

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

林业调查规划

第46卷 第2期
Vol.46 No.2

二〇二一年三月

第46卷 第2期
Vol.46 No.2

2021 2

云南省林业调查规划院
西南地区林业信息中心 主办

林业调查规划

LINYE DIAOCHA GUIHUA

(双月刊 1976年创刊)

第46卷 第2期(总第242期) 2021年3月

Forest Inventory and Planning

(Bimonthly, Started in 1976)

Vol. 46 No. 2 (Sum No. 242) Mar. 2021

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 王 生 邓喜庆 孔德昌 龙廷位

艾建林 刘 扬 许易琦 华朝朗 陈文红

张子翼 宋永俊 邹光启 杨光照 宋劲忻

余昌元 张程程 吴 霞 周小平 欧光龙

岳彩荣 金 瑛 施化云 钟明川 洪焰泉

秋新选 陶 晶 曹顺伟 温庆忠 董建昌

赖兴会 瞿 林

《林业调查规划》编辑部

主 编 张子翼

常务副主编 许易琦

编辑部成员 邓 砚 刘平书 许易琦

许春霞 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

国内发行 中国邮政集团公司云南省分公司

订 购 全国各地邮政局

中国标准连续出版物号 $\frac{\text{ISSN } 1671-3168}{\text{CN } 53-1172/S}$

广告经营许可证号 5300004000093

国内定价 20.00元(全年120.00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, WANG Sheng, DENG Xiqing, KONG Dechang,

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

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

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

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

JIN Ying, SHI Huayun, ZHONG Mingchuan, HONG Yanquan,

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

DONG Jianchang, LAI Xinghui, QU Lin

Editorial Department of Forest Inventory and Planning

Chief Editor: ZHANG Ziyi

Associate Editor: XU Yiqi

Editor: DENG Yan, LIU Pingshu, XU Yiqi,

XU Chunxia, LYU 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.

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

Subscription Office: Post Bureau of China

$\frac{\text{ISSN } 1671-3168}{\text{CN } 53-1172/S}$

Ad. Licence: 5300004000093

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

林业调查规划

第46卷 第2期

(总第242期)

2021年3月

目次

●森林经理

- 景谷县森林蓄积量遥感估测及其动态变化分析 唐文静,李莹,岳彩荣,曹顺伟(1)
- 基于遥感影像的森林资源变化检测研究 昝建春,冷鸿天(8)
- 基于 ArcEngine 及 Sql Server 数据库的公益林检查管理信息系统的设计与实现 钱发斌(13)

●研究与探索

- 宿迁市公路边坡绿化常见草本植物根系固土特性研究 罗东志,沈建军,张俊,陈西林(19)
- 滇中地区生态环境脆弱性对景观动态变化的响应 陈可心,王有兵,杨建军,廖聪宇(23)
- 镇沅县思茅松天然林空间结构特征分析 杨启运,施凯泽,施俊美(31)

●森林保护

- 基于空间模式的远安县松材线虫入侵马尾松林风险估计解析
..... 肖正利,敬顺华,刘海玲,周勇,彭艳红,王欢(43)
- 模拟城市 SO₂ 污染对晚松生理特性的影响 拜永兰,陈保业,魏胜强,马少忠(49)

●林火研究

- 2003—2018 年中国森林火灾时空分布格局研究 曾雪艳,杨金明,李士美(53)
- 昆明地区重大森林火灾火烧迹地可燃物能量分析
..... 王志鹏,张文文,李岩,康宣勇,闫想想,龙腾腾,王秋华(59)

●生态建设

- 我国中西部南北旅游大通道构建及运营后带来的环境污染风险防范 赵临龙(63)
- 祥云水目山自然保护区生态环境健康等级变化研究
..... 王有兵,余皖云,杨建军,廖聪宇,刘起斌,杨国斌,姜健发(66)
- 昆明市草原现状分析及退化修复对策 高林,潘庭华,汤明华,王志婷,王引,樊骥善(71)

●自然保护地

- 云南省自然保护地整合优化中存在的问题及对策 赵玉堂(77)
- 云南省自然保护地资源现状及保护价值评估
..... 李晋,晁增华,徐吉洪,华朝朗,陶晶,杨忠兴,罗怀秀,俞瑶,龚纯伟(83)
- 香格里拉普达措国家公园扩建研究 晁增华,李建伟,陶晶,杨忠兴,华朝朗,郑进焯(89)
- 安西极旱荒漠国家级自然保护区冰洞子沟区域野生动物红外相机监测初报
..... 王亮,裴鹏祖,任廷锋,田瑞祥,李果(94)

●森林资源管理

- 砚山浴仙湖湿地维管植物资源调查研究 吴富勤,马山俊,董磊(101)
兰坪县翠坪山县级自然保护区植被类型调查研究 沈新华,丁发林(106)
大理市森林资源分布格局及其保护现状分析 王海雁,李娜(110)

●产业开发

- 云南省油茶产业发展现状与对策研究 郑静楠,鹿杉,郑进烜(114)
长沙市花卉苗木产业发展策略 冯超,罗茜,李志华(118)

●生态旅游

- 西双版纳国家级自然保护区生态旅游发展与管理对策研究 沈庆仲,苏海萍,胡天祥,肖宇(123)
基于森林公园的新疆森林康养旅游资源空间分布及影响因素分析
..... 杨利萍,袁曼曼,管文轲,王常青(128)

●森林经营

- 修枝抚育对杉木生长量的影响研究 林国刘(137)
现代遗传育种技术在农林复合系统中的应用 王若伦,李龙,桑玉强(143)

●森林培育

- 我国油橄榄扦插研究新进展及其发文统计分析 杨朝辉,王有兵,刘起斌(148)
林分内竞争对林木胸径生长量的影响研究 陆江(153)

●论坛

- 福建海岛植被面临的问题及保护开发策略研究 刘健行,何雅琴,谢艳秋,魏凯,史晓洁,邓传远(157)
云南藏区木结构民居框架构造研究 杨旻,强明礼(165)
云南省野生动物收容救护调查研究 刘波,张雁辉,王怡敏,沙剑斌(169)

●园林

- 竹文化及竹景的营造与配置 龙光红,秦华(177)
“一分钟游程”构园法则的适用性研究 范学琴,杨芳绒(182)
南京财经大学仙林校区校园绿化“三化”建设研究 陈思思(187)
基于 MCR 的历史文化景观廊道构建研究 戴姗霖,柳书常,吴小刚(193)
高原湖泊——拉昂措 许易琦摄(封面)
云南怒江峡谷地貌 许易琦摄(封底)
《林业调查规划》征稿简则 (封三)

(本期责任编辑:许易琦,刘平书,杨焱熔)

Contents

● Forest Management

- Remote Sensing Estimation and Dynamic Change Analysis of Forest Volume in Jinggu County
..... TANG Wenjing, LI Ying, YUE Cairong, CAO Shunwei(1)
- Forest Resource Change Detection Based on Remote Sensing Images ZAN Jianchun, LENG Hongtian(8)
- Design and Implementation of Public Welfare Forest Inspection and Management Information System Based on ArcEngine and
Sql Server Database QIAN Fabin(13)

● Research and Exploration

- Soil Fixation Characteristics of Common Herb Roots in Suqian City Highway Slope
..... LUO Dongzhi, SHEN Jianjun, ZHANG Jun, CHEN Xilin(19)
- Response of Ecological Environment Vulnerability to Landscape Dynamic Change in Central Yunnan
..... CHEN Kexin, WANG Youbing, YANG Jianjun, LIAO Congyu(23)
- Spatial Structure Characteristics of *Pinus kesiya* Natural Forest in Zhenyuan County ... YANG Qiyun, SHI Kaize, SHI Junmei(31)

● Forest Conservation

- Risk Assessment of *Bursaphelenchus xylophilus* Invading *Pinus massoniana* Forest in Yuan'an County Based on Spatial Model
..... XIAO Zhengli, JING Shunhua, LIU Hailing, ZHOU Yong, PENG Yanhong, WANG Huan(43)
- Effects of Simulated Urban SO₂ Pollution on Physiological Characteristics of *Pinus rigida* var. *serotina*
..... BAI Yonglan, CHEN Baoye, WEI Shengqiang, MA Shaozhong(49)

● Forest Fire Research

- Spatial and Temporal Pattern of Forest Fires in China from 2003 to 2018 ZENG Xueyan, YANG Jinming, LI Shimei(53)
- Combustible Energy in Burned Area of Major Forest Fire in Kunming
..... WANG Zhipeng, ZHANG Wenwen, LI Yan, KANG Xuanyong, YAN Xiangxiang, LONG Tengting, WANG Qihua(59)

● Ecological Construction

- Prevention of Environmental Pollution Risk in the Construction of North-South Tourism Corridor in Central and
Western China ZHAO Linlong(63)
- Changes of Ecological Environment Health of Shuimushan Nature Reserve in Yunnan Province
..... WANG Youbing, YU Wanyun, YANG Jianjun, LIAO Congyu, LIU Qibin, YANG Guobin, JIANG Jianfa(66)
- Present Situation and Degradation Restoration of Grassland Resources in Kunming City
..... GAO Lin, PAN Tinghua, TANG Minghua, WANG Zhiting, WANG Yin, FAN Jishan(71)

● Nature Reserve

- Problems and Countermeasures on Integration and Optimization of Nature Reserves in Yunnan Province ZHAO Yutang(77)
- Present Situation and Conservation Value of Natural Reserve Resources in Yunnan Province
..... LI Jin, CHAO Zenghua, XU Jihong, HUA Chaolang, TAO Jing, YANG Zhongxing, LUO Huaixiu, YU Yao, GONG Chunwei(83)
- Expansion of Shangri-La Pudacuo National Park
..... CHAO Zenghua, LI Jianwei, TAO Jing, YANG Zhongxing, HUA Chaolang, ZHENG Jinxuan(89)

Preliminary Report on Wildlife Monitoring by Infrared Camera in Bingdongzigou Area of Anxi Extra-arid Desert National Nature Reserve WANG Liang, PEI Pengzu, REN Tingfeng, TIAN Ruixiang, LI Guo(94)

● Forest Resource Management

Resource Investigation and Research on Wetland Vascular Plants in Yuxian Lake WU Fuqin ,MA Shanjun, DONG Lei(101)

Investigation on Vegetation Types of Cuiplingshan County-level Nature Reserve in Lanping County SHEN Xinhua, DING Falin (106)

