬科 Scolopacidae					
58. 白腰草鹬 <i>Tringa ochropus</i>	江南、江北	3,5	W	LC	P
X 鸽形目 COLUMBIFORMES					
三十二、鸠鸽科 Columbidae					
59. 珠颈斑鸠 <i>Streptopelia chinensis</i>	江南	4	O	三有	R
60. 山斑鸠 <i>Streptopelia orientalis</i>	江南、江北	1,4	W	LC 三有	P

注:鸟类名称和分类参照中国鸟类野外手册<sup>[6]</sup>。分布指分布在江南基地或江北基地;W表示广布种,O表示东洋种;R(Resident)表示留鸟,S(Summer visitor)表示夏候鸟,W(Winter visitor)表示冬候鸟,P(Passage migrant)表示旅鸟;LC表示世界自然保护联盟濒危物种红色名录(IUCN Red List of Threatened Species 或称 IUCN 红色名录)低危或暂时无危类动物。

种,攀禽 3 种。

### 3.2 多样性对比

江南基地共记录 11 目 32 科 56 种,江北基地共记录 7 目 23 科 28 种鸟类,江南、江北基地均有分布的鸟类有 24 种。江南基地 Shannon - Wiener 指数  $H_{江南} = 8.35$ ,江北 Shannon - Wiener 指数  $H_{江北} = 6.40$ ,  $H_{江南} > H_{江北}$ 。

### 3.3 数量等级对比

#### 3.3.1 江南基地

优势种 5 种:黄臀鹌(*Pycnonotus xanthorrhous*)、红耳鹌(*Pycnonotus jocosus*)、白喉红臀鹌(*Pycnonotus aurigaster*)、棕背伯劳(*Lanius schach*)、黄眉柳莺(*Phylloscopus inornatus*);常见种 46 种;偶见种 5 种:普通鵟(*Buteo buteo*)、蚁鸢(*Jynx torquilla*)、棕胸佛法僧(*Coracias benghalensis*)、戴胜(*Upupa epops*)、斑头鸱鸃(*Glaucidium cuculoides*)。

#### 3.3.2 江北基地

优势种 4 种:黄臀鹌(*Pycnonotus xanthorrhous*)、白喉红臀鹌(*Pycnonotus aurigaster*)、棕背伯劳(*Lanius schach*)、红嘴蓝鹀(*Urocissa erythrorhyncha*);常见种 19 种;偶见种 5 种:白腰草鹬(*Tringa ochropus*)、山斑鸠(*Streptopelia orientalis*)、白腹毛脚燕(*Delichon urbica*)、灰鹁鸽(*Motacilla cinerea*)、灰卷尾(*Dicrurus leucophaeus*) (图 2)。

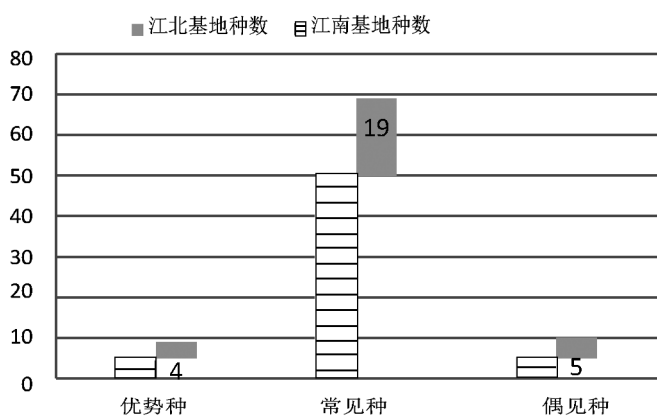


图 2 江南、江北基地数量等级

Fig. 2 Quantity level of bases in Jiangnan and Jiangbei

### 3.4 食性

在 60 种鸟类之中,食虫类有 42 种,如红耳鹎 (*Pycnonotus jocosus*) 等;杂食类有 16 种,如白胸翡翠 (*Halcyon smyrnensis*) 等;肉食类有 1 种:普通鵟 (*Buteo buteo*);植食性有 1 种:珠颈斑鸠 (*Streptopelia chinensis*)。

### 3.5 生境类型选择

根据调查数据显示,研究区鸟类相对多度按生境呈现树林灌丛>近岸水域>环境友好型生态胶园>橡胶纯林。

## 4 结论

### 4.1 类群组成

雀形目 34 种,占比 56.67%,佛法僧目 5 种,占比 8.33%,鸛形目 4 种,占比 6.67%,雨燕目 3 种,占比 5%,鹁形目 3 种,占比 5%,鸺形目 3 种,占比 5%,鸱形目 2 种,占比 3.33%,鸽形目 2 种,占比 3.33%,隼形目 1 种,占比 1.67%,鹤形目 1 种,占比 1.67%。按留居性划分:留鸟 38 种,占记录种数的 63.33%,夏候鸟 4 种,占比 6.67%,冬候鸟 3 种,占比 5%,旅鸟 15 种,占比 25%。从生态类型分:涉禽 4 种,占记录种数的 6.67%;猛禽 3 种,占比 5%;攀禽 3 种,占比 5%;鸣禽 50 种,占比 83.33%。

### 4.2 数量等级

#### 4.2.1 江南基地

江南基地鸟类多样性比江北基地丰富,Shannon-Wiener 指数(H)8.35,但种群数量绝对值较低,种群数量均高于 20 只,仅有 5 种。优势种有 5 种,占记录物种的 8.2%,占记录数量的 70.5%;常见种 51 种,占记录物种的 83.6%,占记录数量的 28.3%;偶

见种 5 种,占记录物种的 8.2%,占记录数量的 1.2%。

#### 4.2.2 江北基地

江北基地鸟类多样性比江南基地稍低,Shannon-Wiener 指数(H)6.40,优势种有 4 种,占记录物种的 14.28%,占记录数量的 73.5%;常见种 19 种,占记录物种的 67.86%,占记录数量的 24.7%;偶见种 5 种,占记录物种的 17.86%,占记录数量的 1.8%。

### 4.3 多样性

根据我国动物地理区划,景洪市属东洋界、中印亚界、华南区、滇南山地亚区<sup>[3]</sup>。西双版纳州记录的鸟类有 469 种<sup>[4]</sup>。研究区共记录了 60 种鸟类,占西双版纳记录种数的 12.79%(研究区面积仅占西双版纳国土面积的 1%)。

江南基地共记录 11 目 32 科 56 种鸟类,江北基地共记录 7 目 23 科 28 种鸟类。在春夏季江南 Shannon-Wiener 指数  $H_{江南} = 8.35$ ,江北 Shannon-Wiener 指数  $H_{江北} = 6.40$ ,表明江南基地鸟类多样性明显高于江北基地。

### 4.4 生境选择

鸟类对生境的选择呈现出树林灌丛>近岸水域>环境友好型生态胶园>橡胶纯林的特点。这充分说明了鸟类多样性取决于生态系统的多样性。鸟类多样性包括鸟类的数量或丰富度,均匀度,异质性;生态系统的多样性是指生物圈内生物群落、生境与生态过程的多样化。江南基地鸟类多样性明显高于江北基地,也充分说明了新一代环境友好型生态胶园的建设是卓有成效的,而鸟类在生态系统食物链中属于消费者,食虫类占 71%,杂食类占 27%,对橡胶园病虫害的防治有重要作用。

## 5 建议

### 5.1 保护研究区鸟类多样性

#### 5.1.1 保护鸟类栖息地

鸟类是大自然景观的重要组成部分,是生态平衡不可缺少的一个重要环节,抑制及消灭大量森林病虫害,保障了农、林、牧、渔业的生产。研究区及周边人为活动频繁,修路、车辆通行、行人等对鸟类栖息地有一定的干扰和破坏作用,因此要严格控制闲杂人员进入研究区。环境友好型生态胶园内禁止使用农药和化肥,维持原生态胶园,保护生物多样性。

#### 5.1.2 禁止猎捕鸟类

研究区属人工林区,与天然林相比,鸟类资源十

(下转第 67 页)

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2018.03.010

## 陕西省常绿树种资源多样性研究

薛君艳<sup>1</sup> 司国臣<sup>2</sup> 夏浩军<sup>1</sup> 王荣<sup>3</sup>

(1. 杨凌职业技术学院, 陕西 杨凌 712100; 2. 陕西岚皋县国营林业总场, 陕西 安康 725400;  
3. 陕西省林业调查规划院, 陕西 西安 710082)

**摘要:** 采取样线和样地调查相结合的方法, 对陕西常绿树种的种类组成、地理分布区类型和形态特征等方面进行多样性研究。结果显示, 陕西地区常绿树种共计 45 科 87 属 223 种, 其中蔷薇科、壳斗科和樟科为优势科, 卫矛属、冬青属和杜鹃属为优势属; 有被子植物 194 种, 裸子植物 29 种。该区常绿树种属有 10 个分布区类型, 其中北温带分布类型居首位, 占 28.74%。该区常绿树种按形态特征可分为三大类, 灌木最多, 占 62.78%; 大乔木次之, 占 29.15%; 小乔木最少, 占 8.07%。表明陕西常绿树种野生种质资源丰富, 开发利用潜力巨大, 应合理引种驯化, 培育优良新品种, 以丰富园林植物多样性。

**关键词:** 常绿树种; 多样性研究; 种类组成; 分布区类型; 形态特征; 陕西省

中图分类号: S718.4; Q16 文献标识码: A 文章编号: 1671-3168(2018)03-0053-06

## Diversity of Evergreen Tree Species in Shaanxi Province

XUE Junyan<sup>1</sup>, SI Guochen<sup>2</sup>, XIA Haojun<sup>1</sup>, WANG Rong<sup>3</sup>

(1. Yangling Vocational & Technical College, Yangling, Shaanxi 712100, China;  
2. Langao State-owned Forest Farm, Ankang, Shaanxi 725400, China;  
3. Shaanxi Institute of Forest Inventory and Planning, Xi'an 710082, China.)

**Abstract:** The species composition, floristic elements and morphological characteristics of evergreen trees in Shaanxi Province were researched by line transect and sample plot method. The results showed that 223 species belonged to 87 genera and 45 families in Shaanxi Province, including 29 gymnosperm plants and 194 angiosperm plants. The dominant families consisted of Rosaceae, Fagaceae and Lauraceae, and the dominant genera were Euonymus, Ilex and Rhododendron. Based on the analysis of floristic elements, the genera of evergreen tree species could be divided into 10 areal types, and the floristic elements in the north temperate zone ranked highest in this area, accounting for 28.74%. The evergreen species were divided into three morphological types, shrub accounting for 62.78%, megaphanerophyte accounting for 29.15%, small arbor accounting for 8.07%. With abundant germplasm resources and great developing potential, the evergreen tree species in Shaanxi Province should be properly introduced and domesticated, and new fine varieties should be cultivated to enrich the diversity of landscape plants.

**Key words:** evergreen tree species; diversity study; species composition; floristic elements; morphological characteristics; Shaanxi Province

收稿日期: 2018-01-08.

基金项目: 杨凌职业技术学院科研基金项目 A2014028.

作者简介: 薛君艳(1977-), 女, 讲师. 研究方向为植物景观设计. Email: 806286149@qq.com

常绿树种是指一年四季都有绿叶的多年生木本植物,为森林生态系统重要类型之一,可给城市的整体形象加分,并带来生机勃勃的气息<sup>[1-2]</sup>。根据其叶片形状可以分为针叶类和阔叶类。我国的常绿树种资源丰富,生态、经济等方面价值巨大,部分具特殊利用价值,如红豆杉(*Taxus chinensis*)、枇杷(*Eriobotrya japonica*)和南五味子(*Kadsura longipedunculata*)等具有药用价值;毛竹(*Phyllostachys heterocycla*)、杜松(*Juniperus communis*)和油茶(*Camellia oleifera*)等可作工业原料。此外,常绿树种形态多样,终年常绿,观赏价值高,在城镇园林建设中极具发展潜力<sup>[3-4]</sup>。本研究采用样线与样地结合的调查方法对陕西省境内野生常绿树种资源进行研究,旨在全面掌握该区常绿树种资源分布,指导乡土植物资源合理开发利用。

### 1 自然概况

陕西省地理坐标为北纬 31°42' ~ 39°35'、东经 105°29' ~ 111°15',跨越我国南北气候<sup>[5]</sup>,年均降水量 576.9 mm,年均温 13℃,整体属大陆性季风气候。四季分明,地形多样,有黄土高原区、风沙过渡区、关中平原区、汉江盆地、秦岭山地区和大巴山区等六大地貌类型区<sup>[6]</sup>。境内植被分布类型主要为北亚热带常绿落叶阔叶混交林带和温带落叶阔叶林带,植物区系地理成分复杂,中亚热带成分、温带成分和中国特有成分等汇集于此,使该地植物区系具古老性、原始性和过渡性。

### 2 研究方法

查阅相关文献,于 2012~2014 年对陕西省内的黄柏塬、华龙山、佛坪、牛背梁、太白山、通天河、华山、金丝峡等 20 个森林公园分阴坡和阳坡随机取点,用 GPS 进行定位,以调查点为中心,水平、垂直辐射设置 2 条样线,样线跨度包括不同海拔、同海拔的不同立地条件,长度 1 000 m 左右;在样线方向设置 20 m×20 m 样方,总计设样线 129 条,样地 502 块。对样地内的群落类型及常绿树种种类、形态特征、生活习性等进行记录,并根据调查结果结合现有资料整理陕西省常绿树种名录,进行统计分析。

### 3 结果与分析

#### 3.1 常绿树种种类多样性

##### 1) 常绿树种种类组成

根据调查统计,对照相关文献进行验证<sup>[7-9]</sup>,结

果共调查到常绿树种 223 种,隶属 45 科 87 属(表 1),其中单子叶植物 3 科 7 属 14 种,双子叶植物 37 科 66 属 180 种,裸子植物 5 科 14 属 29 种(表 2)。

表 1 陕西省常绿树种科属种组成

Tab. 1 Composition of species, genera and families of evergreen trees in Shaanxi Province

科名	属数	种数
八角科 Magnoliaceae	1	1
百合科 Liliaceae	1	1
柏科 Cupressaceae	4	8
三尖杉科 Cephalotaxaceae	1	2
大风子科 Flacourtiaceae	1	1
大戟科 Euphorbiaceae	1	1
冬青科 Aquifoliaceae	1	11
豆科 Leguminosae	1	1
杜鹃花科 Ericaceae	3	12
海桐科 Pittosporaceae	1	4
禾本科 Gramineae	5	12
红豆杉科 Taxaceae	2	3
胡颓子科 Elaeagnaceae	1	5
虎皮楠科 Daphniphyllaceae	1	2
黄杨科 Buxaceae	2	4
夹竹桃科 Apocynaceae	2	4
金缕梅科 Hamamelidaceae	1	1
壳斗科 Fagaceae	3	17
蜡梅科 Calycanthaceae	1	1
马钱科 Loganiaceae	1	1
毛茛科 Ranunculaceae	1	4
木兰科 Magnoliaceae	1	4
木通科 Lardizabalaceae	1	3
木犀科 Oleaceae	4	9
槭树科 Aceraceae	1	3
茜草科 Rubiaceae	1	1
蔷薇科 Rosaceae	7	19
忍冬科 Caprifoliaceae	2	7
瑞香科 Thymelaeaceae	2	3
桑寄生科 Loranthaceae	1	2
桑科 Moraceae	1	2
山茶科 Theaceae	3	4
山矾科 Symplocaceae	1	1
山茱萸科 Cornaceae	2	2
杉科 Taxodiaceae	1	2

续表 1

科名	属数	种数	鼠李科 Rhamnaceae
松科 Pinaceae	6	14	
藤黄科 Guttiferae	1	2	
卫矛科 Celastraceae	1	12	
五加科 Araliaceae	1	1	
小檗科 Berberidaceae	3	8	
芸香科 Rutaceae	3	7	
樟科 Lauraceae	5	16	
紫金牛科 Myrsinaceae	2	3	
棕榈科 Arecaceae	1	1	
总计	87	223	

表 2 陕西省常绿树种类群组成

Tab. 2 Groups Composition of evergreen tree species in Shaanxi Province

类群	科		属		种	
	数量	比例/%	数量	比例/%	数量	比例/%
双子叶植物	37	82.22	66	75.86	180	80.72
单子叶植物	3	6.67	7	8.05	14	6.28
裸子植物	5	11.11	14	16.09	29	13.00
合计	45	100	87	100	223	100

2) 常绿树种科的组成

在 45 科陕西省常绿树种中,含 15 种以上的科只有蔷薇科 (Rosaceae, 7 :19(属:种,下同))、壳斗科 (Fagaceae, 3 :17) 和樟科 (Lauraceae, 5 :16), 共 3 科 15 属 52 种, 分别占该区常绿树种总科数、总属数和总种数的 6.67%、17.24% 和 23.32%; 含 10~14 种的科有松科 (Pinaceae, 6 :14)、卫矛科 (Celastraceae, 1 :12)、禾本科 (Gramineae, 5 :12)、杜鹃花科 (Ericaceae, 3 :12) 和冬青科 (Aquifoliaceae, 1 :11) 共 5 科 16 属 61 种, 分别占该区常绿树种总科数、总属数和总种数的 11.11%、18.39% 和 27.35%; 含 5~9 种的科有木犀科 (Oleaceae, 4 :9)、小檗科 (Berberidaceae, 3 :8)、柏科 (Cupressaceae, 4 :8)、芸香科 (Rutaceae, 3 :7)、忍冬科 (Caprifoliaceae, 2 :7) 和胡颓子科 (Elaeagnaceae, 1 :5), 共 6 科 17 属 44 种, 分别占该区常绿树种总科数、总属数和总种数的 13.33%、19.54% 和 19.73%; 含 2~4 种的科有山茶科 (Theaceae, 3 :4)、木兰科 (Magnoliaceae, 1 :4)、毛茛科 (Ranunculaceae, 1 :4)、夹竹桃科 (Apocynaceae, 2 :

4)、黄杨科 (Buxaceae, 2 :4)、海桐科 (Pittosporaceae, 1 :4)、紫金牛科 (Myrsinaceae, 2 :3)、瑞香科 (Thymelaeaceae, 2 :3)、槭树科 (Aceraceae, 1 :3)、木通科 (Lardizabalaceae, 1 :3)、红豆杉科 (Taxaceae, 2 :3)、藤黄科 (Guttiferae, 1 :2)、杉科 (Taxodiaceae, 1 :2)、山茱萸科 (Cornaceae, 2 :2)、桑科 (Moraceae, 1 :2)、虎皮楠科 (Daphniphyllaceae, 1 :2)、桑寄生科 (Loranthaceae, 1 :2) 和三尖杉科 (Cephalotaxaceae, 1 :2) 等 18 科 26 属 53 种, 分别占该区常绿树种总科数、总属数和总种数的 40.00%、29.89% 和 23.77%; 含 1 种的科有棕榈科 (Arecaceae)、五加科 (Araliaceae)、鼠李科 (Rhamnaceae)、山矾科 (Symplocaceae)、茜草科 (Rubiaceae)、马钱科 (Loganiaceae)、蜡梅科 (Calycanthaceae)、金缕梅科 (Hamamelidaceae)、豆科 (Leguminosae)、大戟科 (Euphorbiaceae)、大风子科 (Flacourtiaceae)、百合科 (Liliaceae) 和八角科 (Magnoliaceae), 共 13 科 13 属 13 种, 分别占该区常绿树种总科数、总属数和总种数的 28.89%、14.94% 和 5.83% (表 3)。综合考虑陕西常绿树种科的组成可以发现, 蔷薇科、壳斗科和樟科为优势科。

表 3 陕西省常绿树种科内种的组成

Tab. 3 Species composition of evergreen trees families in Shaanxi Province

科内种数	科		属		种	
	数量	比例/%	数量	比例/%	数量	比例/%
≥15	3	6.67	15	17.24	52	23.32
10~14	5	11.11	16	18.39	61	27.35
5~9	6	13.33	17	19.54	44	19.73
2~4	18	40.00	26	29.89	53	23.77
1	13	28.89	13	14.94	13	5.83
合计	45	100	87	100	223	100

3) 常绿树种属的组成

在 87 属陕西常绿树种中,含 10 种以上的属有卫矛属 (*Euonymus*, 12)、冬青属 (*Ilex*, 11) 和杜鹃属 (*Rhododendron*, 10), 共 3 属 33 种, 分别占该区常绿树种总属数和总种数的 3.45% 和 14.80%; 含 5~9 种的属有栎属 (*Quercus*, 8)、青冈属 (*Cyclobalanopsis*, 7)、刚竹属 (*Phyllostachys*, 6)、小檗属 (*Berberis*, 6)、胡颓子属 (*Elaeagnus*, 5)、女贞属 (*Ligustrum*, 5)、悬钩子属 (*Rubus*, 5)、松属 (*Pinus*, 5) 和楠属 (*Phoebe*, 5), 共 9 属 52 种, 分别占该区常绿树种总属数和总

种数的 10.34% 和 23.32%；含 2~4 种的属有圆柏属 (*Sabina*, 4)、海桐花属 (*Pittosporum*, 4)、铁线莲属 (*Clematis*, 4)、五味子属 (*Schisandra*, 4)、火棘属 (*Pyracantha*, 4)、荚蒾属 (*Viburnum*, 4)、云杉属 (*Picea*, 4)、樟属 (*Cinnamomum*, 4)、络石属 (*Trachelospermum*, 3)、八月瓜属 (*Holboellia*, 3)、槭树属 (*Acer*, 3)、石楠属 (*Photinia*, 3)、三尖杉属 (*Cephalotaxus*, 2)、虎皮楠属 (*Daphniphyllum*, 2)、箬竹属 (*Indocalamus*, 2) 和黄杨属 (*Buxus*, 2) 等 38 属 101 种, 分别占该区常绿树种总属数和总种数的 43.68% 和 45.29%；只含 1 种的属有八角属 (*Illicium*)、侧柏属 (*Platycladus*)、柞木属 (*Xylosma*)、越桔属 (*Vaccinium*)、巴山木竹属 (*Bashania*)、榧树属 (*Torreya*)、夹竹桃属 (*Nerium*)、蚊母树属 (*Distylium*)、山茶属 (*Camellia*)、山矾属 (*Symplocos*)、铁杉属 (*Tsuga*)、常春藤属 (*Hedera*)、南天竹属 (*Nandina*) 和棕榈属 (*Trachycarpus*) 等 37 属, 分别占该区常绿树种总属数和总种数的 42.53% 和 16.59% (表 4)。综合考虑陕西常绿树种属的组成发现, 卫矛属、冬青属和杜鹃属为优势属。

表 4 陕西省常绿树种属内种的组成

Tab. 4 Species composition of evergreen trees genera in Shaanxi Province

属内种数	属		种	
	数量	比例/%	数量	比例/%
≥10	3	3.45	33	14.80
5~9	9	10.34	52	23.32
2~4	38	43.68	101	45.29
1	37	42.53	37	16.59
合计	87	100	223	100

上述统计分析表明, 杜鹃花科杜鹃花属、冬青科冬青属和卫矛科卫矛属等常绿树种科属在陕西省境内分布树种较多, 能够较好地适应当地生态环境, 应加大力度引种驯化此类常绿树种, 加强其在现代城镇绿地中的应用, 以构筑健全的城市森林生态系统。此外, 应加强对单科单属单种常绿树种的保护, 深入挖掘其中的八角科 (*Illiciaceae*) 八角属 (*Illicium*) 红茴香 (*Illicium henryi*)、茜草科 (*Rubiaceae*) 栀子属 (*Gardenia*) 栀子 (*Gardenia jasminoides*)、棕榈科 (*Palmae*) 棕榈属 (*Trachycarpus*) 棕榈 (*Trachycarpus fortunei*) 等具有的特殊园林绿化价值。

### 3.2 常绿树种属的地理分布区类型的多样性

参考吴征镒《中国种子植物属的分布区类型》<sup>[10]</sup> 及相关文献<sup>[11-13]</sup>, 分析陕西常绿树种属的分布区类型。结果表明, 陕西常绿树种共包含 10 个地理分布区类型 (表 5)。

表 5 陕西省常绿树种属的分布类型

Tab. 5 Genera Distribution of evergreen trees in Shaanxi Province

分布区类型	属数	比例/%
世界分布 Cosmopolitan	23	26.43
泛热带广布 Pantropic	22	25.28
热带亚洲及热带南美洲间断分布 Trop. Asia and trop. Amer. disjuncted	3	3.45
旧世界热带分布 Old World Tropics	1	1.15
热带亚洲至热带大洋洲分布 Trop. Asia to Trop. Australasia Oceania	2	2.30
热带亚洲至热带非洲分布 Trop. Asia to Trop. Africa distribution	3	3.45
北温带分布 N. temp. distribution	25	28.74
东亚及北美间断分布 E. Asia and N. Amer. disjuncted	4	4.60
地中海区、西亚至中亚分布 Medit., W. to C. Asia distribution	3	3.45
东亚分布 E. Asia distribution	1	1.15
合计	87	100

从表 5 可知, 陕西省常绿树种 87 个属的 10 种分布类型中, 北温带分布居首位, 有 25 属, 占总属数的 28.74%, 如侧柏属 (*Platycladus*)、圆柏属 (*Sabina*)、红豆杉属 (*Taxus*)、菝葜属 (*Smilax*)、云杉属 (*Picea*)、松属 (*Pinus*)、青荚叶属 (*Helwingia*)、荚蒾属 (*Viburnum*)、蚊母树属 (*Distylium*) 和槭树属 (*Acer*) 等; 世界分布类型有 23 属, 居于次位, 占总属数的 26.43%, 如沙冬青属 (*Ammopiptanthus*)、铁线莲属 (*Clematis*)、女贞属、栀子属 (*Gardenia*)、石楠属 (*Photinia*)、火棘属、榕属 (*Ficus*)、鼠李属 (*Rhamnus*)、堇花属 (*Wikstroemia*) 和刚竹属 (*Phyllostachys*) 等; 泛热带广布类型有 22 属, 居于第 3 位, 占总属数的 25.28%, 如柞木属 (*Xylosma*)、野桐属 (*Mallostus*)、夹竹桃属、络石属、槲寄生属 (*Viscum*)、山茶属、山矾属、金丝桃属 (*Hypericum*)、卫矛属 (*Euonymus*) 和棕榈属等; 东亚及北美间断分布类型有 4 属, 占总属数的 4.60%, 包括八角属 (*Illicium*)、蜡梅属 (*Chimonanthus*)、五味子属 (*Schisandra*) 和杉木属 (*Cunninghamia*); 热带亚洲及热带南美洲间断分布

类型有3属,占总属数的3.45%,包括冬青属(*Ilex*)、八月瓜属(*Holboellia*)和常春藤属(*Hedera*);热带亚洲至热带非洲分布类型有3属,占总属数的3.45%,包括越桔属(*Vaccinium*)、杜鹃属(*Rhododendron*)和马醉木属(*Pieris*);地中海区、西亚至中亚分布类型均有3属,占总属数的3.45%,包括柯属(*Lithocarpus*)、栎属(*Quercus*)和青冈属(*Cyclobalanopsis*);热带亚洲至热带大洋洲分布类型有2属,占总属数的2.30%,包括虎皮楠属(*Daphniphyllum*)和蓬莱葛属(*Gardneria*);旧世界热带分布类型和东亚分布类型均仅有1属,占总属的1.15%,分别为海桐花属(*Pittosporum*)和三尖杉属(*Cephalotaxus*)。

由上述统计分析可知,陕西地区野生常绿树种地理分布区类型在属的水平上丰富,并具明显亚热带和温带过渡性特征,这与其地理位置吻合。城镇园林设计中应细化植物配置方案,结合树种的具体地理分布区类型引种驯化该区常绿树种,将乡土树种的使用与实地环境融合,真正阐释生态美。

### 3.3 常绿树种形态特征的多样性

按照形态特征的不同,可将陕西省内223种常绿树种分为灌木类、小乔木类和大乔木类三大类(表6)。

表6 陕西省常绿树种的形态特征

Tab. 6 Morphological characteristics of evergreen tree species in Shaanxi Province

形态特征	种数	比例/%
灌木	140	62.78
小乔木	18	8.07
大乔木	65	29.15
合计	223	100

1) 灌木类:常绿灌木有140种,占总种数的62.78%。被较多用作绿篱,如猫儿刺(*Ilex pernyi*)、小叶女贞(*Ligustrum quihoui*)、巴山箬竹(*Indocalamus bashanensis*)、南天竹(*Nandina domestica*)等;亦可孤植或被用作点缀,如叉子圆柏(*Sabina vulgaris*)、四川冬青(*Ilex szechuanensis*)、海桐(*Pittosporum tobira*)等;此外还可以做盆景使用,如平枝栒子(*Cotoneaster horizontalis*)、火棘(*Pyracantha fortuneana*)、鹰爪枫(*Holboellia coriacea*)等。陕西省分布的野生常绿灌木树种被作为城镇园林绿化绿篱植物应用,为局部小景观的营造提供了巨大的选择空间。

2) 小乔木类:小乔木在植物配置中群植能提升景观阵势,丰富景观层次,在灌木和大乔木层中起到很好的过渡功能。陕西常绿中小乔木有18种,占总种数的8.07%。既有像刺柏(*Juniperus formosana*)、杜松(*Juniperus communis*)等针形叶的小乔木;也有粗榧(*Cephalotaxus sinensis*)等窄叶片的小乔木;并且还有像光叶石楠(*Photinia glabra*)、油茶(*Camellia oleifera*)等宽大叶片的小乔木。

3) 大乔木类:大乔木在园林植物搭配中主要起背景作用。大乔木有65种,占总种数的29.15%。棕榈、巴东栎(*Quercus engleriana*)等叶形奇特,可丰富群落高点的视觉效果。白皮松(*Pinus bungeana*)、毛竹(*Phyllostachys heterocycla*)等树干在园林绿化中给人耳目一新的感觉,吸引行者驻足亲近。云杉(*Picea asperata*)、龙柏(*Sabina chinensis*)等树冠紧蹙高耸,给人威严庄重的冲击感。

## 4 讨论与结论

1) 陕西省具有丰富的常绿树种资源,在该区的物种库中地位重要。该区常绿树种共45科87属223种,其中单子叶植物3科7属14种,双子叶植物37科66属180种,裸子植物5科14属29种。

2) 科内种数在10种以上的有8科;单科单种有13科;中型科较多,有24科。单种属的比例大,有37属,占总属数的42.53%,可见含少数种类的属占较大比例,说明常绿树种在科以下分化和变异较大,这与秦岭藤本植物<sup>[14]</sup>、陕西落叶灌木树种<sup>[15]</sup>和陕南乔木树种<sup>[16]</sup>的分析结果一致。

3) 该区常绿树种区系与世界分布、泛热带广布、热带亚洲及热带南美洲间断分布、旧世界热带分布、热带亚洲至热带大洋洲分布、热带亚洲至热带非洲分布、北温带分布、东亚及北美间断分布、地中海区、西亚至中亚分布、东亚分布等10种分布区类型存在联系<sup>[17-18]</sup>。

4) 陕西省常绿树种灌木类(62.78%)最多,大乔木类(29.15%)次之,小乔木类(8.07%)最少。在建设城镇园林过程中,应根据树种形态特征和景观观赏需求选择合适树种,从而最大限度地实现生态与景观双重效益。

5) 常绿树种在室内盆景、公共绿地、城市道路绿化中具有重要作用,特别在营造生态群落景观方面,常绿树种对维系物种多样性、丰富群落层次、提升观赏价值等方面效果突出。陕西地区常绿树种资源具巨大的开发潜力,应在认真贯彻执行《森林法》

等相关法律对野生资源进行保护的基础上<sup>[19]</sup>,坚定不移地实施可持续发展理念,加强野生常绿树种引种驯化<sup>[20]</sup>,培育优良新品种,丰富城市园林植物多样性。

### 参考文献:

- [1] 谢玉彬,马遵平,杨庆松,等. 基于地形因子的天童地区常绿树种和落叶树种共存机制研究[J]. 生物多样性, 2012,20(2):159-167.
- [2] 白坤栋,蒋得斌,万贤崇. 广西猫儿山不同海拔常绿树种和落叶树种光合速率与氮的关系[J]. 生态学报, 2013,33(16):4930-4938.
- [3] 王旭,胡文强,周光益,等. 南岭山地抗冰雪灾害常绿树种选择[J]. 生态学杂志,2015,34(11):3271-3277.
- [4] 左舒翟,任引,翁闲,等. 亚热带常绿阔叶林9个常见树种的生物量相对生长模型[J]. 应用生态学报,2015,26(2):356-362.
- [5] 戴君虎,雷明德. 陕西植被与环境保护[J]. 西北大学学报(自然科学版),1999,29(2):73-77.
- [6] 陈蕊. 陕西旅游景区生态景观的特色化设计初探[J]. 西北林学院学报,2014,29(1):239-243.
- [7] 中国科学院中国植物志编辑委员会. 中国植物志[M]. 北京,科学出版社,2004:297.
- [8] 中国科学院西北植物研究所. 秦岭植物志[M]. 北京:科学出版社,1976.
- [9] 牛春山. 陕西树木志[M]. 北京:中国林业出版社,1990.
- [10] 吴征镒. 中国种子植物属的分布区类型[J]. 云南植物研究,1991,13(增刊4):1-13.
- [11] 胡亮,李鸣光,李贞. 中国种子植物区系中的藤本多样性[J]. 生物多样性,2010,18(2):212-221.
- [12] 田怀珍,董全英,李宏庆. 中国38个地区兰科植物区系成分的比较分析[J]. 西北植物学报,2013,33(4), 808-823.
- [13] 彭建松,肖辉. 昆明地区园林种子植物属的分布区类型研究[J]. 中国园林,2009(2):98-102.
- [14] 陈思,李景侠,许佳媛. 秦岭地区藤本植物资源多样性研究[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2014,42(1):65-71.
- [15] 薛君艳,陈永锋,夏浩军,等. 陕西落叶灌木树种资源多样性研究[J]. 西北林学院学报,2015,30(3):268-273.
- [16] 杨建虎,甄学渊,雷卫斌. 陕南乔木树种资源多样性研究[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版),2014, 42(9):55-62.
- [17] 应俊生. 秦岭植物区系的性质、特点和起源[J]. 植物分类学报,1994,32(5):389-410.
- [18] 张晓丽,武宇红,赵静,等. 邢台西部太行山区种子植物区系及与其它山区区系的关系[J]. 广西植物, 2006,26(5):535-540.
- [19] 傅立国. 中国植物红皮书第一册[M]. 北京,科学出版社,1992:566-567.
- [20] ABDOLLAH K K, ZABIHOLLAH Z, MOHAMAD R F. Multivariate analysis of *Prunus* subgen. *Cerasus* germplasm in Iran using morphological variables[J]. Genet Resour Crop Evol,2012,59:909-926.



doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2018.03.011

## 高黎贡山赧亢片区中山湿性常绿阔叶林植物区系及多样性分析

唐宗英 乔璐 盛家舒 诸慧琴

(云南林业职业技术学院,云南 昆明 650224)

**摘要:**对高黎贡山国家级自然保护区赧亢片区中山湿性常绿阔叶林典型地带选取的 3 个样方进行群落调查,对群落内植物进行了区系分析、多样性分析以及生活型分析。结果表明,赧亢片区内植物多样性丰富,共有维管束植物 51 科 72 属 108 个种,隶属 12 个区系类型;在科的分类水平上地理成分较为复杂,出现了中国特有的拟单性木兰属植物。在植物的生活型上,随海拔的升高乔木、灌木和草本植物物种数量的变化趋势基本相同;乔木、灌木 2 种生活型的植物物种数量随海拔升高的变化不大,而草本层物种的数量随着海拔的升高逐渐增多。

**关键词:**中山湿性常绿阔叶林;植物区系;物种多样性;生活型;高黎贡山赧亢片区

中图分类号:S792;Q16 文献标识码:A 文章编号:1671-3168(2018)03-0059-04

## Flora and Diversity of Mid-montane Humid Ever-green Broad-leaved Forest at Nankang Area in Gaoligong Mountains

TANG Zongying, QIAO Lu, SHENG Jiashu, ZHU Huiqin

(Yunnan Forestry Technological College, Kunming 650224, China)

**Abstract:** Three sample plots of mid-montane humid ever-green broad-leaved forest located at Nankang area in Gaoligong Mountains were selected to analyze the flora composition, plant diversity and life form. The results showed that there were 108 species of vascular plants belonging to 72 genera, 51 families at Nankang area where the plant species were diverse. These plant species were categorized to 12 floristic types, which demonstrated the geographical components of this area in family level were quite complex, with the distribution of Parakmeria. In terms of life form, species of trees, shrubs and herbs had similar trend along the elevation gradient. Species quantities of trees and shrubs did not show significant difference while that of herbs increased along the elevation gradient.

**Key words:** mid-montane humid ever-green broad-leaved forest; flora; species diversity; life form; Nankang area in Gaoligong Mountains

生物多样性是近年来生态学、进化生物学、分子遗传学等学科研究的热点之一。不同学科从不同尺

收稿日期:2018-02-01.

基金项目:云南省教育厅科学研究基金项目“高黎贡山南段东坡中山湿性常绿阔叶林不同空间尺度植物多样性的研究”(项目编号:2017ZZX181);云南林业职业技术学院校级科研项目“高黎贡山中山湿性常绿阔叶林植物多样性的研究”(KY201602)、“高黎贡山植物多样性对土壤生态系统功能的影响”。

作者简介:唐宗英(1979-),女,云南永胜人,讲师。研究方向为植物分类。

通信作者:乔璐(1979-),女,河北邢台人,副教授。研究方向为森林生态学。

度、不同领域对这一热点问题进行了探索论证<sup>[1-2]</sup>。高黎贡山所在的横断山南段是我国 17 个具有全球意义的生物多样性关键区域之一<sup>[3]</sup>,也是全球 25 个生物多样性保护的热点之一<sup>[4]</sup>。高黎贡山生态系统维持了高度多样化的物种,同时也维系了重要的生态系统功能,因而有许多科学家和学者在此进行长期的研究,目前已有的研究包括气候条件、地质特征、主要植被和土壤微生物等各个方面<sup>[5-10]</sup>,而关于区域尺度上的植物多样性研究还比较缺乏。

本研究在高黎贡山南段东坡中山湿性常绿阔叶林中选取典型群落,对植物群落进行调查并进行多样性及区系分析,量化植物多样性特征,以揭示该森林群落尺度上植物多样性特征和区系分布情况。

## 1 研究地概况

研究地位于高黎贡山国家级自然保护区赧元管理站管辖范围内的实验区(24°49'N,98°46'E;海拔 2 050 m)。气候类型属于我国西部季风气候的暖性湿润型,年均温 13.2℃,最热月均温为 17.1℃(7 月),最冷月均温为 6.2℃(1 月)。年均降雨量在 1 000 mm 以上。土壤类型为山地黄棕壤。植被类型为中山湿性常绿阔叶林,以怒江山茶 *Camellia saluenensis*、多花山矾 *Symplocos Ramosissima*、印度木荷 *Schimakhasiana*、龙陵新木姜子 *Neolitsea lunglingensis*、针齿铁仔 *Myrsinesemiserrata*、红木荷 *Schema wallichii*、青冈 *Cyclobalanopsis glauca*、粗穗石栎 *L. saepadmo*、胡桃 *Juglans regia*、隐纹杜茎山 *Maesamanipurensis*、灰毛浆果楝 *Cipadessacinerascens*、粗毛羊蹄甲 *Bauhinia hirsuta* 等组成。

## 2 研究方法

### 2.1 样地设置及调查方法

在研究地共设置 3 块 50 m×50 m 样方,3 块样方之间的垂直海拔间隔不超过 100 m。在样方中随机选取 3 个 10 m×10 m 的样方进行调查,对胸径 5 cm 以上的乔木进行编号,并按编号记录物种名称、树高、胸径、冠幅、枝下高、物候、生活状况等数据。在 10 m×10 m 的样方内分别设置 5 m×5 m 与 1 m×1 m 的小样方进行灌木、草本调查,记录物种名称、高度、盖度、地径、物候、生活状况等数据。同时记录藤本、攀援、附生、寄生植物的物种名称、数量、高度、生长状况等。

### 2.2 标本采集与物种的鉴定

对样方内的植物进行标本采集和拍照,在室内

进行鉴定。标本的鉴定主要依据《云南植物志》、《中国植物志》等专注书目对科、属、种的描述和界定。

### 2.3 分析方法

对样方中的植物按照乔木、灌木、草本分别记录与统计。评价指标采用目前生态学中常用的  $\alpha$  多样性测度指标中的 Margalef 物种丰富度指数、Shannon-Wiener 指数 ( $H'$ )、Simpson's Diversity ( $D$ ) 和均匀度指数 ( $J$ ) 等作为评价指标<sup>[11-13]</sup>。计算公式为:

$$H' = -\sum_{i=1}^S P_i \ln P_i$$

$$D = \frac{1}{\sum_{i=1}^S P_i^2}$$

$$J = \frac{H'}{H'_{\max}}$$

$$\text{Margalef 物种丰富度指数} = \frac{S-1}{\ln N}$$

式中, $S$  为样地内的物种总数, $N$  为种数。对乔木层而言, $P_i$  为第  $i$  个物种的相对多度;对灌木层和草本层而言, $P_i$  为第  $i$  个物种的相对盖度。

## 3 结果与分析

### 3.1 物种组成

通过对赧元片区中山湿性常绿阔叶林的 3 个样方进行充分调查和标本鉴定,在调查的样方面积内共有维管植物 51 科 72 属 108 种;其中蕨类植物 4 科 6 属 8 种,种子植物(包括双子叶植物和单子叶植物)47 科 66 属 100 种(表 1)。种子植物的比例占绝对优势,达 92.59%,蕨类植物只占总数的 7.41%。

在调查到的所有植物中,包含物种数较多的科有山茶科 Theaceae(4 属 6 种)、樟科 Lauraceae(5 属 6 种)、壳斗科 Fagaceae(4 属 6 种)、木兰科 Magnoliaceae(4 属 4 种)、禾本科 Gramineae(3 属 5 种)。5 个科共包含 20 属 27 种,占总属数的 26.39%和总种数的 25%(表 2)。山茶科、樟科、壳斗科、木兰科在本片区中山湿性常绿阔叶林种子植物区系组成中占有明显优势,符合常绿阔叶林的区系组成特征。其中怒江山茶、多花山矾、印度木荷、龙陵新木姜子、针齿铁仔个体数量最多。

### 3.2 科属的区系成分

根据吴征镒<sup>[14]</sup>种子植物分布区科分布型划分原则,将高黎贡山赧元片区中山湿性常绿阔叶林划分为 12 个分布区类型(表 3)。

表 1 高黎贡山赧元片区中山湿性常绿阔叶林物种组成

Tab. 1 Species compositions of mid-montane humid ever-green broad-leaved forest at Nankang area in Gaoligong Mountains

分类群	科		属		种	
	数量	占比/%	数量	占比/%	数量	占比/%
蕨类植物	4	7.84	6	8.33	8	7.41
双子叶植物	41	80.39	56	77.78	90	83.33
单子叶植物	6	11.77	10	13.89	10	9.26
合计	51	100	72	100	108	100

表 2 高黎贡山赧元片区中山湿性常绿阔叶林种子植物科、属组成

Tab. 2 Compositions of spermatophyte families and genera of mid-montane humid ever-green broad-leaved forest at Nankang area in Gaoligong Mountains

科名	属数	种数
樟科 Lauraceae	5	6
壳斗科 Cupuliferae	4	6
山茶科 Theaceae	4	6
禾本科 Gramineae	3	5
木兰科 Magnoliaceae	4	4
葡萄科 Vitaceae	3	3
紫金牛科 Myrsinaceae	3	3
茜草科 Rubiaceae	3	3
木犀科 Oleaceae	2	2
杜鹃花科 Ericaceae	2	2
兰科 Orchidaceae	2	2
省沽油科 Staphyleaceae	2	2
蔷薇科 Rosaceae	2	2
芸香科 Rutaceae	2	2
蓼科 Polygonaceae	2	2
菝葜科 Smilacaceae	1	2
合计	44	52

通过表 3 可知,在所有区系中,泛热带分布型共计 12 科,占全部科数的 23.65%,位居各分布区类型之首。其中包含物种数较多的科有樟科、山茶科、芸香科、大戟科。本分布型中,山茶科、樟科是高黎贡山国家级自然保护区赧元常绿阔叶林的重要组成部分。樟科是较为古老的科,这在一定程度上说明了该地区植物区系的古老性。位居第二的分布区类

表 3 高黎贡山赧元片区种子植物科、属的分布区类型

Tab. 3 Areal types of spermatophyte families and genera at Nankang area in Gaoligong Mountains

分布区类型	科数	占比/%	属数	占比/%
1. 世界广布	10	19.34	9	12.5
2. 泛热带分布	12	23.65	14	19.44
3. 热带亚洲至热带美洲间断分布	2	3.93	9	12.5
4. 旧世界热带分布	3	5.91	7	9.72
5. 热带亚洲至热带大洋洲分布	2	3.93	4	5.56
6. 热带亚洲至热带非洲分布	2	3.92	4	5.56
7. 热带亚洲分布	6	11.8	9	12.5
8. 温带分布	9	17.7	6	8.33
9. 东亚和北美间断分布	2	3.93	4	5.56
10. 地中海、西亚、中亚分布	1	1.97	3	4.17
11. 东亚分布	2	3.92	2	2.78
12. 中国特有分布			1	1.38
合计	51	100	72	100

型是世界广布型,有 10 科 9 属,其中物种数较多的科有兰科、菊科、禾本科。温带分布型的科数目也占了较高的比例,有 9 科,占总科数的 17.7%,是除泛热带分布、世界广布外的又一重要分布类型。该分布类型中的壳斗科的一些属、种构成了该地区中山湿性常绿阔叶林的优势种或建群种。热带亚洲至热带美洲间断分布型包含 2 个科,占总科数的 3.93%,分别是水东哥科和省沽油科。东亚和北美间断分布型虽然只有 2 个科,但该分布型中的木兰科的多个物种也是本片区中山湿性常绿阔叶林的优势种。另外,该地区中的拟单性木兰属属于中国特有分布型<sup>[15-16]</sup>。

### 3.3 物种多样性

植物多样性在一定程度上反映了森林群落结构和功能的复杂性水平,能比较系统和清晰地反映群落的生态学特征。本研究采用了  $\alpha$  多样性测度指标中的物种丰富度指数、Shannon - Wiener 指数、Simpson's Diversity 和均匀度指数,计算结果如表 4 所示。

从表 4 可以看出,3 个样方物种丰富度指数、Shannon - Wiener 指数、Simpson's Diversity 和均匀度指数整体上变化趋势较一致,说明样地具有较高的  $\alpha$  多样性水平。综合 3 个样方生物多样性指数结果

表 4 高黎贡山赧亢片区 3 个样方物种多样性分析

Tab. 4 Species diversity of three sample plots at Nankang area in Gaoligong Mountains

样方号	丰富度指数 Margalef's	香农指数 Shannon- Wiener (H')	辛普森多 样性指数 Simpson's Diversity (D)	均匀度指数 Evenness (J)
样方 1	6.393	3.418	0.955	0.909
样方 2	5.809	3.275	0.936	0.888
样方 3	6.515	3.448	0.956	0.911

发现,样方 3 的海拔在 3 个样方中居中,生物多样性指数高于其余 2 个样方。样方 1 处于阳坡中段,在 3 个样方中海拔最低,且紧接沟管部位,人为活动较少,生物多样性指数水平与样方 1 相差不大。样方 2 海拔位置最高,所有指标指数均低于其它 2 个样方。

### 3.4 植物生活型

植物的生活型通常被理解为一种对重要的环境因子显示出明显关系的生长型<sup>[17]</sup>。一个地区的植物在进化过程中总是以相似的方式适应同样的环境条件,即生活在同一环境条件下具有不同基因型的植物可以表现出相似的外貌、结构和生理特征<sup>[18]</sup>。对植物不同生活型的研究不仅可以了解区域的生物气候特征,而且还可以为揭示群落分类、群落结构特征提供重要依据<sup>[19]</sup>。根据中国植被中的方法划分生活型<sup>[20]</sup>,本研究将调查样地中的植物按照乔木、灌木、中间层和草本为分类进行统计分析。3 个样方的海拔分别为样方 2(2 050 m)、样方 3(2 010 m)、样方 1(1 970 m),各生活型物种数见图 1。

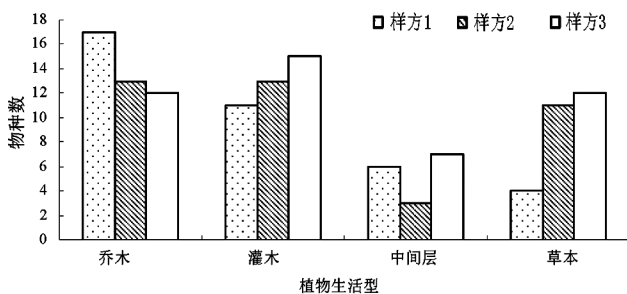


图 1 高黎贡山赧亢片区 3 个样方植物生活型分析

Fig. 1 Life form of three sample plots at Nankang area in Gaoligong Mountains

从图 1 可以看出,随着海拔的升高,乔木、灌木和草本物种数量的变化趋势基本相同,这与高黎贡

山地区植物总体的物种丰富度沿海拔梯度的分布格局一致<sup>[21]</sup>。但从数量上看,3 个样方之间变化不大,这与王志恒<sup>[21]</sup>的研究一致,即在海拔低于 2500m 的区域,乔木、灌木 2 种生活型植物的比例随海拔升高的变化不大。样方 2 的层间植物物种最少;随海拔的升高,草本层物种数量逐渐增多。

## 4 结论

以上分析结果表明,高黎贡山赧亢片区中山湿性常绿阔叶林植物多样性及区系具有以下特征:

1) 在调查的样地内共有维管植物植物 51 科 72 属 108 个种;物种数较多的有山茶科、樟科、壳斗科、木兰科。

2) 高黎贡山赧亢片区中山湿性常绿阔叶林的区系成分包含 12 个分布区类型,在科、属的分类群上,虽然部分科出现的属、种不多,但这些科在该地区存在的物种往往是植被的建群种或优势种,如木兰科、樟科、山茶科、壳斗科。该片区的 51 个科划分到 12 个类型,表明植物区系成分在科的分类水平上较为复杂。另外,该片区还出现了中国特有的拟单性木兰属植物。

3) 随海拔的升高,乔木、灌木和草本植物物种的变化趋势基本相同,乔木和灌木数量植物物种数随海拔升高的变化不大,草本层物种数量则随着海拔的升高而逐渐增多。

## 参考文献:

[1] WRIGHT S J. Plant diversity in tropical forests, A review of mechanisms of species coexistence [J]. *Oecologia*, 2002, 130: 1-14.

[2] DOBSON A P, RODRIGUEZ J P, ROBERTS W M, et al. Geographic Distribution of Endangered Species in the United States [J]. *Science*, 1997, 275: 550-553.

[3] 中国生物多样性国情研究报告编写组. 中国生物多样性国情研究报告 [R]. 北京: 中国环境科学出版社, 1988.

[4] MYERS N, MITTERMEIER R A, MITTERMEIER C C, et al. Biodiversity hotspots for conservation priorities [J]. *Natura*, 2000, 403: 853-858.

[5] 孟广涛, 柴勇, 袁春明, 等. 云南高黎贡山中山湿性常绿阔叶林的群落特征 [J]. *林业科学*, 2013, 49 (3): 144-151.

[6] 张萍, 郭辉军, 刀志灵, 等. 高黎贡山土壤微生物的数量和多样性 [J]. *生物多样性*, 1999, 7 (4): 297-302.

(下转第 74 页)

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2018.03.012

## 野三关红椿天然群落物种多度分布分析

钟雄<sup>1</sup> 张敏<sup>2</sup> 尹茜<sup>2</sup> 蔡京勇<sup>2</sup> 汪洋<sup>2</sup>

(1. 野三关林业工作站, 湖北 巴东 444324; 2. 湖北生态工程职业技术学院, 湖北 武汉 430200)

**摘要:**植物多度分布是群落生态学和生物多样性研究的基础。应用生态位优先模型, 对数级数模型和对数正态分布模型, 对巴东县野三关红椿天然群落乔灌草层的多度分布进行拟合, 研究红椿群落的物种多度分布和结构规律, 并进行卡方( $\chi^2$ )检验, 结果表明: 3 种模型均不能描述草本层物种多度分布, 但均可以较好地拟合灌木层和乔木层的物种多度格局; 对数正态分布模型既能反映物种的分布宽度, 同时其检验对比值表明其拟合效果最佳, 可以更加真实可靠地反映野三关红椿群落内在特征及群落结构特点。

**关键词:**红椿天然群落; 物种多度分布; 生态位优先模型; 对数级数模型; 对数正态分布模型; 野三关中图分类号: S718.542 文献标识码: A 文章编号: 1671-3168(2018)03-0063-05

### Species Abundance Distribution of Natural *Toona ciliata* Community in Yesanguan of Badong County

ZHONG Xiong<sup>1</sup>, ZHANG Min<sup>2</sup>, YIN Xi<sup>2</sup>, CAI Jingyong<sup>2</sup>, WANG Yang<sup>2</sup>

(1. Yesanguan Forestry Station of Badong Forestry Bureau, Badong, Hubei 444324, China;

2. Hubei Ecology Polytechnic College, Wuhan 430200, China)

**Abstract:** The species-abundance distribution pattern of plant community is the basis of the study of community ecology and biodiversity. Niche preemption model, logarithmic series model and logarithm normal distribution model were used to study the fitting models of species-abundance distribution patterns of herb, shrub-tree layers in the natural community of *Toona ciliata* in Yesanguan of Badong County, and Chi-square tests were used to verify the fitting effects of the models. The result showed that the three models could not satisfy the fitting of species-abundance distribution pattern of the herb layer but could better fit the patterns of the shrub layer and the tree layer. The lognormal distribution model could reflect the species dispersion of distribution and the Chi-square tests proved its best fitting effects, which could be more reliable to reflect the inherent characteristics and community structure of *T. ciliata* in Yesanguan.

**Key words:** natural community of *Toona ciliata*; species-abundance distribution; niche preemption model; logarithmic series model; logarithm normal distribution model; Yesanguan

植物群落多度分布是群落生态学和生物多样性 研究的基础。认识群落物种多样性,除了多样性、均

收稿日期: 2018-02-22.

基金项目: 湖北省科技厅公益性研究项目(402012DBA40001); 湖北省教育厅科研项目(B20160555).

作者简介: 钟雄(1969-), 男, 湖北巴东人, 工程师. 研究方向: 林业技术. Email: 252096031@qq.com

通信作者: 蔡京勇(1970-), 男, 湖北武汉人, 讲师. 研究方向: 植物学. Email: 13986200308@163.com

均匀度和丰富度等指标外,群落物种多度分布研究也具有重要意义。多度分布即群落的多度格局,是指群落的多度组成比例关系,通过考察物种从常见到稀有的多度关系来揭示群落的组织结构<sup>[1-2]</sup>。针对群落多度分布规律,生态学家提出了多种拟合模型,如张金屯提出的 3 类物种多度分布模型<sup>[3]</sup>,研究物种在群落中资源分配的生态位模型、群落复杂格局符合特定数学规律的统计模型和以群落发展变化格局为出发点的动态模型;吴承祯等<sup>[4-5]</sup>利用形状参数  $C$  作为反映群落物种多样性的特征,提出物种多度分布的 Weibull 拟合模型。物种多度格局研究是揭示群落组织结构和物种区域分布规律的重要手段,是确定物种保护等级的基本依据,在生物多样性保护和森林群落管理中具有重要意义<sup>[6]</sup>。

红椿(*Toona ciliata* Roem.)又名红楝子,为楝科(Meliaceae)香椿属(*Toona*)落叶大乔木。主要分布于中国中亚热带以南和东南亚地区。其干形通直、自然整枝明显、木材红褐色、纹理通直、结构细致、开裂少、刨面光滑、耐腐,是珍贵速生用材树种<sup>[7]</sup>。由于其濒危程度高,已被列为国家二级保护野生濒危物种<sup>[8]</sup>。

研究红椿天然群落结构,掌握其生态原理,是对这一珍稀物种进行科学保护的基础,本文应用不同物种多度分布模型对湖北巴东县野三关红椿天然群落不同林层物种多度分布进行拟合,旨在揭示红椿群落的物种多度分布与结构规律,为红椿群落物种多样性保护及森林资源管理提供科学依据。

## 1 研究地概况

研究地位于巴东县野三关镇花栎树村 7 组的大缺岩下的沟谷中。地理坐标为 110°23'E, 30°36'N, 海拔 673~720 m。红椿群落位于东偏北 28°的山谷,中坡位,坡度为 28°~35°,西北朝向沪渝高速世界第一公路高桥——泗渡河大桥。土壤为黄棕壤,较为深厚。巴东属中亚热带季风湿润气候,年均温 13.1℃;年日照时间 1 370 h;无霜期 234 d;年均降水量 1 270 mm;相对湿度 82%,水热条件较好。群落所处位置地形崎岖、峡谷幽深,人迹罕至,植物群落组成复杂。

群落植被是以红椿为优势种的落叶阔叶林,郁闭度 0.70。由于地势险峻,人为干扰小,群落结构完整。除红椿外,主要伴生乔木树种为竹叶楠(*Phoebe faberi*)、川桂(*Cinnamomum wilsonii*)、枫香树(*Liquidambar formosana*)等;主要灌木有湖北杜茎

山(*Maesa hupehensis*)、花椒(*Zanthoxylum bungeanum*)、山麻杆(*Alchornea davidii*)、粗糠柴(*Mallotus philippensis*)等;草本层主要有楼梯草(*Elatostema involucratum*)、三叶木通(*Akebia trifoliata*)、乌毛蕨(*Blechnum orientale*)、贯众(*Cyrtomium fortunei*)等。

## 2 研究方法

### 2.1 样地选择

依据红椿群落的分布范围,沿沟谷向泗渡河面延伸,共设立 4 个连续 20 m×20 m 的标准样地。样地完全覆盖全部红椿存活植株,面积 1 600 m<sup>2</sup>。在每块标准样地内设立 4 个 10 m×10 m 乔木样方,共 16 个样方。并在每个乔木样方内设置 1 个 5 m×5 m 的灌木样方和 1 个 1 m×1 m 的草本植物样方。对胸径≤2.5 cm 的植株,测定地径、高度;对胸径≥2.5 cm 的活立木,记录胸径、冠幅、枝下高等指标,同时记录环境因子。全部调查样方内共记录到 16 种乔木、10 种灌木和 27 种草本植物。

### 2.2 物种多度模型

#### 2.2.1 生态位优先模型

采用生态位优先占领模型,又称为几何级数模型。这一模型假定一个群落  $S$  个物种,  $N$  个个体,有限资源为 1,多度最大种占用群落总生态位比额的  $k$  份,第 2 个种占用剩下的  $k$  份即  $k \times (k-1)$  份,第 3 个种再占用剩下的  $k$  份即  $k \times (k-1)^2$ ,依次类推<sup>[9-10]</sup>。因此第  $i$  个多度种所占的个体数为:

$$n_i = Nk(k-1)^{i-1} (i=1, 2, 3, \dots)$$

#### 2.2.2 物种频数模型

1) 对数级数模型:适合描述不含 0 的正整数,即没有个体存在的种不予考虑,这一模型对有  $r$  个个体的种的频度预测为<sup>[10]</sup>:

$$f_r = \frac{\alpha x^r}{r} (r=1, 2, 3, 4, \dots); x = \frac{N}{\alpha + N}; S = \alpha \ln \left(1 + \frac{N}{\alpha}\right)$$

式中  $\alpha$  代表群落的特点,可作为多样性指数,其值大于 0,  $x$  是一个常数,介于 0 和 1 之间,可等于 1,其值与样方大小有关<sup>[11]</sup>。

2) 对数正态分布模型:这里所指的是左端截断的对数正态分布,而非完整的对数正态分布,是 Preston<sup>[12]</sup>在 1948 年引入物种多度研究的。对数正态分布的形式:

$$S_{(R)} = S_0 \exp^{-\lambda^2 R^2}$$

式中,  $S_{(R)}$  为第  $R$  个倍程物种的数量;  $S_0$  为模拟模型中的总物种数的估计值;  $\lambda$  为正态分布曲线宽度的倒数, 是一个与样本大小有关的参数。  $\lambda$  值越大, 曲线越瘦高, 群落中物种分布越集中; 反之,  $\lambda$  值越小, 群落中物种分布越离散<sup>[13]</sup>。

### 3 结果与分析

#### 3.1 生态位优先模型分析

表 1 为生态优先模型拟合与检验。群落的物种数与  $k$  值反向, 即  $k$  值越小, 群落物种数越多。通过迭代求解, 得出不同林层  $k$  的估计值, 再求出物种数: 草本层 (0.138) > 乔木层 (0.194) > 灌木层 (0.310)。经拟合得出期望值, 观测值与期望值经过  $\chi^2$  适合性检验。当  $\alpha = 0.05$  时, 草本层  $\chi^2 > \chi^2_{0.05(25)} = 37.652$ , 拒绝原假设, 表明红椿草本层物种多度不遵从几何级数分布; 灌木层  $\chi^2 < \chi^2_{0.05(8)} = 15.507$ , 接受原假设, 灌木层物种多度遵从几何级数分布; 乔木层  $\chi^2 < \chi^2_{0.05(14)} = 23.685$ , 接受原假设, 乔木层物种多度遵从几何级数分布。

表 1 生态优先模型拟合与检验

Tab. 1 Fitting test and results of niche preemption model

林层	$k$ 值	模型	$\chi^2$ 值	$m-k-1$
草本层	0.138	$n_i = 46.644 \times 0.862^{i-1} / 0.982$	130.448	25
灌木层	0.310	$n_i = 27.59 \times 0.690^{i-1} / 0.976$	8.116	8
乔木层	0.194	$n_i = 24.638 \times 0.806^{i-1} / 0.968$	15.466	14

以物种稀有度为横坐标, 物种个体相对多度为纵坐标, 绘制红椿群落不同林层生态优先模型拟合图。种的数目和个体数量是丰富度的主要内涵, 也是多度格局的主要分析内容, 而均匀度则在多度格局图的变化速度 (曲线的陡度) 上直观地反映出来<sup>[14]</sup> (图 1, 图 2, 图 3)。

由图 1~图 3 可知, 红椿群落草本层物种数目最大, 丰富度也最大, 乔木层次之, 灌木层最小。草本层均匀度最高, 乔木层居中, 灌木层最低, 且灌木层的物种多度分布拟合效果最佳 (其期望值曲线与观察值曲线十分接近); 乔木层拟合效果次之, 其原因可能是红椿作为优势种, 其优势度十分显著, 在群落中的竞争力很强, 且占据群落生态位的大部分资源; 草本层拟合效果较差, 可能由于草本层物种组成

较为复杂, 尤其是个体数量处于中间值的物种多度

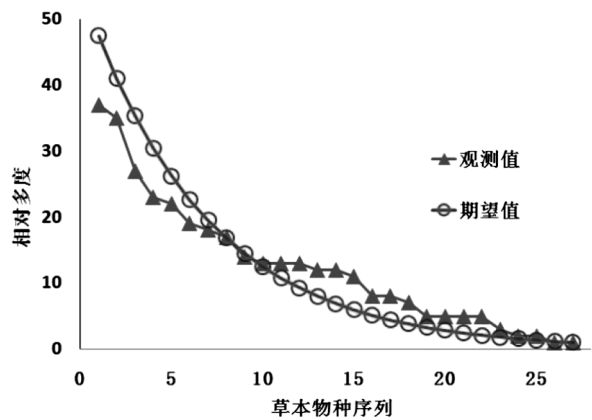


图 1 草本层生态位优先模型拟合检验

Fig. 1 Fitting test of herb layer on species relative abundance by niche preemption model

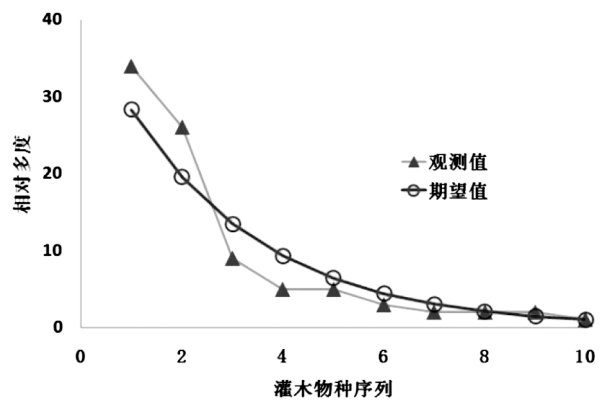


图 2 灌木层生态位优先模型拟合检验

Fig. 2 Fitting test of shrub layer on species relative abundance by niche preemption model

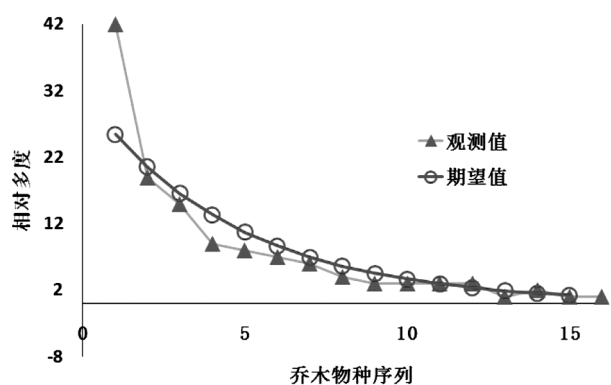


图 3 乔木层生态位优先模型拟合检验

Fig. 3 Fitting test of tree layer on species relative abundance by niche preemption model

较为一致,且草本丰富度 Margelef  $D$  (草本层 4.562 > 乔木层 3.325 > 灌木层 2.217) 和均匀度 Pielou  $E$  (草本层 0.912 > 乔木层 0.881 > 灌木层 0.739) 在 3 个林层中最高。由图 1~图 3 可以得出,红椿群落乔灌木层大部分物种的相对多度值较小,仅少数几个种的相对多度值较大,群落组成以少数种为主。

### 3.2 物种频数模型分析

#### 3.2.1 对数级数分布拟合

物种对数正态分布拟合中, $\alpha$  值代表物种多样性<sup>[15]</sup>,体现不同林层的特点,表现群落间多样性差异(表 2)。

表 2 物种对数级数分布拟合与检验

Tab. 2 Fitting test and results of logarithmic series model

林层	$x$	$N/S$	$\alpha$	拟合模型	$\chi^2$ 值
草本层	0.980	12.519	6.898	$f_r = 6.898 \times 0.980^r / r$	7.606
灌木层	0.969	8.900	2.895	$f_r = 2.895 \times 0.969^r / r$	3.151
乔木层	0.963	7.938	4.838	$f_r = 4.838 \times 0.963^r / r$	2.211

由表 2 可知, $\alpha$  值大小排序为:草本层(6.898) > 乔木层(4.838) > 灌木层(2.895)。 $\alpha$  值较大时,表示稀有种较富集种多, $\alpha$  值较小时,富集种较稀有种多<sup>[11]</sup>,说明多样性高对稀有物种的保存是有积极意义的。不同林层的 Shannon-Wiener 指数为:草本(3.039) > 乔木(2.443) > 灌木(1.771),且与  $\alpha$  值显著相关,因而可以认为,对数级数多度分布格局较有效地反映了群落多样性<sup>[14]</sup>。

当  $\alpha = 0.05$  时,草本层  $\chi^2 > \chi_{0.05}^2(3-1-1) = 3.841$ ,对数级数分布不能描述红椿群落草本层物种的多度分布,但所得对数级数拟合模型可以描述群落灌木层物种多度分布和乔木多度分布(表 2),且乔木层的拟合优于灌木层的拟合。

#### 3.2.2 对数正态分布拟合

$\lambda$  为正态分布曲线宽度的倒数,取值越大,物种分布越集中。3 个林层的倍程均为 7 级,个体数的分布区位相同。由于最大模式倍程的值均为负, $\lambda$  大小为:乔木层(-0.106) > 灌木层(-0.139) > 草本层(-0.268)(表 3),说明红椿群落物种分布集中趋势为:乔木层 > 灌木层 > 草本层。此结果与实际群落调查情况吻合度高。由于红椿是强阳性树种,作为建群种和群落优势种,其密度较高。相对而言,林下草本层物种数量少,集中分布在林隙间或林窗。

表 3 物种对数正态分布拟合与检验

Tab. 3 Fitting test and results of logarithm normal distribution model

林层	$S_0$	$\lambda$	拟合模型	$\chi^2$
草本层	2.019	-0.268	$S(R) = 2.019 e^{-0.072R^2}$	47.176
灌木层	1.616	-0.139	$S(R) = 1.616 e^{-0.019R^2}$	3.456
乔木层	2.273	-0.106	$S(R) = 2.273 e^{-0.011R^2}$	6.950

对数正态分布拟合检验表明,由于草本层  $\chi^2 = 47.176 > \chi_{0.05}^2(7-2-1) = 8.488$ ,拒绝原假设,即草本层物种多度不符合对数正态分布;灌木层  $\chi^2 = 3.456 < \chi_{0.05}^2(7-2-1)$ ,接受原假设,即灌木层物种多度符合对数正态分布;乔木层  $\chi^2 = 6.950 < \chi_{0.05}^2(7-2-1)$ ,其物种多度符合对数正态分布。对数正态分布模型能够较好地说明红椿群落乔、灌木层物种分布格局,但不适合解释草本层物种分布格局。

## 4 讨论与结论

物种多度模型是利用少量几个参数来描述个体种类数观察频率的分布。将某一具体模型作为标准来解释结构复杂的自然群落,尽管检验拟合结果显著性高,也并非完全合理。生态学研究,已经建立和发展的模型较多,对生态学意义的解释各具特点,不同模型参数的差异,也可以用来解释不同群落间存在的差异。因此,将多类模型综合应用,拟合并加以检验,可以更好地解释不同群落、群丛或林层的生态学意义。

巴东县野三关红椿天然群落不同林层的物种多度分布拟合中,生态优先占领模型、对数级数分布模型和对数正态分布模型均不能描述草本层物种多度分布,3 种模型草本层的  $\chi^2$  值与乔木和灌木层的  $\chi^2$  值差异较大。3 种分布模型乔木层和灌木层检验的  $\chi^2$  值差异较小,拟合模型理论上是可行的。实际调查中发现,红椿群落结构分层较为明显。由于红椿为强阳性植物,且样地为山谷偏北处,竞争关系使得红椿高生长十分显著,树高最高达 30 m,林冠上层郁闭,其优势特征控制着整个群落环境,导致林冠下物种组成的个体数间的差异较大,乔、灌木层物种均匀度相对较小,林下草本均匀度较高,这一特点在对数级数分布和对数正态分布拟合模型中体现出来。

野三关红椿群落乔灌木层物种多度分布研究表明,虽然一个模型所能表示的生态意义不能完全揭示群落的结构特征,特别是针对同一群落不同层次



的研究,因为群落一般是复杂多变的<sup>[13]</sup>,但对于野三关这类近自然红椿群落的生态学研究,不同模型的拟合均可以得到较为理想的效果。然而以上3种模型中,对数正态分布既能反映物种的分布宽度,同时其检验 $\chi^2$ 值与生态优先占领模型检验的 $\chi^2$ 值规律一致,即描述物种多度模型时,拟合接近程度表现为:灌木层>乔木层>草本层;而对数级数分布拟合表现为:乔木层>灌木层>草本层。因而可以得出,用对数正态分布模型拟合野三关红椿群落乔灌草层物种多度分布格局,可以更加真实可靠地反映红椿群落内在特征及群落结构特点。

### 参考文献:

- [1] 马克明. 物种多度格局研究进展[J]. 植物生态学报, 2003, 27(3): 412-426.
- [2] 彭少麟, 殷祚云, 任海, 等. 多物种集合的种—多度关系模型研究进展[J]. 生态学报, 2003, 23(8): 1590-1605.
- [3] 张金屯. 群落中物种多度格局的研究综述[J]. 农村生态环境, 1997, 13(4): 48-54.
- [4] 吴承桢, 洪伟. 观光木群落物种多度分布的 Weibull 模型研究[J]. 福建林学院学报, 1997, 17(1): 20-24.
- [5] 吴承桢, 洪伟, 郑群瑞. 福建万木林保护区观光木群落物种相对多度模型的拟合研究[J]. 热带亚热带植物学报, 2001, 9(3): 235-242.
- [6] 李巧, 涂琛, 熊忠平, 等. 物种多度格局研究概况[J]. 云南农业大学学报, 2011, 26(1): 117-123.
- [7] 钱崇澎, 陈焕铺. 中国植物志[M]. 北京: 科学出版社, 1978, 36-37.
- [8] 法律出版社法规出版中心. 国家重点保护野生植物名录(第一批)[M]. 北京: 法律出版社, 2003.
- [9] WHITTAKER R H. Evolution and measurement of species diversity[J]. Taxon, 1972(21): 213-351.
- [10] 覃林. 统计生态学[M]. 北京: 中国林业出版社, 2009.
- [11] 任萍, 王孝安, 郭华. 黄土高原森林群落物种多度的分布格局[J]. 生态学杂志, 2009(28): 1449-1455.
- [12] PRESTON F W. The commonness and rarity of species[J]. Ecology, 1948(29): 254-283.
- [13] 高利霞, 毕润成, 闫明. 山西霍山油松林的物种多度分布格局[J]. 植物生态学报, 2011, 35(12): 1256-1270.
- [14] 郭道宇, 张金屯, 宫辉力, 等. 安太堡露天矿区人工植被的物种多度分布分析[J]. 林业科学, 2007, 43(3): 118-121.
- [15] Magurran AE Ecological Diversity and Its Measurement[M]. New Jersey: Princeton University Press, 1988: 1-79.

(上接第52页)

分有限,因此应禁止猎捕鸟类,以保护该区域鸟类的多样性。

### 5.2 进一步对鸟类多样性进行调查和研究

根据云南省地方标准,鸟类监测每年进行2次,于繁殖期和越冬期进行,且要连续监测3~5年<sup>[5]</sup>。要为企业友好型生态胶园成效评价提供更为翔实的数据支持,还需要对鸟类多样性作进一步的调查和监测。

**致谢:**项目开展过程中得到中国科学院西双版纳热带植物园张明霞、Francis Commercon 2位专家给予的支持和帮助,在此致以诚挚的感谢!

### 参考文献:

- [1] 云南省林业厅. 云南省第二次陆生野生动物资源调查技术方案[Z]. 2012.
- [2] 孙濡泳. 动物生态学原理[M]. 北京:北京师范大学出版社, 2001: 398-399.
- [3] 徐永椿, 姜汉侨, 全复. 西双版纳自然保护区综合考察报告集[M]. 昆明: 云南科技出版社, 1987: 327-328.
- [4] 罗爱东, 陈明勇, 董永华. 西双版纳鸟类多样性[M]. 昆明: 云南美术出版社, 2014: 4.
- [5] 云南省质量技术监督局. 自然保护区与国家公园生物多样性监测技术规程: DB 53/T 391—2012[S]. 2012: 11.
- [6] 约翰·马敬能, 卡伦·菲利普斯. 中国鸟类野外手册[M]. 长沙: 湖南教育出版社, 2000.

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2018.03.013

## 华坪县蚂蚁多样性研究

普顺荣<sup>1</sup> 徐正会<sup>2</sup>

(1. 澄江县林业局, 云南 澄江 652500; 2. 西南林业大学, 云南 昆明 650224)

**摘要:**采用样地调查法研究云南省华坪县海拔 1 240~3 060 m 蚂蚁群落多样性规律。共采集蚂蚁 15 077 头, 隶属于 5 亚科 21 属 46 种, 其中包括 42 个已知种和 4 个待定种。分析结果表明, 黑头酸臭蚁、罗思尼斜结蚁、沃森大头蚁为华坪县的优势种, 占物种总数的 6.5%; 常见种有 10 种, 占 21.7%, 稀有种有 33 种, 占 71.7%; 蚂蚁群落的物种数目为 1~22 种(平均值 9.3 种), 个体密度 0.4~1 299.8 只/m<sup>2</sup>(平均值 376.9), 多样性指数 0~1.617 2(平均值 0.634 4), 均匀度指数 0~0.539 8(平均值 0.249 1), 优势度指数 0.278 1~1.000 0(平均值为 0.700 7); 不同海拔和植被类型蚂蚁群落之间相似性系数 0~0.448 3(平均值 0.064 2), 处于极不相似至中等不相似水平, 说明华坪县蚂蚁群落具有各自的特点。

**关键词:**蚂蚁群落; 物种多样性; 群落结构; 相似性; 优势种; 华坪县

中图分类号: S718.7; Q16 文献标识码: A 文章编号: 1671-3168(2018)03-0068-07

## Investigation on the Ant Diversity in Huaping County of Yunnan

PU Shunrong<sup>1</sup>, XU Zhenghui<sup>2</sup>

(1. Chengjiang County Forestry Bureau, Chengjiang, Yunnan 652500, China;  
2. College of Forestry, Southwest Forestry University, Kunming 650224, China)

**Abstract:** The ant diversity between the altitudes 1240–3060 m in Huaping County of Yunnan Province was studied by sample-plot method. This research collected 15077 ant individuals which were recognized as 46 species belonging to 21 genera and 5 subfamilies, including 42 known species and 4 unknown ones. The results showed that the dominant species were *Tapinoma melanocephalum*, *Plagiolepis rothneyi* and *Pheidole watsoni*, accounting for 6.5%. The proportions of 10 common species and 33 rare ones were 21.7% and 71.7% respectively. The main diversity indexes were as follow, species numbers 1–22 (average 9.3), individual densities 0.4–1299.8 (average 376.9), species diversity indexes 0–1.6172 (average 0.6344), evenness indexes 0–0.5398 (average 0.2491), dominant indexes 0.2781–1.0000 (average 0.7007). The similarity coefficients of ant communities with different altitudes and vegetation forms were 0–0.4483 (average 0.0642) at extremely dissimilar to moderate similar levels, which represented that each ant community had its own characteristics.

**Key words:** ant communities; species diversity; community structure; similarity; dominant species; Huaping County

收稿日期: 2018-01-16.