Distribution Pattern and Protection Status of Forest Resources in Dali City WANG Haiyan, LI Na(110)

● Industrial Development

Development Status and Countermeasure of *Camellia oleifera* Industry in Yunnan Province ZHENG Jingnan, LU Shan, ZHENG Jinxuan(114)

Preliminary Study on the Development Strategy of Flower and Seedling Industry in Changsha City FENG Chao, LUO Qian, LI Zhihua(118)

● Ecological Tourism

Development and Management of Ecotourism in Xishuangbanna National Nature Reserve SHEN Qingzhong, SU Haiping, HU Tianxiang, XIAO Yu(123)

Spatial Distribution and Influencing Factors of Forest Therapy Tourism Resources in Xinjiang Uygur Autonomous Region Based on Forest Parks YANG Liping, YUAN Manman, GUAN Wenke, WANG Changqing(128)

● Forest Operation

Effect of Pruning and Tending on Growth of *Cunninghamia lanceolata* LIN Guoliu(137)

Application of Modern Genetic Breeding Technology in Agroforestry System WANG Ruolun, LI Long, SANG Yuqiang(143)

● Forest Cultivation

New Progress and Publication Statistics of *Olea europaea* Cutting Research in China YANG Zhaohui, WANG Youbing, LIU Qibin(148)

Effect of Intra-stand Competition on Tree DBH Growth LU Jiang(153)

● Forum

Problems and Protection and Development Strategy of Vegetation in Fujian Islands LIU Jianxing, HE Yaqin, XIE Yanqiu, WEI Kai, SHI Xiaojie, DENG Chuanyuan(157)

Frame Structure of Wooden Dwelling in Tibetan Areas of Yunnan Province YANG Yang, QIANG Mingli(165)

Investigation on the Wildlife Shelter and Rescue in Yunnan Province LIU Bo, ZHANG Yanhui, WANG Yimin, SHA Jianbin(169)

● Landscape Architecture

Construction and Configuration of Bamboo Culture and Landscape LONG Guanghong, QIN Hua(177)

Applicability of the “One Minute Tour” Garden Design Rule FAN Xueqin, YANG Fangrong(182)

Construction of “Colorful, Precious and Beneficial” Greening on Xianlin Campus of Nanjing University of Finance and Economics CHEN Sisi(187)

Construction of Historical and Cultural Landscape Corridors Based on MCR DAI Shanlin, LIU Shuchang, WU Xiaogang(193)

Plateau Lake——Lhanag-tso Photographed by XU Yiqi (Front Cover)

Landform of Nujiang Valley in Yunnan Photographed by XU Yiqi(Back Cover)

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2021.02.001

景谷县森林蓄积量遥感估测及其动态变化分析

唐文静, 李莹, 岳彩荣, 曹顺伟

(云南省林业调查规划院, 云南 昆明 650051)

摘要:以云南省景谷县为研究区,基于 Landsat5 和 Landsat8 遥感数据,利用 2012 年和 2017 年两期全国森林资源连续清查实地调查数据,建立多元逐步回归和随机森林模型对景谷县森林蓄积量进行遥感估测对比研究。结果显示:综合建模精度来看,随机森林法在相同样地数量条件下具有更好的估测效果;从估测结果与林地保护利用规划和林地变更数据结果相比较,随机森林法估测值接近真实值,估测精度较高。

关键词:森林蓄积量;多元逐步回归;随机森林;遥感估测;景谷县

中图分类号:S758.51;S771.8 文献标志码:A 文章编号:1671-3168(2021)02-0001-07

引用格式:唐文静,李莹,岳彩荣,等.景谷县森林蓄积量遥感估测及其动态变化分析[J].林业调查规划,2021,46(2):1-7. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2021.02.001

TANG Wenjing, LI Ying, YUE Cairong, et al. Remote Sensing Estimation and Dynamic Change Analysis of Forest Volume in Jinggu County[J]. Forest Inventory and Planning, 2021, 46(2): 1-7. doi: 10.3969/j.issn.1671-3168.2021.02.001

Remote Sensing Estimation and Dynamic Change Analysis of Forest Volume in Jinggu County

TANG Wenjing, LI Ying, YUE Cairong, CAO Shunwei

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

Abstract: The multiple stepwise regression and random forest models were established to study the remote sensing estimation and dynamic change of forest volume in Jinggu County of Yunnan Province based on the data of Landsat5 and Landsat8 and the continuous forest inventory in 2012 and 2017. The results showed that in terms of comprehensive modeling accuracy, the estimation effect of random forest method was better under the same condition; compared with the results of the second adjustment, the estimated value of the random forest method was closer to the real value, which showed that the estimation accuracy of the model was higher.

Key words: forest volume; multiple stepwise regression; random forest; remote sensing estimation; Jinggu County

森林是一种独特的生态系统,是受环境制约并深刻影响环境的具有自身特征结构和特征功能的有

机体系^[1],森林蓄积量是调查森林资源的一个重要因子,是评价森林碳储存能力的重要指标^[2]。森林

收稿日期:2020-06-22.

基金项目:云南省林业调查规划院青年联合会科研项目(2020211068).

第一作者:唐文静(1989-),女,云南大理人,硕士研究生,助理工程师.从事林业调查规划工作.

责任作者:李莹(1982-),女,云南大理人,助理工程师.从事林业调查规划工作.

蓄积量是指一定森林面积上存在着的乔木的树干材积总和^[3],以数字值的方式反应出森林丰富程度,并且可以用来很好地衡量森林生态系统状况^[4]。森林资源一类、二类调查是较早且较传统的调查方法,劳动强度大,调查周期长,需要消耗大量的物力、财力,而且在调查中数据基本以纸质记录,记录中偶尔会出现错误,纸质材料不便保存,对森林具有一定的破坏性,且测量范围有限,后续需要大量的整理工作,同时存在误差较大等问题^[5]。

计算机技术、遥感技术的发展与数字模型的结合应用给大尺度的森林蓄积量估测提供了一种新的思路 and 手段。本研究主要基于 Landsat5、Landsat8 遥感数据,2012 年及 2017 年两期森林资源连续清查实地测量数据,以线性和非线性为主要数学建模方法,探讨光学遥感数据比较,对不同森林蓄积量的估测潜力,对不同方法的结果进行比较分析,进一步为以后森林资源调查提供强有力的依据。结合 Landsat5、Landsat8 遥感数据,分析并研究光学遥感对森林蓄积量估测的效果,然后分别与当年的森林蓄积量数据比较,对景谷县森林蓄积量进行动态变化分析。

1 研究区概况

研究区位于云南省西南部景谷傣族彝族自治县(以下简称景谷县),行政区划属于普洱市,居市境中部,介于北纬 22°49′~23°52′,东经 100°02′~101°07′。北与镇沅县接壤,东与宁洱县相连,南接思茅区,西与澜沧、双江、临翔 3 县(区)隔江相望。景谷县受西南季风的影响和控制,为南亚热带季风气候。年均温 20.1℃,1 月为最冷月,均温 13.0℃,6 月为最热月,均温 24.6℃,年温差为 11.6℃,年最高气温 38.6℃,极端最低气温 0.2℃,夏季周期可达 164 d,年均无霜期 353 d。降雨量充沛,年均降雨量 1 254.0 mm,多雨区最大降雨量达 2 244.8 mm。

根据 2015 年森林资源规划设计调查报告,景谷县土地总面积为 75 2494 hm²,其中:林业用地面积为 638 090.3 hm²,占土地总面积的 84.80%;非林地面积为 114 403.7 hm²,占 15.20%。景谷县森林面积为 589 438.2 hm²,森林蓄积量为 57 893 610 m³。

2 数据获取与研究方法

2.1 数据获取

2.1.1 遥感数据

本研究使用 Landsat TM 遥感影像,影像数据在

“地理空间数据云”网站下载,综合考虑时相和云量等因素,2012 年采用的 Landsat5 遥感数据成像时间分别为 2011 年 8 月、3 月、7 月,包含 3 景 TM 遥感影像,条代号和行编号分别是 130/44、131/43 和 131/44;2017 年采用的 Landsat8 遥感数据成像时间为 2017 年 9 月和 3 月,包含 2 景 TM 遥感影像,条代号和行编号分别是 130/44 和 131/44。在 Landsat5 数据中波段 6 为热红外波段,而且是用于感应发出热辐射的目标,空间分辨率为 120 m,不适合用于本次研究;其余波段 1~5 和波段 7 空间分辨率为 30 m,均较好地具备了本次研究提取遥感数据的基础和价值。Landsat8 的空间分辨率为 30 m,其中一个全色波段的分辨率可达 15 m,其搭载的是热红外传感器(Thermal Infrared Sensor, TIRS)和陆地成像仪(Operational Land Imager, OLI)。OLI 陆地成像仪包括 9 个波段,成像宽幅为 185 km×185 km。本次研究涉及的条带号详见表 1。

表 1 波段信息

Tab. 1 Information of band

遥感影像	条代号和行编号	成像时间
Landsat5	130/44	2011 年 8 月
	131/43	2011 年 3 月
	131/44	2011 年 7 月
Landsat8	130/44	2017 年 9 月
	131/44	2017 年 3 月

2.1.2 实测数据

实测样地数据采用 2012 年和 2017 年两期全国森林资源连续清查(简称“一类调查”)实地调查样地数据,调查因子主要包括样地周界测量、样地位置图、样地因子调查(样地编号、地理坐标、样地类型、海拔、地貌特征、坡位、坡向、坡度、地表形态、土壤类别、植被类型、地类、权属等)、每木检尺记录、样木位置示意图等。

云南省范围内样地按 6 km×8 km 布设边长 28.28 m、面积 0.08 km² 的正方形,在样地设置时充分考虑了具有代表性的在空间上分布均匀的样地,调查方法分为复测样地和其他样地确定检尺类型(可详见《全国第九次森林资源清查云南省操作细则》)。通过研究区样地外业调查,可以获取树高、郁闭度、胸径、优势树种、林种等数据,取得实测样地数据,再根据“云南省一元材积表”计算样地森林蓄

积量数据,推算出每公顷蓄积量。全县样地数共计 155 块,其中,有林地 125 块作为本次研究样地,非林地 30 块不采用。本次研究涉及实测样地包括阔叶林、针叶林和混交林 3 种森林类型,利用 Excel 软

件将样地数据进行有序排列,但划分建模样地数据和检验数据采用随机抽取法,且按 7:3 的比例进行划分使用,整理出的样地数据的基本信息统计如表 2 所示。

表 2 样地数据信息统计

Tab. 2 Statistics of samples information

年度	森林类型	样地数量 / 块	训练样本 / 块	检验样本 / 块	林龄 / a	胸径 / cm	树高 / m	蓄积量 / m ³ · hm ⁻²
2012	阔叶林	30	24	10	2~48	10~263	6.0~22.6	0.81~247.21
	针叶林	27	20	7	5~70	60~283	4.2~23.6	3.11~127.02
	混交林	68	45	19	3~71	10~317	5.0~29.8	1.83~328.70
2017	阔叶林	34	21	9	2~53	10~169	3.1~27.5	8.54~278.69
	针叶林	27	20	7	5~75	16~286	4.5~24.8	5.76~189.06
	混交林	64	48	20	3~76	10~318	3.7~32.5	3.93~316.20

由表 2 可知,研究样地共计 125 块,其中,因自然因素或人为因素阔叶林和混交林样地数量有所变动,阔叶林 2012 年为 30 块,2017 年为 34 块,混交林 2012 年为 68 块,2017 年为 64 块,针叶林 2012 年和 2017 年均均为 27 块。

2.1.3 其他相关数据

论文中涉及的数据还包括矢量格式的景谷县行政区划图,景谷县地形图和数字高程模型等相关数据资料。

2.2 研究方法

2.2.1 多元逐步回归法

回归分析方法是多元统计分析中应用最广泛,也是数理统计中最为常用的方法,其使用条件是因变量和自变量存在相关的线性条件。在存在有线性相关的情况下可以使用此方法来分析数据的相关性和统计规律^[6],另一方面也可以用于因果关系分析、区域规划、聚类分析、综合评价等方面。在遥感地学参数建模方面也是较为合适的方法。运用多元逐步回归模型算法进行建模,从中寻找到一种规律,选择一些相关性较高的因子与因变量进行建模,从而得到较为理想的估测模型^[7]。多元逐步回归的一般表达式为:

$$Y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_nx_n + e \quad (1)$$

式中:Y 为解释变量, a_0 为常数项, a_1, a_2, \dots, a_n 为回归系数, X_1, X_2, \dots, X_n 为自变量, n 为自变量个数。

2.2.2 随机森林法

1984 年 Breiman 等人提出回归树模型,之后该方法便在决策树学习方法中得到了广泛应用^[8]。

启发式是回归树中运用的方法。Breiman (2001) 把回归树组合成一种新的组合算法——随机森林算法 (Random Forests, RF),该方法可以克服回归树容易过度拟合的缺点,其把回归树组合成随机森林,即在变量(列)和数据(行)的使用上进行随机化,生成很多回归,再通过求均值,汇总回归树的结果。在运算量没有明显增加的基础上,随机森林可以提高运算的预测精度,且由于多元共线性不敏感,所以该方法可以有效地预测多达上千个解释变量的作用,是当前最好的算法之一^[9]。

作为回归树的集成算法,随机森林优势包括:几乎不需要输入的准备,训练速度快,准确性和通用性。

随机森林回归算法是基于回归树的集成算法。回归树运用的原则是最小均方差,即作为任意划分特征 A,任意划分点的对应点为 s,两边划分成的 D_1 和 D_2 为数据集,然后得到 D_1 和 D_2 集合的最小均方差值,对应的特征和特征值划分点 D_1 和 D_2 的均方差之和最小值。计算公式如下:

$$\min_{A,s} \left[\min_{c_1} \sum_{x_i \in D_1(A,s)} (y_i - c_1)^2 + \min_{c_2} \sum_{x_i \in D_2(A,s)} (y_i - c_2)^2 \right] \quad (2)$$

式中: c_1 为 D_1 数据集样本输出的平均值, c_2 为 D_2 数据集的样本输出的平均值。从叶子结点的均值出发,就可以得到一个预测值,因此所有预测值的平均数是随机森林的预测值。

优点:庞大的数据集能够高维度(feature)的处理,不需要归一化,且可以并行实现;实现比较简单,算法综合性能较好,是目前公认的比较热门的机器

学习算法。

缺点:由于训练数据是随机选择的,所以不能像决策树一样生成稳定的规则。

2.2.3 模型的评价与检验方法

本次研究根据多元逐步回归原理建立蓄积量估测模型,用 70%的样地数据作为模型的训练集,将余下 30%的样地数据对模型进行检验评价。本次采用评价标准包括推广精度(P)、相对均方根误差($rRMSE$)、均方根误差($RMSE$)、以及尤为重要的决定系数(R^2)。

2.3 光学遥感数据处理

2.3.1 遥感影像处理

遥感图像处理可分为光学处理和遥感数字图像处理 2 类。本研究采用遥感数字图像处理方法,目的是为了使得图像可以真实地反馈地表的光谱属性、提高图像信息量;处理的步骤为辐射定标、大气校正、几何校正、利用行政矢量边界进行裁剪,从而得到景谷县 2012 年和 2017 年的遥感影像图(图 1)。

2.3.2 遥感特征变量获取

一般情况下,遥感影像数据上的各类特征,因不同植被环境以不同形式表现出来。在对 Landsat TM 遥感数据预处理的基础上,为获得建立森林蓄积量指数估测模型的自变量因子,需提取含有丰富植被信息的植被指数、纹理特征及地形等单波段相关因子。同时,对具有植被生长势、蓄积量等表征意义的纹理特征、地形特征加以分析。基于各因子影像,结合样地点数据,在 ArcGIS 10.2 软件下进行景谷县建模因子的提取。

3 结果与分析

3.1 建模特征变量的选取和确定

3.1.1 多元逐步回归模型自变量的确定

本文基于 Landsat TM 影像图对景谷县实测 125 块样地进行各项因子提取后,使用 SPSS 26.0 软件分别对阔叶林、针叶林、混交林的预选变量和样地森林蓄积量进行相关性分析。这些变量全部用于建模,会使数据量计算增加,导致模型不稳定,甚至估测失败原因也可能存在多重共线性。为此,在研究时运用逐步剔除的方法解决了多重共线性问题,变量经过 3 次筛选,最终保留 9 个参与建模因子,分别是:均值(ME)、归一化植被指数($NDVI$)、信息熵(EN)、转换型植被指数($TNDVI$)、二阶矩(SM)、差

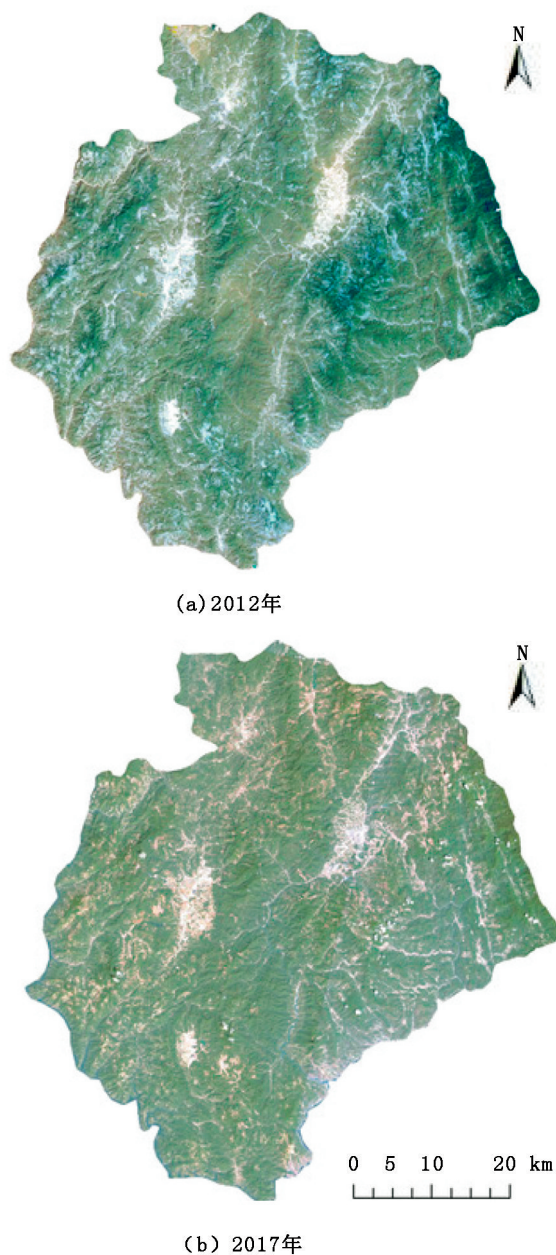


图 1 景谷县遥感影像
Fig.1 RS image of Jinggu City

值植被指数(DVI)、比值植被指数(RVI)、方差(VA)和协同性(HO)。2012 年和 2017 年 TM 自变量相关系数如表 3 所示。

3.1.2 基于遥感影像的随机森林模型自变量相关分析

本文随机森林用 Python 代码在 Pycharm 软件中进行处理,将提取的变量导入软件参与建模。根据随机森林自带的特征选择算法,得到自变量在建模中的重要程度。根据分析得出,2012 年土壤调节植被指数 $SAVI$ 影响样地森林蓄积量的重要性最高

达到 0.38,对比度 CO 重要性最低为 0.02;2017 年信息熵 EN 影响样地森林蓄积量的重要性最高达 0.13,协同性 HO 重要性最低为 0.016,将重要程度高的因子参与模型训练。

表 3 TM 自变量相关系数

Tab. 3 TM independent variable correlation coefficient

森林类型	2012 年		2017 年	
	自变量	相关系数	自变量	相关系数
阔叶林	RVI	.727 **	SAVI	.561 **
	NDVI	.717 **	RVI	.719 **
	DVI	.802 **	VA	-.437 *
	ME	.763 **	DVI	.645 **
针叶林			ME	.575 **
			EN	-.523 *
	TNDVI	.690 **	SAVI	.689 **
	SAVI	-.783 **	RVI	.552 *
	RVI	.550 *	VA	-.537 *
	NDVI	-.520 *	HO	.603 **
	HO	-.777 **	CO	-.539 *
	VA	-.453 *	DI	-.539 *
			EN	-.723 **
			SM	.458 *
混交林	TNDVI2	.404 **	SAVI	.458 **
	SAVI	-.697 **	RVI	.358 *
	RVI	-.380 **	ME	-.416 **
	ME	-.423 **	VA	-.664 **
	VA	.542 **	HO	.579 **
	HO	.352 *	CO	-.514 **
	CO	-.352 *	DI	-.568 **
	DI	-.352 *	EN	-.711 **
	EN	-.716 **	SM	.682 **
	SM	.439 **	CR	.424 **