作者简介: 普顺荣(1989-), 男, 云南新平人, 助理工程师. 从事林权管理服务等工作. Email: 347779467@qq.com

华坪县位于云南省西北部的金沙江中段北岸,地理坐标为北纬 $26^{\circ}21' \sim 26^{\circ}58'$ ,东经 $100^{\circ}59' \sim 101^{\circ}31'$ 。属于滇西北中山山原区,地势西北高,东南低。西北部的匹底梁子为全县最高点,海拔 3 197 m;南端新庄河与金沙江交汇处的塘坝河口为全县最低点,海拔 1 015 m,海拔相对高差 2 182 m。全县国土总面积 2 200 km<sup>2</sup>,其中耕地 11 089.7 hm<sup>2</sup>,森林 96 580 hm<sup>2</sup>,荒地 85 866.7 hm<sup>2</sup>,水域 2 413.3 hm<sup>2</sup>。境内众多的褶皱带和断层地质,因被江河水流切割,形成山高谷深、沟壑纵横的山原地形。华坪县属典型的南亚热带低热河谷气候,气温与雨量随地势海拔高低而增减,立体分布较为突出。年均温 19.8℃,年均降水量 870 mm,年均相对湿度 60%,全年无霜期 303.2 d(华坪县志编纂委员会,1997)。

华坪县蚂蚁多样性方面的研究尚属空白,本研

究意图通过调查,分析不同植被类型对蚂蚁多样性的影响,查清该地区蚂蚁种类及优势种、常见种和稀有种等情况,为当地生态保护和生物多样性保护提供科学数据。

## 1 研究方法

### 1.1 样地设置

根据华坪县的自然地理概况,在垂直带上,沿山体海拔每升高 250 m 选择 1 块有代表植被的样地进行调查(徐正会等,2001;徐正会,2002)。华坪县与宁蒗县毗邻,为了全面反映完整垂直带的蚂蚁群落及多样性规律,调查中包括了山体上部属宁蒗县的 2 块样地,在海拔 1 240~3 060 m 范围内共设置 8 块样地,各样地自然概况见表 1。

表 1 华坪县蚂蚁群落调查样地概况

Tab. 1 General information of sample plot for ant communities research in Huaping County

样方编号	地点	海拔/m	坡向	坡度/°	土壤类型	植被类型	乔木郁闭度	灌木盖度/%	草本盖度/%	地被盖度/%	地被物厚度/cm
H36-H40	宁蒗县他腊莫村	3060	N	40	棕色土壤	针阔混交林	0.6	10	5	100	2~4
H31-H35	宁蒗县匹底梁子	2800	N	40	黄色土壤	苔藓常绿阔叶	0.5	10	20	100	2~3
H26-H30	华坪县王玉村	2500	NE	35	灰棕色壤	常绿阔叶林	0.6	30	5	100	2~5
H21-H25	华坪县仰天窝村	2240	E	27	黄红色壤	针阔混交林	0.3	0	100	100	3~5
H16-H20	华坪县天星林场	2030	E	20	红色土壤	云南松林	0.2	1	90	100	1~2
H11-H15	华坪县天星林场	1750	NE	30	红色土壤	云南松林	0.4	2	90	100	3~4
H6-10	华坪县天星村	1650	E	32	红色土壤	针叶混交林	0.4	5	95	100	2~4
H1-H5	华坪县和爱村	1240	N	25	砖红色壤	云南松林	0.5	10	60	90	1~2

### 1.2 样地调查

1) 样方的选定:在每个样地中,上下左右每隔 10 m 选取 5 个 1 m×1 m 样方。采用样地调查法按顺序采集、统计样方内地表、土壤和树冠中蚂蚁。

2) 地表样调查:在地面划定样方范围后,先用小刮子仔细检查地表蚂蚁个体和蚁巢。捕捉全部零散个体,保存在有 90% 乙醇的标本瓶内,如果发现蚁巢时,把整个蚁巢内的蚂蚁铲入瓷盘内,将土块敲碎捣匀,根据蚁巢内蚂蚁个体数量从瓷盘内划出 1/2、1/4、1/8、1/16 或 1/32 份进行统计,再采集标本。

3) 土壤样调查:用小手镐挖掘土壤 20 cm 深,仔细检查土壤内蚂蚁,用上述方法统计并采集标本。

4) 树冠样调查:地表样和土壤样检查完毕后,用 2 m×2 m 的白色幕布平拉样方之上,摇动地表以上 5 m 范围内的乔木和灌木,采集震落在幕布上的

蚂蚁,并保存于标本瓶内(徐正会,2002)。

### 1.3 蚂蚁群落及多样性分析

#### 1.3.1 优势种的确定

蚂蚁优势种依据样地中其所占百分比确定: > 10% 为优势种,用 A 表示; 1%~10% 之间为常见种,用 B 表示; < 1% 为稀有种,用 C 表示(徐正会,2002)

#### 1.3.2 优势度指数

根据 Simpson 优势度公式计算优势度指数<sup>[4]</sup>,公式为:

$$C = \sum_{i=1}^S (p_i)^2 = \sum_{i=1}^S (N_i/N)^2$$

式中: $N_i$  为第  $i$  个物种的个体数, $N$  为  $S$  个物种的总个体数。

1.3.3 物种多样性指数

根据 Shannon-Wiener 多样性公式计算物种多样性指数<sup>[4]</sup>,公式为:

$$H = - \sum_{i=1}^S (P_i) \ln P_i^2 (P_i = N_i / N)$$

式中: $N_i$  为指第  $i$  个物种的个体数, $N$  为  $S$  个物种的总个体数。

1.3.4 均匀度指数

根据 Pielou 均匀度公式计算均匀度指数<sup>[4]</sup>,公式为:

$$E = H / \ln S$$

式中: $H$  为 Shannon-Wiener 物种多样性指数, $S$  为物种数目。

1.3.5 群落相似性系数

根据 Jaccard 相似性公式计算相似性系数<sup>[4]</sup>,公式为:

$$q = c / (a + b - c)$$

式中: $c$  为 2 个群落的共同物种数, $a$  和  $b$  分别为群落 A 和群落 B 的物种数。

根据 Jaccard 相似性系数原理,当  $q$  为 0.00~0.25 时,为极不相似;当  $q$  为 0.25~0.50 时,为中等不相似;当  $q$  为 0.50~0.75 时,为中等相似;当  $q$  为 0.75~1.00 时为极相似。

2 结果与分析

2.1 蚂蚁群落结构

2.1.1 各样地优势种、常见种、稀有种比较

对 8 块样地中蚂蚁数量进行统计分析,结果表明,所采集的蚂蚁标本隶属 5 亚科 21 属 46 种,其中 42 个已知种和 4 个待定种。通过对各块样地的比较分析可以看出,稀有种所占比例为 0.0~77.3%。华坪县新庄乡天星村海拔 1 650 m 稀有种百分比最高,为 77.3%;宁蒗县永宁坪乡匹低梁子海拔 2 800 m 处和他腊莫村海拔 3 060 m 处稀有种百分比最低,为 0;常见种所占比例为 0.0~25.0%,其中华坪县新庄乡天星林场海拔 1 750 m 处和仰天窝村海拔 2 240 m 处常见种百分比最高,为 25.0%,而华坪县通达乡王玉村海拔 2 500 m 处、宁蒗县永宁坪乡匹低梁子海拔 2 800 m 处和他腊莫村海拔 3 060 m 处常见种百分比最低,为 0;优势种所占比例为 9.1%~100.0%,其中宁蒗县永宁坪乡匹低梁子海拔 2 800 m 处和他腊莫村海拔 3 060 m 处优势种百分比最高,为 100%,而华坪县新庄乡天星村海拔 1 650 m 处优势种百分比最低,为 9.1%(表 2)。

表 2 各样地的蚂蚁群落优势种、常见种、稀有种比较

Tab.2 Comparison of dominant,common and rare species of ant communities

样地地点	海拔/m	优势种		常见种		稀有种	
		数目	占比/%	数目	占比/%	数目	占比/%
宁蒗县永宁坪乡他腊莫村	3060	1	100.0	0	0	0	0
宁蒗县永宁坪乡匹低梁子	2800	1	100.0	0	0	0	0
华坪县通达乡王玉村	2500	2	33.3	0	0	4	66.7
华坪县新庄乡仰天窝村	2240	1	12.5	2	25.0	5	62.5
华坪县新庄乡天星林场	2030	3	23.1	3	23.1	7	53.8
华坪县新庄乡天星林场	1750	2	10.0	5	25.0	13	65.0
华坪县新庄乡天星村	1650	2	9.1	3	13.6	17	77.3
华坪县荣将镇和爱村	1240	1	16.7	1	16.7	4	66.7

各样地的稀有种和优势种所占比例呈明显的负相关关系,当优势种所占百分比升高时,稀有种所占的百分比就下降;优势种所占百分比下降时,稀有种所占百分比就升高。常见种数目起伏不大(图 1)。

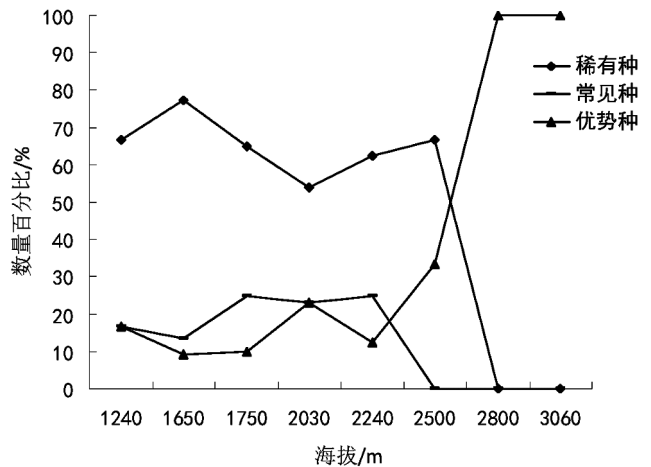


图 1 各样地蚂蚁群落优势度、常见种、稀有种相关性  
Fig.1 Correlation of dominant,common and rare species of ant communities

2.1.2 整体蚂蚁群落结构

在 8 块样地共采集蚂蚁 15 077 只,其中优势种有 3 种:黑头酸臭蚁、罗思尼斜结蚁、沃森大头蚁,分别为臭蚁亚科的酸臭蚁属、蚁亚科的斜结蚁属和切叶蚁亚科的大头蚁属,占物种总数的 6.5%。常见

种有 10 种:玛格丽特红蚁、尖齿刺结蚁、康斯坦大头蚁、毛蚁待定种 1、棒刺大头蚁、长角狡臭蚁、圆叶铺道蚁、卡泼林大头蚁、黄足厚结猛蚁、日本铺道蚁,占物种总数的 21.7%。其余 33 种为稀有种,占物种总数的 71.7%。通过分析可知,稀有种占物种总数的一半以上,说明调查区域生态系统复杂,多样性丰富,具有较高的保护价值(表 3)。

表 3 华坪县整体蚂蚁群落物种组成及优势度

Tab. 3 Species composition and dominant indexes of ant communities in Huaping County

序号	物种名称	个体数/只	占比/%	优势度
1	黑头酸臭蚁 <i>Tapinoma melanocephalum</i> (Fabricius)	6206	41.162	A
2	罗思尼斜结蚁 <i>Plagiolepis rothneyi</i> Forel	2192	14.539	A
3	沃森大头蚁 <i>Pheidole watsoni</i> Forel	1944	12.894	A
4	玛格丽特红蚁 <i>Myrmica margaritae</i> Emery	1100	7.296	B
5	尖齿刺结蚁 <i>Lepisiota acuta</i> Xu	653	4.331	B
6	康斯坦大头蚁 <i>Pheidole constantiae</i> Forel	501	3.323	B
7	毛蚁待定种 1 <i>Lasius</i> sp. 1	402	2.667	B
8	棒刺大头蚁 <i>Pheidole spathifera</i> Forel	382	2.534	B
9	长角狡臭蚁 <i>Technomyrmex antennus</i> Zhou	357	2.368	B
10	圆叶铺道蚁 <i>Tetramorium cyclolobium</i> Xu et Zheng	212	1.406	B
11	卡泼林大头蚁 <i>Pheidole capellini</i> Emery	182	1.207	B
12	黄足厚结猛蚁 <i>Pachycondyla luteipes</i> (Mayr)	163	1.081	B
13	日本铺道蚁 <i>Tetramorium nipponense</i> Wheeler	152	1.008	B
14	阿禄斜结蚁 <i>Plagiolepis alluaudi</i> Emery	143	0.949	C
15	菱结大头蚁 <i>Pheidole rhomboida</i> Mayr	105	0.696	C
16	吉氏酸臭蚁 <i>Tapinoma geei</i> Wheeler	96	0.637	C
17	拟哀弓背蚁 <i>Camponotus pseudolendus</i> Wu et Wang	93	0.617	C
18	中华小家蚁 <i>Monomorium chinensis</i> Santschi	54	0.358	C
19	巴瑞弓背蚁 <i>Camponotus parius</i> Emery	21	0.139	C
20	莱曼蚁 <i>Formica lemani</i> Bondroit	17	0.113	C
21	东方小家蚁 <i>Monomorium orientale</i> Mayr	15	0.100	C

续表 3

序号	物种名称	个体数/只	占比/%	优势度
22	罗伯特大头蚁 <i>Pheidole roberti</i> Forel	12	0.080	C
23	盘腹蚁待定种 1 <i>Aphaenogaster</i> sp. 1	11	0.073	C
24	丝光蚁 <i>Formica fusca</i> Linnaeus	11	0.073	C
25	黄足立毛蚁 <i>Paratrechina flavipes</i> (Smith)	8	0.053	C
26	尼特纳大头 <i>Pheidole nietneri</i> Emery	4	0.027	C
27	普通拟毛蚁 <i>Pseudolasius familiaris</i> (Smith)	4	0.027	C
28	邵氏姬猛蚁 <i>Hypoponera sauteri</i> (Forel)	3	0.020	C
29	直背稀切叶蚁 <i>Oligomyrmex rectorius</i> Xu	3	0.020	C
30	温雅盘腹蚁 <i>Aphaenogaster lepida</i> Wheeler	3	0.020	C
31	细胸蚁待定种 3 <i>Leptothorax</i> sp. 3	3	0.020	C
32	丽塔红蚁 <i>Myrmica ritae</i> Emery	3	0.020	C
33	奇异毛蚁 <i>Lasius alienus</i> (Foerster)	2	0.013	C
34	立毛举腹蚁 <i>Crematogaster ferrarii</i> Emery	2	0.013	C
35	雕刻盘腹蚁 <i>Aphaenogaster exasperate</i> Wheeler	2	0.013	C
36	罗思尼举腹蚁 <i>Crematogaster rothneyi</i> Mayr	2	0.013	C
37	玛氏举腹蚁 <i>Crematogaster matusurui</i> Fore	2	0.013	C
38	平截弓背蚁 <i>Camponotus nipponicus</i> Wheeler	2	0.013	C
39	少毛弓背蚁 <i>Camponotus spanis</i> Xiao et Wang	2	0.013	C
40	樱花立毛蚁 <i>Paratrechina sakurae</i> (Ito)	2	0.013	C
41	罗氏心结蚁 <i>Cardiocondyla wroughtonii</i> (Forel)	1	0.007	C
42	裸心结蚁 <i>Cardiocondyla nuda</i> (Mayr)	1	0.007	C
43	楔结铺道蚁 <i>Tetramorium cuneinode</i> Bolton	1	0.007	C
44	细胸蚁待定种 1 <i>Leptothorax</i> sp. 1	1	0.007	C
45	平和弓背蚁 <i>Camponotus mitis</i> (Smith)	1	0.007	C
46	槽结粗角蚁 <i>Cerapachys sulcinodis</i> Emery	1	0.007	C
—	合计	15077	—	—

备注:优势度依据物种个体所占百分比确定:>10%为优势种,用 A 表示;1%~10%之间为常见种,用 B 表示;<1%为稀有种,用 C 表示。

## 2.2 蚂蚁群落主要指标

### 2.2.1 物种数目

物种数目是物种多样性程度最直接、最基本的表现(周红章,2000)。在表 4 中列出了不同生境蚂蚁群落物种及个体数量组成。不同地段、不同海拔、不同植被类型蚂蚁种类数目差别较大。在 8 块样地中,蚂蚁群落的物种数目最低的有 1 种,最高的有 22 种,平均每块样地 9.3 种。其中,宁蒗县永宁坪乡匹低梁子海拔 2 800 m 的苔藓常绿阔叶林和宁蒗县永宁坪乡他腊莫村海拔 3 060 m 的针阔混交林蚂蚁物种最少,各有 1 种;华坪县新庄乡天星村海拔 1 650 m 的针叶混交林蚂蚁物种最丰富,有 22 种。山体的上部物种少,山体的下部物种多,物种数目呈现随海拔升高而减少的规律。但这种规律并不完整,出现了特例,其中华坪县荣将镇和爱村海拔 1 240 m 的云南松林物种数只有 6 种,反而海拔在 1 650 m 的华坪县新庄乡天星村针叶混交林物种数最多,为 22 种,说明物种数随海拔变化呈现的规律性不强,而与森林类型有一定关系。

表 4 华坪县蚂蚁群落的几项重要指标

Tab. 4 Important indexes of ant communities in Huaping County

样地地点	海拔/ m	物种 数目	个体 密度/ (只· m <sup>-2</sup> )	多样性 指数 H	均匀度 指数 E	优势度 指数 C
宁蒗县永宁坪乡他腊莫村	3060	1	0.4	0.0	0.0	1
宁蒗县永宁坪乡匹低梁子	2800	1	0.6	0.0	0.0	1
华坪县通达乡王玉村	2500	6	301.8	0.6210	0.3466	0.6017
华坪县新庄乡仰天窝村	2240	8	107.0	0.3227	0.1552	0.8781
华坪县新庄乡天星林场	2030	13	514.8	1.2823	0.4999	0.3885
华坪县新庄乡天星林场	1750	20	368.8	1.6172	0.5398	0.2781
华坪县新庄乡天星村	1650	22	422.2	1.0065	0.3256	0.5459
华坪县荣将镇和爱村	1240	6	1299.8	0.2257	0.1260	0.9129
平均值	—	9.6	376.9	0.6344	0.2491	0.7007

### 2.2.2 个体密度

各样地的蚂蚁群落个体密度在 0.4~1 299.8 只/m<sup>2</sup> 之间(平均个体密度为 376.9 只/m<sup>2</sup>),变化

幅度较大。宁蒗县永宁坪乡他腊莫村海拔 3 060 m 的针阔混交林中蚂蚁个体密度最小,仅为 0.4 只/m<sup>2</sup>;在华坪县荣将镇和爱村海拔 1 240 m 的云南松林中密度最大,达 1 299.8 只/m<sup>2</sup>。在垂直带上,蚂蚁个体密度大致呈随海拔升高而降低的规律,在海拔 2 500 m 的华坪县通达乡王玉村常绿阔叶林下蚂蚁个体数量出现了相对较高的现象,可能是因为人为的干扰或者是气候及土壤环境因素的影响。

### 2.2.3 多样性指数

物种多样性是把物种数和均匀度结合起来的一个统计指标,可以综合反映群落或者是生境中物种的丰富程度、优势度和均匀度,多样性指数越高,多样性越大(陈友等,2007)。从表 4 可以看出,各样地中蚂蚁群落的多样性指数在 0~1.617 2 之间,平均值为 0.634 4。其中,在华坪县新庄乡天星林场海拔 1 750 m 的云南松林中蚂蚁物种多样性指数最高,达 1.617 2;多样性指数最低出现在宁蒗县永宁坪乡匹低梁子海拔 2 800 m 的苔藓常绿阔叶林和他腊莫村海拔 3 060 m 的针阔混交林中,为 0。在垂直带上,多样性指数与海拔高度的变化没有规律性。

### 2.2.4 均匀度指数

各样地的蚂蚁群落的均匀度指数在 0~0.539 8 之间,平均值为 0.249 1。其中,在华坪县新庄乡天星林场海拔 1 750 m 的云南松林均匀度指数最高,为 0.539 8。而在宁蒗县永宁坪乡匹低梁子海拔 2 800 m 的苔藓常绿阔叶林和他腊莫村海拔 3 060 m 的针阔混交林均匀度指数最低,为 0。在垂直带上随海拔升高均匀度指数没有规律性。

### 2.2.5 优势度指数

优势度反映物种的优势程度,其变化规律与多样性相反,即优势度越低,多样性越高,反之亦然(刘霞等,2011)。华坪县各地蚂蚁群落优势度指数在 0.278 1~1 之间,平均值为 0.700 7。其中,在宁蒗县永宁坪乡匹低梁子海拔 2 800 m 的苔藓常绿阔叶林和他腊莫村海拔 3 060 m 的针阔混交林优势度指数最高,为 1,而在华坪县新庄乡天星林场海拔 1 750 m 的云南松林优势度最低,为 0.278 1。

## 2.3 蚂蚁群落之间相似性

各样地蚂蚁群落之间的相似性系数( $q$ )在 0~0.448 3 之间,处于极不相似和中等不相似水平,平均为 0.064 2,显示了极不相似水平。其中,华坪县新庄乡天星村海拔 1 650 m 的针叶混交林与天星林场海拔 1 750 m 的云南松林相似性最高,相似性系数为 0.448 3。在整个垂直带上,有很多块样地之

间的相似性系数为0。只有海拔为1 650 m的针叶混交林样地与海拔为1 750 m的云南松林样地和海拔为1 750 m的云南松林样地与海拔为2 030 m的云南松林的样地相似性系数达到了中等不相似水

平,其余样地之间均为极不相似水平。山体上部与山体下部群落之间相似性较低。随着群落之间空间距离的缩小,群落之间的相似性增加,说明华坪县蚂蚁群落之间差异性明显,物种多样性丰富(表5)。

表5 华坪县各样地蚂蚁群落之间的相似性系数( $q$ )

Tab. 5 Similarity coefficients of ant communities in Huaping County

海拔和植被类型	3060 m 云南松林	2800 m 苔藓 常绿阔叶林	2500 m 常 绿阔叶林	2240 m 针 阔混交林	2030 m 云南松林	1750 m 云南松林	1650 m 针 叶混交林
2800 m 苔藓常绿阔叶	0.0000						
2500 m 常绿阔叶林	0.0000	0.0000					
2240 m 针阔混交林	0.0000	0.0000	0.1667				
2030 m 云南松林	0.0000	0.0000	0.1875	0.1053			
1750 m 云南松林	0.0000	0.0000	0.0000	0.0370	0.2692		
1650 m 针叶混交林	0.0000	0.0000	0.0000	0.0714	0.2069	0.4483	
1240 m 云南松林	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0556	0.1304	0.1200
平均值	0.0642						

备注:当 $q$ 为0.00~0.25时,表示两个群落之间极不相似;当 $q$ 为0.25~0.50时,表示两个群落之间中等不相似;当 $q$ 为0.50~0.75时,表示两个群落之间中等相似;当 $q$ 为0.75~1.00时,表示两个群落之间极相似。

### 3 结论与讨论

#### 3.1 结论

在华坪县不同海拔总共调查了8块样地40块样方,有15 077头蚂蚁,属于5亚科21属46种,其中42个已知种和4个待定种。46种分别属于猛蚁亚科 Ponerinae、粗角蚁亚科 Cerapachyinae、切叶蚁亚科 Myrmicinae、臭蚁亚科 Dolichoderinae、蚁亚科 Formicinae。物种丰富度高于藏东南色季拉山(3亚科12属24种(张成林等,2011)),和元谋(5亚科20属46种)相近(李巧等,2007),少于昆明西山(6亚科27属58种杨俊伍等,2004))和哀牢山(9亚科56属210种(陈友等,2007))。通过对比得出,华坪县蚂蚁物种丰富度高。

蚂蚁通常喜欢温度高、湿度小、阳光充足的环境,华坪县蚂蚁群落的物种数目、个体密度2项指标表现出随海拔升高而依次降低的规律,符合蚂蚁多样性在山地环境垂直分布规律(梅象信等,2006)。然而,多样性、均匀度和优势度指数均缺乏规律性,多样性指数最高出现在华坪县新庄乡天星林场海拔1 750 m的云南松林,说明山体中部拥有更高的物种多样性,可能因为山体中部比下部受人为的干扰小,又比上部积温较高,从而促使了山体中部出现了较高的多样性(杨忠文等,2009)。

在调查的8块样地中,蚂蚁稀有种和优势种所

占比例呈明显的负相关关系。46种蚂蚁中,优势种有3种(黑头酸臭蚁、罗思尼斜结蚁、沃森大头蚁),占物种总数的6.5217%;常见种有10种(玛格丽特红蚁、尖齿刺结蚁、康斯坦大头蚁、毛蚁待定种1、棒刺大头蚁、长角狡臭蚁、圆叶铺道蚁、卡泼林大头蚁、黄足厚结猛蚁、日本铺道蚁),占物种总数的21.7391%;其余33种为稀有种,占物种总数的71.7391%。稀有种数目比较多,说明华坪县森林生态系统具有较高的保护价值。

通过对整体蚂蚁群落之间的相似性比较可以看出,蚂蚁群落相似性很低,处于极不相似到中等不相似水平,平均处于极不相似水平。相似性最高的处于山体中下部的华坪县新庄乡天星村海拔1 650 m的针叶混交林与天星林场海拔1 750 m的云南松林,相似性系数为0.4483。人类干扰较少的地段群落之间相似性大,海拔高差越大相似性越低。

#### 3.2 讨论

华坪县蚂蚁物种比较丰富,物种丰富度随海拔升高递减。该地垂直带蚂蚁群落与其他动植物一样,具有垂直地带性特点,不同海拔物种之间差异明显,有较高的保护价值。现基本查清了华坪县蚂蚁物种和蚂蚁群落的几项重要指标之间的关系,其中,优势种为黑头酸臭蚁、罗思尼斜结蚁和沃森大头蚁3种,可以作为该地区森林环境的指示生物。蚂蚁的物种丰富度、个体密度和物种多样性主要受该地

区生境和森林结构制约,蚂蚁群落的多样性、均匀度和优势度指数均反映出华坪县具有显著的生境多样性特点,说明该地区的生态系统具有较高的保护价值。

### 参考文献:

- [1] 陈友,罗长维,徐正会,等. 哀牢山西坡蚂蚁的多样性[J]. 东北林业大学学报,2007,35(10):57-60.
- [2] 陈友,罗长维,徐正会,等. 哀牢山西坡蚂蚁物种及优势种的研究[J]. 中南林业科技大学学报,2007,27(6):92-96.
- [3] 李巧,陈又清. 云南元谋干热河谷不同生境地表蚂蚁多样性[J]. 福建林学院学报,2007,27(3):272-277.
- [4] 马克平. 生物多样性的测度方法[G]//中国科学院生物多样性委员. 生物多样性研究的原理与方法[M]. 北京:中国科学技术出版社,1994:1-237.
- [5] 梅象信,徐正会,张继玲,等. 昆明西山森林公园东坡蚂蚁物种多样性研究[J]. 动物学研究,2001,22(1):58-63.
- [6] 王宗英,路有成,王慧芙. 九华山土壤螨类的生态分布[J]. 生态学报,1996,16(1):58-60.
- [7] 徐正会. 西双版纳自然保护区蚁科昆虫生物多样性研究[M]. 昆明:云南科技出版社,2002:1-70.
- [8] 徐正会,柳太勇,何云峰,等. 西双版纳四种植被亚型原始林和次生林蚂蚁群落比较研究[J]. 动物学研究,2005,20(5):360-364.
- [9] 徐正会,蒋兴成,陈志强,等. 高黎贡山自然保护区东坡垂直带蚂蚁群落研究[J]. 林业科学研究,2007,14(2):115-114.
- [10] 徐正会,李继承,付磊,等. 高黎贡山自然保护区西坡垂直带蚂蚁群落研究[J]. 动物学研究,2012,22(1):58-63.
- [11] 徐正会,龙启珍,付磊,等. 高黎贡山自然保护区西坡水平带蚂蚁群落研究[A]//熊清华,艾怀森. 高黎贡山自然与生物多样性研究[M]. 北京:科学出版社,2002:563-571.
- [12] 徐正会,杨比伦,胡刚. 西双版纳片断山地雨林蚁科昆虫群落研究[J]. 动物学研究,1999,20(4):288-292.
- [13] 云南省华坪县志编纂委员会. 华坪县志[M]. 昆明:云南民族出版社,1997:1-30.
- [14] 杨忠文,徐正会. 云南大理苍山及邻近地区蚂蚁的物种多样性[J]. 西南林学院学报,2009,29(6):47-51.
- [15] 张成林,徐正会. 藏东南色季拉山蚂蚁群落的物种组成及多样性[J]. 东北林业大学学报,2011,30(7):79-82.
- [15] 周红章,于晓东,罗天宏,等. 湖北神农架自然保护区昆虫的数量变化与环境关系的初步研究[J]. 生物多样性,2000,8(3):262-270.
- [7] 张俊忠,张成霞,刘丽,等. 高黎贡山土壤微生物类群动态特征[J]. 草业科学,2013,30(7):1002-1006.
- [8] 周萍. 云南高黎贡山国家级自然保护区土壤微生物多样性研究[D]. 长沙:湖南农业大学,2008.
- [9] 肖能文,刘向辉,戈峰,等. 高黎贡山自然保护区大型土壤动物群落特征[J]. 生态学报,2009,29(7):3576-3584.
- [10] 艾怀森. 高黎贡山地区雉类多样性及其保护[J]. 动物学研究,2006,27(4):427-432.
- [11] 喻庆国. 生物多样性调查与评价[M]. 昆明:云南科技出版社,2007.
- [12] MA K P. Method of biological community diversity, method of  $I \alpha$  diversity (a) [J]. Chinese Biodiversity, 1994, 2(3):162-168.
- [13] MA K P, LIU Y M. Method of biological community diversity (method of  $I \alpha$  diversity (b)) [J]. Chinese Biodiversity, 1994, 2(3):231-239.
- [14] 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.
- [15] 西南林学院. 高黎贡山国家级自然保护区[M]. 北京:中国林业出版社,1995.
- [16] 汪建云. 高黎贡山植物研究[M]. 昆明:云南大学出版社,2007.
- [17] MUELLER-DOMBOIS D, ELLEMBERG H. 著,鲍显诚,张绅,杨邦顺,等译. 植被生态学的目的和方法[M]. 北京:科学技术出版社,1986:91-93.
- [18] 王义弘. 森林生态学实验实习方法[M]. 哈尔滨:东北林业大学出版社,1990:35-48.
- [19] 蒋有绪,郭泉水,马娟. 中国森林群落分类及其群落学特征[M]. 北京:科学出版社,1998.
- [20] 中国植被编委会. 中国植被[M]. 北京:科学出版社,1980.
- [21] 王志恒,陈安平,朴世龙,等. 高黎贡山种子植物物种丰富度沿海拔梯度的变化[J]. 生物多样性,2004,12(1):82-88.

(上接第 62 页)



doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2018.03.014

## 成都市棠湖公园植物种类调查与研究

余卓璠<sup>1</sup> 周优文<sup>2</sup> 周建华<sup>1</sup>

(1. 西南大学 园艺园林学院, 重庆 北碚 400715; 2. 重庆青年职业技术学院, 重庆 北碚 400712)

**摘要:**对成都市棠湖公园植物种类进行调查统计,结果表明:棠湖公园共有植物 86 种,隶属于 58 科 72 属,其中乔木 23 种,占 27%,灌木 30 种,占 35%,草本/地被 28 种,占 32%,竹类 4 种,占 5%,藤本 1 种,占 1%。对植物的观赏特性、应用形式和园内特色植物进行分析,结果认为,园内植物应用形式丰富多样,景观效果整体较好,但仍存在植物多样性稍显不足,藤本植物种类较少,配置与应用存在不合理,垂直绿化较为单一,公园主题特色不突出等问题。藉此,有针对性地提出建议:增加植物多样性,均衡植物配置;丰富特色植物种类,突出公园主题特色;加强植物养护管理。

**关键词:**植物种类;观赏特性;应用形式;特色植物;植物多样性;植物养护管理;棠湖公园

中图分类号:S718.521.2;S757.2 文献标识码:A 文章编号:1671-3168(2018)03-0075-05

## Investigation and Research on Plant Species in Tanghu Park of Chengdu City

YU Zhuofan<sup>1</sup>, ZHOU Youwen<sup>2</sup>, ZHOU Jianhua<sup>1</sup>

(1. College of Horticulture and Landscape Architecture, Southwest University, Beibei, Chongqing, 400715, China;  
2. Chongqing Youth Vocational & Technical College, Beibei, Chongqing, 400712, China)

**Abstract:** The investigation on present plant species in Tanghu Park of Chengdu City showed that there were 86 plant species belonging to 72 genera and 58 families in Tanghu Park, among which 23 species of arbor accounted for 27%, 30 species of shrubs accounted for 35%, 28 species of herbaceous plants accounted for 32%, 4 species of bamboo accounted for 5%, and 1 species of vine accounted for 1%. The analysis for the plant ornamental characteristics, the application forms and the featured plants presented that except the various application forms of plants and the favorable landscape effect, there were still some problems in the park, such as insufficient plant diversity, fewer species of vine, unreasonable configuration and application, monotonous vertical afforestation and indistinctive theme. This paper put forward reasonable suggestions, including strengthening plant diversity, balancing plant configuration, enriching plants species, highlighting the theme features and strengthening the conservation and management of plants.

**Key words:** plant species; ornamental characteristics; application forms; featured plants; plant diversity; conservation and management of plants; Tanghu Park

随着国家生态文明建设的深入推进,有“城市绿肺”之称的公园绿地作为城市绿地系统主体,已从传统的游憩、观赏功能逐渐发展至维持城市生态

平衡和再现自然的高层次。植物作为公园绿地的重要构成元素之一,能够营造高质量的植物景观,同时,能够改善城市生态环境,发挥较好的生态效

收稿日期:2017-12-04.

作者简介:余卓璠(1993-),女,四川达州人,硕士研究生.主要从事风景园林规划与设计研究.

通信作者:周建华(1970-),男,江西宜春人,副教授.主要从事风景园林规划设计的研究与教学工作.

益<sup>[1]</sup>,因此,开展园林植物的调查研究具有重要意义。本文以成都市棠湖公园为研究对象,对公园内现有植物的种类数量、观赏特性、应用形式和特色植物进行了实地调查,探讨了棠湖公园植物配置中存在的问题,并提出改进建议,旨在为棠湖公园的建设提供参考,同时,为该地域其他类似城市公园今后的植物选择与配置等方面提供基础资料和参考依据。

## 1 调查地概况

被誉为“川西明珠”的棠湖公园位于成都市双流区西南,建于1986年,基地总面积约16.67 hm<sup>2</sup>,规划用地约11.07 hm<sup>2</sup>,绿化率59%,建筑密度3.8%,水面4.67 hm<sup>2</sup>,是以海棠和湖泊为特色的新建仿古园林<sup>[2]</sup>。属亚热带湿润季风区,全年气候温和,无霜期长,春早秋晚,夏无酷暑,冬无严寒,一年四季气候宜人。年均温16.1℃,最冷月(1月)均温5.5℃,最热月(7月)均温25.1℃,年均降水量875.2 mm,年均日照时间1 067 h,平均相对湿度84%,无霜期平均长达290 d。

## 2 调查方法

采用实地调查法,全面记录棠湖公园现有园林植物的中文名称、生活型、主要观赏特性及配置应用形式等;并采集标本进行鉴定和统计记录,归纳整理出棠湖公园内的植物种类信息,对所调查的植物种类进行总结并对其资源利用进行评价<sup>[3]</sup>。

## 3 调查结果与分析

### 3.1 植物种类

经调查,棠湖公园现有植物58科72属86种,其中蕨类植物2种,裸子植物4种,被子植物80种;包括乔木17科20属23种,灌木18科23属30种,草本/地被植物18科24属28种,包括水生植物类的草本植物7种,藤本1科1属1种,竹类1科3属4种(表1)。植物种类中以灌木占较大部分,达35%;草本和乔木次之,各占32%和27%;竹类有4种,占5%,藤本最少,共1种,占1%。从植物总数看,该公园在相似生境条件的城市公园中处于中等水平。资料显示,成都市城市绿地栽植的木本植物有83科414种<sup>[4]</sup>,因此,该公园的植物多样性有很大的发展空间。

### 3.2 植物观赏特性构成分析

将所有调查植物按其主要观赏部位划分成观

表1 成都市棠湖公园植物名录

Tab.1 List of plants in Tanghu Park of Chengdu city

序号	植物种类	科属	生活型
乔木类			
1	苏铁 <i>Cycas revoluta</i>	苏铁科苏铁属	常绿乔木
2	银杏 <i>Ginkgo biloba</i>	银杏科银杏属	落叶乔木
3	水杉 <i>Metasequoia glyptostroboides</i>	杉科水杉属	落叶乔木
4	罗汉松 <i>Podocarpus macrophyllus</i>	罗汉松科罗汉松属	常绿乔木
5	荷花玉兰 <i>Magnolia grandiflora</i>	木兰科木兰属	常绿乔木
6	樟 <i>Cinnamomum camphora</i>	樟科樟属	常绿乔木
7	天竺桂 <i>Cinnamomum japonicum</i>	樟科樟属	常绿乔木
8	榕 <i>Ficus microcarpa</i>	桑科榕属	常绿乔木
9	黄葛树 <i>Ficus virens</i>	桑科榕属	落叶乔木
10	垂柳 <i>Salix babylonica</i>	杨柳科柳属	落叶乔木
11	刺槐 <i>Robinia pseudoacacia</i>	豆科刺槐属	落叶乔木
12	紫薇 <i>Lagerstroemia indica</i>	千屈菜科紫薇属	落叶乔木
13	红叶李 <i>Prunus cerasifera</i>	蔷薇科李属	落叶乔木
14	红梅 <i>Prunus mume f. alphanthii</i>	蔷薇科杏属	落叶乔木
15	龙牙花 <i>Erythrina corallodendron</i>	蝶形花科刺桐属	落叶乔木
16	秋枫 <i>Bischofia javanica</i>	大戟科秋枫属	常绿乔木
17	乌桕 <i>Triadica sebifera</i>	大戟科乌桕属	落叶乔木
18	红枫 <i>Acer palmatum</i>	槭树科槭属	落叶乔木
19	幌伞枫 <i>Heteropanax fragrans</i>	五加科幌伞枫属	常绿乔木
20	木犀 <i>Osmanthus fragrans</i>	木犀科木犀属	常绿乔木
21	女贞 <i>Ligustrum lucidum</i>	木犀科女贞属	常绿乔木
22	棕榈 <i>Trachycarpus fortunei</i>	棕榈科棕榈属	常绿乔木
23	蒲葵 <i>Livistona chinensis</i>	棕榈科蒲葵属	常绿乔木
灌木类			
24	腊梅 <i>Chimonanthus praecox</i>	腊梅科腊梅属	落叶灌木
25	红花檵木 <i>Loropetalum chinense</i>	金缕梅科檵木属	常绿灌木
26	乌桕 <i>Diospyros cathayensis</i>	柿科柿属	常绿灌木
27	南天竹 <i>Nandina domestica</i>	小檗科南天竹属	常绿灌木
28	细叶十大功劳 <i>Mahonia fortunei</i>	小檗科十大功劳属	常绿灌木
29	山茶 <i>Camellia japonica</i>	山茶科山茶属	常绿灌木
30	茶梅 <i>Camellia sasanqua</i>	山茶科山茶属	常绿灌木
31	朱槿 <i>Hibiscus rosa-sinensis</i>	锦葵科木槿属	常绿灌木
32	锦绣杜鹃 <i>Rhododendron × pulchrum</i>	杜鹃花科杜鹃属	落叶灌木

续表 1

序号	植物种类	科属	生活型
33	皋月杜鹃 <i>Rhododendron indicum</i>	杜鹃花科杜鹃属	常绿灌木
34	海桐 <i>Pittosporum tobira</i>	海桐花科海桐花属	常绿灌木
35	垂丝海棠 <i>Malus halliana</i>	蔷薇科苹果属	落叶灌木
36	西府海棠 <i>Malus × micromalus</i>	蔷薇科苹果属	落叶灌木
37	北美海棠 <i>Malus × micromalus</i>	蔷薇科苹果属	落叶灌木
38	贴梗海棠 <i>Chaenomeles speciosa</i>	蔷薇科木瓜属	落叶灌木
39	日本木瓜 <i>Chaenomeles japonica</i>	蔷薇科木瓜属	落叶灌木
40	木瓜 <i>Chaenomeles sinensis</i>	蔷薇科木瓜属	落叶灌木
41	火棘 <i>Pyracantha fortuneana</i>	蔷薇科火棘属	常绿灌木
42	红叶石楠 <i>Photinia × fraseri</i>	蔷薇科石楠属	常绿灌木
43	花叶青木 <i>Aucuba japonica</i>	山茱萸科桃叶珊瑚属	常绿灌木
44	栀子 <i>Gardenia jasminoides</i>	茜草科栀子属	常绿灌木
45	冬青卫矛 <i>Euonymus japonicus</i>	卫矛科卫矛属	常绿灌木
46	金边黄杨 <i>Euonymus japonicus</i>	卫矛科卫矛属	常绿灌木
47	日本珊瑚树 <i>Viburnum odoratissimum</i>	忍冬科荚蒾属	常绿灌木
48	小蜡 <i>Ligustrum sinense</i>	木犀科女贞属	常绿灌木
49	棕竹 <i>Rhapis excelsa</i>	棕榈科棕竹属	丛生灌木
50	鹅掌藤 <i>Schefflera arboricola</i>	五加科鹅掌柴属	常绿灌木
51	八角金盘 <i>Fatsia japonica</i>	五加科八角金盘属	常绿灌木
52	细叶萹距花 <i>Cuphea hyssopifolia</i>	千屈菜科萹距花属	草本/木本
53	双荚决明 <i>Senna bicapsularis</i>	豆科决明属	
亚灌木			
54	小琴丝竹 <i>Bambusa multiplex</i>	禾本科籐竹属	竹类
55	凤尾竹 <i>Bambusa multiplex</i>	禾本科籐竹属	竹类
56	慈竹 <i>Bambusa emeiensis</i>	禾本科慈竹属	竹类
57	毛竹 <i>Phyllostachys edulis</i>	禾本科刚竹属	竹类
草本类			
58	渐尖毛蕨 <i>Cyclosorus acuminatus</i>	金星蕨科金星蕨科	蕨类
59	肾蕨 <i>Nephrolepis cordifolia</i>	肾蕨科肾蕨属	蕨类
60	石竹 <i>Dianthus chinensis</i>	石竹科石竹属	多年生草本
61	鄂报春 <i>Primula obconica</i>	报春花科报春花属	多年生草本
62	碧冬茄 <i>Petunia × hybrida</i>	茄科碧冬茄属	1 年生草本
63	一串红 <i>Salvia splendens</i>	唇形科鼠尾草属	多年生草本
64	彩叶草 <i>Plectranthus scutellarioides</i>	唇形科鞘蕊花属	多年生草本

续表 1

序号	植物种类	科属	生活型
65	蓝猪耳 <i>Torenia fourneri</i>	玄参科蝴蝶草属	1 年生草本
66	金盏菊 <i>Calendula officinalis</i>	菊科金盏菊属	1 年生草本
67	羽叶喜林芋 <i>Philodendron bipinnatifidum</i>	天南星科喜林芋属	多年生草本
68	细叶结缕草 <i>Zoysia pacifica</i>	禾本科结缕草属	多年生草本
69	芭蕉 <i>Musa basjoo</i>	芭蕉科芭蕉属	多年生草本
70	艳山姜 <i>Alpinia zerumbet</i>	姜科山姜属	多年生草本
71	花叶艳山姜 <i>Alpinia zerumbet</i>	姜科山姜属	多年生草本
72	美人蕉 <i>Canna indica</i>	美人蕉科美人蕉属	多年生草本
73	吉祥草 <i>Reineckea carnea</i>	百合科吉祥草属	多年生草本
74	蜘蛛抱蛋 <i>Aspidistra elatior</i>	百合科蜘蛛抱蛋属	多年生草本
75	麦冬 <i>Ophiopogon japonicus</i>	百合科沿阶草属	多年生草本
76	沿阶草 <i>Ophiopogon bodinieri</i>	百合科沿阶草属	多年生草本
77	蝴蝶花 <i>Iris japonica</i>	鸢尾科鸢尾属	多年生草本
78	非洲凤仙花 <i>Impatiens walleriana</i>	凤仙花科凤仙花属	1 年生草本
79	菖蒲 <i>Acorus calamus</i>	天南星科菖蒲属	多年生草本
80	金钱蒲 <i>Acorus gramineus</i>	天南星科菖蒲属	多年生草本
81	灯芯草 <i>Juncus effusus</i>	灯芯草科灯心草属	多年生草本
82	水葱 <i>Schoenoplectus tabernaemontani</i>	莎草科藨草属	多年生草本
83	风车草 <i>Cyperus involucratus</i>	莎草科莎草属	多年生草本
84	粉美人蕉 <i>Canna glauca</i>	美人蕉科美人蕉属	多年生草本
85	茭白 <i>Zizania latifolia</i>	禾本科菰属	多年生草本
藤本类			
86	地锦 <i>Parthenocissus tricuspidata</i>	葡萄科地锦属	落叶藤本

花、观叶、观果、观干和观树形植物。其中,观花型植物 35 种,观叶型植物 28 种,观果型植物 8 种,观干型植物 6 种,观树形型植物 9 种。

根据植物自然物候期,对棠湖公园所有观花、观果的植物种类进行观赏月份统计(图 1)。不同观赏特性的植物种类应用较丰富,一年四季均有花可观,但 4—7 月无果可观,观花期种类最多时期为 6 月,最少的是 1 月;观果期种类最多时期为 9 月;二者

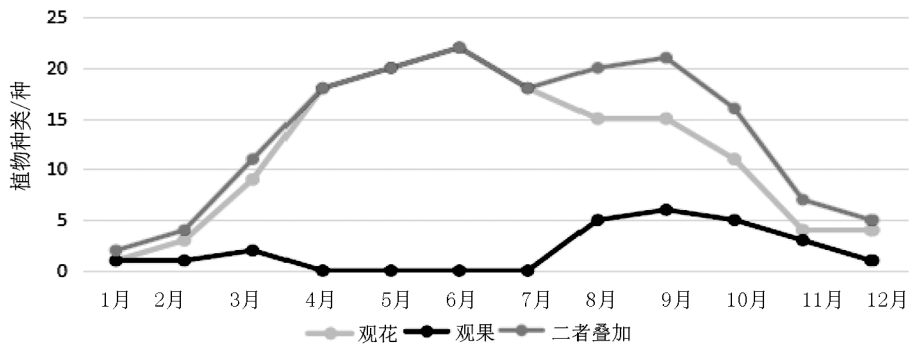


图 1 观花、观果植物观赏期分布

Fig.1 Ornamental periods of plants with flowers and fruits

叠加,观花、观果种类最多时期为 5 月和 6 月,最少时期为 1 月。

### 3.3 植物应用形式分析

棠湖公园中主要植物应用形式有行道树、孤散植树、垂直绿化、绿篱、造型及树桩盆景、草坪地被、花坛花镜等。其中,用作行道树的乔木主要有榕树、樟、天竺桂等;孤散植树以龙牙花、黄葛树、幌伞枫等为主,起主景、局部点缀或遮荫作用;垂直绿化植物种类较为单一,仅有爬山虎和朱瑾;公园内绿篱按高度可分为 3 类:高篱类,高 2 m 左右,多不修剪,如日本珊瑚树、女贞;中篱类,高 1 m 左右,轻度修剪,如小蜡冬青卫矛等;矮篱类,高 50 cm 以内,如金边黄杨、细叶萼距花等;修剪成球形的造型类植物有灌木如海桐、小蜡等,树桩盆景如银杏、乌桕等;草坪地被类有细叶结缕草、蝴蝶花、沿阶草等。地被类则有细叶结缕草、蝴蝶花、沿阶草等;花坛花镜植物有金盏菊、一串红、非洲凤仙花等。

总体来说,植物应用形式丰富多样,但垂直绿化植物较为单一,部分植物缺乏修剪,高大阔叶乔木遮挡光线,导致灌木生长不良的现象较为多见。

### 3.4 公园特色植物分析

湖以棠名,园依湖就,棠湖公园以特色植物海棠著称,尤其是双流本土特产贴梗海棠,数量多,种植规模大。公园内主要有 6 种,包括两大类,其中,苹果属海棠有垂丝海棠、西府海棠、北美海棠;木瓜属海棠有贴梗海棠、日本木瓜、木瓜。海棠四季皆有景可观,无论是枝干、花朵、果实都具有很高的观赏价值<sup>[5]</sup>,在公园内海棠的应用方式多样,有的列植或丛植于园路两侧,形成廊状景观,或沿河道散植。由于公园内开花植物种类较多,导致海棠种植较为散乱,且公园内海棠种类较少,导致公园主题特色不够突出。

### 3.5 小结

成都市双流区棠湖公园现有植物 58 科 72 属 86 种,其中,乔木、灌木、草本/地被植物、竹类、藤本分别有 23、30、28、4、1 种,乔木中有常绿树种 12 种,落叶树种 11 种,常绿与落叶树种之比为 1:0.92,乔木与灌木种类之比为 1:1.30。棠湖公园以海棠为植物主题特色,植物应用形式丰富多样,植物景观效果整体较为良好,但仍存在植物多样性稍显不足,藤本植物种类较少,配置与应用存在不合理,垂直绿化种类较为单一,公园植物主题特色不突出,养护管理不足等问题,需要进一步改进。

## 4 讨论与建议

### 4.1 增加植物多样性,均衡植物配置

植物的选择是园林配置设计的首要条件<sup>[6]</sup>。在进行植物景观配置设计时,要对乔木、灌木、草本、藤本植物按照一定的比例进行合理配置,形成层次丰富的植物群落,使其更具生态功能和稳定性,从而提高绿地生态效益。通过调查可知,棠湖公园藤本植物仅有 1 种,垂直绿化单一,应加大藤本类植物的引种和栽植,适当增加开花繁茂、易存活的观花类藤本植物,如木香、凌霄等,以丰富垂直绿化品种,提高公园整体绿化水平。同时,应遵循适地适树原则,加大公园内乡土树种的运用,增加生长态势较好的乡土树种,如朴树、枫杨、无患子等。以生态学原理为指导,充分考虑植物的生态习性、立地条件等,合理搭配植物的群落空间、疏密程度,配置出具备多样性和协调性的植物景观<sup>[7]</sup>。

### 4.2 丰富特色植物种类,突出公园主题特色

我国目前共有 20 余种海棠,但棠湖公园内仅有 6 种,从种类上来说不够丰富,且部分种植较为散乱。为突出公园植物主题,建议增加更具观赏价值

的海棠品种,如北美海棠中果实观赏期最长的冬红海棠,能完美解决园林景观中冬季绿化植物单一的现状<sup>[8]</sup>,增加公园冬季观果植物数量,丰富冬季植物景观。建议采用群植、丛植、散植相结合的方式,提高海棠的观赏景观效果。可建立海棠专类园,收集海棠种类,设立实验室,招募人才开展关于海棠方面的研究,引种驯化更多的海棠品种。同时,加大海棠花景与人文艺术的结合程度,除现有的带有海棠诗词的标识牌,可增加更富人文气息的海棠主题小品雕塑等,也可增加与海棠相关的人文活动,或举办海棠主题特色的科普活动,以此突出公园主题特色,提升公园绿地品质。通过对公园内自然景观和人文景观的充分融合,打造可赏、可玩,宜乐,宜游,四时有景的公园环境。

#### 4.3 加强植物养护管理

植物后期管护对其生长十分重要。在调查过程中发现,公园内部分乔木及灌木缺乏整形修剪,存在人为破坏干扰的问题。因此,要加强公园内植物的养护管理,加大养护管理的资金和人员投入,对管理人员进行技术培训。建议定期巡园维护,对生长过密的植物进行修剪,确保植物的正常生长。对于人为破坏较为严重的区域,可将其改建成园路或通过种植较高、无法跨越的高绿篱等方法来进行改善,以

期有效地保护公园绿地环境,发挥公园绿地的环境保护功能<sup>[9]</sup>。

#### 参考文献:

- [1] 孟辉. 安阳市公园绿地植物种类调查及植物景观评价研究[D]. 杭州:浙江农林大学,2013.
- [2] 张先进. 重视历史传统 体现地方风格:双流棠湖公园规划设计[J]. 成都建筑,1990(2):31-34.
- [3] 王海宏. 高等院校新校区绿化养护与运营研究[D]. 南京:南京林业大学,2012.
- [4] 施维德. 四川及成都地区的植物多样性[J]. 四川林业科技,1999(2):53-56.
- [5] 袁建斌. 海棠价值与文化在公园发展中的应用[J]. 山西林业,2012(5):45-46.
- [6] 毛美余,蔡鲁祥. 园林绿化植物配置研究[J]. 安徽农业科学,2010,38(10):5416-5419.
- [7] 茹华莎,谢云,李东生,等. 浙江省农业观光园植物种类及应用调查[J]. 西北林学院学报,2014,29(4):272-277.
- [8] 汤秋雁. 观果花卉——海棠[J]. 中国果菜,2013(8):29.
- [9] 史丽娜,李璟璇. 园林植物配置在园林绿化中的应用[J]. 北京农业,2011(12):129-130.

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2018.03.015

## 西藏兰科一新纪录种——落叶石豆兰

王喜龙<sup>1</sup> 王程旺<sup>2</sup> 李剑武<sup>3</sup> 土艳丽<sup>1</sup> 文雪梅<sup>1</sup>

(1. 西藏自治区高原生物研究所, 西藏 拉萨 850001; 2. 南昌大学 生命科学学院, 江西 南昌 330031;  
3. 中国科学院西双版纳热带植物园标本馆, 云南 勐仑 666303)

**摘要:**报道西藏兰科一新纪录种——落叶石豆兰, 对其形态进行描述并提供照片。该种发现于西藏自治区墨脱县, 海拔 750~1 087 m 区域, 附生于树上或林中多苔藓的岩石上。凭证标本(金效华、李剑武、王喜龙、王程旺 19064) 分别保存于中国科学院植物研究所标本馆(PE)、中国科学院西双版纳热带植物园标本馆(HITBC)和西藏自治区高原生物研究所标本室(XZ, No. WXL19064)。该种与中国植物志记录的最大区别在于本种花期为 11 月, 比中国植物志记载的晚 4 个月, 且在开花期间叶片并没有完全脱落。

**关键词:**落叶石豆兰; 新纪录种; 兰科; 西藏

中图分类号: S718.49; S682.31 文献标识码: A 文章编号: 1671-3168(2018)03-0080-02

## *Bulbophyllum hirtum* (Sm.) Lindl. ex Wall. —A Newly Recorded Species of Orchidaceae in Tibet

WANG Xilong<sup>1</sup>, WANG Chengwang<sup>2</sup>, LI Jianwu<sup>3</sup>, TU Yanli<sup>1</sup>, WEN Xuemei<sup>1</sup>

(1. Tibet Plateau Institute of Biology, Lhasa 850001, China; 2. School of Life Sciences, Nanchang University, Nanchang 330031, China; 3 Herbarium of Xishuangbanna Tropical Botanical Garden, Chinese Academy of Sciences, Menglun, Yunnan 666303, China)

**Abstract:** *Bulbophyllum hirtum* (Sm.) Lindl. ex Wall., a newly recorded species of Orchidaceae from Tibet was reported. Brief morphological descriptions and photos of this species were provided. This species was found in Medog County, Tibet Autonomous Region, elevation between 750–1087 m. The specimens (JIN XiaoHua, LI JianWu, WANG XiLong & WANG ChengWang 19064) were deposited in the Herbarium of Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences (PE); Herbarium of Xishuangbanna Tropical Botanical Garden, Chinese Academy of Sciences (HITBC) and Herbarium of Tibet Plateau Institute of Biology (No. WXL19064). This species differed others recorded in *Flora of China* on the flowering period which was in November, four months later, and the leaves did not fall off during flowering.

**Key words:** *Bulbophyllum hirtum*; newly recorded species; Orchidaceae; Tibet

根据中国植物志记载, 落叶石豆兰 (*Bulbophyllum hirtum* (Sm.) Lindl. ex Wall.) 原分布于尼泊

尔、锡金、印度东北部、缅甸、泰国、越南, 模式标本就采自尼泊尔, 国内产于云南南部西双版纳州、普洱

收稿日期: 2017-12-14.

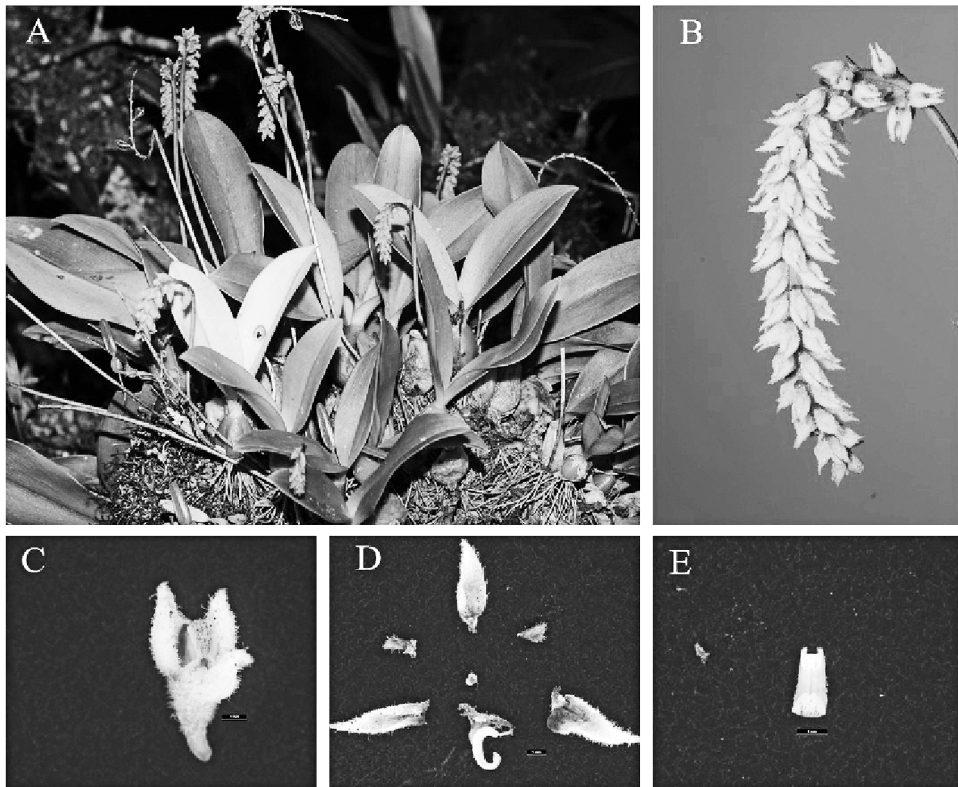
基金项目: 西藏自治区自然科学基金(2016ZR-QY-04).

作者简介: 王喜龙(1982-), 男, 助理研究员, 硕士. 研究方向为兰科植物综合保护. Email: wangxilong@hotmail.com

市,西藏地区未见有分布。2017年11月,笔者在西藏林芝市墨脱县进行植物考察过程中记录到1种石豆兰属开花植物。经鉴定,该种为落叶石豆兰(*Bulbophyllum hirtum* (Sm.) Lindl. ex Wall.)<sup>[1-3]</sup>。采集标本与模式植物形态特征基本吻合,唯在花期和落叶有所不同,为西藏自治区分布的新纪录种。根据文献资料并结合标本进行描述,现报道如下:

*Bulbophyllum hirtum* (Sm.) Lindl. ex Wall.,  
Gen. Sp. Orch. Pl.: 51. 1830; Rchb. f. in Walp.

Ann. Bot. Syst. 6: 255. 1861; Hook. f., Fl. Brit. Ind. 5: 762. 1890; King et Pantl. in Ann. Bot. Gard. Calcutta 8: 84, pl. 117. 1898; H. Hara et al. Enum. Flow. Pl. Nepal 1: 33. 1978; Seidenf. in Dansk Bot. Ark. 33 (3): 203, fig. 147. 1979; Averyanov, Vasc. Pl. Syn. Vietnam. Orch.: 282. 1994. —*Stelis hirta* J. E. Smith in Rees Cyclop. 34: no. 11. 1816<sup>[2]</sup>(图1)。



A. 生境和开花植株; B. 花序; C. 花; D. 花解剖; E. 唇瓣

图1 落叶石豆兰

Fig. 1 *Bulbophyllum hirtum* (Sm.) Lindl. ex Wall.

落叶石豆兰属于兰亚科(Subfam. Orchidoideae)树兰族(Trib. Epidendreae)石豆兰亚族(Subtrib. Bulbophyllinae)石豆兰属(*Bulbophyllum*)双叶石豆兰组(*Sect. Pleiophyllus*)。根状茎匍匐生根,粗3~4 mm。假鳞茎在根状茎上彼此靠近,相距5~10 mm,卵状圆锥形,顶生2枚叶。叶薄革质,椭圆形或长圆形,长约8.5~11 cm。花葶从假鳞茎基部抽出,长约15 cm;总状花序长约5~7 cm,下垂,被柔毛,密生许多小花;花序柄被2~3枚桶状鞘,长约7~10 mm;花苞片卵状;花具绿白色,萼片分离;中

萼片披针形,先端急尖并且稍钩转,具3条脉,仅中肋明显,背面密被短柔毛;侧萼片比中萼片稍大,斜卵状披针形,先端急尖并且钩转,基部贴生在蕊柱足上,具3条脉,仅中肋明显,背面密生短柔毛;花瓣倒卵形,膜质,长约2 mm,中上部宽1.5 mm,边缘具流苏,具1条脉;唇瓣肉质,两侧对折,向外下弯呈半球状,摊平后为狭长圆形,边缘具睫毛,基部与蕊柱足末端连接而形成关节。花期11月,且在花期叶片并没有完全脱落。

(下转第86页)

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2018.03.016

## 基于层次分析法的广东省森林健康状况评价初探

黄玉娟 赵建强

(广东省岭南综合勘察设计院, 广东 广州 510663)

**摘要:**采用层次分析法,构建广东省森林健康指标体系,设置目标层、准则层、因子层 3 个层次 4 大类 16 个指标,建立上下层两两判断矩阵,取 6 位专家赋值的平均值为各层次指标权重值,对定性指标量化赋值,定量指标取实际值,对数据进行无量纲化处理,计算综合得分,并运用广东省森林资源连续清查样地数据,对广东省各市森林健康状况进行评价。结果显示:全省健康森林比例占 7.6%、较健康森林占 57.8%、亚健康森林占 34.5%、不健康森林占 0.16%。评价结果反映出当前广东省森林整体处于较健康状态,表明广东森林仍需提高森林经营管理水平以增进森林健康。

**关键词:**森林健康;层次分析法;指标体系;指标权重;健康等级;综合指数;广东省

中图分类号:S711;S718.557 文献标识码:A 文章编号:1671-3168(2018)03-0082-05

## Evaluation of Forest Health Status in Guangdong Province Based on Analytic Hierarchy Process

HUANG Yujuan, ZHAO JianQiang

(Lingnan Integrated Exploration and Design Institute of Guangdong, Guangzhou 510663, China)

**Abstract:** The analytic hierarchy process was used to build the index system of forest health in Guangdong Province in which 16 indicators, 4 categories in three level of target, criterion and factor were set up and the comparison judgment matrix was established. The six average values were weight values of index in related levels. Quantizing the qualitative indexes and taking actual values of quantitative indexes, the data was nondimensionalized and calculated. The health status of forest in Guangdong was evaluated based on the sample data of continuous forest inventory. The results showed that the proportion of healthy forests in the province accounted for 7.6%, the less healthy forest was 57.8%, the sub-healthy forest was 34.5%, and the unhealthy forest was 0.16%, which reflected that the current level of forest health in the province was less healthy and the forest management should be improved.

**Key words:** forest health; analytic hierarchy process; index system; index weight; health status; comprehensive index; Guangdong Province

当前,森林生态系统健康理念已越来越多地被生态、林业和森林资源管理学者们所接受和运用,并将其作为森林生态状况评估、森林管理标准和经营目标。研究评价森林生态系统健康状况,对于保护

现有的森林资源、提高森林生态系统的服务功能和质量,实现可持续发展具有重要作用。

广东省属亚热带季风性气候,具有良好的水热条件;2016年底全省森林面积 1 087.9 万  $\text{hm}^2$ ,森林

收稿日期:2018-01-22.

作者简介:黄玉娟(1981-),女,潮州饶平人,助理工程师。研究方向:森林资源调查。



蓄积量 5.73 亿  $m^3$ , 森林覆盖率达 58.98%<sup>[1]</sup>, 但全省人工纯林面积大、中幼林比例高、森林质量整体不高, 生态系统仍处于恢复重建过程中。研究和评价本区域森林生态系统健康状况, 对于森林资源保护、林业可持续经营和生态文明建设具有十分重要的理论意义和实践作用。

## 1 研究评价方法

### 1.1 评价方法

层次分析法是森林健康评价方法中常用的方法<sup>[2-5]</sup>, 其基本原理就是把所研究的复杂问题看作一个大系统, 通过对系统的多个因素的分析, 划分出各因素间相互联系的有序层次; 再通过专家对每一层的各因素进行较客观地判断后, 相应给出相对重要性的定量指标; 进而建立数学模型, 计算出每一层次全部因素的相对重要性权重, 并加以排序, 最后根据排序结果规划决策和选择解决问题<sup>[6-7]</sup>。结合前人的研究成果和本次评价需要, 本文也采用层次分析法进行研究分析。

### 1.2 数据来源

原始数据来源于 2012 年广东省森林资源连续清查第七次复查 3 685 个固定样地数据, 主要因子包括土地类型、优势树种、林种、郁闭度、龄组、起源、平均胸径、平均树高、郁闭度、蓄积量、植物生物量

等, 选取地类为森林的 1 889 个样地进行分析评价。按所属区域统计结果见表 1。

表 1 广东省森林健康评价样本数统计  
Tab. 1 Sample size of forest health evaluation in Guangdong Province

区域	各地级市样本数/个
珠三角地区	广州(65)、深圳(12)、珠海(5)、惠州(126)、东莞(8)、中山(4)、江门(71)、佛山(11)、肇庆(184)
粤东地区	汕头(13)、汕尾(38)、潮州(33)、揭阳(48)
粤西地区	阳江(72)、湛江(65)、茂名(123)、云浮(108)
粤北山区	韶关(236)、河源(219)、梅州(211)、清远(237)

### 1.3 指标体系的构建

参考肖风劲等人的研究成果<sup>[8-10]</sup>, 结合调查数据特点, 评价指标体系设置目标层(A)、准则层(B)、因子层(C)3个层次。目标层是综合结果; 准则层由生产力、组织结构、抵抗力、土壤状况4个要素构成; 因子层由植物生物量、平均胸径、平均树高、郁闭度、植被总覆盖度、林木起源、龄组、树种结构、群落结构、林木密度、自然度、灾害等级、生态功能指数、土壤厚度、腐殖质层厚度、枯枝落叶层厚度16项指标构成。指标体系构成见图1。

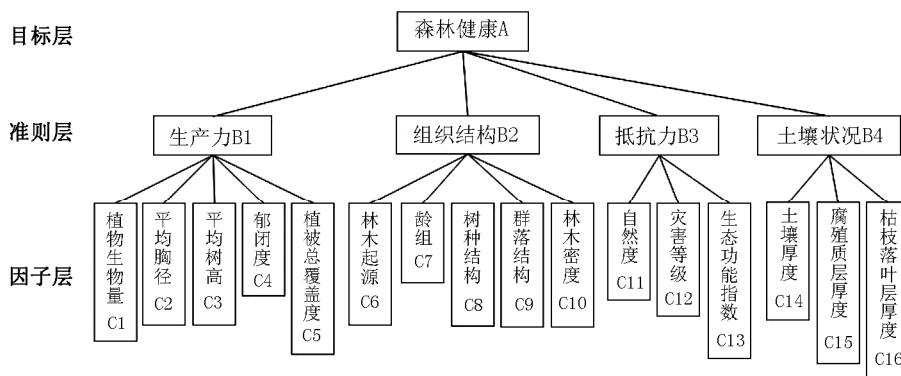


图 1 广东省森林健康评价层次分析结构

Fig. 1 Analytic hierarchy process of forest health evaluation in Guangdong Province

### 1.4 指标权重的确定

建立以 A 为判断准则的元素 B1、B2、B3、B4 间的两两判断矩阵, 以 B 为判断准则的元素 C1、C2、...、C13 间的两两判断矩阵。判断矩阵的数值由 6 位专家确定, 专家对指标间的相对重要性标度进行 1~9 赋值。采用固定的标度表和平均一致性指标

值(RI)计算判断矩阵的随机一致性比例(CR), 各 CR 均小于 0.1, 表明所有的判断矩阵均通过一致性检验。

取各专家判断值的平均值, 计算各层次评价元素的指标权重值(表 2)。

表 2 广东省森林健康评价元素的指标权重值

Tab. 2 Index weight of forest health evaluation in Guangdong Province

目标层 A	准则层 B	重要度	因子层 C	重要度
森林健康 状况	生产力 (B1)	0.2058	植物生物量(C1)	0.0300
			平均胸径(C2)	0.0225
			平均树高(C3)	0.0180
			郁闭度(C4)	0.0901
			植被总覆盖度(C5)	0.0451
	组织结构 (B2)	0.4458	林木起源(C6)	0.0651
			龄组(C7)	0.0488
			树种结构(C8)	0.1953
			群落结构(C9)	0.0976
			林木密度(C10)	0.0391
	抵抗力 (B3)	0.1911	自然度(C11)	0.1042
			灾害等级(C12)	0.0521
			生态功能指数(C13)	0.0347
	土壤状况 (B4)	0.1573	土壤厚度(C14)	0.0858
			腐殖质层厚度(C15)	0.0429
			枯枝落叶层厚度(C16)	0.0286

### 1.5 指标赋值

对指标体系中等级定性指标进行量化赋值(表 3,括号内代表分值),定量指标采用实际值进行计算。

表 3 定性指标分等级赋值

Tab. 3 Evaluation of qualitative index in different levels

指标	分等级赋值
林木起源	纯天然林(100)、人工促进天然林和天然萌生林(90)、人工林(80)
龄组	幼龄林(40)、中龄林(60)、近熟林(80)、成熟林(100)、过熟林(80)
树种结构	针叶纯林(60)、阔叶纯林(70)、针叶或阔叶相对纯林(80)、针叶或针阔混交林(90)、阔叶混交林(100)
群落结构类型	完整结构(100)、较完整结构(80)、简单结构(60)
自然度	I级(100)、II级(90)、III级(80)、IV级(70)、V级(60)
森林灾害等级	无灾害(0)、微灾害(-20)、中等灾害(-40)、严重灾害(-60)

注:指标等级和类型划分按《国家森林资源连续清查技术规程(修订版)》(2003年10月)进行。

### 1.6 综合指数计算

以标准差标准化法对原始数据进行无量纲化处理,将无量纲化后的数据值与所对应指标的权重进行加权求和计算得到各样本综合指数。把综合指数的最大值赋值为 100,最小值赋值为 40,对所有综合指数进行等比百分制处理,计算各样本综合得分(S)。

## 2 评价结果

### 2.1 综合指数的特征数统计

经计算,广东省森林健康评价的平均得分是 72.89,各地级市森林健康评价综合得分的特征数统计见表 4。

表 4 广东省各地级市森林健康综合得分特征数

Tab. 4 forest health evaluation in Guangdong Province

地级市	平均值	最大值	最小值	总体方差
中山市	79.48	83.61	74.12	11.66
梅州市	76.03	92.88	56.56	65.39
韶关市	75.82	91.13	61.15	44.10
肇庆市	75.70	96.44	61.42	53.39
河源市	75.33	94.65	60.18	40.45
佛山市	75.01	82.03	59.24	41.57
珠海市	74.74	86.50	64.26	35.92
清远市	73.33	93.83	40.00	61.99
云浮市	73.12	90.50	58.92	39.61
深圳市	72.75	78.99	64.21	31.36
汕尾市	72.34	90.99	54.42	72.90
揭阳市	72.31	93.80	57.92	63.67
广州市	71.73	89.62	62.18	30.67
江门市	71.68	88.40	57.92	49.28
阳江市	71.46	100.00	60.10	44.58
东莞市	71.08	96.29	56.85	46.63
惠州市	70.65	85.64	60.27	49.46
茂名市	70.56	86.42	61.62	32.71
潮州市	70.36	84.79	59.01	52.21
湛江市	69.04	77.78	60.31	22.13
汕头市	68.16	83.71	50.95	24.54

从各地级市目标层  $S_A$  的平均值来看,森林健康水平较好的依次是中山、梅州、韶关、肇庆、河源、佛山、珠海等,主要集中在粤北山区和珠三角地区。从目标层  $S_A$  的最大、最小值来看,样本的最大值出现

在阳江,最小值出现在清远。从总体方差来看,市域内森林健康水平差异较小的有中山、潮州、湛江;水平差异较大的有广州、韶关、惠州。

不同区域森林健康评价特征见表 5。依平均得分和总体方差可见,粤北山区的样地平均得分最高,且总体方差较小,说明该地区森林健康水平高且区域内差异较小;珠三角地区的样地平均得分较高,但其总体方差较大,说明区域内的森林健康水平差异较大;粤东地区森林健康水平较低且区域内差异不大;粤西地区森林健康水平较低,区域内水平存在差异性。

表 5 广东省森林健康评价区域特征

Tab. 5 Characteristics forest health evaluation region in Guangdong Province

区域	地级市	平均值	总体方差
粤北山区	梅州市、韶关市、河源市、清远市	75.22	1.20
珠三角地区	中山市、肇庆市、佛山市、珠海市、深圳市、广州市、江门市、东莞市、惠州市	73.75	6.63
粤东地区	汕尾市、揭阳市、潮州市、汕头市	70.77	1.19
粤西地区	云浮市、阳江市、茂名市、湛江市	70.73	3.12

### 2.2 准则层统计

对准则层的 4 项指标的综合得分进行统计(图 2)。

生产力(B1 层)是植物在单位面积单位时间内生产的生物量。森林生产力是森林生态系统中作为第一性生产者植物群落结构与功能的综合体现,维持一定程度的生产力是森林得以健康发展的基础。云浮、江门、中山等市在生产力评价中排在前列。

组织结构(B2 层)是指森林生态系统的物种组成结构以及物种间的相互关系,可以反映森林生态系统的物种多样性和森林生态系统结构的复杂性。从组织结构评价结果看,全省得分最高的是佛山(220.98),最低为云浮(-133.52),韶关、珠海、揭阳等市在组织结构评价中排在前列。

抵抗力(B3 层)是森林生态系统抵抗外界干扰以及维持系统结构和功能的能力,森林生态系统的健康与抵抗外界干扰息息相关。从抵抗力评价结果看,全省得分最高的是梅州(64.13),最低为汕尾(-20.32),阳江、佛山、惠州等市在抵抗力评价中排在前列。

土壤是森林植物赖以生长的基础,为林木生长提供必需的矿质营养元素、水分、空气和微生物,对根系具有机械支撑作用,也是森林生态系统中物质和能量交换的重要场所。土壤状况(B4 层)直接影响林木生长,影响植物群落种间竞争和物种丰富度。从土壤状况的评价结果看,全省得分最高的是云浮(111.23),最低为汕尾(-134.47),东莞、清远、中山等市在土壤状况评价中排在前列。

### 2.3 森林健康等级划分及统计

根据森林结构和功能特点,将森林健康等级划分为健康( $S \geq 85$ )、较健康( $85 > S \geq 70$ )、亚健康( $70 > S \geq 55$ )和不健康( $S < 55$ )。广东省 1 889 个森林样地中,健康森林(143 个)占 7.6%、较健康森林(1 092 个)占 57.8%、亚健康森林(651 个)占 34.5%、不健康森林(3 个)占 0.16%。广东省森林大部分处于较健康状态,仍需持续保护和合理经营,否则可能向亚健康和亚健康状态发展。因此,必须采取切实可行的经营管理措施,提高经营管理水平,加大森林健康经营的力度,以期发挥更大的综合效益。

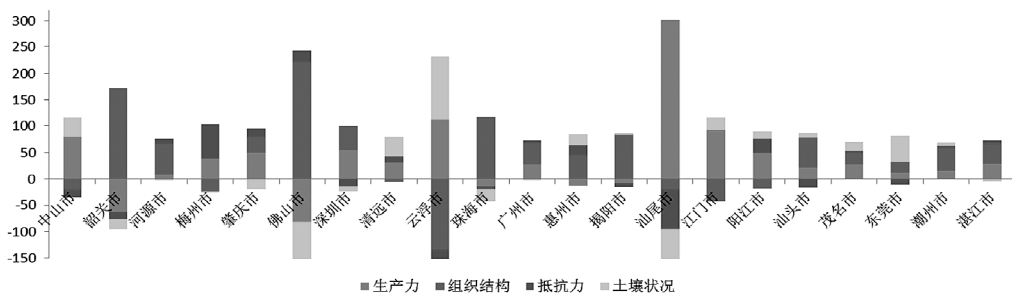


图 2 广东省森林健康准则层评价结果

Fig. 2 Criterion layer results of forest health evaluation in Guangdong Province

### 3 结论与讨论

1) 构建了广东省森林健康评价指标体系, 指标包括 4 大类 16 个指标, 采用层次分析法对全省森林健康状况进行初步性评价, 结果表明, 广东省森林整体处于较健康状态, 仍需提高森林经营管理水平。

2) 对广东省各地和区域森林健康状况进行了初步分析, 对于区域森林生态系统质量和健康状况有一定的揭示作用。但由于部分地级市样本数据不够, 对地级市的评价分析存在不足。

3) 采用定量和定性相结合的方法确定指标体系, 使用层次分析法赋予指标权重, 对森林健康状况进行评价, 是区域森林健康状况可尝试性的评价方法, 可供森林资源调查工作的生态状况评价所借鉴。

#### 参考文献:

[1] 广东省林业厅. 2016 年广东省林业综合统计年报分析报告[EB/OL]. [https://www.gdfl.gov.cn/index.php? controller=front&action=view&id=10033261](https://www.gdfl.gov.cn/index.php?controller=front&action=view&id=10033261), 2017-06-30.

- [2] 王兵, 郭浩, 王燕, 等. 森林生态系统健康评估研究进展[J]. 中国水土保持科学, 2007, 5(3): 114-121.
- [3] 沈剑波, 雷相东, 舒清态, 等. 国内外森林健康评价指标体系综述[J]. 科技导报, 2011, 29(33): 72-79.
- [4] 李秀英. 森林健康评价指标体系初步评价研究与应用[D]. 北京: 中国林业科学研究院, 2006.
- [5] 王忠春, 亢新刚, 罗仙仙, 等. 森林健康评价研究进展[J]. 西北林学院学报, 2010, 25(5): 163-169.
- [6] 郭金玉, 张忠彬, 孙庆云. 层次分析法的研究与应用[J]. 中国安全科学学报, 2008(5): 148-153.
- [7] 刘耀林, 焦利民. 土地评价理论、方法与系统开发[M]. 北京: 科学出版社, 2008: 83-84.
- [8] 肖风劲, 欧阳华, 傅伯杰, 等. 森林生态系统健康评价指标及其在中国的应用[J]. 地理学报, 2003, 58(6): 803-809.
- [9] 肖风劲, 欧阳华. 生态系统健康及其评价指标和方法[J]. 自然资源学报, 2002, 17(2): 203-209.
- [10] 肖风劲, 欧阳华, 孙江华, 等. 森林生态系统健康评价指标与方法[J]. 林业资源管理, 2004(1): 27-30.

(上接第 81 页)

分布: 中国云南(勐腊)、尼泊尔、锡金、印度东北部、缅甸、泰国、越南。西藏为首次记录, 生长在墨脱县林中树干上<sup>[2-3]</sup>。

附记: 标本采集于西藏自治区林芝市墨脱县海拔 750~1 087 m 区域, 附生于林中树上或林下多苔藓的岩石上。凭证标本(金效华、李剑武、王喜龙、王程旺 19064) 分别保存于中国科学院植物研究所标本馆(PE)、中国科学院西双版纳热带植物园标本馆(HITBC)和西藏自治区高原生物研究所标本室(XZ, No. WXL19064)。中国植物志(中、英文版)均记录为花期 7 月和花期无叶, 但西藏分布的花期为 11 月, 且在开花期间叶片并没有完全脱落。经查证其他有花标本, 仅有 1 份(王启无 77226, PE) 采自 7 月, 而其他 3 份(金效华 10172, PE, 采自勐腊; 吉占和 92-375, PE, 采自景洪; 李剑武 ML02, HITBC, 采自缅甸) 花期均在 10—12 月, 且这 4 份有花标本均

无叶。而本种模式标本(Buch.-Ham. 于 1803 年采自尼泊尔, 存放于 LINN) 花期则在 1 月底。本种在西藏的发现对于丰富西藏兰科植物区系、研究野生兰科植物多样性及气候变化均具有重要意义。

致谢: 感谢中国科学院植物研究所金效华老师对标本的鉴定。

#### 参考文献:

- [1] 郎楷永, 吉占和. 西藏植物志(第五卷)[M]. 北京: 科学出版社, 1987: 648-870.
- [2] 吉占和, 陈心启, 罗毅波, 等. 中国植物志(第 19 卷)[M]. 北京: 科学出版社, 1999: 253.
- [3] CHEN S C, LIU Z J, ZHU G H, et al. Orchidaceae [M]//WU Z Y, RAVEN P H, HONG D Y, et al. Flora of China(Vol. 25)[M]. Beijing: Science Press, 2009, 25: 439-440.

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2018.03.017

## 重庆市雨台山公园植物资源调查与研究

李文清 秦华

(西南大学园艺园林学院,四川 重庆 400715)

**摘要:**采用实地调查和查阅文献的方法,从植物资源种类和运用方式 2 方面入手,总结了重庆市雨台山公园植物资源运用现状。调查结果表明,雨台山公园现有观赏植物 77 种,隶属 67 科 46 属,乔木、灌木、草本植物的种数百分比约为 4 3 3。概括出“统一、安全、丰富”3 个适用于小型山地公园的植物配置原则。根据现状提出了提高群众参与度,增加开花植物和彩色叶植物数量,补充观果植物和野生植物,修剪过于茂密的植物等针对性建议。

**关键词:**植物资源;生活型;小型山地公园;植物配置原则;重庆市雨台山公园

中图分类号:S718.521.2;S757.2 文献标识码:A 文章编号:1671-3168(2018)03-0087-05

## Investigation and Analysis on Plant Resources in Yutaishan Park of Chongqing

LI Wenqing , QIN Hua

(School of horticultural and Landscape Architecture, Southwest University, Chongqing 400715, China)

**Abstract:** Based on field investigation and literature review, the present situation of plant resources in Yutaishan Park of Chongqing was summarized from plant species and application models. The results showed that there were 77 ornamental plants belonging to 46 genera and 67 families in the Yutaishan Park, and the percentage of arbor to shrub to herbage was about 4 3 3. The three principles of plant allocation for small mountainous parks were summarized as unified, safe, and variable. Based on the present situation, this paper put forward suggestions for improving the participation of the masses, increasing the amount of flowering plants and colorful-leaf plants, supplementing fruit plants and wild plants, and pruning some dense plants.

**Key words:** plant resources; life form; small mountainous park; principle of plant allocation; Yutaishan Park of Chongqing City

公园作为城市的绿肺,对市民健康生活有着非常重要的意义,但是在日益紧张的用地情况下,兴建大型公园费用太过高昂,在地形起伏较大的山地城市用地矛盾更为突出。因此,合理利用地形特征和本土植物营造适合当地气候条件的小型山地公园,

可以很好地满足城市居民对休闲绿地的需求。对于大型公园的植物资源调查已有许多资料,但是对于紧邻居住区的小型公园植物资源却少有详细的调查。重庆市雨台山公园作为一个小型山地公园,通过合理的植物配置和景观设计,低碳而高效地营造

收稿日期:2017-12-25;修回日期:2018-01-09.

作者简介:李文清(1992-),女,重庆北碚人,硕士研究生.研究方向为园林植物造景设计与观赏园艺规划.

通信作者:秦华(1972-),男,重庆北碚人,教授,博士生导师,研究方向为园林植物造景设计与观赏园艺规划.