注: ** 在 0.01 水平上显著相关; * 在 0.05 水平上显著相关。

3.2 蓄积量模型建立

3.2.1 多元逐步回归模型的建立

在 SPSS 26.0 中利用 TM 遥感影像提取的遥感因子为自变量,以样地森林蓄积量为因变量,运用回归显著性对参数进行检验,通过回归系数的显著性关系分析,最终获取回归模型的方程参数。基于光学遥感数据,获得阔叶林、针叶林、混交林 3 种森林类型的方程参数,相关模型信息如表 4 所示。

表 4 基于光学遥感数据的模型及其检验结果

Tab. 4 Model based on optical remote sensing data and the test results

年度	森林类型	模型	R ²	RMSE	rRMSE	P / %
2012	阔叶林	Y=0.145RVI+0.428DVI+0.224NDVI+0.121ME-101.413	0.5175	38.27	0.4251	60.96
	针叶林	Y=0.232TNDVI-0.147HO-1.057SAVI+115.225	0.5228	44.49	0.5721	71.05
	混交林	Y=-1.237EN-0.326SAVI+0.154VA-0.116SM+214.492	0.5513	30.46	0.2641	72.41
2017	不分类型	Y=-0.3161EN-2.999ME-0.3819VA+263.45	0.3516	94.78	0.6308	40.20
	阔叶林	Y=0.184RVI+0.131DVI+0.192SAVI+0.319ME-129.493	0.6632	56.83	0.4631	67.95
	针叶林	Y=0.157SAVI+0.166HO-1.237EN+141.215	0.5314	29.10	0.2518	70.96
	混交林	Y=-0.164EN+0.191SM-0.427VA+0.128HO+131.307	0.4954	24.52	0.1748	85.28
	不分类型	Y=0.7513RVI-0.6036ME+0.3674VA+195.43	0.5003	45.34	0.3857	64.16

3.2.2 随机森林模型的建立

在本次算法测试过程中,2012 年和 2017 年均用 89 块样地数据作为训练集建立随机森林模型,36 块样地数据作为测试集。训练集用于创建随机森林模型,测试集用于对模型检验评估。根据随机森林自带的特征选择算法,得到自变量影响因变量重要程度;通过对回归树等重要模型参数设置分类器得到因子;最后建立随机森林模型。根据训练好的随机森林模型,用测试集进行检验,结果如表 5 所示。

3.2.3 景谷县森林蓄积量遥感影像图反演

在 ENVI 5.3 软件中,将用于建模的遥感影像因子图导入,利用波段计算,再通过 ArcGIS10.2.2 软件进行制图,最终得到景谷县 2012 年和 2017 年的森林蓄积量反演图(图 2)。

表 5 随机森林模型精度检验

Tab. 5 Accuracy test of random forest model

年度	R^2	RMSE	rRMSE	P
2012	0.794389	37.6	0.1621	83.86
2017	0.893118	26.3	0.1545	84.21

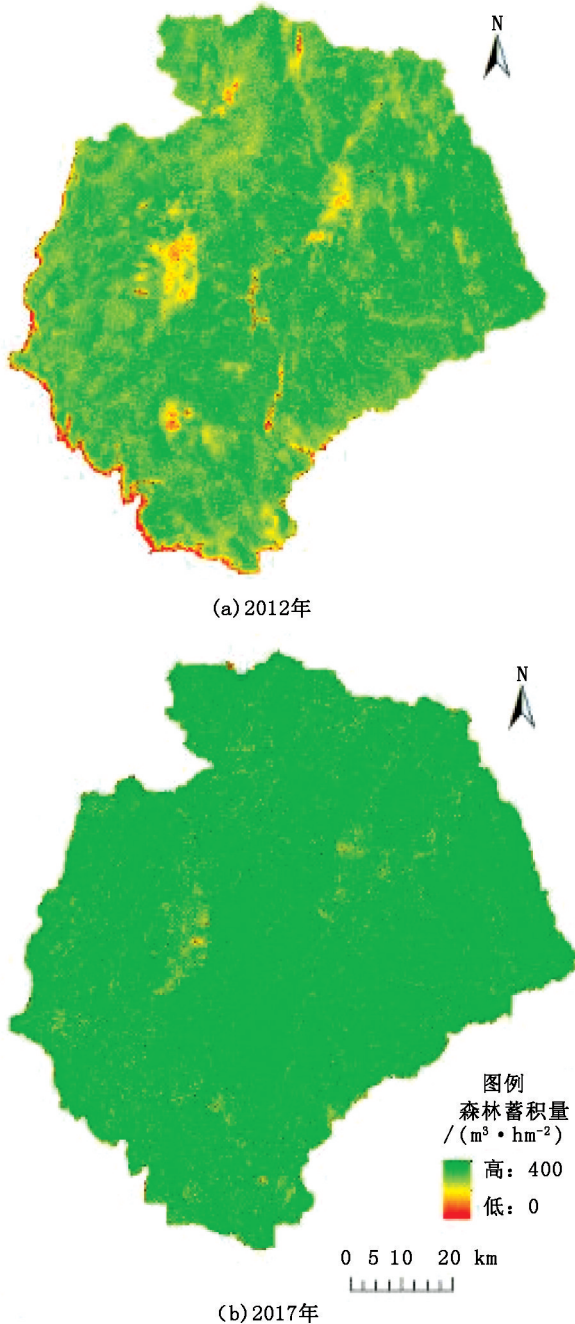


图 2 森林蓄积量反演图

Fig. 2 Inversion map of forest volume

3.3 景谷县森林蓄积量建模估测结果分析

根据建立的两期随机森林模型计算结果可知, 景谷县 2012 年森林总蓄积量为 $54\,202\,470.44\text{ m}^3$,

每公顷蓄积量为 94.26 m^3 ; 2017 年森林总蓄积量为 $57\,688\,038.66\text{ m}^3$, 每公顷蓄积量为 100.32 m^3 。根据景谷县 2012 年云南省林地保护利用规划资料, 景谷县林地面积为 $502\,074\text{ hm}^2$, 森林蓄积量为 $48\,450\,142\text{ m}^3$, 每公顷森林蓄积量为 96.5 m^3 ; 根据 2017 年云南省林地变更数据, 景谷县林地面积为 $575\,018.6\text{ hm}^2$, 森林蓄积量为 $57\,893\,610\text{ m}^3$, 每公顷森林蓄积量为 100.68 m^3 (表 6)。

估测结果与林地保护利用规划和林地变更数据结果相比较, 随机森林法估测值接近真实值, 说明模型估测精度较高。根据数据对比分析, 表明所得估测模型能实现对森林蓄积量的有效估测。

3.4 景谷县森林蓄积量动态变化分析

根据 2012 年云南省林地保护利用规划资料和 2017 年云南省林地变更数据统计出景谷县两期有林地面积和森林蓄积量(表 7)。

其中, 2012 年景谷县有林地面积为 $502\,074\text{ hm}^2$, 森林蓄积量为 $48\,450\,142\text{ m}^3$, 每公顷森林蓄积量为 96.5 m^3 ; 2017 年景谷县有林地面积为 $575\,018.6\text{ hm}^2$, 森林蓄积量为 $57\,893\,610\text{ m}^3$, 每公顷森林蓄积量为 100.68 m^3 。5 年间景谷县有林地面积增加了 $72\,944.6\text{ hm}^2$, 增长率为 14.53% ; 森林蓄积量增加了 $9\,443\,468\text{ m}^3$, 增长率为 19.49% ; 每公顷森林蓄积量增加了 4.18 m^3 , 增长率为 4.33% 。

4 讨论与结论

4.1 讨论

1) 在遥感建模时发现, 遥感影像获取的数据与森林蓄积量相关性较大的是第四波段的纹理特征, 植被指数与之相关性较低。经研究与查阅文献初步认为: 在对遥感影像图预处理后, 影像提取有所偏差, 在相关性分析时, 造成植被指数低于其他因子。另一方面, 可能是与地形、坡度和海拔有关, 增加了纹理特征对森林蓄积量的相关性特征。在今后研究中, 应多在遥感影像与实地测量中发现问题, 继续研究纹理特征对森林蓄积量的影响。

2) 使用两期数据建模时, 参与的建模数量有变化, 进入回归方程的变量也不一样; 在建立随机森林模型时, 两期数据中参与回归方程变量也不一样, 模型优化参数差别也较大; 建模时选择了不同的参数, 对蓄积量的估测结果对比分析时可能有一定的影响, 这些原因都有待进一步研究和探讨。

3) 遥感技术发展较快, 新的遥感数据不断出现

表 6 景谷县森林蓄积量对比分析

Tab. 6 Comparative analysis of forest volume in Jinggu County

年度	森林蓄积量			森林单位面积蓄积量		
	真实值 /m ³	估测值 /m ³	相对准率 /%	真实值 /(m ³ ·hm ⁻²)	估测值 /(m ³ ·hm ⁻²)	相对准率 /%
2012 年	48450142	54202470.44	111.87	96.50	94.26	97.68
2017 年	57893610	57688038.66	99.64	100.68	100.32	99.54

表 7 景谷县林地面积和蓄积量统计

Tab. 7 Forest land area and stock volume in Jinggu County

年度	有林地 /hm ²	森林蓄积量 /m ³	森林单位面积 蓄积量 /(m ³ ·hm ⁻²)
2012	502074.0	48450142	96.50
2017	575018.6	57893610	100.68

与应用,大数据分析 and 人工智能发展日新月异,如何充分融合多数据源和利用现代数据挖掘方法、机器学习等新兴技术手段进行森林蓄积量遥感估测是林业遥感面临的机遇和挑战。在以后的研究工作中需要不断更新和改进并大面积推广运用操作简便易行、效率高且能大区域范围获得森林蓄积量数据的测量和监测方法。

4.2 结论

本文以景谷县为研究区,针对遥感技术对大范围森林蓄积量精确估测问题,利用 2012 年和 2017 年两期全国森林资源连续清查实地调查数据,结合 Landsat5 和 Landsat8 遥感影像提取的植被指数、纹理特征因子和 DEM 数据提取的地形因子,分别建立多元逐步回归模型和随机森林模型,并进行大区域尺度模型估测和模型结果精度验证。结合建模精度来看,建立的随机森林模型明显优于多元逐步回归,为蓄积量估测提供了低成本的研究方法,在今后的林业工作中,具有一定的参考和借鉴价值。

参考文献:

- [1] 徐小牛. 林学概论[M]. 北京:中国农业大学出版社,2008.
- [2] 程武学,杨存建,周介铭,等. 森林蓄积量遥感定量估测研究综述[J]. 安徽农业科学,2009,37(16):7746-7750.
- [3] 孟宪宇. 测树学[M]. 北京:中国林业出版社,1996:58,128.
- [4] 李明泽,李才,范文义,等. 基于数字摄影测量的森林蓄积量估算[J]. 东北林业大学,2010,38(5):117-118,144.
- [5] 汪丽,崔彤. 林分调查中蓄积量测定方法的探讨[J]. 内蒙古林业调查设计,2013,36(1):56-57.
- [6] CHU Q W, ZHNAG H Q, WU Y W, et al. Application research of Landsat-8[J]. Remote Sensing Information, 2013,28(4):110-114.
- [7] 陈天鹏. 数据库营销在零售行业的应用[D]. 南京:东南大学,2016.
- [8] BREIMAN T, CURRAN P, ATKINSON P. Relating SAR image texture to the biomass of regenerating tropical forests[J]. International Journal of Remote Sensing, 2005, 26(21):4829-4854.
- [9] 王力宾. 多元统计分析:模型案例及 SPSS 应用[M]. 北京:经济科学出版社,2010:88-101.

责任编辑:杨焱熔

校对:张林艳 杨焱熔

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2021.02.002

基于遥感影像的森林资源变化检测研究

咎建春,冷鸿天

(云南省林业调查规划院,云南 昆明 650051)

摘要:利用 ENVI 5.3 软件,对滇中某研究区域 2015 年森林资源二类调查影像和 2018 年森林资源监测影像进行预处理,按照统一的分类体系对两期影像进行面向对象图像分类,利用流程化动态监测工具实现变化检测。研究表明,面向对象的变化检测技术可以很好地区分光谱特征相似或相近的地表覆盖,一定程度上消除并克服了“同物异谱”、“同谱异物”的光谱特征现象,精度分析结果,可满足森林资源变化检测的需要。

关键词:森林资源;变化检测;遥感影像;面向对象分类;流程化动态检测

中图分类号:S757.2;S771.8 文献标志码:A 文章编号:1671-3168(2021)02-0008-05

引文格式:咎建春,冷鸿天. 基于遥感影像的森林资源变化检测研究[J]. 林业调查规划,2021,46(2):8-12.

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2021.02.002

ZAN Jianchun, LENG Hongtian. Forest Resource Change Detection Based on Remote Sensing Images[J]. Forest Inventory and Planning, 2021, 46(2): 8-12. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2021.02.002

Forest Resource Change Detection Based on Remote Sensing Images

ZAN Jianchun, LENG Hongtian

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

Abstract: ENVI 5.3 software was used to preprocess the forest resource inventory and planning images in 2015 and the forest resource monitoring images in 2018 in central Yunnan. The object-oriented images were classified according to a unified classification system for the two phases, and the change detection was realized by process dynamic monitoring tools. The results showed that the object-oriented change detection technology could distinguish the surface coverage with similar spectral characteristics, eliminate the spectral characteristics of “the same object with different spectrum” and “the different object with the same spectrum” to a certain extent, and the accuracy analysis results could meet the needs of forest resource change detection.

Key words: forest resources; change detection; remote sensing image; object-oriented classification; process dynamic detection

收稿日期:2020-06-18;修回日期:2020-07-01.

基金项目:云南省林业调查规划院青年联合会科研项目(1QL007Z00018)

第一作者:咎建春(1986-),男,云南祥云人,工程师.主要从事林业调查规划与林业地理信息系统研究工作. Email:zanjc_777@163.com

责任作者:冷鸿天(1993-),男,云南永胜人,助理工程师.主要从事林业调查规划与林业地理信息系统研究工作. Email:460795534@qq.com

为深入贯彻落实党的十九大精神和习近平新时代中国特色社会主义思想,按照党的十九大报告提出的“要实行最严格的生态环境保护制度”和“坚决制止和惩处破坏生态环境行为”要求,基于遥感影像等技术手段的森林资源变化检测能够及时发现改变林地用途和破坏森林资源等变化图斑,从根本上解决当前森林资源监管“被动式发现”的问题^[1],为严格执行森林资源保护管理各项制度,提升森林资源保护管理水平,推动生态文明建设提供技术支撑和服务保障。

变化检测是通过定量地分析两期遥感影像,获取地表覆盖变化的过程,是目前遥感影像领域研究的热点,被广泛应用于灾害评估、城市发展、土地利用以及覆盖监测等方面^[2]。伴随着遥感影像空间分辨率不断的提高,同物异谱、异物同谱的光谱特征逐渐显现,基于像元光谱特征统计的变化检测技术已不能满足当前遥感影像变化信息提取的要求,严重制约高分辨率遥感影像在森林资源监测中的应用。而基于面向对象分类的变化检测方法,以影像分割为基础,将影像对象定义为光谱特征、形状特征、纹理特征、上下文关系等具有同质或近似的单个区域,综合利用对象的多种特征参与分析,将光谱和空间信息进行有效结合,降低变化检测的不确定性并提高变化检测的精度^[3],是未来森林资源变化检测的发展趋势和方向。

以滇中某局部地区为研究区域,着重分析林地变为非林地的动态变化过程。利用 ENVI 5.3 软件

对 2015 年的森林资源二类调查影像和 2018 年的森林资源监测影像进行预处理,然后进行面向对象分类,采用流程化动态监测工具进行分类后变化监测,获取研究区域林地变为非林地图斑的空间分布、面积、像元数、变化矩阵等变化信息。

1 变化检测研究区域数据预处理

1.1 数据准备

选用的遥感影像为滇中某局部地区的森林资源二类调查影像和森林资源监测影像,时相分别为 2015 年和 2018 年。为减少相关噪声对变化检测精度的影响和干扰,选取了两幅拍摄时间(季节)相对一致、分辨率一致、投影坐标系统一致、图像大小一致和地物颜色相对一致的影像。

1.2 数据预处理

由于 2015 年和 2018 年两期影像来源不同,需要对其进行精确配准,使两期影像的地物颜色较为接近,地物重叠匹配较为精准,降低在变化检测中的误差^[4],有利于变化监测的使用和进一步提升变化检测的精度。利用 ENVI 5.3 软件的 Image Registration Workflow 工具对两期影像进行配准,统一两幅影像的分辨率,固定裁剪范围,使两幅影像裁剪大小一致,进而保证两幅融合图像的行列数相同^[5],可自动把一幅影像匹配到另一幅上。预处理后的两期影像如图 1 所示。

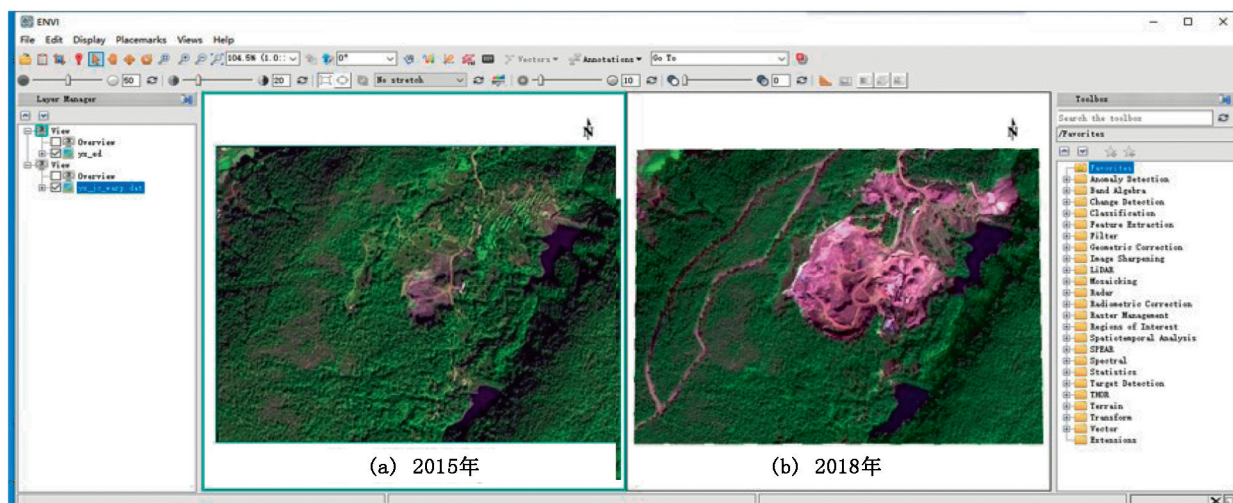


图 1 预处理后的两期影像

Fig. 1 Two images after preprocessing

2 面向对象分类

根据预处理后的两期影像,基于本次森林资源变化检测的目的和影像地物覆盖情况,并按照一致的分割尺度、均值因子^[6],将两期预处理后的影像分割为林地(0111)、非林地(0200)以及水域(0230)3类,再进行基于样本的面向对象分类^[7]。

2.1 影像分割

造成影像分割质量好坏的因素主要包括两大类:分割尺度和均值因子,其中均值因子又可以细分为:颜色因子、形状因子以及光滑度、紧致度两对参数^[8]。在分割之前需要对遥感影像做多次分割实践和经验积累,最合理的调整并确定上述各种参数对影像分割质量的影响程度。本次研究中,颜色因子的参数设置在影响因子中比重较大,最终确定选择的分割尺度为 50。基于本次森林资源变化检测

的目的和影像地物覆盖情况,选择恰当的分割尺度不仅能将林地与非林地区分开来,且不会出现过分割的情况^[9],颜色因子、形状因子分别设置为 0.8 和 0.2,在一定程度上避免了大量颜色信息的丢失。为最大化地提高遥感影像的分割质量,不宜把紧致度、光滑度参数设置得过大,过大会降低遥感影像的分割质量^[10],因此,本次研究的光滑度设置为 0.4,紧致度设置为 0.6。