出了自然优美的生境,为以后的小型山地公园的植物选择和配置提供参考。

### 1 调查地概况

重庆市位于中国西南部、长江上游地区,地理坐标为东经 105°11'~110°11'、北纬 28°10'~32°13',是青藏高原与长江中下游平原的过渡地带。市内北有大巴山,东有巫山,东南有武陵山,南有大娄山。重庆主城区海拔多在 168~400 m 之间,山地和丘陵面积占总面积的 98%,整个城市位于起伏山峦之间。

重庆市属亚热带季风性湿润气候,雨热同期,年均降水量丰富,同时又是中国年日照最少的地区之一,形成了少霜雪,多云雾,高湿度;冬暖春早,夏热秋凉,四季分明;太阳辐射弱,日照时间短,昼夜温差小的气候特点。植物生长光线不足,植被以亚热带常绿阔叶林为主。

雨台山公园位于重庆市北碚区碚南大道,占地面积 6.73 hm<sup>2</sup>,地处雨台花园、缙能花园、国税小区、新天花园等近 10 个居住小区之中。公园有 3 个出入口,一条环山通道为主要健身步道,3 条上山步道为次要健身步道。在 3 条上山步道中,根据地势设置大小不一的休息平台,在山顶设置主要管理部门建筑物和休闲广场。整个公园绿树成荫,园林景观优美,是集休闲、健身、娱乐为一体的开放性区域综合公园,每天公园人流量达上千人次。

### 2 调查方法

在雨台山公园采用现场观察拍照,实地测量,带样调查方法,利用网络资源平台和文献进行植物种类鉴定,整理植物资源种类,制作植物名录表,并对观赏植物资源进行相关分析研究。

### 3 调查结果

#### 3.1 植物资源种类

调查结果表明,雨台山公园现有观赏植物 77 种,隶属于 67 科 46 属。其中裸子植物 3 种,蕨类植物 2 种,被子植物 72 种,在整个公园处于优势地位(表 1)。

生活型反应了植物景观的丰富度和合理性,其中乔木类含 21 科 28 属 31 种,占总种数的 40.26%;灌木类含 16 科 22 属 25 种,占 32.47%(因藤本植物只有常春藤一种,为方便统计归入灌木类);草本类含 9 科 17 属 21 种,占 27.27%(表 2)。乔木、灌木、

草本植物的种数百分比约为 4 : 3 : 3,这样的比例较为合理,可以配置出非常丰富的园林植物景观。

表 1 重庆市雨台山公园植物科属种组成

Tab. 1 Composition of plants species, genera and families in Yutaishan Park of Chongqing city

类群	科	属	种	主要植物类型
蕨类植物	2	2	2	肾蕨科、凤尾蕨
裸子植物	3	3	3	苏铁科、银杏科、罗汉松科
被子植物	41	62	72	禾本科、桑科、樟科、蔷薇科、天南星科、云石科、榆科、无患子科、木犀科、豆科
合计	46	67	77	

表 2 重庆市雨台山公园植物生活型组成分析

Tab. 2 Composition of plants life form in Yutaishan Park of Chongqing city

生活型	科	属	种	占总种数/%
乔木	21	28	31	40.26
灌木	16	22	25	32.47
草本	9	17	21	27.27

优势种中,以竹亚科(5 种)、桑科(4 种)为首,分别占总种数的 6.49%和 5.19%,樟科(3 种)、木兰科(3 种)、蔷薇科(3 种)次之。雨台山公园的一大特色就是以竹文化为主题。利用北碚竹海的文化底蕴和适宜竹亚科的生长条件,种植楠竹、孝顺竹等多个竹种(表 3),因具有迅速成林的优势,相较于大面积种植观赏乔木节约了很大的经济成本,缩短了建园周期。

不同于坐拥大片湖海的大型城市公园,雨台山公园位于山地,无天然水源,公园内有 2 处水景均为人造。山地较大水池以乔木围合,以养莲花为主,进行粗放式管理,作为消防储备用水。山下位于公园主入口的叠水瀑布则是人工抽水形成水景,用于夏季蒸发降温,以多种水生植物合理搭配(表 4),精细管理。目前园内水生植物均长势良好。

#### 3.2 植物配置原则

##### 3.2.1 统一性原则

雨台山公园是以常绿阔叶林为主的休闲型山地公园。公园整体为绿色,以大片楠竹和慈竹林为主

表 3 重庆市雨台山公园棕榈科及竹亚科植物名录

**Tab. 3 List of Palmae plants and Bambusoideae plants in Yutaishan Park of Chongqing city**

种名	属	科	生活型	生活特性	观赏特性
棕榈 <i>Trachycarpus fortunei</i> (Hook.) H. Wendl.	棕榈属	棕榈科	乔木	土生	观形
棕竹 <i>Rhapis excelsa</i> (Thunb.) Henry ex Rehd.	棕竹属	棕榈科	灌木	土生	观形
楠竹 <i>Phyllostachys edulis</i> (Carrière) J. Houz.	刚竹属	禾本科	乔木	土生	观形
孝顺竹 <i>Bambusa multiplex</i> (Lour.) Raeusch. ex Schult.	箬竹属	禾本科	灌木	土生	观形
凤尾竹 <i>Bambusa multiplex</i> 'Fernleaf' R. A. Young	凤尾竹属	禾本科	灌木	土生	观形
慈竹 <i>Bambusa emeiensis</i> L. C. Chia et H. L. Fung	慈竹属	禾本科	灌木	土生	观形

**表 4 重庆市雨台山公园水生植物名录**

**Tab. 4 List of aquatic plants in Yutaishan Park of Chongqing city**

种名	属	科	生活型	生活特性	观赏特性
再力花 <i>Thalia dealbata</i> Fraser	再力花属	竹芋科	草本	水生	观花观叶
梭鱼草 <i>Pontederia cordata</i> L.	梭鱼草属	雨久花科	草本	水生	观叶
睡莲 <i>Nymphaea tetragona</i> Georgi (1775)	睡莲属	睡莲科	草本	水生	观花观叶
风车草 <i>Cyperus alternifolius</i> L. subsp. <i>flabelliformis</i> (Rottb.) KùKenth.	莎草属	莎草科	草本	水生	观叶
荷花 <i>Nelumbo nucifera</i> Gaertn. (1788)	莲属	莲科	草本	水生	观花观叶
水金英 <i>Hydrocleys nymphoides</i>	水金英属	黄花蔺科	草本	水生	观花观叶
黄花鸢尾 <i>Iris wilsonii</i> C. H. Wright	鸢尾属	鸢尾科	草本	水生	观花观叶
西伯利亚鸢尾 <i>Iris sibirica</i> L.	鸢尾属	鸢尾科	草本	水生	观花观叶
花叶艳山姜 <i>Alpinia zerumbet</i> 'Variegata'	山姜属	姜科	草本	水生	观叶

要植物景观,占整体绿地面积的 35%左右。公园基调树种为构树 (*Broussonetia papyrifera* (Linn.) L'

Hér. ex Vent.) 和 栲 树 (*Koelreuteria paniculata* Laxm.)。其中构树主要构成山坡填充林,栲树为建筑背景林。骨干树种为香樟 (*Cinnamomum camphora* (L.) Presl.)、天竺桂 (*Cinnamomum pedunculatum*)、黄葛树 (*Ficus virens* Ait. var. *sublanceolata* (Miq.) Corner)、银杏 (*Ginkgo biloba* L.), 主要位于入口和节点处,支撑起整个公园高层空间景观。

小型山地公园不同于大型山地公园,不宜大面积多色彩使用植物,以常绿为主,彩色叶和观花为装饰点缀,使整个公园色调统一,不然容易产生零碎感。雨台山公园常绿乔木有 24 种,占乔木总体的 77%,加上竹林也是常绿的体态,整个公园一年四季郁郁葱葱。

**3.2.2 安全性原则**

公园内人流量较大,植物配置应当以人为本,安全第一。

1) 尽量不使用有毒的植物,如橡皮树、漆树等汁液有毒;不大面积使用容易引起呼吸道和皮肤过敏的植物,如法国梧桐、杨柳等;如使用有毒植物,应远离人群,雨台山花园使用了少量的夹竹桃 (*Nerium indicum* Mill.) 在山坡上,人群不能靠近,不会产生安全隐患;不在儿童容易触碰的位置使用尖锐带刺的植物,如仙人掌、月季等。

2) 应该根据植物的特征提高公园的安全系数。雨台山公园在水景处使用再力花 (*Thalia dealbata* Fraser)、睡莲 (*Nymphaea tetragona* Georgi (1775))、花叶艳山姜 (*Alpinia zerumbet* 'Variegata') 等红黄花叶色彩鲜艳的植物,起到了提醒作用,减少游客失足掉进水池的危险;在环山道,沿竹林配置迎春 (*Jasminum nudiflorum* Lindl.)、小蜡 (*Ligustrum sinense* Lour)、茶梅 (*Camellia sasanqua* Thunb.) 等多种绿篱分段间隔,有效阻止游客进入竹林发生危险;在上山步道两侧,天然景石和人工石材之间大面积使用肾蕨 (*Nephrolepis auriculata* (L.) Trimen) 填充,防止游客踩到缝隙摔倒,如果儿童玩耍不慎掉到两侧,茂盛的肾蕨也会起到缓冲减震作用;在节点休息平台边缘,使用茂密的孝顺竹 (*Bambusa multiplex* (Lour.) Raeusch. ex Schult.) 或日本珊瑚树 (*Viburnum odoratissimum* Ker - Gaul var. *awabuki* (K. Koch) Zabel ex Rumphl.) 进行围合,防止行人跌落平台。

**3.2.3 丰富性原则**

小型山地公园,从占地面积到植物种类都远远不如大型山地公园,但是通过巧妙的植物配置和运

用,仍然可以达到丰富多彩的效果。

1)丰富的种植形式。雨台山公园在植物的种植形式上做得比较细心,多种种植形式有效地延长了景物的观赏期,增强了植物景观的变化感和连续性。

①孤植:主要用于景观节点以及山脊等视线交点处。用姿态优美、树冠宽大、枝叶浓密、有特色的树种孤立种植,可作为公园中独立的庇荫树或观赏树。在雨台山公园山顶处,可选择在后门小广场上孤植黄葛树(*Ficus virens* Ait. var. *sublanceolata* (Miq.) Corner),其枝繁叶茂,能有效地为场地降温,同时能展现出重庆山地公园的豪迈。

②丛植:一个树丛由3~5株同种或异种树木不等距离地种植在一起形成一个整体。这种配置主要是用在各种绿化面积不大的区域作主景或配景或隔离措施。这种运用在公园非常多,像日本晚樱(*Cerasus serrulata* var. *lannesiana*)在山坡上丛植形成疏林草地,春花烂漫,十分美丽。

③群植:多种乔木、灌木搭配,组成较大面积的树木群落,以表现群体美。如公园山顶正门的香樟(*Cinnamomum camphora* (L.) Presl.)树林,配合红枫(*Acer palmatum* 'Atropurpureum')、七姊妹(*Rosa multiflora* Thunb. var. *carnea* Thory)等各色乔灌木,葱茏繁茂。结合公园仿古建筑和远处山峦的起伏,景色随朝夕和四季变化,形成优美的风光。

④带植:林带组合原则与群植类似,以带状形式栽种数量较多的各种乔、灌木。这种配置手法主要用于地形狭长区域,如公园的边界地带、登山道以及两个不同景观类型的交界区,用作园林景物的背景或隔离措施,如用于隔离杂木的孝顺竹(*Bambusa multiplex* (Lour.) Raeusch. ex Schult.)种植带,用于丰富道路曲线的春鹃(*Rhododendronsimsii*&R. spp.)带等。

2)丰富的色彩变化。雨台山公园通过对彩色叶植物和开花植物的搭配,形成了随季节更迭层林渐染、四季有花的美景。公园内主要的彩色叶植物有银杏(*Ginkgo biloba* L.)、栾树(*Koelreuteria paniculata* Laxm.)、红叶李(*Prunus Cerasifera* Ehrhar f. *atropurpurea* (Jacq.) Rehd.)、盐麸木(*Rhus chinensis* Mill.)、重阳木(*Bischofia polycarpa* (Levl.) Airy Shaw)、红叶石楠(*Photinia × fraseri* Dress)、南天竹(*Nandina domestica*)、红花檵木(*Loropetalum chinense* var. *rubrum*)、花叶艳山姜(*Alpinia zerumbet* 'Variegata')等。按花期划分,春季开花植物有山茶(*Camel-*

*lia japonica* L.)、蒲桃(*Syzygium jambos* (L.) Alston)、日本晚樱(*Cerasus serrulata* var. *lannesiana*)、红叶李(*Prunus Cerasifera* Ehrhar f. *atropurpurea* (Jacq.) Rehd.)、迎春(*Jasminum nudiflorum* Lindl.)、贴梗海棠(*Chaenomeles speciosa* (Sweet) Nakai)等;夏季开花植物有广玉兰(*Magnolia grandiflora* Linn.)、羊蹄甲(*Bauhinia* Linn.)、夹竹桃(*Nerium indicum* Mill.)、三角梅(*Bougainvillea glabra*)等;秋季开花植物有桂花(*Osmanthus* sp.)、木芙蓉(*Hibiscus mutabilis* Linn.)、茶梅(*Camellia sasanqua* Thunb.)等;冬季开花植物有腊梅(*Chimonanthus praecox* (Linn.) Link)、木荷蒿(*Argyranthemum frutescens*)等。春夏季开花植物较多,秋季以观叶为主,冬季有少量花色变化。整个公园的彩色植物中,红色植物、黄色植物、粉色植物为暖色调,白色植物、蓝色植物、紫色植物为冷色调,冷暖色调植物的种类比值为1:2.5。整个公园植物以暖色调为主要色彩,冷色系植物种类较少。

3)丰富的植物形态。在植物数量和种类都有限的情况下,通过修剪造型,使同种植物在空间中呈现出多种形态。雨台山公园修剪的主要植物形状为球状和带状灌木。其中球状灌木主要有海桐(*Pittosporum tobira*)、山茶(*Camellia japonica* L.)、杜鹃(*Rhododendron simsii* Planch.)、小蜡(*Ligustrum sinense* Lour)、栀子(*Gardenia jasminoides* Ellis)、六月雪(*Serissa japonica* (Thunb.) Thunb.)、带状灌木主要有更里山胡椒(*Lindera kariensis* W. W. Smith)、红花檵木(*Loropetalum chinense* var. *rubrum*)、红叶石楠(*Photinia × fraseri* Dress)、棕竹(*Rhapis excelsa* (Thunb.) Henry ex Rehd)、八角金盘(*Fatsia japonica* (Thunb.) Decne. et Planch.)、茶梅(*Camellia sasanqua* Thunb.)。在一段步道上,用不同的带状灌木与球状灌木组合,光线充沛处使用开花灌木,光线阴暗处使用耐阴灌木,丰富景观层次,提升游览趣味。

4)多重感官的植物体验。雨台山公园内的植物除了视觉上的设计外,还兼顾了其他感官体验。嗅觉上,多使用带有香味的植物,如白兰(*Michelia alba* DC.)、桂花(*Osmanthus* sp.)、栀子(*Gardenia jasminoides* Ellis)、腊梅(*Chimonanthus praecox* (Linn.) Link)等;触觉上,在人能触摸到的范围内使用了叶面不同质感的植物,如叶面光滑厚实革质感的海桐(*Pittosporum tobira*),叶面柔软带绒毛的小蜡(*Ligustrum sinense* Lour),叶面粗糙带纸质感的腊



梅(*Chimonanthus praecox* (Linn.) Link)等;听觉上,调整植物间隙,如对竹林定期梳理,形成一定量的空隙,风过时竹林沙沙作响;而休息平台上使用银杏(*Ginkgo biloba* L.)等叶量少、叶面小的大乔木,风过时声音轻柔,不破坏休闲空间的宁静。综合各种感官进行植物设计,提升公园美感和市民对大自然的热爱。

#### 4 总结

雨台山公园植物资源较为丰富,配置方式比较精致巧妙。但植物选择和管护中仍然存在一些不足:1)公园以竹文化为主,春季会萌发大量的竹笋,周围居民的偷采行为屡禁不止,同时,为了保持竹林的通透性,每年会定点砍伐一些竹子和竹笋,可利用场地特色,开展竹文化活动,以竹制品、竹笋为奖励,充分调动居民的参与性,提高居民的主人公意识,自觉参与到公园的管理工作中来。2)虽然公园内已有多种观花和彩叶植物,但总体数量不足,而且颜色较为单一,应增加观花植物和彩叶植物,重点增加冷色调花卉,如蓝花楹(*Jacaranda mimosifolia*)、蓝色绣球(*Hydrangea macrophylla* (Thunb.) Ser.)等,在夏季开花,从视觉上可为游客带来凉意。3)整个公园缺乏观果植物和野生植物,可以适当增加观果植物,提升公园秋季观赏性,如乌桕(*Diospyros cathayensis* Steward)、石榴(*Punica granatum* L.)、火棘(*Pyracantha fortuneana* (Maxim.) Li)等;对于园内已有的野生植物,如野菊花(*Dendranthema indicum*)等,可定期收集种子播撒,形成花坡等充满野趣的景

观。4)公园内有大量速生植物,如棕竹(*Rhapis excelsa* (Thunb.) Henry ex Rehd.)等,作为大乔木下方中层灌木,因长势过快而侵占了乔木的上层空间,使香樟(*Cinnamomum camphora* (L.) Presl.)、银杏(*Ginkgo biloba* L.)等喜光大乔木长势不佳。而对于本身长势就较快的黄葛树(*Ficus virens* Ait. var. *sublanceolata* (Miq.) Corner)等大乔木,在两棵大树共同围合的休闲空间内,要定期修剪枝叶,过高的郁闭度会使整个空间显得压抑,也不能很好地满足老年人在林中晒太阳的需求。

雨台山公园总体来讲是一个以竹林、桂花、香樟等乔木为主要群种的人工植物群落,通过合理的植物选择和场地设计,可使整个公园四季有景,凉爽又充满活力,为重庆市其他小型山地公园规划提供参考。

#### 参考文献:

- [1] 郝杨,周育真,陈进燎,等. 旗山国家森林公园野生观赏植物资源调查与园林应用研究[J]. 福建林学院学报, 2013, 33(1): 62-66.
- [2] 庄华蓉. 重庆主城区公园绿地园林植物调查及配置研究[J]. 园艺与种苗, 2013(8): 36-42.
- [3] 邱晓明. 广西七坡森林公园植被与植物资源调查分析[D]. 南宁:广西大学, 2013.
- [4] 罗蕴琪. 邵阳市城市公园植物景观现状调查与分析[D]. 长沙:湖南农业大学, 2014.
- [5] 张建林. 重庆主城区山地公园植物群落特征与景观设计[D]. 成都:四川农业大学, 2011.

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2018.03.018

## 基于县域尺度的宝鸡地区退耕还林生态补偿金 合理确定方法研究

徐玉霞 胡浩楠

(宝鸡文理学院 陕西省灾害监测与机理模拟重点实验室, 陕西 宝鸡 721013)

**摘要:**退耕还林生态补偿政策在中国已实践多年并取得了一定的成果,但却存在“一刀切”的问题,生态补偿并没有考虑到“因地制宜”和“因时制宜”,忽视了自然、经济、社会等约束条件,补偿标准不尽合理。为了探讨补偿金的合理标准,文章基于宝鸡地区各区县的气象资料和统计年鉴,运用层次聚类分析法及 RS 和 GIS 等技术构建了生态补偿计算体系和方法。结果表明,宝鸡地区单位面积退耕还林生态补偿系数最高的是千阳县(0.125),其生态补偿金也最高,达 2 028 元/hm<sup>2</sup>,与原补偿金相比应增加 678 元/hm<sup>2</sup>;岐山县的补偿系数最低(0.056),其补偿金也最低,为 908 元/hm<sup>2</sup>,与原补偿金相比应减少 442 元/hm<sup>2</sup>,县区间最高补偿金是最低补偿金的 2.23 倍。按照补偿系数算出的补偿金差异明显,空间分布与实际情况基本相符。

**关键词:**退耕还林;生态补偿系数;生态补偿金;补偿标准;层次分析法;宝鸡地区

中图分类号:S718.56;F301.24 文献标识码:A 文章编号:1671-3168(2018)03-0092-08

## Determination of Grain for Green Eco-compensation in Baoji on County Scale

XU Yuxia, HU Haonan

(Key Lab of Disaster Monitoring and Mechanism Simulating of Shaanxi Province,  
Baoji University of Arts and Sciences, Baoji, Shaanxi 721013, China)

**Abstract:** The policy of grain for green eco-compensation has made great achievements in China after several years of implementation. However, the problem “one size fits all” has not been avoided and the local conditions and opportunities such as natural, economic, social and standard requirements has not been considered in the implementation of eco-compensation. In order to explore the reasonable standard of compensation, the eco-compensation system was constructed by the techniques of hierarchical clustering analysis, RS and GIS based on the meteorological data and statistical yearbook in Baoji. The results showed that the eco-compensation coefficient in the unit area was the highest in QianYang (0.125) where the eco-compensation was also the highest, reaching 2028 yuan /hm<sup>2</sup> and increasing by 678 yuan /hm<sup>2</sup> while the coefficient was the lowest in Qishan (0.056) with the compensation of 908 yuan /hm<sup>2</sup>,

收稿日期:2017-11-22;修回日期:2018-03-23.

基金项目:陕西省社会科学基金“后退耕时代陕西省退耕还林工程效益评价及其影响研究(2015D057)”;陕西省重点实验室项目“全球气候变化下陕西省旱涝灾害风险评估及区划研究(16JS005)”;宝鸡文理学院重点项目(ZK16014);陕西省重点学科自然地理学资助.

作者简介:徐玉霞(1978-),女,陕西榆林人,硕士,副教授.研究方向:资源开发利用与防灾减灾.

reducing by 442 yuan /hm<sup>2</sup>. The highest compensation was 2.23 times more than the lowest compensation in all counties. According to the compensation coefficient, the difference of compensation was obvious and the spatial distribution was basically consistent with the actual situation.

**Key words:** grain for green; ecocompensation coefficient; ecological compensation; compensation standard; hierarchical clustering analysis; Baoji

为了减少水土流失,增加林草植被,川、陕、陇三省于1999年率先开展退耕还林试点。2002年1月10日,国家决定退耕还林工程全面启动,并对参与的农户进行一定的生态补偿<sup>[1]</sup>。但在一定的行政区域内,补偿金一般采用统一标准,而对于影响生态补偿金的各要素差异未被考虑,导致一些不合理的现象在退耕还林补偿中表现出来,比如退耕农民的积极性不高,一些地方出现了严重的返耕现象。因此,如何计算生态补偿金并尽可能使其趋于合理,成为了生态补偿方面急需解决的重要问题<sup>[2]</sup>。

国外在生态补偿的研究方面,主要在于支付意愿大小、计算生态系统服务功能及如何达到空间优化配置等<sup>[3]</sup>。比如 Costanza 等人<sup>[4]</sup>充分采用经济学等方法,探讨全球生态系统服务功能,并估算了其价值量,是较早的生态系统价值评估方面的实践; Moran 等<sup>[5]</sup>为研究农户的生态补偿支付意愿而建立了 Logistic 多元模型; Wunscher 等人<sup>[6]</sup>为探讨如何提高森林保护项目的资金使用效率,从受损风险、参与成本、生态服务3个方面来构造补偿区域选择方法; Ferraro<sup>[7]</sup>依据效益成本比例标准,利用距离函数来分配补偿的数目。在国内,对于生态补偿金相关的研究也较多,比如戴其文<sup>[8]</sup>在探讨空间异质性基础上,提出补偿要因地制宜;高瑞<sup>[9]</sup>运用GIS等技术研究生态补偿的空间分布规律,构建生态补偿体系并探讨补偿结果的合理性;金艳<sup>[10]</sup>运用多时空尺度等方法,模拟中国生态补偿的分布格局,探讨如何进一步完善中国生态补偿体系。对于补偿标准问题,虽然很多学者都进行过探讨,但对于陕西省退耕还林生态补偿金合理分配的研究相对较少。本文以宝鸡地区为研究对象,综合考虑因各种地理要素差异,讨论退耕还林的生态补偿金标准的计算问题,给出区域生态补偿相对标准,以期为相关部门在确定退耕还林的生态补偿金标准方面提供一定的参考依据。

## 1 研究区概况

陕西省宝鸡市位于渭河平原腹地,地处关中平

原西部,关中—天水经济区副中心城市,下辖3区9县,总面积1.82万km<sup>2</sup>。其中耕地总面积37.8万hm<sup>2</sup>,有效灌溉面积18.6万hm<sup>2</sup>,占总耕地面积的53%。种植业面积较大,占66.4%,林业占4.4%,该区具有独特的地理和气候条件,为各类生物生存提供了良好的生态环境,既是西安的生态屏障,又是冯家山水库、宝鸡峡水库水源的重要汇集地。截至2014年,宝鸡地区累计完成退耕还林工程16.2万hm<sup>2</sup>,其中退耕地还林5.2万hm<sup>2</sup>(其中生态林4.53万hm<sup>2</sup>,经济林6700hm<sup>2</sup>),种草994hm<sup>2</sup>,合计5.4万hm<sup>2</sup>,配套荒山造林9.1万hm<sup>2</sup>,封山育林1.8万hm<sup>2</sup>。

## 2 数据来源与计算过程

### 2.1 数据来源

遥感数据来源:从宝鸡地区林业局得到的 ArcGIS 图件,运用 ERDAS9.2 软件对遥感影像进行校正和裁剪,提取行政边界图层,再对影像数据解释,进行植被分类。依据耕地、林地、草地、建设用地、水域及未利用土地6种类型对研究区的植被进行划分,计算林地的 NDVI 值(图1a)。NDVI 指标可以反映生态工程的重要绩效,既能更精确地反映各地植被覆盖情况,还易于从遥感图层提取。本文中的 NDVI(标准化植被指数)用来检测植被覆盖度和植被生长状态,并消除一定的辐射误差,具体提取过程见参考文献<sup>[3]</sup>。利用 ArcGIS 图件提取出居民点、行政区划图边界以及土地利用分类图层(图1b),裁剪遥感影像,并进一步处理,最终得到退耕还林图层以计算退耕还林地到居民点的距离(图1c)。

统计数据来源:大风出现天数和海拔高度等数据来源于宝鸡地区气象局及其他参考资料;乡村户数和人口等来源于《宝鸡地区统计年鉴(2015年)》;退耕土地面积、农业人口总量、农民人均纯收入等主要来源于宝鸡地区林业局提供的数据,用于对宝鸡地区生态补偿体系标准值的计算。

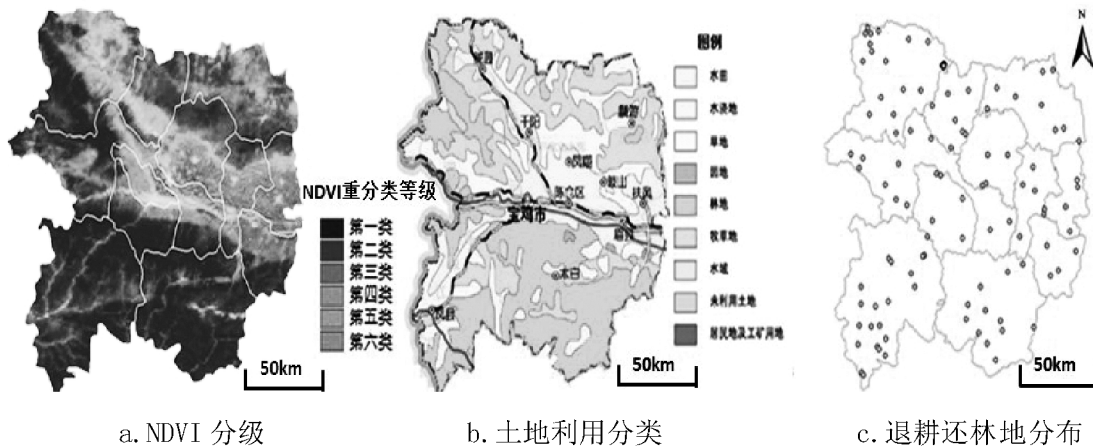


图 1 宝鸡地区土地利用分类及退耕还林分布

Fig. 1 Classification of land utilization and distribution of grain for green in Baoji

调查资料来源:研究过程中,于 2016 年春季采用随机抽样法在宝鸡地区 12 个县区进行调查。共发放问卷 700 份,获取有效问卷 643 份,用于获取退耕还林机会成本数据资料。

## 2.2 退耕还林补偿体系

### 2.2.1 建立退耕还林补偿体系

以区域经济学和生态经济学等理论为基础,根据研究区域的自然环境条件、经济发展条件和社会发展状况 3 方面综合考虑,以生态贡献优先及兼顾社会公平为切入点,确定宝鸡地区退耕还林生态补偿体系<sup>[11-16]</sup>。

1) 自然因素:由于森林等生态效益和退耕还林补偿关系密切,自然资源状况较好的地区应优先考虑退耕还林生态补偿。一般来说自然资源状况越好的地区,对生态的贡献程度就越大。本研究所指的自然资源主要是能对于当地的生态系统产生正效应的资源。对于自然因素,选取生态功能重要性、林地的 NDVI 值、海拔、大风出现天数、各县退耕还林地至居民点的距离等指标。生态功能重要性这个指标目前被国内一些专家<sup>[17]</sup>应用在计算生态补偿的研究方面,所以本文也选用这个指标来反映自然资源对于生态环境的影响。在宝鸡地区不同县区的生态功能也有区别,有一些县区是重要的水源地,故对于水源地的保护尤为重要。根据各水源地及河流的生态功能,将其划分为生态功能重要和非重要区两大类。对于各区县来说,生态功能越重要则在生态保护中做出的贡献越多,其退耕还林补偿数目就应该越高。所以,水源地及河流的生态服务功能和退耕还林生态补偿金成正相关关系。一般大风出现频率越高,多沙的气候下植被的生长就越困难。根据

1961—2000 年气象灾害资料,以天为统计单位,得出宝鸡各县区大风频率<sup>[18]</sup>。若植被质量相同,大风天数越多,说明该区域生态贡献越高,所以该指标和生态补偿金成正相关。高海拔地区空气稀薄,植被生长困难,所以当植被质量相同时,海拔越高则生态贡献越大,这个指标与生态补偿金呈正相关。

2) 经济与科技因素:退耕还林的目的是为了保护环境,在一定情况下会影响当地的经济。故不同区域农民经济损失应当考虑。退耕还林损失机会成本是指因保护环境而丧失的其他发展机会<sup>[19]</sup>。有专家认为,应该对因环境保护而丧失发展机会的区域内的居民进行资金、技术、实物上的补偿和政策上的优惠<sup>[20]</sup>。因此,本研究计算机会成本方法为当地农民退耕前和退耕后的净收益之差。一般情况下,退耕后农民损失越大其经济成本就会越高,造成的经济损失就越大,说明农民为保护环境做出的贡献就越大,所以农民退耕的机会成本和得到的生态补偿金呈正相关。科技水平这一因素也应当考虑,因为它对区域环境质量有很大影响;一个地区的科技贡献度可以靠教育经费和科研人员比例来反映。从贡献程度上来说,区域教育经费投入越多,应得到的生态补偿金就应该越多,故该指标和生态补偿金呈正相关。区域科研人员比例越高,环保意识越强,生态效益越好,获得补偿金应该越多,所以与生态补偿金呈正相关。本文的科研人员比例为大专以上学历人口数量占总人口的比例。

3) 社会因素:根据相关文献可知,农业人口总量是影响生态补偿的主要因素<sup>[21]</sup>。一般情况下,某个地区农业人口数量越多,表明该地区经济越落后。基于社会公平,生态补偿金应向贫困地区倾斜,这个

指标与生态补偿金呈正相关。农民人均纯收入在很大程度上影响生态补偿<sup>[21]</sup>,农民人均纯收入越低,说明农民越贫困,获得的生态补偿金应该越多,所以这个指标和生态补偿金呈负相关。由于非农业人口比例的大小是衡量区域城市化水平高低的重要指标。基于公平,高补偿金应该向城市化水平低的地区倾斜,因此城市化水平越低,获得的生态补偿金应越高,所以非农业人口比例与补偿金呈负相关。贫困人口比例是指各县贫困人口占全县人口的比例<sup>[22]</sup>,它可以反映一个地区的贫困程度,因此也可以成为生态补偿标准的影响因素之一。2012 年宝鸡地区太白县、麟游县、陇县被国家评为国家级贫困县,因此生态补偿金应该倾斜于贫困人口比例高的

地区,该指标和补偿金呈正相关。

除以上指标外,在自然因素中还可以考虑土地复种指数、森林资源量、水土流失面积占区域面积比重等指标,在经济科技因素中可以考虑科技人员数量、碳排放总量、环保治理总投入等指标,在社会因素中可以考虑 GDP 环比增长率、区域开发指数、资源配置率等指标。但本文是以县域为尺度进行研究的,考虑到数据的可得性,就没有选择这些指标,但如果研究的尺度较大,就可以考虑这些指标。

应用 SPSS22.0 进行主成分分析,以确定各指标对补偿体系的相关性,并依据各成分相关系数大小进行取舍,构建生态补偿体系,同时用层次分析法确定各指标权重(表 1)。

表 1 宝鸡地区退耕还林生态补偿体系及权重

Tab.1 System and weight of grain for green eco-compensation in Baoji

目标层	准则层	准则层权重	指标层	指标层权重	指标选择依据的相关文献	预期作用方向
不同地区退耕还林生态补偿评价	自然因素 B1	0.53	生态功能重要性 C1	0.19	[7]	+
			NDVI C2	0.47	[20-22]	+
			海拔 C3	0.07	[19,21]	+
			大风出现天数 C4	0.07	[19]	+
			退耕还林地至居民点的距离 C5	0.19	[13]	-
	经济与科技因素 B2	0.14	损失机会成本 C6	0.53	[2,15,21]	+
			教育经费 C7	0.33	[2]	+
			科研人员比例 C8	0.14	[2,16]	+
	社会因素 B3	0.33	农业人口总量 C9	0.07	[21]	+
			农民人均纯收入 C10	0.47	[19,21]	-
			非农人口比例 C11	0.07	[22]	-
			贫困人口比例 C12	0.19	[22]	+

注:“+”表示该变量与退耕还林生态补偿金正相关;“-”表示该变量与退耕还林生态补偿金负相关。

### 2.2.2 主要指标的计算与解释

退耕还林损失机会成本指因保护环境而丧失的其他发展机会。本研究机会成本的计算主要为保护林地生态系统,放弃农业种植而获得的收入,即退耕前后净收益之差。

运用 AHP 层次分析法结合德尔菲专家咨询法确定指标权重。首先,结合宝鸡当地实际,由不同地区退耕还林生态补偿评价建立一个目标层。由自然因素、经济因素、社会因素建立 3 个准则层。结合所建立的退耕还林补偿体系,由生态功能重要性(C1)、NDVI(C2)、海拔(C3)、大风出现天数(C4)、退耕还林点至居民点的距离(C5)、损失机会成本

(C6)、教育经费(C7)、科研人员比例(C8)、农业人口总量(C9)、农民人均纯收入(C10)、非农人口比例(C11)、贫困人口比例(C12)组成 12 项指标。建立判断矩阵(表 2),层次单排序和其一致性检验,得出指标层各指标对目标层的大小,进行层次总排序,最终运用 Yaahp7.5 计算各指标权重,过程见参考文献<sup>[22]</sup>。

生态补偿体系综合考虑了自然因素(环境状况与资源)、经济因素(经济发展、科技水平与环境治理)、社会因素(社会公平)等相关因素。由表 1 可以看出,自然因素的权重最大,所以生态补偿应倾向生态环境优良、生态功能重要的地区。其次是社会

表 2 指标判断矩阵

Tab. 2 Matrix of index judgment

项目	$C_1$	$C_2$	...	$C_m$
$C_1$	$c_{11}$	$c_{12}$	...	$c_{1m}$
$C_2$	$c_{21}$	$c_{22}$	...	$c_{2m}$
...	...	...	...	...
$C_n$	$c_{n1}$	$c_{n2}$	...	$c_{nm}$

注： $c_{ij}$  表示对于准则层而言， $c_i$  对  $c_j$  是否相对重要的判断值。 $c_{ij}$  一般分 1、3、5、7、9 等 5 级，分别表示  $c_i$  比  $c_j$  同等重要、稍重要、明显重要、强烈重要、极端重要。1、1/3、1/5、1/7、1/9 分别表示  $c_j$  比  $c_i$  同等重要、稍重要、明显重要、强烈重要、极端重要。

因素，贫困人口比例、农民人均纯收入对生态补偿影响也较显著。计算的经济科技因素权重值显示较小。由计算的权重值大小可反映出各因素影响生态补偿分配的差异大小，是较为合理的补偿分配权重。

2.2.3 指标标准化处理

采用极差标准化法，对各指标原始数据进行标准化处理(表 3)，其中正相关指标算法为：

$$\alpha_i^* = \frac{\alpha_i - \alpha_i \min}{\alpha_i \max - \alpha_i \min} \quad (1)$$

负相关指标算法为：

$$\alpha_i^* = \frac{\alpha_i \max - \alpha_i}{\alpha_i \max - \alpha_i \min} \quad (2)$$

式中， $\alpha_i$  为第  $i$  个区县某个指标的原始数值； $\alpha_i \min$  和  $\alpha_i \max$  分别为这个指标的最小和最大值。

2.2.4 生态补偿综合值计算

根据各区县不同指标的权重、标准化数值，采用式(3)算出每个区县退耕还林的补偿综合值：

$$Y_j = \sum_{i=1}^n w_i a_i^* \quad (3)$$

式中， $Y_j(j=1, 2, \dots, 12)$  表示第  $i$  个县区的生态补偿综合值； $w$  是各指标的权重； $a_i^*(i=1, 2, \dots, 10)$  为不同指标的标准化值。

2.3 退耕还林各区县生态补偿系数的计算

将公式(3)计算的各区县退耕生态补偿综合值归一化处理，得到各区县生态补偿综合值和总生态补偿值之比，为该地区生态补偿系数。

$$P_j = \frac{Y_j}{\sum_{j=1}^m Y_j}, \text{ 且 } \sum_{j=1}^m P_j = 1 \quad (4)$$

式中， $P_j$  为第  $j$  个区县的生态补偿系数； $Y_j$  为第  $j$  个地区的生态补偿综合值； $m$  为区县的数量。

2.4 各县区的生态补偿金计算

根据宝鸡《退耕还林条例》的规定，采用公式(4)计算的生态补偿系数来确定宝鸡各地区的生态补偿金：

$$Q_j = P_j m Q_0 \quad (5)$$

表 3 宝鸡地区生态补偿体系各指标标准化值

Tab. 3 Standardized value of each index of eco-compensation system in Baoji

单位	B1					B2			B3			
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12
太白县	1	1	0.33	1	1	1	0.114	0.031	0	0.31	0.873	0.385
凤县	1	1	0.031	0	0.723	0	0.343	0.762	0.08	0.389	0	0.128
陈仓区	1	0.467	0.021	0.055	0	0.333	0.771	0	1	0.101	0.865	0.128
千阳县	1	0.4	0.402	0.31	0.311	0.5	0.8	0.144	0.123	1	0.816	0.872
陇县	0	0.378	0.062	0.103	0.621	0.5	0.486	0.246	0.411	0.459	0.969	1
凤翔县	0	0.333	0.639	0.207	0.317	0.583	0	0.835	0.846	0.375	0.924	0.128
麟游县	0	0.644	0.041	0.241	0.399	0.833	0.171	0.091	0.069	0.6	0.845	0.436
扶风县	0	0	0	0.103	0.239	0.583	0.114	0.66	0.765	0.448	0.991	0.179
眉县	0	0.6	0.34	0.11	0.909	0.333	0.314	0.535	0.53	0.841	1	0.154
岐山县	0	0.422	0.093	0.234	0.434	0.5	0.057	0.698	0.659	0	0.754	0.205
金台区	0	0.4	0.794	0.055	0	0	0.943	0.945	0.065	0.172	0.062	0.026
渭滨区	0	0.356	1	0.055	0	0	1	1	0.054	0.225	0.021	0

注：B1 为自然因素；B2 为经济、科技因素；B3 为社会因素；C1 为生态功能重要性；C2 为 NDVI 指数；C3 为海拔；C4 为退耕地到居民点的距离；C5 为大风出现天数；C6 为损失机会成本；C7 为教育经费；C8 为科研人员比例；C9 为农业人口总量；C10 为农民人均纯收入；C11 为非农人口比例；C12 为贫困人口比例。

式中,  $Q_j$  为计算出的新退耕还林的生态补偿金, 单位是元;  $Q_0$  为宝鸡市《退耕还林条例》中第  $j$  个县应得的补偿金, 单位是元。由于  $P_j$  是由各地区的生态补偿综合值除以  $m$  个区县的退耕还林补偿综合值求和, 故生态补偿系数  $Q_j$  需要乘以区县数量  $m$ 。

### 3 结果与分析

#### 3.1 各县区退耕还林生态补偿综合值

采用公式(3), 依据各指标权重和标准化值, 计算出宝鸡地区各区县退耕还林生态补偿的综合值, 采用公式(4)计算各县区生态补偿系数(表 4)。

表 4 宝鸡地区各区县退耕还林生态补偿系数

Tab. 4 Eco-compensation coefficient of all counties in Baoji

区县	补偿系数	区县	补偿系数
太白县	0.112	麟游县	0.093
凤县	0.082	扶风县	0.059
陈仓区	0.075	眉县	0.093
千阳县	0.125	岐山县	0.056
陇县	0.086	金台区	0.063
凤翔县	0.076	渭滨区	0.067

由表 4 可知, 千阳县生态补偿系数最大, 为 0.125, 即综合值最高。该县海拔为 710~1 545.5 m, 境内分为泾渭两大水系, 以千山分水岭为天然分界, 岭南的径流汇入千河, 岭北径流汇入高崖河。其境内的千湖湿地生态功能也极其重要。该县收入中农业占很大比重, 农民人均纯收入低, 故应获得补偿金最高。岐山县具有地理位置和经济水平高的优势, 故获得补偿金最低。表 4 也反映出宝鸡地区各区县退耕还林生态补偿系数差异明显, 这反映了不同县区的综合条件不同, 因空间差异而设定不同生态补偿金的目的<sup>[3]</sup>。

利用 ArcGIS10.0 软件对单位面积退耕还林生态补偿系数进行层次聚类分析。参考国内外相关资料, 利用 ArcGIS10.0 软件里的自然断点法将各区县分为 4 个等级, 即 4 个补偿区(图 2)。

从图 2 可知, 补偿系数最高的县为千阳县和太白县, 原因有农民人均纯收入低、湿地河流生态功能重要等。而补偿系数最低的为金台区、渭滨区、岐山县和凤县, 其表现为非农人口比例较高, 经济较其他县区发达, 农民人均纯收入较高等特点。

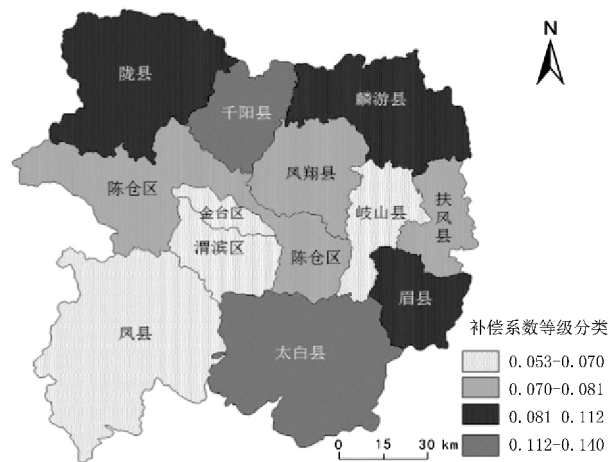


图 2 宝鸡地区各区县生态补偿系数等级分类

Fig. 2 Classification of eco-compensation coefficient of all counties in Baoji

#### 3.2 各县区退耕还林生态补偿金的计算

依据《退耕还林条例》, 新一轮退耕还林补偿标准为黄河流域每年 1 350 元/hm<sup>2</sup>, 长江流域每年 1 875 元/hm<sup>2</sup>, 宝鸡地区除了凤县和太白县外均为黄河流域, 为了便于计算和比较, 本文采用 1350 元/hm<sup>2</sup> 为基数进行计算, 结合表 4 采用公式(5)计算得出每个县区的退耕还林补偿金(图 3)。

从图 3 可以看出, 千阳县的生态补偿金最高, 达 2 028 元/hm<sup>2</sup>, 与原来相比应增加 678 元/hm<sup>2</sup>; 岐山县的补偿金最低, 为 908 元/hm<sup>2</sup>, 与原来相比应减少 442 元/hm<sup>2</sup>, 区县间最高补偿金额是最低金额的 2.23 倍。而凤翔县、陇县、凤县的补偿标准变化不大, 处于居中的水平。太白县较原补偿金相比增加了 639 元/hm<sup>2</sup>, 而凤县减少较少, 为 17 元/hm<sup>2</sup>。可见, 原来的依据长江和黄河两大流域制定的补偿标准和实际情况不太相符, 应该依据各县区的具体情况来制定标准。

### 4 结论与讨论

#### 4.1 结论

1) 相对于目前采用的依据长江和黄河两大流域制定的生态补偿标准, 本研究充分整合了层次分析法、GIS 和 RS 技术的空间分析方法, 展现出层次分析法在多要素综合评价方面的优势; 在 GIS 方面, 将数字和图形相结合, 可充分发挥出其在数据处理、管理分析功能方面的优点, 并能客观地反映出宝鸡地区的具体状况。此方法可为退耕还林生态补偿

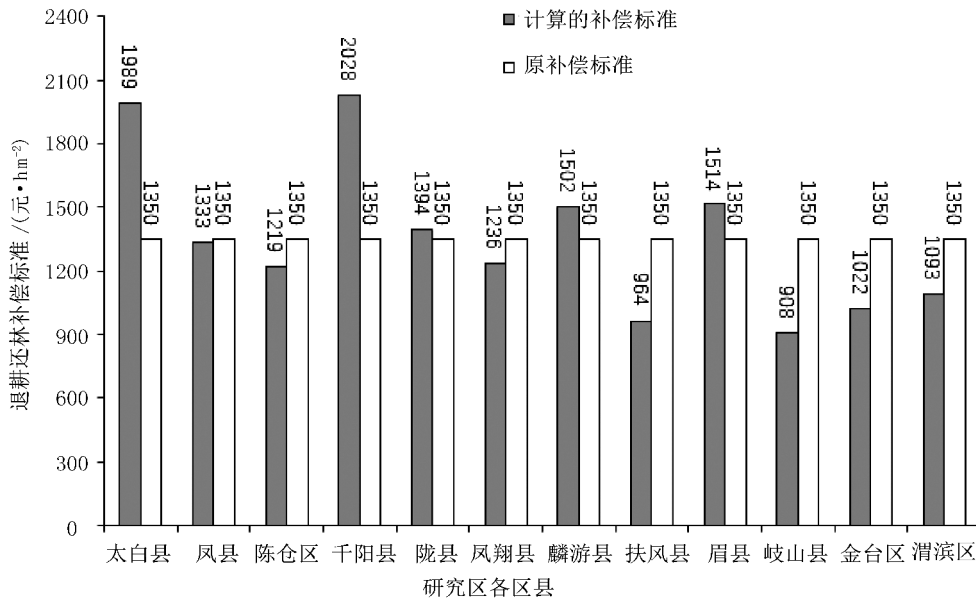


图 3 各区县补偿标准与原补偿标准的比较

Fig. 3 Comparison between the present compensation standard and the previous one of all counties in Baoji

标准的制定提供新的借鉴。

2) 在构建补偿体系、计算补偿金的过程中, 考虑了因地域要素禀赋的差异而导致的区域生态及经济效率的差别, 故计算的生态补偿标准较为合理。从空间分布上看, 退耕还林生态补偿系数最高的为位于渭北旱塬的千阳县, 补偿系数最低为位于关中平原的岐山县。这样的分配基本符合实际情况, 也符合公平的原则。

3) 计算结果与原来的统一补偿标准差异较大, 补偿金最高的增加了 678 元/hm<sup>2</sup>, 最低的减少了 442 元/hm<sup>2</sup>, 县区间最高补偿金是最低补偿金的 2.23 倍。达到了为解决补偿标准“一刀切”的问题提供借鉴的目的。

#### 4.2 讨论

1) 张伟<sup>[23]</sup>等通过研究得出, 由于地理要素禀赋的差异而引起的各地社会经济发展的比较优势程度不同。利用该指标可以更科学地确定区域间社会生态补偿的空间分配标准, 有效地避免以往生态补偿政策制定中的“一刀切”现象。因此, 本研究在退耕还林生态补偿金计算中加入了农民人均纯收入这一因素, 目的是更多地考虑效率与公平原则。因为退耕还林人均耕地面积或机会成本相同时, 在自然要素禀赋匮乏的地区, 由于经济落后, 农民人均纯收入越低, 机会成本占人均纯收入比重越大, 表明在资源匮乏的地区要获得和资源丰富的区域同样的结果付出的成本就越大。

2) 以往文献多数注重影响补偿的正面效应的指标。本研究不仅考虑到影响退耕还林补偿的正面影响因素, 也考虑了非农人口比例、人均农民纯收入和退耕还林地至居民点的距离等负面效应因素, 因此研究结果更切合实际。

3) 本文应用的方法理论有一定的科学性, 理论上比较合理, 但还需要具体实践的检验。采用生态补偿计算模型来计算生态补偿金, 计算的指标数据容易获得, 方法简便实用, 是较为科学的生态补偿标准计算模型, 对区域间的资源合理分配和生态环境保护均有一定的科学指导作用, 但是该模型还需要在实践中进一步完善。

4) 本文利用的研究方法是对生态补偿金确定标准的相对研究。由于某些地区退耕还林的面积很少, 且经济发展水平较高, 人们对补偿金的依赖性不高, 退耕还林生态补偿金的减少对农户不会造成太大影响。

5) 对于贫困农户, 在补偿机制下还应实施另外一些扶贫政策以弥补退耕还林补偿金的不足, 使农户在得到合理补偿的同时不再主动破坏林地, 才能巩固退耕还林所取得的成果, 让退耕区的生态环境逐步好转, 实现退耕还林的目的。

#### 参考文献:

[1] 王静爱, 徐伟, 史培军, 等. 2000 年中国风沙灾害的时空格局与危险性评价[J]. 自然灾害学报, 2001, 10



- (4):1-7.
- [2] 李文华. 专家视点:林业建设与生态补偿[EB/OL]. <http://www.people.com.cn/GB/huanbao/35525/2957193.html>, 2004-11-01.
- [3] 郭慧敏,王武魁,冯仲科. 基于GIS与RS的退耕还林生态补偿金的确定[J]. 农业工程学报, 2015, 31(15): 264-271.
- [4] COSTANZA R, D'ARCE R, GROOT D, et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital[J]. Nature, 1997, 387(5): 253-260.
- [5] MORAN D, MCVITTIE A, ALLCROFT D J, et al. Quantifying public preferences for agri-environmental policy in Scotland: A comparison of methods[J]. Ecological Economics, 2007, 63(1): 42-53.
- [6] WUENSCHER T, ENGEL S, WUNDER S. Spatial targeting of payments for environmental services: A tool for boosting conservation benefits[J]. Ecological Economics, 2008, 65(4): 822-833.
- [7] FERRARO P J. Targeting conservation investments in heterogeneous landscapes: A distance function approach and application to watershed management[J]. American Journal of Agricultural Economics, 2004, 86(4): 905-918.
- [8] 戴其文. 生态补偿对象的空间选择研究——以甘南藏族自治州草地生态系统的水源涵养服务为例[J]. 自然资源学报, 2010, 25(3): 415-425.
- [9] 高瑞. 基于GIS的生态补偿空间均衡性分析[D]. 武汉:华中师范大学, 2007.
- [10] 金艳. 多时空尺度的生态补偿量化研究[D]. 杭州:浙江大学, 2009.
- [11] 郭慧敏,王武魁. 基于机会成本的退耕还林补偿资金的空间分配——以张家口市为例[J]. 中国水土保持学报, 2015, 13(4): 6-15.
- [12] 张颖. 北京市生态足迹变化和可持续发展的影响研究[J]. 中国地质大学学报(社会科学版), 2006, 6(4): 47-55.
- [13] 史宇,余新晓,毕华兴. 水土保持生态补偿机制建立的理论基础分析[J]. 水土保持研究, 2009, 16(1): 156-161.
- [14] 孙新章,谢高地,甄霖. 泾河流域退耕还林(草)综合效益与生态补偿趋向:以宁夏回族自治区固原市原州区为例[J]. 资源科学, 2007, 29(2): 194-200.
- [15] 郭伟伟,王秀兰,冯仲科,等. 基于NDVI的植被覆盖度变化的研究与分析——以河北省张家口市为例[J]. 测绘与空间地理信息, 2012, 35(7): 63-66.
- [16] 肖淳,邵东国,杨丰顺,等. 基于友好度函数的流域初始水权分配模型[J]. 农业工程学报, 2012, 28(12): 80-85.
- [17] 薛佳,徐明德,阎正坤. 流域水污染物总量分配模型研究[J]. 环境工程, 2014, 32(3): 126-130, 134.
- [18] 何芳,程方平,夏宏. 重庆地区煤炭资源开发生态补偿指标体系及补偿标准研究[J]. 中国人口资源与环境, 2014, 24(3): 335-339.
- [19] 胡洁,徐中民. 基于多层次多目标模糊优选法的流域初始水权分配——以张掖市甘临高地区为例[J]. 冰川冻土, 2013, 35(3): 776-782.
- [20] 邓欧,尹忠东,冯仲科,等. 四川省长江上游水土保持工程生态经济综合评价[J]. 农业工程学报, 2010, 26(5): 8-95, 394.
- [21] 李百岁,宝音,哈斯巴根. 内蒙古高原生态环境质量评价指标体系及其应用研究[J]. 内蒙古师范大学学报(自然科学版), 2006, 35(3): 349-354.
- [22] 孙贤斌,黄润. 基于GIS的生态补偿分配模型及其应用研究——以安徽省会经济圈六安市为例[J]. 水土保持通报, 2013, 33(4): 195-199, 205.
- [23] 张伟,张宏业,张义丰. 基于“地理要素禀赋当量”的社会生态补偿标准测算[J]. 地理学报, 2010, 65(10): 1253-1265.

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2018.03.019

# 广东省沙化土地分布及其治理对策探究

乐 平

(广东省岭南综合勘察设计院,广东 广州 510000)

**摘要:**阐述广东省沙化土地分布特点。从治理的技术可治性以及治理经验、建设基础、经济条件、社会认识程度、自然条件等治理条件对沙化土地的可治性进行分析。藉此,分流动沙地、半固定沙地、固定沙地、沙化耕地等不同沙化土地类型提出相应的治理措施,并建立沙化土地监测体系进行治理效果、效益等的监测。

**关键词:**沙化土地;分布特点;治理条件;治理对策;监测体系;广东省

中图分类号:S717.193;P931.5 文献标识码:A 文章编号:1671-3168(2018)03-0100-03

## Distribution of Desertified Lands in Guangdong Province and the Control Countermeasures

YUE Ping

(Forestry Inventory and Planning Institute of Guangdong Province, Guangzhou 510000, China)

**Abstract:** The distribution characteristics of desertified land in Guangdong Province were illustrated. This paper analyzed the governance of desertified land from the technical experience, construction foundation, economic conditions, social awareness and natural conditions. This paper put forward the corresponding control measures for the mobile sandy lands, semi-fixed sandy lands, fixed sandy lands and desertified farmlands and suggested to establish the monitoring system to monitor the governance effect and benefit.

**Key words:** desertified land; distribution characteristic; governance conditions; governance measures; monitoring system; Guangdong Province

沙化土地是指各种气候条件下,由于气候变化以及人为活动等因素形成的地表呈现以沙物质为主要标志的退化土地。土地沙化具有严重的危害,对国土生态安全、粮食生产、国防安全和经济社会可持续发展均有不同程度的威胁<sup>[1]</sup>。广东省位于北纬 20°09'~25°31'和东经 109°45'~117°20',地处中国大陆最南部,拥有全国最长的大陆海岸线,沿海地区常年遭受台风袭击,沿海岸土地由于经受海浪、台风

的侵袭,形成海岸沙化土地。推进沙化土地治理,改善沿海沙化土地生态状况,对于建设美丽广东、构建绿色生态安全屏障、建设社会主义新农村、构建和谐社会具有重要的现实意义。

### 1 沙化土地分布特点

#### 1.1 沿海岸线分布

广东省沙化土地主要是受海浪、台风影响形成

收稿日期:2018-01-08.

作者简介:乐平(1981-),女,湖南岳阳人,助理工程师。主要从事林业调查规划设计工作。Email:lepings@126.com

的,因此沙化土地沿粤东、西两翼的海岸线分布,分布宽度不等,并且处于沿海海岸的最前沿。通过多年的建设,沿海沙化土地已经成为沿海基干林带的重要载体,生态区位十分重要。

### 1.2 分布相对集中

根据 2014—2015 年广东省沙化土地监测结果<sup>[2]</sup>,广东省有沙化土地 53 819.61 hm<sup>2</sup>,沿海岸线分布在东西两翼的 31 个县(市、区、场)。粤东沿海沙化土地分布区有 15 个县(市、区、场),沙化土地

面积为 21 488.74 hm<sup>2</sup>,占全省沙化土地面积的 40.0%,其中重点分布在汕尾市,面积为 11 359.38 hm<sup>2</sup>,占粤东片区沙化土地的 52.9%;粤西沿海沙化土地分布区有 16 个县(市、区、场),沙化土地面积为 32 330.87 hm<sup>2</sup>,占全省沙化土地面积的 60.0%,其中重点分布在湛江市,面积为 24 112.76 hm<sup>2</sup>,占粤西片区沙化土地的 74.6%。湛江市和汕尾市沙化土地面积分别占全省沙化土地面积的 44.8%和 21.1%,沙化土地的分布比较集中(图 1)。

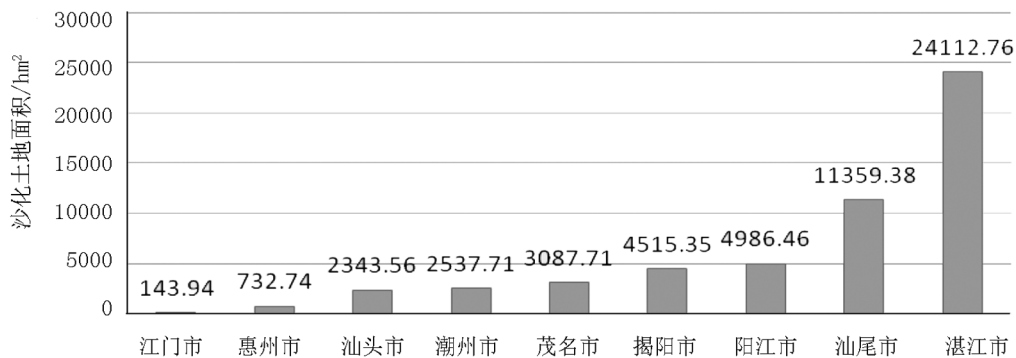


图 1 广东省沙化土地面积分布

Fig. 1 Area distribution of desertified lands in Guangdong Province

## 2 沙化土地可治性分析

### 2.1 技术可治性分析

从技术层面上来说,广东省现有沙化土地均为可治理沙地,其中宜林草地和宜林沙滩地可以通过人工造林措施进行治理;疏残林沙地可以通过补植套种措施进行治理;受灾低效林沙地可以通过更新改造措施进行治理;其余植被状况较好的固定沙地不需要采取生物、工程等措施进行治理,只需要采取适当的措施加以保护。

沙化耕地中,对于面临退化危险的沙化耕地,通过改良土壤、改善田间生产条件和排灌条件等整治措施,实现沙化耕地的可持续利用;无沙化退化情况的沙化耕地以保护为主。

### 2.2 治理条件分析

#### 2.2.1 经济条件良好

2016 年广东人均 GDP 达 72 787 元,按平均汇率折算为 10 958 美元。经济的发展为生态环境治理奠定了雄厚的物质基础,为沙化土地治理提供了经济可行性。

#### 2.2.2 治理经验丰富

一直以来,广东省积极探索、勇于实践,在沙化

土地防治方面积累了丰富的经验;各级政府和大专院校、科研院所所在沙滩造林、沿海防护林营建等方面做了大量的研究工作,科学研究和技术推广工作不断深化。长期的防沙治沙实践为沙化土地治理提供了有力的技术支撑。

#### 2.2.3 建设基础良好

通过多年的建设,沙化土地治理取得了卓越成绩,沿海沙化土地面积显著减少、沙化程度不断减轻,植被覆盖率稳步增加。据统计,全省宜林海岸线上已营建防护林带 2 797 km,绿化率达 92.2%,其中大陆宜林海岸线的绿化率达 94.6%。

#### 2.2.4 认识不断提高

随着社会经济的发展,各级政府对沙化土地防治工作重要性的认识不断提高和深化,沙化土地上的防护林带在防御台风方面的作用也越来越为人们所重视,沿海居民自觉保护和恢复沙化土地植被的意识不断增强,对于工程的实施具有十分重要作用。

#### 2.2.5 水热条件丰富

广东省地处南亚热带地区,自然条件良好,年均温高,降水充沛,水资源丰富,植物生长期长,这些都为沙化土地治理提供了良好的自然基础。

### 3 治理对策

广东省属于南方湿润沙化土地类型区,沿海沙化土地治理亚区。沙地分布面积较小,多呈带状、斑块状分布,且均为可治理沙地。治理方向主要是增加植被覆盖、减少流动沙地,目前主要采取的措施是营建防风固沙林草植被。应结合广东省实际,针对不同类型沙化土地采取不同措施进行治理。

#### 3.1 流动沙地

流动沙地是指地表沙物质常处于流动状态的沙地。广东省流动沙地均为海水冲刷到岸线,尚未植被覆盖的沙滩地,容易受到风暴的影响。目前,流动沙地有一些已开发为海滨浴场。由于流动沙地结构尚不稳定,不适合开展植草造林,因此,对流动沙地主要采取保护措施,同时通过营建沿海沙岸防护林阻止风沙的吹袭,使流动沙地尽快转为半固定和固定沙地。

#### 3.2 半固定沙地

半固定沙地是指植被总覆盖度在 10%~30%,且分布比较均匀,风沙流活动受阻,但流沙纹理仍普遍存在的沙地。按植被类型划分,主要包括草地、疏林地和一些低效林分。主要治理措施是通过人工措施增加植被覆盖,促进沙化土地的固定。半固定沙地的治理重点是恢复完善沿海沙岸防护林(防风固沙林),达到减少流动沙扩散和促进流动沙地固定的目的,通过对草地人工造林、对疏林地补植套种、对低效林分更新改造等措施,恢复和提升沙化土地的植被覆盖质量,达到治理沙化土地的效果。

#### 3.3 固定沙地

固定沙地是指现有沙化土地中植被状况较好,在一般情况下不会发生逆转退化的沙化土地。对于这些经过治理并取得了明显效果的沙化土地,主要通过保护植被的措施巩固沙化土地治理成果。

#### 3.4 沙化耕地

针对沙化耕地,主要是要解决沙化耕地的灌溉、田间道路的基本生产条件,通过改良提升耕地地力,

实施沙化耕地整治,改善生产条件,预防沙化耕地退化,遏制沙化土地扩展。

沙化耕地的治理需要因地制宜采取工程措施,通过实施农田规格化工程、排灌系统工程、田间道路工程、耕地地力改良工程建设,逐步建成“田平整、渠相通、路成网、旱能灌、涝能排”的高产稳产农田,实现农业生产条件和生态环境的明显改善,切实防止沙化耕地退化。对于部分不存在退化危险的耕地,要保持良好的耕作工艺,确保沙化耕地不退化。

#### 3.5 建设沙化监测体系

沙化土地监测是掌握一个国家和地区沙化土地分布、发展趋势和治理效果的重要手段。结合国家沙化监测,建立集宏观监测、定位监测和工程质量监测为一体的广东省沙化监测体系。宏观监测侧重于沙化土地分布状况调查,定位监测侧重于沙化土地生态环境状况调查,工程监测则侧重于治理措施的效果,科学分析和评价防沙治沙综合效果,为国家和地方各级政府决策提供科学依据。

### 4 结语

广东省沙化土地分布在沿海区域,是沿海防护林带的重要载体。通过对沙化土地进行综合治理,全面遏止广东省沿海地区沙化趋势,恢复和重建沿海基干林带,减少沙化土地面积,减轻沙化程度,提高沙化区域植被覆盖度,建立山、田、水、路复合型的生态经济区,建设完善的防护林体系,是有效促进经济发展,达到生态、经济和社会和谐的重要途径,是生态文明建设的重要举措。

#### 参考文献:

- [1] 屠志方,李梦先,孙涛. 第五次全国荒漠化和沙化监测结果及分析[J]. 林业资源管理,2016(1):1-5.
- [2] 姚立严. 广东省第五次沙化监测成果分析[J]. 南方林业科学,2016,44(4):43-47.
- [3] 广东省林业调查规划院. 广东省第五次沙化监测成果报告[R]. 2015.

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2018.03.020

## 杞麓湖国家湿地公园保护与恢复工程建设研究

曾昭朝 马山俊 张绍辉 王钰 周小平 宋劲忻 华朝朗

(云南省林业调查规划院,云南 昆明 650051)

**摘要:**为有效保护高原湖泊和湖泊生态系统,维系区域生态安全,保护生物多样性及栖息地,在杞麓湖国家湿地公园实施保护与恢复工程。文中阐述栖息地恢复、植被恢复和生态驳岸修复和水质恢复的工程设计和具体措施,保证湖水与湖滨带水体的连通性,增加水禽和鱼类栖息地类型,增加湿地物种组成和生物多样性,削减污染物入湖量,减少湖泊内源污染,改善湖泊水环境,逐步恢复湖泊生态系统,提升杞麓湖生态服务功能价值。

**关键词:**湿地生态系统;生物多样性;栖息地恢复;植被恢复;生态驳岸修复;水质恢复;杞麓湖国家湿地公园

中图分类号:S759.91;Q178.513;X171.4 文献标识码:A 文章编号:1671-3168(2018)03-0103-04

## Protection and Restoration of Qilu Lake National Wetland Park

ZENG Zhaozhao, MA Shanjun, ZHANG Shaohui, WANG Yu, ZHOU Xiaoping, SONG Jinxin,  
HUA Chaolang

(Yunnan Institute of Forest Inventory and Planning, Kunming 650051, China)

**Abstract:** The conservation and restoration projects in Qilu Lake National Wetland Park were implemented to effectively protect the plateau lakes and the ecosystem, maintain the regional eco-security, protect the biodiversity and the habitat. This paper illustrated the projects design and specific measures of habitat, vegetation and eco-revetment restoration to connect the water and lakeside water body, increase the habitat types of waterfowl and fish, and improve the species composition and biodiversity. The project of water quality restoration was implemented to reduce the pollutants and the pollution source, improve the water environment of lake, gradually restore the ecosystem and promote the ecological service function value.

**Key words:** wetland ecosystem; biodiversity; habitat restoration; vegetation restoration; revetment restoration; water quality restoration; Qilu Lake National Wetland Park

湿地是珍贵的自然资源,也是重要的生态系统,它不仅为人类提供大量食物、原料和水资源,还发挥着维持生态平衡、保持生物多样性、保存珍稀物种资源、涵养水源、蓄洪防旱、降解污染、调节气候、补充地下水、控制土壤侵蚀等不可替代的综合功能,被誉

为“地球之肾”和“鸟类的乐园”。本文以杞麓湖国家湿地公园实施保护与恢复工程为契机,探索杞麓湖湿地生态系统保护与恢复技术方法,为相关工程在湿地公园建设方面提供借鉴。

收稿日期:2017-12-14.

作者简介:曾昭朝(1982-),女,硕士,云南剑河人,工程师。专业方向:环境生态学。

通信作者:马山俊(1983-),女,云南陆良人,硕士,工程师。专业方向:园林规划、设计。

## 1 杞麓湖国家湿地公园概况

杞麓湖国家湿地公园位于云南省玉溪市通海县坝区北部,是云南省九大高原湖泊之一,属于老龄化湖泊,湖盆内分布着通海县 90% 的人口,是通海县社会经济主体,是县城“山-城-林-田-湖”空间格局的重要节点。地理位置为东经 102°43'01"~102°48'53",北纬 24°08'05"~24°12'13"。总面积 3 881.22 hm<sup>2</sup>,其中:湿地面积 3 762.57 hm<sup>2</sup>,湿地率为 96.94%,以永久性淡水湖和草本沼泽为主。湿地类型及面积详见表 1。

表 1 云南通海杞麓湖国家湿地公园湿地类型及面积一览表

Tab. 1 Wetland types and areas in Qilu Lake National Wetland Park of Tonghai

湿地类型	代码	湿地型	面积/hm <sup>2</sup>	占总湿地面积比例/%	占湿地公园面积比例/%
河流湿地	II 1	永久性河流	2 390.06	0.06	
	II 3	洪泛平原湿地	11 950.32	0.31	
湖泊湿地	III 1	永久性淡水湖	3474.192.33	89.51	
沼泽湿地	IV 2	草本沼泽	219.535.83	5.65	
人工湿地	V 3	水产养殖场	54.561.46	1.41	
合计	-	-	3762.500.00	96.94	

## 2 实施保护与恢复工程的必要性

### 2.1 有效保护高原湖泊和生态系统

杞麓湖是云南省九大高原湖泊之一,是通海县的“母亲湖”,拥有典型的“面山-湖滨-湖盆”高原湿地结构特征,在高原湿地中具有典型性和代表性。杞麓湖与周边水系之间的相对隔绝性质,形成了独特的水生态环境,孕育了独特的土著物种,具有较高的科学研究价值,对保护高原湿地生物多样性具有重要意义。

### 2.2 维系区域生态安全

杞麓湖地处珠江源水源涵养区,以伏流的形式渗入南盘江水系,经红水河、黔江、潯江、西江流入珠江。近年来,杞麓湖流域结构性污染较为突出,水质变差,湖泊已呈中度富营养型,若不采取措施及时治理,将导致杞麓湖湿地生态功能的进一步退化,直接影响通海县人民生活质量,威胁珠江水系水生态安全。

### 2.3 保护生物多样性及栖息地

近年来,杞麓湖水体污染、生态环境恶化,加之受到干旱的影响,湖体水位下降,水质长期保持在劣 V 类,乡土湿地植物大量减少,杞麓鲤、杞麓白鱼等土著鱼类基本绝迹,候鸟栖息地质量大幅下降。因此,对杞麓湖实施保护与恢复工程,遏制杞麓湖湿地生态环境恶化的趋势,保护栖息地环境和生物多样性成为当务之急。

## 3 保护与恢复技术思路和恢复目标

### 3.1 技术思路

湿地保护与恢复工程是一项技术复杂的系统工程,在强化保护管理的同时,必须针对导致湿地退化的根本原因,根据生态位和生物多样性原理,采取相应的恢复技术,实施综合性恢复工程,构建生态系统结构和生物群落,达到水文、土壤、生物、植被谐同进步,逐步趋于稳定,恢复其原有的结构、功能与景观。

通过水质恢复项目改善湿地局部水环境,保证重度污染导致湿地植被退化、栖息地环境质量下降的问题;通过驳岸修复工程,保证湖水与湖滨带水体的连通性,实现地表基底稳定,恢复滨岸带湿地景观;通过栖息地和植被恢复措施,增加水禽和鱼类栖息地类型,增加湿地物种组成和生物多样性。

### 3.2 恢复目标

杞麓湖国家湿地公园实施保护与恢复工程目标是:实现湿地基底的稳定性;通过污染控制,改善湿地局部水环境质量;提高湿地植被覆盖率,恢复湿地植物群落,提高湿地生态系统自我维持能力;营造水禽和鱼类的栖息地环境,增加水禽、鱼类的种类和数量,提高生物多样性。

## 4 保护与恢复工程设计

### 4.1 栖息地恢复工程

根据栖息地内不同的环境条件,有针对性选择适应能力强、生长力旺盛,可以降解水体污染,改善湿地景观的本地植物,如红叶腺柳、旱柳、枫杨、刺槐、女贞、芦苇、香蒲、鸢尾、水葱、植菰、金鱼藻、菹草、苦草等。通过乔-灌-草、挺水-浮水-沉水植物相结合,适当铺设砾石等方法,营造浅水草丛、砾石滩、人工渔礁等不同类型的栖息地环境,满足各种鸟类和鱼类栖息、觅食、繁殖和隐蔽需求。

为恢复鱼类多样性,增加水禽食物源,维护湿地生态系统平衡,在实施禁渔管理措施的同时,应适量

投放本土鱼类幼苗,加快鱼类等水生动物资源恢复;还应在植物枯死季节有计划地对水生植物进行人工收割,转移湿地营养物质,减少植物残体对水体的富营养化影响,改善水质。

#### 4.2 植被恢复工程

根据湖滨带、湖体和湖滩地等不同的环境条件,有针对性地选择适应能力强的本地植物,如水松、垂柳、红叶腺柳、香叶树、大理柳、四籽柳、密蒙花、马缨丹、朱槿、杜鹃、鸢尾、野葵、麦冬、沿阶草、芦苇、香蒲、水葱、菰、菖蒲、眼子菜、野菱、苦草、轮藻、黑藻等。采取生物措施和其它工程措施恢复湿地植被,使湿地基底保持稳定,提高湿地生物多样性,逐步恢复湿地植被景观。

将打捞上来的淤泥于湖岸线内侧堆放,用木桩固定,改造成宽2 m、缓冲3 m的阶梯状台地,“变坡为台”放缓入水坡岸,并向浅水区延伸5 m,形成适合不同种类水生植物生长的种植带用于湖滨带植被恢复。营造曲折迂回的水陆交界线,增加湖泊湿地的景观异质性。

湖体植被恢复是在水深小于0.6 m的区域种植挺水植物,在水深1 m左右的区域种植浮水植物和沉水植物。栽植时应根据各种植物的习性,结合地形地势,并参考原有植物的自然分布来选择植物种类。

将湖岸内部分耕地实行退耕还湿,通过地形改造,形成湖湾、岛屿和半岛等不同类型的滩地,栽植湿生植物,植物配置考虑以草本为主,灌木为辅,并点植湿地乔木。

#### 4.3 生态驳岸修复工程

##### 4.3.1 生态驳岸修复工程设计

生态驳岸是指恢复后的自然堤岸或具有自然堤岸“可渗透性”的人工驳岸,它除具有护堤、防洪的基本功能外,还可以充分保证水岸与水体之间的水分交换和调节,对河流、湖泊的水文过程和生物过程具有促进作用,构成一个完整的水陆复合型生物共生的生态系统。

目前,杞麓湖的湖堤大致分为自然岸线和硬质堤坝2种,针对不同类型的现状堤岸,采用自然原型驳岸和人工自然型驳岸2种方式进行修复。

##### 4.3.2 生态驳岸修复

现状为自然岸线,且坡度较缓地段,保持其岸线的自然状态,采取自然原型驳岸的方式进行恢复。技术要点是:选用沼柳、紫柳、四籽柳、怪柳、黄槿、沿阶草、云南莎草、麦冬、芦苇、香蒲、菰、菖蒲、荇菜、浮

叶眼子菜、野菱、黑藻、金鱼藻、菹草、苦草等具有真水特性的植物,采用灌草-挺水植物-浮水植物-沉水植物相结合的种植方式,通过植物生长舒展的发达根系来稳固堤岸,同时还能充分发挥水岸与湖体之间的水分交换、物质循环和能量流动,为野生动植物营造繁衍生息的场所。

现状为硬质堤坝的堤岸,主要建设于村庄和道路附近,对于防洪要求较高,而且腹地较小,主要采取人工自然型驳岸的方式进行恢复。技术要点是:利用木桩和石块护底,将湖底清淤的底泥利用石笼进行分层堆砌,再配合种植植被,以达到固堤护岸和恢复生境、景观的目的。

#### 4.4 水质恢复工程

水质恢复主要考虑从削减入湖污染负荷和减少湖泊内源污染2个方面入手,采取建设人工净化湿地、水生植物人工打捞以及湖泊底泥环保疏浚3种方式对杞麓湖水质进行恢复。

##### 4.4.1 人工净化湿地建设

人工净化湿地主要采用表面流与塘库相结合的工艺,依托入湖河口或湖岸带现有的鱼塘、洼地,通过沟渠将地表径流尤其是初期暴雨径流引入湿地内,通过漂浮植物、沉水植物、挺水植物对来水进行沉淀、植物吸收、吸附、微生物净化等处理,促进水中泥沙及营养盐的沉降,形成“人工净化湿地→湖滨带→湖体”相结合的过滤系统(图1)。

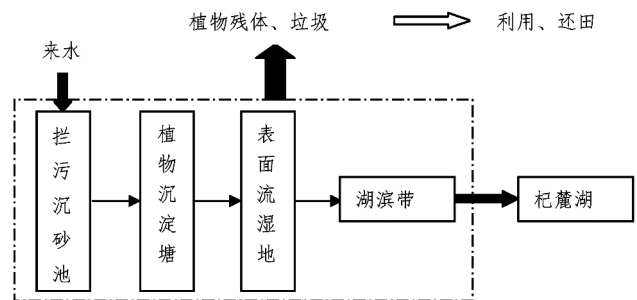


图1 人工净化湿地工艺流程

Fig. 1 Technical process of manual purification for wetland

表面流与塘库相结合的人工净化湿地与自然湿地最为接近,具有投资少、运行成本低、运行管理简单、便捷、技术含量低,可缓冲对水力和污染负荷的冲击,进行有效可靠的废水处理等特点,但表面流人工湿地需要定期对水体中的垃圾、植物残体进行清理,避免人工湿地水流堵塞导致功能减退,也要防止植物残体对水体的二次污染。

### 4.4.2 水生植物打捞

杞麓湖中的富营养物质会导致水生植物疯长,需要人工及时打捞清理,以便减少水体污染源。目前,水生植物的打捞方式主要有人工打捞以及机械打捞船打捞 2 种方式。杞麓湖水生植物覆盖面积约为 820 hm<sup>2</sup>,单纯依靠人工划船打捞,耗时耗力,因而选择采用机械打捞船进行分区分类打捞。打捞方式有以下 2 种:

1)完全清除:将水葫芦等外来物种完全清除。

2)划定保留区,保留区内植物部分清除,保留区外植物全部清除:对芦苇、菖蒲等乡土挺水植物,在湖滨带划定 100 m 的保留区,在入湖河口处划定 100~200 m 的保留区,对保留区内的挺水植物采取部分清除的方式,保留植物地上 30~40 cm;将保留区外的挺水植物全部清除。

打捞收割后的水生植物由小型运输车辆运送至临时堆放点进行存放,晾晒数天后再运送至填埋场或进行资源化利用(图 2)。

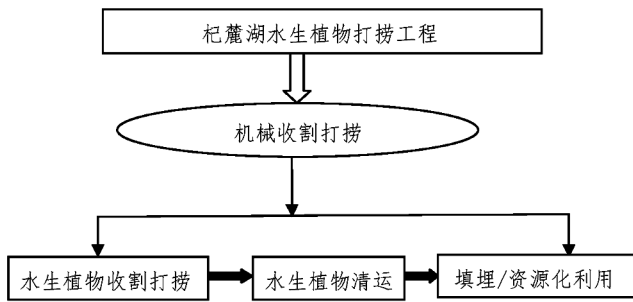


图 2 水生植物收割打捞技术路线

Fig. 2 Technical route of aquatic plants reaping and salvage

### 4.4.3 湖泊底泥环保疏浚

杞麓湖湖体水质全年为劣 V 类,主要污染因子为 TN,湖泊底泥每年释放的氮和磷分别约占杞麓湖入湖污染负荷的 15.54% 和 3.47%。污染底泥的内源释放对杞麓湖水质存在极大的影响,需要对污染底泥进行疏挖清除。

底泥采用“湿法疏浚”方式进行清理,运用挖掘效率为 2 000 m<sup>3</sup>/h 及以上的绞吸式挖泥船,在湖体

正常水位条件下进行工作。为保护湖床和不破坏湖滨生态,保证机械设备操作安全,底泥疏浚的平均深度约为 0.6 m。底泥处置以稳定化、减量化、无害化和资源化为原则,对底泥进行预处理后,根据当地产业和项目特点,将其用于农田、林地综合利用和构建堤岸生态护坡。

## 5 结语

杞麓湖是云南九大高原湖泊之一,其湖盆内分布着通海县 90% 的人口,也是中国候鸟迁徙线上的重要节点,承担着通海县社会-经济-生态可持续发展的重任,其生态地位、生物多样性保护和生态服务功能非常重要。保护与恢复工程的实施将有助于湿地生态系统和生物多样性的保护,有助于改善湖泊水质和提升湖泊环境,有助于区域经济-社会-环境的可持续发展。

## 参考文献:

[1] 崔丽娟,王义飞,张曼胤,等. 国家湿地公园建设规范探讨[J]. 林业资源管理,2009(2):17-20,27.

[2] 覃世赢. 广西靖西龙潭国家湿地公园湿地资源现状及保护对策[J]. 内蒙古林业调查设计,2016,39(3):79-81,94.

[3] 覃世赢. 广西凌云浩坤湖国家湿地公园建设可行性分析[J]. 内蒙古林业调查设计,2015,38(5):81-84.

[4] 孙丽. 新疆乌伦古湖国家湿地公园湿地的保护和恢复[J]. 山东林业科技,2013(4):105-107,51.

[5] 王淑娴. 通海杞麓湖生物多样性评价研究[J]. 防护林科技,2017(1):76-79.

[6] 黄菁,江锦烽,覃世赢. 芦仙湖国家湿地公园湿地生态系统保护与恢复研究[J]. 林业调查规划,2017,42(5):84-88.

[7] 国家林业局调查规划设计院. 云南通海杞麓湖国家湿地公园总体规划(2014-2020年)[Z]. 2014.

[8] 通海县环境保护局,云南省环境科学研究院. 通海县“十三五”生态建设与环境保护规划[Z]. 2015.

[9] 玉溪市人民政府. 杞麓湖流域水环境保护治理“十三五”规划(2016-2020年)[Z]. 2016.



doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2018.03.021

## 祁连县森林生态系统服务功能效应研究

陈贵林

(青海省林业工程监理中心,青海 西宁 810007)

**摘要:**以青海省祁连县默勒镇默勒村退耕还林地为研究对象,基于野外采样、定点观测和室内外试验,以撂荒地作为对照,研究青海省祁连县森林生态系统服务功能效应。结果表明:不同退耕还林模式对区域森林生态系统服务功能都有一定程度的积极促进响应,但不同退耕还林模式对区域森林生态系统服务功能效应影响程度不同,区域森林生态系统服务功能效应由高到低顺序为:白桦+青海云杉>白桦>青海云杉>撂荒地。白桦+青海云杉、白桦、青海云杉林负氧离子浓度分别为 2766、2593、2381 个/cm<sup>3</sup>,是撂荒地的 1.86 倍;负氧离子寿命分别为 15.63、14.67、13.46 min,是撂荒地的 1.96 倍;PM2.5 浓度分别为 32.28、35.94、40.09 μg/m<sup>3</sup>,是撂荒地的 0.65 倍;土壤容重分别为 1.15、1.17、1.19 g/cm<sup>3</sup>,是撂荒地的 0.80 倍;土壤总孔隙度分别为 49.60%、48.94%、47.57%,是撂荒地的 1.24 倍;土壤非毛管孔隙度分别为 7.16%、6.77%、6.17%,是撂荒地的 1.43 倍;土壤有机质含量分别为 2.93%、2.71%、2.53%,是撂荒地的 1.42 倍;土壤表层日较差分别为 8.70、8.75、8.86℃,是撂荒地的 0.97 倍。

**关键词:**森林生态系统服务功能;净化大气;改良土壤;改善小气候;退耕还林模式;生态环境;祁连县

中图分类号:S718.557 文献标识码:A 文章编号:1671-3168(2018)03-0107-04

## Effects of Forest Ecosystem Services in Qilian County

CHEN Guilin

(Qinghai Provincial Forestry Project Supervision Center, Xining 810007, China)

**Abstract:** Based on the rehabilitated lands in Mole Village, the effects of forest ecosystem services in Qilian County of Qinghai Province was studied by the field investigation, fixed-point observation and experimental data. The results showed that different models of grain for green had positive but various effects on regional forest ecosystem services. The effects order of regional forest ecosystem services was as follow: *Betula platyphylla* + *Picea crassifolia* > *Betula platyphylla* > *Picea crassifolia* > abandoned land. The negative oxygen ions concentrations of the first three ecosystems were 2766、2593、2381 Num/cm<sup>3</sup> respectively, which were 1.86 times than that of the abandoned land; the longevities of negative oxygen ions were 15.63, 14.67, 13.46min respectively, which were 1.96 times than that of the abandoned land; the concentration of PM2.5 were 32.28, 35.94, 40.09μg/m<sup>3</sup> respectively, which were 0.65 times than that of the abandoned land; the volume weight of soil were 1.15, 1.17, 1.19g/cm<sup>3</sup> respectively, which were 0.80 times than that of the abandoned land; the soil porosity were 49.60%, 48.94%, 47.57% respectively, which were 1.24 times than that of the abandoned land; the soil non-capillary

收稿日期:2018-01-04.

基金项目:青海省林业厅资助项目(青海省 2017 公益林监测评价 QHLY20170518).

作者简介:陈贵林(1979-),男,青海乐都人,工程师.主要从事林业生态保护工作. Email:yangyangnwu@126.com

porosity were 7.16%, 6.77%, 6.17% respectively, which were 1.43 times than that of the abandoned land; the soil organic matter were 2.93%, 2.71%, 2.53% respectively, which were 1.42 times than that of the abandoned land, and the daily temperature range of surface soil were 8.70°C, 8.75°C, 8.86°C respectively, which were 0.96 times than that of the abandoned land.

**Key words:** forest ecosystem services; atmosphere purification; soil improvement; microclimate improvement; models of grain for green; ecological environment; Qilian County

森林生态系统维持人类生存的自然环境效用就是森林生态系统服务功能,表现在保育土壤、涵养水源、固碳释氧、净化大气环境等方面。生态系统服务功能的高低影响着人类福祉的获得,人类福祉需求关联到生态系统服务功能的发挥<sup>[1-2]</sup>。青海省祁连县位于青海省东北部祁连山地,地处黄土高原向青藏高原过渡地带,生态位置重要、生态环境脆弱,是国家重点生态功能区和生态建设区<sup>[3-4]</sup>。治理恢复黄土丘陵区坡耕地水土侵蚀的根本举措是退耕还林。白桦(*Betulaplathyllasuk.*)和青海云杉(*Piceacrassifoliakom.*)是祁连县退耕还林的优选乡土树种<sup>[5]</sup>。因此,研究祁连县不同退耕还林模式的生态系统服务功能,对于指导区域生态环境建设及其效益评价具有重要的参考价值和现实意义。

## 1 材料与方

### 1.1 研究区概况

青海省祁连县位于生态交错区,地理坐标为东经 98°05'~101°02',北纬 37°24'~39°26'。地貌复杂多样,海拔 2 770~3 110 m,以山地为主,属高原干

旱半干旱大陆性气候,具有高寒旱的特点,太阳辐射强,日照时间长,日较差大,冬长夏短、干湿分明、雨热同季。年均温 2.8~7.9°C、降水量 360.4~540.7 mm(集中在 6—9 月)、蒸发量 1 103.5~1 806.4 mm,无霜期 69~184 d 左右,风速为 1.2~2.8 m/s;土壤垂直地带分布,以栗钙土为主。

### 1.2 试验材料

以 2003 年祁连县默勒镇默勒村退耕还林地为研究对象,坡向东南、坡度 28°、坡位中下,土壤为栗钙土,退耕还林模式有青海云杉、白桦纯林及青海云杉+白桦混交林(带状混交,5 桦 5 云)3 种。前 1 年水平鱼鳞坑整地,2 年实生苗春季造林。造林规格 2 m×3 m,造林密度 1 668 株/hm<sup>2</sup>,以同期撂荒地作为对照。

### 1.3 试验设计

采用单因素随机区组设计,通过野外采样、定点观测和室内外实验,分析不同退耕还林模式生态功能效应。遵循代表性、可达性原则,按照 20 m×20 m 布设样地(表 1)。

表 1 不同退耕还林模式样地信息

Tab. 1 Sample information in different models of grain for green

类别	横坐标	纵坐标	海拔/m	坡位	树高/m	胸径/cm	郁闭度	植被盖度/%
白桦+青海云杉	17611694	4223745	2354	中	8.78	6.69	0.61	0.82
白桦	17612172	4223655	2329	中下	8.52	6.37	0.55	0.75
青海云杉	17611284	4225501	2307	中上	7.33	6.08	0.51	0.68
撂荒地	17611629	4224735	2269	下				0.31

1)选择 2017 年 9 月上旬一个天气晴朗日子,同步测定不同植被类型负氧离子数量及寿命,每次 3 个重复,取平均值。

2)选择 2017 年 9 月上旬一个天气晴朗日子,同步测定日间不同植被类型林下土壤地表温度,每隔 2 h 测 1 次,每次 3 个重复,取平均值。3)在样地中蛇形法采集土样,按照 0~20 cm、20~40 cm、40~60 cm 3 个层次采集土壤剖面环刀样(100 cm<sup>3</sup>)。各层

混合均匀后取综合样进行理化指标测定分析。

### 1.4 试验方法

以投影法观察植被盖度,测高仪测定树高,卷尺测定胸径,环刀法测量容重和孔隙度,重铬酸钾法测定土壤有机质,曲管地温表法测定土壤温度,便携式负氧离子快速测定仪测定负氧离子数量及寿命,便携式 PM2.5 快速测定仪测定 PM2.5 含量,3 次重复,取平均值<sup>[6-8]</sup>。

## 2 结果与分析

### 2.1 净化大气效应

相同退耕还林年限的青海云杉、白桦、白桦+青海云杉林负氧离子浓度分别为 2 381、2 593、2 766 个/cm<sup>3</sup>,是对照撂荒地 1 390 个/cm<sup>3</sup> 的 1.71~1.99 倍,平均 1.86 倍;青海云杉、白桦、白桦+青海云杉林负氧离子寿命分别为 13.46、14.67、15.63 min,是对照撂荒地 7.45min 的 1.81~2.10 倍,平均 1.96 倍;负氧离子浓度及其寿命由高到低顺序为:白桦+青海云杉>白桦>青海云杉>撂荒地。青海云杉、白桦、白桦+青海云杉林 PM2.5 浓度分别为 40.09、35.94、32.28μg/m<sup>3</sup>,是对照撂荒地 55.35μg/m<sup>3</sup> 的 0.58~0.72 倍,平均 0.65 倍。PM2.5 浓度由高到低顺序为:撂荒地>青海云杉>白桦>白桦+青海云杉(表 2)。

表 2 不同退耕还林模式负氧离子浓度及其寿命

Tab. 2 Concentration and longevity of negative oxygen ions in different models of grain for green

类别	负氧离子 浓度/(个·cm <sup>-3</sup> )	负氧离子 寿命/min	PM2.5/ (μg·m <sup>-3</sup> )
白桦+青海云杉	2766	15.63	32.28
白桦	2593	14.67	35.94
青海云杉	2381	13.46	40.09
撂荒地	1390	7.45	55.35

由表 1 可知,不同退耕还林模式生长状况与森林生态系统净化大气功能正向相关,也就是针阔混交林>阔叶纯林>针叶纯林。

树冠周边、树梢顶部、枝叶尖端在自然界高压、多辐射、强雷电等耦合冲击下的放电现象,以及森林植物光合作用的光电效应,导致较高浓度的生态级小粒径空气负氧离子的形成,能有效吸附降解空气中的有害气体,凝聚、沉淀空气中的颗粒污染物,有抗氧化、防衰老及消减自由基作用,使自然界空气清新净化,通过呼吸系统,经神经反射和体液机制,使人心旷神怡,有空气维生素、长寿素之称<sup>[9]</sup>。森林空气中负氧离子不断产生又不断消失,维系着森林生态系统动态平衡。负氧离子浓度及其寿命长短与林分郁闭度、群落类型、年龄结构、树种组成等息息相关。负氧离子浓度增加及其寿命延长可减少空气中的飘尘量,对可入肺颗粒物 PM2.5 效果极佳<sup>[10]</sup>。

### 2.2 改良土壤效应

相同退耕还林年限的青海云杉、白桦、白桦+青海云杉林土壤容重分别为 1.19、1.17、1.15 g/cm<sup>3</sup>,是对照撂荒地 1.47 g/cm<sup>3</sup> 的 0.78~0.81 倍,平均为 0.80 倍;青海云杉、白桦、白桦+青海云杉样地土壤总孔隙度分别为 47.57%、48.94%、49.60%,是对照撂荒地 39.44% 的 1.21~1.26 倍,平均 1.24 倍;青海云杉、白桦、白桦+青海云杉林土壤非毛管孔隙度分别为 6.17%、6.77%、7.16%,是对照撂荒地 4.67% 的 1.32~1.53 倍,平均 1.43 倍;青海云杉、白桦、白桦+青海云杉林土壤有机质含量分别为 2.53%、2.71%、2.93%,是对照撂荒地 1.92% 的 1.31~1.52 倍,平均 1.42 倍,改良土壤效应由高到低顺序为白桦+青海云杉>白桦>青海云杉>撂荒地(表 3)。

表 3 不同退耕还林模式土壤理化性质指标

Tab. 3 Indexes of soil physicochemical properties in different models of grain for green

类别	容重/ (g·cm <sup>-3</sup> )	毛管孔 隙度/%	非毛管 孔隙度/%	总孔 隙度/%	有机 质/%
白桦+青海云杉	1.15	42.44	7.16	49.60	2.93
白桦	1.17	42.17	6.77	48.94	2.71
青海云杉	1.19	41.40	6.17	47.57	2.53
撂荒地	1.47	34.76	4.67	39.44	1.92

植被与土壤耦合效应使得土壤特性的时空变异性明显。土壤是由固体土粒和粒间孔隙组成的复杂多孔体。黄土丘陵区多为超渗产流,土壤层是森林生态系统中涵养水源能力最强的作用层,是大气降水的主要蓄存库和调节器<sup>[11]</sup>。植被根系的缠绕固结,巩固了土壤的点棱接触侧斜支架式多孔结构;枯落物层的覆盖保护,避免了遭受雨滴击溅而导致的水土流失;容重和孔隙度反向相关,容重的减少意味着孔隙度的增加,改善了土壤的渗透性、透气性和蓄水性,利于植被养分的调节和植物根系的伸展<sup>[12]</sup>。总孔隙度的增加尤其是决定土壤蓄水渗透效能的非毛管孔隙度的增加,地表径流将有效转化为地下径流;有机质是土壤水稳性团粒的主要胶结剂,直接来源于土壤中动植物残体、根系分泌物及枯落物的分解释放<sup>[13]</sup>。植物正向演替使得土壤表层有机质富集明显,提高了土壤微生物的数量及其组成酶的活性物质(部位),加速了土壤生化反应进程,促进了土壤团粒结构的形成,增加了土壤 C 源和 N 源,提

高了土壤肥力质量,保障了植被恢复重建的基础。

### 2.3 改善小气候效应

相同退耕还林年限的青海云杉、白桦、白桦+青海云杉林土壤表层日较差分别为 8.86、8.75、

8.70℃,是对照撂荒地 9.14℃ 的 0.96~0.98 倍,平均为 0.97 倍;缓解日温变换效应由高到低顺序为:白桦+青海云杉>白桦>青海云杉>撂荒地(表 4)。

表 4 不同退耕还林模式小气候效应

Tab. 4 Microclimate effects in different models of grain for green

类别	时间						温度/℃			
	8:00	10:00	12:00	14:00	16:00	18:00	平均温度	最高温度	最低温度	日较差
白桦+青海云杉	16.88	20.97	24.77	25.58	25.56	20.25	22.33	25.58	16.88	8.70
白桦	17.89	22.94	25.38	26.64	24.60	17.84	22.55	26.64	17.89	8.75
青海云杉	18.08	22.68	25.60	26.94	23.26	19.22	22.63	26.94	18.08	8.86
撂荒地	18.35	24.22	27.43	27.49	22.50	16.46	22.74	27.49	18.35	9.14

退耕还林(草)增加了地面植被覆盖度和保护膜,削弱了空气下垫层土壤—植被—大气连续体的水热交换作用,使得局部近地层的能量分配发生了一定程度变化,形成局部地区微气候效应,缓解了日温极差变化(通过降低最高温度和减小日较差来实现),使日间升温缓慢、晚间降温缓慢<sup>[14]</sup>。小气候效应是区域生态效应发挥的基础。林业已成为应对气候变化的战略选择——植被恢复能明显改善局地小气候,促进生态环境的恢复与重建;另外,小气候又能为植被恢复及其种类演替提供良好生境,缩短生态修复进程。

### 3 讨论

由于受试验条件、技术力量及监测手段等因素限制影响,本试验仅在局部范围内的有限样本和部分指标测定条件下采用单因素随机区组设计,研究了相同退耕还林年限的森林生态系统服务功能效应,所得结论有一定程度的参考价值,但仍存在局限性。森林生态系统服务功能包含水、土、生态环境、气等多方面内容,受植被因子和环境要素共同作用和制约,诸多因素间还存在着复杂相关性和随机耦合性,至今仍无法对森林生态系统每项服务功能进行从定性描述到定量测算的准确评判。为进一步研究森林生态系统服务功能的过程确定性、尺度效应性和时空差异性,需要进行长期的连续的全面定位观测<sup>[15]</sup>。退耕还林(草)工程是地处生态环境脆弱区的祁连山地生态恢复与重建的关键切入点和根本性措施,生态建设只有与生态修复有机结合,才能彻底扭转和改善区域生态环境恶化问题。本着先局部

后区域、先重点后全局思路,保护与重建相结合、短期与长期相结合原则,积极探索适合于祁连县自然条件的造林模式及造林技术,合理配置乔灌木和网带片,以异龄混交复层林为终极演替发展目标,裁阔是缩短森林演替过程和提高林分稳定性的重要手段,而促针是快速恢复地带性顶极森林的可靠保证。

### 4 结论

不同退耕还林模式对区域森林生态系统服务功能都有一定程度的积极作用,但不同退耕还林模式对区域森林生态系统服务功能效应影响程度不同,区域森林生态系统服务功能效应大小顺序为白桦+青海云杉>白桦>青海云杉>撂荒地。

1)净化大气效应由高到低顺序为白桦+青海云杉>白桦>青海云杉>撂荒地,负氧离子浓度分别为 2 766、2 593、2 381 个/cm<sup>3</sup>,是撂荒地的 1.86 倍;负氧离子寿命分别为 15.63、14.67、13.46 min,是撂荒地的 1.96 倍;PM2.5 浓度分别为 32.28、35.94、40.09 μg/m<sup>3</sup>,是撂荒地的 0.65 倍。

2)改良土壤效应由高到低顺序为白桦+青海云杉>白桦>青海云杉>撂荒地,土壤容重分别为 1.15、1.17、1.19 g/cm<sup>3</sup>,是撂荒地的 0.80 倍;土壤总孔隙度分别为 49.60%、48.94%、47.57%,是撂荒地的 1.24 倍;土壤非毛管孔隙度分别为 7.16%、6.77%、6.17%,是撂荒地的 1.43 倍;土壤有机质含量分别为 2.93%、2.71%、2.53%,是撂荒地的 1.42 倍。

3)改善小气候效应由高到低顺序为:白桦+青

(下转第 115 页)

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2018.03.022

## 多维智能空间管理系统在会泽黑颈鹤自然保护区 的实践与运用

陈 媛

(云南会泽黑颈鹤国家级自然保护区管理局,云南 会泽 654200)

**摘要:**基于移动 GIS 和 WebGIS 技术构建会泽黑颈鹤自然保护区多维智能空间管理系统。该系统以高清遥感影像为数据支持,将 ArcGIS Server 地图缓存技术融入其中,通过移动 GIS 进行自然保护区巡护信息采集并上传到后台服务器,采用 WebGIS 技术在网络客户端实时对后台服务器数据进行下载更新,从而实现移动端和网络端的信息同步。文中在操作方式、数据采集方式、采集精度、照片和视频采集以及影像分辨率等方面进行了新旧系统比对。应用效果表明,这种移动化、网络化的数据采集和管理模式,使自然保护区黑颈鹤及其越冬地的湿地生态环境保护工作更加科学、合理。

**关键词:**多维智能空间管理系统;移动 GIS;移动信息采集;实时监控;综合管理平台;影像分辨率;会泽黑颈鹤自然保护区

中图分类号:S759.9;Q959.726;TP387;C931 文献标识码:A 文章编号:1671-3168(2018)03-0111-05

## Practice and Application of Multi-dimensional Intelligent Space Management System in Huize National Nature Reserve of Black-necked Cranes

CHEN Yuan

(Huize National Nature Reserve of Black-necked Cranes, Huize, Yunnan 654200, China)

**Abstract:** The multi-dimensional intelligent space management system in Huize National Nature Reserve of Black-necked Cranes was built by Mobile GIS and WebGIS technology. With the data of HD remote sensing image and the technology of Arcgis Server, the patrolling information was collected and uploaded to the backend server by Mobile GIS. The WebGIS technology was used to download and update the data of background server in the network client to realize the information synchronization between the mobile port and the network port. This paper compared the old system with the new one in terms of operation mode, data acquisition, data precision, photo and video collection and image resolution. The application effect showed that the mobile and networked model for data acquisition and management made the protection of black-necked cranes and wetland ecological environment more scientific and reasonable.

**Key words:** multi-dimensional intelligent space management system; mobile GIS; mobile information acquisition; real-time monitoring; integrated management platform; image resolution; Huize National Nature Reserve of Black-necked Cranes

收稿日期:2018-01-11.

作者简介:陈媛(1984-),女,云南会泽人,工程师.主要从事自然保护区管理工作. Email:79006328qq.com

会泽自古以来就有黑颈鹤分布,但直到 1986 年才被确认为黑颈鹤分布区。1990 年建立会泽县县级自然保护区,1994 年升级为云南省省级自然保护区,2006 年 2 月经国务院批准为国家级自然保护区。同时,《中国湿地保护行动计划》将会泽黑颈鹤自然保护区列入了《中国重要湿地名录》,属云南省环保系统业务指导和管理的 3 个国家级自然保护区之一,是保护黑颈鹤、灰鹤与其它大型水禽及其越冬栖息地为目的的湿地生态系统。黑颈鹤在会泽的越冬栖息生境主要为沼泽湿地和草地,其中沼泽湿地占 60%以上,草地占 20%~38%,农田和浅水湿地占 10%以下,大桥片区的黑颈鹤主要夜栖于李家湾附近的浅水沼泽中,长海子片区的黑颈鹤主要栖息于山坡上。会泽的黑颈鹤数量由保护区刚成立时的 21 只发展到近年来的近千只,约占全世界黑颈鹤种群数量的 10%,灰鹤占全省重要湿地灰鹤数量的 78%,斑头雁 2 000~2 500 只,赤麻鸭约有 3 000 只。在会泽黑颈鹤自然保护区内越冬的水禽总数达 30 000 余只,生物多样性较为丰富,使得会泽黑颈鹤自然保护区成为云南省境内越冬水禽的重要栖息地之一。鸟纲动物增加到 179 种,占全国鸟类种数 1329 种的 13.5%。

对于野生动物类型的自然保护区而言,实时掌握保护区内主要保护对象的种群数量及分布状况是有效保护的前提。如何实现对保护区大量物种信息的精确采集和有效管理,成为保护区管理工作最为棘手的问题。

## 1 系统建设意义

2011 年建设完成了“云南会泽黑颈鹤国家自然保护区三维空间管理系统”(单机版),为保护区的野生动物监测、护鹤员巡护等提供了可视化的信息,提高了保护区的管理手段,对采集的数据实现了科学管理,对保护区黑颈鹤等动物的保护起到了关键性作用。

近年来,国家级自然保护区管理与建设不断朝着信息化、移动化、网络化的管理方式转化。2018 年 3 月 27 日,新组建的生态环境部部长李干杰在“绿盾 2018”自然保护区监督检查专项行动视频会议上指出:自然保护区要综合运用多种手段如无人机、移动监管 APP 等,对保护区进行科学管理。

随着近 2 年来 WebGIS、移动 GIS 技术的发展,以及保护区工作人员在使用过程中反馈的实际问题,为了提高监测、巡护中的效率和准确性、科学性,

云南会泽黑颈鹤国家级自然保护区多维智能空间管理系统在单机版的基础上进行全新升级,这是一套黑颈鹤等大型越冬水禽资源状况及其栖息地分布状况信息的属性和空间数据库,通过对数据库进行重新设计,提高了数据库管理的科学性;采用更先进的 B/S 模式 GIS、移动 GIS 进行全方位的系统升级,大大缩短了监测、巡护信息采集时间,减少了数据录入的工作量,提高了工作效率;移动化、智能化的数据采集、数据录入提高了数据的精度、准确性,使保护区的工作更科学,更好地保护黑颈鹤及湿地生态环境;能够随时随地通过手机、平板、Internet 浏览器查看主要保护对象活动状况。对保护区工作进行了全方位、全时段的展示和监测,收集整理了保护区内的越冬水禽的保护等级、图片及分布状况等,为有效地保护黑颈鹤及其越冬地的湿地生态环境提供了可靠的决策支持。

### 1.1 以往工作上的难点

日常巡护是会泽黑颈鹤自然保护区(以下简称保护区)最基本、最重要的日常管理工作,也是保护区制定短期、中期、长期管理计划、开展科研监测的基础。在该系统未建立之前,保护区巡护人员在预先计划确定的固定样线上的定期、定线路的巡护,是以采集科研数据为主,根据监测对象的特性,按一定季节、线路对黑颈鹤等越冬水禽的物种分布、变化规律进行的科学研究、调查活动。从每年 10 月中旬开始,至翌年的 4 月上旬结束,每周对黑颈鹤、灰鹤、斑头雁、赤麻鸭 4 种主要监测鸟类分别进行 2 次数量观察统计;监测对象同步统计和夜栖地数量统计每 2 周的周二实施 1 次(即每月 2 次)。监测巡护时段在鸟类最为活跃的早晨 8:30~11:30,依据季节和日出、日落时间略有变动;夜栖地的同步统计应在黑颈鹤起飞前到达观察地点(一般在早上 7 点以前)。监测统计方法采用固定样线法观察记录,并将监测结果同步更新入数据库。

#### 1.1.1 保护区气候条件差

保护区地域广阔、地形复杂、气候多变,存在巡护死角。保护区地处北亚热带和南温带的过渡地带,由于海拔较高,受立体气候的影响,属于北温带气候类型,最多风向为东南风,夏秋温凉,冬春寒冷;其地貌类型为构造侵蚀中山高原地貌,海拔为 2 470~3 092.2 m;保护区由大桥和长海子 2 个片区组成,其中大桥片区位于会泽县西北方向的大桥乡跃进水库流域内,距会泽县城 60 km,地理坐标为东经 103°12'06"~103°22'02",北纬 26°38'00"~26°44'

24",面积 9 076.28 hm<sup>2</sup>;长海子片区位于会泽县东北方向的者海镇长海子水库流域内,距会泽县城 52 km,地理坐标为东经 103°33'36"~103°39'00",北纬 26°34'08"~26°39'36",面积 3 834.36 hm<sup>2</sup>。2个片区相距较远,且均为高海拔山区,大桥片区较长海子片区气温低,管理巡护工作较为困难。

### 1.1.2 巡护人员不足

巡护时需要携带繁重的巡护设备,且巡护工作量大,每天天还不亮就起床,携带巡护日志、导航器、食物和饮用水,趁黑颈鹤还未起飞就赶到夜栖地,野外工作一天,监测黑颈鹤等越冬水禽白天的觅食休息等状态,晚上要待黑颈鹤飞回夜栖地,进行数量统计后才能回到住所,工作艰苦,日工作时间长。目前管理局仅有工作人员 6人(其中 5名为女性),与规划的 35人相距甚远,人员严重不足,巡护管理工作任务繁重。

### 1.1.3 数据收集程序复杂

以往采集数据采用手持 GPS 设备,仪器操作复杂,定位精度低,需要人为对监测、巡护地进行编号,不利于快速、高效采集大量数据。另外,数据类型丰富、数量多、不集中,且多为纸质记录。每位巡护人员的记录习惯等均有偏差,每天巡护工作结束后还需手动将监测数据录入系统,每个越冬期均要对这些数据进行归纳总结。随着数据量的不断增加,如何实现信息的快速查询统计和有效管理成为保护区工作最为棘手的问题。

## 1.2 系统解决方法及特点

### 1.2.1 系统解决方法

原有系统为单机版,不能与保护区网站、视频系统集成;新系统采用 B/S 模式,能够与保护区网站集成,采用统一入口,标准化管理;采用移动 GIS,能够对采集数据及时上传,其他用户第一时间即可获得最新的数据。

新系统在浏览器端采用分级账户管理模式,即使普通民众也可以进行保护动物的信息查看和浏览,工作人员通过账户和密码进行相关数据管理,使管理方式更加灵活,信息分享更加安全。

系统设计及开发能够让用户简单、方便地操作,快速地实现调查数据的录入和编辑,减少人工干预,实现智能化、精确化管理。

### 1.2.2 特点

1) 高效:无纸化数据存储,环保且快速。所有采集到的数据均可保存在系统中,便于随时随地调取和查看,配合强大的统计和查询功能,满足复杂多

样的研究需求,省去大量人力和时间。

2) 便携:移动设备使用,随时随地办公。在手机和平板上,通过移动信息采集系统,即可实现巡护信息的同步上传,并支持远程数据的查看。数据包括文字和图片,以及相应的定位信息。

3) 易用:信息准确,数据安全。人性化的交互设计,便于巡护人员快速掌握系统操作。采用最先进的“移动互联网+GIS”技术,采集到的信息准确,格式统一,便于后期研究和分析。

## 2 系统组成及功能

使用 ArcGIS Server 10.1 +IIS 7.0 作为 GIS 地图服务器及 Web 服务器,采用 ArcSDE 空间数据库+SQL Server 2008 属性数据库结合的方式开发数据库,浏览器客户端采用 VS 2012 开发平台,ArcGIS API 作为网络客户端,移动设备移动客户端采用 Java+ArcGIS API For Android 开发,实现界面友好易用、操作简单、功能强大的智能管理系统。

### 2.1 移动信息采集系统

利用手机、平板等移动设备可简化巡护人员的信息采集工作。打开 APP 即可填写巡护记录表,例如某地有成体幼体各几只,是何物种,生境如何等,并支持拍照上传。移动信息采集系统支持数据本地离线保存,一旦连接网络将自动上传采集的数据,同步到综合管理平台。简化巡护设备,缩小人鸟距离误差,适应复杂的地形和多变的气候。实现一次部署,随处运行的客户端系统。接入互联网的电脑在客户端使用 IE7 及以上版本、360、火狐、谷歌 Chrome 等主流浏览器进行保护区数据的浏览、管理、查询、统计分析以及后台数据的录入、管理操作。

Android 是以 Linux 为基础的开放源码操作系统,目前已在移动市场上占有最高的市场份额。系统开发一个数据采集系统即 App 应用程序安装在 Android 移动设备上,实现野外巡查现场数据的采集,实现采集目标位置和照片或者视频的同步。打开移动设备上的程序,就可以定位所在观察位置,还能通过拖放定位点直接定位到观察的动物所在位置,一般误差在 10 m 之内。直接在野外进行地理坐标数据的采集及属性信息的录入,内容缓冲到移动设备中。

### 2.2 实时监控系統

实时监控系統综合运用无人机、云台摄像机建立立体监控系统,编织严密监控网,保证在任何天气、任何地形情况下都能对保护区进行实时监控。

严厉打击偷盗、砍伐、狩猎、捕捞等违法行为。购买最新的覆盖整个保护区的高清卫星影像数据(0.5~0.6 m),在本系统中作为背景地图加载到浏览器端及移动设备终端,使场景效果更加逼真,保护动物的定位更加准确,提高系统的精细化管理水平,增强视觉效果。

无论是无人机还是云台摄像机,监控数据自动保存至系统,可随时调用查看,为保护工作和科研提供第一手影像资料。无人机巡护效率高,一次可巡护较大面积,可进入人工巡护无法到达的区域,隐蔽性较好,可近距离检测到动物生活状态,可以减少巡护人力成本。摄像头性能稳定,不受天气影响,全天候工作,不间断监控,视野广阔,监控面积大,影像高清,直接获取鸟类的第一手资料。

## 2.3 综合管理平台

### 2.3.1 GIS 综合管理模块

系统能将监测、摄像、护鹤员巡护等所有日常工作统一到 GIS 综合管理模块中,使各级主管部门了解保护区内各类珍稀动植物的分布、生长状况及环境保护情况,为有效地保护黑颈鹤及其越冬地生态环境提供决策支持。精确的位置信息、多种矢量数据、地图定位、高清地图、地图切换、实时查看监控。

### 2.3.2 数据分析系统

1) 信息管理:浏览信息详情,并对信息进行增加、修改、删除,全面掌握鸟类的数量、生境等信息。

2) 数据下载:每个用户都可自由下载系统中的所有数据,包括采集的数据和图像,实现信息共享。

3) 一键同步:实现无线网络(WiFi)或移动网络的一键同步,只需点击一个按钮,即可实现采集信息的后台自动同步。在野外,移动网络需要流量并且拍摄照片或视频存储较大,因此可以实现在 WiFi 环境下快速地一键同步到服务器的数据库中,在浏览器中直接在三维、二维的地图中查看。

4) 查询统计:对一些项目进行查询及统计并生成统计图表,为决策分析提供数据支持,帮助制定更好的保护措施。

5) 视频管理:电脑端支持实时查看监控系统的拍摄画面,并实现历史记录调取。

## 3 新旧系统比对

### 3.1 操作方式比对

以往野外采集到的监测、巡护数据需要先实地填写纸质的表格,等到巡护工作结束后,回到办公室

再通过手动录入到系统中,过程繁琐,效率低,并且会在计算机录入时由于录入不及时及人工手写的字迹问题出现错误,导致数据的真实性降低;新系统直接在野外通过移动设备现场采集数据,直接保存到设备上,通过最简单的一键同步模式,直接将数据上传到服务器,提高了工作效率和准确性。

### 3.2 数据采集比对

#### 3.2.1 采集方式

新的系统采用移动设备采集数据,具有美观、友好的人机交互界面并且位置和动物活动进行自动关联,能够快速采集大量数据。系统在移动端和网络端实现了信息的查询统计和管理功能,并以更加直观的方式显示在地图中,为保护区信息的科学管理提供了技术支持。

#### 3.2.2 采集精度

在野外采集数据过程中,工作人员受客观条件限制不能到达动物所在活动区域进行近距离信息采集,所采集到的数据是工作人员所站位置,而非动物活动所在位置,存在一个较大的距离误差。该系统利用移动设备的 GPS 定位功能和高清卫星影像相结合实现精确定位,采用移动设备进行自动定位,以及高清分辨率(0.5 m)真实遥感影像数据的辅助,可以实现精确到定位目标动物的位置在 1~2 m 范围之内,准确地记录保护区动物的所在位置,很好地解决了这一问题。

#### 3.2.3 照片、视频采集

对于照片、视频的采集是一个复杂的过程,工作人员需要使用照相机等设备进行拍摄,在办公室内再对照片、视频数据进行逐张、逐段整理,当拍摄地点较多时,需要大量人工时间进行比对、分类,或者不能准确地将照片与位置进行匹配;新的移动设备可以直接采集照片或者视频数据,并且以数据库的形式与实际拍摄位置捆绑,操作简单、方便。

#### 3.3 影像分辨率比对

原有系统使用 Google 提供的空间分辨率为 5 m 的遥感卫星影像,精度较低,不能清楚识别地物,新的系统采用了全新 0.5 m 高分辨率卫星影像,能够对保护区的地物进行高精度识别,增强保护区工作人员的目视判别能力,有助于提高数据的采集精度。

## 4 运用效果

针对保护区当前珍稀动物信息采集和管理过程中存在的时效性差、精确度低、操作复杂、效率不高等优点,本研究设计实现了基于移动 GIS 和 WebGIS



技术的珍稀动物信息管理系统,并在保护区内得到很好应用。

1)实现手持设备的外业调查、信息采集工作。开发基于 Android 系统的信息采集平台,将软件安装在移动设备上,实现信息的采集(坐标定点、照片的采集等工作)。

2)实现管理区的所属功能区查询,输入经纬度坐标,可查看是否是保护区范围,如果在保护区内,显示所在功能区(核心、缓冲、实验区)。

3)在无线网络环境下一键同步到服务器中,无需人工参与,自动识别录入。

4)实现网络后台数据的补充录入(比如温度及保护区动物的数量等信息在室内录入),在浏览器中进行采集数据的导入,生成地图矢量格式。

5)实现网络后台数据录入、修改、删除操作,在浏览器中进行数据库的管理,如录入、删除、修改。

6)实现 Web 地图的一体化操作,实现无缝高密度的集成,快速实现数据的显示、浏览、查询、条件统计(以表格及饼状图、柱状图、曲线图的形式展示)、打印功能(二维专题图)。

7)在客户端通过在高清地图(分辨率 0.5~0.6 m)上相对精确定位,以地图为背景,修改位置点信

息,达到精细化管理,减少因采集带来的误差,提高系统管理的精度,可以记录动物活动的位置,而不是仅能采集到观测者站立的位置。

## 5 发展前景

系统也存在一些不足之处,目前仅局限于对保护对象的动态监测,今后应发展到对保护区的生态环境问题进行研究、基础设施规划建设及科学决策管理中发挥定性、定量和定位分析等方面的重要作用,或创建虚拟自然保护区。

## 参考文献:

- [1] 李剑,吴保国. 基于 GIS 的自然保护区信息管理系统设计探讨[J]. 吉林林业科技,2007(2):29-31.
- [2] 曹大岭. 基于 WebGIS 的自然保护区信息管理系统设计与实现[D]. 北京:中国地质大学,2011.
- [3] 杨芳,邝奕轩. 浅论自然保护区管理信息化建设[J]. 林业调查规划,2005,30(2):50-42,53.
- [4] 杨昆,明庆忠. 地理信息技术在自然保护区管理中的应用方法研究[J]. 测绘通报,2005(16):44-46,50.
- [5] 刘金福,洪伟. 自然保护区管理信息系统总体框架研究[J]. 中南林业调查规划,1997(2):53-55.
- [7] 郭玉东,王晓宏,邢婷婷. 根河林业局森林生态服务功能价值评估[J]. 西北林学院学报,2015,30(5):196-201.
- [8] 房瑶瑶,王兵,牛香. 陕西关中地区主要造林树种大气颗粒物滞纳特征[J]. 生态学杂志,2015,34(6):1516-1522.
- [9] 尹玉. 昆明西山森林公园生态系统服务功能价值评估[J]. 林业调查规划,2017,42(2):39-42.
- [10] 薛沛沛,王兵,牛香,等. 武宁县、江山市和邵武市森林生态系统服务功能价值评估[J]. 水土保持学报,2013,27(5):249-254.
- [11] 汪有奎,郭生祥,汪杰,等. 甘肃祁连山国家级自然保护区森林生态系统服务价值评估[J]. 中国沙漠,2013,33(6):1905-1911.
- [12] 林丽丽,董建文,刘兴诏,等. 森林公园生态系统服务功能评估综述[J]. 林业资源管理,2017(1):19-26.
- [13] 刘秀丽,张勃,杨艳丽,等. 五台山地区森林生态系统服务功能价值评估[J]. 干旱区研究,2017,34(3):613-620.
- [14] 李瑶,肖向明,李香萍,等. 中国森林破碎化多尺度评价[J]. 生物多样性,2017,25(4):372-38.
- [15] 吴霜,延晓冬,张丽娟. 中国森林生态系统能值与服务功能价值的关系[J]. 地理学报,2014,69(3):334-342.

(上接第 110 页)

海云杉>白桦>青海云杉>撂荒地,土壤表层日较差分别为 8.70、8.75、8.86℃,是对照撂荒地的 0.97 倍。

## 参考文献:

- [1] 徐雨晴,周波涛,於琮,等. 气候变化背景下中国未来森林生态系统服务价值的时空特征[J]. 生态学报,2018,38(6):1-11.
- [2] 殷莎,赵永华,韩磊,等. 秦岭森林生态系统服务价值的时空演变[J]. 应用生态学报,2016,27(12):3777-3786.
- [3] 王兵,任晓旭,胡文. 中国森林生态系统服务功能及其价值评估[J]. 林业科学,2011,47(2):145-153.
- [4] 张明军,周立华. 气候变化对中国森林生态系统服务价值的影响[J]. 干旱区资源与环境,2004,18(2):40-43.
- [5] 韦惠兰,祁应军. 森林生态系统服务功能价值评估与分析[J]. 北京林业大学学报,2016,38(2):74-82.
- [6] 丛日征,王兵,谷建才,等. 宁夏贺兰山国家级自然保护区森林生态服务价值评估[J]. 干旱区资源与环境,2017,31(11):136-140.

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2018.03.023

## 省道 310 改建工程对黄河湿地国家级自然保护区 影响评价及问题探讨

李秀英 吴洋 张哲 张雨  
(林产工业规划设计院,北京 100714)

**摘要:**以河南省道 310 吉利界至蓼坞段占用黄河湿地国家级自然保护区土地为例,分别公路改建工程的建设期和运营期阐述区域内自然资源、自然生态系统和主要保护对象等受到的影响,评价其影响程度。评价结果认为,拟改建道路工程对黄河湿地国家级自然保护区的自然资源、自然生态系统、景观生态体系、主要保护对象、生物安全和社会因素的影响较小,不涉及无条件否决项,工程建设是基本可行的。针对项目区存在的保护区范围文本与图不一致,保护区本底动植物资源监测数据缺乏等问题,提出相应建议。

**关键词:**公路改建工程;影响评价;非生物因子;自然资源;自然生态系统;主要保护对象;生物安全;黄河湿地国家级自然保护区

中图分类号:S759.93;U41.361 文献标识码:A 文章编号:1671-3168(2018)03-0116-05

### Impact Assessment of 310 Provincial Road Reconstruction on National Nature Reserve of Yellow River Wetland and Its Problems

LI Xiuying, WU Yang, ZHANG Zhe, ZHANG Yu  
(Planning and Design Institute of Forest Products Industry, Beijing 100714, China)

**Abstract:** Taking the occupied land of 310 provincial road reconstruction in National Nature Reserve of Yellow River Wetland an example, the impact of factors such as natural resources, natural ecosystems and main protected species was evaluated in the construction period and operation period of road reconstruction projects. The results showed that the influence on natural resources, natural ecosystems, landscape ecology, main protected species, biological safety and social factor was slight and the project was feasible without unconditional veto items. This paper put forward some suggestions to solve the problems, including the inconsistency between the text and the map of the protected area and the deficiency of monitoring data of the animal and plant resources.

**Key words:** road reconstruction; impact assessment; abiotic factor; natural resources; natural ecosystems; main protected species; biological safety; National Nature Reserve of Yellow River Wetland

拟改建道路原名 S245,是济源市南部、黄河北岸一条重要的省级道路,是连接济源和洛阳市的

重要交通干线公路。目前,该道路通行能力已经无法满足交通增长的需求。工程实施后,2023 年该道

收稿日期:2018-04-02;修回日期:2018-04-23.

作者简介:李秀英(1981-),女,内蒙古根河人,硕士研究生,工程师。从事林业规划设计工作。Email:1287014369@qq.com

路交通量预计达到 7 675 辆/d;2033 年,预计达到 12 175 辆/d。项目的建设将大大提高道路通行量,有助于构建济源市域范围内“五纵六横”的公路交通网络体系。

## 1 评价区域概况

黄河湿地国家级自然保护区位于河南省西北部,黄河中下游段,地理坐标为北纬 34°33′59″~35°05′01″,东经 110°21′49″~112°48′15″,面积 68 000  $\text{hm}^2$ 。保护区东西依黄河形态呈带状分布,西起陕西与河南交界处,东至洛阳市与郑州市交界,东西长 301 km,南北宽 50 km。整个保护区范围包括三门峡水库、小浪底水库、西霞院反调节水库,以及保护区以下至洛阳市孟津县与(郑州市)巩义市交界处河南省境内的黄河。保护区横跨河南省的 4 个省辖市、9 个县(市、区)、35 个乡镇(镇、场),自西向东分别为三门峡市的灵宝市、陕县、湖滨区、渑池县,洛阳市的新安县、孟津县和吉利区,焦作市的孟州市、济源市。

改建道路 S310 位于保护区济源段保护区,所涉及改建路段为吉利界至小浪底景区蓼坞段,基本沿老路改建。原为三级公路,设计速度 40 km/h,拟改建为二级公路,路基宽度 18 m,设计速度 60 km/h。改建路线起点位于洛阳吉利与济源的交界处(经纬度:E 112. 529754°,N 34. 919807°),向西在坡头镇与 S240 交叉,在马住村与 X002 渠马线交叉后下穿焦柳铁路下行线,在连地村西下穿焦柳铁路上行线后跨越大沟河,向西在双堂村南跨越砚瓦河,小浪底景区蓼坞村南 S245 与 S243 共线段的分离点即为本项目终点(经纬度:E112. 399403°,N 34. 921639°)。

改建路线全长 12. 72 km,改建段长 12. 42 km,新建段长 0. 3 km。其中 3. 98 km 位于保护区实验区内。

## 2 拟建项目占用保护区土地概况

项目建设路段位于保护区内共有 7 段,总长 3. 98 km,占用保护区土地面积 5. 044 7  $\text{hm}^2$ ,其中农用地 4. 431 2  $\text{hm}^2$ (耕地 0. 036 2  $\text{hm}^2$ ,园地 2. 317 7  $\text{hm}^2$ ,林地 2. 077 3  $\text{hm}^2$ ),未利用地 0. 613 5  $\text{hm}^2$ (含湿地 0. 587 6  $\text{hm}^2$ )。

该工程在黄河湿地国家级自然保护区济源段内不设临时工程占地,施工便道、弃土场、取土场、施工营地等临时工程设施均布置在保护区外。

## 3 评价目的

根据项目建设内容、建设规模、工程布局、占地范围、施工方案和生态环境保护方案,以及黄河湿地国家级自然保护区(济源段)的生态现状和管理要求,识别公路扩建项目对保护区主要非生物因子、自然资源、生态系统及主要保护对象的影响因子,分析、预测、评价影响的对象、性质、范围和程度。

## 4 评价内容

### 4.1 评价时段

评价时段包括项目建设期和运营期。其中建设期为 1 年 6 个月,运营期为工程建成后至工程使用寿命结束时的整个时间段。本次重点评价工程建成后 10 年内的生态变化情况。

### 4.2 评价区域

根据《自然保护区建设项目生物多样性影响评价技术规范》(LY/T 2242-2014),公路工程应以道路沿线两侧各 1 000 m 为影响评价区。因 S310 位于保护区北部边界,道路北侧 1 000 m 超过保护区边界范围,因此,影响评价范围为道路南侧以 1 000 m 为界,北侧以保护区边界为界。评价区域总面积 1 010. 35  $\text{hm}^2$ ,全部为保护区实验区。

### 4.3 评价重点

建设期重点分析施工占地、环境污染、施工损伤、人为活动等对评价区域的自然资源、自然生态系统和主要保护对象的影响;运营期主要分析车辆通行噪声、人为活动、水土流失等对评价区域的自然资源、自然生态系统及主要保护对象的影响。

## 5 影响评价

### 5.1 影响因素识别

项目建设期和运营期将对保护区产生一定的影响,其主要影响因素见表 1。

### 5.2 影响分析

#### 5.2.1 对非生物因子的影响

建设期,施工机械、运输车辆作业将排放一定量的有毒、有害气体,施工作业产生扬尘,对占地区及离占地区 150 m 内的空气质量有一定的影响。施工作业排放的废水、废渣等会影响周边环境质量,但对生产、生活废水排放严格管理,建设期水环境质量标准等级无改变,工程不会对评价区域内的水环境质量造成明显影响。施工产生的噪声,在离占地区较

表 1 不同对象受到的影响因素  
Tab. 1 Influence factors of different objects

对象	建设期影响因素	运营期影响因素	
非生物因子	空气	施工机械、运输车辆、人工挖掘、工程占地	行驶车辆
	水资源	施工作业、生活废水、工程占地	污染物融入地表径流
	声	施工作业、车辆运输、工程爆破	行驶车辆
土地资源	施工占地、表土扰动、环境污染	路基占地、植被恢复	
	鱼类	施工作业、人为捕捞、水体污染	接近效应、水体污染
野生脊椎动物	两栖类	施工占地、人为捕杀、施工损伤、环境污染	阻隔效应、接近效应、车辆损伤、环境污染
	爬行类	施工占地、施工损伤、人为捕杀、环境污染	阻隔效应、接近效应、车辆损伤、环境污染
	鸟类	施工占地、施工噪声、环境污染、人为捕捉、车辆灯光	接近效应、车辆损伤、环境污染(尤其噪声污染)、车辆灯光
	哺乳类	施工占地、施工噪声、环境污染、人为捕杀	阻隔效应、接近效应、车辆损伤、环境污染、车辆灯光
植物	施工占地	环境污染、交通事故	
植被	施工占地、环境污染	环境污染、交通事故	
景观资源	施工占地、各项工程建设	公路各工程建筑风貌、绿化恢复	
生态系统	施工占地、环境污染、人为活动	阻隔效应、接近效应、污染效应	
主要保护对象	施工占地、环境污染、人为活动	车辆噪声、环境污染	

近区域有一定影响,工程建设完工后,这种影响即消失。

运营期对空气质量的影响主要来源于行驶车辆产生的有毒有害物质,但对公路周边空气质量影响很小。公路永久占地区的雨水渗透性减弱,对局部地表水文的影响将长期存在,但不至于对评价区域内降水量和水质造成明显影响。而且原省道 310 线本身对周围环境已经产生一定影响,各种生态系统

也趋于稳定,非生物因子产生的影响范围十分有限,影响较小。

### 5.2.2 对自然资源的影响

项目建设对土地资源最直接的影响就是将永久占用土地  $5.0447 \text{ hm}^2$ , 占保护区总面积的  $0.007\%$ , 影响较小。工程建设期间会增大水土流失量,但是工程完工后,通过植被恢复可减少这种影响。施工占地、施工损伤和大气污染、水污染、噪声振动等因素,对占地区和离占地区较近区域内的鸟类和兽类的影响稍大,但施工结束后,影响因素不复存在。

工程建设会破坏植被,使区域内乔木蓄积量和灌木草本生物量有所减少,但所占比例小,对保护区的影响较小。而且占地区分布的植物均属常见植物,工程建设不会使保护区内的植物种类减少。区域内自然景观类型数不会因公路建设而减少,但工程建设会对景观质量和景观视觉有一定的影响。

运营期,受公路阻隔作用、接近效应和污染效应,公路两侧两栖类、爬行类种群交流略受影响,部分鱼类、兽类、鸟类等会受人为活动威胁。但由于原省道 310 线和马住、连地、蓼坞、双堂、坡头等居民点已经对周围自然环境造成一定干扰,其动植物丰富度并不如保护区其他区域丰富,因此对自然资源影响很小。

### 5.2.3 对自然生态系统的影响

建设期,各项工程将占用森林生态系统面积  $4.3950 \text{ hm}^2$ , 主要为杨树防护林和核桃经济林,其中杨树防护林面积  $2.0773 \text{ hm}^2$ , 核桃林面积  $3.2177 \text{ hm}^2$ ; 占用湿地生态系统面积  $0.5876 \text{ hm}^2$ , 主要为芦苇群落; 占用农田生态系统面积  $0.0621 \text{ hm}^2$ 。所占用的生态系统均属于常见类型。

生态系统的空间结构、物种结构和基本成分将发生微弱变化,工程附近区域的生态系统出现破碎化,将在一定程度上降低该区域生态系统的完整性,但这些影响相对整个保护区是很微小的。区域环境质量的微弱改变不会造成这些生态系统的崩溃,生态系统的类型数也不会减少。

工程建成后,永久占用的生态系统会变成道路或居民点,通过施工方对道路景观绿化的适当改善,其生态系统面积、结构、功能及能量流动都将发生轻微变化。车辆运行产生噪声,司乘人员产生的生活废弃物会造成局部环境污染。但受省道 310 线和居民点对保护区既有的影响,区内生态系统也趋于稳定。因此,运营期公路工程阻隔作用、接近效应和污

染效应对区内生态系统造成的干扰较小。

#### 5.2.4 对景观生态体系的影响

评价区域内有河流、坑塘、旱地、林地、滩地、建设用地等景观类型。工程建设前,总斑块数为64个,破碎度指数(平均斑块面积)为15.79,多样性指数为1.27,优势度指数为1.59。

工程建设使旱地景观、林地景观、滩地景观面积和斑块数量减少,建设用地景观面积和斑块数量增加。工程建成后各景观类型总斑块数量为64,破碎度指数(平均斑块面积)为15.54,多样性指数和优势度指数不变。总体来说,工程建设对景观生态体系的影响很小。

#### 5.2.5 对主要保护对象的影响

工程评价区内没有发现国家重点保护野生植物。评价区为保护区的实验区,与保护区主要保护物种的栖息、觅食、停歇区域较远,对保护区重要物种的栖息地生境影响较小。评价区人为活动较多,干扰较大,不是雁鸭类及其他水禽、涉禽的重要栖息、觅食和停歇地,因此影响不大。

#### 5.2.6 对生物安全的影响

工程建设和运营期不会明显改变保护区的树种结构,因此,不会增加当前病虫害爆发的几率。

建设期,施工人员进入保护区,有可能带入当地没有分布的动植物;主体工程建设完成后进行植被恢复时也有可能引入危害较大的外来植物,造成生物入侵。运营期,游客、车辆进入也可能存在外来物

种入侵风险。

工程建设影响区域为实验区,且占地规模很小,因此,不太可能造成保护区重要遗传资源流失。

建设期发生火灾几率的大小主要取决于人为活动产生的火灾风险;而运营期火灾发生率取决于交通事故发生率。保护区作为敏感区域,管理严格,在保护区内不良地质路段设置限速标志、减速带,尽可能地保证车辆行驶安全性,降低火灾风险几率。综合来看,影响预测为小。

#### 5.2.7 对社会因素的影响

拟建项目为济源市南部、黄河北岸一条重要的省级道路,是连接济源和洛阳两市的重要交通干线公路,也是济源市“十三五”重点建设项目,已经得到各相关部门批复。

通过访问、访谈,表明当地政府、保护区管理部门、周边社区居民对建设项目均持支持态度。项目建设将显著改善道路通行能力,对促进小浪底景区旅游发展、提高当地经济收入贡献很大,具有积极的社会影响。

### 5.3 影响预测结果

通过生态影响综合评价评分标准和赋分体系测算,该工程对保护区生态影响,建设期综合评价分值为23,运营期综合评价分值为22(表2),根据《建设项目对自然保护区自然资源、自然生态系统和主要保护对象影响评价技术规范》(DB51/T1511~2012),属“影响较小”。

表2 生态影响评价单项指标赋分

Tab.2 Index value of ecological impact assessment

评价项目	评价指标	影响程度 预测结果	建设期 评分	运营期 评分	预测标准
	综合赋分	较小	23	22	评价结果分值为0~40的,综合评价结论为“影响较小”
非生物因子	空气质量	大	2	1	占地区附近最大影响之较现状值所在等级下降一级
	水质量	小	1	1	影响值在现状值所在级别范围内波动
	声	小	1	1	影响值在现状值所在级别范围内波动
自然资源	土地资源面积	小	1	1	占地面积占自然保护区总面积介于0.001%~0.01%
	动物物种丰富度	小	1	1	评价区野生动物种类不减少
	动物种群个体数量	小	1	1	评价区受影响最大的鸟类总数量变化在10%以下
	活立木蓄积量	小	1	1	采伐林木的蓄积量占保护区林木蓄积总量小于0.01%
	灌木和草本植物生物量	小	1	1	毁损的灌木和草本植物生物量低于自然保护区总数的0.01%
	植物物种丰富度	小	1	1	评价区植物种类不减少
	自然景观	小	1	1	自然景观类型数量不减少;现状值所在级别范围内波动

续表 2

评价项目	评价指标	影响程度 预测结果	建设期 评分	运营期 评分	预测标准
生态系统	生态系统类型	小	1	1	评价区生态系统类型不减少
	生态系统面积	小	1	1	河流生态系统减少面积占保护区该类生态系统总面积比例小于 0.001%
景观生态	斑块及类型水平	小	1	1	优势度指数变化小于 10%
	景观水平	小	1	1	多样性指数变化小于 15%
	破碎化指数	小	2	2	评价区破碎化指数变化介于 15%~30%
主要保护 对象	种群数量或面积 指标	小	1	1	评价区主要保护对象数量变化小于 5%
	栖息环境面积指标	小	1	1	评价区主要保护对象栖息环境变化在 5% 以下
	栖息环境自然性 指数	小	1	1	评价区主要保护对象分布范围变化在 5% 以下
生态风险	火灾发生概率	小	1	1	几率增加 10 倍以下
	外来物种入侵概率	小	1	1	几率增加 10 倍以下
	重大灾害事件发生	小	1	1	几率增加 10 倍以下

## 6 评价结论与建议

### 6.1 评价结论

本项目主要沿 S245 老路加宽改造,为保护区边界道路,影响区域全部为实验区,影响较小。

工程建设和运营期,工程对保护区生态影响综合评价结论为“影响较小”。项目建设对黄河湿地国家级自然保护区(济源段)自然资源、自然生态系统和主要保护对象的影响不涉及无条件否决项,从生物多样性保护的角度考虑,本工程建设是基本可行的。而且,项目建设对促进当地社会经济的发展具有积极的作用。

### 6.2 问题和建议

1)保护区范围文本与图不一致,给评价工作带来困难

根据国家林业局批复的保护区总体规划,扩建道路为保护区边界道路。但根据环保部提供的保护区矢量图,保护区红线范围与道路无法重合,犬牙交错,不仅给评价工作带来不利,也给保护区管理工作带来不便。因此,建议林业和自然保护区管理部门等要加强沟通协调<sup>[1]</sup>,明确保护区红线范围。

2)保护区本底动植物资源监测数据缺乏,未来应加强监测力度

保护区虽已成立多年,但由于种种原因,监测工作进展缓慢,造成评价区动植物资源本底情况不明

确。建议保护区加强野生动植物监测工作,委托大大学院或科研单位的专家或专业技术人员,科学开展对保护区生物多样性的动态监测,为保护区的科学管理提供依据<sup>[2,3]</sup>。

### 参考文献:

- [1] 梁学功,张亮.我国建设项目环境影响评价中生物多样性保护的现状和展望[J].环境保护,2006(23):50-52.
- [2] 赫尚丽,朱丽艳,李百航,等.丽香铁路建设对自然保护区生物多样性的影响评价[J].林业建设,2013(2):54-56.
- [3] 邓勇.高速公路建设对自然保护区生物多样性影响评价——以铜南宣高速公路对安徽扬子鳄国家级自然保护区为例[J].四川林勘设计,2015(3):75-80.
- [4] 中华人民共和国林业行业标准.自然保护区生物多样性调查规范[S].LY/T1814-2009.
- [5] 中华人民共和国林业行业标准.自然保护区土地覆被类型划分[S].LY/T1725-2008.
- [6] 中华人民共和国林业行业标准.自然保护区自然生态质量评价技术规程[S].LY/T1813-2009.
- [7] 中华人民共和国林业行业标准.自然保护区有效管理评价技术规范[S].LY/T1726-2008.
- [8] 中华人民共和国林业行业标准.自然保护区建设项目生物多样性影响评价技术规范[S].LY/T2242-2014.
- [9] 四川省地方标准.建设项目对自然保护区自然资源、自然生态系统和主要保护对象影响评价技术规范[S].DB51/T1511-2012.

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2018.03.024

## 虫情测报仪在玉溪红塔山自然保护区 森林害虫监测与防治中的应用

左天兴 黄桂英 贾丽萍 王宏勋 杨云波

(红塔山自然保护区管理局森防站,云南 玉溪 653100)

**摘要:**虫情测报仪是一种新型测报工具,广泛应用于农、林业虫害监测防控工作中。2017年3—8月,在云南省玉溪市红塔山自然保护区灵照山林区应用虫情测报仪开展森林害虫灯光诱测,结果表明,虫情测报仪诱集害虫种类多,虫量大,虫峰日期明显,对鳞翅目和鞘翅目森林害虫具有较好的监测和防治作用,且使用安全方便,对天敌相对安全,防治效果显著。根据诱测结果,对金龟子类 and 天牛类成虫以及天蛾科、蚕蛾科绿尾大蚕蛾、枯叶蛾、尺蛾类、灯蛾类等林业害虫的发生动态及峰值进行分析,结果表明,所监测到的森林害虫种群数量不大,对该区域森林不会造成威胁。

**关键词:**虫情测报仪;林业害虫;发生动态;峰值;种群数量监测;玉溪红塔山自然保护区

中图分类号:S759.9;S763.3 文献标识码:A 文章编号:1671-3168(2018)03-0121-04

## Application of Pest Detector in Forest Pests Monitoring and Control of Hongtashan Nature Reserve

ZUO Tianxing, HUANG Guiying, JIA Liping, WANG Hongxun, YANG Yunbo

(Forest Fire Prevention Station, Administration Bureau of Hongtashan Nature Reserve, Yuxi, Yunnan 653100, China)

**Abstract:** As a new prediction tool, the pest detector is widely used in monitoring and controlling agricultural and forest pests. The light trapping for forest pests in Hongtashan Nature Reserve of Yuxi was carried out by the pest detector in August 3, 2017. The results showed that with the advantages of trapping pest various in species, large in quantity and obvious in pest peak, the pest detector which was convenient and relatively safe for natural enemies had better monitoring and controlling effect on Lepidoptera and Coleoptera pests. The dynamic occurrence and peak value of forest peats such as Scarabaeoidea, Cerambycidae, Sphingidae, *Actias selene ningpoana* of Saturniidae, Lasiocampidae, Geometridae and Arctiidae were analyzed, which showed that the populations of the forest pests populations was not enough to threaten the region.

**Key words:** pest detector; forest pests; dynamic occurrence; peak value; populations monitoring; Hongtashan Nature Reserve of Yuxi

红塔山自然保护区灵照山片区是思茅松毛虫重点监测区域,思茅松毛虫曾于1990年在该片区大发生。为了更好地掌握思茅松毛虫和其它森林害虫在

红塔山自然保护区灵照山片区的发生种类、发生期和种群数量动态规律,提高测报准确率和预测预报水平,指导科学防控工作,笔者于2017年3—8月各

收稿日期:2018-01-23.

作者简介:左天兴(1967-),男,云南玉溪人,工程师。主要从事森林病虫害防治工作。Email:jialpyx@126.com

类林业害虫成虫发生期,利用太阳能虫情测报仪在该区域开展了灯光诱测工作,在监测的同时达到降低下一代害虫虫口密度的作用。

## 1 材料与方 法

### 1.1 供试材料

SP 科力 KCB-II 型全自动虫情测报仪,湖北省荆州市科力电器有限公司生产。

### 1.2 设置地点及周围环境

虫情测报仪设置在红塔山自然保护区管护局(以下简称“保护区”)灵照山管护站房顶,海拔 2 108.4 m,经度 102°34'37.89",纬度 24°18'19.62",附近有玉溪的佛教圣地灵照寺、农户养殖场,小三家村庄,村庄周边有果园。地块植被有云南松、滇油杉、墨西哥柏、木荷、樱桃、枫香、老鸦泡、小铁子、杜鹃、野山茶、野古草、黄背草等。

### 1.3 原理

自动虫情测报仪是根据黑光灯诱虫原理,利用特殊光谱的光源引诱害虫扑灯,待虫跌入灯体后,其内部远红外线烘干机将虫体烘干。每天晚上天黑便自动开灯,开灯诱杀时间为 2017 年 3—8 月。由一个接虫箱接虫,每星期统计一次诱杀的虫种,鉴定各类昆虫,统计诱虫数量,将完整的虫体制作成标本。

## 2 结果与分析

### 2.1 灯诱森林昆虫的种类和数量

通过 6 个月的监测,共诱集到 5 目 18 科 37 种、18 460 只昆虫(含未鉴定的虫种),其中林业害虫有 3 目 13 科 20 种 5 296 只,占比 28.69%,益虫 1 目 1 科 3 种 211 只,占比 1.14%。灯诱结果表明,虫情测报仪诱集害虫种类多,数量大,对益虫诱集数量少,可作为一种有效的监测工具应用于林业、果园害虫的监测与防治工作中。测报仪诱杀昆虫种类及数量如表 1 所示。

### 2.2 灯诱主要林业害虫种类与数量

虫情测报仪诱集最多的是鞘翅目害虫,共诱杀到 3 846 只,占总虫量的 20.83%;鞘翅目害虫 8 科 8 种,除 2 种天牛已鉴定外,其它有 1 种未鉴定;天敌昆虫 1 科 3 种;其次是鳞翅目害虫,共诱杀到 2 251 只,占总虫量的 12.19%,鳞翅目昆虫 8 科 21 种。螳螂目、半翅目、直翅目 3 个目共诱集到 3 科 4 种 967 只,占总虫量的 5.24%;未鉴定的其它鳞翅目 9 643 只,占总虫量的 52.24%;未鉴定的鞘翅目

表 1 虫情测报仪诱虫种类及数量

Tab. 1 Species and quantity of pests trapped by pest detector

目	科	种	数量/只
鳞翅目	天蛾类	6	608
	枯叶蛾	2	156
	夜蛾	2	25
	灯蛾	4	640
	鹿蛾	1	142
	尺蛾	3	353
	蚕蛾	1	188
	大蚕椽	1	2
	钩蛾	1	137
	鞘翅目	铜绿丽金龟	1
鳃金龟		4	1024
粪金龟		1	1
松墨天牛		1	8
短足幽天牛		1	257
吉丁虫		1	4
瓢虫		3	211
其它天牛		1	5
叶甲		1	13
螳螂目		螳螂	1
	缘蝽	1	953
半翅目	蝽象	1	11
	蝼蛄	1	1
直翅目	其它蛾类		9643
未确定	其它虫类		1543
合计			18460

1 543, 占总虫量的 8.36%, 林业害虫 15 科 27 种, 占总虫量的 32.29%。灯下诱集到的这些害虫均是食叶、蛀干或枝梢害虫, 这与林业生产上虫害发生的实际情况是一致的。可见, 使用灯光诱测害虫对指导防治工作具有重要现实意义。灯下诱集到的主要林业害虫种类及数量见表 2。

### 2.3 主要林业害虫的发生动态及峰值

#### 2.3.1 金龟子类成虫发生动态

铜绿金龟子 *Anomala corpulenta* Motschulsky 1 年发生 1 代, 以 2~3 龄幼虫越冬, 翌年 5 月开始化蛹。3—4 月有少量成虫, 5 月成虫逐渐增多。随着雨季的到来, 成虫增多, 在灯下出现高峰期最多是 6 月, 共诱到 1 544 只, 是保护区范围内危害最重的金龟子, 幼虫危害林木根系, 成虫蚕食叶片。其食量大, 林木叶片常在几天内被全部食光, 严重发生时常吃光顶部梢叶片, 仅留主脉。群居危害, 交尾多在树上进行。平均寿命 30 d, 卵多产在 5~6 cm 深的土



表2 虫情测报仪各时间段诱杀的主要林业害虫数量  
Tab.2 Quantity of main pests trapped by pest detector at different time 只

主要虫害	3月	4月	5月	6月	7月	8月	合计
天蛾类	22	28	22	246	161	129	608
枯叶蛾	0	0	0	95	20	41	156
尺蠖	0	0	22	189	55	87	353
灯蛾	40	33	4	507	16	40	640
绿尾大蚕蛾	40	45	23	65	1	9	188
铜绿丽金龟	40	36	466	1544	361	87	2534
鳃金龟类	0	0	55	635	124	210	1024
短足幽天牛	0	0	5	162	58	32	257

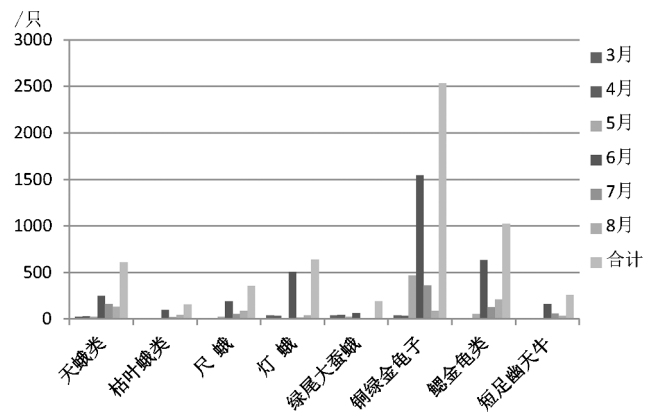


图1 主要林业害虫发生动态及峰值

Fig.1 Dynamic occurrence and peak value of main forest pests

层中。幼虫7月出现,1~2龄幼虫食量小,10月份大部分进入3龄,食量猛增,咬食苗木近地面处的茎部和根系,严重时造成幼苗死亡。因此,进行灯光诱杀时要在5月初开灯,8月底收灯。根据卵历期,可以推测出8—9月是幼虫危害期,此时应适时防治幼虫;大栗鳃金龟 *Melolontha hippocastani mongolica* Ménétries 成虫灯下出现1个高峰期在6月份,小黄鳃金龟 *Metabolus flavescens* Brenske、暗黑鳃金龟 *Holotrichia parallela* Motschulsky 最高峰值也在6月份,表明1年发生1代,以成虫越冬,6月为成虫出现盛期,7—8月虫量逐渐减少(图1),7月下旬卵孵幼虫至秋末,深入15~40cm土中越冬。这几种鳃金龟类危害基本相同,以成虫取食寄主的芽、叶和花,间或啃食果实,以幼虫食害寄主根部幼嫩组织,果苗受害损失严重,被害叶呈不规则缺刻或仅残留叶脉。果实被害后,呈不规则孔洞,易被病害感染变黑变腐;幼苗常被环剥,严重时寄主根部出现断根、缺苗、断垄,削弱树势。

2.3.2 天牛类成虫的发生动态

短足幽天牛 *Asremam amurense* Kraatz 在灯下开始出现的时间为5月份,6月份为危害高峰期,这表明其每年发生1代,比松墨天牛 (*Monochamus alternatus*) 在林间活动时间晚1个月出现。短角幽天牛除成虫外,其它虫态均隐匿于树体组织内。成虫多在夜间活动,行为较隐秘,平时林间难以观察其行为踪迹。有关该虫的生物、生态学特性和发生发展规律国内少有报道。自2009年以来,保护区应用蛀干害虫引诱剂监测松墨天牛种群数量分布和动态时诱捕到大量短足幽天牛。灵照山气候适宜短足幽天牛种群生存,其老熟幼虫在树干过冬,成虫6月上旬至

7月中旬大量出现。有报道称该虫卵、蛹、成虫同时存在,并且老熟幼虫也同时存在。该虫幼虫还蛀食伐桩和树根,应是典型的蛀干蛀根害虫。5月中下旬成虫羽化,6月为羽化盛期,7—8月逐渐减少(图1)。成虫羽化后飞向树冠,啃食细枝皮层,造成枯枝。

2.3.3 天蛾科 Sphingidae 害虫发生动态

天蛾类害虫主要有红天蛾 *Pergesa elpenor lewisi* (Butler)、雀纹双线天蛾 *Theret oldenlandiae* (Fabricius)、蓝目天蛾 *Smerithus planus* Walker、葡萄天蛾 *Ampelophaga rubiginosa* Bremeret Grey、桃六点天蛾 *Marumba gashkewitschil echephron* Boisduval、豆天蛾 *Clanis bilineata tsingtauica* Mell,这几种天蛾主要危害桃、李、樱、杏、苹果、梨等经济林,还危害茉莉、女贞、樟、柳、白蜡树、桂花等园林花木。主要以幼虫食害寄主叶片,初龄幼虫常将叶片食成缺刻与孔洞,稍大后则大量危害叶片,常使树木呈光秃状,或仅留叶柄或部分粗叶脉,严重影响产量与树势。从诱捕效果来看,天蛾类害虫在3月和4月均有发生,说明其1年可发生2代,6月为越冬代成虫羽化盛期。葡萄天蛾成虫昼伏夜出,有趋光性,羽化后不久即可交尾、产卵。成虫卵散产于叶面与嫩枝上,单雌卵量平均500粒左右。卵期5—10d不等。幼虫活动迟缓,夜间取食,白天潜伏,幼虫历时40~50d,老熟后即化蛹。蛹期:越冬代240d左右,第1代在13d左右,第2代在10d左右。所以对天蛾类害虫最佳的灯诱时间应该选择在5—7月。

2.3.4 蚕蛾科绿尾大蚕蛾害虫发生动态

绿尾大蚕蛾 *Actias selene ningpoana* Felder 寄主有苹果、梨、核桃、樱桃、杏、葡萄、粟、枫香、杨、喜树

等植物,成虫最早出现在 3 月,6 月发生的峰值最高,随之逐渐减少,据文献资料报导,在云南分别有不完整的 4 代。在各地均以蛹在茧内越冬,茧蛹分布于树皮裂缝及寄主附近的地被物下。初龄幼虫常群集取食,2 龄后分散危害。1、2 龄幼虫较活泼,3 龄后食量增大,行动迟缓,取食完一片叶后再转害相邻叶片,逐叶逐枝取食,仅残留叶柄,极易发现。幼虫共 5 龄,历期 35—45 d。幼虫危害至老熟后于枝上贴叶吐丝结茧化蛹,越冬代蛹期 180 d。成虫羽化后开始交尾产卵,单雌平均产卵量为 250 粒,卵期 7—15 d 不等。成虫寿命约 10 d 左右。成虫昼伏夜出,有趋光性,活动 2 h 左右。因此,在 3 月份就可以对绿尾大蚕蛾进行灯诱防治。

### 2.3.5 枯叶蛾类害虫发生动态

这类害虫主要为思茅松毛虫 *Dendrolimus kikuchii*。从表 2 可以看出,成虫于 6 月份出现,且最高峰值也是在 6 月份。根据保护区近几年的虫情监测,2010 年后滇油杉纯林的思茅松毛虫未发生危害,可能与天敌昆虫增多,生态逐渐改变有很大的关系。从灯诱的情况来看,成虫的量也不太大,有虫不成灾,但也要每年做好虫情监测,避免突发灾害。思茅松毛虫在灵照山滇油杉林中 1 年发生 1 代,以 2~3 龄幼虫越冬,越冬期为当年 11 月至翌年 2 月。冬季气温较高时,越冬幼虫仍可活动取食。每年 3—5 月是幼虫取食危害的高峰期,此时期幼虫生长迅速,食量大,虫口密度大时,食光一株针叶树针叶往往只需要几天时间。5 月下旬老熟幼虫爬行至路边灌木叶子背面结茧化蛹,6 月成虫羽化,8 月上旬新一代幼虫出现,生长至 2 或 3 龄进入越冬期。

### 2.3.6 尺蛾类害虫发生动态

尺蛾类害虫主要有云尺蛾 *Buzura tibetaria* Oberthur、灰星蛾尺蛾 *Arichanna jaguarinaria* 接骨木尺蛾 *Ouraapteryx sambucaria*,这 3 种尺蛾主要寄主有圆柏、藏柏、墨西哥柏、常春藤、爬山虎、接骨木、桑树等植物。云尺蛾 2009 年首次在红塔山自然保护区东风管理所龙马山被发现,主要危害圆柏,2011 年未发生危害。从诱杀效果来看,灵照山林区仍有零星的尺蛾分布,且高峰期 6 月,诱到 189 只,6 个月的虫量为 353 只。云尺蛾在红塔山自然保护区 1 年发生 1 代,虫态不整齐。以蛹在土壤中越冬,蛹期长达 280 d,翌年 6 月中旬成虫开始羽化产卵,8 月下旬新一代幼虫开始化蛹。灰星尺蛾和接骨木尺蛾呈零星分布,未造成危害。

### 2.3.7 灯蛾类害虫发生动态

灯蛾类主要有 4 种,即人纹污灯蛾 *Spiparetia subcarnea* Walker、星白雪灯蛾 *Spilosoma menthatri* (Esper)、八点灰灯蛾 *Cretonotus transiens* (Walker)、显脉污灯蛾 *Spilarctia bisecta* (Leech)。这 4 种灯蛾从 3 月开始出现,6 月达到最高峰值,诱到 507 只,仅次于鳃金龟类在 6 月的发生量,总诱虫量为 640 只。这 4 种灯蛾呈零星分布,未造成危害。人纹污灯蛾寄主有榆树、杏树、桃树、李树、桑树,1 年发生 2~6 代,北方第 1 代成虫 5 月羽化,第 2 代成虫 7—8 月羽化。每雌产卵 400 粒左右。初孵幼虫群栖于叶背面,食害叶肉,3 龄以后分散为害。受惊吓后落地假死,蜷缩成环。幼虫爬行速度快,自 9 月份开始寻找适宜场所结茧化蛹越冬。

## 3 结论

虫情测报仪在红塔山自然保护区灵照山监测应用结果显示,该区域思茅松毛虫数量极少,不会导致短期虫情大发生;所监测到的其它几类森林害虫,其种群数量不大,对该区域滇油杉林和云南松林不会造成威胁,有虫不成灾。

虫情测报仪的应用,既可降低化学农药对环境的污染,也大大降低了防治成本,减轻了农药对天敌的杀伤,保护了自然界的生态平衡,具有明显的生态效益、经济效益和社会效益<sup>[8]</sup>。应用虫情测报仪开展长期连续的监测,可为当地林业害虫的防控提供科学的依据。

## 参考文献:

- [1] 云南省林业厅,中国科学院动物研究所. 云南森林昆虫 [M]. 昆明:云南科技出版社,1987:565.
- [2] 王宇飞,赵树英,李志武. 园林有害生物 [M]. 沈阳:辽宁科技出版社,2012:15,185.
- [3] 师光禄,王有年,刘永杰,等. 果树害虫及综合防治 [M]. 北京:中国林业出版社,2013:76-78,317-319.
- [4] 赵锦年,唐淑琴. 短角幽天牛成虫林间种群动态的监测研究 [J]. 林业科学研究,2007,20(4):91-94.
- [5] 贾丽萍,王宏勋,杨云波. 自动虫情测报灯在林果害虫防治中的应用 [J]. 林业调查规划,2012,37(6):81-84.
- [6] 王宏勋,黄桂英,贾丽萍,等. 云南省玉溪市红塔山自然保护区主要林业有害生物图册 [Z]. 2016:56.
- [7] 徐志宏,陈秀龙. 常见花木病虫害实用图鉴 [M]. 北京:中国农业出版社,2007:46.
- [8] 李红彦,钱晓澍. 佳多频振式杀灯在西宁市林木保护工作中的应用 [J]. 中国森林病虫,2002,21:36-39.

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2018.03.025

## 广西维都林场桉树人工林土壤养分状况与科学施肥研究

李步斌<sup>1</sup> 杨家强<sup>1</sup> 王劲松<sup>1</sup> 刘霜莲<sup>1</sup> 江海涛<sup>1</sup> 郭东强<sup>2</sup>

(1. 广西国有维都林场, 广西 来宾 546100; 2. 广西壮族自治区林业科学研究院, 广西 南宁 530001)

**摘要:**对位于广西来宾市的维都林场桉树人工林进行土壤取样,并对土样进行检测。结果表明,维都林场桉树林地土壤酸性较强;养分含量随着土层厚度加深而下降,总体呈现“少磷,缺钾,铜硼匮乏”特征;除土壤 pH 值与土层厚度外,其余土壤养分指标间存在较好的正相关关系。建议结合植株营养诊断,采取测土配方施肥,侧重施用复合肥,及时补充铜、硼等微量元素。

**关键词:**桉树人工林;土壤养分;测土配方施肥;微量元素;有机质;广西维都林场

中图分类号:S792.39;S714.8 文献标识码:A 文章编号:1671-3168(2018)03-0125-04

### Soil Nutrient and Scientific Fertilization of *Eucalyptus* Plantation in Weidu Forest Farm of Guangxi

LI Bubin<sup>1</sup>, YANG Jiaqiang<sup>1</sup>, WANG Jinsong<sup>1</sup>, LIU Shuanglian<sup>1</sup>, JIANG Haitao<sup>1</sup>, GUO Dongqiang<sup>2</sup>

(1. Guangxi Weidu State-owned Forest Farm, LaiBin, Guangxi 546100, China;

2. Guangxi Academy of Forestry, Nanning 530001, China )

**Abstract:** Soil of *Eucalyptus* plantation in Weidu Forest Farm of Laibin City was sampled and studied. The results showed that the soil acidity of *Eucalyptus* forest land was strong and the nutrient content decreased with the depth of soil layer which represented absent phosphorus, potassium, copper and boron. There was a good positive correlation of the other soil nutrient indexes except soil PH value and soil thickness. This paper suggested to adopt testing soil for formulated fertilization combined with plant nutrition diagnosis, and pay attention to the application of compound fertilizer and the supplement of copper and boron.

**Key words:** *Eucalyptus* plantation; soil nutrition; testing soil for formulated fertilization; microelement; organic matter; Weidu Forest Farm of Guangxi

实施金山银山工程,开展林业沃土工程项目,提升营造林质量是广西林业当前发展的热点。如何在有限的林地面积上提升营造林质量、增加林业产值,具有十分重要的意义。本文以维都林场当家树种“桉树”为研究对象,在土壤养分检测的基础上,分析土壤养分现状,以利于开展测土配方。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究地概况

维都林场位于广西中部来宾市,属亚热带季风气候,年均温 18.1~21.2℃,年均降雨量 1 225~1 942 mm,下疇 6 个分场,主要速生树种为尾巨桉(表 1)。

收稿日期:2018-02-16.

基金项目:十三五国家重点研发计划专项:桉树高效培育项目(2016YFD0600504).

作者简介:李步斌(1976-),男,广西陆川人,工程师.主要从事林业资源管理工作.

通信作者:王劲松(1984-),男,湖南永州人,硕士,工程师.主要从事森林培育学研究. Email:517905324@qq.com

表 1 研究地点概况

Tab. 1 General situation of research site

项目	雅江	维都	龙凤山	平塘	松柏	清水河
北纬	23°50'~23°56'	23°44'~23°48'	23°39'~23°42'	23°28'~23°36'	23°26'~23°38'	23°28'~23°32'
东经	109°18'~109°21'	109°14'~109°20'	109°11'~109°15'	109°8'~109°11'	109°1'~109°9'	108°58'~109°1'
海拔/m	70~270	90~290	78~285	110~400	85~545	90~160
土壤	红壤	红壤	赤红壤	赤红壤/石灰土	石灰土	赤红壤
成土母岩	硅质岩	砂岩	砂岩	砂岩/石灰岩	石灰岩	砂岩

## 1.2 样地设置

从各分场分别挑选出 5 块不同林龄且具代表性的林地,在该林地内设置 20 m×20 m 的正方形样地。样地应具有代表性,能代表调查林分的平均生长状况,样地坡面地形变化小,树木分布相对均衡,位于林分相对较中央位置。如果同一树龄林分调查的样地有 2 块以上,应考虑坡向、坡位、海拔等环境因素,即考虑在不同坡向、坡位、海拔等位置设置样地。

## 1.3 土样采集及处理

沿样地对角线分上、中、下 3 个采样点,每个采样点挖深 100 cm 的土壤剖面,分别按 2 种土层深度(0~40 cm、40~100 cm)各取土 400 g,用样品袋包装,并做好记录。将采回的土样及时进行晾干,每个样地的土样分别按 0~40 cm、40~100 cm 分类摊在塑料布上进行混匀,碾碎,按“四分法”进行处理。最后,每个样地 2 种深度土层各保留一份约 0.5 kg 土样送检。

## 1.4 土样分析

土壤 pH 值采用电位法,全 N 采用半微量凯氏法,全 P 采用酸溶—钼锑抗比色法,全 K 采用氢氧化钠碱熔—火焰光度法,有机质、水解 N、有效 P、速效 K、有效 Cu、有效 Zn、有效 B 等含量分析方法参照《土壤农业化学分析方法》<sup>[1]</sup>。

## 1.5 数据处理

采用 EXCEL 软件对数据进行初步处理,利用 SPSS19.0 软件对数据进行显著性检验及相关性分析,用软件 Origin 9.0 绘图。

## 2 结果与分析

### 2.1 桉树人工林土壤养分综合评价

维都林场桉树林地土壤 pH 值为 4.22~4.91,土壤普遍呈酸性至强酸性(表 2)。参考广西林地土

壤养分分级标准,全场 0~40cm 土层土壤平均有效 P 含量(5.02 mg/kg)处于“富”等级,其中维都与龙凤山 2 个分场土壤的有效 P 含量高;水解 N、有效 Zn、全 N、有机质平均含量分别为 90.32 mg/kg、2.47 mg/kg、1.09 g/kg、24.03 g/kg,处于“中”和“中下”等级;速效 K、有效 B、有效 Cu、全 P、全 K 含量分别为 39.12 mg/kg、0.17 mg/kg、0.55 mg/kg、0.31 g/kg、7.31 g/kg,处于“贫”和“极贫”等级。40~100 cm 土层土壤除水解 N 和有效 Zn 含量处于“中下”等级外,有机质等其余 8 个指标均处于“贫”和“极贫”等级。

综合来看,维都林场桉树林地土壤较为贫瘠,土壤呈较强的酸性,土壤养分中 N、有机质含量中下;全 P 含量较低,但不同种植区有效 P 含量差异大;K 含量较低,处于缺乏状态;微量元素 Cu 及 B 含量缺乏,尤其以有效 Cu 处于极缺乏状态,可能是维都林场桉树生长的限制因子之一。这符合马涪<sup>[3]</sup>、陈少雄<sup>[4]</sup>研究广西桉树人工林地土壤普遍少磷、钾,缺铜、硼这一特征。

### 2.2 不同桉树人工林土壤养分差异分析

维都林场不同造林分场桉树林土壤养分含量存在一定差异(表 2,图 1)。6 个地点中以龙凤山分场的有机质含量最高;N 含量相对较高的是雅江分场,但与其它各种种植区差异不显著;全 P 含量不足,均处于“极贫”水平,而维都分场有效 P 含量处于“富”水平,显著高于其它各种种植区;清水河分场、雅江分场 K 含量相对较高,但各种种植区 K 含量普遍缺乏,基本处于“贫”与“极贫”水平;各种种植区有效 Cu 及有效 B 含量差异不明显,均处于“极贫”与“贫”水平;而龙凤山分场有效 Zn 含量最高,且显著高于其它各种种植区。综合分析,龙凤山分场桉树人工林土壤肥力相对较好,有机质、全 N、水解 N、有效 P、速效 K、有效 Zn 含量相对较高;其次是维都分场、平塘分

场;而清水河分场、雅江分场及松柏分场桉树林地

表 2 不同桉树林地土壤养分指标值

Tab. 2 Soil nutrient index values of different *Eucalyptus* forest Land

土层/ cm	种植区	有机质	全 N	全 P	全 K	水解 N	有效 P	速效 K	有效 Cu	有效 Zn	有效 B	pH 值
		/(g · kg <sup>-1</sup> )					/(mg · kg <sup>-1</sup> )					
0~40	龙凤山	35.03b 中	1.36a 中下	0.45b 极贫	6.55ab 极贫	86.43a 中下	7.50b 富	55.45a 中下	0.59ab 极贫	7.81b 极富	0.20a 贫	4.22a
	维都	25.26ab 中下	1.11a 中下	0.44b 极贫	6.00ab 极贫	88.46a 中下	12.22c 极富	39.94a 贫	0.50a 极贫	1.37a 贫	0.16a 贫	4.56a
	清水河	20.77a 中下	0.86a 贫	0.22a 极贫	11.88b 贫	107.10a 中	2.86a 贫	48.86a 贫	0.23a 极贫	0.86a 极贫	0.15a 贫	4.41a
	松柏	22.87a 中下	0.98a 贫	0.21a 极贫	1.95a 极贫	81.39a 中下	2.84a 贫	24.38a 极贫	0.47a 极贫	1.83a 中下	0.17a 贫	4.51a
	平塘	18.65a 贫	0.97a 贫	0.32ab 极贫	2.99a 极贫	81.30a 中下	3.04a 中下	19.98a 极贫	0.62ab 极贫	1.60a 中下	0.15a 贫	4.66a
	雅江	21.60a 中下	1.27a 中下	0.25a 极贫	14.49b 贫	97.24a 中	1.64a 贫	46.08a 贫	0.92b 极贫	1.37a 贫	0.19a 贫	4.29a
	平均	24.03 中下	1.09 中下	0.31 极贫	7.31 极贫	90.32 中	5.02 富	39.12 贫	0.55 极贫	2.47 中	0.17 贫	4.44
	40~100	龙凤山	12.37a 贫	0.71a 贫	0.32a 极贫	8.68ab 极贫	52.70a 贫	1.30a 贫	26.13ab 极贫	0.88a 极贫	4.42b 富	0.14a 贫
维都		8.89a 贫	0.60a 贫	0.30a 极贫	6.66ab 极贫	50.12a 贫	6.94b 富	23.84ab 极贫	0.34a 极贫	0.85a 极贫	0.09a 极贫	4.63a
清水河		10.70a 贫	0.55a 贫	0.24a 极贫	13.45b 贫	71.50a 中下	1.32a 贫	37.80b 贫	0.16a 极贫	0.60a 极贫	0.10a 贫	4.49a
松柏		8.63a 贫	0.56a 贫	0.18a 极贫	2.02a 极贫	50.14a 贫	2.10a 贫	12.50a 极贫	0.36a 极贫	1.21a 贫	0.10a 贫	4.91a
平塘		16.01a 贫	0.88a 贫	0.34a 极贫	3.36a 极贫	74.98a 中下	1.34a 贫	13.98a 极贫	0.46a 极贫	1.75a 中下	0.16a 贫	4.70a
雅江		11.92a 贫	0.98a 贫	0.25a 极贫	15.84b 贫	71.04a 中下	1.28a 贫	30.64ab 贫	0.74a 极贫	0.94a 极贫	0.15a 贫	4.41a
平均		11.42 贫	0.71 贫	0.27 极贫	8.33 极贫	61.75 中下	2.38 贫	24.15 极贫	0.49 极贫	1.63 中下	0.12 贫	4.59

注:表中同例数字后不同字母者表示土壤养分含量 LSD 多重比较差异达到 0.05 显著水平,数字下方“极富”、“富”、“中”、“中下”、“贫”、“极贫”表示土壤养分含量等级<sup>[2]</sup>。

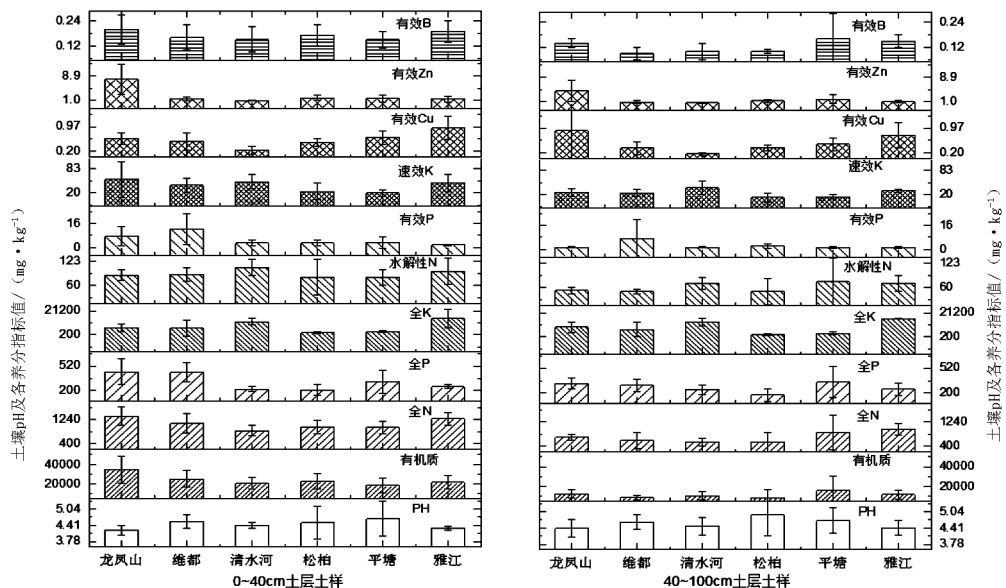


图 1 桉树人工林地土壤养分差异

Fig. 1 Difference of soil nutrients in *Eucalyptus* plantation

全 P、全 K、速效 P、速效 K 含量不高,均处于“贫”与“极贫”水平,因此林地土壤肥力相对较差。

2.3 桉树人工林土壤养分相关性分析

将各土壤指标值进行相关性分析,相关系数为正值,表示养分指标间存在促进作用;负值,表示养分间存在拮抗作用<sup>[5]</sup>。由表 2 可知,除 pH 值与全 K 外,土层厚度与其它土壤指标均呈负相关,其中与有机质、全 N、水解 N、速效 K、有效 B 等 5 个指标呈

极显著负相关( $P < 0.01$ ),说明随着土层厚度加深,土壤有机质、全 N 等养分指标呈下降趋势(图 1),除土层厚度外,pH 值与其它各土壤指标均呈负相关,说明 pH 过高不利于土壤养分释放,以上与王纪杰<sup>[6]</sup>、王吉秀<sup>[7]</sup>等研究结果一致;除全 K 和有效 P 外,有机质与其它 9 个指标均呈显著相关关系;全 K 与速效 K、有效 P 与全 P 均表现出显著相关关系,而与其它指标相关性不显著(表 3)。

表 3 各土壤养分指标间相关性分析

Tab. 3 Correlation analysis of soil nutrient indexes

养分类型	土层厚度	PH 值	有机质	全 N	全 P	全 K	水解 N	有效 P	速效 K	有效 Cu	有效 Zn	有效 B
土层厚度	1.000											
pH 值	0.171	1.000										
有机质	-0.594**	-0.268*	1.000									
全 N	-0.510**	-0.282	0.873**	1.000								
全 P	-0.176	-0.138	0.324*	0.397**	1.000							
全 K	0.076	-0.227	-0.094	0.129	-0.029	1.000						
水解 N	-0.445**	-0.120	0.733**	0.715**	0.106	0.149	1.000					
有效 P	-0.216	-0.009	0.220	0.112	0.422**	-0.233	0.069	1.000				
速效 K	-0.339**	-0.318*	0.344**	0.403**	0.341**	0.510**	0.426**	0.198	1.000			
有效 Cu	-0.093	-0.262*	0.280*	0.402**	0.106	0.140	0.211	-0.011	0.130	1.000		
有效 Zn	-0.160	-0.191	0.344**	0.310*	0.354**	0.003	0.129	0.145	0.314*	0.133	1.000	
有效 B	-0.373**	-0.177	0.788*	0.791**	0.100	0.006	0.727**	-0.046	0.300*	0.334*	0.275*	1.000

注: \* 表示指标间显著相关( $P < 0.05$ ), \*\* 表示指标间极显著相关( $P < 0.01$ )

综合来看,土层厚度、pH 值与其它土壤指标间以负相关关系为主,说明土层越浅及 pH 值越低土壤养分越高;而其余 9 个指标间均以正相关关系为主,说明各土壤养分指标间存在较好的促进作用。

3 结论与讨论

对桉树人工林土壤营养状况进行本底调查,并结合林木植株样本分析,可为桉树人工林科学施肥提供理论参考。维都林场桉树人工林土壤营养现状存在一定的区域差异,有机质与水解 N 含量基本处于中下水平,其它养分含量总体呈现“少磷、缺钾、铜硼匮乏”特征,特别是有效 Cu 含量严重不够,说明施肥时要侧重复合肥及注重微量元素的施用,采取测土配方施肥。

土壤营养元素含量随季节变化呈现一定的差异,因此不同季节施肥配方应在当季土壤养分分析

及植株营养诊断的基础上综合考虑,以缺什么补什么为原则,方可取得较好成效。

参考文献:

[1] 中国土壤学会. 土壤农业化学分析方法[M]. 北京:中国农业出版社,2000:12-274.  
 [2] 邓小军,陈晓龙,唐健,等. 基于 Nemerow 法的森林土壤肥力综合指数评价[J]. 草业学报,2016,25(7):34-41.  
 [3] 马涪,谷宜园,奚国强,等. 广西桉树林地土壤养分状况与施肥研究[J]. 土壤肥料,2005(2):53-54.  
 [4] 陈少雄. 桉树人工林土壤养分现状与施肥研究[J]. 桉树科技,2009,26(1):52-63.  
 [5] 余婉丽,韦杰宏,黄晓路. 广西桉树人工林土壤养分现状及其变异性、相关性分析[J]. 大众科技,2013,15(162):68-71.