2.2 面向对象分类

分割完两幅影像后,影像信息将不再以像元为单位进行展示,而是转换为对象级^[11]。本研究采用相对合适的样本对象进行分类,利用 ENVI 5.3 软件的 Classification Workflow 工具对两期影像分别进行面向对象分类。面向对象分类后的两期影像如图 2 所示。

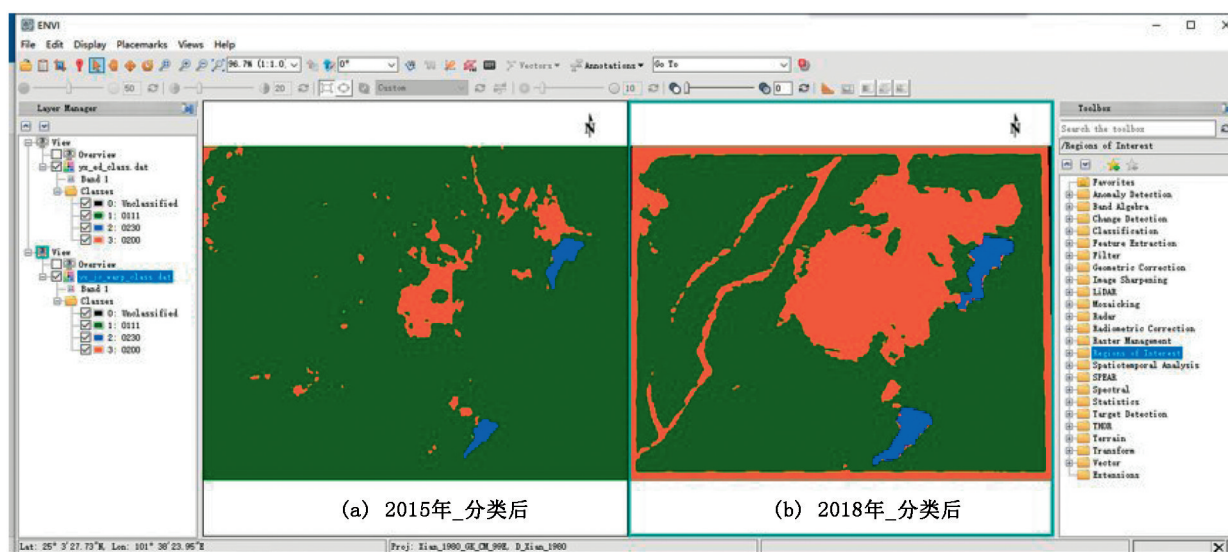


图 2 面向对象分类后的两期影像

Fig. 2 Two images after object-oriented classification

3 变化检测

3.1 分类后变化检测

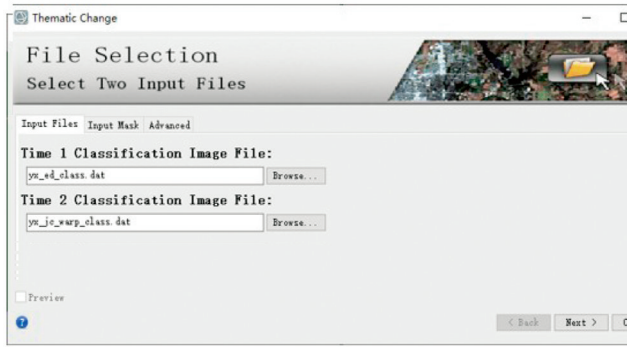
完成两期影像的面向对象分类后,利用 ENVI 5.3 软件的 Thematic Change Workflow 工具实现面向对象分类的变化检测。在 File Selection 环节,Input Files 为输入面向对象分类后的两期影像,Input Mask 为输入研究区的掩膜文件;在 Cleanup 环节,根据研究目标和预览变化图斑情况将 Enable Smoothing 设置为 3,Enable Aggregation 设置为 50;在 Ex-

port Files 以及 Export Statistics 环节,设置结果输出路径^[12]。Thematic Change Workflow 工具设置如 3 所示。

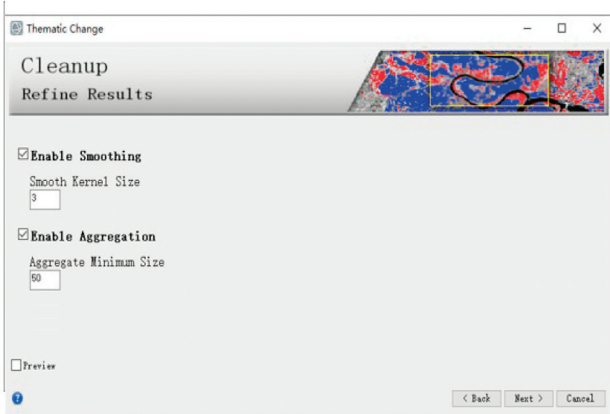
完成分类后变化检测即可得到变化图、变化矢量以及变化矩阵。其中,本次主要研究林地变为非林地的变化,结果如图 4 所示。

3.2 变化检测精度分析与评价

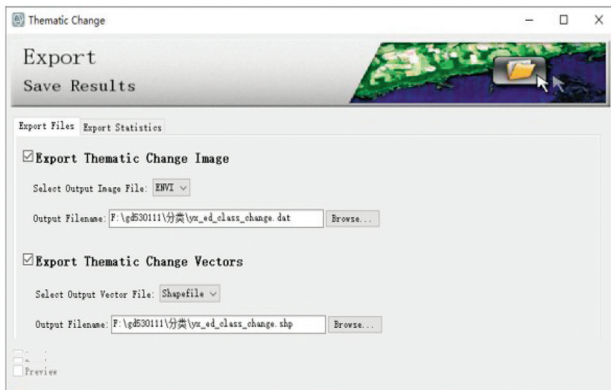
将变化检测结果与两期影像、区划矢量进行对比分析,从而检验面向对象分类变化检测方法、结果的可行性及准确性。



(a) 影像输入及掩膜设置



(b) 平滑和聚类设置



(c) 结果输出路径设置

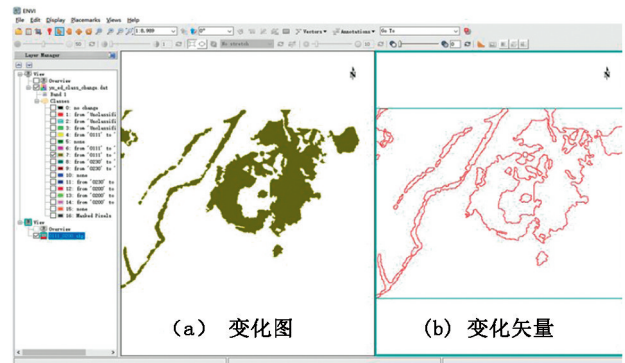
图 3 Thematic Change Workflow 工具设置
Fig. 3 Thematic Change Workflow tool settings

3.2.1 变化检测结果与两期影像对比分析

通过与两期影像的目视解译对比分析,本次森林资源面向对象分类后变化检测结果能充分反映出变化图斑空间位置、面积等信息。检测结果目视解译对比分析如图 5 所示。

3.2.2 变化检测结果与区划矢量对比分析

通过与区划矢量对比分析,林地变为非林地空



(a) 变化图 (b) 变化矢量

		Initial State				
		0111	0230	0200	Row Total	Class Total
Final State	Unclassified	0	0	0	0	0
	0111	147739	0	1061	148800	148800
	0230	2561	1718	70	4349	4349
	0200	39991	0	8860	48851	48851
	Class Total	190291	1718	9991		
	Class Changes	42552	0	1131		
	Image Difference	-41491	2631	38860		

(c) 变化矩阵

图 4 林地变为非林地的变化结果

Fig. 4 Results of the change from forest land to non-forest land

间位置一致的面积为 15.64 hm², 比例为 91.25%, 能较好地满足森林资源变化检测(表 1)。

表 1 变化对比分析

Tab. 1 Comparison and analysis of change detection results

变化类别	分类检测变化		区划矢量空间分析		一致性分析	
	面积 /hm ²	百分比 /%	面积 /hm ²	百分比 /%	面积 /hm ²	百分比 /%
林地变为非林地	15.96	18.82	17.14	19.34	15.64	91.25

4 结语

1) 面向对象分类的变化检测技术可以很好地区分光谱特征相似或相近的地表覆盖,一定程度上消除并克服了“同物异谱”、“同谱异物”的光谱特征现象,可满足森林资源变化检测的需要。

2) 基于遥感影像的森林资源面向对象分类变

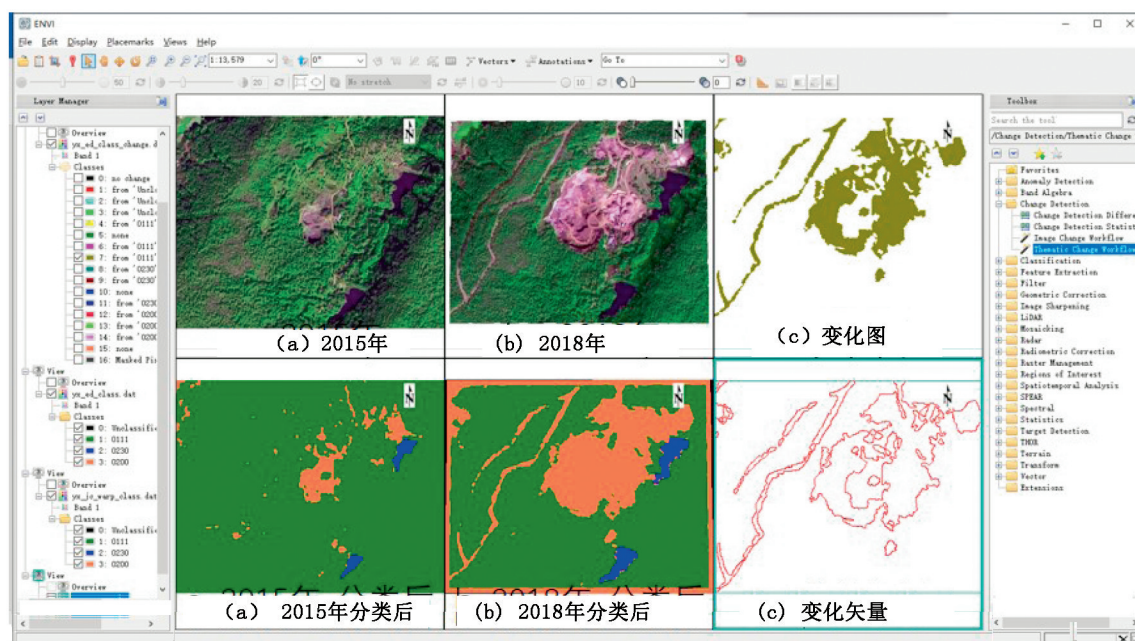


图 5 检测结果目视解译对比分析

Fig. 5 Comparison and analysis of visual interpretation of change detection results

化检测技术具有快速、准确以及自动化的优点,在森林资源监测方面具有广泛的应用前景^[13],可有效节省人力、物力,并提高变化检测的工作效率,进一步拓展了遥感技术在森林资源保护中的应用。

参考文献:

[1] 国家林业局办公室. 关于开展森林督察工作的通知(林资发[2018]14号)[Z]. 2018.