- [6] 王纪杰,王炳南,李宝福,等. 不同林龄巨尾桉人工林土壤养分变化[J]. 森林与环境学报,2016,36(1):8-14.
- [7] 王吉秀,刘孝文,吴炯,等. 不同种植年限桉树林土壤养分的变化趋势研究[J]. 云南农业大学学报(自然科学),2016,31(5):917-922.
- [7] 王吉秀,刘孝文,吴炯,等. 不同种植年限桉树林土壤养分 doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2018.03.026

## 吴起县退耕地不同植被类型土壤性质分析

刘广亮<sup>1</sup> 艾宁<sup>2</sup> 朱清科<sup>3</sup> 强方方<sup>2</sup> 罗梦娇<sup>2</sup>

(1. 吴起县退耕还林工程管理办公室,陕西 吴起 717600; 2. 延安大学生命科学学院,陕西 延安 716000;  
3. 北京林业大学水土保持学院,北京 100083)

**摘要:**对吴起县半阳坡具代表性的草地、沙棘、油松和沙棘油松混交林 4 种不同植被类型土壤性质进行分析研究,结果表明:1)研究区土壤粒径主要由粉粒组成,且显著高于黏粒和沙粒土;土壤机械组成中,油松林地最差。2)研究区土壤容重变化较大,随着土层增加,有降低的趋势,且油松林地土壤容重最大;油松林地饱和含水量和毛管持水量最小。3)研究区土壤有机质、速效氮和全氮随着土层深度增加而降低,土壤速效磷和全磷表现规律不明显,土壤速效钾随着土层增加则先降低后升高,土壤全钾则在表层 0~20 cm 土层存在差异,沙棘油松混交林和沙棘林地土壤化学性质较其他林地好。

**关键词:**退耕地;植被类型;土壤性质;土壤机械组成;土壤粒径;土壤容重;持水量;化学性质

中图分类号:S718.545;S714.5 文献标识码:A 文章编号:1671-3168(2018)03-0129-06

## Soil Properties of Different Vegetation Types in Rehabilitated Lands of Wuqi County

LIU Guangliang<sup>1</sup>, AI Ning<sup>2</sup>, ZHU Qingke<sup>3</sup>, QIANG Fangfang<sup>2</sup>, LUO Mengjiao<sup>2</sup>

(1. Wuqi County Management Office of Grain for Green Returning Project, Wuqi, Shaanxi 717600, China;  
2. College of Life Science, Yan' an University, Yan' an, Shaanxi 716000, China;  
3. School of Soil and Water Conservation, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China)

**Abstract:** This paper studied the soil properties of four different vegetation types, including grassland, *Hippophae rhamnoides* forest, *Pinus tabulaeformis* forest, and mixed forest of *Hippophae rhamnoides* and *Pinus tabulaeformis* in the semi-sunny slope in Wuqi County. The results showed that: 1) The soil particle diameter of the study area was mainly composed of silt, significantly higher than clay and sandy soil, and the soil mechanical composition of *Pinus tabulaeformis* forest was the worst. 2) The change of soil bulk density was dramatic, presenting the downward trend with the increase of the soil layer, and the soil bulk density of *Pinus tabulaeformis* forest was the largest but the saturated water content and the capillary water holding capacity were the smallest. 3) The organic matter, available nitrogen and total nitrogen of soil decreased with the increase of soil depth; the expression law of soil available phosphorus and total phosphorus was not obvious; the soil quick available potassium decreased first and then increased with the

收稿日期:2018-09-09

资助项目:“十三五”国家重点专项课题“水蚀风蚀交错区植被群落构建与沙棘产业化技术及示范(2016YFC0501705)。

作者简介:刘广亮(1979-),男,陕西吴起人,硕士。研究方向:林业生产管理。Email:liuguangliang79@163.com

通信作者:艾宁(1989-),男,博士。研究方向:林业生态工程。Email:aining\_office@126.com

increase of soil layer; there was a difference about soil total potassium in the soil surface layer of 0~20cm; the soil chemical properties of the mixed forest of *Hippophae rhamnoides* and *Pinus tabulaeformis* and the pure forest of *Hippophae rhamnoides* were superior to other samples.

**Key words:** rehabilitated lands; vegetation types; soil properties; soil mechanical composition; soil particle diameter; soil bulk density; water holding capacity; chemical property

植被恢复可以有效地改善当地生态环境条件,众多研究表明,林草植被的恢复将导致林地土壤性质发生变化<sup>[1-3]</sup>。杨亚辉等人通过对黄土高原不同人工林下土壤理化性质的研究得出,0~20 cm 表层土壤理化性质变异性小于 20~40 cm 土层<sup>[4]</sup>。彭文英等研究指出,植被恢复 5 年后,土壤有机质开始明显增加,土壤碳、氮和速效养分则在 10 年以后开始明显增加<sup>[5]</sup>。巩杰等研究表明,不同植被类型间、不同土层土壤有机质、速效磷、速效钾、硝态氮和铵态氮含量存在显著的差异性;且人工灌木植被对土壤的培肥作用好于乔木植被<sup>[6]</sup>。信忠保等人研究指出,土地利用方式对黄土高原丘陵沟壑区典型流域土壤有机质、全 N 和速效 P 含量具有显著影响<sup>[7]</sup>。董莉丽和郑粉莉研究指出,同一植被类型下,土壤质量随植被恢复年限的增加而提高;相同恢复年限下,刺槐林地的土壤质量好于油松林<sup>[8]</sup>。姚小萌等研究指出,草地恢复对于提高土壤质量的效果较差,林地恢复对提高土壤质量的效果相对最佳<sup>[9]</sup>。吴建平等人研究指出,土壤有机碳及全氮含量变化与退耕年限、植被盖度、坡度及土壤因子存在密切关系,且植被恢复使土壤质量得到极大改良<sup>[10]</sup>。张扬等人研究指出,刺槐林地改善土壤肥力效果好于油松、苹果、柠条、沙打旺<sup>[11]</sup>。潘成忠等人研究指出,退耕年限(3a)相同的荒坡草地土壤质量显著优于人工草地<sup>[12]</sup>。薛超玉等人研究指出,植被恢复过程中黄土丘陵区土壤养分含量能够得到一定改善,但改善速度缓慢<sup>[13]</sup>。陕西吴起县被誉为“全国退耕还林(草)第一县”。近年来,随着退耕还林等林业生态工程的实施,吴起县林草覆盖率由 19.2% 提高到 62.9% (2012 年数据)。

为了进一步探讨和明确吴起县退耕地植被恢复后不同植被类型土壤理化性质,本文对该区域退耕地不同植被类型下土壤性质进行了分析研究,以期今后该区域植被恢复重建以及退耕还林等林业生态工程实施过程中植被选择和植被配置提供相应理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究区概况

吴起县位于陕西省延安市西北部(东经 107°38'57"~108°32'49",北纬 36°33'33"~37°24'27"),属于黄土高原丘陵沟壑区,处于农牧交错带。海拔 1 233~1 809 m,年均温 7.8 °C,无霜期 120~155 d,年均降水量 478.3 mm,气候干旱。降雨主要集中在 7—9 月份,降雨年际变化大、分配不均匀,为暖温带大陆性干旱季风气候,年均地面蒸发量为 400~450 mm,属于典型干旱半干旱地区。吴起县黄土颗粒相对较粗,保水性差,土壤肥力差,植被恢复难度较大。过去由于过度放牧,吴起县原有植被遭到严重破坏,1999 年国家开始实施退耕还林(草)工程,在吴起县开始大规模植树造林,经过 18 年来的植被恢复,目前形成了以沙棘等灌木树种为主,搭配落叶阔叶树种以及常绿针叶树种(油松、侧柏为主)的混交林。

### 1.2 研究方法

#### 1.2.1 林地选择

通过对吴起县吴起镇周边现有植被调查,选取半阳坡具有代表性的草地、沙棘、油松和沙棘油松混交林为研究对象,林地具体参数见表 1。

表 1 样地描述

Tab. 1 Description of sample plot

植被类型	高度/ m	坡度/ °	坡向	海拔/ m	郁闭度/ %
草地	-	20	半阳坡	1340	90
沙棘	2.4	17	半阳坡	1390	69
油松	3.3	17	半阳坡	1332	65
沙棘油松混交林	2.2	17	半阳坡	1380	72

#### 1.2.2 土壤样品采集与测量

土壤机械组成测定:选取 0~60 cm 土层,且分为 3 层,即 0~20 cm、20~40 cm 和 40~60 cm,测定方法采用比重法。

土壤物理性质,包括土壤容重、毛管孔隙度、非



毛管孔隙度、饱和含水量、毛管持水量,采样深度为100 cm,且分为5层(0~20 cm、20~40 cm、40~60 cm、60~80 cm和80~100 cm)。测定方法采用环刀浸水法。

土壤化学指标,包括有机质、速效氮、速效磷、速效钾、全氮、全磷和全钾,采样深度为100 cm,且分为5层,即0~20 cm、20~40 cm、40~60 cm、60~80 cm和80~100 cm。采用鲍士旦于2000年所编著的《土壤农化分析》一书中的方法测定。具体方法为有机质采用重铬酸钾容量法—外加热法测定;速效氮采用碱解扩散法测定;速效磷采用0.5 mol/L NaHCO<sub>3</sub> 浸提与钼蓝比色法相结合的方法测定;速效钾采用NH<sub>4</sub>OAc 浸提—火焰光度法测定;全氮采用半微量凯氏法测定;全磷采用NaOH 熔融—钼蓝

比色法测定;全钾采用NaOH 熔融—火焰光度法测定。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同植被类型土壤机械组成分析

研究区内退耕地不同植被类型中的土壤主要由粉粒组成,且远远大于粘粒和沙粒。不同植被类型间粘粒分布也各不相同,不同土层深度中均是沙棘油松混交林的粘粒含量最高,达7.6%,且随着土层深度的增加,呈现出降低的趋势;在0~20 cm 土层中,草地的粘粒百分比要高于沙棘和油松纯林地;20~40 cm 土层中,草地与油松林地粘粒百分比相同,且大于沙棘;40~60 cm 土层中,沙棘林地则要高于油松和草地(图1)。

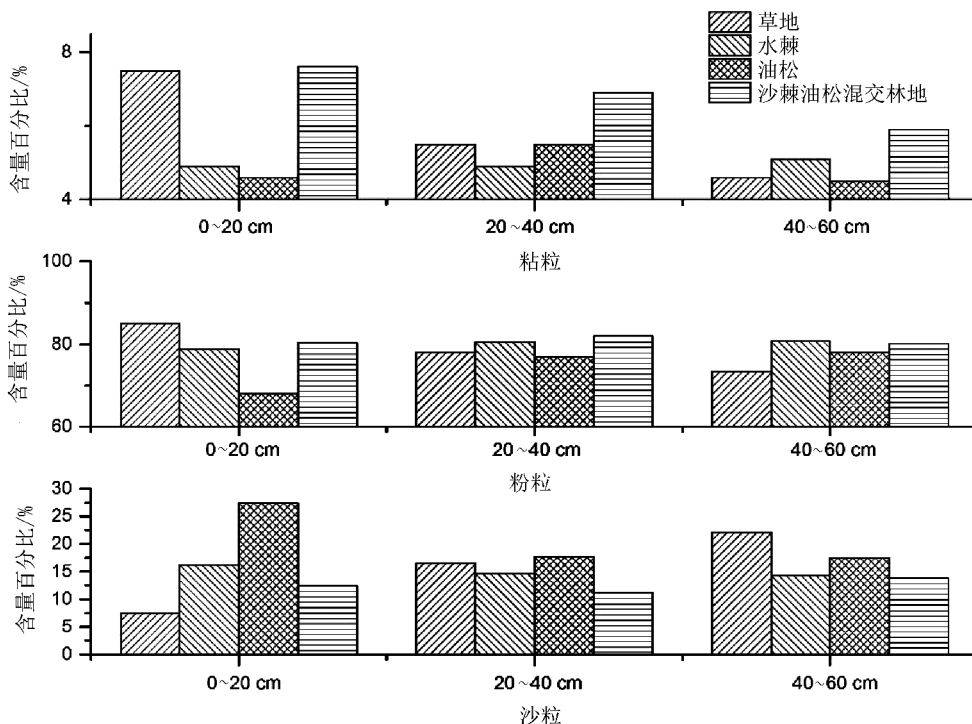


图1 研究区不同植被类型土壤粒径组成比例

Fig. 1 Composition proportion of soil particle diameter of different vegetation types in research area

粉粒在0~20 cm 土层中,草地百分比最高,油松最低,仅有68.0%,且随着土层增加,草地粉粒含量表现出降低的趋势。相反,其他林地粉粒百分比则随着土层深度的增加,表现出增加的趋势;且除表层外,沙棘油松混交林粉粒含量最高。

沙粒在0~20 cm 土层中,油松林地百分比最高,达27.4%,且随着土层增加,呈现出降低的趋势;草地与油松林地表现出相反趋势,在0~20 cm

土层中,草地沙粒含量最低,仅有7.5%,但是随着土层深度的增加,表现出增加的趋势。沙棘油松混交林沙粒含量相较于其他林地最少。

### 2.2 不同植被类型土壤物理性质分析

#### 2.2.1 不同植被类型土壤容重分析

各植被类型间土壤容重均表现出0~20 cm 土层最大,且不同土层土壤容重大小变化规律不显著,主要是由于退耕地不同植被类型下,植被根系分布

错综复杂,对土壤容重具有一定的影响,且林地内土壤表层均由苔藓地衣等覆盖,造成表层土壤容重增大(图 2)。通过对所有林地土壤容重分析,油松林

地土壤容重最大,显著高于其他林地。因此,油松林地土壤结构要较其他林地差一些。

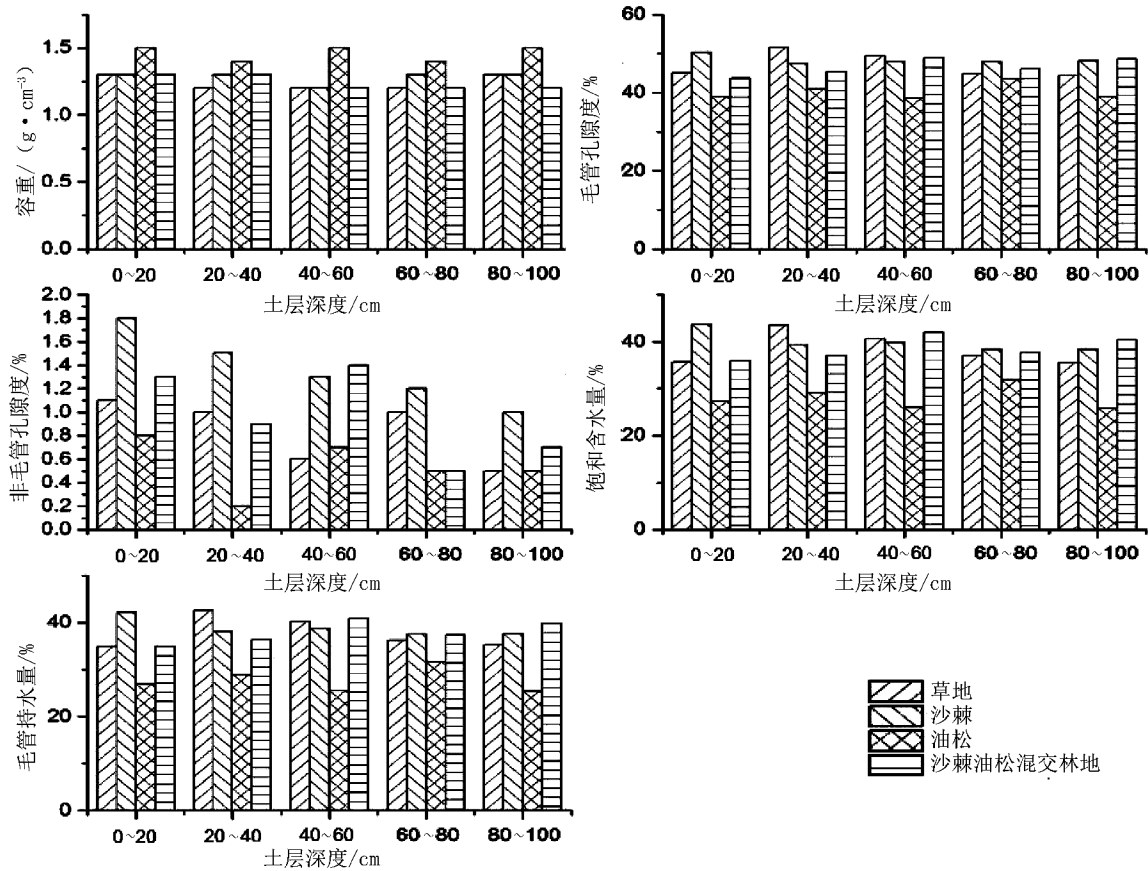


图 2 研究区不同植被类型土壤物理性质组成

Fig. 2 Soil physical property of different vegetation types in research area

### 2.2.2 不同植被类型土壤孔隙度分析

不同植被类型间,不同土层深度,土壤毛管孔隙度和非毛管孔隙度均表现出不同的规律(图 2)。从毛管孔隙度分析来看,随着土层的增大,草地表现出先增大后减少的趋势;沙棘林地则表现出先减少后增大的趋势;油松林地则表现出先增大后减少又增大的趋势;沙棘油松混交林则表现出先增大后减少的趋势。从变化趋势的拐点来看,除草地的出现在 20 cm 处外,其他林地主要出现在土层深度 40~80 cm 处,说明草地的植被根系主要在 0~20 cm 处多一些,其他林地则在 40~80 cm 处多一些。

通过对比研究发现,非毛管孔隙度则表现出与毛管孔隙度相反的趋势。

### 2.2.3 不同植被类型土壤持水量分析

沙棘和草地的土壤饱和含水量和毛管持水量要

高一些,且沙棘在 0~20 cm、60~100 cm 土层中要高于草地,草地则在 20~60 cm 土层中高于沙棘林地;沙棘和油松混交林在 0~20 cm 土层中,相较于其他林地要低一些,但高于油松林地;但随着土层深度的增加,沙棘油松混交林饱和含水量和毛管持水量有变大的趋势,且在中下层高于其他林地。油松林地的土壤饱和含水量和毛管持水量在各个层相较其他林地均是最小(图 2)。

### 2.3 不同植被类型土壤化学性质分析

不同植被类型土壤有机质均表现出随着土层增大而降低的趋势,且表层 0~20 cm 土层土壤有机

质要远远高于其他土层;在不同植被类型中,沙棘纯林土壤有机质含量最高,草地次之,油松林地最小(图 3)。

不同植被类型的土壤速效氮和全氮均有随着土层深度增加从而变小的趋势。沙棘林地和沙棘油松混交林含量最高,草地次之,油松最小。

不同植被类型的土壤速效磷和全磷含量变化较大,但各个土层间起伏不大。总体而言,在 0~20 cm 土层中沙棘林地速效磷含量较大,草地的全磷含量较高且与其他林地差异较大;100 cm 土层中,沙棘油松混交林土壤中速效磷含量较高,沙棘纯林土壤速效磷则最小但与草地和其他林地差异不大。土壤

全磷含量在不同的植被类型中均有较大的变异,主要是由于土层中植物根系对其产生了一定的影响,且 100 cm 土层中,草地全磷含量最大,沙棘油松混交林全磷含量最低,且与其他林地差异较小。

不同植被类型的土壤速效钾,除油松林地外,均有随着土层深度的增加而降低的趋势。其中,草地速效钾含量显著高于林地;油松则表现出随着土层深度的增加,出现先减少后增加又降低又增加的变化趋势,但变化相对较平稳,且底层的油松速效钾含量远远大于其他林地。不同植被类型的全钾含量在 0~20 cm 土层间的差异变化较大,且沙棘油松混交林含量最高,与其他林地存在显著差异;20 cm 以后

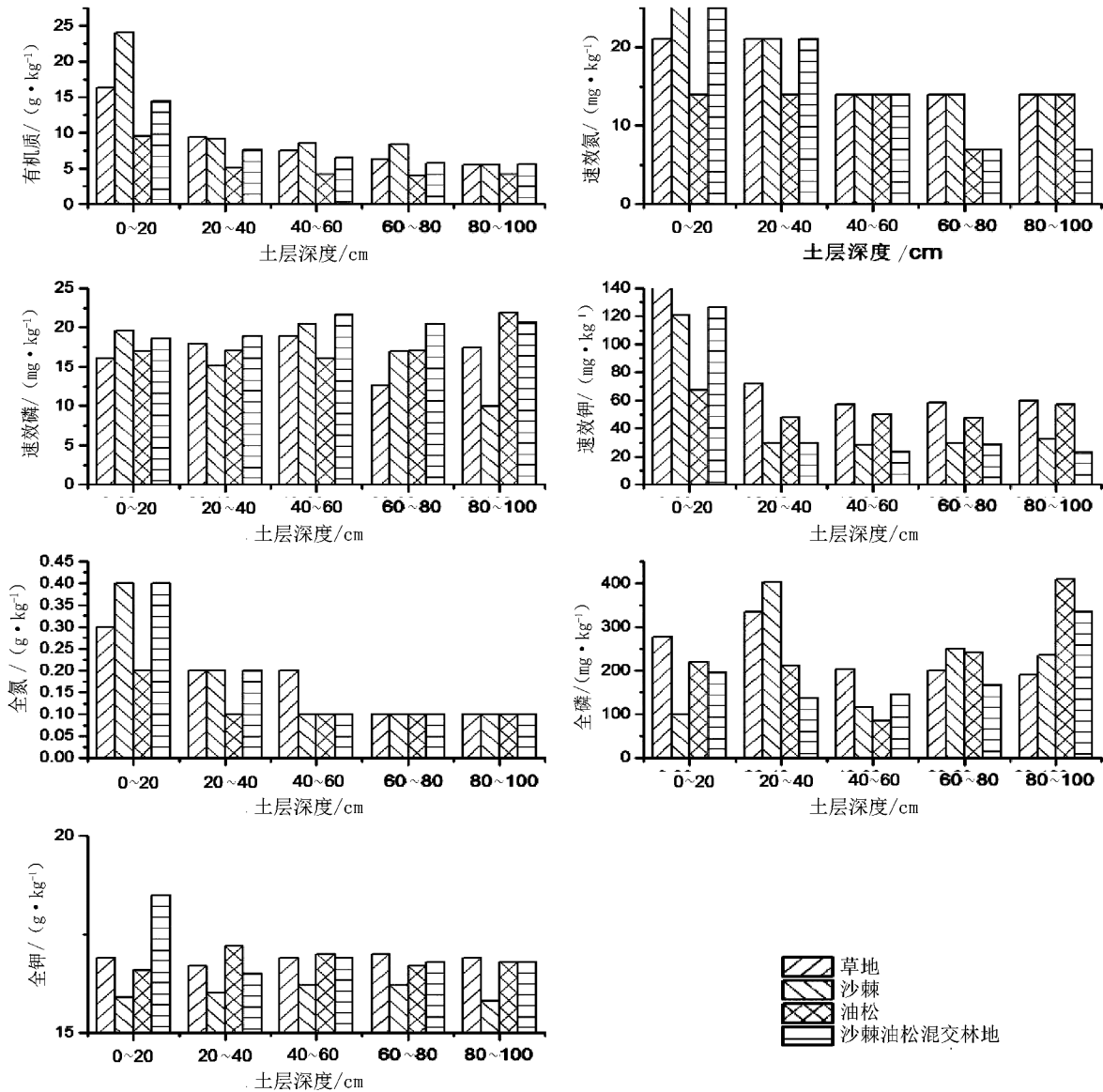


图 3 研究区不同植被类型土壤化学性质组成

Fig. 3 Soil chemical property of different vegetation types in research area

的草地和各个类型间的林地,全钾含量变化较少,差异不大。

### 3 结论

通过对陕西吴起县退耕地不同植被类型土壤性质分析,得出如下结论:

1)研究区吴起镇土壤粒径主要由粉粒组成,显著高于黏粒和沙粒土;土壤机械组成中,草地和沙棘油松混交林地较好,油松林地最差。

2)研究区土壤物理性质中,各植被类型间土壤容重变化较大,随着土层增加有降低的趋势,且油松林地土壤容重最大;随着土层深度的增加,不同植被类型间土壤毛管孔隙度与非毛管孔隙度的变化拐点均不一致。相较于其他林地,油松林地饱和含水量和毛管持水量均是最小。

3)研究区土壤化学性质中,各植被类型间有机质、土壤速效氮和全氮均随着土层深度的增加而降低;土壤速效磷和全磷表现规律不明显;土壤速效钾随着土层增加,则先降低后升高;土壤全钾则在表层 0~20 cm 土层存在差异,随着土层深度的增加,变化不显著;沙棘油松混交林和沙棘林地较其他林地好。

### 参考文献:

- [1] 康冰,刘世荣,蔡道雄,等. 亚热带不同植被恢复模式下土壤理化性质[J]. 应用生态学报,2010,21(10): 2479-2486.
- [2] 陈文媛,张少妮,华瑞,等. 黄土丘陵区林草恢复进程中土壤入渗特征研究[J]. 北京林业大学学报,2017,39(1):62-69.
- [3] 张健,刘国彬,许明祥,等. 黄土丘陵区植被次生演替灌木初期土壤物理性质特征[J]. 水土保持研究,2008(4):101-104,109.
- [4] 杨亚辉,吕渡,张晓萍,等. 不同人工造林树种及其配置方式对土壤理化性质影响分析[J]. 水土保持研究,2017,24(6):238-242,249.
- [5] 彭文英,张科利,陈瑶,等. 黄土坡耕地退耕还林后土壤性质变化研究[J]. 自然资源学报,2005(2):272-278.
- [6] 巩杰,陈利顶,傅伯杰,等. 黄土丘陵区小流域植被恢复的土壤养分效应研究[J]. 水土保持学报,2005(1):93-96.
- [7] 信忠保,余新晓,张满良,等. 黄土高原丘陵沟壑区不同土地利用的土壤养分特征[J]. 干旱区研究,2012,29(3):379-384.
- [8] 董莉丽,郑粉莉. 黄土丘陵沟壑区植被类型对土壤质量的影响[J]. 干旱区研究,2011,28(4):616-621.
- [9] 姚小萌,牛桢枫,党珍珠,等. 黄土高原自然植被恢复对土壤质量的影响[J]. 地球环境学报,2015,6(4):238-247.
- [10] 吴建平,韩新辉,任成杰,等. 黄土丘陵区不同恢复年限退耕地土壤碳氮差异及其影响因素[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版),2017,45(6):123-133.
- [11] 张杨,梁爱华,王平平,等. 黄土丘陵区不同植被恢复模式土壤养分效应[J]. 西北农业学报,2010,19(9):114-118.
- [12] 潘成忠,上官周平,刘国彬. 黄土丘陵沟壑区退耕草地土壤质量演变[J]. 生态学报,2006(3):690-696.
- [13] 薛超玉,焦峰,张海东,等. 黄土丘陵区弃耕地恢复过程中土壤与植物恢复特征[J]. 草业科学,2016,33(3):368-376.

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2018.03.027

## 基于 IPA 模型的世界自然遗产丹霞山民宿游客满意度研究

隋春花 黄凤英 吴炜丹

(韶关学院旅游与地理学院,广东 韶关 512005)

**摘要:**通过构建 IPA 模型,借助 SPSS 统计软件对丹霞山民宿的游客期望程度和满意度进行对比分析。结果表明,丹霞山民宿周边景观环境、基础设施条件、旅游服务质量和顾客情感需求四大因子均受到游客的高度重视,游客体验后的满意度低于民宿选择前的期望值,丹霞山民宿在交通通达性、室内设施特色性及客房价格合理性等方面需要改善。针对分析结果,提出提高丹霞山民宿功能化服务水平,打造民宿空间吸引力,提升民宿主自身的素质,注重游客消费体验和完美政府监管机制等发展建议。

**关键词:**IPA 模型;民宿;游客满意度;服务水平;消费体验;丹霞山

中图分类号:S711;S788.2 文献标识码:A 文章编号:1671-3168(2018)03-0135-06

### Tourist Satisfaction for B&B in Mt. Danxia Based on IPA Model

SUI Chunhua, HUANG Fengying, WU Weidan

(College of Tourism and Geography, Shaoguan University, Shaoguan, Guangdong 512005, China)

**Abstract:** The expectation and satisfaction of tourists for B&B in Mt. Danxia were compared based on IPA model and SPSS statistical software. The results showed that the four factors of landscape environment, infrastructure conditions, tourism service quality and customer needs were highly valued by tourists. The tourist satisfaction after the experience failed in meeting the expectations. The traffic accessibility, features of indoor facilities and the rationality of room prices in Mt. Danxia should be improved. This paper suggested to improve the service level, build the attractive space, promote the host quality, pay attention to the consumption experience of tourists and perfect the government regulation mechanism.

**Key words:** IPA model; B&B; satisfaction; service level; consumption experience; Danxia Mountain

民宿是一种以利用自家闲置房屋进行家庭经营为主的旅游接待模式。在大众旅游背景下,为满足大量游客的食宿需求,民宿旅游逐渐发展起来。我国民宿起步较晚,具有巨大的发展空间和发展潜力,但很大一部分民宿仍停留在简单提供住宿或餐饮的阶段,不能很好地满足游客对住宿的个性化需

求<sup>[1]</sup>。民宿游客满意度是指游客对民宿所提供服务的—种情感性的反应,以游客购买后对民宿的基础设施条件、旅游服务质量、周边景观环境和情感需求满足等方面的综合心理评价,来反映期望与实际体验是否—致<sup>[2]</sup>。世界自然遗产丹霞山具有独特的自然价值、典型的科教价值和突出的美学价值等

收稿日期:2018-01-03.

基金项目:广东省社科规划项目(GD15XGL49)“粤北古村落旅游符号评价及其协同开发研究”;广东省高校教学质量与教改工程项目(201493)“旅游管理专业综合改革试点”;韶关市社科规划项目(Y2017008)“粤北古村落文化符号研究”;2017年韶关学院大学生创新项目(Sycxey2017-227)“基于世界自然遗产地的民宿旅游发展研究——以丹霞山为例”。

作者简介:隋春花(1972-),女,山东平度人,副教授,硕士。主要从事生态旅游与古村落旅游研究。Email:916942159@qq.com

特点,作为丹霞地貌命名地,在旅游开发中包括民宿在内的相关旅游项目会受到一定限制。通过进行民宿游客满意度调研,了解影响潜在游客的选择因素,挖掘民宿旅游发展潜力,推动丹霞山民宿旅游升级发展。

## 1 研究综述

在 CNKI 文献库中,按照“主题”键入“农家乐满

意度”、“家庭旅馆满意度”、“民居客栈满意度”、“民宿满意度”进行检索,共得到文献记录 153 条。其中“农家乐满意度”66 条,“家庭旅馆满意度”50 条,“民居客栈满意度”19 条,“民宿满意度”18 条。从文献的数量来看,国内有关民宿游客满意度的研究多是农家乐类型和家庭旅馆类型,而民居客栈类型的满意度研究文献数量较少。

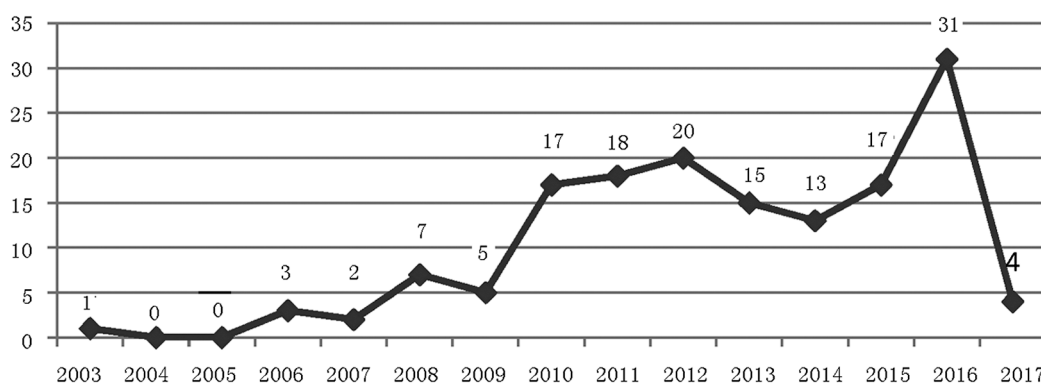


图 1 国内民宿游客满意度研究进展

Fig. 1 Research progress of tourists satisfaction for domestic B&B

从研究内容看,国内外学者主要从 3 方面内容进行民宿游客满意度研究。

1) 研究民宿旅游者的动机、感知、满意度等变量间的因果关系。如李敏对丽江大研古镇 20 家家庭旅馆进行调研,探讨顾客参与和满意度之间的关系,及其对顾客公民行为的影响维度,指出顾客参与能够提高顾客的消费体验价值<sup>[2]</sup>;阳信芬认为,农家乐游客体验价值与满意度、行为倾向具有显著的正相关关系,且体验价值通过满意度对行为倾向产生正向影响<sup>[3]</sup>。

2) 研究民宿游客满意度的影响因素。如帕孜来提·尼亚孜等提出影响“农家乐”游客满意度的因素主要有个人因素、环境因素、活动因素和经营设施因素 4 项<sup>[4]</sup>;许欣认为游客体验中的“客房设施”因子和“景观环境”因子对游客的满意度和重游度有显著的正向影响<sup>[5]</sup>;裴洪雪认为产品与服务趋同、过度与不当的设计等严重影响对非标准住宿产品的满意程度<sup>[6]</sup>。

3) 研究游客满意度对民宿旅游发展的意义价值。如郭秀英等认为,研究农家乐游客满意度对提高农家乐旅游的服务质量和知名度,促进农家乐的健康长远发展有一定的指导意义<sup>[7]</sup>;陈若星认为,

研究农家乐游客满意度,有助于农家乐在激烈的市场竞争中寻求自身地位和发展<sup>[8]</sup>;业云认为,构建满意度评价体系,对反映消费者的需求和情感导向具有一定的现实意义<sup>[9]</sup>。

从研究方法看,国内外学者主要研究民宿游客满意度测评方法的使用和民宿游客满意度评价体系的构建。游客满意度测评使用的方法主要有帕拉休曼等提出的 SERVQUAL(服务质量模型)、克罗宁和泰勒提出的 SERVPERF(绩效感知服务质量度量模型)、马提拉等提出的 Importance-Performance Analysis(重要性-绩效分析)等 3 种方法<sup>[10]</sup>;姜明艳等使用 SCP 范式对农家乐游客满意度进行测评<sup>[11]</sup>;孙华贞等运用顾客需求理论对武夷山民宿游客满意度进行测评<sup>[12]</sup>;马桂玲等基于游客再宿意愿对民宿游客满意度进行测评<sup>[13]</sup>;周培等使用 AHP 模型构建农家乐顾客满意度指标体系<sup>[14]</sup>;业云运用顾客的网络点评数据作为指标来源构建了精品酒店顾客满意度评价体系<sup>[9]</sup>;郭进辉等运用网络文本分析法构建了“服务质量”、“房间环境”、“地理区位”和“总体感受”4 个维度的顾客满意度评价指标体系<sup>[15]</sup>。在众多的研究方法中,IPA(Importance-Performance Analysis)分析法倍受青睐。该方法通过对“重要性”

和“表现”进行比较,分析企业的竞争力,探讨如何进行资源再分配,同时对企业顾客满意度和服务传递系统进行自我测评<sup>[16]</sup>。IPA分析法在国外被应用于旅游业的各个领域,在国内主要被应用于分析导游服务质量、旅游目的地形象感知和入境旅游市场的开发等<sup>[17]</sup>。

## 2 研究对象与方法

### 2.1 研究对象

丹霞山是世界“丹霞地貌”的命名地,位于广东省韶关市东北郊,距韶关市 50 km。1980 年,丹霞山正式对外开放,前后共经历 3 次飞跃式发展。第一次属旅游产品创新飞跃,阳元石及翔龙湖游览区的完工开放为丹霞山增添了产品的多样性和趣味性;第二次属旅游品牌提升飞跃,2004 年丹霞山申报世界地质公园成功,游客量猛增至 114.4 万人次,突破了百万大关;第三次属世界资源品牌构建飞跃,2010 年以丹霞山为代表的中国南方六大丹霞地貌风景区以“中国丹霞”名义列入世界自然遗产名录,丹霞山正式走上国际舞台。随着丹霞山知名度不断提高,全域旅游发展的推进,自驾自助游客量不断增加,在景区入口处逐渐形成以瑶塘村、断石村和山门外青湖塘村为核心的三大民宿客栈集群,截至 2017 年 8 月,民宿总数已经超过 150 家,旅游旺季客房入住率达 100%。

### 2.2 研究方法

2017 年 6—8 月调研小组到丹霞山进行 3 次调研,实地走访近青湖塘、瑶塘和断石 3 个村落的民宿,发放问卷分为纸质问卷和网络问卷,共收回有效问卷 200 份。通过整理,提炼出民宿周边环境景观、基础设施环境、服务质量和顾客的情感需求四大因子以及相对应的 17 个子项目。用 SPSS 22.0 对所收集到的数据进行处理,采取 2 种评价方法。第一种,采用李克特量表,请受访对象根据重要性和满意度从“非常不重要”到“非常重要”和“非常不满意”到“非常满意”中做出选择,赋予 1~5 分不同的分值,然后计算重要程度平均分和满意度平均分。通过对均值的比较,得出最终吸引力综合评价结果。第二种方法是采用配对样本 T 检验的统计方法,分析重要程度和满意度的差异性变化,再运用 IPA 分析法进行科学性和实用性评估,评估哪些因子需要进一步优化,哪些因子需要继续保持。

## 3 结果与分析

### 3.1 重要程度和满意度的配对样本 T 检验

利用 SPSS 22.0 统计软件对调查数据进行统计分析,设显著性水平为 0.05,当  $P < 0.05$ ,则说明重要性和满意度有显著性差异。首先,对调查问卷的重要性和满意度的 17 个项目进行信效度检验。结果显示,重要程度的信度 Cronbach's Alpha 值为 0.996,满意度的信度 Cronbach's Alpha 值为 0.998,重要程度的效度 KMO 值为 0.954,满意度的效度 KMO 值为 0.956。一般而言,信度系数如果在 0.9 以上,则说明信度非常好;KMO 的值在 0.9 以上,表明非常适合做因子分析。以上数据表明,调查结果量表内部一致性和适合性较高,信效度均符合数据统计分析的要求。对重要程度和满意度的 2 组数据进行配对样本 T 检验,显著性水平表明不同因子差异显著程度存在不同(表 1)。从双尾显著性概率(P)分析,除“周边景观布局合理性”和“周边文化景观价值”2 个因子大于 0.05 外,其余 15 个因子( $P < 0.05$ )均有显著性差异,说明重要性和满意度之间有显著差异。从 t 值看出 15 个因子均值的变化方向,均是正值,说明游客实际住宿体验值全部出现感知弱化,表明在丹霞山民宿进行体验的游客实际感知度大都低于期望值。结果表明,游客对丹霞山民宿的期望值较高,同时也说明丹霞山民宿在某些服务方面难以满足游客要求。t 值较大( $t > 8$ )的因子有“周边交通便利程度”、“餐饮服务的效率与态度”、“饮食风味特色”和“客房价格的合理性”。这 4 个因子均是游客选择民宿时比较重视的因素。

### 3.2 重要性和满意度的均值分析

李克特量表均值在 1~2.4 之间代表反对,在 2.5~3.4 之间代表中立,在 3.5~5 之间代表赞同<sup>[16]</sup>。重要性和满意度均值比较数据显示(表 2),周边环境质量、基础设施条件、旅游服务质量和顾客情感需求这四大因子均受到游客的高度重视,是吸引游客选择住宿的重要因子,其中,游客最重视的是基础设施条件因子。周边环境质量、基础设施条件、旅游服务质量和顾客情感需求也是影响游客满意度的四大因子,数据表明,游客最为满意的是情感需求因子。总体均值表明,重要性和满意度均达到了较高水平,但重要性均值均高于满意度均值,说明游客住宿体验后的满意度未能达到选择住宿前对民宿条件的期待。

表 1 重要性和满意度的配对样本 T 检验  
Tab.1 T test for importance and satisfaction

		matching sample				
		(均值)		差值 (d)	t 值	双尾显 著性概 率(p)
因子		重要性	满意度			
周边环境 质量因子	1. 周边景观布局合理性	3.62	3.57	0.05	1.376	0.171
	2. 周边文化景观价值	3.61	3.58	0.03	0.631	0.529
	3. 周边景观保护程度	3.91	3.61	0.30	6.792	0.000
基础设施 条件因子	4. 周边交通便利程度	4.06	3.60	0.46	11.642	0.000
	5. 住宿、洗浴设施	3.99	3.66	0.33	7.915	0.000
	6. 客房空间大小	3.79	3.66	0.13	5.010	0.000
旅游服务 质量因子	7. 室内的布置与装饰	3.87	3.65	0.22	6.969	0.000
	8. 餐饮服务的效率与态度	4.01	3.72	0.29	8.273	0.000
	9. 饮食风味特色	3.91	3.62	0.29	8.273	0.000
	10. 客房价格的合理性	3.95	3.65	0.30	8.521	0.000
	11. 客房主题设计风格	3.93	3.70	0.23	7.087	0.000
	12. 民宿主接待服务的方式和态度	3.92	3.71	0.21	6.733	0.000
顾客情感 需求因子	13. 室内的环境气氛	3.85	3.62	0.23	7.087	0.000
	14. 隐私性和安全性	3.93	3.73	0.20	6.614	0.000
	15. 住宿期间的心情舒缓、放松程度	3.94	3.71	0.23	7.211	0.000
	16. 住宿期间与民宿主或房客的交流程度	3.88	3.70	0.18	6.135	0.000
	17. 住宿期间与同行亲友的感情增进程度	3.99	3.77	0.22	6.851	0.000

### 3.3 IPA 分析

IPA 分析法的基本原理是根据影响因子重要性的高低以及游客感知评价程度的高低制作四象限矩阵<sup>[16]</sup>。第一象限中的变量属于“高重要性、高满意度”，重要性和感知度都较高，发展中需要继续保持和优化；第二象限中的变量属于“高重要性、低满意度”，重要性较高，但感知评价（满意度）较低，发展中需要加大投入和努力改善；第三象限中的变量属

表 2 重要性和满意度均值比较  
Tab.2 Comparison of importance and satisfaction

mean value		
因子	重要性均值	满意度均值
周边环境质量	3.71	3.59
基础设施条件	3.95	3.64
旅游服务质量	3.93	3.68
顾客情感需求	3.92	3.71
总体平均分	3.8775	3.655

于“低重要性、低满意度”，重要性（重要程度）和感知评价（满意度）都不高，需要尽量考虑和寻找突破；第四象限中的变量属于“低重要性、高满意度”，重要性较低，但感知评价度较高，今后避免太多投入，需要继续保持稳定。象限的交叉点是重要程度均值(3.928 7)和满意度均值(3.674)，将矩阵分为 4 个象限，如图 2 所示。

第一象限是继续保持区，属于“高重要性、高满意度”的因子，共有 5 个因子，是丹霞山民宿做得较好，应该继续保持和不断优化的方面。它们分别是客房主题设计风格、餐饮服务的效率与态度、隐私性和安全性、住宿期间的心情舒缓、放松程度和住宿期间与同行亲友的感情增进程度，其中有 2 个因子涉及服务质量，3 个因子涉及顾客情感需求。通过与游客的交流和查阅游客在去哪儿网、艺龙网等平台上对丹霞山民宿的评价留言了解到，游客认为丹霞山民宿的客房主题设计风格多样，有小清新、文艺、田园、禅宗等各种主题类型。不同民宿客栈间有不同的主题设计风格，同一家民宿的不同客房也有不同的装修设计风格，可极大地满足游客的多样化需求。在此摘取部分游客的评价：“客栈装修简欧风，配上画家的各种画作，意境很美”、“客栈设计风格独特，确实看得到很用心”。大多数民宿都提供早餐服务，早餐类型丰富多样，民宿主服务贴心周到。楼梯和楼道都有监视器和应急灯，安全系数高。开放式吧台提供饮料、当地特色小吃，适合三五好友相聚畅饮、聊天；部分民宿提供烧烤或自助餐，适合公司、家庭、朋友的聚会活动，都有助于增进游客与同行亲友的感情。接待大厅大多都放置有书柜，遇上不能外出游玩的雨天时，游客可以在此安静地阅读，让人身心愉悦。例如，丹霞山瑶塘村中的“格物图书馆”就是一家以“图书馆”为主题的民宿，一家“可以住人的图书馆”，受到许多爱好阅读游客的



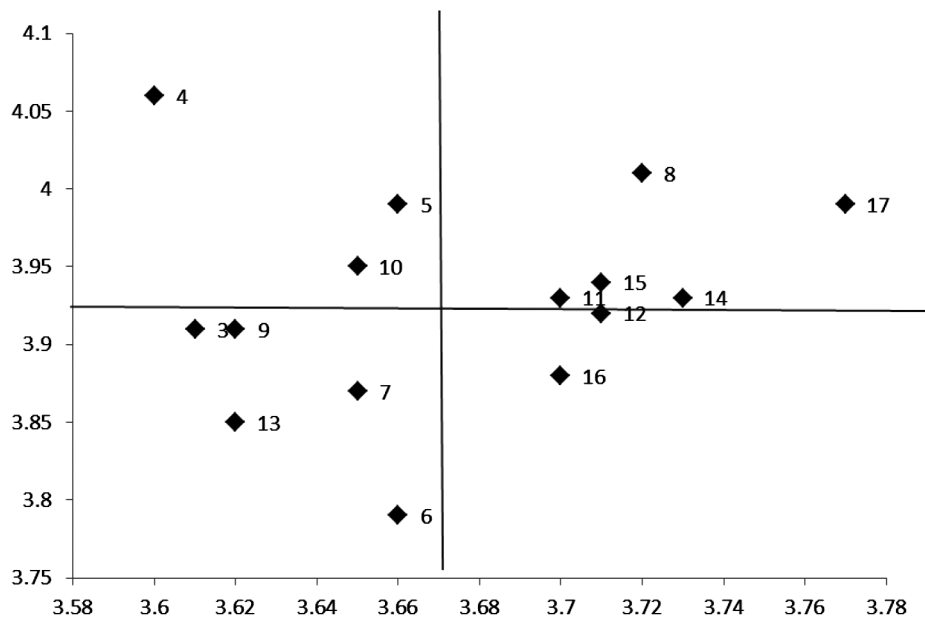


图2 丹霞山民宿游客满意度IPA定位分析

Fig. 2 IPA positioning analysis of tourist satisfaction for B&amp;B in Mt. Danxia

注:3. 周边景观保护程度;4. 周边交通便利程度;5. 住宿、洗浴设施;6. 客房空间的大小;7. 室内的布置与装饰;8. 餐饮服务的效率与态度;9. 饮食风味特色;10. 客房价格的合理性;11. 客房主题设计风格;12. 民宿主接待服务的方式和态度;13. 室内的环境气氛;14. 隐私性和安全性;15. 住宿期间的心情舒缓、放松程度;16. 住宿期间与民宿主或房客的交流程度;17. 住宿期间与同行亲友的感情增进程度。

好评。

第二象限是急需改进区,属于“高重要性、低满意度”的因子,共有3个因子,是丹霞山民宿急需解决的问题。它们分别是周边交通便利程度、住宿与洗浴设施和客房价格的合理性,其中有2个因子涉及基础设施环境,1个因子涉及服务质量。通过调研和查阅网络游记了解到,在游玩一天的疲惫情况下,对返回住宿地点的交通便利程度的期望值是很高的。考虑丹霞山民宿周边的公共交通工具不多,部分民宿提供接送服务。在住宿、洗浴设施方面,卫生间有异味和空间小、房间隔音效果不好、床垫和枕头等床上用品过硬、房间灯光偏暗、客房窗帘遮光性差等都是游客比较不满意的方面,而这些都是影响游客住宿体验重要性较高的因素。如部分游客的评价:“房间硬件设施不好,比较陈旧”、“床有点硬,卫生一般”、“离丹霞山入门口挺远,走一段路过个大马路”等。在客房价格方面,旅游景区附近的住宿价格会比其他非景区的要高,同时游客反映性价比不高。

第三象限是次要考虑区,属于“低重要性、低满意度”的因子,共有5个因子,是丹霞山民宿未来发展需要尽快改善的问题。它们分别是周边景观保护

程度、客房空间的大小、室内的布置与装饰、饮食风味特色和室内的环境气氛,其中分别涉及周边环境质量(1个)、基础设施条件(1个)、旅游服务质量(2个)和顾客情感需求(1个)等因子。游客认为丹霞山民宿周边的景观破坏较严重,例如道路两旁的垃圾桶设置不足,导致道路上出现较多垃圾;旅游旺季时民宿门前及周边乱停车现象等。客房空间的大小设置不够合理,有些客房过于宽敞,有些过于狭窄。客房内的装饰小饰品很精致,但家具、日常用品等的布置摆放不够用心,例如插座被床挡住、吹风机未摆放在洗手间内、书桌的摆放位置阻碍房内的走动活动等。饮食方面,虽然种类丰富多样,但缺少能突出当地风味的特色菜。民宿室内环境一般保持干净,气氛也温馨,但雨天地板潮湿、污渍等问题不能及时被清理,容易让人产生压抑情绪。

第四象限是降低热情区,属于“低重要性、高满意度”的因子,共有2个因子,即民宿主接待服务的方式和态度、住宿期间与民宿主或房客的交流程度,分别涉及服务质量和顾客的情感需求。调研结果表明,游客普遍反映民宿主的接待服务热情、周到,例如对于年纪较大的顾客,民宿主会派车去车站接送;在游客购买丹霞山门票时提供建议和帮助;为游客

推荐和介绍丹霞山旅游线路等。民宿主在举办一些体验式活动时,如包饺子、烧烤聚会等,会邀请游客一起参加,民宿主与房客之间、房客与房客之间都相处融洽。游客对这 2 方面满意度很高,继续保持即可,不需要投入过多精力。

## 4 建议

### 4.1 提高民宿功能化服务水平

为满足民宿功能化需求,丹霞山民宿需在硬件和软件 2 方面提高服务水平。在基础服务设施设备和客房装饰灯方面关注功能性,例如配备或更新电视、空调等基础电器设备,保持卫生间的清洁卫生,提高洗漱用品的质量并做到及时补充,提高房间的隔音效果,配置可供顾客自行调节光线强弱电灯,家庭化设置厨房和晾衣台等。在软件方面重视舒适度,注重对人的情感关怀,结合民宿特色主题和游客行为习惯,合理设置客房空间大小,创新设计家具饰物,如青湖塘村的爱巢倾情民宿不同房间取与爱情有关的名字,摆放不同的饰物,以提高游客的视觉舒适度和触觉满意度。

### 4.2 打造民宿空间吸引力

在建筑空间方面,丹霞山民宿要明确不同活动空间的功能,如要区分餐厅、起居室和体验坊等,保证每个活动空间位置的合理性,确保游客在使用上不会互相影响和干扰。同时,结合主题活动布置构造特色的功能空间,如设置手工艺品制作体验坊、书法绘画体验室和阅读交流角等,如丹霞印象(艺术家店)设置丹霞风光绘画体验、红豆兰庭提供红豆饰物制作体验等,打造民宿空间吸引力,丰富游客的住宿体验。在区位选择方面,丹霞山民宿要考虑游客的游览需求,在游客服务中心附近的瑶塘村和断石村的民宿具有优势,建议在去长老峰和阳元石等景区的主要公路旁设置明显指示牌和线路导引,为游客提供方便。

### 4.3 提升民宿主自身素质

民宿主自身的素质不仅代表丹霞山景区的对外服务形象,也影响着丹霞山景区民宿业的健康发展。相比较,丹霞山瑶塘新村的民宿发展态势总体良好,而青湖塘村的民宿发展尚处于起步阶段。调研结果表明,瑶塘新村的民宿主多数都是文艺爱好者和具有一定管理经验的外商,而青湖塘村的民宿主多由本村农民转型而来,缺乏专业的服务技能和超前的经营理念。民宿主的整体素质决定民宿品味和服务

水平存在差异。韶关政府及民宿相关行业或组织应对民宿主进行指导,通过多种渠道进行培训,全方位、多层次地提升民宿主的综合素质,提高服务技能,转变落后的经营理念,培养耐心周到的服务态度,重视游客满意度,充分利用民宿家庭氛围让游客感受到家的亲切感。

### 4.4 注重游客消费体验

体验是民宿的灵魂,其优劣直接影响游客的满意度<sup>[18]</sup>。从游客网站平台留言可见,游客对于民宿渴望体验的是“非标准住宿产品”提供的“非标准服务”的民宿生活方式。丹霞山民宿主在做好已有的基础服务项目的同时,可结合民宿主题,突出丹霞文化,适当增加特色服务。在饮食方面,可结合丹霞山当地特产,推出酸萝卜、山笋干焖五花肉、五指毛桃汤、丹霞山茶油等,既能起到宣传当地饮食文化的作用,又能带给游客不一样的美食体验。在体验活动方面,可结合当地的客家民俗文化,提供个性化服务。另外,民宿主针对不同游客的不同需求,可设计丹霞山自然科普亲子教育、山地禅修体验、地质地貌考察等特色旅游线路,提高游客的满意度和回头率。

### 4.5 完善政府监管机制

当地政府应根据国家民宿行业设立监管机制,出台管理条例,完善基础设施的建设,科学规划布局民宿点,给予民宿经营者相应的培训和指导。建议韶关市政府相关部门对丹霞山现有民宿发展摸底排查,制定民宿发展规划,加强对民宿发展的服务质量、消防、卫生等的监管,打造适合不同消费群体、多层次、多元化的丹霞山民宿产业体系。针对丹霞山民宿发展现状,政府应加大对青湖塘村民宿的扶持和规划力度,加强对其民宿经营者的培训和指导,创新经营理念,塑造品牌形象,针对其农业特色浓郁特点,在民俗活动、农业体验、健身养老等方面进行培育,为游客提供更多样化的民宿选择,提高游客满意度。

## 参考文献:

- [1] 蒋佳倩,李艳. 国内外旅游“民宿”研究综述[J]. 旅游研究,2014(4):16-22.
- [2] 李敏. 家庭旅馆顾客参与、满意度及顾客公民行为关系研究——以云南丽江大研古镇为例[J]. 商,2016,27:27.
- [3] 阳信芬. 农家乐游客体验价值、满意度与行为倾向的关系研究[D]. 成都:四川农业大学,2015.

(下转第 149 页)

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2018.03.028

# 基于功能分区理论的秦岭北麓自然保护区 生态旅游开发研究

何奇彦

(陕西工业职业技术学院, 陕西 咸阳 712000)

**摘要:**丰富的自然资源、便利的交通条件以及不断提升的旅游需求,使得秦岭北麓自然保护区对关中地区旅游者产生了巨大的吸引力,并随之带来了一系列的环境问题,包括对生态旅游的内涵理解存在误区,景区容量控制难以落实,对生态文化渗透缺乏重视,当地居民参与机制不完善等。功能分区理论是生态旅游规划的重要组成,以游客及当地居民参与度和生态文化展现为指标将保护区及周边相关区域划分为辅助服务区、集中服务区、观光游览区、限制进入区和绝对保护区 5 个区域,并根据各功能区实际给出相应开发建议。

**关键词:**生态旅游开发;功能分区理论;容量控制;生态文化渗透;参与度;秦岭北麓自然保护区

中图分类号:S759.93;S788.2 文献标识码:A 文章编号:1671-3168(2018)03-0141-04

## Development of Ecological Tourism in Nature Reserve of North Qinling Mountains Based on Functional Zoning Theory

HE Qiyan

(Shaanxi Polytechnic Institute, Xianyang, Shaanxi 712000, China)

**Abstract:** The nature reserve of North Qinling Mountains had a great attraction to the tourism market in the Guanzhong area for the abundant natural resources, convenient traffic conditions and the increase of tourism demand while a series of environmental problems was followed, including misunderstanding for the connotation of eco-tourism, difficulty in controlling the capacity of scenic spots, and less attention to the infiltration of eco-culture. Functional zoning theory was an important component of ecotourism planning. Based on the indexes of the tourists and local residents' participation and the ecological culture presentation, the nature reserve and its surrounding areas were divided into auxiliary service area, concentrated service area, sightseeing area, restricted access area and absolutely reserved area. According to the actual situation of each functional area, this paper put forward some development suggestions.

**Key words:** development of eco-tourism; functional zoning theory; capacity control; infiltration of eco-culture; participation; nature reserve of North Qinling Mountains

收稿日期:2018-01-12;修回日期:2018-01-25.

基金项目:陕西省教育厅 2017 年专项科学研究计划;新常态经济下关中地区非中心城市旅游资源错位开发研究(编号:17JK0055);陕西工业职业技术学院 2017 年院级科研计划项目;关中地区乡村旅游生态化转型研究(编号:ZK17-46).

作者简介:何奇彦(1980-),男,四川巴中人,副教授.研究方向:自然保护区规划与开发.

## 1 国内外生态旅游研究概述

生态旅游(Eco-tourism)兴起于上个世纪 80 年代,最早于 1986 年由国际自然保护联盟(IUCN)特别顾问谢贝洛斯·拉斯喀瑞(Ceballos Lascuráin)提出。生态旅游以“回归自然”和“保护环境”为主要内容。随着经济的发展、城镇化的提升和环保理念的普及,生态旅游概念已得到广泛认可,成为当前旅游业中发展速度最快的类型之一。

但对于生态旅游的概念,不同学者的观点并不一致。如拉斯喀瑞(1987)对生态旅游的定义是:去往相对原始(undisturbed)的地区或未被污染(uncontaminated)的自然区域的旅行活动,其目的是研究、欣赏和品味自然风光、野生动植物及当地文化遗迹(manifestations)<sup>[1]</sup>;Boo E(1991)认为,生态旅游除游客的特殊体验外,还能为保护区筹集资金,为当地居民创造就业机会,为旅游者提供环境教育,从而有利于自然保护<sup>[2]</sup>。Brouse 认为,生态旅游是一种“负责任的旅游,旅游者认识并考虑自身行为对当地文化和环境的影响”<sup>[3]</sup>。这一点也得到国际生态旅游学会的认可和引用。自 20 世纪 90 年代生态旅游概念引入我国后,国内学者结合我国实际情况从多个角度对其进行了阐述。如卢云亭(1996)认为:“生态旅游是以生态学原则为指针,以生态环境和自然资源为取向,所展开的一种既能获得社会经济效益,又能促进生态环境保护的边缘性生态工程和旅行活动<sup>[4]</sup>。”郭来喜(1997)归纳了生态旅游的六大属性:即自然性、独特性、文化性、高雅性、参与性、持续性<sup>[5]</sup>。吴楚材等(2007)从生态保护中心、居民利益、回归自然、负责任以及原始荒野等 5 个方面对现有的生态旅游概念进行了归纳分析,进而提出生态旅游是“城市和集中居民区的居民为解除城市恶劣环境的困扰,为了健康长寿,追求人类理想的生存环境,在郊外良好的生态环境中去保健疗养、度假休憩、娱乐,达到认识自然、了解自然、享受自然、保护自然的目的”<sup>[3]</sup>。

综合上述观点可以发现,随着生态旅游的发展,其范围和内涵都在不断拓展,既重视主体(旅游者)的感受(享受自然并认识自然)和责任(保护自然),同时强调对客体(旅游资源)的保护性开发,并带动相关社区的经济发展,实现社会效益、经济效益和环境效益的有机均衡。从上述观点中还可以分析出,对生态旅游景区根据不同用途进行合理的规划布局,是加深旅游者体验、保护自然资源、促进区域协

调发展的基础。

## 2 功能分区理论概述

功能分区理论是生态旅游规划的一个重要内容,该理论在“岛屿理论”、“环境容量理论”及“游憩地等级理论”的基础上,对旅游目的地按其地域特点和不同功能要求进行分类和重新组合,形成各具特色、用途互补的区域,实现对资源的优化利用和保护。著名的功能分区理论如 Richard Forster(1973)提出的同心圆式功能分区模式,将国家公园从里往外分成核心保护区、游憩缓冲区和密集游憩区<sup>[6]</sup>。C·A·Gunn(1988)进一步提出了五圈层国家公园旅游分区模式,将公园分成重点资源保护区、荒野低利用区、分散游憩区、密集游憩区和服务社区<sup>[7]</sup>,被广泛应用于加拿大国家公园。L·B·W·Nieuwkamp(1996)将生态旅游地分为野生保护区、野生游憩区、密集游憩区和自然环境区四大区域。L·B·W·Nieuwkamp 以游客数量及吸引力与景区自然性作为功能分区的衡量指标,认为随着景区自然性的不断增加,游客的数量不断减少,但对于游客的吸引力呈上升趋势<sup>[8]</sup>。

当前,功能分区理论在国外生态旅游开发中得到广泛应用,并产生了大量的成功案例。例如加拿大的班夫国家公园(Banff National Park)(原名落基山国家公园)将公园规划和开发具体分成了 5 个功能区域:绝对保护区、减少人类活动的荒野区、自然风景观光区、娱乐区和旅游城镇区,实现了对景区的有效开发和保护<sup>[9]</sup>。

## 3 秦岭北麓自然保护区生态旅游开发现状及问题

### 3.1 现状分析

#### 3.1.1 丰富的自然资源和与客源地环境的明显差异对旅游者吸引力巨大

秦岭是中国南北地质、气候、生物、水系、土壤等自然因素的分界线和过渡交汇地带,是亚洲森林生态系统、动物多样性最完整的山脉,也是陕西省关中地区与陕南地区的分界线,主体位于陕西省中南部。其生态旅游建设已经颇具成效。截至 2015 年底,秦岭地区共有自然保护区 36 个、森林公园 51 个、国家级湿地公园 11 处。自然保护区面积达 6 360 km<sup>2</sup>,占陕西省保护区总面积的 56.3%<sup>[10]</sup>。秦岭地区的地形地貌、生物种类等与陕西关中地区差异明显,丰

富的自然资源和环境差异吸引了大量的旅游者。

### 3.1.2 经济水平和城镇化的不断提升为生态旅游发展提供了前提

关中地区地势平坦,土地肥沃,是陕西省经济最发达和人口最密集的区域,也是秦岭自然保护区的主要客源地。2016年,关中地区城镇居民人均可支配收入达31602元,已经具备了较强的旅游消费能力。同时关中地区城镇化程度较高,2015年主要城市西安、宝鸡、咸阳、铜川的平均城镇化率达58.78%,其中西安市城镇化水平达73.02%<sup>[11]</sup>。以“回归自然”、“体验自然”为目的的旅游需求大量增加。

### 3.1.3 便利的区位交通条件是生态旅游发展的巨大优势

国内学者吴楚才认为:“以城市为中心,30~50 km为半径,为第一生态旅游圈。……第二生态旅游圈是以城市为中心,50~100 km为半径,这一圈污染少,生态环境受破坏少,一般距城市1 h左右车程,是较理想的生态旅游地域”<sup>[3]</sup>。秦岭北麓地区大部分自然保护区与关中地区中心城市的距离处于30~150 km之间,属于生态旅游开发的最佳距离。例如西安市中心钟楼距离秦岭山脚约30 km车程,距离秦岭山中的自然保护区也基本不超过100 km。同时区域道路交通条件情况良好,除西汉高速、包茂高速、福银高速、210国道、312国道等贯通秦岭山脉外,在原108省道基础上改建而成的关中环线南段,基本上沿秦岭北麓山脚修建,旅游者可以较为便利地抵达各自然保护区。

## 3.2 存在的问题分析

### 3.2.1 对生态旅游的内涵理解存在误区

虽然生态旅游概念已得到广泛认可,但对于生态旅游概念的理解,无论从旅游需求侧还是供给侧都还存在一定的误区。最明显的表现在于旅游者仅把生态旅游视为回归自然、放松心情的一种方式,忽略了自己对环境保护应承担的义务,更谈不上通过生态旅游去认知自然、丰富自我。而供给者则面临着短期经济效益和长期综合效益的选择问题,同时对生态旅游开发应承担的文化传播责任以及唤醒旅游者对环境保护的认同,进而产生自发保护意识的重视程度不够。因此,当前本地区的生态旅游实质上更近似于休闲观光旅游。

### 3.2.2 旅游需求市场的迅速发展和明显的季节差异使景区容量控制难以落实

与其他旅游资源相比,自然保护区应制定并严

格控制自身的最大容量。但由于缺乏对进出保护区游客数量的准确统计,景区容量控制难以落实。同时陕西旅游季节差异明显,生态旅游又带有强烈的假期性特点,因此,自然保护区不得不面对旅游者数量大幅波动的情况。部分保护区出于经济效益目的放松了容量控制,一定时期涌入过量游客对保护区的植被、水环境造成严重的负面影响,进而导致保护区生物多样性减少、生态功能衰减等问题。

### 3.2.3 对生态文化渗透缺乏足够重视

生态旅游不仅要让旅游者了解自然,更要让旅游者认识自然并喜爱自然,进而产生主动保护自然的意识。因此在自然保护区生态旅游开发过程中,尤其要注意通过在自然保护区中典型的地貌景观或者生物景观附近设置通俗易懂、富有趣味的文字介绍,建立自然保护区科普知识场馆,开发可参与的自然游戏活动等形式,加大对旅游者的生态文化渗透。例如台湾地区的森林溪公园,不仅建有自然和民俗文化场馆,同时开发了让游客利用废弃树枝DIY旅游纪念品的活动。而当前秦岭北麓自然保护区在这一方面还有待提高。

### 3.2.4 当地居民参与机制有待进一步完善

20世纪90年代末,Sproule(1996)、Regina Scheyvens(1999)、Stronza(2001)等学者分别从参与模式、利益群体分析等方面探讨了当地居民参与的必要性和途径<sup>[12]</sup>。大量的开发案例也证明了当地居民参与、实现收益共享有助于保护区生态旅游的可持续发展。但在当前秦岭北麓自然保护区生态旅游开发过程中,当地居民参与机制仍有待改进。该地区(西安市长安区、周至、户县、眉县、太白等9县区)经济发展水平欠佳(以周至县为例,2016年居民的人均可支配收入为16734元,约为西安市平均水平的55.72%),当地居民普遍将参与旅游项目经营作为家庭增收的重要来源。但由于缺乏参与途径和合理的收益分配机制,居民参与更多的是一种自发行为,除了导致项目重复建设、服务不佳等旅游常见问题外,缺乏环保意识、滥用自然资源等带来的环境问题也不容忽视。

## 4 基于功能分区理论的秦岭北麓自然保护区生态旅游开发建议

### 4.1 功能分区标准和分类结果

基于以上分析,鉴于关中地区城镇化和经济水平仍处于高速发展中,旅游供给与需求之间的矛盾将进一步加剧,自然保护区的生态压力将进一步增

大。因此,参考 L·B·W·Nieuwkamp 的观点,针对保护区生态旅游开发主要面临的对游客分流实现容量控制、加强生态文化渗透、提高旅游者生态意识和责任、当地居民参与并实现综合效益均衡等问题进行功能分区。由于旅游者行为和当地居民参与具有一致性,因此以游客及当地居民参与度和生态文化展现为指标进行分区,将保护区及周边相关区域划分为辅助服务区、集中服务区、观光游览区、限制进入区以及绝对保护区 5 个区域(图 1)。

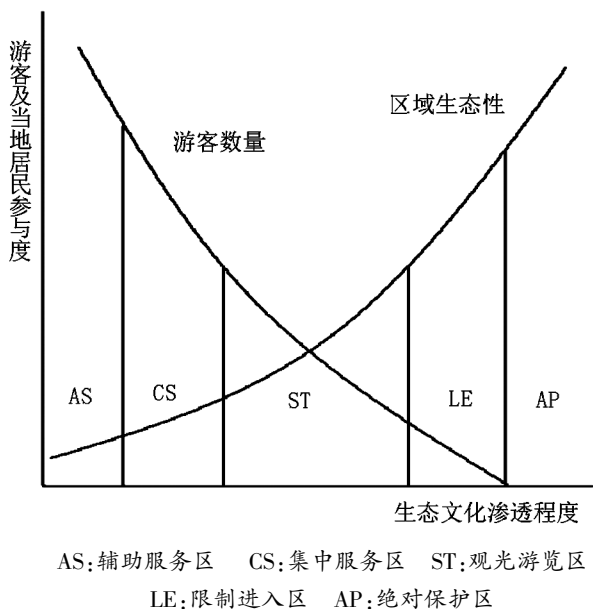


图 1 秦岭北麓自然保护区功能分区

Fig. 1 Functional zoning of nature reserve of North Qinling Mountains

## 4.2 各功能区开发建议

### 4.2.1 辅助服务区 (Auxiliary Service Area)

当前,在秦岭北麓自然保护区附近已经形成了规模较大、较为成熟的乡村旅游资源,其主要类型有独户型农家乐、村镇集中型农家乐以及度假山庄,经营的主要项目包括农家餐饮、钓鱼、棋牌、农业采摘等。这些资源与自然保护区的客源市场存在一定的重叠区域,因此可以将这个区域作为自然保护区的引景空间,分流旅游者的餐饮、住宿、娱乐以及停车等需求,减轻在自然保护区建设大量服务设施带来的环保压力。为加强信息沟通,各保护区可以在附近的乡村旅游点建立电子屏、宣传站等信息点,及时向旅游者传递保护区旅游信息。在距离不超过 20 km 的乡村旅游点设立新能源公共交通工具,避免大量自驾游车辆进入带来的环保和交通问题。

### 4.2.2 集中服务区 (Centralized Service Area)

由于辅助服务区分流了部分旅游者,因此可以严格限制保护区自带服务区的区位设置和面积分配。服务区域的主要位置应设在景区入口处,远离核心保护区域。同时为加强旅游者对生态文化的认知,各保护区应根据自身的物种特点建立自然馆、文化长廊等生态文化传播场所,开发一些特色参与项目,向旅游者宣传自然文化知识,提高旅游者的旅游体验和自发保护意识。同时对所在地域的居民进行培训,吸收其参与项目运营。

### 4.2.3 观光游览区 (Sightseeing and Travel Area)

观光游览区是旅游者参观游览的主要区域。各保护区应根据自身特点,选择具有代表性的景观进行线路规划设计,同时注意避开珍稀保护物种的主要栖息地。为方便游客游览和观景,可以设置景区专用电动游览车,在必要的区域设置缆车线路,但禁止游客的自驾车辆进入。在具代表性的自然景观和生物资源附近同样要建立信息介绍标牌。

### 4.2.4 限制进入区 (Limit Entry Area)

限制进入区应禁止任何车辆进入,在计算区域容量的基础上,有控制地开放一些野外考察和徒步旅游活动。所有进入限制旅游区的旅游者都应进行身份识别,进行基本的野外活动知识培训,并掌握其主要行程,方便对旅游者行为的约束和在意外事故发生后的紧急救援。

### 4.2.5 绝对保护区 (Absolute Protection Area)

绝对保护区包括自然保护区的珍稀濒危物种的主要栖息地及特殊易受影响的自然景观周边区域。除保护区工作人员从事必要的巡视、生物救援等活动外,严格禁止其他人员进入。

秦岭北麓地区不仅是关中地区生态旅游的重要目的地,也是当地生态环境系统的主要维持者。自然保护区是生态旅游的重要载体,基于功能分区理论进行保护区生态旅游开发,妥善处理保护区、旅游者和当地居民间的关系,实现经济、社会和环境效益的有机统一,既有利于提高旅游者旅游体验和环保意识、带动区域经济发展,也有利于促进自然保护区的长期可持续发展。

## 参考文献:

[1] CEBALLOS-LASCURAIN H. The Future of Ecotourism [J]. Mexico Journal, 1987(1): 13-14.  
[2] BOO E. Planning for Ecotourism [J]. Parks, 1991(3): 4-8.

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2018.03.029

## 南亚热带人工林近自然高效可持续经营模式

韦菊玲 郭文福 雷丽群 刘福妹 邓硕坤 庞圣江

(中国林科院热带林业实验中心,广西 凭祥 532600)

**摘要:**介绍近自然森林经营的基本概念,及其以乡土树种营建当地森林、针阔混交经营、复层异龄经营、目标树经营等近自然经营的基本原则。基于地处广西的中国林业科学研究院热带林业实验中心人工林经营中存在的主要问题,如以马尾松和杉木为主的针叶纯林面积比重过大,树种单一,林分质量不高,林地生产力较低等问题,自 2002 年起,采用降香黄檀—桉复层混交林、西南桦—红椎异龄混交林、马尾松(或杉木)针叶林阔叶化等近自然林经营模式,通过对林分高强度间伐、促进优良树种天然更新,以及在林冠下种植土沉香、红椎、紫檀、擎天树等较耐荫的长寿先锋树种,使群落树种组成、年龄结构趋于合理,形成了异龄复层混交林,使森林天然更新机制得到恢复,促进了人工林近自然经营高效可持续发展。

**关键词:**近自然经营;可持续经营模式;异龄复层混交林;南亚热带人工林

中图分类号:S750;S717.3;S725.7 文献标识码:A 文章编号:1671-3168(2018)03-0145-05

## Efficient and Sustainable Models of Close-to-nature Management of South Subtropical Artificial Forest

WEI Juling, GUO Wenfu, LEI Liqun, LIU Fumei, DENG Shuokun, PANG Shengjiang

(Experimental Center of Tropical Forestry, Chinese Academy of Forestry, Pingxiang, Guangxi 532600, China)

**Abstract:** According to introduce the basic concepts and principles of close-to-natural forest management, such as the forestation with local tree species, coniferous and broad-leaved mixed forest management, uneven-aged and multi-storied forest management, and target tree management, this paper studied the problems of plantation management in Experimental Center of Tropical Forestry, Chinese Academy of Forestry in Guangxi, which included the overlarge proportion of pure coniferous forest, single tree species, low forest stand quality and forest land productivity. The close-to-natural forest management models of *Dalbergia odorifera* multi-storied mixed forest, *Betula alnoides* uneven-aged mixed forest and broadleaved-oriented transformation of *Pinus massoniana* (*Cunninghamia lanceolata*) coniferous forest were implemented from 2002. The measures of forest thinning, promoting the natural regeneration of fine tree species and planting pioneer tree species under canopy including *Aquilaria agallocha*, *Castanopsis hystrix*, *Pterocarpus indicus*, *Parashorea chinensis* were put forward to make the species composition and age structure more reasonable, form the uneven-aged and multi-storied forest, recover the natural regeneration mechanism and promote the sustainable development of the artificial forest close-to-natural management.

收稿日期:2018-01-05.

作者简介:韦菊玲(1987-),女,广西南宁人,硕士,工程师.从事热带南亚热带珍贵优良树种培育技术与可持续经营.

**Key words:** close-to-nature management; sustainable management model; uneven-aged and multi-storied forest; south subtropical artificial forest of the park.

Key words,

近些年来,不合理的人类活动导致了森林生态系统遭到非常严重的破坏,因此,大力改善环境、积极恢复和重建退化的森林生态系统已成为人们研究的热点问题<sup>[1-6]</sup>。我国人工林面积居世界首位,人工林对我国的生态环境建设和经济发展发挥着重大作用<sup>[7]</sup>。第七次和第八次全国森林资源清查结果显示,我国人工林面积由原来的 6 169 万  $\text{hm}^2$  增加到 6 933 万  $\text{hm}^2$ ,但是我国森林覆盖率仅为 21.63%,远低于全球 31% 的平均水平,人均森林面积不足世界人均水平的 1/3,人均森林蓄积不足世界人均水平的 1/6<sup>[8-11]</sup>。基于以上种种原因,人工林传统经营的理念受到极大挑战。人们都在积极寻找新的森林经营模式。毋庸置疑,可持续战略是林业发展的必然选择。现代森林经营逐渐形成经济效益和生态效益并重的局面<sup>[12]</sup>,近自然经营状态的森林是实现林业可持续经营的有效途径之一。

## 1 研究区域概况

### 1.1 自然概况

中国林业科学研究院热带林业实验中心(以下简称热林中心)地处广西西南部,北纬  $21^{\circ}57'47'' \sim 22^{\circ}19'27''$ ,东经  $106^{\circ}39'50'' \sim 106^{\circ}59'30''$ 。横跨龙州、宁明 2 县和凭祥市,与越南交界,距离广西南宁市约 200 km。属南亚热带半湿润—湿润气候。年均温  $20.5 \sim 21.7^{\circ}\text{C}$ 。日照充足,全年日照时间  $1\,218 \sim 1\,620\text{ h}$ ,每年太阳总辐射强,为  $105\text{ 千卡}/\text{cm}^2$ 。雨量充沛,干湿季节明显。光、水、热资源丰富。热林中心的成土母岩主要有砾状灰岩、泥质砂岩、花岗岩和石灰岩等。

植被属南亚热带季雨林。原生植被有常绿阔叶林和季雨林。季雨林是本地区地带性植被;常绿阔叶林是季雨林的一个垂直带谱,分界线在海拔 700 m。季雨林又分次生季雨林和石山季雨林,热林中心代表性种群主要有箭毒木 *Antiaris toxicaria* Lessch.、乌榄 *Canarium pimela* Leenh.、人面子 *Dracontomelon duperreanum* Pierre、八宝树 *Duabanga grandiflora* (Roxb. ex DC.) Walp 群落、广西拟肉豆蔻 *Knema furfuracea* (Hook. f. et Thoms.) Warb.、榄类群落、风吹楠 *Horsfieldia amygdalina* (Wall. ex Hook. f. et Thomson) Warb. 等,分布在海拔 400 m

以下。在保存的原生植被林分中可见到乔木老茎生花、板状根、藤本植物和附生植物等热带雨林景观。

人工林以杉木和马尾松为主,其次是格木 *Erythrophleum fordii* Oliv.、红椎 *Castanopsis hystrix* A. DC.、西南桦 *Betula alnoides* Buch. - Ham. ex D. Don、桉树 *Eucalyptus robusta* Smith、柚木 *Tectona grandis* Linn. f.、降香黄檀 *Dalbergia odorifera* T. Chen、八角 *Illicium verum* Hook. F.、米老排 *Mytilaria laosensis* Lec. 等。灌木种类主要有盐肤木 *Rhus chinensis* Mill.、桃金娘 *Rhodomyrtus tomentosa* (Ait.) Hassk.、余甘子 *Phyllanthus emblica* Linn.、野牡丹 *Melastoma malabathricum* L.、牛奶果 *Mimusops caffra* E. Mey. ex A. DC. 等,草本主要有野青茅 *Deyeuxia pyramidalis* (Host) Veldkamp、黄茅草 *Saccharum fallax* Balansa、野古草 *Arundinella hirta* (Thunb.) Tanaka、五节芒 *Miscanthus floridulus* (Lab.) Warb. ex Schum. et Laut.、蔓生莠竹 *Microstegium fasciculatum* (L.) Henrard 纤毛鸭嘴草 *Ischaemum ciliare* Retz. 等<sup>[13]</sup>。

### 1.2 人工林资源现状

热林中心成立于 1979 年,截至 2015 年,累计完成造林面积  $17\,931.6\text{ hm}^2$ ,生产木材  $14\,420\,188\text{ m}^3$ ,生产松脂  $41\,181\text{ t}$ ,森林蓄积总量从  $86\text{ 万 m}^3$  增加到  $145\text{ 万 m}^3$ 。

森林经营存在的主要问题是马尾松和杉木为主的针叶纯林面积及比重过大,阔叶林比重过小,森林结构不合理,树种单一;林分质量不高;立地质量退化,林地生产力较低等问题。面对人工林经营的这种现状和问题,热林中心从近 2 个经营周期(自 1980 年中期)就开始向异龄复层混交林经营的方向改革和调整。

## 2 近自然经营的概念和基本原则

### 2.1 近自然经营的基本概念

起源于德国的近自然森林经营目前是欧洲很多国家森林经营的主要模式。近自然森林是一种模仿天然植被,营造一种自然大体上能接受,树种组成上体现了当地群落的本源树种(乡土种),同时又达到人类经营目标的人工天然林。它并不是回归到天然的森林类型,而是使建立的森林尽可能地接近自然



状态的森林<sup>[14-17]</sup>。

近年来,国内的近自然林业研究逐渐丰富起来,现有的研究多数集中在人工纯林近自然化,即单层垂直结构转变为多层垂直结构,同龄林转变为异龄林,单一树种转变为多个树种<sup>[18-20]</sup>。也就是说,通过近自然改造,将单层同龄的人工纯林转变为复层异龄混交的乡土森林。在我国热带地区海南省,亚热带地区云南省、广西壮族自治区、四川省,温带地区的北京市和山西省都营建了近自然经营试验林,尤其是广西凭祥市热林中心伏波实验场营建的近自然经营试验林,得到国内外学者专家的一致好评。通过2009年在热林中心开展以“科学护理中国状态不佳的森林恢复到健康的同时又能为村民和伐木人提供生计,并能提高森林生态系统活力的经营实践”<sup>[21]</sup>为题的研究,科学评价了我国多功能森林经营和近自然林业技术实践。

## 2.2 近自然经营的基本原则

### 1) 以乡土树种建造当地森林

近自然经营强调和提倡使用乡土树种建造乡土森林。优先选择并培育现有立地条件下适宜生长的乡土树种<sup>[22]</sup>。当然,对于外来树种近自然经营也不是完全排除,但是引入外来树种的要求程序十分严格谨慎,即使是从理论上认为能够在现有立地条件下生长良好的外来树种,如需引进还要在局部区域多次进行种植试验和群落适应等研究之后再做取舍。

### 2) 针阔混交经营

针阔混交经营模式可以建立结构丰富、生产力高的森林。针阔混交人工林不仅可以为林地提供充足的枯枝落叶腐殖质,有利于增加生物多样性和建立起更加稳定的森林生态系统,还可以减少病虫害等自然灾害或森林火灾的发生或降低受灾程度<sup>[22-24]</sup>。

### 3) 复层异龄经营

近自然经营最终目标是实现复层异龄混交乡土森林。主要通过保护原始植被、混交树种的选择、配置及异龄经营等一系列经营措施来实现复层林的形成,林分的异龄化主要通过择伐和人工促进天然更新实现,最后林分的复层化得到进一步增强<sup>[23-24]</sup>。复层异龄经营促进不同龄级林木的演替生长,有利于培育大径级目标树,增强木材生产的可持续利用和森林的可持续经营<sup>[23-24]</sup>。

### 4) 目标树经营

是以单株林木为对象的近自然森林经营施业体

系。林分经营过程中,首先将林分中所有林木分为4种类型,分别是目标树、干扰树、一般树和特殊生态目标树(简称特殊树)<sup>[25]</sup>。目标树将永久标记。通过每个经理期对干扰树(有时包括部分一般树的选择和间伐),保持林分最佳状态和目标树最大生长量,并保证林分天然更新。

## 3 人工林近自然可持续经营模式

### 3.1 降香黄檀—桉复层混交林的营建

该模式是在经营多代人工林的退化林地上,采用带状混交或群团状混交方式营造桉树—降香黄檀混交造林,林龄为7 a。桉树实行实生林与萌芽林混合多代短周期经营,降香黄檀则培育长周期大径材。此经营示范点的桉树林是在马尾松人工林采伐迹地上,于2000年种植的桉树(巨尾桉),第7年将第一代桉树(巨尾桉)林皆伐后,次年即2007年种植降香黄檀。随后的经营对桉树第一伐萌芽林定株培育,即在桉树萌芽高达1 m时做定株作业,由于桉树及其萌生林生长快速,降香黄檀相对较慢,从而形成桉树—降香黄檀复层林。此模式自桉树种植后连续经营4代(茬)萌芽林后,降香黄檀18 a后以纯林结构出现。随后林分结构的调整将随着树木的生长,覆盖率的增加,进行大径材定株定向培育。经营50 a,降香黄檀的培育径级约达40 cm即采伐利用。

该模式利用不同树种的生物学与利用学特性,在多代人工林退化地上营建混交林,采取“以短养长”的经营方式,短期内生产速生用材,最终生产高价值用材。该模式主要亮点:树种生态位搭配科学—强阳性速生的桉树与较耐阴的固氮树种降香黄檀结合营造的混交林,既能恢复和提高地力,也能够“长短结合”经营,提高土地经营收入。

### 3.2 西南桦—红椎异龄混交林高效培育

示范点为珍贵乡土用材树种异龄混交林的构建技术案例,林分中的西南桦林龄为25 a、红椎为12 a,面积规模4 hm<sup>2</sup>。该林分是在杉木皆伐采伐迹地上,于1989年开始,先后12年分别种植2个乡土珍贵树种西南桦和红椎而形成的异龄混交林。西南桦为阳性珍贵用材树种,红椎为中性珍贵用材树种。12年生时将西南桦进行第二次间伐,保留生长好、干形通直的优势木300株,次年在林冠下种植红椎,种植密度为570株/hm<sup>2</sup>。在红椎8~10年生时进行适当修枝,修去枯枝及部分活弱枝,以培育优质用材。林分形成2层结构,生长快,生产力较高,24年生西南桦平均树高22.0 m,平均胸径24.0 cm,立木

蓄积量  $117.5 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ ; 11 年生红椎平均树高 14.6 m, 胸径 16.3 cm, 蓄积量  $67.1 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ ; 林分总蓄积量为  $184.6 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ 。

小结: 该经营模式利用不同树种生态位的差异, 选择互补性强的树种, 营造结构科学、生产力高的混交林, 培育径级为 50 cm 以上的珍贵用材。面积规模为  $4 \text{ hm}^2$ 。该模式主要亮点: 混交林树种选择与配置方式科学性强, 是强阳性树种与中性树种时空异步配置形成高产高效异龄阔叶混交林的典型案例。

### 3.3 马尾松(或杉木)针叶林阔叶化近自然林经营

该林分是利用现有马尾松和杉木中龄林进行阔叶化近自然改造的案例。经营目的是通过结构改善将生态低效的针叶林, 逐步转换成以乡土珍贵用材树种为主的多树种、多层次异龄混交结构的近自然林, 同时培育马尾松(或杉木)和珍贵阔叶树种大径材, 并为解决中国南方马尾松、杉木纯林连茬种植引起林分生态低效、经济低值问题提供技术示范。面积规模为  $23 \text{ hm}^2$ 。该林分由马尾松与阔叶树种组成异龄针阔叶混交林, 林龄分别为 21 a 和 7 a。2007 年开始, 在 15 年生林分生长较好、立木密度为  $750 \text{ 株}/\text{hm}^2$  的马尾松中龄林中进行目标树作业, 按每公顷选择 300 株长势好、干形通直的高大林木作为培育大径材的目标树经营, 高强度采伐干扰树, 为马尾松目标树及林下种植的阔叶树种提供充足的生长空间。采伐干扰树后, 2008 年春季在林冠下种植格木、大叶栎 *Quercus griffithii* Hook. f. et Thoms. ex Miq.、红椎、香樟楠 *Michelia hedyosperma* Y. W. Law、铁力木 *Mesua ferrea* Linn.、灰木莲 *Magnoliaceae glanca* Blume 等乡土珍贵用材树种。前期的主要经营措施是对马尾松目标树进行适当修枝以及对林下种植幼树进行块状抚育铲除杂灌。经营过程中尽量保护原生植被, 促进林分生物多样性增加。

小结: 该模式将生态低效的针叶林通过结构改善, 逐步转换成以乡土珍贵用材树种为主的多树种、多层次异龄混交结构的近自然林, 同时培育马尾松(或杉木)和珍贵阔叶树种大径材。该模式主要亮点: ①树种选择注重生态与经济价值平衡, 所营造针阔叶异龄混交林能较快地形成以多树种、多层次的异龄为特征的近自然林结构; ②在马尾松(或杉木)林分快速生长的中龄阶段, 通过目标树选择及高强度采伐干扰树, 促进马尾松大径材的培育以及林冠下阔叶幼树的健康快速生长。

## 4 结论与讨论

### 4.1 结论

自 2002 年来, 热林中心引进近自然林经营理念及技术, 通过对林分进行高强度间伐, 促进优良树种的天然更新, 或在林冠下种植土沉香 *Aquilaria sinensis* (Lour.) Spreng.、红椎、紫檀 *Pterocarpus indicus* Willd.、擎天树 *Shorea chinensis* Merr. 和闽楠 *Phoebe bournei* (Hemsl.) Yang 等耐荫性较好的长寿先锋树种、亚顶极树种或顶极树种, 使前期营建的单层林向多树种、多层次的复层异龄混交林结构转化。经过近 30 a 的人工生态重建, 森林生物多样性和景观多样性增加, 群落树种组成、年龄结构趋于合理, 形成了异龄复层混交林, 森林已经逐步进入自然生态演替状态, 天然更新机制逐步得到恢复, 促进了人工林近自然经营高效可持续地发展。

### 4.2 讨论

人工林近自然经营工作在我国近几年来逐步从理论研究和学术讨论阶段进入到部分地区的试点研究和试验阶段。由于我国地域辽阔, 针对不同地区森林的具体经营模式会有很大差别。截至目前, 热林中心人工林近自然经营模式仅适用于南亚热带, 如果要在不同地区大范围进行推广, 仍需进一步深入研究, 特别是在造林整地、树种选择、苗木培育、混交树种配置以及育林技术体系等方面需要进一步试验, 积累更多经验。

### 参考文献:

- [1] MOLLES M C J R. Ecology: Concepts and applications [M]. New York: McGraw-Hill Companies, 2001.
- [2] MIYAWAKI, A. Creative ecology: restoration of native forests by native trees [J]. Plant Biotechnology, 1999, 16: 15-25.
- [3] BOX, E. D. Applying vegetation science in the 1980s and beyond [M]. In: Miyawaki, A., A. Bogenrieder, S. Okud a & J, 1987.
- [4] 张厚华, 傅德志, 孙谷畴. 森林植被恢复重建的理论基础 [J]. 北京林业大学学报, 2004, 26(1): 97-99.
- [5] 汤景明, 翟明普, 付林胜. 森林植被恢复研究进展 [J]. 湖北林业科技大学, 2012(3): 35-39.
- [6] 王仁卿, 藤原一绘, 尤海梅. 森林植被恢复的理论与实践: 用乡土树种重建当地森林——宫胁森林重建法介绍 [J]. 植物生态学报, 2002, 26(增刊): 133-139.
- [7] 彭舜磊, 王得祥, 赵辉, 等. 我国人工林现状与近自然经营途径探讨 [J]. 西北林学院学报, 2008(2): 189-193.