[2] 赵英时. 遥感应用分析原理与方法[M]. 北京:科学出版社,2003:95-110.

[3] 孙天天,邓文彬,马琳,等. 基于面向对象分类的城市土地利用变化检测[J]. 地理空间信息,2018,1672-4623,95-96.

[4] 邓书斌,陈秋锦,社会建,等. ENVI 遥感图像处理方法[M]. 北京:高等教育出版社,2014:256-276.

[5] 田海峰,王力,牛铮,等. 基于新遥感数据源的县域冬小麦种植面积提取[J]. 中国农学通报,2015,31(5):220-227

[6] 杨树文,董玉森,詹云军,等. 遥感数字图像处理与分析[M]. 北京:电子工业出版社,2019(2):89-113.

[7] 李卫国,蒋楠. 基于遥感数据融合的小麦种植面积提取[J]. 气象与现代农业发展,2010,30(1):92-95.

[8] 董小姣,面向对象和规则的高分辨率影像分类和建筑物信息提取研究[D]. 湘潭:湖南科技大学,2014.

[9] 王志华,孟樊,杨晓梅,等. 高空间分辨率遥感影像分割尺度参数自动选择研究[J]. 地球信息科学学报,2016,18(5):639-648.

[10] 马骊驰,王金亮,刘广杰,等. 基于改进型决策树遥感分类的土地利用变化研究[J]. 地理空间信息,2016,14(7):12-16.

[11] 齐义娜,面向对象的高分辨率遥感影像信息提取与尺度效应分析[D]. 长春:东北师范大学,2009.

[12] HAZEI G G. Object level Change Detection in Spectral Imagery[J]. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing,2001,39(3):554-560.

[13] 孙晓霞,张继贤,燕琴,等. 遥感影像变化检测方法综述及展望[J]. 遥感信息,2011(1):119-122.

责任编辑:许易琦
校对:许春霞 许易琦

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2021.02.003

基于 ArcEngine 及 Sql Server 数据库的公益林检查 管理信息系统的设计与实现

钱发斌

(云南省林业调查规划院, 云南 昆明 650051)

摘要:为满足 2019 年云南省省级公益林区划界定工作开展的需要,基于 ArcEngine 和 Sql Server 数据库技术,开发了公益林检查管理信息系统,功能涵盖属性查询、批量逻辑检查、图形拓扑检查、编辑修改、字段计算、生成统计表、图层渲染、信息标注及成果汇总和上报,文中就所实现的各项功能参照 ArcGIS 进行了对比。系统的实现促进了公益林区划、检查、汇总工作的高效开展,强化了对公益林的智能管理和监控。

关键词:公益林检查管理信息系统;ArcEngine;Sql Server;数据库技术;系统功能实现

中图分类号:S727.2;TP311.131 文献标志码:A 文章编号:1671-3168(2021)02-0013-06

引文格式:钱发斌. 基于 ArcEngine 及 Sql Server 数据库的公益林检查管理信息系统的设计与实现[J]. 林业调查规划,2021,46(2):13-18. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2021.02.003

QIAN Fabin. Design and Implementation of Public Welfare Forest Inspection and Management Information System Based on ArcEngine and Sql Server Database[J]. Forest Inventory and Planning,2021,46(2):13-18. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2021.02.003

Design and Implementation of Public Welfare Forest Inspection and Management Information System Based on ArcEngine and Sql Server Database

QIAN Fabin

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

Abstract: In order to meet the needs of delimiting the provincial public welfare forest in Yunnan Province in 2019, the inspection and management information system of public welfare forest was developed based on ArcEngine and Sql Server database technology, which included the functions of attribute query, batch logic check, graphic topology check, editing and modification, field calculation, generation of statistical tables, layer rendering, information tagging and achievement summary and reporting. The functions realized were compared with ArcGIS. The implementation of the system promoted the efficient development of public welfare forest division, inspection and collection, and strengthened the intelligent management and monitoring of public welfare forest.

Key words: public welfare forest inspection management information system; ArcEngine; Sql Server; database technology; system function implementation

收稿日期:2020-08-07.

第一作者:钱发斌(1985-),男,云南楚雄人,工程师.主要从事林业调查规划及计算机编程工作.

公益林的区划界定是生态文明建设的重要基础,肩负着保护自然环境、促进和谐发展的重要任务,发挥着显著的生态效益、经济效益和社会效益。公益林区划界定是公益林管护和补偿的依据,如何科学、合理地进行公益林区划,对此过程进行监督、管理,保证这一过程严谨、透明,对于长期指导和协同县级林业部门进行区划界定以及从事公益林的管理、检查、汇总的人员来说,既是一项光荣的使命,也是一项艰巨的任务,在工作过程中所要面对的情况具有其实际性、特殊性和复杂性。2019年云南省再次开展了省级公益林区划界定工作,基于作者多年从事该项工作的经验积累,并结合自身的专业所学,开发了“云南省公益林检查管理信息系统”,对云南省公益林进行区划、检查、汇总和管理,以期促进云南省公益林数字化、智能化、规范化管理。

1 系统开发背景及需求分析

1.1 系统的开发背景

当前,云南省公益林检查汇总主要通过 ArcGIS 软件和编写模型的方式来进行,编写模型检查的方式主要适用于对图层的拓扑检查,大批量的属性逻辑检查通过模型不易实现,还需采用手工查询和修改的模式来实现。技术力量较薄弱的县林业主管部门对使用 ArcGIS 检查还不够熟练,无法完成编写模型进行自行检查。总之,目前全省公益林检查汇总还处于手工+模型的半自动检查和修改的模式阶段,检查过程漫长、流程繁琐,稍不注意还易出错。

1.2 系统需求分析

1.2.1 业务性需求

公益林区划和检查是一项十分精细的工作,因其直接关系到农户的切身利益,同时还关系到生态防护、生态效益、社会效益。尤其重点生态区位的公益林划分和保护更是十分关键。区划好了,保一方水土的同时,还能促一地脱贫或生活的改善。因此,为了在有限的人力、物力下把公益林区划和检查工作尽可能地做到最好,检查管理系统的引入势在必得。

通过引入第三方系统来进行检查和管理是一种方式,但往往第三方人员只懂技术不懂业务,开发的系统从实用性到可操作性都会大打折扣。另一种方式是管理单位自行开发系统,这样做的好处不言而喻,不仅可以结合业务,还可以把业务骨干集中起来召开头脑风暴会议,以尽可能地把问题提出来并加以解决,同时将常用的功能以大家比较熟悉或习惯

的方式展现出来以便于操作,鉴于此,开发一套公益林检查管理信息系统十分必要。

1.2.2 功能性需求

在系统开发前、中、后期,通过召开头脑风暴会议,集中了很多专业技术人员的建设性意见,并经反复斟酌和修改完善,把常用、需要用、好用的一些功能通过分析后进行整合开发,包括功能和界面整合,让一些好用的功能实现所见即所得,见即会用,操作傻瓜化、简单化、集中化,使开发出的系统好用、好学、好上手,以方便不同技术层次的人员进行操作。

经过分析和讨论,系统的基本功能分为必需功能、拓展功能两大块,有些可以实现但对可有可无的功能不进行开发。必需功能分为属性查询、批量逻辑检查、图形拓扑检查、编辑修改、字段计算、生成统计表、成果汇总、成果上报;拓展功能分为公益林信息标注、图层渲染和智能检索等功能。

2 相关参考标准和开发环境

2.1 相关参考标准

——国家林业局 财政部关于印发《国家级公益林区划界定办法》和《国家级公益林管理办法》的通知(林资发[2017]34号);

——《国家林业局关于国家级公益林补充区划审核结果的通知》(林资发[2012]183号);

——《云南省人民政府关于同意全省公益林区划界定和补偿方案修编成果的批复》(云政复[2012]38号);

——LY/T 1955-2011《林地保护利用规划林地落界技术规程》;

——《云南省森林资源规划设计调查操作细则(2013年修订)》;

——2011年修编后省林业厅 财政厅审核并报请省人民政府认定的各州市总体方案以及经州(市)人民政府审核认定的县市区的县级实施方案;

——LY/T 1821-2009 林业地图图式。

2.2 系统开发环境

——数据库:SQL SERVER 2014

——编程语言:C#

——操作系统:Windows 7 旗舰版

——硬件环境: Intel Pentium 双核 E5700 @ 3.00Hz, 硬盘 1TB, 内存 8 G。

3 系统开发及功能

3.1 系统总体框架

系统的基本功能分为必需功能、拓展功能两大块,有些可以实现但对可有可无的功能未进行开发,因对可有可无的功能也进行开发会使系统变得冗余并增加不必要的开发时间。在必需功能中实现了属性查询、批量逻辑检查、图形拓扑检查、编辑修改、字段计算、生成统计表、成果上报功能;在拓展功能中实现了公益林信息标注、图层渲染和智能检索等功能。系统的功能结构如图 1 所示。

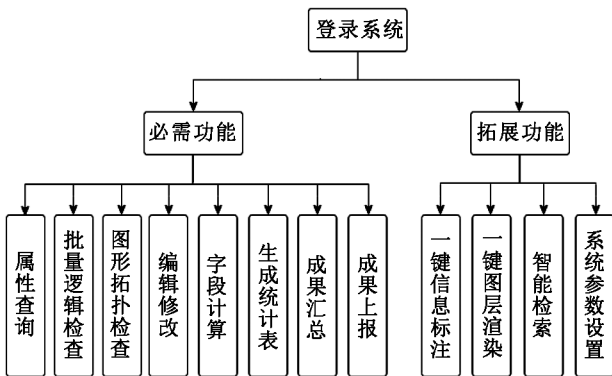


图 1 系统功能结构

Fig. 1 System function structure

3.2 系统主要功能实现及基于 ArcGIS 的对比

3.2.1 属性查询功能

属性查询功能同 ArcGIS 的属性查询功能相似,但又有所不同。结合长期的应用习惯,同时为了使用方便,在 ArcGIS 所实现的功能基础上作了 3 点改进,使其用起来更加人性化。