- [8] 国家林业局. 第八次全国森林资源清查结果[J]. 林业资源管理, 2014(1): 1-2.
- [9] 国家林业局森林资源管理司. 中国森林资源第七次清查结果及其分析[J]. 林业经济, 2010(2): 66-72.
- [10] LEI X D, LU Y C, PENG C H, et al. Growth and structure development of semi-natural larch-spruce-fir( *Larix olgensis*-*Picea jezoensis* -*Abies nephrolepis* ) forests in northeast China: 12-year results after thinning[J]. *Forest Ecology and Management*, 2007, 240(1/3): 165-177.
- [11] LI C Y, ZHOU X F. Status and future trends in plantation silviculture in China[J]. *AMBIO: A Journal of the Human Environment*, 2000, 29(6): 354-355.
- [12] LU Y C, LEI X D. Close-to-nature forest management in China: technical framework and models in practice[M]. XIII. World Forestry Congress. Buenos Aires, Argentina, 2009: 18-23.
- [13] 刘恩. 南亚热带典型人工林碳储量研究[D]. 北京: 中国林业科学院, 2012.
- [14] 陆元昌. 近自然森林经营的理论和实践[M]. 北京: 科学出版社, 2006.
- [15] 陆元昌, 张守攻, 雷相东, 等. 人工林近自然化改造的理论基础和实施技术[J]. 世界林业研究, 2009, 22(1): 20-27.
- [16] 陆元昌, 雷相东, 洪玲霞, 等. 近自然森林经理计划体系技术体系研究[J]. 西南林学院学报, 2010, 30(1): 1-5.
- [17] 陆元昌, Werner S, 刘宪钊. 多功能目标下的近自然林经营作业法研究[J]. 西南林业大学学报, 2011, 31(4): 1-11.
- [18] 蔡年辉, 李根前, 陆元昌. 云南松纯林近自然化改造的探讨[J]. 西北林学院学报, 2006, 21(4): 85-88.
- [19] 蔡道雄, 郭文福, 贾宏炎, 等. 人工林可持续经营技术的探索与实践——热带林业实验中心实施人工林生态经营的实践[J]. 林业资源管理, 2008(2): 42-46.
- [20] 王霞. 马尾松人工林近自然化改造初期效果分析研究[D]. 北京: 北京林业大学, 2013.
- [21] STONE R. Nursing China sailing forests back to health — a lauded effort to create mixed forest stands is giving villagers and loggers a chance to make a living while restoring ecosystem vitality. *Science*, 2009, 325: 556-558.
- [22] 王青天. 杉木混交林近自然经营效果研究[J]. 西北林学院学报, 2014(1): 100-104.
- [23] 梁洪萍. 浅谈近自然林业理论[J]. 四川林业科技, 2012, 33(5): 103-105.
- [24] 赵明, 孟京辉, 陆元昌. 我国人工林近自然经营的可行性与必要性[J]. 河北林果研究, 2013, 28(2): 136-139.
- [25] 郭文福, 蔡道雄, 郝建, 等. 红椎大径级近自然高效培育技术指南[M]. 南宁: 广西科学技术出版社, 2016: 11-13.

(上接第 140 页)

- [4] 帕孜来提·尼亚孜, 海米提·依米提. “农家乐”游客满意度及其影响因素分析[J]. 全国商情(理论研究), 2010(2): 103-104.
- [5] 许欣. 景区依赖型“农家乐”游客满意度研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2007.
- [6] 裴洪雪. 北京市非标准住宿产品满意度研究[D]. 北京: 北京交通大学, 2017.
- [7] 郭秀英, 江苗. 城郊型农家乐游客满意度评价指标体系研究[J]. 西南石油大学学报(社会科学版), 2010(2): 68-71, 3.
- [8] 陈若星. 农家乐游客满意度实证研究——以南京锁石农家乐村为例[J]. 科技资讯, 2015, 13(18): 198-199.
- [9] 业云. 精品酒店顾客满意度评价体系的构建[D]. 苏州: 苏州大学, 2016.
- [10] 汪侠, 刘泽华, 张洪. 游客满意度研究综述与展望[J]. 北京第二外国语学院学报, 2010(1): 22-29.
- [11] 姜明艳, 秦远好. 基于 SCP 范式的重庆北碚区农家乐研究——以北碚缙云山片区为例[J]. 农村经济与科技, 2016(15): 83-85.
- [12] 孙华贞, 许亦善, 肖丽芳. 基于顾客需求的武夷山民宿满意度研究[J]. 安阳师范学院学报, 2016(5): 120-125.
- [13] 马桂玲, 马锦义. 基于游客再宿意愿的旅游民宿开发经营策略研究[J]. 乐山师范学院学报, 2016(10): 55-62.
- [14] 周培, 周颖. 基于 AHP 的农家乐顾客满意度指标体系构建——以南充市为例[J]. 中外企业家, 2013(24): 14-16.
- [15] 郭进辉, 孙华贞, 张庆, 等. 武夷山国家公园社区家庭旅馆顾客满意度研究[J]. 武夷学院学报, 2016(4): 36-39, 93.
- [16] 杨瑞, 刘阳. 基于 IPA 模型的生态旅游景区游客满意度研究——以西安市太平国家森林公园为例[J]. 旅游研究, 2015, 7(2): 69-74.
- [17] 包亚芳, 孙治, 闪媛媛, 等. 基于 IPA 分析法的临安旅游购物满意度实证研究[J]. 昆明大学学报, 2008, 19(2): 54-58.
- [18] 李彬彬, 程子赫. 共享经济下游游客民宿选择行为研究[J]. 西部经济理论论坛, 2017, 28(3): 57-64.

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2018.03.030

## 富源县腰站片区核桃品种改良适应性研究

赵玲华 太佩荣

(曲靖市林业局,云南 曲靖 655000)

**摘要:**富源县腰站片区 2008 年栽植的核桃由于自然灾害和品种不适,出现了树体受冻害严重、生长不良、不结果、病虫害多发等情况。2015 年起,通过连续 3 年的病虫害防治、连续 2 年整形修剪、林下间作、中耕施肥,同时选择以新新 2 号、胜霜、强特勒 3 个主要品种进行高枝换头嫁接改良。2017 年 8 月调查观测品种改良后植株病虫害发生情况及生长发育、结实情况,结果表明,胜霜品种最为适应。

**关键词:**核桃;品种改良;高枝换头嫁接;病虫害防治;整形修剪;林下间作;中耕施肥;富源县

中图分类号:S792.13;S722.5 文献标识码:A 文章编号:1671-3168(2018)03-0150-03

### Adaptability of Improved Varieties of *Juglans regia* in Yaozhan Area of Fuyuan County

ZHAO Linghua, TAI Peirong

(Qujing Forestry Bureau, Qujing, Yunnan 655000, China)

**Abstract:** The natural disasters and the unsuitable varieties caused problems of *Juglans regia* planted in 2008 in Yaozhan area of Fuyuan County, including freezing injury, poor growth, acarpous tree, and insect diseases. Since 2015, through the three consecutive years of pest controlling and the two years of trimming, undergrowth intercropping and intertillage fertilization, the high-branch grafting was experimented in the main varieties of Xinxin No. 2, Shengshuang and Qiangteqing No. 3. In August 2017, the investigation and observation for the insect diseases and the growth and fruiting situation found that the variety of Shengshuang was most suitable.

**Key words:** *Juglans regia*; variety improvement; high-branch grafting; pest controlling; trimming; undergrowth intercropping; intertillage fertilization; Fuyuan County

### 1 概况

项目区位于云南省富源县胜境街道办腰站社区,土地权属为集体,海拔 1 980~2 020 m,坡度 6~15°,土壤为红壤,土层深厚。核桃种植规模为 143.3 hm<sup>2</sup>,栽植品种主要以漾濞泡核桃为主,栽植时间为 2007 年 12 月至 2008 年 12 月,初植密度为

每 285~455 株/hm<sup>2</sup>。因 2009 年 3 月 13—14 日强霜冻及 2009 年 10 月至 2010 年 4 月的持续干旱,核桃受灾严重。受灾后经过补植补造,栽植农户中耕管理到位,核桃保存率较高,长势较好。但 2013 年 12 月至 2014 年 2 月期间发生的持续极端低温,导致项目区核桃树体遭受严重的冻害,经实地调查分析判定,根本原因是品种不适宜,要改变其生长状

收稿日期:2018-02-22.

作者简介:赵玲华(1966-),女,云南曲靖人,高级工程师。从事林业产业和营林生产工作。

通信作者:太佩荣(1967-),男,云南曲靖人,高级工程师。长期从事林业调查规划设计工作。

况,必需进行品种改良。通过品种改良,真正达到了适地适良种的效果。嫁接改造后平均成活率达95.17%,有效地提升了树体生长势和抗性,保留植株结实率和嫁接改造植株结实率均达95%以上。通过项目的实施,为富源县乃至曲靖市的核桃基地管理提供了样板示范。

## 2 技术措施

### 2.1 品种改良

针对冻害情况,采取高枝换头嫁接的方式进行品种改良。为了确保嫁接成活率,聘请滇西地区核桃嫁接技术较为成熟的人员组成专业施工队,于2015年3月9—21日,用时13 d时间完成嫁接工作,共嫁接改造核桃树19 306株,当年成活率达81.87%;针对嫁接未成活的核桃树和2015年未嫁接的铁核桃,于2016年3月9—16日进行重新嫁接,共嫁接了4 774株;累计完成嫁接20 580株,改良品种主要以新新2号、强特勒、胜霜为主。

### 2.2 病虫害防治

项目区多次遭受冻害,核桃树势弱,病虫害发生突出,于2014年12月、2015年11月及2016年11月对项目区的核桃树采取树干涂刷石硫合剂进行病虫害防治,同时组织人员摘除病虫枝或虫茧,并进行集中处理;针对项目区黄刺蛾的危害,于2015年5—8月,安排专人监测,发现有老熟幼虫食叶危害时喷施触杀型农药防治。

#### 2.2.1 金龟子防治方法

1)人工防治:①成虫趋光性,用灯光诱杀;②利用成虫假死性,于傍晚振动树,树下用塑料布接虫,集中消灭;③在翻耕土地时,放入鸡、鸭啄食;④有灌水条件的地方,对幼虫进行灌水淹杀。

2)药物防治:①成虫发生量大的年份,在树冠上喷洒50%马拉硫磷乳油或50%辛硫磷乳油800~1 000倍液,或50%氧化乐果1 000~1 500倍液,或90%敌百虫400倍液防治;②每666.7 m<sup>2</sup>用50%辛硫磷乳油250 ml,加水10倍稀释,喷洒在20~30 kg细土上,拌匀,施在苗床上,然后随即浅耕,将其翻入土中;或每666.7 m<sup>2</sup>用2%甲基异柳磷粉剂2 kg,对细土20~25 kg制成毒土施入土中,可杀死土中幼虫。

#### 2.2.2 核桃枯梢病防治及预防方法

- 1)清除病株、枯死枝条集中烧毁,减少病源物。
- 2)加强管理,增强树势,提高核桃树的抗病力。
- 3)加强防冻、防旱、防虫等工作,减少核桃树的

各种伤口,冬季进行树干涂白。

通过人工和化学防治,有效降低了虫口密度。

### 2.3 整形修剪

于2015年12月、2016年12月对项目区的核桃树进行整形修剪。修剪方式采用自然开心形和疏散分层形2种。及时把细弱枝、干枯枝、重叠枝、下垂枝、病虫枝从基部剪除,调整平衡树势,调节生长与结果的矛盾,改善树冠的通风透光条件,维持结果枝组的健壮生长,更新复壮结果枝组,延长盛果期。相应的修剪技术要点是:疏病枝、透阳光、缩外围、促内膛、抬角度、节营养、养枝组、增产量。通过合理地进行整形修剪,调整树体结构,使骨架牢固,枝条疏密得当,改善通风透光条件,促进早结实、早丰产,提高品质。

### 2.4 林下间作种植

项目区核桃基地实行林粮间作。间作农作物主要以烤烟、包谷、大豆、马铃薯、萝卜和苕子为主。

### 2.5 中耕施肥

为了提高树势,2015年12月采用环状或条状施足基肥,肥料以核桃专用肥(复合生物菌剂)为主,项目区共施肥60 t。同时,积极动员引导项目区核桃栽植户结合农业生产对核桃基地进行耕翻、除草及施肥等措施,加大对核桃的中耕管理。

### 2.6 技术培训及宣传

结合品种改良、整形修剪、病虫害防治、耕翻施肥及中耕管理等生产环节,积极对项目区农户进行核桃抚育管理技术培训,共培训600余人次。

## 3 调查观测内容及方法

于2017年8月,对项目区样地海拔、坡度、坡向、土壤、栽植时间、品种改良时间、品种、生长情况、管护情况进行调查,对样地内核桃改良单株的树高、冠幅、地径、嫁接枝径、结实量、病虫害发生情况进行调查。

项目区面积143.3 hm<sup>2</sup>,抽取5%的面积作为样地调查。样地面积666.7 m<sup>2</sup>,每个品种样地调查不少于一块。同时,对近2年富源县营上镇、十八连山镇核桃提质增效项目品种改良接穗来源于腰站片区的也同时进行调查。本次共调查观测样地104个。

## 4 调查结果与分析

### 4.1 病虫害发生情况

发生的病虫害主要有锈病、炭疽病、金龟子、舞

毒蛾、黄刺蛾、枯枝病、天牛、绿刺蛾、褐斑病等 9 种。

新新 2 号有 9 种病虫害发生,分别为锈病、炭疽病、金龟子、舞毒蛾、黄刺蛾、枯稍病、天牛、绿刺蛾、褐斑病,涉及样地 42 个。胜霜有 3 种病虫害发生,分别为锈病、炭疽病、金龟子,涉及样地 14 个。强特勒有 4 种病虫害发生,分别为锈病、炭疽病、枝枯病、绿刺蛾,涉及 8 个样地。漾泡有 3 种病害发生,分别

为锈病、炭疽病、枯枝病,涉及样地 54 个。

#### 4.2 生长与结实情况

本次研究为 2008 年栽植的核桃园,主栽品种为漾泡,2015 年进行品种改良,品种分别为胜霜、新新 2 号、强特勒等 3 个品种,改良后各品种生长结实情况见表 1 所示。

表 1 改良品种生长结实情况  
Tab. 1 Growth and fruiting situation of improved varieties

品种	涉及样地数/个	品种改良株数/株	平均树高/m	平均冠幅/m <sup>2</sup>	平均地径/cm	嫁接改造株数/株	平均嫁接枝径/cm	嫁接枝数/枝	平均单株结实量/个
胜霜	14	158	3.69	3.01	11.90	117	5.99	1.43	42.00
新新 2 号	42	529	3.65	2.82	11.11	382	6.03	1.43	43.55
强特勒	6	74	3.65	2.14	11.71	37	6.11	1.44	5.05

### 5 结论

1)抗病虫能力。病虫害发生率最高的品种为新新 2 号,项目区调查到的 9 种病虫害均有不同程度的发生;其次分别为强特勒(发生病虫害 4 种)、胜霜(有 3 种病虫害发生)、漾泡(有 3 种病害发生)。胜霜抗病、虫能力优于强特勒、新新 2 号。新新 2 号抗病、虫能力较差。

2)生长情况。对改良品种进行树高、冠幅、地径、嫁接枝径等因子分析,结果表明,胜霜生长情况优于强特勒和新新 2 号。

3)结实情况。平均单株结实量新新 2 号和胜

霜均优于强特勒。

#### 参考文献:

[1] 曹尚银. 优质核桃规模化栽培技术[M]. 北京:金盾出版社,2010.

[2] 孙益知. 核桃病虫害防治新技术[M]. 北京:金盾出版社,2013.

[3] 国家林业局森林病虫害防治总站. 中国林业灾害防治战略[M]. 北京:中国林业出版社,2009.

[4] 陈鹏,杜春花. 无公害木本油料栽培技术[M]. 昆明:云南出版集团公司云南科技出版社,2015.

(上接第 144 页)

[3] 吴楚材,吴章文,郑群明,等. 生态旅游概念的研究[J]. 旅游学刊,2007,22(1):67-71.

[4] 卢云亭. 生态旅游与可持续旅游发展[J]. 经济地理,1996,16(1):106-112.

[5] 郭来喜. 中国生态旅游——可持续旅游的基石[J]. 地理科学进展,1997,16(4):1-10.

[6] FORSTER R. Planning for Man and Nature in National Parks [R]. Morges, Switzerland, International Union of Conservation of Nature and Natural Resources,1973.

[7] GUNN C A. Tourism Planning(third edition)[M]. New York:Taylor&Francis,1994.

[8] NIEUWKAMP, L B W. Zone Modelling in Ecotourism [C]//生态旅游规划与发展国际研讨会论文集. 1996.

[9] 万绪才,朱应皋,丁敏. 国外生态旅游研究进展[J]. 旅游学刊,2002,17(2):68-72.

[10] 赵辉. 秦岭自然保护区面积占全省保护区的 56.3% [EB/OL]. [http://epaper.xiancn.com/xawb/html/2015-11/18/content\\_396877.htm](http://epaper.xiancn.com/xawb/html/2015-11/18/content_396877.htm).

[11] 岳国芳,寿纪云. 陕西省新型城镇化建设可持续发展研究[J]. 经济问题,2016(11):118-120.

[12] 李聪. 秦岭自然保护区社区生态旅游开发研究[D]. 西安:西安科技大学,2009.

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2018.03.031

## “德宏 6 号”云南萝芙木优良无性系选育

赵永丰<sup>1</sup> 苏智良<sup>1</sup> 苏为耿<sup>1</sup> 李雁鸣<sup>1</sup> 黄铁坚<sup>2</sup>

(1. 云南省林业技术推广总站, 云南 昆明 650224; 2. 德宏州畹町博鸿实业有限公司, 云南 畹町 678500)

**摘要:**在德宏州云南萝芙木野生群体中开展云南萝芙木资源调查,选择优良单株进行扦插育苗扩繁,开展无性系测定试验,检测分析利血平和育亨宾含量。结果表明,“德宏 6 号”云南萝芙木优良无性系具有生长快、生物量大、利血平和育亨宾含量高、抗病和抗旱性良好的特点,可在云南省热带、亚热带地区海拔 600~1 200 m,年均温 20~22℃,年均降雨量 1 000 mm 以上,土壤类型为红壤、黄红壤且土层厚度 $\geq 1$  m 的地区推广种植。

**关键词:**“德宏 6 号”;云南萝芙木;优良无性系;选育

中图分类号:S793;S723.132 文献标识码:A 文章编号:1671-3168(2018)03-0153-05

## Selective Breeding of “Dehong No. 6” Superior Clones in *Rauwolfia yunnanensis* Tsiang

ZHAO Yongfeng<sup>1</sup>, SU Zhiliang<sup>1</sup>, SU Weigeng<sup>1</sup>, LI Yanming<sup>1</sup>, HUANG Tiejian<sup>2</sup>

(1. Yunnan Forestry Technology Extension Station, Kunming 650224, China;

2. Dehong Wanding Bohuang Industrial Co. Ltd., Wanding, Yunnan 678500, China)

**Abstract:** The resources of wild *Rauwolfia yunnanensis* Tsiang population were investigated in Dehong Prefecture. Based on the cutting seedling of superior individual, this paper carried out the clonal test and studied the content of reserpine and yohimbine. The results showed that “Dehong No. 6” *Rauwolfia yunnanensis* had the characteristics of fast growth, large biomass, high content of reserpine and yohimbine and good disease and drought resistance, which could be popularized for planting in the tropical and subtropical areas of Yunnan with an elevation of 600~1 200 metres, an annual average temperature of 20~22℃, an annual average rainfall above 1000mm and the more than 1m thickness of red soil and yellow-red soil.

**Key words:** “Dehong No. 6”; *Rauwolfia yunnanensis* Tsiang; superior clones; selective breeding

云南萝芙木(*R. yunnanensis* Tsiang)是夹竹桃科萝芙木属(*Rauwolfia*)植物,是我国珍贵的药用植物,含有 35 种生物碱<sup>[1]</sup>,其中有利血平、育亨宾、阿吗灵、蛇根碱等多种生物碱。提取的总碱制剂为“降压灵”,具有降压、镇静、活血止痛、清热解毒的

功效,用于治疗高血压、头晕、失眠、癫痫、蛇咬伤等症。利血平具有降压、镇静和安定作用,是一种常用降压药。育亨宾用于治疗男性功能障碍,也可用于治疗风湿、动脉硬化等<sup>[2]</sup>。其主要分布于云南、广西、贵州等省,属半阴性植物,多生长在热带、亚热带

收稿日期:2017-12-08.

基金项目:中央财政林业科技推广示范项目“山地核桃中幼林抚育及复合经营技术示范”。

作者简介:赵永丰(1980-),男,云南宜良人,工程师。主要从事林业科技研究和推广工作。Email:16709356@qq.com

通信作者:苏智良(1966-),男,云南德宏人,工程师。主要从事林业科技研究和推广工作。

的河岸、村旁的肥沃土壤或石灰岩山谷中；喜肥沃疏松、土层深厚、微酸性或中性的壤土或沙壤土。

云南省的西双版纳、普洱、怒江、德宏等地进行了人工育苗种植等相关研究,初步掌握了其繁育种植技术<sup>[3-8]</sup>。云南萝芙木总碱、利血平、育亨宾等的检测和提取工艺也较完善<sup>[9-14]</sup>。但其良种选育未见报道。针对其种植发展过程中种源混杂、品质和产量不稳定的情况,从云南省萝芙木野生群体中选育

出了生长快、生物量大、利血平和育亨宾含量高、抗性良好的“德宏 6 号”云南萝芙木优良无性系。

## 1 优良单株选择

### 1.1 技术路线

从云南萝芙木野生群体中选育优良单株技术路线见图 1 所示。

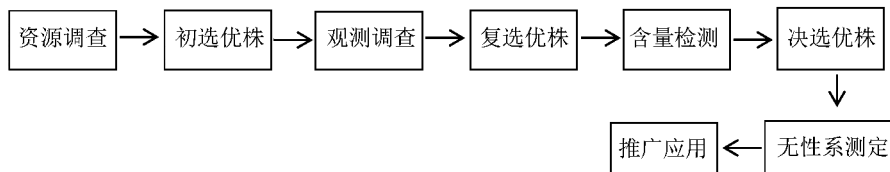


图 1 选育的技术路线

Fig. 1 Technical route of selective breeding

### 1.2 选育标准

1) 初选:在野生群体中选择生长健壮、茂盛、无病虫害的植株,要求树高 $\geq 1$  m,地径 $\geq 2$  cm,平均冠幅 $\geq 0.6$  m。

2) 复选:在初选的基础上,进一步对初选优株的树高、地径、冠幅和抗性进行调查和观测。

3) 决选:对复选植株进行利血平和育亨宾含量检测,要求全根利血平含量 $\geq 0.025\%$ ,育亨宾含量 $\geq 0.05\%$ 。

### 1.3 优株选择

2004 年,云南省林业技术推广总站和德宏州畹町经济开发区博鸿实业有限公司在德宏州境内开展云南萝芙木资源调查。调查发现,德宏州畹町、潞西等地的云南萝芙木表现良好。进一步对当地零星分布面积约 133 hm<sup>2</sup> 的野生萝芙木进行生长情况、抗性调查,调查单株 1 316 株。根据初选标准,初选优株共计 6 株。其中,畹町回环村初选优株 4 株,潞西勐嘎镇大新寨村 2 株(表 1)。

2005—2006 年,进一步对 6 个初选优株的树高、地径和冠幅进行调查,同时对抗性进行观测。根据生长及抗性观测,复选出德宏 1 号、6 号、11 号和 16 号。4 个初选单株生长稳定,生长旺盛,没有观测到发生病虫害的情况(表 2)。

2006 年,对复选的 4 个优株进行全根利血平和育亨宾含量检测。采用色谱检测法进行检测,检测结果见表 3。根据决选标准,“德宏 6 号”全根利血

表 1 云南萝芙木初选优株生长情况

Tab. 1 Growth situation of firstly selective superior individual of *Rauvolfia yunnanensis*

地点	编号	树龄/ a	树高/ m	地径/ cm	平均冠幅/ m
畹町 回环村	德宏 1 号	5	1.09	2.10	0.66
	德宏 6 号	5	1.07	2.30	0.70
	德宏 7 号	5	1.11	2.10	0.61
	德宏 11 号	6	1.03	2.30	0.67
潞西 大新寨村	德宏 16 号	6	1.21	2.40	0.68
	德宏 25 号	6	1.06	2.00	0.62

表 2 云南萝芙木复选优株生长情况

Tab. 2 Growth situation of secondly selective superior individual of *Rauvolfia yunnanensis*

地点	编号	树龄/ a	树高/ m	地径/ cm	平均冠幅/ m
畹町 回环村	德宏 1 号	6	1.19	2.18	0.73
		7	1.32	2.30	0.86
	德宏 6 号	6	1.21	2.53	0.85
		7	1.44	3.01	1.02
	德宏 11 号	7	1.14	2.52	0.74
		8	1.28	2.88	0.85
潞西 大新寨村	德宏 16 号	7	1.32	2.61	0.75
		8	1.45	2.87	0.86



平含量为 0.028 1%, 育亨宾含量为 0.061 5%, 含量超过决选标准, 确定“德宏 6 号”单株为决选优株。

表 3 云南萝芙木初选优株全根利血平及育亨宾含量  
Tab. 3 Contents of reserpine and yohimbine of firstly selective superior individual of *Rauvolfia yunnanensis*

地点	编号	全根利血平含量/%	全根育亨宾含量/%
	德宏 1 号	0.0241	0.0606
畹町回环村	德宏 6 号	0.0281	0.0615
	德宏 11 号	0.0247	0.0579
潞西大新寨村	德宏 16 号	0.0244	0.0578

“德宏 6 号”云南萝芙木生长于瑞丽市畹町镇回环村的中下部, 坡向为东北坡, 海拔 958 m, 上层林木主要有竹子、杂灌木, 郁闭度 0.35; 土壤为黄红壤, 土层厚度 0.8 m。该地年均温 21℃、年均日照时间 2 343.4 h、年均降雨量 1 522.4 mm, 全年无霜。

## 2 无性系测定

### 2.1 试验材料

2006 年, 采集决选的 4 个云南萝芙木优良单株和普通的云南萝芙木的枝条进行扦插育苗扩繁。剪取半老枝和老枝, 扦插条长 15~20 cm, 具 2~3 个芽, 用 0.05% 浓度的 ABT 3 号生根粉浸泡 3 h 后扦插。出圃苗木平均株高 20 cm 以上, 平均地径 0.20

cm 以上。

### 2.2 试验点概况

在畹町市和潞西县开展对比试验。选择海拔 1 200 m 以下, 降雨量 1 200~2 000 mm, 年均温 16~22℃, 土层厚度 1 m 以上, 以红壤为主, 排水良好, 地势平缓的阳坡和半阳坡进行种植。

### 2.3 试验设计

无性系测定采用随机区组设计, 普通云南萝芙木作对照, 5 个处理, 3 个重复, 每个重复 20 株。

### 2.4 试验栽培管理

种植株行距为 1.0 m×1.0 m, 开挖宽、深 40 cm×30 cm 的定植沟进行定植, 定植前施基肥。定植成活后每年除草松土 2 次。第一年结合松土除草施用复合肥 25 kg/hm<sup>2</sup>。第二年增施磷钾肥, 适时摘除花蕾。

### 2.5 数据调查

定植后对 2 年和 3 年生的云南萝芙木无性系测定林进行生长情况调查和观测。生长情况调查内容包括树高、地径、冠幅, 观测内容包括长势和抗性。第三年增加干根产量的调查, 并对无性系测定林 4 个无性系和 ck 分部位进行含量测定。检测采用色谱检测法进行, 检测内容为利血平和育亨宾含量。

### 2.6 试验结果

2007—2009 年, 分别在德宏畹町市回环村、弄弄村、法帕村和潞西市风平镇南景村、勐嘎镇大新寨村建立试验林, 面积分别为 10.30 hm<sup>2</sup> 和 15.6 hm<sup>2</sup>。经过数据调查, 结果见表 4、表 5、表 6。

表 4 2 年生云南萝芙木优良无性系测定林生长情况

Tab. 4 Growth situation of 2-year-old *Rauvolfia yunnanensis* superior clones forest

编号	地点	树高/m	平均增幅/%	地径/cm	平均增幅/%	平均冠幅/m	平均增幅/%
德宏 1 号	畹町	0.81	1.90	3.60	2.14	0.74	2.74
	潞西	0.80		3.55		0.76	
	平均	0.81		3.58		0.75	
德宏 6 号	畹町	0.93	16.46	4.10	15.71	0.85	15.07
	潞西	0.91		4.00		0.83	
	平均	0.92		4.05		0.84	
德宏 11 号	畹町	0.85	5.70	3.90	11.14	0.84	12.33
	潞西	0.82		3.88		0.80	
	平均	0.84		3.89		0.82	
德宏 16 号	畹町	0.82	0.63	3.72	4.57	0.82	8.22
	潞西	0.77		3.60		0.76	
	平均	0.80		3.66		0.79	
ck	畹町	0.80		3.50		0.75	
	潞西	0.78		3.50		0.71	
	平均	0.79		3.50		0.73	

表 5 3 年生云南萝芙木优良无性系测定林生长情况  
Tab. 5 Growth situation of 3-year-old *Rauvolfia yunnanensis* superior clones forest

编号	地点	树高/ m	平均增幅/ %	地径/ cm	平均增幅/ %	平均冠幅/ m	平均增幅/ %	每公顷干根 产量/ kg	平均增幅/ %
德宏 1 号	畹町	1.10	12.63	4.70	3.31	1.07	6.15	16700.30	5.83
	潞西	1.04		4.65		1.00		16520.40	
	平均	1.07		4.68		1.04		16610.35	
德宏 6 号	畹町	1.15	18.42	5.80	22.65	1.15	16.41	18795.30	18.48
	潞西	1.10		5.30		1.12		18395.40	
	平均	1.13		5.55		1.14		18595.35	
德宏 11 号	畹町	1.23	26.84	5.40	18.56	1.11	12.82	17940.80	14.34
	潞西	1.18		5.33		1.09		17950.20	
	平均	1.21		5.37		1.10		17945.50	
德宏 16 号	畹町	1.13	17.89	5.01	9.50	1.10	11.28	17200.40	8.63
	潞西	1.11		4.90		1.07		16900.50	
	平均	1.12		4.96		1.09		17050.45	
ck	畹町	0.96		4.52		0.99		15760.50	
	潞西	0.94		4.53		0.96		15630.30	
	平均	0.95		4.53		0.98		15695.40	

表 6 2 年半生云南萝芙木优良无性系对比试验林木利血平及育亨宾含量

Tab. 6 Contents of reserpine and yohimbine of two-and-a-half-year-old *Rauvolfia yunnanensis* superior clones

编号	利血平/%										育亨宾/%									
	全根	增幅	根皮	增幅	根木质部	增幅	茎皮	增幅	叶片	增幅	全根	增幅	根皮	增幅	根木质部	增幅	茎皮	增幅	叶片	增幅
德宏 1 号	0.0210	-4.55	0.1085	-0.39	0.0057	-4.80	0.0513	0.61	0.0013	7.22	0.0516	0.39	0.3226	-9.58	0.0216	-4.37	0.1630	-0.90	0.0030	-18.64
德宏 6 号	0.0239	8.64	0.1178	8.15	0.0065	8.56	0.0516	1.20	0.0017	40.21	0.0530	3.11	0.3651	2.34	0.0235	4.04	0.1673	1.72	0.0048	30.17
德宏 11 号	0.0227	3.18	0.1125	3.28	0.0061	1.88	0.0514	0.81	0.0011	-9.28	0.0519	0.97	0.3635	1.89	0.0235	4.04	0.1658	0.81	0.0040	8.47
德宏 16 号	0.0236	7.27	0.1174	7.78	0.0064	6.89	0.0514	0.81	0.0015	23.71	0.0528	2.72	0.3641	2.06	0.0223	-1.27	0.1654	0.56	0.0038	3.05
ck	0.0220		0.1089		0.0060		0.0510		0.0012		0.0514		0.3568		0.0226		0.1645		0.0037	

由表 4 可看出,4 个无性系,2 年生“德宏 6 号”平均树高、平均地径和平均冠幅比 ck 的平均增幅大,平均增幅分别超过对照 16.46%、15.71% 和 15.07%。

由表 5 可看出,3 年生“德宏 6 号”平均树高超对照 18.42%,不及“德宏 11 号”优良无性系的 26.84%。但平均地径、平均冠幅和每公顷干根产量比 ck 的平均增幅大,分别超过对照 22.65%、16.41%和 18.48%。综合看,“德宏 6 号”优于“德宏 11 号”。

由表 6 可看出,在 4 个无性系中,与对照相比,“德宏 6 号”利血平和育亨宾各部位含量增幅高于其它 3 个无性系,全根、根皮、根木质部、茎皮、叶片利血平含量分别超过对照 8.64%、8.15%、8.56%、1.20%、40.21%,全根、根皮、根木质部、茎皮、叶片育亨宾含量分别超过对照 3.11%、2.34%、4.04%、1.72%、30.17%。

通过对 3 年生无性系试验林的观测调查分析,“德宏 6 号”生长旺盛,干根产量高,生物量大,利血平和育亨宾含量高,抗性良好,表现出良好的丰产性

和抗性,生长性状和遗传性状与母株一致,表现突出,命名为“德宏6号云南萝芙木优良无性系”,并通过了云南省林木品种审定委员会良种认定。

### 3 “德宏6号”优良无性系形态特征和特点

“德宏6号”云南萝芙木优良无性系为常绿灌木,3年生时平均株高1.13 m,平均地径5.55 cm,平均冠幅1.14 m。全株平滑无毛,小枝淡褐色,叶3~4片轮生,叶片质薄柔软,具乳汁,长4~16 cm,宽1~3 cm,叶柄长0.5~1 cm,长椭圆状披针形,全缘或微波状;茎下部枝条有圆形淡黄色皮孔,上部枝条有棱。聚伞花序顶生,花萼5深裂,花冠高脚碟形,白色,花冠筒内有许多柔毛;雄蕊主要生于花冠筒中部;核果卵圆形或椭圆形,长约1 cm,宽约0.5 cm,成熟后紫黑色,种子1颗。常年开花,9—11月成熟的种子才饱满。“德宏6号”云南萝芙木优良无性系具有生长快、干根产量高、生物量大、利血平和育享宾含量高、抗性良好的特点。

### 4 “德宏6号”优良无性系适生范围

可通过无性繁育,在云南省热带、亚热带地区海拔600~1 200 m,年均温20~22℃,年均降雨量1 000 mm以上,土壤类型为红壤、黄红壤且土层厚度 $\geq 1$  m的地区推广种植。

### 5 结论与讨论

“德宏6号”云南萝芙木优良无性系是从野生群体中按照选育程序选育出来的。“德宏6号”云南萝芙木优良无性系树高、地径、平均冠幅、每公顷干根产量均高于对照,具有生长快、生物量大、利血平和育享宾含量高、抗性良好的特点,是云南省唯一通过野生选育并认定的云南萝芙木良种,可在云南适生范围内推广种植。此次选育只对2年半生的云南萝芙木进行了利血平和育享宾含量的检测,还需对2年半生以上的进行连续检测研究。2年半生“德宏6号”云南萝芙木优良无性系叶片的利血平

和育享宾含量超过复选优株平均值40.21%和30.17%,对比表现突出,其叶片的开发利用值得进一步研究。

### 参考文献:

- [1] 胡旭佳. 云南萝芙木生物碱成分研究[C]//药用植物化学与中药有效成分分析研讨会论文集(上). 北京: 中华中医药学会, 2008:6.
- [2] 刘锡葵. 萝芙木综合利用与持续发展[C]//药用植物化学与中药资源可持续发展学术研讨会论文集(上). 北京: 中华中医药学会, 2009:4.
- [3] 邹丽, 喂玉响宝. 云南萝芙木育苗造林技术[J]. 云南林业, 2014, 35(4): 64-65.
- [4] 许勇, 王正良. 云南萝芙木的扦插繁殖试验[J]. 热带农业科技, 2004(4): 45-46.
- [5] 王福云, 蔡传涛, 文彬. 珍稀药用植物云南萝芙木种子休眠与萌发特性[J]. 植物分类与资源学报, 2011, 33(2): 229-234.
- [6] 李世华, 方存幸. 云南萝芙木的利用价值与栽培技术[J]. 云南农业科技, 1992(6): 22.
- [7] 赵永生, 周亚兴, 查云盛. 云南萝芙木引种驯化栽培及发展前景[J]. 中国民族民间医药杂志, 2006(3): 179-180.
- [8] 喂玉响宝. 穗条直径和ABT 2#生根粉对云南萝芙木扦插生根的影响[J]. 种子, 2014, 33(2): 86-89.
- [9] 冯刚利, 王承南, 曹福祥, 等. 云南萝芙木规范化种植操作规程[J]. 林业科技开发, 2008(1): 102-104.
- [10] 龙绛雪, 蒋太煜, 徐文宣, 等. 云南萝芙木中利血平含量测定方法的建立[J]. 西部林业科学, 2014, 43(1): 110-114.
- [11] 董旭杰, 曹福祥, 邓明, 等. 酶法提取云南萝芙木中阿吗碱的研究[J]. 北方园艺, 2011, (12): 48-50.
- [12] 邓明, 曹福祥, 龙绛雪, 等. 云南萝芙木中三种生物碱含量的HPLC法测定[J]. 湖北农业科学, 2011, 50(11): 2331-2333.
- [13] 洪博, 吴健, 刘丽, 等. 正交试验优选云南萝芙木中总生物碱的提取工艺[J]. 中国药房, 2010, 21(27): 2526-2528.
- [14] 刘璇. 云南萝芙木中育享宾提取与分离的研究[D]. 长沙: 中南林业科技大学, 2009.

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2018.03.032

## 刨花润楠扦插繁殖技术研究

唐健民<sup>1</sup> 范进顺<sup>2</sup> 柴胜丰<sup>1</sup> 邹蓉<sup>1</sup> 周运鸿<sup>2</sup> 韦记青<sup>1</sup>

(1. 广西壮族自治区中国科学院广西植物研究所, 广西 桂林 541006;

2. 桂林市林业局, 广西 桂林 541001)

**摘要:**为探索不同基质、生长激素及不同浓度、浸泡时间对刨花润楠扦插生根的影响程度,采用 4 因素 3 水平正交试验设计,在位于广西桂林的中国科学院广西植物研究所温室内进行了扦插育苗试验。以生根率、生根数、平均根长、根鲜重为扦插生根效果的评价指标,构建生根效果指数,评价总的生根效果。结果表明:对生根效果指数影响最大的是扦插基质,浸泡时间第二,激素种类第三,激素浓度影响最小,其中扦插基质对生根效果指数的影响达到极显著水平( $P < 0.01$ )。当以 IBA 为扦插激素,浓度为 500 mg/L,穗条浸泡时间 2 min,黄土为扦插基质时,刨花润楠的生根效果最好。

**关键词:**刨花润楠;正交试验;扦插繁殖;扦插基质;生长激素;生根效果指数

中图分类号:S792.23;S723.132.1 文献标识码:A 文章编号:1671-3168(2018)03-0158-05

## Techniques of Cutting Propagation of *Machilus pauhoi*

TANG Jianmin<sup>1</sup>, FAN Jinshun<sup>2</sup>, CHAI Shengfeng<sup>1</sup>, ZOU Rong<sup>1</sup>, ZHOU Yunhong<sup>2</sup>, WEI Jiqing<sup>1</sup>

(1. Guangxi Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Guilin, Guangxi 541006, China;

2. Forestry bureau of Guilin, Guilin, Guangxi 541001, China)

**Abstract:** This paper carried out the cutting seedling experiment of *Machilus pauhoi* with orthogonal design  $L_9(3^4)$  in the greenhouse of Guangxi Institute of Botany, in order to study the effect of four factors including substrate type, hormone type, treating time and concentration on rooting of cuttings. The experiment selected the rooting rate, rooting number, average root length, and root fresh weight as the effect indexes to construct the rooting effect index system which would evaluate entire effect of rooting. The results showed that substrate type was the key factor affecting rooting of cuttings, treating time was second, hormone type was third and hormone concentration was least. The substrate type had significantly effect on rooting effect index of cuttings ( $P < 0.01$ ). The rooting of cuttings was treated with 500mg/L IBA for 2min, and taking Loess as substrate, the rooting effect of *Machilus pauhoi* was the best.

**Key words:** *Machilus pauhoi*; orthogonal design; cutting propagation; cutting substrate; hormone; rooting effect index

刨花润楠 *Machilus pauhoi* 又名刨花楠、刨花、香粉树等,属樟科 Lauraceae 润楠属 *Machilus* Nees 常

收稿日期:2017-12-25.

基金项目:广西科技基地和人才专项(桂科 AD17129022)、桂林市科技成果转化与推广(20140115-1)和柳州市科技攻关项目(2016B050202)项目资助。

作者简介:唐健民(1988-),男,广西桂林人,助理研究员,硕士。主要从事药用和保护生物学研究。Email: 690814668@qq.com

通信作者:韦记青(1968-),女,广西桂林人,研究员。主要从事保护植物学研究。Email:weijq@gxib.cn

绿乔木<sup>[1]</sup>,树干通直圆满,萌芽能力强,生长速度快,出材量大。刨花润楠心材较为坚实,纹理通直、质地轻软、硬度适中,可供建筑、高级家具、细木等用材;其树型美观、四季常绿、嫩叶呈红色和红棕色,是优良的庭院观赏、园林绿化树种<sup>[2]</sup>。刨花润楠还是优良的天然香料和植物胶原材料:其主材、树皮和枝条粉碎出来的香粉是用于制作祭祀的神香和家庭驱蚊香薰的优质原材料,深受蚊香厂家的青睐<sup>[3]</sup>;而且刨花润楠抽提物含量较高,戊聚糖含量略高,抗蛀耐腐蚀性良好,经过加工和改性后,可形成高增黏效果的植物胶体;我国目前对于工业用和食品用植物胶产品的市场需求猛增,应用前景十分广阔。刨花润楠作为广西珍贵的乡土树种,全身是宝,是一种极具经济效益、生态效益和社会效益的优良乡土树种,广西林业厅已将其列为广西重点发展的珍贵树种。

目前,关于刨花润楠的研究报道主要集中在种群结构<sup>[4,5]</sup>、光合特性<sup>[6-8]</sup>、幼苗抗性<sup>[9]</sup>以及栽培技术<sup>[10,11]</sup>方面。对于其育苗技术研究多见于种子繁育方面<sup>[12,13]</sup>,无性繁殖方面的研究报道还比较少。随着市场对珍贵木材和植物胶体的需求快速增长,目前广西适应于木材高端市场的优质材、珍贵材数量贫乏,严重不足。因此,研究刨花润楠的育苗技术,提高其成活率和出圃率,可部分满足市场的需求。为了探索影响刨花润楠扦插繁育的成活率及生根效果的原因和机理,本研究采用正交试验  $L_9(3^4)$  设计进行研究,以期对其育苗技术提供理论和实践指导。

## 1 材料和方法

### 1.1 试验地概况

试验地设在中国科学院广西植物研究所特色经济植物研究中心的温室大棚内,地理位置 N25°6'48",E110°29'58",海拔 178 m。该研究所位于广西桂林,属中亚热带季风性气候区,年均温 19.2℃,年相对湿度 78.0%,干湿季明显。

### 1.2 试验材料

扦插材料:于 2 月下旬采自广西贺州。选择生长健壮、无病虫害的 1~2 年生枝条作为插穗。扦插激素:IAA(吲哚乙酸)、IBA(吲哚-3-丁酸)、NAA(萘乙酸);扦插基质:珍珠岩、黄土、泥炭土。

### 1.3 试验方法

#### 1.3.1 试验设计

采用正交试验方法设计(表 1),以不同种类的激素、不同梯度的浓度、不同浸泡时间以及不同的扦

插基质作为影响扦插生根的因素<sup>[14]</sup>。以 NAA/IBA/IAA 作为生长素处理插穗,设有低、中、高 3 个梯度浓度:100 mg/L、250 mg/L、500 mg/L;插穗浸泡时间分别为 2 min、3 h、12 h;最后将经过不同生长素和不同处理时间浸泡的插穗,按照  $L_9(3^4)$ (表 1) 试验安排将插穗插入基质中。

表 1  $L_9(3^4)$  正交试验

Tab. 1 Orthogonal design  $L_9(3^4)$

水平	A 激素种类	B 处理浓度/ (mg·L <sup>-1</sup> )	C 处理时间	D 扦插基质
1	NAA	100	2 min	珍珠岩
2	IBA	250	3 h	黄土
3	IAA	500	12 h	泥炭土

#### 1.3.2 扦插方法和管理

扦插前将插穗按照不同要求进行处理。处理后将插穗插入实验前用 0.5% 的多菌灵溶液消毒处理的基质中。扦插深度为穗条长度的 2/3,插后轻轻压实并浇透水。为保持土壤的湿度,每天喷水 1~2 次。在高温时期,打开温室通风设备适当通风<sup>[15]</sup>。

#### 1.3.3 数据采集和分析

试验数据在当年 11 月底采集,采集生根数、生根率、平均根长、根鲜重的数据,统计插穗生根的数量(条),生根率=生根数/扦插数量×100%;根系长度采用游标卡尺进行测量(cm):平均根长=总根数长度/总根数;根系剪下,洗净,擦干,用电子天平称量,获得根鲜重(g)。并以生根数、生根率、平均根长、根鲜重 4 个变量为影响指标,对刨花润楠生根效果进行功效系数法<sup>[16]</sup>综合评价,确定各试验因素对其生根效果指数的影响程度,选出最优的扦插生根组合。数据采用 EXCEL 和 SAS8.1 软件<sup>[17,18]</sup> 进行统计分析。

$$\text{令 } x_{ij}^* = 60 + \frac{x_{ij} - m_j}{M_j - m_j} \times 40,$$

$$\text{则 } y_i = \sum_{j=1}^4 x_{ij}^* / 4, i = 1, \dots, 9; j = 1, \dots, 4$$

式中: $m_j$ 、 $M_j$  分别为指标  $x_j$  的最小值和最大值。

## 2 结果与分析

### 2.1 各试验因素对生根率的影响

根据正交试验结果(表 2),确定试验结果最优的 6 号处理组合,平均每株可生根 7.9 条,平均生

表 2 正交试验结果

Tab. 2 Results of orthogonal experiment

处理号	激素种类 A	处理浓度 B	处理时间 C	扦插基质 D	平均根长/ cm	根鲜重/ g	生根数/ 条	生根率/ %	生根效果 指数
1	1	1	1	1	4.48	0.1175	1.7	13.33	66.62
2	1	2	2	2	8.44	0.4071	6.9	36.67	93.37
3	1	3	3	3	5.51	0.2155	2.5	18.33	73.19
4	2	1	2	3	6.25	0.2559	3.1	33.33	81.10
5	2	2	3	1	2.32	0.0502	1.1	16.67	60.97
6	2	3	1	2	7.73	0.3518	7.9	63.33	97.29
7	3	1	3	2	6.76	0.2701	5.8	40.00	85.81
8	3	2	1	3	4.71	0.2488	3.2	20.00	74.17
9	3	3	2	1	3.14	0.0605	1.2	11.67	61.77

根率可达 63.33%，生根效果指数达 97.29。由表 3 可知，R 值显示各试验因素对刨花润楠生根率影响效应的大小排序为 D>A>C>B，说明扦插基质对刨花润楠扦插的生根率影响最大，激素种类第二，浸泡时间第三，激素浓度影响最小。以 C 因素的离差平方和最小来做误差项进行方差分析，结果显示，只有扦插基质对生根率的影响达到显著水平 ( $P<0.05$ )，其余因素对生根率的影响不显著 ( $P>0.05$ ) (表 4)。

表 3 各因素对扦插生根率影响的极差分析

Tab. 3 Range analysis of effects of experiment factors on rooting rate

均值	生根率			
	A	B	C	D
K1	22.78	28.89	31.22	13.89
K2	36.78	24.45	27.22	45.67
K3	23.89	30.11	25.00	23.89
极差	14.00	5.66	6.22	31.78

2.2 各因素对扦插生根数、平均根长、根鲜重的影响

极差分析结果(表 5)显示,各因素对刨花润楠扦插的平均根长影响效应按大小排序为 D>A>C>B,这与对生根率影响的排序相一致,对生根数、根鲜重的影响效应大小排序均为 D>C>A>B。各因素对生根数、平均根长、根鲜重的方差分析结果(表 6)显示,扦插基质对生根数和根鲜重的影响都达到极显著水平 ( $P<0.01$ ),对平均根长的影响达

表 4 各因素对扦插生根率影响的方差分析

Tab. 4 Variance analysis of effects of experiment factors on rooting rate

方差来源	自由度 Df	生根率		
		离差平方和	均方差	F 值
A	2	363.3	181.65	6.82
B	2	53.3	26.65	
C	2	59.6	29.80	1.12
D	2	1584.1	792.10	29.73 *
总和	8	2060.3		

注: \*  $F_{0.05}(2,2) = 19$ , \*\*  $F_{0.01}(2,2) = 99$ ,下表同。

到显著水平 ( $P<0.05$ ),其余各因素对生根数、平均根长、根鲜重的影响均未达到显著水平 ( $P>0.05$ )。

2.3 试验因素对生根效果指数的影响

按 R 值主次的排列顺序 D>C>A>B(表 7),对刨花润楠扦插的生根效果指数影响最大的是扦插基质,插穗浸泡的时间和激素种类的影响依次下降,激素浓度影响最小。均值的极差分析是衡量各因素对生根指数影响的重要指标,生根效果指数越大,代表其对扦插生根的效果的影响越大、越好。通过方差分析(表 8)可以看出,具有极显著水平 ( $P<0.01$ ) 的影响因素是扦插基质,其余均未达显著水平 ( $P>0.05$ )。因此,由于生根效果指数越大越好,刨花润楠扦插的最优组合为 A2B3C1D2,即以 IBA 为扦插激素,激素浓度为 500 mg/L,穗条浸泡时间 2 min,黄土为扦插基质时,刨花润楠的生根效果最好。

表 5 各因素对扦插试验生根数、平均根长、根鲜重影响的极差分析

**Tab. 5 Range analysis of effects of experiment factors on rooting number, average root length and root fresh weight**

均值	生根数				平均根长				根鲜重			
	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
K1	3.70	3.57	4.27	1.33	6.14	5.83	5.64	3.31	0.247	0.214	0.239	0.076
K2	4.01	3.73	3.77	6.87	5.43	5.16	5.94	7.64	0.219	0.235	0.241	0.343
K3	3.40	3.87	3.13	2.97	4.87	5.46	4.86	5.49	0.193	0.209	0.179	0.240
极差	0.67	0.30	1.13	5.53	1.27	0.67	1.08	4.33	0.054	0.026	0.062	0.267

表 6 各因素对扦插试验生根数、平均根长、根鲜重影响的方差分析

**Tab. 6 Variance analysis of effects of experiment factors on rooting number, average root length and root fresh weight**

方差来源	自由度 Df	生根数			平均根长			根鲜重		
		离差平方和	均方差	F 值	离差平方和	均方差	F 值	离差平方和	均方差	F 值
A	2	0.669	0.335	4.919	2.443	1.222	3.582	0.004	0.002	4.00
B	2	0.136	0.068		0.682	0.341		0.001	0.0005	
C	2	1.936	0.968	14.235	1.862	0.931	2.730	0.008	0.004	8.00
D	2	48.50	24.25	356.59 **	28.12	14.06	41.24 *	0.109	0.545	109.00 **
总和	8	51.24			33.11			0.122		

表 7 各因素对扦插试验生根效果指数影响的极差分析

**Tab. 7 Range analysis of effects of experiment factors on rooting effect index**

均值	生根效果指数			
	A	B	C	D
K1	77.72	77.41	79.36	63.12
K2	79.79	76.17	78.75	92.16
K3	73.91	77.84	73.32	76.15
极差	5.87	1.67	6.04	29.04

表 8 各因素对扦插试验生根效果指数影响的方差分析

**Tab. 8 Variance analysis of effects of experiment factors on rooting effect index**

方差来源	自由度 Df	生根效果指数		
		离差平方和	均方差	F 值
A	2	53.22	26.61	11.73
B	2	4.54	2.27	
C	2	66.23	33.12	14.06
D	2	1269.10	634.55	279.78 **
总和	8	1393.09		

### 3 讨论和结论

扦插繁殖作为常规的繁殖技术,具有繁殖速度快、扦插材料处理简单、亲本遗传性状变异小、管理方便等优点<sup>[19,20]</sup>。在植物扦插繁育中,扦插基质是重要的影响因素,基质的作用除支持和固定植株外,更重要的是为植物生长提供一个稳定、适宜的根系环境,如土壤中的水分、空气、pH 值、养分含量等<sup>[21]</sup>。

研究表明,在扦插基质、激素浓度、激素种类以及插穗在激素中浸泡时间这 4 个影响因素中,对生根效果指数影响最大的是扦插基质,插穗浸泡的时间和激素种类的影响力依次下降,激素浓度影响最小,其中扦插基质达到极显著水平影响 ( $P < 0.01$ ),其余因素均未达显著水平 ( $P > 0.05$ ) 的影响。说明影响刨花润楠扦插成活率因素最大的是扦插基质,其中黄土具有极显著的效果。黄土具有保水性强、透气性好,pH 值偏酸性等符合刨花润楠喜荫湿、在酸性或中性土壤生长的习性,有利于其根系生长。从  $L_9(3^4)$  正交试验总的生根效果来看,刨花润楠的生根率能达到 63.33%,生根效果指数达到了 97.29,其扦插效果的最佳处理组合为 A2B3C1D2,即

以 IBA 为扦插激素,激素浓度为 500 mg/L,穗条浸泡时间 2 min,以黄土为扦插基质时,刨花润楠的生根效果最好。

综合上述结果可以得出,扦插繁殖作为苗木的常规繁殖技术,对于扦插繁育刨花润楠是可靠、有效的,而且通过试验改进扦插根系的培养条件,选出刨花润楠扦插繁育的最佳组合,可显著地提高其生根率和生根效果,获得更高的成活率和出圃率。因此,扦插繁殖是对该优良乡土树种进行有效种苗繁育的可靠方法之一,具有非常重要的实践意义。

### 参考文献:

- [1] 胡希华. 刨花润楠的优良特性及育苗栽培技术[J]. 湖南林业科技, 2006, 33(1): 65-66.
- [2] 张敏, 蓝芳菊, 湛礼兵. 桂北地区刨花润楠发展前景及栽培技术[J]. 南方农业学报, 2013, 7(12): 74-77.
- [3] 刘艺玮. 刨花润楠育苗技术研究[D]. 长沙: 中南林业科技大学, 2015.
- [4] 朱宏光, 杨柳, 温远光, 等. 广西大明山刨花润楠种群结构及其分布格局研究[J]. 广东农业科学, 2015, 12: 147-151.
- [5] 周鹏, 林玮, 朱芹, 等. 基于 SRAP 分子标记的刨花润楠遗传多样性分析[J]. 北京林业大学学报, 2016, 38(9): 16-23.
- [6] 胡厚臻, 侯文娟, 潘启龙, 等. 配方施肥对刨花润楠幼苗生长和光合生理的影响[J]. 西北林学院学报, 2015, 30(6): 39-45.
- [7] 张冬生, 叶雪兰, 谢金兰, 等. 刨花润楠叶片形态表型分析[J]. 广东林业科技, 2015, 31(3): 24-28.
- [8] 周鹏, 林玮, 朱芹, 等. 刨花润楠不同种源光响应曲线分析[J]. 华南农业大学学报, 2016, 37(4): 57-62.
- [9] 刘全勇, 卢锟, 李泽, 等. 水分胁迫对刨花润楠幼苗生长及光合特性的影响[J]. 中南林业科技大学学报, 2016, 36(9): 29-35.
- [10] 吴松成. 刨花润楠丰产技术[J]. 林业实用技术, 2005(10): 11-12.
- [11] 蓝肖, 梁瑞龙, 周全连. 刨花润楠栽培技术初探[J]. 广西林业科学, 2008, 37(4): 203-205.
- [12] 温胜房, 李祥云. 刨花润楠育苗与造林技术[J]. 广东林业科技, 2008, 24(2): 115-117.
- [13] 石怀国. 刨花润楠的特性及育苗栽培技术[J]. AGRICULTURE AND L TECHNOLOGY, 2013: 41-43.
- [14] 唐健民, 柴胜丰, 邹蓉, 等. 小果核果茶扦插繁殖技术研究[J]. 广西植物, 2017, 37(4): 511-516.
- [15] 韦记青, 蒋运生, 唐辉, 等. 珍稀濒危植物金花茶扦插繁殖技术研究[J]. 广西师范大学学报自然科学版, 2010, 28(3): 70-74.
- [16] 曾丹娟, 赵瑞峰, 柴胜丰, 等. 濒危植物合柱金莲木扦插繁殖研究[J]. 种子, 2010, 29(10): 80-82.
- [17] 柴胜丰, 史艳财, 陈宗游, 等. 珍稀濒危植物毛瓣金花茶扦插繁殖技术研究[J]. 种子, 2012, 31(6): 118-121.
- [18] 柴胜丰, 邓耘, 吴儒华, 等. 濒危植物显脉金花茶的扦插繁殖试验[J]. 广西科学院学报, 2016, 32(1): 15-20.
- [19] 郝振梅. 影响扦插育苗成活的因素[J]. 内蒙古农业科技, 2013(3): 133-134.
- [20] 张思敏, 宋敏丽, 曹艳花, 等. 激素对平欧杂种榛硬枝容器扦插生根的影响[J]. 北方园艺, 2017(11): 71-75.
- [21] 楚清华, 王明祖, 黄子濠, 等. 不同基质对锦绣苣扦插繁殖的影响[J]. 广东农业科学, 2012(6): 58-77.



doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2018.03.033

## 森林认证在云南国有林场的发展因素分析及建议

杨秋益 许彦红

(西南林业大学,云南 昆明 650224)

**摘要:**采用问卷调查的方式,对影响森林认证的动力、阻力和条件等要素进行调查研究。结果表明,保护环境和生物多样性、促进森林可持续经营和国家政策的扶持是推动云南森林认证的主要动力;经营管理水平低和林场资金负担重是阻碍云南国有林场开展森林认证的主要阻力;大部分被调查者认为政府的支持和鼓励以及切实推动森林的可持续发展是开展森林认证最应具备的条件;但是政府在政策、管理和经费上给予的支持在已具备的条件中得分较低,说明政府对森林认证的支持力度不够。提出加大森林认证宣传工作;激发绿色消费需求;发挥政府主导作用,提高森林经营单位的管理水平;坚持绿色发展;积极推动森林康养产业建设等推动森林认证的建议。

**关键词:**森林认证;动力因素;阻力因素;所需条件;绿色消费;绿色发展;森林康养产业;云南国有林场

中图分类号:S757.[.9];F316.23 文献标识码:A 文章编号:1671-3168(2018)03-0163-05

## Driving Factors and Development Suggestions of Forest Certification in State-owned Forest Farm of Yunnan

YANG Qiuyi, XU Yanhong

(Southwest Forestry University, Kunming 650224, China)

**Abstract:** The factors affecting the forest certification, such as the driving and resistance conditions, were investigated by the questionnaire. The results showed that the protection of environment and biodiversity, the promotion of forest sustainable management and the support of national policy were the main driving factors of the forest certification in the state-owned forest farm of Yunnan while the low operation and management level and the high capital cost were the main resistance factors. According to most respondents, the support and encouragement from the authority and the substantive promotion of the forest sustainable development were the primary conditions required for forest certification. This paper suggested to increase the publicity of forest certification, stimulate the green demand of consumer, emphasize the leading role of government, improve the forest management level, insist the green development and actively promote the development of forest health industries.

**Key words:** forest certification; driving factors; resistance factors; required conditions; green consumption; green development; forest health industries; state-owned forest farm of Yunnan

收稿日期:2018-03-14.

基金项目:云南省林学一流学科建设(项目编号:51600625).

作者简介:杨秋益(1991-),女,云南武定人,硕士研究生.从事森林经理学研究. Email:1142112157@qq.com

通信作者:许彦红(1964-),男,云南易门人,副教授,硕士研究生导师.主要从事森林资源调查与评价、森林可持续经营等方面的教学与研究. Email:631688835@qq.com

森林认证又称森林可持续经营认证,是一种通过应用市场机制来加快森林可持续发展的工具,目的在于提高森林的管理质量和促进可持续森林管理<sup>[1]</sup>。森林认证在 20 世纪 90 年代初开始发展起来。我国对于森林认证的研究起步较晚,但发展迅速,已取得了非常巨大的成果。2015 年以来,国内已经认同的森林认证机构快速增长,从 4 家增长到 12 家<sup>[2]</sup>。目前经过认证的森林面积超过 900 万  $\text{hm}^2$ ,已有 45 种林产品加载认证标识进入市场,同时被国内外市场所接受和认同<sup>[3]</sup>。云南作为中国通向东南亚的大门,其优越的地理位置和丰富的森林资源为开展森林认证提供了基础。但是,目前云南省的国有林场接受森林认证的还很少,森林资源的优势并没有得到充分发挥,其森林认证的任务与国家林业局的目标还存在较大差距。

## 1 国有林场参与森林认证的意义

国有林场的森林认证,即森林经营认证。也就是国有林场在市场经济中,充分考虑环境、资源与发展问题,以可持续发展的理念经营、生产与销售林产品,对国有林场中的各级森林经营单位实行严格的监督管理<sup>[1]</sup>,以实现国有林场的森林可持续经营。

目前,云南省有国有林场 203 个,总经营面积 313.48 万  $\text{hm}^2$ ,其中林地 271.59 万  $\text{hm}^2$ ,占全省林地面积的 11%;森林蓄积 3.1 亿  $\text{m}^3$ ,占全省活立木蓄积量的 16.5%;森林覆盖率达 75%<sup>[4]</sup>。在我国,国有林场是生态建设的主体,国有林场的森林经营是否可持续从一定程度上反映了林业的可持续经营水平。2008 年,国家林业局将腾冲市确定为全国森林认证试点之一。腾冲市林业局决定对 5 个国有林场的森林进行森林经营认证。2014 年,该市沙坝、古永、明光、大河、苏江 5 个林场共 8.85 万  $\text{hm}^2$  森林通过国际中国区森林认证标准,颁发了认证书,成为全国国有林场改革森林体系建设的第一家,并于 2015 年 12 月通过 FSC 国际森林认证机构年度审核<sup>[5]</sup>。2013 年,红河州石屏县林业局牛达林场列入国家林业局森林认证试点。此外,森林认证在云南的其他国有林场还未开展。

森林认证不仅是当今国际林业中关注的热点问题,同时也成为国际林业的新趋势之一。在云南这个森林覆盖率较高的省份,推进森林认证已是势在必行。将国有林场加入森林认证,无疑对促进整个云南省林业国际化,从而实现长久健康发展具有重要的引导作用。与此同时,国有林场的加入也必定

带动同类的森林经营单位的管理走向森林可持续经营的步伐,最终使整个云南省内的林业产业发展走上可持续发展的道路<sup>[6]</sup>。

## 2 研究内容与方法

### 2.1 研究内容

采用问卷的形式对云南省国有林场森林认证发展中的动力因素、阻力因素及条件等指标进行调查和分析,指出其发展现状及存在的问题,并提出相关建议和措施,为云南国有林场良性、健康地可持续发展提供一定理论基础,以期更好地指导未来云南森林认证的发展。

### 2.2 研究方法

以社会、经济、生态 3 个方面为出发点,在广泛查阅相关文献资料的基础上,结合云南省林业可持续发展的实际,构建开展森林认证的动力因素、应或已具备条件、阻力因素等 3 个方面共 30 个指标进行问卷调查(表 2,表 3,表 4)。邀请基层森林经营管理者对相关指标按重要性采用 1~5 分由低到高进行打分,3 分以上即为比较重要。以电子邮件的方式发放和回收调查问卷。

## 3 结果与分析

本次调查共发出问卷 237 份,覆盖云南省 10 个州市各县林业局及国有林场,其中,保山市 37 份,楚雄彝族自治州 19 份,德宏州 8 份,迪庆藏族自治州 46 份,红河哈尼族彝族自治州 26 份,临沧市 38 份,怒江傈僳族自治州 1 份,玉溪市 12 份,昭通市 22 份,昆明市 28 份。共回收问卷 237 份,其中有效问卷 228 份,占回收问卷的 96.2%。

本次调查对象为林场或者基层林业局,不涉及企业、科研单位、大中专院校和行业协会等。有效回收的 228 份问卷中,有 181 份表示知道森林认证,占总问卷的 79.4%;有 47 份表示不知道森林认证,占总问卷的 20.6%。了解途径和占比见表 1。

表 1 森林认证了解途径

Tab. 1 Way of understanding forest certification

了解途径	数量/份	占比/%
单位培训	46	25.4
广播	5	2.8
报纸	12	6.6
电视	30	16.6
其他	88	48.6

由表 1 可知,大部分被调查对象对森林认证有一定的了解,且这一部分都是从事国有林场经营和管理的人员。腾冲市林业局的 5 个林场已参与过 FSC 认证,红河州牛达林场也已被列为国家级森林认证试点,部分调查对象都曾从事或者经历过森林认证的实践和培训,对森林认证有一定了解。问卷调查结果具有较好的代表性,具备对各相关因素或条件等指标进行分析的可靠基础。

### 3.1 动力因素分析

分析森林认证的动力因素可为森林认证在云南的推行提供参考,缺乏动力或者动力不明确,将导致森林认证发展失败<sup>[7]</sup>。动力因素调查结果见表 2。

表 2 动力因素平均得分值

Tab. 2 Average score of driving factors of forest certification

动力因素	平均分
国内外市场需求	3.8
保护环境和生物多样性	4.5
促进森林的可持续经营	4.4
提高经营单位的管理水平	4.2
认证产品溢价	3.7
国家政策扶持	4.4
非政府环保组织的压力或支持	3.6
具有足够的资金支持	4.1

从表 2 可看出,绝大多数基层森林经营和管理者认为全省推行森林认证的动力主要考虑的是保护环境和生物多样性;其次是促进森林的可持续经营和国家政策的扶持。云南省素有“野生动植物王国”之称,以保护环境和生物多样性为出发点也是推进森林认证的一个重要方面;再次是能提高经营单位的管理水平及具有足够的资金支持和国内外市场需求等因素;非政府环保组织的压力或支持和认证产品溢价的评分偏低,表明这 2 个因素并不是云南国有林场开展森林认证的主要动力。由于土地退化、森林砍伐和其他自然灾害而造成的生物多样性消失是目前全球最为关注的问题之一,森林认证通过市场机制对森林经营活动有一定的约束作用,这对维护环境安全和保护生物多样性具有重要的促进作用。在国家相关政策的扶持下加速森林认证在云南省的推广,为全省的森林认证赢得更大的市场。

本次调查发现,若具有足够的资金支持,有意向

进行森林认证的经营单位仍占大部分。森林认证的费用由 2 部分构成,第一是直接费用,即森林认证本身需要支付给认证机构的费用,主要是森林评估和年度审计费用。其次是间接费用,即为达成森林认证而付出的准备工作所支付的经费,及森林认证改进工作所需其他费用<sup>[8]</sup>。王香奕等提出,管理水平越高的森林经营认证经营单位,其间接费用越低;在同等经营水平下,规模小的森林比规模大的森林认证费用要高<sup>[9]</sup>。云南大部分国有林场地处偏远,建设成本较高,因资金不足,大部分基础设施落后,经营水平不高,加之维持简单再生产资金长期不足,其森林认证的间接费用将是一笔巨大的开支。森林认证的费用动辄就是几十万,甚至上百万,就算通过了第一次认证,每 5 年还要再进行审核,这对一些林场来说是难以负担的开销。

### 3.2 开展森林认证应具备的条件和已具备的条件

开展森林认证应具备的条件和已具备的条件问卷调查结果见表 3。

表 3 开展森林认证所需条件平均得分值

Tab. 3 Average value of required conditions in the development of forest certification

应具备的条件	平均分	已具备的条件	平均分
林产品出口市场的需求	4.1	林产品出口市场的需求	4.1
国内认证产品的需求	4.1	国内认证产品需求	4.0
认证的产品溢价	3.8	认证的成本效益	3.8
能够切实推动森林的可持续经营	4.5	政府在政策、组织、管理和经费上给予了支持	3.8
政府的支持和鼓励	4.6	国际社会的支持	3.7
国际组织的支持和帮助	3.9	公众环境保护意识增强	4.1
		世界和国内森林认证的经验与教训	3.7
		云南连接东南亚多个国家的地理优势	4.3

从表 3 可知,大部分答卷者认为政府的支持和鼓励是开展森林认证应具备的条件中最重要的因素。政府是森林认证中重要的利益相关方,在提供森林认证所需的法规政策环境、创建森林认证体系、确保公允正当的国际贸易规则等方面发挥着重要作用。

实现森林的可持续经营是开展森林认证的根本目的,是否能积极推动森林的可持续经营,一直以来都是森林认证优先考虑的条件;发展森林认证的根本是依靠市场带动,因此,是否具备足够的市场需求也是影响森林认证发展的重要因素。森林经营管理者申请认证的目的是得到一种认可,一种使自己经营管理的森林资源获得独立的第三方机构的肯定,并获得一种生态循环的可持续经营标识。在环境问题和可持续发展十分敏感和日益受到重视的全球趋势下,开展环境友好的可持续森林经营,无疑为木材生产供应商提供了产品的绿色标识和广阔的市场空间<sup>[10]</sup>。森林认证的成本与效益相比,虽然一开始投入的成本巨大,但通过森林认证后的社会效益、经济效益、生态效益等各方面的综合效益要比投入的成本高,并且持久。

从已具备的条件的得分看,云南连接东南亚多个国家的地理优势在已具备的条件中得分最高。大部分答卷者认为,在开展全省森林认证的进程中,林产品出口市场和国内认证产品的需求已具备,公众的环境保护意识也逐渐增强。但是认证的产品溢价和政府政策、管理等方面给予支持相比上述 4 个条件的得分要低。森林认证发展需要多方的积极参与,除了国内政策的支持外,还需积极学习国际先进经验,寻求国际支持。

### 3.3 阻力因素分析

关于云南国有林场森林认证阻力因素的问卷调查结果见表 4。

表 4 阻力因素平均得分值

Tab. 4 Average score of resistance factors of forest certification

阻力因素	平均分
公众对森林认证不够了解	4.0
缺乏国内市场需求	3.8
出口市场规模小	4.0
认证成本过高	4.1
认证程序繁琐	4.1
森林经营单位经营管理水平低	4.3
与现行林业管理体制冲突	4.0
认证市场中政府职能缺位	4.1
林场资金负担重	4.2

从表 4 可知,森林经营单位的管理水平低和林

场资金负担重是云南开展森林认证最主要的阻力。伴随我国经济体制改革的不断深入,我国市场经济体系正在稳步建立和完善中,各行各业的问题也日益突显出来,林业市场问题亦是日益显现。一直以来,云南省的国有林场数量多、类型丰富、涵盖面广,但由于管理体制不顺、经营机制不活,在建设和经营管理上都遇到艰难险阻,大多数国有林场的发展水平与周边社区的差距越来越大<sup>[11]</sup>。

其次,森林认证成本费用高昂、繁琐的认证程序和政府在认证市场中的职能缺位也制约着森林认证的发展。公众的环保意识和对森林认证的认识已经增强,但大部分公众对森林认证的了解还存在一定的缺陷,认为就是简单的类似 ISO 等认证。

再次,政府没有充分可行的激励政策和实践措施来支持森林经营单位开展森林认证。我国目前的森林资源总量虽然比较大,但一直以来都是木材进口国,国内的木材供不应求,大部分木材主要通过国外供应和使用未经认证的木材构成<sup>[7]</sup>;欧美等发达国家早已相继出台打击或禁止非认证森林进口木材贸易的法律,不推进森林认证的发展来打破这道贸易壁垒,林产品的出口规模就难以扩大,无法开拓国际市场。

## 4 总结与建议

本次调查在总体上反应了云南省森林认证的基本情况,保护环境和生物多样性、促进森林可持续经营、国家政策扶持是推动云南森林认证的主要动力;经营管理水平低俨然是森林认证发展的最大阻力;资金问题既是推动森林认证进程中的动力因素,也是阻力因素,高昂的认证费用依然让有意进行森林认证的单位望而却步。依据调查结果,综合分析提出以下几点建议:

1)继续加大森林认证宣传工作。加强森林认证宣传活动,对于推动森林认证实践,提升林业生态建设水平,促进特色产业转型升级具有十分重要的意义。

2)激发绿色消费需求。当前国内的经济水平持续增长,已形成了较大的高消费群体,激发消费者的绿色需求,以高消费群体带动森林认证市场。

3)发挥政府的主导作用,提高森林经营单位的管理水平。国有林场不仅代表当地政府对森林资源进行管理,也担负着公益林管护和营林的双重职能,工作责任重大,建议政府在政策和资金方面给予更多支持,督促林场完善森林经营方案,进一步总结经

验,提高森林经营水平。

4) 践行五大发展理念,坚持绿色发展。党的十九大报告中提出:“人与自然是生命共同体,人类必须尊重自然、顺应自然、保护自然”,森林认证的最终目的就是保护森林,促进森林可持续发展,这对促进人与自然和谐共生,建设生态文明具有重要意义。

5) 积极推动云南省的森林康养产业建设,以带动森林认证的发展。森林与人类健康息息相关,森林康养是以丰富的森林资源类型,宜人的森林景观及清新的森林空气等生态环境为依托,再结合相应的休闲游憩、养生医疗、康体服务设施为人类提供康养服务,而森林认证恰好能为森林康养产业提供管理水平一流、空气优良、山青水秀的森林。森林认证为森林康养产业提供基础,同时,后者能够为前者带来经济收入和市场,推动森林认证的发展。并且,经过认证的森林中出产的林下产品更健康,更具市场竞争力。

认证认可制度是实行现代化质量管理、品质保障和市场经济条件下实现社会发展的重要手段,是世界公认的国家质量基础,在促进贸易便利化和经济一体化方面将发挥越来越重要的作用。我国林业正处在一个重要的转折点,即正在从以木材生产为主向着生态发展为主改变,党的十八大提出五位一体的发展理念,将生态发展放在了与经济、政治、文化、社会建设同样的位置上,可想而知,国家对生态建设也是非常重视。同时,森林认证可促进林权纠纷问题的解决,也能够使森林经营者增长森林经营相关知识,这些都有利于我国林业的整体发展。

**致谢:**感谢张远荣、郎晓雪、汤皓藩、赵南等同志对文章的大力帮助和支持。在发放调查问卷时,得到了

云南省国有林场改革领导小组办公室的张伏全和董静曦2位老师的热情帮助,才使本篇论文得以顺利完成,特此表示感谢。

### 参考文献:

- [1] 郑德祥,胡平留,陈欣欣. 国有林场森林经营认证标准体系探讨[J]. 福建林业科技,2006,1(33):144-155.
- [2] 佚名. 中国森林认证工作取得新成效[EB/OL]. <http://politics.people.com.cn/n1/2016/0115/c70731-28054942.html>,2016-01-15.
- [3] 钟华. 中国森林认证取得新成效[J]. 中华纸业,2016,37(3):10.
- [4] 王佳纯. 云南国有林场改革工作全面启动[N]. 中国绿色时报,2016-04-25.
- [5] 王琳. 腾冲5个国有林场通过FSC国际森林认证年审[EB/OL]. [http://baoshan.yunnan.cn/html/2016-02/04/content\\_4156769.htm](http://baoshan.yunnan.cn/html/2016-02/04/content_4156769.htm),2016-02-04.
- [6] 刘燕,麦强盛,张芮. 云南省国有林场管理人员森林认证参与意愿分析[J]. 中国林业经济,2016(3):94-98.
- [7] 陈珂,张岩,徐斌. 森林认证在中国发展的调查研究[J]. 林业资源管理,2007(3):53-57.
- [8] 蒋敏元,唐宏. 浅析森林认证对我国相关利益主体之影响[J]. 中国林业企业,2005(72):5-7.
- [9] 王香奕,马阿滨. 森林认证的成本效益分析[J]. 森林工程,2005(1):64-66.
- [10] 刘娟. 论森林可持续经营及森林认证[J]. 林业调查规划,2005(3):62-67.
- [11] 佚名. 云南省国有林场改革的调研报告[J]. 绿色财会,2012(10):33-37.

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2018.03.034

## 重庆市乡村民宿发展现状及策略研究

张 苗 周建华

(西南大学园艺园林学院,重庆 北碚 400715)

**摘要:**概说民宿的起源以及国内外对民宿的定义。2015 年重庆市乡村旅游接待游客达 1.2 亿人次,传统农家乐已不能满足游客所需,开发乡村民宿项目为大势所趋,一大批乡村民宿正在重庆市兴起。文中选择有代表性的重庆市 5 个区的 8 家民宿为调查对象,进行乡村民宿发展现状研究。结果表明,重庆乡村民宿具有依托景区资源点状分布、规模小、改造周期短的特点,类型均为专营型,民宿主人多为“都市返乡人”尚存在缺乏良好的整体规划、分布零散、缺乏地方特色和文化内涵等不足。藉此,提出构建独特场所精神,整合资源,加强民宿主人特色等重庆市民宿设计策略。

**关键词:**乡村民宿;开发模式;经营形式;主人特色;场所精神;文化内涵;地方特色;重庆市

中图分类号:S788.2;F325.15;F316.23 文献标识码:B 文章编号:1671-3168(2018)03-0168-05

## Development Status and Strategy of Rural B&B in Chongqing City

ZHANG Miao, ZHOU Jianhua

(School of Horticulture and Landscape Architecture, Southwest University, Beibei, Chongqing 400715, China)

**Abstract:** The origin and the definition at home and abroad of B&B were introduced. The tourists of rural tourism in Chongqing reached 120 million in 2015. The traditional farmhouse could not meet the needs of visitors. It represented the general trend to develop B&B tourism projects and a large number of rural B&B facilities was growing in Chongqing. The 8 representative B&B owners in 5 districts of Chongqing were selected to study the development status of rural B&B. The results showed that with the characteristics of small scale and short transformation period, the monopolized B&B projects were punctate distribution based on scenic resources and the B&B hosts were mostly “urban returnees”. For the problems of absent overall planning, scattered distribution and lack of local characteristics and cultural connotation, this paper put forward the design strategies of B&B, such as constructing unique place spirit, integrating resources and strengthening the host characteristics.

**Key words:** rural B&B; development model; management style; host characteristics; place spirit; cultural connotation; local characteristics; Chongqing City

随着我国经济的发展,人们生活水平日益提高,人们的精神文化需求也不断提高,社会开始进入大众旅游休闲时代。而随着城市化进程的加快,城市

变得拥挤不堪,环境遭到破坏,空气污染严重,再加上快节奏的生活压力,使得愈来愈多的城市居民想逃离城市,回归田野。乡村旅游作为一种亲近自然、

收稿日期:2017-12-05.

作者简介:张苗(1992-),女,四川南充人,硕士研究生.主要从事风景园林规划与设计研究.

通信作者:周建华(1970-),男,江西宜春人,副教授.主要从事风景园林规划设计的研究与教学工作.

放松身心、体验乡村田园慢生活的休闲方式,在当下逐渐成为越来越多的城市居民所推崇。乡村民宿作为乡村旅游产业的重要组成部分之一,伴随着乡村旅游市场的迅速发展,逐渐成为主流,尤其在我国江浙、云南地区已经形成一定的规模。然而越来越多的乡村民宿却在规划不当的情况下,出现乡村环境破坏、风貌丢失,民宿建设产品雷同等问题,这些都制约着乡村旅游的发展。重庆作为一座山水园林城市,有着独特的自然乡土风光及强大的地理优势。为合理调动重庆乡村旅游资源、展现重庆传统文化和特色风貌,对重庆乡村民宿进行研究势在必行。

## 1 民宿的定义

民宿的起源众说纷纭,有学者称,民宿最早可以追溯到公元前5世纪的古希腊时期,当时大量的宗教信徒常常前往宗教圣地进行朝圣或参加庆典,为了解决饮食和住宿问题,留宿于当地居民家或寺庙中,这被认为是民宿的雏形<sup>[1]</sup>。第二次世界大战后,英国出现了采用B&B(Bed and Breakfast)的经营方式,即提供住宿和早餐,发展出的一种家庭旅馆。20世纪70年代,美国兴起了家居式青年旅社(homestay)形式的民宿。

在国内,民宿最早兴起于台湾。20世纪80年代,为解决垦丁、阿里山等景区酒店住宿不足问题,当地居民把自家空闲房间提供给游客居住。随着民宿的发展,台湾政府于2001年发布《民宿管理办法》,其中对民宿的定义是“利用自用住宅空闲房间,结合当地人文、自然景观、生态、环境资源及农林渔牧生产活动,以家庭副业方式经营,提供乡野生活之住宿处所”。这一概念得到众多学者的认可和引用。

大陆地区民宿起步较晚,对民宿的理解与农家乐、乡村旅馆、民俗酒店等概念接近。2017年8月21日,国家旅游局正式批准并公布了《旅游民宿基本要求与评价》行业标准,其中对民宿的定义是“利用当地闲置资源,民宿主人参与接待,为游客提供体验当地自然、文化与生产生活方式的小型住宿设施”,包括但不限于客栈、庄园、宅院、驿站、山庄等<sup>[2]</sup>。至此,国内民宿有了统一定义。

## 2 乡村民宿现状分析

### 2.1 乡村民宿发展现状

据统计,2015年重庆市乡村旅游接待游客达

1.2亿人次。随着乡村旅游的发展,传统农家乐已不能满足游客日益增长的需求,开发乡村民宿项目为大势所趋。

2015年,缙云小住诞生在北碚缙云后山上。2014年底,地产职业经纪人赵沿海突然想逃离城市,回归乡野。于是他辞去工作,弃城返乡,与设计朋友用了近半年时间,花费460万元,将缙云山上一座有50年历史的夯土房改造成了如今质朴而文艺的缙云小住(图1)。当前,缙云小住已成为重庆最有名的民宿之一。各地游客慕名而来,10间客房供不应求,甚至要提前1个月以上才能预定,房间价格也直逼五星级酒店。缙云小住,是重庆非常具有代表性的一家民宿,它的崛起是重庆乡村民宿发展的一个缩影。在重庆市一大批乡村民宿如雨后春笋般正在兴起。



图1 缙云小住

Fig. 1 Jinyun Inn

2016年3月11日,重庆市发布《关于发展乡村民宿旅游的指导意见》(讨论稿),计划到2018年,力争全市建成乡村民宿示范村300个、乡村民宿点5000户。这一举动意在推进重庆民宿产业与旅游产业的深度融合,构建多业联动、多业融合的“民宿+”乡村旅游经济新业态<sup>[3]</sup>。可以看出,乡村民宿发展已引起重庆市政府的重视,得到各政府部门的积极支持。

### 2.2 乡村民宿信息调查

2016年12月1日,重庆市规划局联合重庆市地理信息中心发布了一份重庆民宿地图(图2),第一次全面盘点了重庆市内26处各种主题和特色的精品民宿。

笔者选择其中具有代表性的乡村民宿为调查对象,探访了重庆市5个区的8家民宿,并对其信息进行归纳,总结出重庆乡村民宿的特点及存在的不足。具体调查的民宿名称、区位、规模等信息记录详见表1。

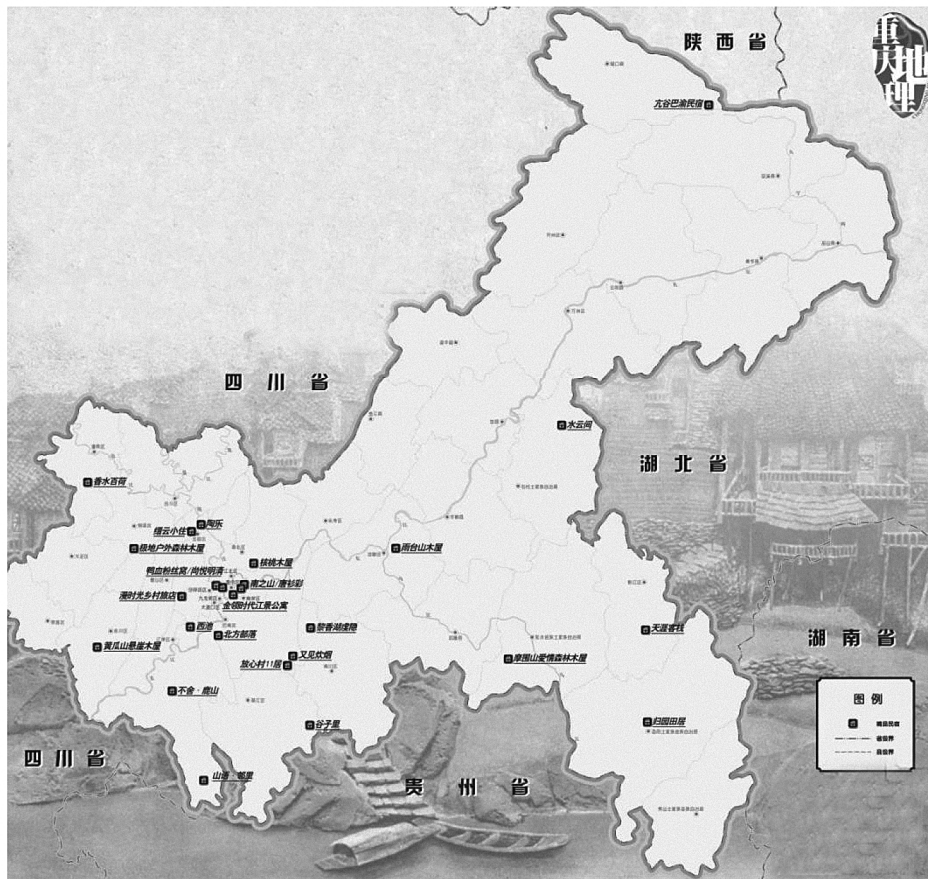


图 2 重庆民宿地图(源自,重庆市地理信息公共服务平台)

Fig. 2 Map of B&B in Chongqing

表 1 重庆市民宿调查信息

Tab. 1 Research information of B&B in Chongqing

序号	民宿名称	区位	民宿主人	民宿主人简介	经营性质	开发模式	规模/间	特色
1	缙云小住	北碚	赵沿海	一个地产职业经纪人,想在城市之外有一个自己的家,辞去工作,回归乡野。	专营型	点状	10	山居林海
2	南之山书店	南岸	车韵, 成于思	一个城市规划师,一个地产人。夫妻俩因为对重庆这座城市有独特的情怀,在重庆的最高点修建了这座南之山书店。	专营型	点状	9	山居书店
3	鉴宽山房	南岸	王文亮	一位画家,想找一个可以约见好友,喝茶聊天,安静画画的地方。	专营型	点状	13	隐居山林
4	又见炊烟	巴南	张卫华	四川农业大学毕业的张卫华对于农业和土地有着超过常人的热爱与虔诚。	专营型	面状	13	有机农场
5	放心村11居	巴南	关怀	关怀之前从事有机农业研究,但他喜欢研究传统农耕文化,热爱田园乡村,走遍全国乡村民宿,最终决定回到重庆,重构一个理想的村舍。	专营型	点状	11	乡村田园
6	谷子里	万盛	刁姐	刁姐本名彦伶,从事了十几年的旅游行业,也涉足餐饮行业。直到有一天,她觉得累了,想换一种活法,于是回到乡村,开一间有花有草,可以看日出日落的民宿。	专营型	点状	6	文艺闲适
7	不舍·鹿山	江津	王波,邱唯果,邓伟	两个媒体人,一个地产人,因为乡愁情结走到了一起,认为民宿是对乡村生活最好的诠释。	专营型	点状	18	美式乡村
8	西池	九龙坡	重庆绿窗生态农业开发有限公司		专营型	面状	18	田园生活



## 2.3 乡村民宿特点

### 2.3.1 选址与规模

#### 1) 选址:依托景区

重庆的乡村民宿主要分布在主城周边的风景旅游区,景区沿线或风景独好处。笔者调查的民宿大部分都紧靠风景美丽的景区,依赖于地区风景资源及生态资源来开发。主城区的南岸南山、北碚缙云山,周边的江津四面山、万盛黑山谷等都是重庆乡村民宿主要聚集地。

#### 2) 规模:普遍较小

在调查的乡村民宿中,房间最少的是谷子里,只有6间客房,房间最多的是西池与不舍·鹿山,各有18间客房。整体看来,民宿客房数平均在11间左右,规模都不大。在硬性标准上,如果翻看各国各地的民宿标准,无一例外都对房间数量有所限制。2017年国家旅游局发布的民宿行业标准中明确规定:“单幢建筑客房数量应不超过14间(套)”。

毕竟,民宿最大的魅力之一在于家的氛围,规模过大必定会导致家庭氛围缺失,无法保证与民宿主人交流等活动,入住体验也会有所折扣。

### 2.3.2 开发模式

乡村民宿按开发模式可分为“点状开发”和“面状开发”。

点状开发模式的开发者多为个体,一般对独栋或几栋建筑进行改造,具有规模小、改造周期短的特点。由于规模小,点状开发的民宿一般具有浓厚的家庭氛围和个性化服务。但由于个体的力量较弱,容易对周边乡村环境和产业缺乏思考,难以带动乡村的环境提升和经济发展。

面状开发模式的开发者多为公司或集团,一般对一个村庄或一个区域进行整体改造,具有范围广、改造周期长的特点。面状开发的公司或集团一般资金充足,具备较成熟规范的经营理念、管理制度、服务程序等,更能以整体的角度思考民宿和周边乡村环境的关系,民宿产业与其它乡村产业的链接。但也存在家庭氛围缺失、个性不足的缺点。

重庆市民宿主要以个体为主,零散经营,绝大部分属于点状开发。

### 2.3.3 经营形式

按经营形式分,可分为传统型民宿和专营型民宿。传统型即“以家庭副业方式经营”,农户利用自家空余房间进行民宿经营,专营型则由外来资本租赁或买下场地房屋用来专门经营民宿<sup>[4]</sup>。

调查发现,近年来重庆修建的乡村民宿都属于

专营型民宿。有以下2个原因:1)传统型民宿无法满足游客日益增长的需求。传统型民宿经营者多为当地的居民,由于资本不足,缺乏专业设计,建筑形式较为单一,功能空间趋于单调。经营者素质普遍不高,服务、市场意识低下,很少有特色创新,难以打造出有文化内涵的精品民宿,无法长期吸引游客。2)随着民宿的火热发展,越来越多的城市人看到民宿广阔的前景,积极转行投身民宿行业。这给民宿行业注入了大量的社会资金,也注入了城市各专业人才的新思想。这些经营者往往具有较高的文化水平和更高的眼界,可以站在城市的角度去理解乡村资源,且具有较高的服务、市场、创新意识。这加快了民宿的精品化和多元化,开启了专营型民宿的新篇章。

### 2.3.4 民宿主人特征

从民宿调查信息表中可以看出,重庆地区的这8栋民宿的主人几乎都是“都市返乡人”。他们职业各不相同,但大都生于农村,都经历过在城市里的长期生活和工作,除九龙坡西池是由公司投资兴建,以整体方式进行乡村改造外,其他民宿的主人均属于个体。8家民宿主人中,有地产人、媒体人、有机农业从业者,甚至有画家。他们有一个共同特点:热爱生活,向往回归山田乡野。综上可以看出,重庆地区民宿从业人员整体素质较高,有一定的相关职业背景,且有一份理想主义情怀。

### 2.3.5 民宿特色

现阶段各种风格和主题的民宿在重庆遍地开花,存在跟风和盲目性建设的问题,一味追求形式,缺少对本土文化的深入挖掘,造成民宿文化内涵缺失。且民宿功能多停留在住宿和餐饮上,建设缺乏设计理念,经营者与游客缺少文化交流,无法将本土文化和乡村生活方式传递给游客。虽然地处乡村,环境优美,风格质朴,但仍属于从农家乐向民宿过渡的一种形态,与民宿的“个性特色”、“家庭氛围”特点相去甚远。

## 3 重庆市民宿设计关键性策略

### 3.1 构建独特场所精神

乡村民宿的建设不能单纯依赖景区资源,还需构建独特的场所精神,才能长久持续发展。需要做到以下几点:

1)合理规划。规划设计时尊重当地自然及人文环境,避免对原有的生态环境和自然景观造成破坏。

2)因地制宜。民宿的建设需要借助于山形地势,保持地方特色,与自然共生。重庆乡村地区有丰富的原生态自然地形地貌,乡村民宿的建筑规模相对较小,与地形地貌契合的同时进行有效利用显得尤为重要。

3)就地取材。传统的地方材料本身具有的地域材质特征更受人们青睐,其纹路、色彩、质地甚至气息都与当地人们的日常生活和谐相融,本土建筑古迹的肌理产生文化情感认同,成为推动民宿不断向前发展的文化软实力<sup>[5]</sup>。

### 3.2 整合资源,多业融合

随着游客体验需求的不断提高,民宿单一的住宿和餐饮功能已不能满足需求。民宿想要持续吸引大量的游客,得到长久地发展,必须依赖乡村产业。利用乡村闲置资源,依托第一产业融合发展第二、第三产业,引导诸如有机农场采摘、有机餐厅饮食、乡村创意集市、农产品线上销售等产业发展,打造多元化业态,形成完善的乡村产业链,实现民宿与乡村的共生。民宿自身健康发展的同时,带动村民的就业和收入,才能从根本上激活乡村,实现乡村振兴。

除此之外,重庆市可以建立民宿联盟,加强各区零散分布民宿之间的联系,让大家互通有无,资源共享,抱团互助,打开民宿发展的新局面。

### 3.3 加强民宿主人特色

国家旅游局发布的《旅游民宿基本要求与评价》中,民宿的第一条评价原则便是传递生活美学。包括民宿主人热爱生活,乐于分享;通过建筑和装饰为宾客营造生活美学空间;通过服务和活动让宾客感受到中华民族传统待客之道等。可以看出,民宿主人参与接待是民宿等级的重要评判标准之一。一个优秀的民宿主人应为游客提供舒适、放松的家庭氛围和有深度、有内涵的文化交流体验,以及传递当地独特的生活方式。这也是民宿有别于农家乐、酒店、旅馆等的重要特点之一。有远见的民宿主人更应从乡村长远发展的角度为乡土文化传播和乡村建设贡献自己的力量。以主人文化和乡土文化为依托,实现情怀与文化比翼双飞,才能在激烈市场竞争中脱颖而出。

### 3.4 融入文化内涵,彰显地方特色

纵观重庆市与江浙、云南地区的民宿,最大的差距并非硬件方面,而是重庆民宿产业在文化内涵上的缺失。以浙江莫干山为例,独特的设计理念和深刻的文化特色使得莫干山民宿闻名天下。一个优秀的乡村民宿,不能只停留在“食宿”上,应在民宿的“民”字上下功夫,应当融入当地的民风、民俗和历史文化,以乡村生态环境和传统文化为核心资源,将当地特有的民俗文化和生活方式传递给游客,给游客提供多元化的认知和体验,提升民宿的文化内涵,实现民宿的特色化建设<sup>[5]</sup>。在此前提下,再充分考虑如何做好住宿、餐饮等基础产品。有文化内涵和当地特色的乡村民宿才最能够吸引游客的眼睛。

## 4 结论

从乡村旅游角度对重庆市乡村民宿发展现状进行调查分析,总结出重庆乡村民宿依托景区资源点状分布、类型均为专营型等特点以及存在缺乏整体规划、分布零散、缺乏地方特色和文化内涵等不足。针对这些不足,提出构建场所精神、整合资源、加强民宿主人特色、融入文化内涵等可供实际参考的策略。重庆市应利用好自身独特的乡村旅游资源来建设民宿,以长远的眼光和科学的规划来发展民宿,一定能让重庆民宿发展一定可以后来者居上。

### 参考文献:

- [1] 朱晨霞. 浙江永嘉县乡村旅游中民宿发展的对策研究[D]. 长春: 吉林大学, 2014.
- [2] 旅游民宿基本要求与评价[DB/OL]. <http://jg.hnt.gov.cn/files/file/1503629196699.pdf>, 2017-08-15.
- [3] 重庆发布发展乡村民宿旅游指导意见[EB/OL]. [http://news.cnr.cn/native/city/20160312/t20160312\\_521593554.shtml](http://news.cnr.cn/native/city/20160312/t20160312_521593554.shtml), 2016-03-12.
- [4] 翟健. 乡建背景下的精品民宿设计研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2016.
- [5] 冯静, 杨晓莉, 裘晓莲. 乡村复兴背景下的浙江民宿发展研究[J]. 建筑与文化, 2017(5): 214-216.

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2018.03.035

## 保山市泥炭沼泽现状及保护管理对策

吴兴华 杨国伟 沙剑斌

(云南省林业调查规划院,云南 昆明 650051)

**摘要:**2016 年开展了保山市泥炭沼泽碳库调查,共发现泥炭沼泽 6 块,总面积为 64.23 hm<sup>2</sup>,均为草本泥炭沼泽,泥炭储量为 70 233.92 t,有机碳储量为 16 479.29 t,其中土壤有机碳储量为 15 057.81 t,植物有机碳储量为 1 421.48 t。文中阐述了保山市泥炭沼泽的分布特点,分析泥炭沼泽面临的威胁,包括面积减少,补水机制遭破坏,生态功能退化等。提出抢救性保护,生态修复,水管理等泥炭沼泽保护管理对策。

**关键词:**泥炭沼泽;碳库调查;泥炭储量;有机碳储量;生态功能;水管理;保山市

中图分类号:S76;Q178.513 文献标识码:B 文章编号:1671-3168(2018)03-0173-05

## Present Status and Protection Strategy of Peat Swamps in Baoshan City

WU Xinghua, YANG Guowei, SHA Jianbin

(Yunnan Institute of Forest Inventory and Planning, Kunming 650051, China)

**Abstract:** The investigation for the carbon stock of peat swamps in 2016 found that there were six herbaceous peat swamps with a total area of 64.23 hm<sup>2</sup> in Baoshan City. The carbon storage and the organic carbon storage were 70233.92t and 16479.29t respectively, including 15057.81t soil organic carbon and 1421.48t plant organic carbon. This paper illustrated the distribution characteristics of peat swamps in Baoshan City, analyzed the threat factors including the decrease of area, the destroying of moisturizing mechanism and the degeneration of ecological function, as well as put forward such strategies as rescuing conservation, ecological restoration and water management.

**Key words:** peat swamps; investigation for the carbon stock; carbon stock; organic carbon stock; ecological function; water management; Baoshan City

泥炭沼泽指地表常年过湿或有薄层积水,其上生长有沼生或湿生植物,土壤发育有泥炭层的沼泽湿地,在维系生态系统平衡中发挥着重要作用,具有固碳、蓄水调洪、调节径流、调节局部气候、补充地下水、净化水质、防止土壤侵蚀等多种生态功能,并为人类的生产生活提供食物、药材、能源和多种工业原料<sup>[1]</sup>。因此,保护泥炭沼泽生态系统对保护区域生

态平衡具有重要作用。此外,泥炭沼泽作为湿地资源的重要组成部分,是陆地生态系统中重要的碳库,其单位面积碳储量在各类陆地生态系统中最高。泥炭沼泽不仅是温室气体 CO<sub>2</sub> 的汇,也是 CO<sub>2</sub>、CH<sub>4</sub> 等温室气体排放的源;目前,在世界各国至少有 50% 以上面积的泥炭沼泽遭到破坏,千百年来储存在泥炭地中的碳大量释放到大气中,使全球 CO<sub>2</sub> 释放量

收稿日期:2018-03-07.

作者简介:吴兴华(1977-),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. Email:wXH199@163.com

通信作者:杨国伟(1968-),男,云南丽江人,高级工程师.主要从事生物多样性保护和自然保护区保护管理研究监测、林业调查规划工作. Email:yangguowei6688@163.com

增加<sup>[1]</sup>。泥炭沼泽的碳积累和碳排放是当今国际科技界和各国政府极为关注的问题,保护好泥炭沼泽的生态环境,对于减缓全球气候变化、调节区域生态环境具有重要意义。

为履行《联合国气候变化框架公约》、《湿地公约》等国际公约、协定协议,自 2014 年起,国家林业局分年度对全国 11 个重点省(区)的泥炭沼泽碳库开展调查,其目的在于查清我国泥炭沼泽碳库的现状,建立全国泥炭沼泽碳库数据库和管理信息平台,并逐步实现对全国泥炭沼泽进行全面、客观地分析评价,为泥炭沼泽的保护、管理和合理利用提供基础资料和决策依据。依据国家林业局的总体部署安排,云南省林业厅 2016 年启动云南省泥炭沼泽碳库调查工作。本文在云南省泥炭沼泽碳库调查的基础上,阐述保山市泥炭沼泽的基本状况及特点,分析面临的威胁,并据此提出相应的保护与修复对策。

## 1 湿地资源概况

保山市地处云南省西部,横断山南缘,位于东经 98°05'~100°02',北纬 24°08'~25°51',自西向东涉及伊洛瓦底江、怒江和澜沧江水系。全市辖隆阳区、腾冲市、施甸县、龙陵县、昌宁县 5 个县(区),湿地总面积 2.530 万  $\text{hm}^2$ ,占全省湿地面积的 4.49%;其中河流湿地面积 1.610 万  $\text{hm}^2$ ,湖泊湿地面积 300  $\text{hm}^2$ ,沼泽湿地面积 90  $\text{hm}^2$ ,人工湿地面积 8 800  $\text{hm}^2$ <sup>[2]</sup>。

保山市湿地资源以河流湿地为主,怒江和澜沧江干流穿过此区,为河流湿地的主要组成部分。湖泊湿地主要为腾冲北海湿地和高黎贡山国家级自然保护区内的高山湖泊,龙陵县和隆阳区也有少量分布。沼泽湿地主要位于腾冲市,以腾冲北海湿地为主。

## 2 调查方法

### 2.1 泥炭沼泽范围的确定

1) 边界踏查:利用手动泥炭专用采样设备(土壤钻),沿泥炭沼泽湿地与陆地交界处每隔 5~10 m 钻取泥炭层样品,当钻取的泥炭厚度等于 30 cm 时,记录钻取点的 GPS 坐标,该点即作为泥炭沼泽的边界点。

2) 范围和面积确定:将边界踏查获得的泥炭厚度为 30 cm 的 GPS 坐标输入 ArcGIS 软件,结合区域内的最新卫星影像图区划泥炭沼泽范围,计算泥炭

沼泽面积。本次调查的泥炭沼泽面积不小于 1  $\text{hm}^2$ 。

### 2.2 泥炭沼泽土壤、植物调查

#### 2.2.1 泥炭沼泽植被调查

依据《中国植被》(1980 年)划分标准,将植物群落划分至群系一级。根据泥炭沼泽面积的大小,在泥炭沼泽中随机设置 1 m×1 m 的样方若干个(不低于 3 个)开展调查,确定泥炭沼泽的主要植物群系。

#### 2.2.2 泥炭厚度调查

采用等比内插法确定泥炭厚度调查点数量(不少于 10 个),在泥炭沼泽中均匀设置泥炭厚度调查点。将手动泥炭专用采样设备(土壤钻)直插到土壤底部将土样取出,利用钢卷尺测量钻取的泥炭层厚度,记录取样点的 GPS 坐标及泥炭层厚度。

#### 2.2.3 泥炭土壤样品的采集

1) 土壤容重:挖 1 m 深的土壤剖面,在剖面上、中、下部位用 200  $\text{cm}^3$  环刀各取一个容重样品,分别放入自封袋封好,带回实验室处理,测定泥炭容重。

2) 土壤样品采集:为确保采样地点准确性,随机取 3~5 钻土样混合成土壤检测样品,总重量不低于 1 kg;采用相同方法另取一份土样用作备份;原则上各钻之间水平距离不大于 50 cm。

#### 2.2.4 植物生物量取样

在泥炭沼泽主要植物群系植株高度、密度等处于中等水平的地点设置一个 1 m×1 m 的植物样方,收集植物地上和地下部分生物量。

1) 地上部分采样:采用收获法,利用枝剪或镰刀等工具收割样方内所有植物地上部分,并称鲜重。若鲜重不足 1 kg 时,将所有地上部分装入布袋中封存带回实验室检测;若鲜重超过 1 kg 时,带回实验室的样品从所有草本地上部分中抽取 1 kg。

2) 地下部分采样:在收获植物地上部分后,挖掘地下根系,样方深度要求达到所收集到的地下生物量超过地下总生物量的 90%。用水清洗干净,阴干,用筛眼大小为 2 mm 的筛子筛选后称重。检测样品的抽取方法同地上部分。

### 2.3 样品检测

样品检测委托具有中国计量认证(CMA)资质的云南悦分环境检测有限公司负责。主要检测内容包括以下 2 个部分:

1) 泥炭样品检测:土壤容重、有机碳含量、黏土含量、pH 值等指标。

2) 植物样品检测:植物地上部分及地下部分生

物量、植物地上部分及地下部分有机碳含量等指标。

## 2.4 数据计算

根据野外调查和实验室检测分析得出的结果,分别计算以下几个指标:

1) 泥炭储量计算:泥炭沼泽斑块面积与泥炭平均厚度、泥炭平均容重三者的乘积为泥炭储量,具体公式为:

$$R_p = (A \times 10000) \times \bar{M} \times \bar{B}$$

式中: $R_p$ —泥炭储量(t); $A$ —泥炭沼泽面积( $\text{hm}^2$ ); $\bar{M}$ —泥炭平均厚度(m); $\bar{B}$ —泥炭平均容重( $\text{g}/\text{cm}^3$ 或 $\text{t}/\text{m}^3$ )。

2) 土壤有机碳储量计算:泥炭沼泽斑块面积、泥炭平均厚度、泥炭平均容重与泥炭有机碳含量四者的乘积为土壤有机碳储量,具体公式为:

$$ROC_{\pm} = (A \times 10000) \times \bar{M} \times \bar{B} \times C_{\pm}$$

式中: $ROC_{\pm}$ —土壤有机碳储量(t); $C_{\pm}$ —土壤有机碳含量(%)。

3) 植物有机碳储量计算:依据检测数据和样品抽取比例,推算地上、地下部分单位面积生物量,再乘以泥炭沼泽斑块面积得出植物地上、地下部分的生物量。各部分生物量乘以相应的碳含量(%)后相加得出泥炭沼泽斑块内的植物有机碳储量,具体公式为:

$$ROC_{\text{植}} = \bar{W}_{\text{上}} \times A \times C_{\text{上}} + \bar{W}_{\text{下}} \times A \times C_{\text{下}}$$

式中: $ROC_{\text{植}}$ —植物有机碳储量(t); $\bar{W}_{\text{上}}$ —植物地上部分单位面积的生物量( $\text{t}/\text{hm}^2$ ); $\bar{W}_{\text{下}}$ —植物地下部分单位面积的生物量( $\text{t}/\text{hm}^2$ ); $C_{\text{上}}$ —植物地上部分有机碳含量(%) ; $C_{\text{下}}$ —植物地下部分有机碳含量(%)。

## 3 调查结果

### 3.1 泥炭沼泽分布范围

保山市现有泥炭沼泽数量6个,总面积为 $64.23 \text{ hm}^2$ ,均为草本泥炭沼泽,仅分布于腾冲市、龙陵县和昌宁县,其中,腾冲市泥炭沼泽数量4个,面积 $56.82 \text{ hm}^2$ ,分别占保山市泥炭沼泽数量和面积的66.66%和88.46%;龙陵县泥炭沼泽数量1个,面积 $2.15 \text{ hm}^2$ ,分别占保山市泥炭沼泽数量和面积的16.67%和3.35%;昌宁县泥炭沼泽数量1个,面积 $5.26 \text{ hm}^2$ ,分别占保山市泥炭沼泽数量和面积的16.67%和8.19%(表1)。

表1 保山市泥炭沼泽概况

Tab. 1 General situation of peat swamps in Baoshan City

县级行政区	乡镇名	村委会	湿地名称	斑块面积/ $\text{hm}^2$	植被类型	植物群系
腾冲市	团田乡	曼弄社区	枇杷洼	1.18	草本泥炭沼泽	毛轴莎草群系
腾冲市	北海乡	双海村	北海	52.27	草本泥炭沼泽	李氏禾群系
腾冲市	曲石镇	江苴村	金家寨	1.30	草本泥炭沼泽	圆叶节节菜群系
腾冲市	明光镇	自治村	小黑河	2.07	草本泥炭沼泽	金丝草群系
龙陵县	象达乡	勐蚌村	寨子脚	2.15	草本泥炭沼泽	金丝草群系
昌宁县	潞水镇	沿江村	大秧草塘2号湿地	5.26	草本泥炭沼泽	稗群系

### 3.2 泥炭沼泽碳储量

保山市泥炭沼泽湿地泥炭总储量 $70\,233.92 \text{ t}$ ,有机碳储量为 $16\,479.29 \text{ t}$ ,其中土壤有机碳储量为 $15\,057.81 \text{ t}$ ,植物有机碳储量为 $1\,421.48 \text{ t}$ 。各泥炭沼泽斑块泥炭储量及有机碳储量详见表2。

## 4 分析与讨论

### 4.1 泥炭沼泽分布特点

1) 熔岩堰塞湖盆型成因类型的泥炭地是指火山喷出物形成的天然堤坝阻塞河谷,上游段积水而形成的湖盆中赋存的泥炭地,主要分布在云南省腾冲市和吉林省长白山西部的熔岩台地等地区,分布相对集中,但资源量不多,约占全国泥炭总资源量的1.1%<sup>[3]</sup>。保山市腾冲北海泥炭沼泽是一个典型的火山堰塞湖泊形成的泥炭沼泽湿地<sup>[4]</sup>,是我国西南地区唯一的高原火山堰塞湖泥炭沼泽湿地,是研究泥炭形成和发育的良好场所。

2) 保山市泥炭沼泽面积小、泥炭储量低,其面积约为全市沼泽湿地的71.37%。泥炭沼泽资源在保山市范围内分布不均匀,主要集中分布于腾冲市,其中,腾冲北海泥炭沼泽湿地是保山市面积最大的泥炭沼泽,面积为 $52.27 \text{ hm}^2$ ,占全市泥炭沼泽面积的81.38%;泥炭储量、有机碳储量也以北海泥炭沼泽湿地最大,分别为 $45\,840.97 \text{ t}$ 和 $10\,660.57 \text{ t}$ ,分别占全市泥炭储量的65.27%和泥炭沼泽有机碳储量的64.69%。

3) 保山市泥炭资源具有以埋藏型为主,兼有少

表 2 保山市泥炭沼泽泥炭储量及有机碳储量

Tab. 2 Carbon storage and organic carbon storage of peat swamps in Baoshan City

县级行政区	乡镇名	村委会	湿地名称	斑块面积/ hm <sup>2</sup>	泥炭储量/ t	土壤有机 碳储量/ t	植物有机 碳储量/ t	总有机碳 储量/ t
腾冲市	团田乡	曼弄社区	枇杷洼	1.18	4152.24	516.54	21.09	537.63
腾冲市	北海乡	双海村	北海	52.27	45840.97	9478.95	1181.62	10660.57
腾冲市	曲石镇	江苴村	金家寨	1.30	3273.41	413.43	15.86	429.29
腾冲市	明光镇	自治村	小黑河	2.07	3312.00	1062.26	26.50	1088.76
龙陵县	象达乡	勐蚌村	寨子脚	2.15	7414.92	1128.14	36.94	1165.08
昌宁县	潞水镇	沿江村	大秧草塘 2 号湿地	5.26	6240.37	2458.49	139.47	2597.96

量裸露型的赋存特点。1986 年云南省地质矿产局按国家地矿部要求完成全省泥炭资源调查工作,摸清了全省泥炭资源的分布及储量等基本状况<sup>[3,4]</sup>。根据 1986 年调查结果,保山市的泥炭资源主要分布于腾冲市和施甸县,泥炭地总面积为 6 335.5 hm<sup>2</sup>,泥炭储量为 8 232.74 万 t<sup>[3,4]</sup>;而本次调查所得的裸露型泥炭地面积和储量分别占 1986 年调查的 1.01% 和 0.09%。

#### 4.2 泥炭沼泽面临的威胁

泥炭沼泽碳储量巨大,碳密度高,是陆地生态系统中一个重要的碳库,单位面积碳储量是森林生态系统的 3 倍,即保护 1 hm<sup>2</sup> 泥炭沼泽相当于营造或保护 3 hm<sup>2</sup> 的森林;泥炭沼泽生态系统又极为脆弱,对环境变化尤其是水资源的变化十分敏感,易遭到泥炭开采、围垦、占用等人类活动的破坏,由碳汇转换成碳源<sup>[1]</sup>。本次调查发现,保山市泥炭沼泽主要面临以下几方面的威胁。

##### 1) 泥炭沼泽面积减少

由于对泥炭沼泽的重要性和生态功能认知不足,传统观念认为泥炭沼泽属于荒地,不适宜人类生活生产,常将泥炭沼泽湿地排水疏干开垦成农地,或填埋后用作建设用地,这些行为直接导致泥炭沼泽面积的锐减;其中,尤以农业排水和开垦对泥炭沼泽的影响最大。如在 2011 年未开展退耕还湿工作前,腾冲北海湿地大面积被农业排水开垦成为农地,沼泽湿地遭破坏面积大于 150 hm<sup>2</sup>。目前,龙陵县寨子脚泥炭沼泽湿地仍面临着农业围垦的威胁,昌宁县大秧草塘 2 号湿地存在被工程建设掩埋的风险,面积已明显减少,若不及时加以保护,这 2 块泥炭沼泽湿地有可能消失殆尽。

##### 2) 泥炭沼泽补水机制遭破坏

气候、地貌、水文条件是泥炭沼泽发生发展的主

要控制因素,其中水文条件是泥炭沼泽形成发展的先决条件<sup>[3,5,6]</sup>。在正常情况下,沼泽湿地植物通过光合作用吸收大气中的 CO<sub>2</sub>,将其转化成自身生长的各种物质,当植物体死亡后,残体归还土壤中,在积水形成的厌氧条件下,有机物质分解速度缓慢,年复一年地堆积形成泥炭<sup>[3,5,6]</sup>。泥炭沼泽水源供给途径遭自然或人为活动的干扰,泥炭沼泽难以获得充足水源,将导致植物残体和出露地表的泥炭分解速度加快,既不利于泥炭的生成,同时又会致已形成的泥炭分解消耗,随着缺水时间的增加,泥炭沼泽进一步退化,其储碳功能也随之减弱。本次调查发现,腾冲市小黑河、龙陵县寨子脚、昌宁县大秧草塘 2 号湿地受围垦、工程建设的影响,破坏了泥炭沼泽自然的补水机制,导致水位已下降至地表下 10 cm 左右。

##### 3) 泥炭沼泽生态功能退化

泥炭沼泽具有固碳、蓄水调洪、调节径流、调节局部气候、补充地下水、净化水质、防止土壤侵蚀等多种生态功能。泥炭沼泽面积的减少、补水机制的破坏,在很大程度上减弱了泥炭沼泽的生态功能。此外,畜牧业的发展也是导致保山市泥炭沼泽生态功能退化的主要因素之一,如腾冲市的枇杷洼、金家寨泥炭沼泽。畜牧业对泥炭沼泽的影响主要有以下 2 方面:1) 牲畜大量取食沼泽内湿地植物资源,易导致植物的堆积量小于分解量,不利于泥炭的进一步发育,同时改变了湿地植物的组成、结构和分布状况,增加外来物种的入侵几率;2) 牲畜的踩踏行为破坏湿地植被,减少湿地植物生物量的积累,同时改变沼泽内的微地貌,导致沼泽内原有水文条件改变,不利于水资源富集,加速泥炭的分解;同时,由于泥炭的质地较松软,牲畜的踩踏行为易使沼泽中的泥炭暴露于富氧的空气环境中,加速泥炭分解。

### 4.3 不同研究间的比较

对保山市泥炭沼泽、泥炭储量等方面的相关研究报道极少。上官德树(2008)简要叙述了腾冲地区的泥炭分布、类型、特征、质量、形成年代等,并未涉及泥炭地分布、泥炭储量等方面<sup>[7]</sup>,因此与本文不具可比性。

1986年的调查与本次调查所得的面积和储量差异极大,原因主要有以下几点:

1)调查目的、范围不同。1986年的调查属于地质矿产资源储量勘探范畴,目的在于摸清全省泥炭资源的地质储量和分布状况,为我国泥炭资源的开发利用提供基础资料;调查范围既包括裸露型泥炭资源,也包括埋藏型泥炭资源。本次的调查属于湿地资源调查范畴,是为加强泥炭沼泽湿地的保护与管理,为泥炭沼泽的长期保护、管理和合理利用提供基础资料和决策依据;调查范围局限于裸露型泥炭地中的自然泥炭沼泽湿地。

2)调查深度不同。泥炭资源在形成时期内,同一区域内泥炭沼泽环境多次出现,泥炭经历“发育——积累——停止——覆盖——二次发育——二次积累——二次停止——二次覆盖……”的过程,形成明显的泥炭层系结构,表现出泥炭资源的分层特点<sup>[5]</sup>。1986年的调查为泥炭矿产储量调查,采用钻机深入地下采集泥炭,覆盖泥炭地所有的泥炭层数;而本次调查为湿地资源的调查,采用手动土钻取样,调查深度限于地表第一层泥炭。

3)保山市泥炭资源以埋藏型为主,裸露型泥炭储量约为7.50万t<sup>[3]</sup>。从这点来看,2次调查所得的泥炭储量差异不大。

## 5 保护管理对策

泥炭沼泽是一种特殊的生态系统,保护泥炭沼泽的目的在于不影响区域内的生态平衡,也就是通过保护泥炭沼泽,充分发挥其各种生态功能价值。针对保山市泥炭沼泽的分布、特点及所受威胁等,提出以下保护管理对策。

### 5.1 泥炭沼泽的抢救性保护

认真贯彻落实《国务院办公厅关于印发湿地保护修复制度方案的通知》(国办发[2016]89号)及《云南省人民政府办公厅关于贯彻落实湿地保护修

复制度方案的实施意见》(云政办发[2017]131号)的精神要求,坚持“全面保护、分级管理”的原则,加快推进一般湿地认定及保护小区划定工作,将保山市现存泥炭沼泽全部纳入保护地范围,依据《云南省湿地保护条例》对泥炭沼泽实行严格、有效的保护管理。

### 5.2 泥炭沼泽生态修复

积极总结退耕还湿、退耕还草等相关湿地恢复经验,制定泥炭沼泽修复方案,运用科学手段做好修复工作。遵循湿地水文恢复、湿地植被恢复的技术路线,坚持自然修复为主、人工修复为辅的原则,先恢复原有的供水机制,保障泥炭沼泽的有效补水,为湿地恢复奠定基础;而后,适当引种一些适合湿地生长的本地植物进行植被恢复,逐步恢复原有的植物群落,最终实现泥炭沼泽湿地各项生态功能的恢复。

### 5.3 泥炭沼泽的水管理

水是泥炭沼泽发生、发展的先决条件,同时也是泥炭沼泽最重要的组成要素。泥炭沼泽含水率高达60%~90%<sup>[1]</sup>,过度排水将导致泥炭沼泽地下水位下降,泥炭裸露于地表并迅速分解;同样地,过多的水资源又会抑制湿地植物的生长发育,使泥炭沼泽向湖泊发展。因此,需开展相关的科学研究,掌握各泥炭沼泽的需水量,通过工程措施调节泥炭沼泽中的水资源量,确保水量既能满足湿地植物的生长发育要求,又能使泥炭沼泽表层土壤常年处于湿润状态,降低泥炭的分解速度。

## 参考文献:

- [1] 马学慧. 中国泥炭地碳储量与碳排放[M]. 北京:中国林业出版社,2012.
- [2] 温庆忠. 中国湿地资源—云南卷[M]. 北京:中国林业出版社,2015.
- [3] 尹善春,张伟才,陈友东,等. 中国泥炭资源及其开发利用[M]. 北京:地质出版社,1991.
- [4] 云南省地质科学研究所. 云南省泥炭资源远景调查报告[R]. 国土资源部科技成果. 1986.
- [5] 柴岫. 泥炭地学[M]. 北京:地质出版社,1990.
- [6] 李季,侯蜀光,张铭兴. 云南泥炭的形成条件、分布规律及类型划分[J]. 云南地质,1988,7(4):352-364.
- [7] 上官德树. 云南腾冲泥炭[J]. 云南地质,2008,27(1):46-52.

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2018.03.036

## 建筑与农业一体化研究—生态都市农业理念

杨迦迪<sup>1</sup> 周优文<sup>2</sup> 周建华<sup>1</sup>

(1. 西南大学园艺园林学院, 四川 重庆 400715; 2. 重庆青年职业技术学院, 四川 重庆 400712)

**摘要:**将农业运用于建筑是当代新型生态都市农业理念,既能够改善城市生态环境,同时还能发挥较好的经济效益。从建筑与农业一体化的相关理论出发,介绍建筑与农业一体化的兴起及其重要意义,分析建筑与农业一体化的影响因素,阐述其整合模式和相关技术措施,对建筑屋顶、建筑表面、建筑内部及地下空间种植作物的建筑与农业一体化实际应用形式进行探讨,提出不同整合模式下的农业生态策略和建筑与农业一体化建设需要解决的问题。

**关键词:**都市农业;建筑与农业一体化;整合模式;技术措施;屋顶种植;建筑表面种植

中图分类号:S731.2;S718.524 文献标识码:A 文章编号:1671-3168(2018)03-0178-05

## Integration of Architecture and Agriculture—Concept of Urban Eco-Agriculture

YANG Jiadi<sup>1</sup>, ZHOU Youwen<sup>2</sup>, ZHOU Jianhua<sup>1</sup>

(1. College of Horticulture and Landscape Architecture, Southwest University, Beibei, Chongqing 400715, China;  
2. Chongqing Youth Vocational & Technical College, Beibei, Chongqing 400712, China)

**Abstract:** The application of agriculture to architecture is a new concept of eco. urban agriculture, which improves urban ecological environment, but also brings about better economic benefits. Based on the related theory of architectural and agricultural integration, this paper introduced the origin, significance and affecting factors of the concept, illustrated the integration model and technical measures, discussed the practical application on building roof, surface, internal surface and underground space, pointed out the problems of integration and put forward agricultural ecological strategies of different integration mode.

**Key words:** urban agriculture; integration of architecture and agriculture; integration mode; technical measures; roof planting; surface planting

随着城市化进程的加快,社会经济的快速发展,城市中钢筋混凝土“灰盒子”不断拔地而起,带来许多的城市生态环境问题:城市用地紧张、热岛效应加剧、洪涝灾害严重、城市雾霾,这些生态问题严重影响着人类健康和生 活。城市中建筑密集,大量采用沥青和水泥路面,在建筑界面上进行绿化,能够增加

城市绿地面积,同时通过植物叶片的蒸发作用调节温度和湿度,使城市界面对热量的吸收减少,降低城市温度,从而减缓城市热岛效应。国内学者针对城市雨洪问题提出了海绵城市的概念,屋顶绿化可以使雨水在排流的过程中渗入土壤,被植物吸收,减缓雨水径流。近年来植物越来越多地运用在建筑生态

收稿日期:2017-12-08.

作者简介:杨迦迪(1993-),女,四川眉山人,硕士研究生. 主要研究方向为风景园林规划与设计.

通信作者:周建华(1970-),男,江西宜丰人,博士,副教授,硕士生导师. 主要从事风景园林规划设计的研究与教学工作.



设计上,提出了生态农业建筑、低碳技术、垂直农业等新兴都市农业理念。

在人口增长与耕地面积日益减少的今天,粮食问题是我国以及世界众多人口大国的重要问题。都市农业能在一定程度上增加粮食产量,通过分解城市废物、资源回收利用等方式,促进生态系统循环。据统计,中国现有屋面资源 73 万  $\text{hm}^2$ ,是世界上面积最多的国家。然而,大部分没有被利用。生态农业建筑的空间利用是最大限度、最高效性地利用城市这些闲置空间,增加城市中农业生产面积。建筑与农业一体化理念是城市低碳发展的休闲模式,在建筑中,人类活动、农作物及环境能源相互作用。我国在建筑农业一体化的研究上较欧洲等国家起步较晚,将农业应用于建筑能解决城市化进程中产生的多种生态问题,缓解粮食危机。因此,对建筑与农业一体化的研究具有重要意义。

## 1 建筑与农业一体化设计理论

### 1.1 建筑与农业一体化的影响因素

#### 1.1.1 气候环境的影响

气候的影响因素主要有光照、风、温度、湿度与降水等,光照条件对植物生长起决定性作用,根据不同光照条件,选择耐阴或喜光作物。风速随着建筑层数的增加而增加,不同高度农作物在种植时应考虑不同的防风需求,适宜的温度、降水等也是作物得以健康生长的重要因素。因此,在农业策略的选择时,需要营造良好的气候环境,因地制宜地选择农作物种类。

#### 1.1.2 建筑环境的影响

建筑的密度、层高、形态、朝向等都是农业种植需要考虑的因素,建筑密度与层高形成不同的微气候小环境,在植物种植时应考虑植物生长习性,合理配置作物品种,不同建筑朝向影响植物的光照条件,在布置农业时也要充分考虑。建筑的整体造型决定了农业种植方式,平屋顶适用于屋顶农业种植。建筑作为人的活动空间,人的行为活动对生态农业空间布置有重要影响,在设计时应考虑不同空间环境功能,才能更好地发挥其效益。此外,在建筑与农业一体化设计时还要考虑种植景观的艺术表达,改善城市景观环境。

### 1.2 建筑与农业一体化的整合模式

都市农业与建筑的整合模式主要分为建筑内部空间、外围护空间、附加功能空间 3 种<sup>[1]</sup>:

#### 1.2.1 农业与建筑内部空间的整合

农业与建筑内部空间整合是在建筑的内部(包括墙、地面、屋顶、门窗等内部空间)布置农业。布置时最大的限制来自于光照条件,因此建筑内部空间设计时多在中庭布置,引入自然光或使用人工 LED 照明,美化建筑内部空间。

#### 1.2.2 农业与建筑外围护空间的整合

农业与建筑外围护空间整合指的是在建筑的外围结构(建筑及房间各面的围挡如外墙、屋顶)种植农作物,一方面可以对建筑墙体进行遮挡,不被直接暴露,另一方面植物形成绿色屏障,改善建筑周边小环境。建筑外围护空间整合的具体形式有:屋顶农业、表皮农业等。

#### 1.2.3 农业与建筑附加功能空间的整合

将农业融入建筑附加功能空间的形式,比如室内的温室幕墙是温室与建筑结合的整合新形式。

### 1.3 相关技术措施

在建筑与农业一体化的研究中,无土栽培、垂直种植、生态循环技术等是其在技术上的体现,使之成为一种高效可持续的、具有生态经济价值的技术体系<sup>[1-3]</sup>。

#### 1.3.1 垂直种植技术

垂直种植技术有模块式种植、一体式种植等多种模式。采用这些种植模式,在建筑立面上种植农作物,还可以按照不同图案,打造出不同的景观造型。种植模块由塑料、粘土、合成纤维、金属、混凝土等组成,植物在模块培养基中预先栽培养护,配置成种植槽单元摆放在建筑墙上或用墙体一体化的种植方式进行栽培。植物灌溉采用浇灌、微灌的方式。

#### 1.3.2 无土栽培技术

无土栽培是指“不用土壤,而是采用基质(包括岩棉、草炭、轻石、珍珠岩、树皮、锅末、水等)和营养液栽培植物的技术<sup>[2]</sup>,无土栽培类型的方法有很多,例如水培、气培和基质栽培等种植方法。无土栽培可以在建筑的不同空间栽培农作物,让植物摆脱地面土壤,使建筑与农业一体化设计变成可能。

#### 1.3.3 生态循环技术

生态循环技术包括可再生能源的利用、水循环利用以及生物废水的处理技术。可再生能源的利用是结合太阳能、风能、以及生物能等能源的合理开发,实现建筑农业在能源上的可持续发展;由于农业用水需水量较大,采用建筑内水循环过程:雨水/生活废水—处理—种植—中水—再利用的方式,通过雨水收集,中水回收的处理再利用,使建筑内水资源

得以循环再利用,可极大地缓解用水压力<sup>[3]</sup>;生物废水处理技术是由 John Todd 博士提出的,在容器中首先组成多个次级生物净化系统,将建筑内废水收集到处理池中进行初次处理,然后进入生态湿地处理池中,利用微生物完成厌氧反应、有氧反应等处理程序,最后将净化后的水消毒后作为回收水用于灌溉、厕所冲洗、景观水体以及其他用途。在整个系统中采用水生和湿地植物、有益细菌、真菌、蜗牛、鱼类等动植物来进行有机分解,去除水中的有害物质,建筑内的生活废水和有机废物也得到了循环利用。

### 1.3.4 新能源技术

新能源技术主要应用于太阳能与风能,我国太阳能与风能技术已比较成熟,已应用于绿色建筑和都市农业中,例如在阳台、屋顶等地方安装太阳能板或小型风力发电装置等。

## 2 建筑与农业一体化应用

### 2.1 屋顶种植

屋顶农园的打造首先要考虑屋顶荷载问题,对于可上人的平屋顶需要有护栏,确保安全。屋顶种植时需要考虑屋面荷载的大小,屋顶面板可以提供  $350 \text{ kg/m}^2$  以上的外加荷载,应根据当地技术性资料来测算屋顶的承载力,至少  $20 \text{ cm}$  厚的覆土需求,在一般湿重情况下,对屋顶的荷载要求在  $150 \text{ kg/m}^2$  以内(表 1)。由于屋顶对风的荷载量较大,植物需要一定的种植深度。不同植物的种植深度为:草本  $15 \sim 20 \text{ cm}$ ,灌木  $20 \sim 25 \text{ cm}$ ,小乔木  $40 \sim 50 \text{ cm}$ 。

屋顶的生态环境与地面差别很大,对植物的种植技术要求较高,要考虑到植物会受到屋顶的承重、

表 1 种植区荷载量需求

Tab. 1 Load demand of planting region

不同项目	种类	荷载值/ ( $\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$ )
植物荷载	地被植物	5
	低矮灌木或小木本植物(高度小于 $1 \text{ m}$ )	10
	大灌木或小乔木(高度小于 $6 \text{ m}$ )	60
	大乔木(高度 $6 \sim 10 \text{ m}$ )	150
种植土荷载	黄土与垃圾肥	1800
	耕种土	1600
透水层荷载	卵石	2500
	碎砖	1800
	粗砂	2200
	煤渣	1000

注:资料来源“城市建筑屋顶绿化研究”

需水、防水等方面的限制。屋顶植物缺乏地下水的供给,因此建筑中作物需水量比地面植物更大,植物灌溉应该采用节水方式,在合适的时间来满足作物适宜的水量,处理好植物的需水和节水之间的关系。屋顶种植区的结构层主要分为植被层、基质层、隔离层、排(蓄)水层、隔根层、保温层、防水层等。植被层主要指种植的各类作物,由于昼夜温差较大,土层也较薄,植物的选择上应尽量挑选根系较浅的品种。基质层主要供应植物生长所需的营养,选择培养基质为透水性、蓄水力和稳固性的轻质性材料,有一定的保肥能力。可选择土壤掺混锯木粉的方法,减轻栽培基质的重量,或选用保水保肥,不板结的轻质土,并将土层厚度控制在最低限度。

莫尔青年中心的屋顶农园位于芝加哥盖瑞康(图 1),在建筑中间屋顶上种植的农作物包括白菜、

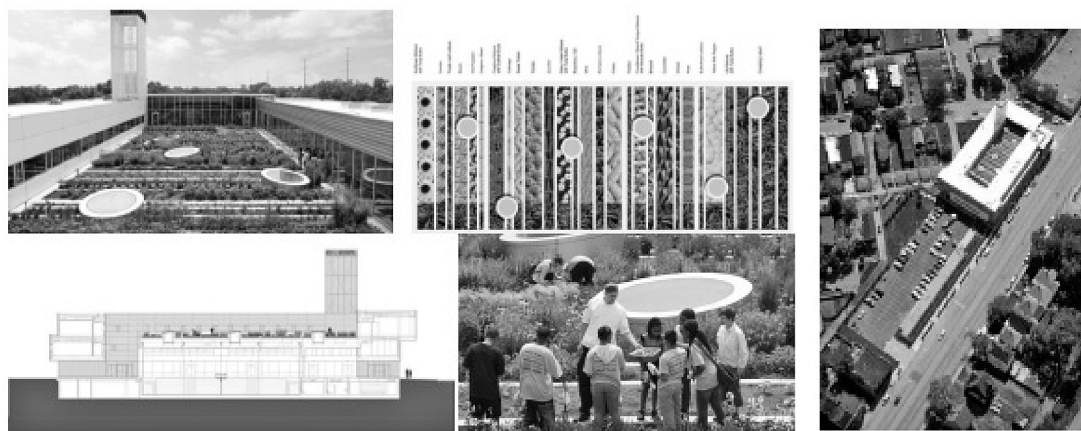


图 1 芝加哥盖瑞康莫尔青年中心的屋顶农园

Fig. 1 Rooftop Haven for Urban Agriculture in Gary Comer Youth Center of Chicago

向日葵、胡萝卜、生菜和草莓等。该农园不断生产提供本地餐饮部门和咖啡厅使用的有机食品。这个屋顶农园不仅为这座建筑提供食物,同时也是娱乐学习的休闲场所,让孩子们在其中动手参与农业生产,具有很好的教育意义和参考价值。

## 2.2 建筑表面种植

### 2.2.1 墙体种植

墙体农业是在墙壁、阳台、窗台、屋顶、棚架等处栽植以农作物为主的植物。墙体种植是都市农业发展的新动向,在城市中进行的墙体种植可直接改变建筑立面,改善城市环境。墙体种植以网架式框架作为支撑,网架式种植方式是将建筑立面整体设计成网格状,供植物攀爬(如葡萄等攀爬类作物),植物通过光合作用吸收二氧化碳,释放氧气,改善空气质量,达到环保、节能、美化的效果。另一种方式是模块式墙体种植,作物沿着建筑的外墙安装模块式结构进行种植,施工较为方便,采用浇灌、微灌的方式,结合建筑的造型设计,景观效果好(图2,图3)。



图2 上海世博会卢森堡馆

Fig.2 Luxembourg Pavilion in the Shanghai World Expo



图3 葡萄牙里斯本的阿特利尔—达塔

Fig.3 Atelier Data in Lisbon, Portugal

### 2.2.2 阳台种植

随着生活质量的提高,追求低碳环保的生活理

念被人们所提倡,人们大量利用家庭阳台空间进行蔬菜植物的种植。阳台种植是以土壤为基质,将作物种植在容器中。受结构荷载、日照、防水、土壤病虫害及居民日常生活等因素的影响,在满足荷载的条件下,可采用简易箱体种植。阳台空间具有多种凹凸形态,种植方式应根据不同空间形式进行组织。

### 2.3 建筑内部种植

建筑内部种植方式是在建筑的交通空间、阳光中庭、公共空间等引入都市农业。在建筑内部种植缺少自然采光,利用LED灯来给植物生长补光,国内外学者设计出了不同尺寸类型室内植物工厂,可用于建筑中厨房及办公空间空闲处。“能量流动厨房”是在都市农业基础上提出的,将农业与建筑内设备相结合的一体化栽培,在厨房中引入种植、食用、废水废物处理设备(图4)。厨房设施将生活用水处理并用于作物的灌溉,同时设备把家庭厨房产生的有机废物进行处理,整合成有机肥进行再利用。



图4 能量流动厨房

Fig.4 Energy flow Kitchen

### 2.4 地下空间种植

地下空间具有封闭、缺少光照、二氧化碳浓度高等特点,种植具有较大的局限性,但也利于一些诸如菌类、烟草、药材的特殊作物生长,并且利于智能化管理和有机种植。Pasona O2 地下农场位于东京大寿町商业区的办公楼下,种植了100种不同作物,农场由电脑控制人工光源,在种植过程中进行智能化管理,采用水培法,养分通过喷淋供应(图5)。

## 3 结语

都市农业是循环经济与生态经济的一个集中体现,同时也是可持续发展的重要手段,在建筑中引入农业可以带来许多经济效益。建筑与农业一体化是一种新型生态都市农业理念,在整合社会各项资源,减少资源浪费等方面具有重要作用。都市农业与建

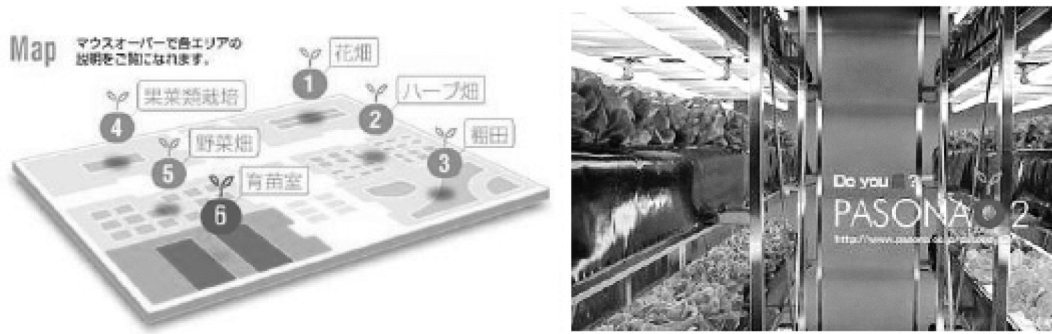


图 5 Pasona O2 地下农场

Fig. 5 Pasona O2 underground farm

筑的结合有助于减缓建筑热岛效应,降低雨洪管理成本,提高空气质量,使城市居民参与种植,也利于改善居民身体健康,带来生态、社会、经济效益。

都市农业在建筑中的运用目前还存在很多问题。首先,农业生态建筑对能源需求较大,在建筑中种植农作物需要用到多方面高科技技术,专业技术方面还有待创新。其次,农业融入人们日常生活环境可能带来健康危害,如化学制品污染、杀虫剂的使用、传染病的传播会给人们的健康带来危害。同时,投入成本较高,管理较为复杂精细,导致都市农业在建筑中较难维持。虽然农业生产带来了经济效益,但与前期的投入相比,很难收回成本。建筑与农业一体化建设涉及到政策、法律、市政、消防等各个方面,范围较广,因此在建设中可能会出现很多问题。这一理念的提出既是一种机遇也是一种挑战,需要不断努力,寻求新的方式来解决这些问题,探索出一条可持续发展的新型都市农业道路。

#### 参考文献:

- [1] 季欣. 建筑与农业一体化研究[D]. 天津:天津大学,2012.
- [2] 王沂.“空中农园”的设计和应用模式研究[D]. 南京:南京林业大学,2013.
- [3] 李光钰. 基于都市农业理念的城市建筑生态设计探究[D]. 上海:上海交通大学,2014.
- [4] 刘焯. 垂直农业初探[D]. 天津:天津大学,2010.
- [5] 郝智伟. 屋顶上的农场[J]. IT 经理世界,2011(21): 64-67.
- [6] 高楠. 从“空中花园”到“空中菜园”——上海新型屋顶绿化设计研究[J]. 艺术与设计(理论),2012(6):89-91.
- [7] 李伯钧,孙崇波,戚行江,等. 屋顶造地农业利用可行性研究初报[J]. 浙江农业学报,2012,24(3):449-454.
- [8] 王艳,许先升. 城市空中农场种植设计[J]. 安徽农业科学,2011,39(13):7938-7940.
- [9] 许晓利,苏维. 城市绿地空间的再创造——垂直绿化[J]. 河北林果研究,2004,19(3):266-270.
- [10] 罗卿平,周超. 未来城市生活状态的绿色探索——基于北京 798 艺术区的城市立体农场设计竞赛过程中的思考[J]. 华中建筑,2013(8):47-51.

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2018.03.037

## 快速城市化地区古树保护现状与对策

——以深圳市龙华区为例

邓洪涛 薛冬冬 杨艳婷

(广东省岭南综合勘察设计院, 广东 广州 510663)

**摘要:** 古树是绿色瑰宝,是悠久历史的佐证和宝贵文化遗产的重要组成部分。在快速城市化地区古树保护显得尤其重要。对深圳市龙华区古树保护现状进行实地调查,结果表明,该区共有古树 89 株(未含古树群),隶属 14 科 20 属 22 种,其中:二级古树 3 株,三级古树 86 株。文中阐述深圳市龙华区古树资源的种类组成、分布特点及保护现状,分析古树保护中的危害因素,包括衰老、雷击、台风、病虫害、绞杀等自然因素和移植、砍伐、树基辅装严密、摆设神位等人为因素。提出严格执行古树保护法规,全面落实古树养护管理措施,建立有效的 GIS 信息管理系统,重视古树后备资源管理等古树保护管理对策。

**关键词:** 古树;种类组成;分布特点;危害因素;古树后备资源;快速城市化地区;深圳市龙华区

中图分类号:S731.2;TU986.36 文献标识码:B 文章编号:1671-3168(2018)03-0183-05

## Conservation Status and Countermeasures of Ancient Trees in Rapid Urbanization Region

——Longhua District of Shenzhen City as an Example

DENG Hongtao, XUE Dongdong, YANG Yanting

(Lingnan Comprehensive Surveying and Designing Institute of Guangdong Province, Guangzhou 510663, China)

**Abstract:** The ancient trees are green treasure, evidence of long history and important composition of precious cultural heritage. It's especially important to conserve the ancient trees under the background of rapid urbanization. The investigation for the conservation status of the ancient trees showed that there were 89 ancient trees in Longhua district, belonging to 22 species, 20 genera and 14 families, which included 3 trees of second-class preservation level and 8 trees of third-class preservation level. This paper discussed the distribution characteristics and preservation status of ancient tree resources in Longhua district, and analyzed the natural hazard factors of aging, lightning stroke, typhoon, plant diseases, insect pests, strangulation and the man-made hazard factors of transplantation, logging, overmuch outfit for tree root, spirit tablet decoration. It's proposed to strictly implement the protection legislation, comprehensively carried out the conservation and management measures, establish the effective GIS information management system and attach importance to the management of ancient trees' reserve resources.

收稿日期:2017-12-18.

作者简介:邓洪涛(1985-),男,广东高州人,工程师.主要从事城市森林规划、森林公园规划、营造林工程规划设计. Email:859200978@qq.com

**Key words:** ancient trees; species composition; distribution characteristics; hazard factors; ancient trees' reserve resources; rapid urbanization region; Longhua District of Shenzhen City

随着时代的演变,城市化进程不断加快,发展至今,所谓的城市化进程就是将我国原有的国有土地资源进行现代化城市建设用地的转变<sup>[1]</sup>。快速城市化地区一般指城市化发展速度较快并且城市化水平较高的地区<sup>[2]</sup>,近年来快速城市化已成为全球共同关注的热门话题之一。古树名木是城市悠久历史的佐证和宝贵文化遗产的重要组成部分,是自然生态系统的本底标志物,被誉为活的文物,没有古树的 城市是没有历史的城市<sup>[3]</sup>。古树一般是指在人类历史过程中保存下来的年代久远或具有重要科研、历史、文化价值且树龄在 100 a 以上的树木<sup>[4]</sup>。在倡导科学发展的今天,保护古树名木不仅是城市文明的体现,也是城市生态建设的要求,对城市可持续发展极具意义<sup>[5]</sup>。在快速城市化的过程中,古树面临着严重的生存危机。首先,立地环境的变化,如河流填埋改道,原有的地形地貌改变不可避免地影响古树的生存条件。其次,城市化过程中产生和释放的二氧化硫、碳氧化物等有害气体和气溶胶颗粒物以及生活垃圾和其他污染物对古树也会产生直接或间接的损害,从而影响古树的生长。

近年来,随着深圳北站等重大工程的开展,龙华区城市地铁、高速公路、大型工业园区等工程的迅速增加,使众多古树的生境发生巨大变化。城市化快速发展带来的环境变化对现有古树的生存空间造成了极大伤害,现有的保护措施难以对古树进行有效保护。古树名木的保护意识还远未普及,在许多建设参与者心中还未把古树名木当成城市的重要构成要素。一时疏忽,造成诸多的建设环节被动与经济损失,有些损失甚至是不可弥补的<sup>[6]</sup>。古树之死,不仅意味着其自身价值的消亡,更意味着其存之于生态环境的价值灭失<sup>[7]</sup>。

## 1 研究地概况

龙华区地处深圳市中北部,东临龙岗区,西接宝安区、南山区、光明新区,南连福田区,北至东莞市,总面积 175.58 km<sup>2</sup>,林地面积 3 540.77 hm<sup>2</sup>,在珠江三角洲城市群乃至粤港澳大湾区中的地理位置都十分优越。龙华区 2016 年 10 月经国务院批复设立,2017 年 1 月 7 日,揭牌正式成为行政区。现辖观澜、大浪、龙华、民治、观湖、福城 6 个街道,常住人口 154.94 万人,其中,常住户籍人口 24.30 万人。

龙华区属亚热带海洋性气候,年均温 22℃,雨量充沛,年降水量 1 926 mm。龙华区具有灿烂的人文历史,观澜原创版画产业基地、永丰源陶瓷产业园先后被国家文化部评为“文化产业示范基地”。悠久的历史 and 灿烂的文化铸就了众多的名胜古迹,而这些名胜古迹的所在地以及古村落周围保存了种类丰富、数量众多的古树<sup>[7]</sup>。近年来随着城市化进程的不断加快,龙华区的古树遭受到不同程度的破坏,为了进一步加强对古树的保护和合理开发利用,摸清龙华区古树资源数量、种类分布状况和保护利用中存在的问题,在全区范围内开展了一次古树资源现状调查,摸清了辖区内名木古树的种类、数量、分布、生存环境、人文历史等情况。

## 2 调查方法

根据国家有关标准,古树分为国家一、二、三级,一级古树树龄在 500 a 以上,二级古树树龄为 300~499 a,三级古树树龄为 100~299 a<sup>[4]</sup>。本次调查在查阅历史资料的基础上,采用实地逐片、逐株每木检尺、记录地理坐标、拍照、查阅资料和访问群众等调查方法,对龙华区内的古树进行全面系统地调查,对每株古树逐一测量和记录,准确鉴定其学名,测量树高、冠幅、枝下高以及胸围(或地围)等,观察生长情况及周围环境,记录病虫害情况以及有无自然灾害或人为破坏。

## 3 结果与分析

### 3.1 种类组成及分布特点

经调查,龙华区共有古树 89 株,隶属 14 科 20 属 22 种,以桑科 Moraceae、无患子科 Sapindaceae、桃金娘科 Myrtaceae、樟科 Lauraceae、大戟科 Euphorbiaceae 和壳斗科 Fagaceae 为主。其中桑科、无患子科和桃金娘科的古树株数较多,分别为 23、18、13 株,共占龙华区古树总株数的 69%;株数最多的树种为榕树 *Ficus microcarpa*,为 23 株。另外,荔枝 *Litchi chinensis* 和红鳞蒲桃 *Syzygium hancei* 的株数也较多(表 1)。从各科含有的种数和株数可以看出,龙华区古树种类以热带、亚热带科属为主,优势科为桑科、无患子科和桃金娘科。此外,在龙华区的古树中国国家重点保护野生植物共 2 种,分别是樟树 *Cin-*

*namomum camphora* (国家Ⅱ级保护植物,濒危种)和龙眼 *Dimocarpus longan* (国家Ⅱ级保护植物,渐危种)。区内树龄在百年以上的古树共有 89 株。其中树龄在 100~199 a 的古树最多,有 79 株,占全部古树的 89%;树龄 200~299 a 的古树有 7 株;超过 300 a 的古树有 3 株,分别位于大浪街道的下横朗、龙华街道的清湖和观澜街道的樟阁。

表 1 龙华区主要古树种类

Tab. 1 Species of ancient trees in Longhua District

种名	学名	科名	株数
榕树	<i>Ficus microcarpa</i>	桑科 <i>Moraceae</i>	23
荔枝	<i>Litchi chinensis</i>	无患子科 <i>Sapindaceae</i>	18
红鳞蒲桃	<i>Syzygium hancei</i>	桃金娘科 <i>Myrtaceae</i>	13
樟树	<i>Cinnamomum camphora</i>	樟科 <i>Lauraceae</i>	8
黄桐	<i>Endospermum chinense</i>	大戟科 <i>Euphorbiaceae</i>	4
米楮	<i>Castanopsis carlesii</i>	壳斗科 <i>Fagaceae</i>	3
龙眼	<i>Dimocarpus longan</i>	无患子科 <i>Sapindaceae</i>	3

从空间分布看,观澜街道古树的数量最多,占全区古树总数的 39%,种类也最丰富,有 8 种;其次为福城街道,古树数量占全区古树总数的 24%,有 6 种(表 2)。胸径最大的是位于龙华清湖的古榕树(114°02'25.0"N,22°40'27.5"E),胸径约 9 m,树高达 18 m,树龄约 300 a,由于气生根垂掉下来并与主能干合生在一起,且受光受热雨水条件好,年份久远,故胸径最大。

表 2 各街道古树数量和树种分布

Tab. 2 Quantity and distribution of ancient trees in each street

街道	古树数量/株	占总株数比例/%	古树种数/种	占总种数比例/%
观澜	35	39	8	66
福城	21	24	6	50
大浪	15	17	5	42
龙华	10	11	5	42
民治	8	9	7	58
观湖	0	0	0	0

从生境特点看,低海拔的风水林中的种类和数量最多。数量最多的榕树主要分布在村前、屋后的风水林以及道路两旁;栽培种荔枝主要分布于庭园

和果园之中,在风水林中也较常见;红鳞蒲桃多分布于风水林中,村庄附近也时常见到。调查发现龙华街道三联社区弓村公园有一处面积为 0.67 hm<sup>2</sup>、树龄约为 85 a 的米楮古树群。该古树群的古树后备资源约有 90 株,外貌终年常绿,林层呈波浪状,属于亚热带常绿阔叶林,郁闭度为 0.85。该群落物种多样性较为丰富,乔木层优势树种为米楮,平均胸径为 75.0 cm,平均树高为 12.5 m;灌木层以九节 *Psychotria rubra*、银柴 *Aporosa dioica* 和土蜜树 *Bridelia tomentosa* 为主,平均高 1.0 m,覆盖度 25%;草本层以蜘蛛兰 *Taeniophyllum glandulosum* 为主,平均高 0.6 m,覆盖度 10%。

### 3.2 危害因素分析

古树一般处于生命周期中的衰老阶段,被破坏的生态环境,光、热、水、气、风等自然条件都不利于古树生长,从而造成其生长势下降。在龙华区经济快速发展、城市规模不断扩大,工业快速崛起的同时,城乡环境也不断被破坏和污染,一些古树在其垂暮之年陷入岌岌可危的境地。龙华古树的危害现状主要受自然因素和人为因素的影响。普遍研究认为古树名木发生衰弱及死亡的原因除部分树种属机理性衰弱外,大多数属非机理性的原因所致,人为因素是重要原因<sup>[9]</sup>。

#### 3.2.1 自然因素

1) 衰老:古树多半进入衰老阶段,部分古树的木质部腐烂掉落形成空洞。

2) 雷击:古树一般较高大,且多数为孤立木,容易遭受雷电袭击。

3) 台风:古树因树龄较长,长势较弱,多空洞,遇到台风时容易刮倒或折断。

4) 病虫害:古树自身处于生长的晚期,抵抗病虫害能力也随之减弱,容易遭到病虫害的侵扰。

5) 绞杀:通常可见榕树或笔管榕绞杀古秋枫 (*Bischofia javanica*) 和红鳞蒲桃,榕树绞杀榕树现象亦屡见不鲜。

#### 3.2.2 人为因素

1) 移植:龙华区城乡建设高速发展,道路建设、拆旧翻新等工程力度日趋加大,一些古树在道路建设、拓宽和房屋建设中需迁移至别处。

2) 砍伐:区内少数村民为建房锯断房屋周边古树枝干,甚至将古树伐倒。

3) 树基铺装严密:一些人为活动较为密集区域,群众经常用水泥把古树基部封盖得严严实实,造成古树根系无法正常吸收外界水分和养分、空气交

换受阻,从而导致死亡。

4) 摆设神位: 龙华区当地村民有笃信传统风水的风俗习惯, 经常在村前屋后的古树旁摆设神坛以

祈求神灵庇佑。村民逢年过节或迎娶出嫁, 会在“神树”下焚香、烧烛、放鞭炮等, 对古树的生长非常不利(图 1)。

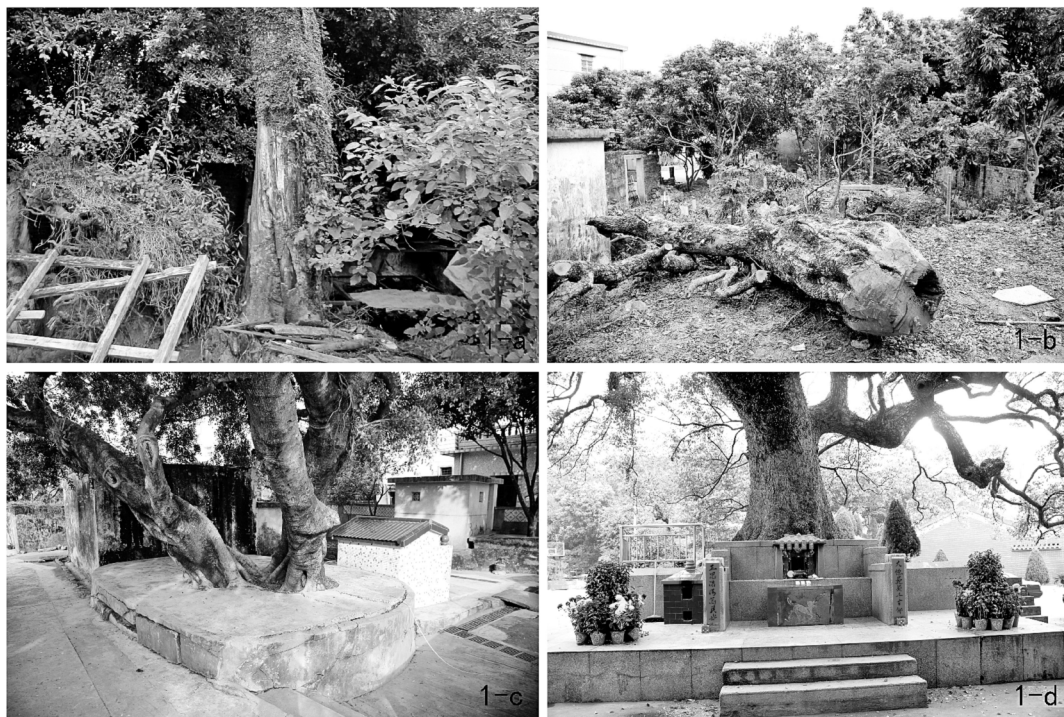


图 1 人为破坏古树现状(a 移植;b 砍伐;c 铺装;d 摆神位)

Fig. 1 Status of man-made destroyed ancient trees(a. transplantation; b. logging; c. outfit for tree root; d. spirit tablet decoration)

### 4 对策与建议

#### 4.1 严格执行古树保护法规

2016 年 10 月 1 日起施行的《深圳经济特区绿化条例》规定,擅自砍伐古树名木每株最高可罚 50 万元。地区可根据实际情况和需求制定详尽可行的管理条例,要明确古树保护管理的体制,包括各级管理的职能部门及其职责、权限等,明确古树保护的围,实行分级管理。对于树龄在 300 a 以上的古树,可视为国家文物给予保护;确保每年古树保护的经费来源及基本保证金额;对于群众举报的破坏古树行为要坚决查处,同时需制订具有可操作性的奖励与处罚条款。

#### 4.2 全面落实古树养护管理措施

为了确保古树正常生长,需对古树的枯枝、死枝进行检查和修剪,补洞和治伤,尤其是有病虫害、阻碍古树正常生长的枝条。要加强古树的土、肥、水管理,做好古树的支撑处理。有需要的要增设避雷针,

重设古树保护围栏和标牌等。严格审核古树移植行为,因城市建设确实需要进行古树移植的,要严格的论证和审批程序,在做好古树移植保护措施的同时,注重古树的栽植和后期养护管理。城市快速发展带来的环境变化对现有古树名木生存空间造成了极大伤害,现有的保护措施难以从源头上对古树进行有效保护,有必要对数量极少的宝贵古树资源编制专项的保护规划<sup>[10]</sup>。

#### 4.3 建立 GIS 信息管理系统

为了便于对古树的的管理以及掌握古树的动态变化,借鉴城市发展管理的先进理念,尽快建立古树 GIS 信息管理动态监测系统。在全面调查区内古树的种类、树龄、保护级别和地理位置的同时,对古树的高度、冠幅和胸围进行测量,记录古树的生长势、生长环境、保护状况以及病虫害情况,并对古树的近、远形态特征进行拍摄,建立古树数据库及图片库和 GIS 信息管理动态监测系统,将古树数据信息与将来开发的地理信息系统“古树名木保护模块”对



接。结合城市绿化管理,开发手机 APP 程序,引导广大市民融入到古树保护的行列中来,提高古树名木保护管理效率和科技水平。

#### 4.4 加强对古树的科学利用研究

加强对古树群落的生态习性、功能以及相互影响的科学系统地研究。积极与仙湖植物园等相关科研机构合作,开展古树的种群生态、生理与生态环境适应性研究;加强对古树养护管理、综合复壮技术和古树病虫害综合防治技术等方面的研究。同时,要加强对古树保护的宣传教育,提高保护意识等方面全方位的对策研究。在有条件的地方建设古树公园,既是对古树实施的一种特殊保护措施,更是宣传古树保护最好的参与途径。

#### 4.5 重视古树后备资源管理

古树管理者应对本区域内的古树后备资源(树龄在 80~99 a 的树木)进行建档入册,建立资源档案,报区城市管理局林业科备案,并进行统一登记:标明树名、学名、科属、树龄、保护等级、管理单位、树木编号等;对有特殊历史、文化、科研价值和纪念意义的古树后备资源应有文字说明;建立科学完善的数据系统,加强实际保护工作。例如对于龙华街道三联社区弓村公园分布的一片 90 多株的树龄约为 85 a 的米槠群落,虽然未登记在册作为古树管理,但应该加强巡查与管护,为快速城市化的地区保存有

限的后备古树资源。

#### 参考文献:

- [1] 张健. 城市化进程中的风景园林 [EB/OL]. 城市建设理论研究(电子版),2016.
- [2] 张利,陈影,王树涛,等. 滨海快速城市化地区土地生态安全评价与预警——以曹妃甸新区为例[J]. 应用生态学报,2015,26(8):2445-2454.
- [3] 姜丽丽,蔡平,刘振. 苏州市古树名木现状及保护管理建议[J]. 现代农业科技,2011(14):247-248.
- [4] 全国绿化委员会办公室. 全国古树名木普查建档技术规范[Z]. 2001.
- [5] 潘建萍. 关于提高上海古树名木保护管理水平的思考[J]. 上海农业科技,2013(5):84-85.
- [6] 李成才. 城市建设中的古树名木保护探索[J]. 科技创新导报,2016,13(19):133-134.
- [7] 周海华. 古树名木保护的的法律思考[J]. 国家林业局管理干部学院学报,2006,5(4):44-46.
- [8] 林中大,唐光大. 深圳市龙岗区古树现状调查研究[J]. 广东林业科技,2012,28(2):63-68.
- [9] 胡坚强,夏有根,梅艳,等. 古树名木研究概述[J]. 福建林业科技,2004,31(3):151-154.
- [10] 傅徽楠,潘建萍,邹福生,等. 基于快速城市化的上海古树名木现状评价与保护规划[C]//中国风景园林学会 2016 年会论文集—城市·生态·园林·人民. 北京:中国建筑工业出版社,2016:447-456.

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2018.03.038

## 黄浦区古树名木养护标准化管理初探

何晓雯

(上海市黄浦区绿化管理所群众绿化科,上海 200020)

**摘要:** 古树名木作为一个区域文化历史的见证,由于受到环境不断恶化的影响,衰老和死亡速度不断加快。鉴于此,文章以黄浦区为调研对象,阐述相关背景及古树名木养护标准化管理的意义。从制度规划、项目资金管理与维护设施、养护要求与考核等几个方面对养护标准化管理展开分析,以点带面,旨在提升古树名木养护标准化管理水平,提高养护效率和养护精细化程度。

**关键词:** 古树名木;养护;标准化管理;制度规划;项目资金管理;精细化养护;上海市黄浦区

中图分类号:S750;TU986.36 文献标识码:A 文章编号:1671-3168(2018)03-0188-04

## Standardized Management of Ancient and Famous Trees Conservation in Huangpu District

HE Xiaowen

(Office of Public Greening, Huangpu Administration Department of Afforestation, Shanghai 200020, China)

**Abstract:** As the witness of historical culture, ancient and famous trees are aging and death because of deteriorating environment. This paper illustrated the relevant background and the significance of the standardized management of ancient and famous trees conservation in Huangpu District, as well as analyzed the standardized management from point to area, which included system planning, funds management, facilities maintenance and conservation requirements to improve the standardization level, the work efficiency and the delicacy conservation.

**Key words:** ancient and famous trees; conservation; standardized management; system planning; funds management; delicacy conservation; Huangpu District of Shanghai

古树名木及其后续资源是宝贵的自然资源,具有不可再生性,是自然界演化而来的无价财富,古人生活痕迹的印证,见证了历史以及环境的变迁,承载着历史、人文与环境的重要信息,具有重要纪念意义和研究价值。古树名木由于能够折射出人类的发展进程,具有不可磨灭的时代烙印,常被业内人士称为活文物,也有绿色古董的美称。除此之外,其欣赏价值颇高,在经济效益、生态调节以及社会发展等方面同样具有不可估量的研究价值。在生物圈领域,古

树名木还携带着大量的基因及物种信息,有举足轻重的地位。

### 1 背景概述

作为历史文化变迁的重要见证,古树名木被视为珍贵的自然资源和生物遗产,在人文环境构建和自然风光改善方面具有重要作用。对古树名木的养护及标准化管理,不仅体现出人们对这些活文物的尊重,而且对文化的继承与发扬具有重要意义。另

收稿日期:2017-12-19.

作者简介:何晓雯(1988-),女,上海人,科员。从事古树名木管理、立体绿化建设、单位附属绿地管理等工作。Email:cakku6@163.com

外,在气象学和植物学研究领域,古树名木自身的生物学特征能够在很大程度上反映千百年来的气象和自然环境变化状况。由于属于乡土树种,古树名木超高的环境适应性能够在土壤条件、气候状态和病虫害防治等方面得到很好体现。

本文将古树名木的管理标准化研究范围缩小到上海市中部偏北的黄浦区。2013年的数据显示,该区的古树名木数量为91棵,加上后续的古树资源,总数为143棵,树种有26种之多。在国家古树名木保护等级方面,一至三级保护树种的数量分别为7、84和52棵。

近几年的研究数据显示,伴随着树龄的增长,古树名木的长势也呈现出参差不齐的现象,虽然大多数的树木生长态势良好,但也有部分个体的长势日渐恶化。鉴于此,黄浦区积极实施抢救及养护措施,监测古树名木的生长情况,同时寻求行业内的专家指导,不断提高古树名木的标准化管理水平,以期尽快提高养护方面的技术水平和工作实效,切实改善这些绿色古董的生长条件并保证其良好的生长态势。

## 2 黄浦区古树名木养护标准化管理的意义

1) 逐步提升黄浦区对古树名木养护工作的管理水平

管理的标准化始终是企事业单位重要的基础工作,它能不断提高养护工作的管理水平。标准化管理的重要前提是构建科学、高效以及规范化的管理体系,同时兼顾借助于工作的高标准化来持续改善与提高企事业单位的管理行为,不断提高管理质量,加强后期发展力度,最终达到符合科学化、程序化及规范化的要求<sup>[1]</sup>。

2) 杜绝古树名木管理的盲区现象

黄浦区的古树名木绝对数量不多,且其分布分散性较大,有较多树木分布于私人庭院,监管和养护不方便;同时,城乡一体化的不断推进、基础设施的建设都威胁到了古树名木的生存环境。实施标准化管理,可以有效避免这些问题的再发生。

3) 统一养护工作者的工作方式

传统的养护管理工作中,由于标准化的观念未能深入人心,管理工作形式不规范,技术人员操作流程混乱,养护工人和志愿者专业水平不足,实施过程随意性大,不按照规范与标准操作,对古树名木的养护效果适得其反。实施标准化管理可使管理者和操作者的工作方式得到有效统一,提高了整体管理的

规范性。

4) 古树名木养护的精细化水平得以提升

现阶段,虽然我国已经针对古树名木的排水、补水、虫害控制及施肥相关养护工作出台了一些标准,但是仍然有很大一部分的精细化养护操作需要加入到管理内容中,如针对古树名木的不同树种、不同树龄以及各自生长状况与环境差异,需要更加精细的处理方式<sup>[2]</sup>。个别树木可以借助表面观察进行健康水平的简单判断,但多数时候却不适用于内部遭受虫害的树种,当表面呈现出病态时,树木往往已经接近死亡状态。通过标准化管理的实施,可以尽快发现与解决上述问题,有效保证养护工作的精细化程度。

## 3 基于多视角的养护标准化管理

### 3.1 制度规划

在处理古树名木分布较为分散以及养护的盲区与死角问题时,管理部门要实地考察,同时展开调研,积极找出问题根源所在。针对特定树种的生长特点,积极联系行业专家与相关的养护人员,制定合理解决方案,及时完成项目试点,在综合考虑各方面的意见基础上制定巡查监督标准化以及相关养护内容的考核规范。

在巡查监督标准化方面,对管理部门提出巡查的频率和工作要求,制定不同保护级别树种的巡查要求,如一级保护树种的巡查最长间隔时间为2个月,二级保护树种的巡查最长间隔时间为3个月,三级保护树种的巡查最长间隔时间为6个月。对特殊情况如建设初期或在自然灾害中的古树,以及树龄较高的品种,巡查间隔时间缩短至最长1个月,同时每次巡查都要保证书面记录的质量。

在养护工作内容要求方面,出台相关制度规定其职责范围,并将其作为考核的标准。黄浦区在古树养护方面实施属地化,区级管理部门负责对企业与私人庭院古树名木养护技术方面的指导工作,公共范围内的树木则委托相关绿化公司,并且要求该公司具备相关养护资质,同时与负责人签订责任书,由此保证每棵树都能找到一对一的责任人。该项工作能与巡查制度有机统一,保证及时掌握古树的生长态势,第一时间了解生长状况等信息。同时,巡查制度的强化可防止监督盲区的发生,有效地避免古树由于失去监管和养护而死亡。

以上工作的完成,对于养护的技术标准化和评估能起到促进作用。与此同时,还需要建立古树名

木的标准化保障体系。巡查团队对相关的环节及时完成自查和抽查工作,有效地完成体系的自我评分,实时控制管理体系中可能存在的问题,并查找问题根源,制定解决方案,及时整改。

制定养护制度规划的同时,需要同步制定监管和考核的办法,以达到不断改善效果的目的。在评估标准体系中,评估团队要制定评估计划和标准以及记录养护检查结果,结合会议报告形式完成自我评价和反省,不断吸收改进意见并持续跟进项目的实施进程,反过来再适当地修订相关标准和规范。标准化部门管理者要及时按照月度、季度以及年度的标准化流程对体系的各项指标执行情况完成动态监督与标准化考核。另外,借助于网络会议、系统通报等方式对实施情况跟踪管理并积极解决遇到的难题,加强对重点单位、部门及环节的联系工作,详细指导并及时沟通,最后总结经验并付诸行动于下一循环工作内容中,以不断地带动标准化工作的发展进程。

### 3.2 项目和资金管理以及维护设施

标准化的高效施行,需要完善相关绿化及养护标准、政府采购规范、考核方法及养护数额等相关法律法规等标准与规范性文件。同时,需要结合财务情况,积极规范项目资金的运行。资金管理方面需要同样程度的重视。管理部门需设置独立账号以方便古树名木养护的资金管理工作,实施专款专用,预算管理全额资金。必须制定资金使用的标准化细则,积极配合财政部门与审计部门的管理和监察工作。以下为项目管理、资金管理以及维护设备相关的标准化探究内容:

#### 3.2.1 项目管理

1) 立项前:完成项目立项相关的预算工作,负责部门及时审查经办人提交的项目相关方案实施措施及资金需求等申请内容。

2) 实施前期:根据区政府标准化的专项采购方案,按要求将具体项目采购形式分为集中采购、公开招标以及分案采购 3 种。

3) 实施中期:监督施工企业的所有工作并督促其按照标准化要求及时完成,定期汇报项目进展程度,严格依照合同拨付款项。

4) 实施后期:施工单位将竣工结算文件及时提交给审价部门,由该部门预交质保金同时完成尾款的支付工作。

#### 3.2.2 资金管理

1) 资金预算:根据近些年的预算形势,兼顾当

年的金融动态,经过专业人员初拟预算资金。申请内容的编写要达到完整性需求,并按照标准化管理规定流程上报财政部门,经过该部门的审核后才能实施立项。

2) 资金拨付:施工单位根据合同内容填写并提交资金拨付表格,按照规定完成各项审批手续。在保证申请资料真实性的基础上,提供有效发票及相关文件。该过程包括以下 3 个阶段。

①工程预付款:项目施工前,施工企业提交预付款保函申请预付金额,当完成合同约定的工程量后,从工程款中抵扣预付金额。

②工程进度款:施工企业工程量达到进度款需求后才可以申请此类资金,需要提供监理确定过的清单和单据,而且要完成审批手续。

③工程尾款:施工项目最终审价完成,由施工企业支付质量保证金后,然后根据合同约定申请相关尾款。

3) 质保金管理:项目完工后,如果施工单位在质保期内的管养状态合格,可以将质保金全部返还。相反,若养护不达标,对于造成经济损失的部分,施工企业需要承担责任并相应扣除一定质保金。

#### 3.2.3 维护设施

古树养护过程中涉及的项目繁多,施工内容工序繁杂,需要根据不同的季节气候特点,按照标准化管理的规范完成所需养护内容,因此所需要的维护设施和工具种类较繁杂,涉及到的方面也多<sup>[3]</sup>。

养护标准化管理应该将养护单位所需的维护设施及相关用品纳入体系中,主要包括化肥、农药、铭牌、护栏、棚架、消防用品、劳保用品、登高设备、修剪工具、监测监控设备等。

例如,对铭牌的尺寸、文字书写格式、材料、结构形式、放置位置、形态特征等内容,包括对铭牌的保洁频率和及时报修等工作,在标准化管理中都应该有明确规定。

再如,巡查期间如果遇到古树名木的加固维护设施受到损坏或保护不周全等问题,管理者应及时通知相关单位进行修复,或者按照标准化管理要求及时与上级沟通甚至请专家到现场指导等。

### 3.3 养护要求及考核

古树名木养护的标准化对技术人员应当提出标准化技术要求,应该能够规范其在面对不同树种、不同生长类型、特定生长环境时,能够按照标准化管理要求制定规范,合理制定古树排水与灌溉、树洞修复及防腐、复壮抢救以及设施防护等养护方

案<sup>[4]</sup>。标准化管理体系应该修订针对特定树种的养护技术手册,以技术网络作为沟通平台,有针对性地完成对特定养护人员的培训工作和考核评估,持续性地提升养护者对标准化的认知水平,达到培训要求后才能上岗。对于古树养护的关键工作环节、常规检查与宣传、社会化管理等方面,需要根据标准化要求及时做好工作记录。

为了能在养护过程中做到对症下药,必须对特点树种的生长态势、建设氛围以及自然生态进行正确评判。实际调查发现,在自然环境下,古树生长的最大影响因素是周边土质问题;处在建设氛围中的古树,其中的4成长势较好,7%濒临死亡或者长势较差<sup>[5]</sup>。因此,在标准化管理中必须针对不同生长环境下的开挖情况,借助对水位的检测,建造地下连续墙或者按要求补水以完成古树的防护。在保护区的界定方面,需要重新定义影响区、保护区和控制区的范围。在设施的维护方面,不断完善标准内容与排水设施修建、地坪改建以及修复加强支撑等重点且难点的项目全程跟踪,监督黄浦区内施工中的项目并积极配合竣工验收,以更加科学和精细的养护手段进一步完善管理制度<sup>[6-7]</sup>。

另外,标准化管理体系中应该包含对精细化养护的完善性规范,并对古树名木健康程度评估制定标准,比如对生存环境的改善建议、对养护设施的维护要求以及对保护区的界定规范性定义。

#### 4 结束语

基于不同的视角对古树名木的养护管理标准化

进行阐述,以黄浦区为探究对象,利用标准化思维,将常规养护中相对较为随意和无章可循的工作内容提升到更加标准化以及规范化的层次,能够有效弥补当前古树名木养护方面暴露的不足之处。通过古树名木养护技术网络,能够提高相关养护管理单位及操作单位完成标准化管理的积极性,有力地保证古树管理的整体水平提升,同时能够为绿化企业和养护个人的沟通交流搭建平台,极大地提高了标准化管理相关培训工作的便捷性,对提高养护效率、养护工作管理水平以及养护精细水平有良好的推动作用。

#### 参考文献:

- [1] 郝敏. 古树名木保护对策[J]. 林业勘查设计, 2002(4):36-39.
- [2] 上海市绿化局. 上海市古树名木和古树后续资源养护技术规程[S]. 2006.
- [3] 詹运洲,周凌. 生态文明背景下城市古树名木保护规划方法及实施机制的思考——以上海的实践为例[J]. 城市规划学刊, 2016(1):106-115.
- [4] 孙光明,宋瑞珍,冯少锋,等. 古树名木保护及复壮措施初探[J]. 河南林业科技, 2002(4):51-52.
- [5] 徐德嘉. 古树名木衰败原因调查分析(古树名木复壮研究系列报告之二)[J]. 苏州城建环保学院学报, 1995(4):1-5.
- [6] 陆安忠. 上海地区古树名木和古树后续资源现状及保护技术研究[D]. 杭州:浙江大学, 2008.
- [7] 黄祯强,潘建萍,陈志华. 上海古树名木养护管理标准化研究[J]. 质量与标准化, 2017(6):44-46.

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2018.03.039

## 海绵城市践行

——以城市雨水花园中航山水间为例

海维珂 周建华

(西南大学园艺园林学院,重庆 北碚 400715)

**摘要:**阐述海绵城市、雨水花园的相关概念,提出在雨水花园设计中要注意在地形设计时保留高差,排水设计中结合绿色设施,从功能和审美角度优先考虑乡土树种等设计要素。以雨水花园经典案例——中航山水间公园为例对其设计亮点进行解析,并对入口景观区、生态湖区、阿基米德花园、儿童活动区、山林步道区等重点功能区景观及雨水循环系统进行详解,指出海绵城市雨水花园的设计手法应注意维持景观的持续性,功能、景观、生态需相互协调,不能脱离现有的城市问题和场地现状等设计策略。

**关键词:**海绵城市;雨水花园;低影响开发;雨洪管理系统;生态系统;雨水循环系统;中航山水间

中图分类号:S731.2;P901 文献标识码:A 文章编号:1671-3168(2018)03-0192-06

## Practice of Sponge City

——Shanshuijian Rain Garden of Zhonghang Community as an Example

HAI Weike, ZHOU Jianhua

(School of Horticulture and Landscape Architecture, Southwest University, Beibei, Chongqing 400715, China)

**Abstract:** This paper illustrated the related concepts of sponge city and rain garden, and indicated to keep elevation difference in landscape design, consider the green infrastructure in drainage design and prioritize the native tree species in functional and aesthetic design. Based on the design of Shanshuijian rain garden, the landscape and water circulation system of the main functional areas such as entrance landscape area, ecological lake, Archimedes garden, mountain kid park and forest trail were demonstrated in detail. This paper pointed out that the design of rain garden in sponge city should value the continuity of landscape, coordinate the function, the landscape and the ecology, consider the existing problems and the actual situation of the city.

**Key words:** sponge city; rain garden; low impact development; storm water management system; ecosystem; rainwater circulation system; Shanshuijian Rain Garden of Zhonghang Community

海绵城市践行的关键是在低影响开发理念指导下,将城市水利系统包括河流、湖泊和地下水系组织联系起来,形成一个共同作用的整体,进行污染的治

理和水环境的生态修复。雨水花园是一种生态可持续的雨洪管理以及雨水利用设施,具有低成本、高效能、建造简单等优点。

收稿日期:2017-12-04.

作者简介:海维珂(1992-),女,四川内江人,硕士研究生.主要从事风景园林规划与设计研究.

通信作者:周建华(1970-),男,江西宜春人,博士,副教授,硕士生导师,一级注册风景园林师.从事风景园林规划设计研究教学工作.

当今中国正面临着水资源短缺,城市内涝灾害,水质污染等多种系统性、综合性的水问题,亟需一个综合全面的解决方案。“海绵城市”理论的提出正是立足这一背景。在这样的背景下,一个新的雨水管理理念越来越受到重视,它最早是低影响开发,是美国提出的一个在源头分散处理雨水的管理理念,《海绵城市建设指南》也将其认为是海绵城市建设中的重要应用技术理念。如何科学地把雨水资源的控制利用与景观结合起来正是需要研究与学习的。在低影响开发理念的引导下,城市中的雨水花园不仅承担着景观的作用,在海绵城市建设及可持续发展中也担任着重要的角色。

## 1 海绵城市及雨水花园相关概念解析

### 1.1 海绵城市相关理念

海绵城市,是新一代城市雨洪管理概念,是指城市在适应环境变化和应对雨水带来的自然灾害等方面具有良好的“弹性”,也可称之为“水弹性城市”。比喻城市像海绵一样,遇到有降雨时能够就地吸收、存蓄、渗透、净化雨水,补充地下水、调节水循环;在干旱缺水时有条件将蓄存的水释放出来,并加以利用。国际通用术语为“低影响开发雨水系统构建”。其本质是将雨水通过管道、泵站等灰色设施的快速排除末端集中的模式改变为通过雨水花园、绿色屋顶、湿地等绿色“海绵体”的慢排缓释源头分散的模式。提倡的海绵城市就是把城市中的河流、湖泊和地下水系通过生态基础设施和工程技术手段组织联系起来形成一个共同作用的整体,其中包括雨水花园、绿色屋顶、生态湿地、森林等多样的绿色“海绵体”。

### 1.2 雨水花园相关概念

雨水花园做为低影响开发最为常见的设计手段,如今已延展出多种形式。狭义的雨水花园是自然形成的或人工挖掘的浅凹绿地,被用于汇聚并吸收来自屋顶或地面的雨水,通过植物、沙土的综合作用使雨水得到净化,并使之逐渐渗入土壤,涵养地下水。而广义的雨水花园是指具有调蓄和净化雨水、控制径流等多项能力的综合性绿地。

优秀的经典案例如墨尔本爱丁堡雨水花园,在调蓄的同时运用生物净化手段对径流进行阶梯式处理,为其所在公园提供了大量灌溉水。国内著名ASLA 获奖项目万科建筑科技研发中心,也是在景观设计中将艺术与低影响开发理念结合,使用坡地

草坪、预制混凝土模块等生态手段,使场地成为可供欣赏、自我更新、生态处理、寓教于乐的场所。

## 2 雨水花园设计要素分析

综合性的雨水花园具有多种功能,主要表现在消减雨水径流、净化水质、补充水资源和形成优美景观4个方面。在低影响开发理念(LID)指导下的雨水花园系统以园林景观为主,水利设施相配合;功能上以储存和下渗为主,排放相配合;设施上以生态处理设施为主,透水铺装相配合。探究其设计要素,包括地形设计、排水设计和植物设计,主要为以下几点。

### 2.1 地形设计注意保留高差

地形设计应尊重原场地高差条件,高差在延缓雨水径流、分散排水等功能上有不可忽视的作用,设计时应以增加汇水区域、分级设计蓄水点、考虑径流循环等方式实现生态功能。

### 2.2 排水设计结合绿色设施

排水设施除排水渠、管道等传统的灰色设施外,可结合景观打造绿色设施,包括绿色屋顶、湿地池塘、植被洼地、透水铺装等,从雨水源头分散处理,缓解排水管道压力。

### 2.3 植物设计选用乡土树种

植物设计优先考虑本地乡土树种,并从功能和审美2个角度作为选择标准,功能上要关注去污能力和雨水滞留能力;审美上注重植物造景的尺度、色差、层次等多方面。

## 3 经典案例分析——以中航山水间公园为例

### 3.1 中航山水间公园概况

山水间社区公园位于湖南省长沙市中航城住宅社区内,是由张唐设计有限公司打造的综合性社区公园,是一个典型的中国高密度社区里的公共绿地,面积约为14 000 m<sup>2</sup>,它的四周被超高层住宅包围,为几千名住户提供室外活动的空间(图1)。其设计在低影响开发、雨洪生态管理方面具有借鉴意义。

它的设计亮点主要有2点:1)使用生态手段,整个场地就是一个自给自足可持续发展的生态雨洪管理系统;2)基于住宅社区公园的主要使用人群为儿童及老年人,加入儿童游玩的元素,多方面满足社区公园的基本需求。

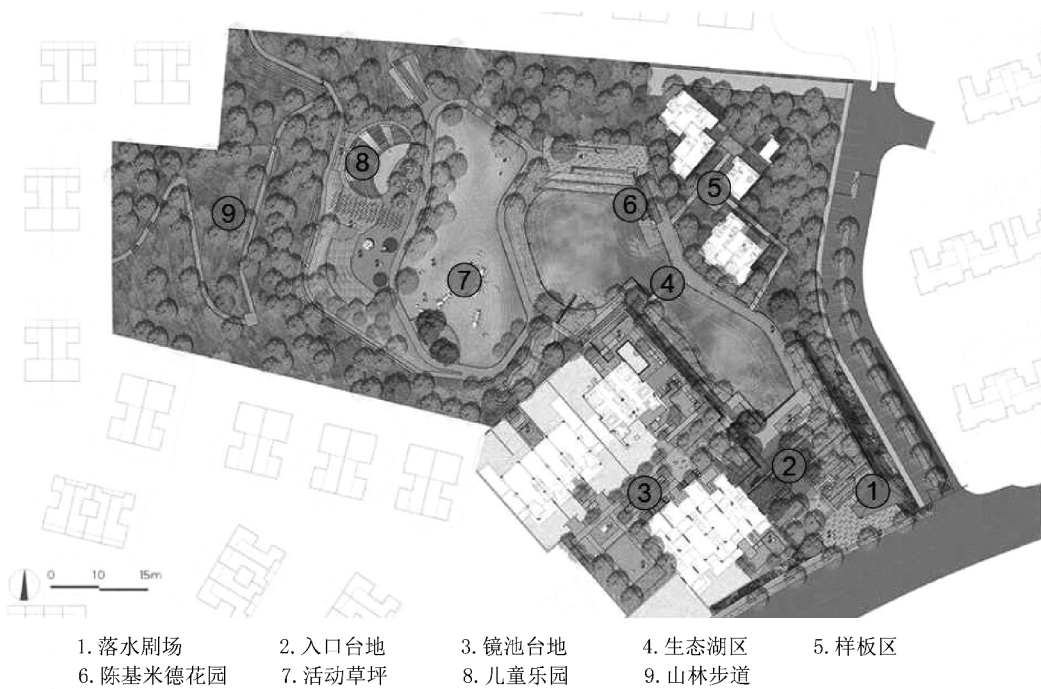


图 1 山水间社区公园平面图  
Fig. 1 Landscape plan of Shanshuijian community park

场地本身高程比四周低,而且有大片的原有山林和一个池塘。设计方案在尽量保护植被和满足人们使用要求的基础上,巧妙地将雨洪管理系统融入场地,在使用生态手段处理雨洪的同时,使人们可以与这个系统进行互动,在玩耍的同时,学习与雨洪相关的知识。“山”指保留了原始西部的山地形;“水”来自“山”上的雨水收集,经雨水花园和生态湖自然净化、曝氧、循环,回归自然;“间”是中航城国际社区希望打造多种功能场所。

3.2 功能分区及景观详解

场地共 5 个功能分区(图 2):入口景观区、生态湖区、阿基米德花园、儿童活动区、山林步道区。每个区由东向西高程依次递增,其每个功能分区在雨水管理中均参与循环。

入口景观区主要为落水剧场(图 3)和台地景观(图 4)。不锈钢板水景墙的流水跌落到地面的浅水池中,既有景观效果又降低营造成本,景墙旁台地式处理种植池与坐凳,巧妙地处理了高差,层层递进像剧场一般,可停留欣赏水景和休息。

依地势往上走过入口台阶,则来到景观序列的第二部分——生态湖区(图 5),生态湖区主要为水体和植物营造自然式景观,湖中设置了景观桥(图 6),岸线种植了常见的水生植物黄菖蒲、睡莲、再力花等,美观的同时又具有水体净化功能。

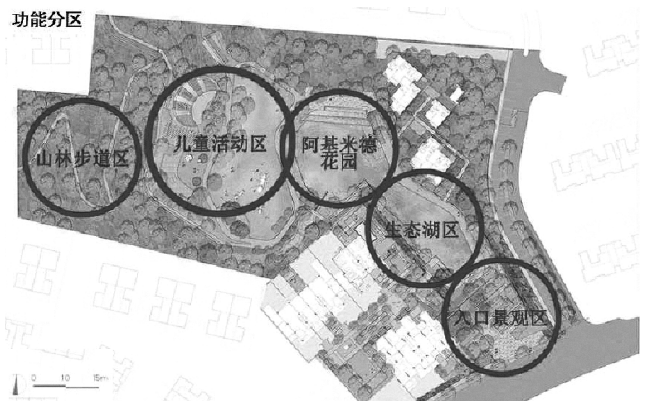


图 2 山水间社区公园功能分区  
Fig. 2 Functional zoning map of Shanshuijian community park

再往西走,是阿基米德花园(图 7),通过旋转阿基米德取水器(图 8),将生态湖中的水汲取至高处的设计水渠中,再流至叠落湿地,经叠落湿地水生植物根系的过滤、净化和曝氧处理后再次流入生态湖体,让人们参与到水系统净化的过程中。同时旋转转盘还设计成凹面镜与凸面镜 2 种不同的样式,为取水过程增添更多趣味性。

儿童活动区包含活动草坪(图 9)及山林乐园(图 10)2 个部分,活动草坪是开敞通透的景观,起伏的草坡地形增大汇水面积,有利于雨水渗透。活



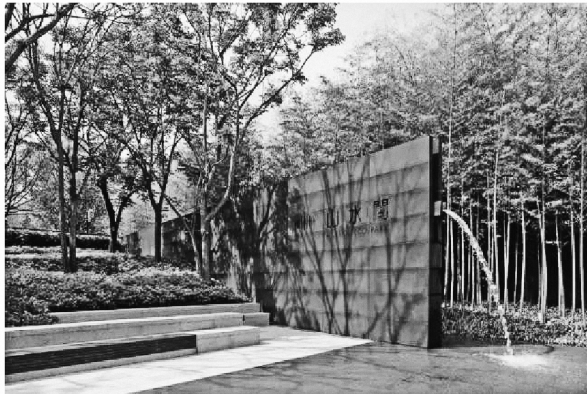


图 3 落水剧场  
Fig. 3 Water fall theatre



图 6 景观桥  
Fig. 6 Landscape bridge



图 4 台地景观  
Fig. 4 Platform landscape



图 7 阿基米德花园  
Fig. 7 Archimedes Garden



图 5 生态湖  
Fig. 5 Ecological lake



图 8 阿基米德取水器  
Fig. 8 Archimedes water receiver

动草坪上加入活动景观雕塑“大昆虫”,儿童可以攀爬,夜晚也具有良好的灯光效果。山林乐园包括木剧场、木桩森林、蚯蚓滑梯、青虫传声筒等许多自制的儿童玩乐设施。

场地最西处的山林步道区(图 11)延续原场地高差地势,做生态种植处理并设计游览步道。高差的存在一是有利于景观的打造,二是在雨水收集中引导雨水流向。在植物种植设计上特别保留区域原



图 9 活动草坪  
Fig. 9 Function lawn



图 11 山林步道区  
Fig. 11 Forest trail



图 10 山林乐园  
Fig. 10 Mountain kid park

有乔木,补充乡土植物,形成良好的景观效果及实现生态功能。

### 3.3 雨水循环系统详解

山水间整个场所融入了雨洪管理系统(图 12),其每个功能分区均参与了循环。山林区收集雨水通过截水沟以及儿童活动区的起伏草坪流入蓄水池 A 中,蓄水池 A 中的水再引入叠泉雨水花园中打造叠泉景观,经过卵石、湿地和植物的净化顺势流入生态湖中。生态湖中的湖水一部分通过生态池底渗透到地下水系,一部分通过阿基米德花园的取水器进行

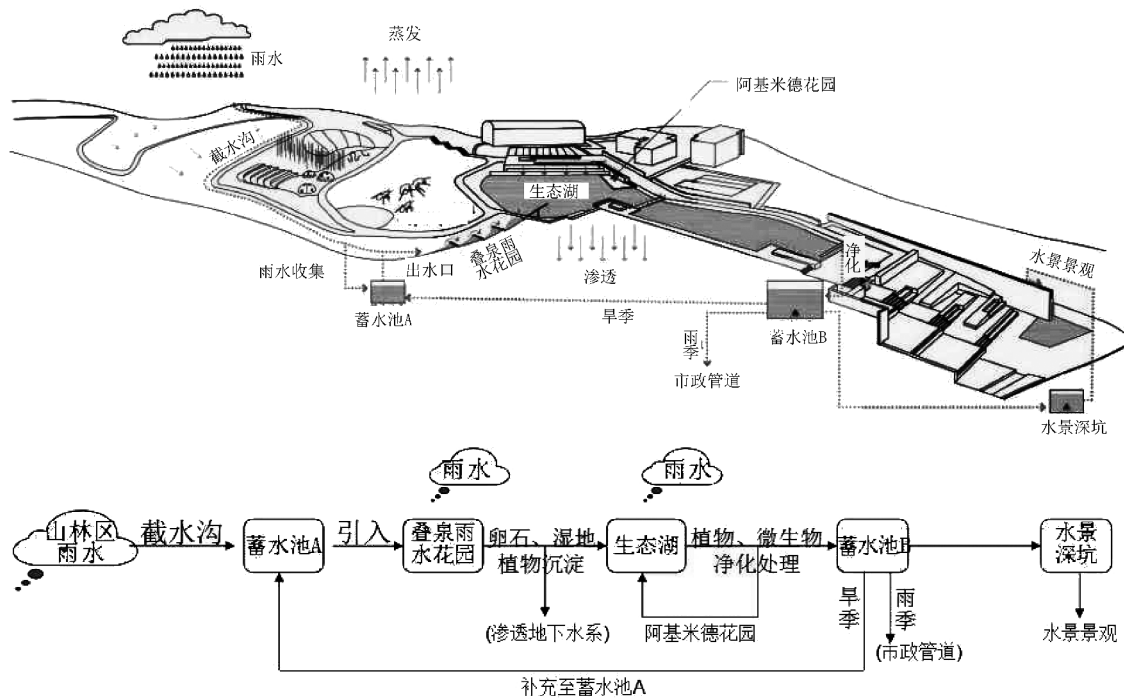


图 12 山水间生态系统详解  
Fig. 12 Detailed explanation of ecosystem

寓教于乐的循环,还有一部分通过湖中植物、微生物的净化处理流入更大的蓄水池 B 中。蓄水池 B 中的水在雨季雨水量大时流入市政管道,在旱季时再补充回蓄水池 A,并且还连通入口景观区中的水景深坑,提供水墙景观的用水,实现雨水循环。在这样一套水生态系统的作用下,湖水的蒸发量和下渗量可以完全由周边雨水来补充,形成了自给自足的系统,每年可节约用水 2 500 m<sup>3</sup>。

在叠泉雨水花园中山林坡地种植高大乔木,延长雨水落地的时间。与平整草坪相比,儿童活动区中起伏的地形更能有效减小雨水的冲刷力,延长雨水的渗透时间。叠泉景观层层递进,减缓雨水流速。在阿基米德花园内,水经过生态湖→取水器→水渠→跌落湿地净化→生态湖,在水的互动中融入了雨水的循环系统,寓教于乐。生态湖区内种植沉水植物苔草、浮水植物睡莲、挺水植物再力花、黄菖蒲、鸢尾等,再投放食藻虫、田螺等生物,动植物结合,营造生境,维持水体生态平衡,促进水体生态净化。

## 4 结语

低影响开发理念在海绵城市的践行中有着重要的指导作用,雨水花园作为低影响设计常见的设计手段,在城市里也发挥着相应的生态功能及景观美化功能。其设计手法及作用也带来景观设计上相应的启示。

### 4.1 维持景观的可持续发展

景观的生命力需要景观的持久性,不能为了短

期效果而造成资源浪费,好的、生态性的景观是具有自我更新能力的景观体系,自给自足可持续发展。

### 4.2 功能、景观、生态相互协调

设计的目的和功能要明确,反对为设计而设计。基于场地特质的设计,在满足景观功能的前提下,生态也同样可以兼得,在符合场地需求、自然规律的条件下,功能、景观、生态缺一不可。

### 4.3 设计基于城市问题、场地现状

景观设计的本质为改善人类居住环境,而设计的方法不能脱离现有城市的问题,比如城市内涝、雾霾、建筑垃圾等问题,解决问题的设计才是最好的设计。

## 参考文献:

- [1] 罗红梅,车伍,李俊奇,等. 雨水花园在雨洪控制与利用中的应用[J]. 中国给水排水,2008(6):48-52.
- [2] 向璐璐,李俊奇,邝诺,等. 雨水花园设计方法探析[J]. 给水排水,2008(6):47-51.
- [3] 李强. 以怡馨花园绿地雨水收集再利用工程的研究论城市节约型园林绿地建设[J]. 中国园林,2008(9):83-88.
- [4] 陈嵩. 雨水花园设计及技术应用研究[D]. 北京:北京林业大学,2014.
- [5] 何丹. 北京地区公园绿地雨水利用设计研究[D]. 北京:北京林业大学,2014.
- [6] 罗红梅,车伍,李俊奇,等. 雨水花园在雨洪控制与利用中的应用[J]. 中国给水排水,2008,24(6):48-52.

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2018.03.040

## 近 15 年陕西省城市园林绿化发展动态研究

强方方<sup>1</sup> 刘广亮<sup>2</sup> 史姣姣<sup>1</sup> 王洁<sup>1</sup> 张耀霞<sup>3</sup>

(1. 延安大学生命科学学院, 陕西 延安 716000; 2. 吴起县退耕还林工程管理办公室, 陕西 吴起 717600;  
3. 延安大学化学与化工学院, 陕西 延安 716000)

**摘要:**对陕西省 13 个主要城市近 15 年的绿化覆盖面积、园林绿地面积和公共绿地面积等城市园林绿化发展动态进行分析, 结果表明: 1) 除延安市外, 各城市绿化覆盖和园林绿地面积均在稳步增加; 延安市则表现出先减少后增加的趋势; 其中, 西安市绿化覆盖和园林绿地面积最大, 华阴市最小; 榆林市绿化覆盖和园林绿地增长率最高, 与其他城市绿化覆盖增长率存在显著差异; 延安市绿化覆盖面积增长率总体呈负增长, 与其他城市存在显著差异。2) 除宝鸡市和咸阳市公共绿地面积变化波动较大外, 其他城市随着年代的发展, 公共绿地面积均表现出增加的趋势; 其中, 西安市公共绿地面积最大, 华阴市最小; 兴平市与其他城市公共绿地增长率存在显著差异, 且其增长率最高; 西安市公共绿地增长率最低, 且与铜川、渭南、榆林和商州存在显著差异; 其余城市间公共绿地增长率不存在显著差异。

**关键词:**城市园林绿化; 发展动态; 绿化覆盖; 园林绿地; 公共绿地; 增长率; 陕西省

中图分类号: S731.2 文献标识码: A 文章编号: 1671-3168(2018)03-0198-06

## Development Dynamic of Urban Landscape Greening of Shaanxi Province in the Last 15 Years

QIANG Fangfang<sup>1</sup>, LIU Guangliang<sup>2</sup>, SHI Jiaojiao<sup>1</sup>, WANG Jie<sup>1</sup>, ZHANG Yaoxia<sup>3</sup>

(1. College of Life Science, Yan'an University, Yan'an, Shaanxi 716000, China;  
2. Wuqi County Project Management Office of Returning Farmland to Forest, Wuqi, Shaanxi 717600, China;  
3. School of Chemistry and Chemical Engineering, Yan'an University, Yan'an, Shaanxi 716000, China)

**Abstract:** The development of urban landscape greening in 13 major cities of Shaanxi province in the last 15 years, such as greening coverage area, garden green area and public green area, was analyzed. The results showed: 1) The urban greening coverage and the garden green area were steadily increasing except Yan'an City which showed a trend of decreasing first and then increasing. The area of greening coverage and garden green space was the largest in Xi'an and the smallest in Huayin City. The increase rate of Yulin City was the highest which was significantly different from other cities. Yan'an showed a negative growth and greatly differed from other cities. 2) The area of public green space was great fluctuation in Baoji City and Xianyang City but showed an increasing trend in other cities. The area of public green space was the largest in Xi'an and the smallest in Huayin City. The increase rate of Xingping City was the

收稿日期: 2018-04-10.

基金项目: 陕西省教育厅重点实验室项目(16JS120); 延安大学校级科研项目(YAQ2017-18).

作者简介: 强方方(1991-), 女, 陕西子长人, 硕士, 助教. 主要从事园林景观设计和景观规划方面的研究.

highest which was significantly different from other cities. Xi'an City had the lowest growth rate of public green space and greatly differed from Tongchuan, Weinan, Yulin and Shangzhou. There was no significant difference in the growth rate of public green space in other cities.

**Key words:** urban landscape greening; development dynamic; greening coverage; garden green space; public green space; increase rate; Shaanxi Province

陕西省地处我国西北内陆腹地,横跨黄河和长江两大流域,由南到北纬度跨度较大,经济发展不平衡,且受到历史、地理、气候等条件的影响,对其主要城市园林绿化发展造成很大差异<sup>[1-5]</sup>。近年来,随着我国城市化进程的加快,人们的生活水平不断提升,但人们也慢慢地脱离了自然,城市化带来的各种城市病使人们逐步认识到环境的重要性。特别是,近年来雾霾、城市内涝等问题不断出现,严重影响到城市居民的生活质量,人们希望通过城市绿地的建设来解决发展中遇到的各种环境问题,从而改善环境、美化城市<sup>[6-10]</sup>。因此,城市园林建设承担着优化城市生态环境、推动城市可持续发展的艰巨任务。绿化覆盖面积、园林绿地面积和公共绿地面积是城市园林绿化中的 3 个重要指标,通过对这 3 个指标的分析,有助于了解城市园林绿化的发展状况和发展趋势。本文通过对陕西省 13 个主要城市近 15 年的发展状况进行分析,以期为今后陕西省城市规划及城市绿地系统规划设计提供数据支撑,更好地发挥城市绿地的各种功能和效应。

### 1 指标的选取及数据处理

据《陕西省统计年鉴》得到 1999—2013 年陕西省 13 个主要城市的绿化覆盖面积、园林绿地面积和公共绿地面积(2009 年以后的数据采用的公园绿地面积),采用 Excel 2016, Origin 8.0, Spass 18.0 等软件进行数据处理和图形绘制。其中,园林绿地面积是指城市公共绿地、专用绿地、生产绿地、防护绿地、郊区风景名胜区的全部面积。公共绿地是指供游览休息的各种 1 公园、动物园、植物园、陵园以及花园、游园和供游览休息的林荫道绿地、广场绿地,不包括一般栽植的行道树及林荫道面积。

### 2 结果与分析

#### 2.1 近 15 年各城市绿化覆盖面积分析

陕西省近 15 年的绿化覆盖面积变化趋势存在一定差异。由图 1 可知,除延安市以外,其它 12 个陕西省主要城市随着年代的发展,绿化覆盖面积都

在稳步增加。其中,西安市绿化覆盖面积最大,1999 年就已经达到 7 102 hm<sup>2</sup>,较其他城市 2013 年最大绿化覆盖面积都大。西安作为陕西省省会,绿化覆盖面积始终位列全省第一。在其他城市中,宝鸡市绿化覆盖面积经过 15 年的发展达到全省第二。华阴市绿化覆盖面积较小,且发展较平稳,截至 2013 年达到 543 hm<sup>2</sup>。延安市绿化覆盖面积发展趋势相较于其他城市差异较大,其在 2002 年绿化覆盖面积显著减少,由上一年的 1 368 hm<sup>2</sup> 降低到 229 hm<sup>2</sup>; 2002—2013 年,延安市绿化覆盖面积又稳步提高,到 2013 年达到 1 437 hm<sup>2</sup>; 2002 年榆林市绿化覆盖面积变化也较大,由 2001 年的 314 hm<sup>2</sup> 提高到 1 369 hm<sup>2</sup>,面积增长变化较大。

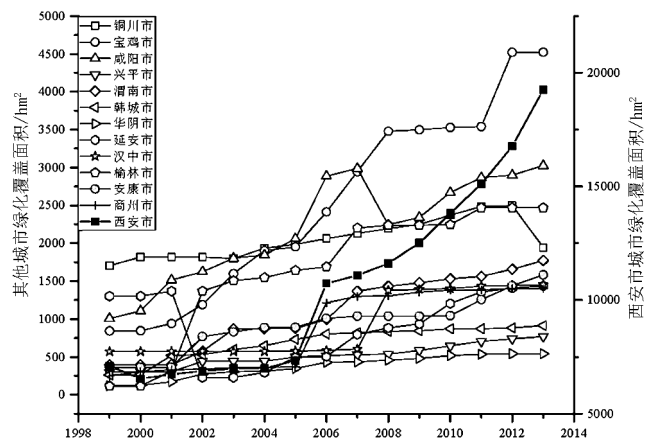


图 1 陕西省主要城市绿化覆盖面积

Fig. 1 Area of greening coverage in major cities of Shaanxi province

由于各城市面积大小不同,单纯地分析各城市绿化覆盖面积具有一定的缺陷。以 1999 年各个城市的绿化覆盖面积为基数,计算其他年份绿化覆盖度面积增长率(图 2),并对其做方差分析(图 3),分析陕西省主要城市绿化覆盖面积发展状况。

由图 2 可知,近 15 年来,榆林市绿化覆盖度面积增长率最高,面积增长最多;其次为商州、宝鸡、华阴、渭南、韩城、安康和咸阳;兴平、西安、铜川、汉中以及延安增长率较低,均小于全省平均水平;延安市

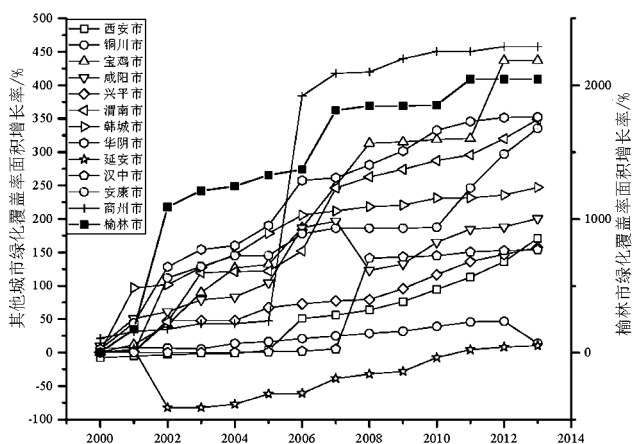


图 2 陕西省主要城市绿化覆盖面积增长率  
Fig. 2 Increase rate of greening coverage area in major cities of Shaanxi province

是全省城市绿化覆盖面积增长率最小的城市,且 2002—2010 年增长率均为负值,直到 2011 年才开始正增长。

对各城市增长率进行方差分析,结果表明,榆林市与其他城市绿化覆盖增长率有显著差异,且其增长率最高;商州市则与除宝鸡市、华阴市、渭南市、韩城市、安康市、咸阳市之外的其他城市存在显著差异;延安市绿化覆盖面积增长率总体呈负增长,且与其他城市存在显著差异。

### 2.2 近 15 年各城市园林绿地面积分析

陕西省近 15 年的园林绿地面积变化趋势与绿化覆盖面积变化趋势存在一定差异(图 4)。

由图 4 可知,除延安市外,其它 12 个陕西省主要城市随着年代的发展,园林绿地面积都在稳步增

加。其中,西安市园林绿地面积最大,其在 1999 年就已经达到 4 443 hm<sup>2</sup>,较其他城市 2013 年所达到的最大园林绿地面积都大。在其他城市中,咸阳市园林绿地面积达到全省第二;华阴市、韩城市和商州市园林绿地面积较小,且发展较平稳,截至 2013 年,园林绿地面积均超过了 500 hm<sup>2</sup>。延安市园林绿地面积发展趋势相较于其他城市差异较大,其在 2002 年园林绿地面积显著减少,由上一年的 1 158 hm<sup>2</sup> 直接降低到 181 hm<sup>2</sup>;2002—2013 年,延安市园林绿地面积又在逐渐稳步提高,截至 2013 年达到 1 375 hm<sup>2</sup>;2002 年榆林市园林绿地面积变化也较大,由 2001 年的 159 hm<sup>2</sup> 提高到 1 310 hm<sup>2</sup>;可见,在 2002 年,陕北两大城市延安和榆林园林绿地发生了重大变化,延安市倾向于园林绿地的破坏,而榆林市则为园林绿地建设增强。

由于各城市面积大小不同,单纯地分析各城市的园林绿地面积具有一定的缺陷。以 1999 年各城市园林绿地面积为基数,计算其他年份各城市园林绿地面积增长率(图 5),并对其做方差分析(图 6),藉此分析陕西省主要园林绿地面积发展状况。

由图 5 可知,近 15 年来,榆林市园林绿地面积增长率最高,面积增长最多,特别是 2002 年以来增长迅速;其次为 2005 年以后的商州市和宝鸡市,以及 2007 年以后的汉中市;延安、铜川、西安、兴平及 2005 年以前的汉中增长率较低,均小于全省平均水平。延安市是陕西省园林绿地面积增长率最低的城市,相较于 1999 年园林绿地面积,2002—2009 年增长率均为负值,2010 年才开始正增长。对各城市增

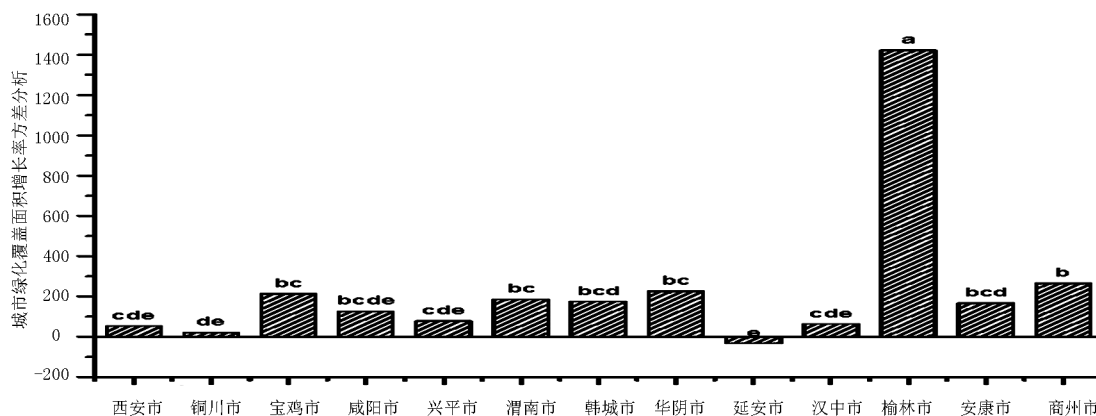


图 3 陕西省主要城市绿化覆盖面积增长率方差分析

Fig. 3 Variance analysis for increase rate of greening coverage area in major cities of Shaanxi province

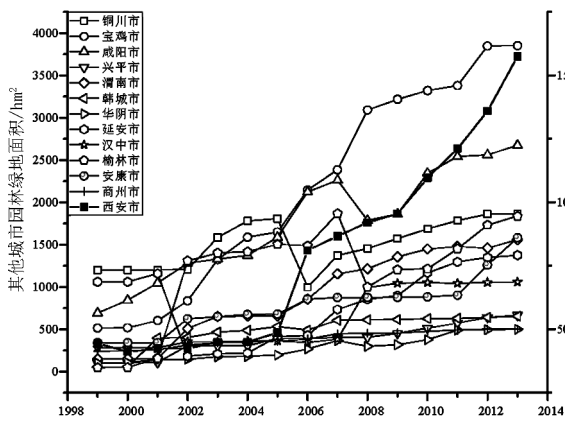


图 4 陕西省主要城市园林绿地面积

Fig. 4 Garden green area in major cities of Shaanxi province

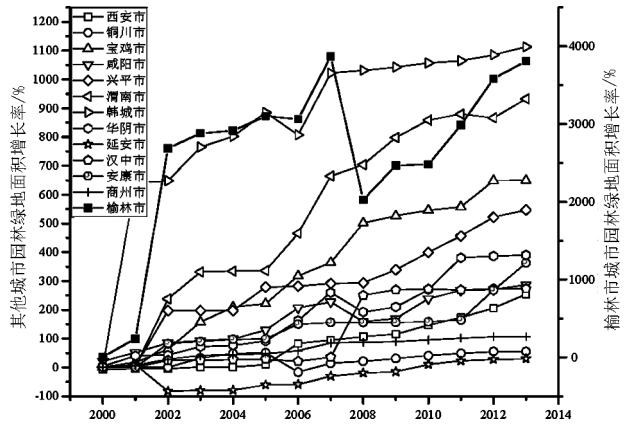


图 5 陕西省主要城市园林绿地面积增长率

Fig. 5 Increase rate of garden green area in major cities of Shaanxi province

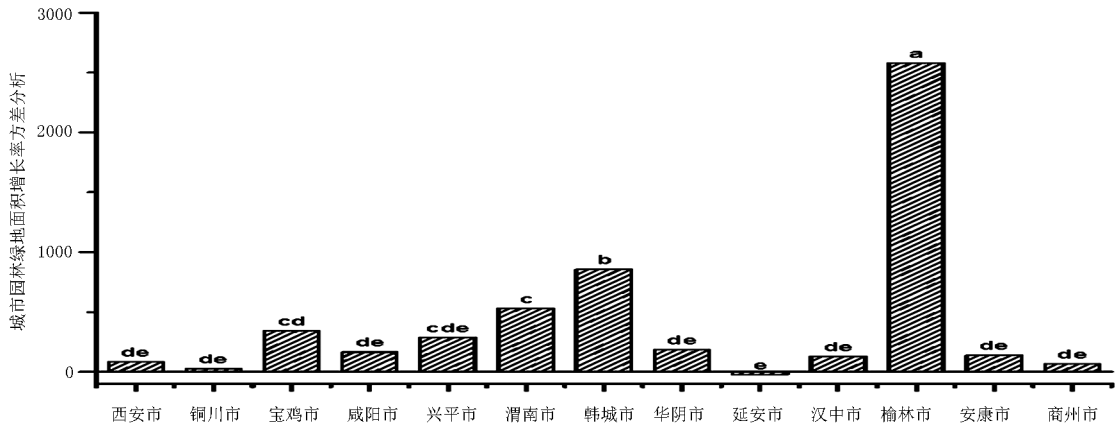


图 6 陕西省主要城市园林绿地面积增长率方差分析

Fig. 6 Variance analysis for increase rate of garden green area in major cities of Shaanxi province

长率进行方差分析,结果表明,榆林市与其他城市园林绿地增长率有显著差异,且其增长率最高;韩城市与其他城市增长率差异显著,位居第二;渭南市与除了兴平市、宝鸡市之外的其他城市的增长率差异显著;延安市园林绿地面积增长率总体呈负增长,且与其他城市存在显著差异。

### 2.3 近 15 年各城市公共绿地面积分析

陕西省近 15 年的城市公共绿地面积变化趋势与绿化覆盖面积、园林绿地面积变化趋势存在一定差异(图 7)。

由图 7 可知,除了宝鸡市和咸阳市公共绿地面积变化波动较大以外,其他城市随着年代的发展,公共绿地面积均表现出增加的趋势。其中,西安市公共绿地面积最大,在 1999 年就已经达到 1 640 hm<sup>2</sup>,较其他城市 2013 年所达到的最大公共绿地的面积

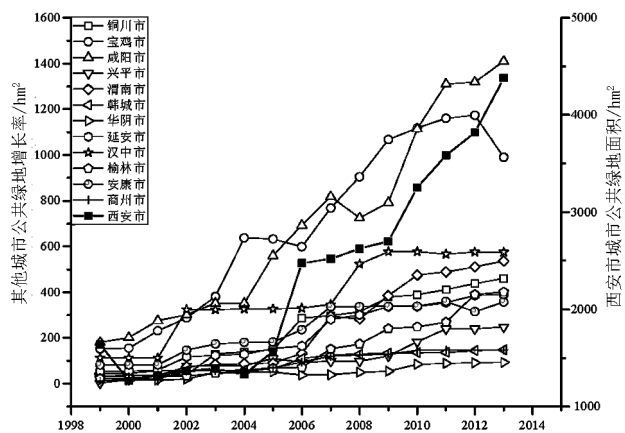


图 7 陕西省主要城市公共绿地面积

Fig. 7 Public green area in major cities of Shaanxi province

都大;在其他城市中,咸阳市公共绿地面积经过 15 年的发展达到全省第二;宝鸡市紧随其后。兴平市 1999 年起的基数最小,公共绿地面积仅有 3 hm<sup>2</sup>,但发展较快,截至 2013 年已经达到 248 hm<sup>2</sup>,显著高于华阴市、商州市和韩城市;华阴市、韩城市和商州市公共绿地面积较小,但发展较平稳,受城市自身面积大小影响,华阴市 2013 年公共绿地面积仍然没有超过 100 hm<sup>2</sup>。前面分析延安市绿化覆盖面积和园林绿地面积与其他城市发展变化差异较大,且某些阶段出现负增长,但公共绿地面积却没有表现出同样的趋势;1999—2013 年,延安市公共绿地面积均在显著增长,说明延安市虽然在城市建设过程中对园林绿地造成了一定的破坏,降低了绿化覆盖面积和园林绿地面积,但对城市的公共绿地建设较为重视,投入很大。

由于各城市面积大小不同,单纯地分析各城市的公共绿地面积具有一定的缺陷。以 1999 年各城市的公共绿地面积为基数,计算其他年份各城市的公共绿地面积增长率(图 8),并对其做方差分析(图 9),分析陕西省主要城市公共绿地面积发展状况。

由图 8 可知,近 15 年来,兴平市公共绿地面积增长率最高,面积增长最快,特别是 2009 年以来开始迅速增长;其次为榆林市,2006 年以后增长迅速;渭南市也是 2006 年后公共绿地面积增长率显著变大;西安市则由于面积基数较大,增长率较小,为 13 个城市最低。延安市公共绿地增长率发展趋势与绿化覆盖面积增长率和园林绿化面积增长率的发展趋势相反,处于稳步增长过程,虽然增长率不高,但没有出现负增长现象。对各城市增长率进行方差分析,结果表明,兴平市与其他城市公共绿地增长率差

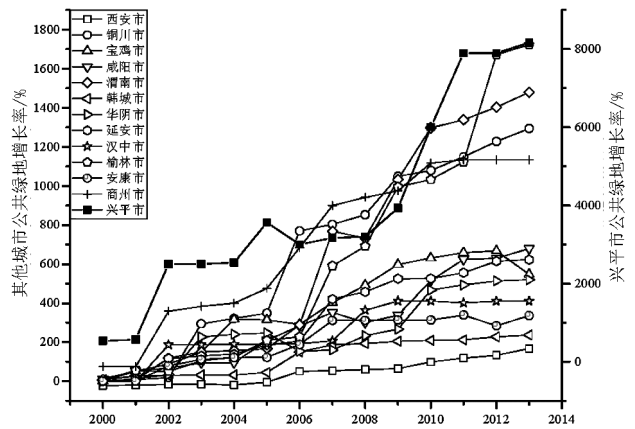


图 8 陕西省主要城市公共绿地增长率  
Fig. 8 Increase rate of public green area in major cities of Shaanxi province

异显著,且其增长率最大;西安市公共绿地增长率最小,且与铜川、渭南、榆林和商州差异显著;其余城市间公共绿地增长率不存在显著差异。

### 3 结论

1)陕西省 13 个主要城市绿化覆盖面积大小排序为:西安>宝鸡>咸阳>榆林>铜川>渭南>安康>汉中>延安>韩城>兴平>华阴,除延安市以外,各城市的绿化覆盖面积均在稳步增加;延安市则表现出先减少后增大的趋势。绿化覆盖面积平均增长率高低排序为:榆林>商州>华阴>宝鸡>渭南>韩城>安康>咸阳>兴平>汉中>西安>铜川>延安;方差分析结果表明,榆林市与其他城市的绿化

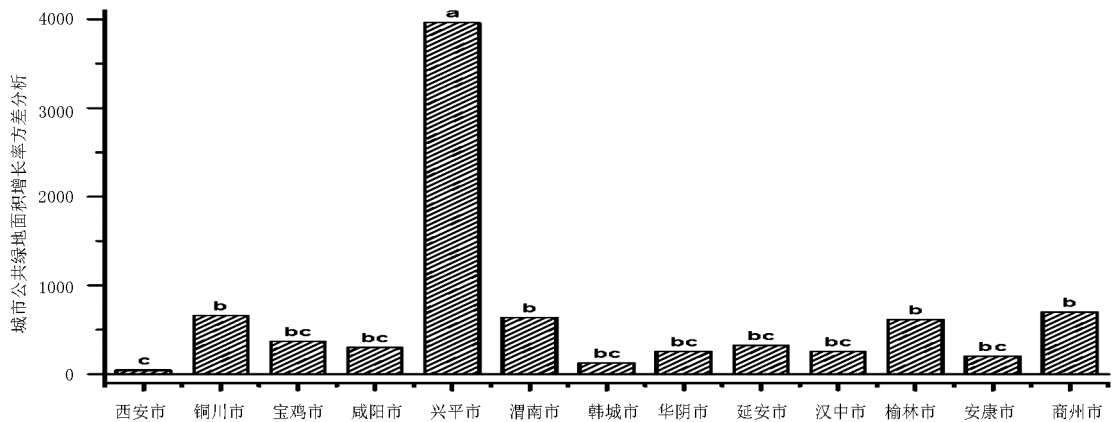


图 9 陕西省主要城市公共绿地面积增长率方差分析

Fig. 9 Variance analysis for increase rate of public green area in major cities of Shaanxi province



覆盖增长率差异显著,且其增长率最高;商州市则与除宝鸡市、华阴市、渭南市、韩城市、安康市、咸阳市之外的其他城市存在显著差异;延安市绿化覆盖面积增长率总体呈负增长,且与其他城市存在显著差异。

2)陕西省13个主要城市园林绿地面积大小排序为:西安>宝鸡>咸阳>铜川>榆林>安康>渭南>延安>汉中>兴平>韩城>商州>华阴,除延安市以外,各城市的园林绿地面积均在稳步增加;延安市则表现出先减少后增大的趋势。园林绿地面积平均增长率高低排序为:榆林>韩城>渭南>宝鸡>兴平市>华阴>咸阳>安康>汉中>西安>商州>铜川>延安;方差分析结果表明,榆林市与其他城市园林绿地面积增长率差异显著,且其增长率最大;韩城市与其他城市的增长率差异显著,位居第二;渭南市与除兴平市、宝鸡市之外的其他城市的园林绿地增长率差异显著;延安市园林绿地面积增长率总体呈负增长,且与其他城市存在显著差异。

3)陕西省13个主要城市公共绿地面积大小排序为:西安>咸阳>宝鸡>汉中>渭南>铜川>榆林>延安>安康>兴平>商州>韩城>华阴,除宝鸡市和咸阳市公共绿地面积变化波动较大以外,其他所有城市的公共绿地面积均表现出增长的趋势。公共绿地面积平均增长率高低排序为:兴平>商州>铜川>渭南>榆林>宝鸡>延安>咸阳>华阴>汉中>安康>韩城>西安;方差分析结果表明,兴平市与其他城市公共绿地面积增长率差异显著,且其增长率最大;西安市公共

绿地面积增长率最小,且与铜川、渭南、榆林和商州差异显著;其余的城市公共绿地面积增长率不存在显著差异。

### 参考文献:

- [1] 刘承华. 园林城市的文脉营构[J]. 中国园林,1999,15(5):17-19.
- [2] 高佳豪,田永刚. 传统文化在现代景观设计中的创新性融合研究[J]. 林业调查规划,2017,42(5):151-154.
- [3] 初莹. 地形设计对居住区园林环境设计的影响[J]. 现代园艺,2014(14):97-97.
- [4] 蔺银鼎. 城市绿地生态效应研究[J]. 中国园林,2003,19(11):36-38.
- [5] 王国玉,白伟岚,梁尧钦. 我国城镇园林绿化树种区划研究新探[J]. 中国园林,2012;28(2):5-10.
- [6] 曾端香,赵世跃. 我国城市园林绿化中存在的问题及对策[J]. 国家林业局管理干部学院学报,2004(4):47-50.
- [7] 杜锦华,王晓霞,杨红丽. 延安市园林彩叶树种应用现状及分析[J]. 陕西农业科学,2011,57(5):90-93.
- [8] 史素珍,李红星,郭风平. 我国城市园林绿化中存在的问题及对策[J]. 西北农林科技大学学报(社会科学版),2004,4(6):80-83.
- [9] 闫学强,王霞,李静. 园林绿化在健康城市建设中发展对策的探讨——以北京园林绿化建设为例[J]. 林业资源管理,2013(2):33-36.
- [10] 李春霞,陈进友,刘东雄,等. 延安市园林植物主要病虫害调查分析与对策[J]. 陕西农业科学,2015,61(8):77-80.

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2018.03.041

## 基于 LFA 方法的重庆园博园植被景观功能评价研究

徐 梅 王海洋

(西南大学园艺园林学院生态实验室,重庆 北碚 400715)

**摘要:**采用 LFA(landscape function analysis)方法对重庆园博园植被景观进行景观功能评价,以期在水土保持的基础上为重庆山地公园植被景观规划设计提供参考。评价指标有:斑块面积指标、景观结构指标、土壤结构稳定性指标、入渗指标、养分循环指标、景观功能值。具体以植被景观的景观结构特征与地表土壤特征为评价基础,再通过加权求和计算景观功能值进行评价。结果认为:通过不同植被配置类型对植被斑块景观结构特征评价结果与地表土壤特征评价结果的均值比较,景观功能值表现出乔灌地被>乔地被>乔灌>灌地被>草坪;景观结构指标对地表土壤特征评价指标的相关性强于斑块面积指标,因此,在山地公园植物景观的规划设计过程中,当植被斑块面积确定,植被斑块的长边应与坡度方向一致;在评价过程中,可运用植被斑块面积指标与景观结构指标对植被景观水土保持功能进行粗略预测,即在水土保持基础上的植被景观设计,可通过规划设计植被配置斑块的景观结构特征来保证植被景观的水土保持功能。

**关键词:**LFA;山地公园;植被景观功能;水土保持;景观结构特征;地表土壤特征;重庆园博园

中图分类号:S718.54;S759.91;Q149;S731.1 文献标识码:A 文章编号:1671-3168(2018)03-0204-07

## Evaluation of Vegetation Landscape Function in Chongqing Garden Expo Based on LFA

XU Mei, WANG Haiyang

(Ecological Laboratory, College of Horticulture and Landscape Architecture, Southwest University, Beibei, Chongqing 400715, China)

**Abstract:** The function of the vegetation landscape in the Chongqing Garden Expo was evaluated by LFA (landscape function analysis) methods to provide the reference for the vegetation landscape planning and design in mountain park based on the soil and water conservation. The evaluation indexes included patch area, landscape structure, soil structure stability, infiltration, nutrient cycle and landscape function value. Based on the characteristics of landscape structure and surface soil, the function value was evaluated by weighted sum. The results showed that the average values of landscape structure characteristics and surface soil characteristics evaluated by different types of vegetation configurations presented the arbor and shrub cover>the arbor cover>the arbor and shrub> the shrub cover>the lawn, that the long sides of the vegetation patches should be consistent with slope direction in the plant landscape design when vegetation patch area was determined since the correlation of landscape structure index was stronger than that

收稿日期:2017-11-23.

作者简介:徐梅(1991-),女,硕士.研究方向:风景园林生态. Email:534816965@qq.com

通信作者:王海洋(1964-),男,河南人,博士,教授.研究方向:风景园林生态.

of patch area in the correlation analysis of surface soil characteristics evaluation indexes, that the planning for the landscape structure feature of vegetation configuration could conserve the soil and water conservation function which was predicated roughly by vegetation patch area index and landscape structure index.

**Key words:** landscape function analysis; mountain park; function of vegetation landscape; soil and water conservation; landscape structure characteristics; surface soil characteristics; Chongqing Garden Expo

重庆的山地特征增大了地表径流系数和地表径流量,导致初期径流冲刷效应加剧,土壤侵蚀严重<sup>[1]</sup>,而山地公园植被景观功能影响城市生态环境,如保持水土<sup>[2]</sup>、涵养水源、调节城市小气候等<sup>[2-4]</sup>。

植被景观功能评价是衡量植被景观功能优劣的有效研究方法之一。目前关于植被景观功能评价方面的方法有层次分析法<sup>[5]</sup>、模糊综合评价法<sup>[6]</sup>、调查评价法<sup>[7]</sup>、心理物理学法<sup>[8]</sup>等。以上的植被景观功能评价方法多趋于主观性,其评价功能的内涵不具体,如宁慧娟<sup>[9]</sup>在运用AHP方法评价杭州花港观鱼公园中植物景观时,其生态功能的内涵仅包括了植物种类与种间的关系,而水土保持、涵养水源、地表土壤养分循环等具体的生态功能并不在评价范围之列。

LFA(landscape function analysis)方法是一种以植被景观结构特征与地表土壤特征为评价基础的植被评价方法,其实质包含了植被斑块面积与植被斑块的结构特征,以及植被斑块所对应的地表土壤在稳定性、抗侵蚀性、地表土壤雨水的渗透能力、养分循环返回土壤效能方面的功能,其快速、便捷、可操作性强,使其在国内外应用广泛<sup>[10-17]</sup>。

本文以园博园为例,运用LFA方法评价重庆山地公园植被景观功能,具体通过评价园博园植被景观结构特征与地表土壤特征,再通过加权求和得出景观功能值,对植被景观功能进行评价,以期通过评价在水土保持的基础上为山地公园植被景观规划设计提供参考。

## 1 研究区域概况与研究方法

### 1.1 研究区域概况

重庆主城区为平行岭谷低山丘陵地貌,年降水量约为1 125 mm,69%集中于5—9月<sup>[1]</sup>。城市植被多位于坡度明显区,以两江新区为例,公园绿地多位于15°~35°的坡地<sup>[1]</sup>。重庆园博园位于两江新区鸳鸯镇,为第八届中国国际园林博览会室外展区,总面积约220 hm<sup>2</sup>,水域面积约53 hm<sup>2</sup>,占整个园区间

积的24.2%,陆地面积约167 hm<sup>2</sup>,占75.91%。

### 1.2 研究方法

本文采用的LFA方法是由澳大利亚学者创立的一种数量化景观评价和监测方法,具体通过野外快速采集评价指标,在坡度尺度上监测或评价植被景观功能,主要包括景观结构特征评价和土壤表层评价<sup>[10]</sup>。

#### 1.2.1 景观结构特征评价

景观结构特征评价指根据资源流失或积累的空间分布特征,用样线法评价或监测研究区景观格局和特征。该评价由2个指标反映斑块景观功能的高低:斑块面积指标、景观结构特征。二者数值范围为[0,1],且二者取值之和小于等于1。二者数值越大,表明植被斑块有效保持水土与有机质等资源的功能越好<sup>[14,18]</sup>。

#### 1.2.2 土壤表层评价

评价内容包括地表盖度、多年生植被覆盖度、枯落物状况、隐花植被盖度、结皮破碎性、土壤侵蚀类型及程度、沉积物、地表粗糙度、抗干扰能力、崩解系数、土壤质地等11个参数项<sup>[18]</sup>。对上述11个参数项进行实地调查后,根据LFA方法计算土壤表层评价指标:1)土壤结构稳定性指标,反映土壤抗侵蚀胁迫能力及受干扰后自我修复能力;2)入渗指标,反映降水渗入土壤的能力;3)养分循环指标,反映有机物质循环返回到土壤的状况<sup>[10]</sup>。

#### 1.2.3 实地调查

1)实地调查区域划分依据GIS水文分析和坡度分析,并结合重庆园林博览会室外展区的规划划分为20个研究区域(图1)。

2)实地调查路线为典型坡面布设的样线,具体参照张波等<sup>[10,15,17]</sup>的研究。根据表1并结合GIS坡度分析,在每一研究区域内典型坡面上布设样线。

3)根据样线在每一研究区域内进行实地调查,具体调查项目:植被配置类型的划分、测量每一植物配置类型的斑块面积、测量每一植物配置类型的沿坡面方向的斑块长度;对11个参数项进行实地调查、评价并记录,评价方法与准则来源于《LFA使用



图 1 园博园研究区域划分

Fig. 1 Division of Garden Expo study area

手册》<sup>[18]</sup>。

### 1.2.4 评价指标的计算

采用的评价指标有:斑块面积指标、景观结构指标、土壤结构稳定性指标、渗透性指标、养分循环指标、景观功能值。

#### 1) 景观结构特征评价指标的计算

斑块面积指标、景观结构指标的计算参考 LFA 方法中的计算方法<sup>[10,15,17]</sup>。

2) 土壤结构稳定性指标、渗透性指标、养分循环指标的计算参考 LFA 方法中的计算方法<sup>[10,15,17]</sup>。

#### 3) 景观功能值的计算

景观功能值是一项综合性的评价指标,其评价基础源于景观结构特征评价与地表土壤特征评价。

先计算各指标权重系数,后根据各指标权重系数加权求和得出景观功能值<sup>[10]</sup>。

## 2 重庆园博园植被景观功能评价结果与分析

### 2.1.1 研究区域植被景观结构特征与地表土壤特征评价结果

将研究区域内不同植被配置类型与植被配置类型相对应的坡度等级作为研究对象,用 LFA 方法进行调查与评价。评价结果见表 1。

使用 SPSS22.0 统计软件,对表 1 中的斑块面积指标、景观结构指标、土壤稳定性指标、渗透性指标、

养分循环指标的均值进行相联度 Eta 分析、方差分析,结果见表 2。

由表 2 可知,不同植物配置类型与斑块面积指标、景观结构指标、土壤稳定性指标、渗透性指标、养分循环指标显著相关。

由表 3 可知,以上 5 项指标的差异显著。所以,用 LFA 方法对重庆园博园植被景观结构特征与地表土壤特征进行评价,其结果是符合统计学意义的。

### 2.1.2 研究区域植被景观结构特征评价结果及地表土壤特征评价结果分析

植被景观结构特征评价指标有斑块面积指标与景观结构指标,地表土壤特征评价指标有土壤稳定性指标、渗透性指标、养分循环指标。具体评价结果见表 1。

由表 1 可知,研究区域表现出植被配置类型乔灌地被的 5 项指标得分最高,表明植被配置类型乔灌地被在重庆园博园的植被中面积占比最大。研究区域 6 的植被类型乔灌地被的 5 项指标最低,这是因为该区域种有大量的桃树、琵琶而导致植被配置类型乔灌地被的面积占区域总面积的比例小。

对植被景观结构特征指标及地表土壤特征指标做平均数检验与相关分析,结果见表 3,表 4。

表1 各研究区植被景观结构特征与地表土壤特征评价结果

Tab.1 Evaluation results of landscape structure characteristics and surface soil characteristics in all study areas

研究区域	植物配置类型	坡度等级	斑块面积指标	景观结构指标	土壤结构稳定性指标	渗透性指标	养分循环指标
1	乔灌地被	8°~15°	0.50	0.48	29.62	78.51	26.05
	乔地被	15°~25°	0.13	0.24	11.66	15.25	11.69
	乔灌	35°~45°	0.16	0.18	8.38	10.11	7.78
2	乔灌地被	15°~25°	0.23	0.22	26.97	26.86	23.80
	乔地被	25°~35°	0.16	0.10	4.82	5.37	4.46
	乔灌	35°~45°	0.36	0.33	20.37	2.52	20.51
3	乔灌地被	8°~15°	0.48	0.57	7.07	31.57	30.56
	乔地被	25°~35°	0.06	0.04	4.08	5.10	4.45
	乔灌	15°~25°	0.30	0.34	18.15	19.99	19.75
4	乔灌地被	8°~15°	0.56	0.42	56.24	55.78	52.45
	乔地被	25°~35°	0.31	0.19	48.93	46.89	16.97
	乔灌	35°~45°	0.13	0.20	16.75	15.36	13.28
5	乔灌地被	8°~15°	0.50	0.51	27.15	26.53	26.31
	乔地被	15°~25°	0.10	0.11	12.06	11.67	12.98
	乔灌	25°~35°	0.12	0.16	12.53	11.44	10.13
	草坪	5°~8°	0.02	0.05	2.56	2.74	1.95
6	乔灌地被	15°~25°	0.01	0.01	0.34	0.37	0.27
	乔地被	35°~45°	0.34	0.34	23.79	24.42	26.89
	乔灌	25°~35°	0.39	0.39	26.37	28.19	31.20
7	乔灌地被	25°~35°	0.78	0.91	55.75	55.50	55.20
8	乔地被	25°~35°	0.72	0.88	65.00	62.5	32.00
9	乔灌地被	15°~25°	0.29	0.41	27.83	28.90	25.90
	灌地被	25°~35°	0.48	0.57	16.45	18.72	18.65
10	乔灌地被	8°~15°	0.63	0.61	33.59	33.65	22.78
	乔地被	15°~25°	0.09	0.11	5.70	6.05	5.47
	乔灌	15°~25°	0.19	0.21	9.23	9.61	7.93
11	乔灌地被	5°~8°	0.55	0.49	49.50	47.16	38.33
	乔地被	15°~25°	0.05	0.03	1.16	4.00	0.98
	乔灌	25°~35°	0.08	0.03	1.53	1.44	1.50
12	乔灌地被	8°~15°	0.37	0.57	35.62	31.50	31.51
	乔地被	15°~25°	0.12	0.14	7.25	6.40	5.26
	乔地被	25°~25°	0.33	0.19	9.88	10.51	10.73
13	乔灌地被	8°~15°	0.25	0.53	33.06	12.61	24.72
	乔地被	5°~8°	0.46	0.05	2.82	1.07	2.16
	乔灌	5°~8°	0.20	0.30	17.14	7.11	14.96
	灌木地被	5°~8°	0.04	0.03	1.40	0.63	1.17
14	乔灌地被	5°~8°	0.49	0.61	39.92	38.58	28.44
	乔地被	25°~35°	0.14	0.17	10.23	11.19	10.23
	乔灌	8°~15°	0.27	0.07	3.41	3.20	2.46

续表 1

研究区域	植物配置类型	坡度等级	斑块面积指标	景观结构指标	土壤结构稳定性指标	渗透性指标	养分循环指标
15	乔灌地被	8°~15°	0.54	0.51	22.72	20.72	22.90
	乔地被	25°~35°	0.16	0.09	10.72	10.99	10.41
	乔灌	25°~35°	0.20	0.14	15.67	15.98	10.77
16	乔灌地被	25°~35°	0.55	0.29	21.70	24.30	22.99
	乔地被	35°~45°	0.35	0.60	39.55	40.71	40.62
17	乔灌地被	8°~15°	0.38	0.27	15.14	15.59	14.27
	乔地被	25°~35°	0.57	0.72	40.65	41.90	39.25
18	乔灌地被	15°~25°	0.91	0.94	21.91	22.30	19.71
19	乔灌地被	15°~25°	0.57	0.72	53.82	56.96	49.22
	乔地被	8°~15°	0.11	0.15	7.42	7.95	6.78
20	乔灌地被	5°~8°	0.43	0.57	29.85	39.09	39.10
	乔地被	15°~25°	0.19	0.11	9.81	10.13	10.92
	乔灌	15°~25°	0.12	0.26	14.66	17.16	16.56

表 2 按植物配置类型分类进行平均数检验的相联度分析与方差分析结果

Tab. 2 Results of correlation analysis and variance analysis for different plant arrangements

指标	相联度值	平方和 (组间)	自由度 (组间)	均方 (组间)	显著性 (组间)
斑块面积指标	0.581	0.79	4	0.19	0.001
景观结构指标	0.557	0.99	4	0.25	0.001
土壤稳定性指标	0.525	3829.29	4	957.32	0.004
渗透性指标	0.523	4639.06	4	1159.76	0.004
养分循环指标	0.534	3053.90	4	763.48	0.003

由表 2 可知,景观结构指标对地表土壤特征评价指标的相关性强于斑块面积指标。这是因为沿坡面方向上,斑块长度与地表径流接触时间长,通过合理的植被配置类型可有效减少土壤侵蚀、增加对地表有机质的拦蓄。因此,在山地公园植物景观的规划设计过程中,当植被斑块面积确定,植被斑块的长边应与坡向一致。

由表 3 可知,重庆园博园内不同植物配置类型对地表资源拦蓄作用大小为:乔灌地被>乔地被>乔灌>灌地被>草坪。这是因为园内乔灌草植被配置类型的单位绿量最大,地下根系密度最大,更有利于地表土壤有机质的分解、改善土壤性质、增强土壤稳定性。

表 3 不同植物配置类型的 5 项指标的均值

Tab. 3 Average value of five indexes of different plant arrangements

植被配置类型	斑块面积指标	景观结构指标	土壤稳定性指标	渗透性指标	养分循环指标
乔灌地被	0.47	0.51	31.99	34.02	29.18
乔地被	0.24	0.24	17.98	18.33	15.97
乔灌	0.22	0.22	13.39	13.28	12.89
草坪	0.02	0.05	2.56	2.74	1.95
灌地被	0.26	0.30	8.92	9.68	9.91

表 4 景观结构特征指标对地表土壤特征指标间的相关性分析

Tab. 4 Correlation analysis of characteristic indexes between landscape structure and surface soil

指标	项目	斑块面积指标	景观结构指标	土壤稳定性指标	渗透性指标	养分循环指标
斑块面积指标	pearson 相关	0.873	0.736	0.720	0.708	
	显著性 (双尾)		0.000	0.000	0.000	0.000
景观结构指标	pearson 相关	0.803	0.748	0.771	0.802	
	显著性 (双尾)	0.000		0.000	0.000	0.000

## 2.2 重庆园博园植被景观功能评价结果与分析

对表 1 中 5 项指标进行主因子分析(KMO=

0.824; P=0.000); 然后据主因子方差贡献率与因子得分系数计算出 5 项指标的权重系数<sup>[10]</sup>, 从而得出景观功能值的计算式为:

$$F = 0.201A + 0.199L + 0.208S + 0.181I + 0.212N \quad (1)$$

式中, A 表示斑块面积指标, L 表示景观结构指标, S 表示土壤稳定性指标, I 表示渗透性指标, N 表示养分循环指标。

景观功能评价结果见表 5。

表 5 重庆园博园植被景观功能评价结果

Tab. 5 Evaluation results of vegetation landscape function in Chongqing Garden Expo

研究区域	植物配置类型	景观功能值	研究区域	植物配置类型	景观功能值
1	乔灌地被	26.09	11	乔灌地被	27.16
	乔地被	7.74		乔地被	1.19
	乔灌	5.29		乔灌	0.92
2	乔灌地被	15.61	12	乔灌地被	19.98
	乔地被	2.97		乔地被	3.83
	乔灌	12.80		乔灌	6.33
3	乔灌地被	18.03	13	乔灌地被	14.55
	乔地被	2.73		乔地被	1.34
	乔灌	11.71		乔灌	8.12
4	乔灌地被	33.11	14	灌地被	0.67
	乔地被	18.72		乔灌地被	21.53
	乔灌	9.15		乔地被	6.38
5	乔灌地被	16.23	15	乔灌	1.88
	乔地被	7.41		乔灌地被	13.54
	乔灌	6.88		乔地被	6.47
6	草坪	1.45	16	乔灌	8.50
	乔灌地被	0.20		乔灌地被	13.95
	乔地被	15.20		乔地被	24.39
7	乔灌	17.36	17	乔灌地被	9.12
	乔灌地被	32.99		乔地被	24.62
	乔地被	31.94		乔灌地被	19.71
8	乔灌地被	16.65	18	乔灌地被	32.19
	灌地被	10.97		乔地被	4.47
	乔灌地被	18.35		乔灌地被	21.77
9	乔地被	3.48	19	乔地被	6.25
	乔灌	5.42		乔灌	9.74
	乔灌	5.42		乔灌	9.74

对植被配置类型与景观功能值进行相关性分析, 得出 pearson 相关系数为 - 0.517, sig 等于 0。

由此对二者进行平均数检验, 结果见表 6。

表 6 植被配置类型的景观功能值均值

Tab. 6 Average value of landscape function of plants arrangements

植被配置类型	景观功能值	植被配置类型	景观功能值	植被配置类型	景观功能值
乔灌地被	19.51	乔灌	8.01	灌地被	10.97
乔地被	9.95	草坪	1.06		

由表 5 和表 6 可知, 重庆园博园每一研究区域的景观功能值表现出乔灌地被>乔地被>乔灌>灌地被>草坪的趋势, 这与同一研究区域内不同植被配置类型的 5 项指标得分趋势一致。这是因为乔灌地被复合型的植物配置类型在空间配置上呈棋盘状, 而棋盘状的植被配置空间结构对坡面水流阻水效果最好<sup>[19]</sup>。

结合园博园植被景观结构特征评价与地表土壤特征评价分析园博园植被景观功能评价结果, 将植被景观结构特征评价结果、地表土壤特征评价结果对景观功能值评价结果做相关性分析, 结果见表 7。

表 7 景观结构特征指标、地表土壤特征评价结果对景观功能值的相关性分析

Tab. 7 Correlation analysis of evaluation results of landscape structure and surface soil to landscape functional value

		斑块面积指标	景观结构指标	土壤稳定性指标	渗透性指标	养分循环指标
景观功能值	pearson 相关	0.800	0.863	0.867	0.854	0.844
	显著性 (双尾)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

由表 7 可知, 地表土壤特征与景观结构特征有强烈的相关性, 斑块面积指标与景观结构指标的高低影响地表土壤特征评价指标的高低。斑块面积指标与景观结构指标是可操作性的指标, 在规划设计中可应用于实际。结合表 5 和表 6 可知, 在重庆园博园植被景观功能评价过程中, 可运用植被斑块面积指标与景观结构指标对植被景观水土保持功能进行粗略预测, 即在水土保持基础上的植被景观设计, 可通过规划设计植被配置斑块的景观结构特征来保证植被景观的水土保持功能。

### 3 结论与讨论

#### 3.1 结论

1) 采用 LFA 方法对重庆园博园植被景观结构特征与地表土壤特征进行评价,其评价结果是符合统计学意义的。

2) 通过不同植被配置类型对植被斑块景观结构特征与地表土壤特征评价结果的均值比较,结果景观功能值表现出乔灌地被>乔地被>乔灌>灌地被>草坪。

3) 景观结构指标对地表土壤特征评价指标的相关性强于斑块面积指标,因此,在山地公园植物景观的规划设计过程中,当植被斑块面积确定,植被斑块的长边应与坡度方向一致。

4) 可运用植被斑块面积指标与景观结构指标对植被景观水土保持功能进行粗略预测,即在水土保持基础上的植被景观设计,可通过规划设计植被配置斑块的景观结构特征来保证植被景观的水土保持功能。

#### 3.2 讨论

LFA(landscape function analysis)方法是一种快速、便捷的植被景观功能评价方法,在国内的运用并不多,尤其是在山地公园的植被景观评价方面。本文在运用 LFA 方法之前,通过对评价结果进行验证其是否具有统计学意义,结果表明该方法在重庆山地公园植被景观评价中可适用。然后,对重庆园博园植被景观进行景观功能评价,评价结果也做了相应的相关性分析与回归分析,且分析结果符合统计学意义。说明用 LFA 方法评价重庆园博园植被景观功能是合理科学的,即在重庆山地公园植被景观水土保持的基础上,可利用 LFA 方法简单、快速的植被景观功能评价结果对植被景观进行规划设计。

#### 参考文献:

- [1] 刘家琳,张建林. 重庆海绵城市建设中园林绿地 LID 设计策略探析[J]. 风景园林,2016(3):36-44.
- [2] 韦红波,李锐,杨勤科. 我国植被水土保持功能研究进展[J]. 植物生态学报,2002,26(4):489-496.
- [3] 李素英,王计平,任慧君. 城市绿地系统结构与功能研究综述[J]. 地理科学进展,2010(3):377-384.
- [4] 李峰,王如松. 城市绿地系统的生态系统服务功能评

价、规划与预测研究:以扬州市为例[J]. 生态学报,2003,23(9):1929-1936.

- [5] 于守超,张秀省,钱玉翠. AHP 法在聊城市水城广场景观评价中的应用[J]. 中国农学通报,2012,28(7):292-296.
- [6] 金彪,孙明艳,李海防. 基于 AHP-模糊综合评价法的城市湿地公园植物景观美感评价[J]. 西北林学院学报,2012,27(2):213-216.
- [7] 刘超. 调查评价法在非景区型森林景观价值评估中的应用[J]. 生态经济,2012(1):163-165.
- [8] 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.
- [9] 宁慧娟,邵峰,孙茜茜,等. 基于 AHP 法的杭州花港观鱼公园植物景观评价[J]. 浙江农业学报,2011,23(4):717-724.
- [10] 任仙. 基于 GIS 的植被景观功能评价研究——以北沟林场为例[D]. 石家庄:河北农业大学,2014.
- [11] LAU I C, HEWSON R D, ONG C C H, et al. Remote mine site rehabilitation monitoring using airborne hyperspectral imaging and landscape function analysis (LFA) [C]//The international Archives of the Photo Grammetry, Remote sensing and spatial information science, 2008: 325-329.
- [12] REZAEI S A, GILKES R J, ANDREW S. A minimum data set for assessing soil quality in rangelands [C]//13th international soil conversation organization conference, 2004:1-4.
- [13] HAMAZAKI T. Effects of patch shape on the number of organisms [J]. Landscape ecology, 1996, 11(5):299-306.
- [14] 张成梁,黄艺. LFA 的引进简介[J]. 山西林业科技, 2008(2):44-47.
- [15] 张波,张建军. LFA 方法在晋西黄土区植被景观功能评价中的应用[J]. 中国水土保持科学,2010,8(2):85-90.
- [16] 武秀娟,李新平. LFA 方法在退耕后植被景观功能评价中的应用[J]. 山西林业科技,2012,41(4):1-3,19.
- [17] 张波. LFA 方法与 GIS 辅助下的小流域景观功能分区及水文响应研究:以蔡家川流域为例[D]. 北京:北京林业大学,2010.
- [18] TONGWAY D J, HINDLEY N L. LFA manual Australia [M]. Canberra: CS- RD Sustainable Ecosystems, 2004.
- [19] 孟铨铨,张会兰,杨坪坪. 模拟植被类型及空间配置对坡面流水动力学特征的影响[J]. 水土保持学报, 2017,31(2):50-56.



# 《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。

## 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4 000~8 000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:** 作者署名不超过5人,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200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,最后一个词不加标号。

**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标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[A]。编著者。论文集名[C]。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[A],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,投稿后请电话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。另外,来稿所在当期期刊出版后,本刊将寄赠作者2册。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) 来稿发表后,文章著作权归作者所有,文责自负,其编辑版权属本刊所有。

5) 为拓宽学术交流渠道,本刊已加入“中国期刊全文数据库”和“数字化期刊群”等期刊数据库,作者著作权使用费与本刊稿酬一次性给付,不再另行发放。作者如不同意文章入编,投稿时敬请说明。

6) 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。

7) 编辑部地址:650051,云南省昆明市盘龙区人民东路289号,云南省林业调查规划院《林业调查规划》编辑部(电话:0871-63318347; Email: ynfp@vip.163.com; 传真:0871-63318347)。

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”



黄龙自然保护区五彩池



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



03>