改进一:双击某一属性字段自动列出该字段的所有属性值(在 ArcGIS 中需要点击“获取属性值”才能列出),同时可根据需要勾选“去掉重复的属性值”选项,如勾选该选项,则表中只列出该字段不重复的属性值;如不勾选,则会列出其所有的属性值信息。

改进二:根据查询语句自动跳转定位到查询结果。在 ArcGIS 中查询出来的结果不会自动跳转,需要先打开属性表,再在属性表的界面中点击“缩放到所选项”,才会跳转到查询出的结果。

改进三:在查询框中增加了“上次”功能,即只要点击该按钮,则会自动返回到上一次查询的结果并跳转显示。在 ArcGIS 中,如果想实现该功能,需要在上一次查询后进行下一次查询之前用“另存为”功能把该查询语句保存下来,这样下次要用时首先要找到该语句的存放位置将语句调入才能使用。

ArcGIS 中的查询框和系统软件实现的查询框对比如图 2 所示。



(a) ArcGIS中的查询框



(b) 系统软件实现的查询框

图 2 查询框对比

Fig. 2 Query box comparison

3.2.2 批量检查功能

通过将需要进行检查的项目分别写成逻辑检查语句放入电子表格中,然后将电子表格导入系统即可进行批量检查,检查后会将所有的逻辑错误列出,而后用户根据错误情况进行修改,修改完成后再进行刷新检查是否还存在未修改完的错误或是否有新的错误产生,如是,则重复以上步骤直至错误修改完成。在 ArcGIS 中,只能每次通过查询对话框找出一种错误进行修改,完成后再查询出另一种错误进行修改,反复如是,在遇到逻辑错误时这个过程繁琐且费时费力。

3.2.3 图形拓扑检查

图形拓扑检查功能实现了对图层中图形错误的检查,常见的拓扑规则“不能有空隙”(可根据需要设置缝隙大小的控制面积来检查细碎小班)、“不能重叠”设置,为了默认规则内置于系统中,检查时只需点击“拓扑检查”按钮,即可自动完成对图层的图形检查,并将检查出的结果自动生成一个图层加

入到系统的图层列表框中同原图层叠加在一起作为参考,从而方便对小班图层进行直观修改。当然也可根据需要在参数设置功能中添加或设置其他拓扑规则而后根据相关规则进行检查。在 ArcGIS 中拓扑功能十分强大,但使用时需要进行新建数据库—新建数据集—导入图层数据—新建拓扑—设置容差—添加拓扑规则等一系列操作,步骤相对较多且复杂。

3.2.4 编辑修改

系统实现了对图层的启动编辑、保存编辑、撤销编辑和重做等基本操作,以及常用的增加、删除、分割、合并、复制和粘贴小班功能,另外为防止多部多边形的出现,实现了“分解多部多边形”功能,即所谓的“打散”功能。在 ArcGIS 中,编辑和修改功能比这要强大很多,但很多功能通常使用不到,本着精简、实用、需要用的原则,系统对常用的编辑功能进行了实现。系统的编辑修改如图 3 所示。



图 3 编辑修改功能

Fig. 3 Editing and modification function

3.2.5 字段计算

字段计算功能是在修改公益林矢量图层过程中经常用到的一个功能。需要对错误的字段内容进行统一赋值,该功能与 ArcGIS 相同。区别在于要赋的新值可以自己输入,也可在选项中双击选择(列表中列出了该字段已存在的所有唯一值供选择,减少了手工输入的繁琐),而 ArcGIS 中进行属性赋值时必需手工输入所要赋的字段值。

3.2.6 生成统计表功能

通常在上报材料时,上级部门不仅需要矢量图层,而且需要提供固定格式的很多统计表,以方便快速、直观地掌握各行政单位的公益林数据信息。而统计表功能是 ArcGIS 的弱项,很多专业技术人员是通过把图层属性表导出到电子表格中来,进行统计,熟悉数据库技术的可以把图层输出到数据库中通过写语句进行统计,这两种方法前一种耗时费力,并且一旦数据有变动还得从头再来统计,后一种要求熟练掌握数据库技术才行。而系统实现了自动生

成统计表功能,解决了以上繁琐的过程,随时可以一键自动生成所需要的所有统计表。

3.2.7 成果汇总功能

针对州市级或省级用户来说,需要把各行政单位上报的材料进行汇总处理。此时,需要使用“成果汇总”功能。该功能只需找到单位上报的成果材料存放位置并将成果材料中的矢量图层导入系统,系统会自动对各图层进行拼接处理,然后生成一张总图层,再次进行拓扑错误和属性逻辑错误检查无误后,即可生成州级或省级统计报表,完成汇总。在 ArcGIS 中需要手工通过“合并”功能进行图层汇总。

3.2.8 成果上报功能

当图层拓扑错误和属性逻辑错误全部修改完毕后,方能使用成果上报功能。系统根据成果上报的要求、材料和格式,统一将矢量数据和统计表分别导出到同一文件夹中并按要求进行命名,使用者直接把文件夹拷贝上报即可。在 ArcGIS 中无相关功能。

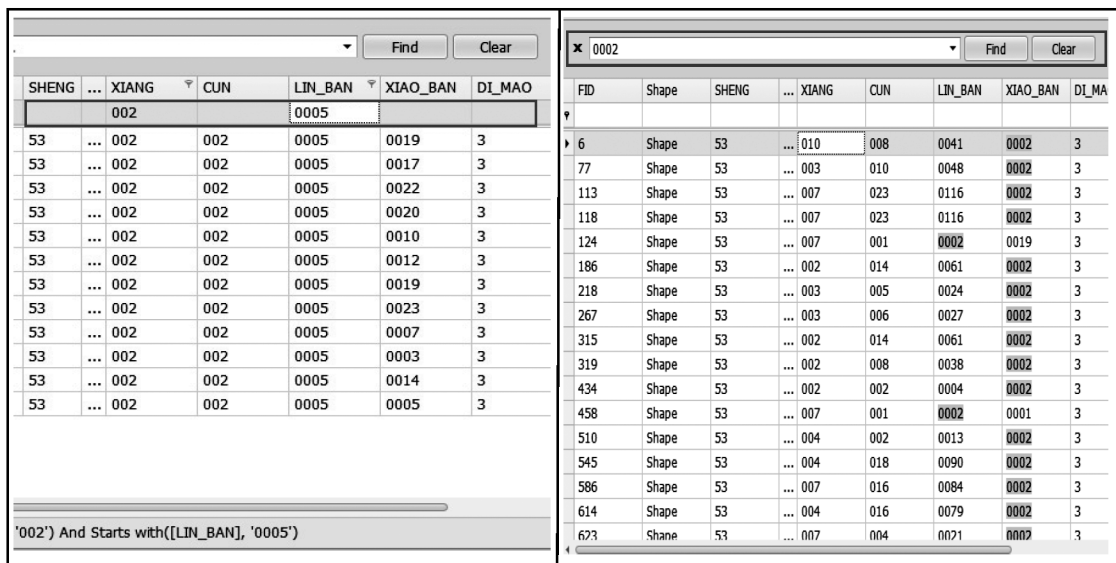
3.2.9 一键信息标注和图层渲染

系统实现了一键信息标注和渲染功能。信息标注即把如公益林小班号、地类、面积等信息显示在图层上,以便于快速地对数据进行管理和查看。渲染即染色,绘制地图至少需要 4 种颜色来区分各图斑。本系统通过实现四色地图染色法,即用 4 种颜色来填充地图的图斑,实现了对图层的自动染色,系统提供了几种方案,例如“一键染色县”把不同的县染成 4 种不同的颜色,对于乡镇层面来说,“一键染色乡镇”把不同的乡镇染成不同的颜色,同时可以通过简单的修改配置文件把不同的权属或地类快速地染成四色。在 ArcGIS 的工具箱中并未提供四色图功能,虽然可以通过自己的配色和调整进行,但无法一

键成色,过程相对繁琐。

3.2.10 智能检索

在本系统中实现了智能检索功能。该功能在图层属性表中提供了两种检索方式,一种是在属性表的首行进行类似于 Excel“筛选”功能,尤其对于不熟悉地理信息系统操作的人员来说,该功能使其就像置身于电子表格中进行相应的查询。另外一种类似于 Excel 的“查找”功能,在查询框中输入一个查询值,则整个表中含有该查询值的信息均会高亮显示,操作人员即可根据需要要有选择性地查看。ArcGIS 中类似于筛选的功能只能通过属性查询对话框来实现。系统的智能检索功能如图 4 所示。



(a) 类似于 Excel “筛选”功能

(b) 类似于 Excel “查找”功能

图 4 系统的检索功能

Fig. 4 Search function of the system

3.3 系统界面

系统可应用在省、州(市)、县(区)林业主管部门或业务部门。为了界面的简洁有序并达到见即会用的效果,结合处理和管理数据的惯性流程,主界面顶端功能区从左至右依次为数据准备—数据检查—查询修改—生成统计表—生成上报成果,末端为参数设置、渲染和标注,以方便查看数据。系统的主界面如图 5 所示。

4 应用效果及结论

实践表明,将本系统应用到公益林的区划、检查、汇总工作中,缩短了检查时间,高度规范了检查

流程,避免了人为因素导致的检查误差。同比 ArcGIS 而言,系统实现了对数据的批量检查,自动生成统计表,自动生成上报结果等实用、高效功能,且很多功能操作一键式、傻瓜式,方便了不同技术层次的工作人员,从区划到成果汇总上报,一气呵成,无需再通过第三方软件来辅助,不仅充分提高了工作效率,还促进和增强了各单位的地理信息系统的开发应用和信息管理水平。由此可见,通过开发系统对公益林进行区划和管理十分必要,不仅推动工作更便捷、高效地开展,同时也加强了对公益林的智能管理和监控,于私便己,于公利民。

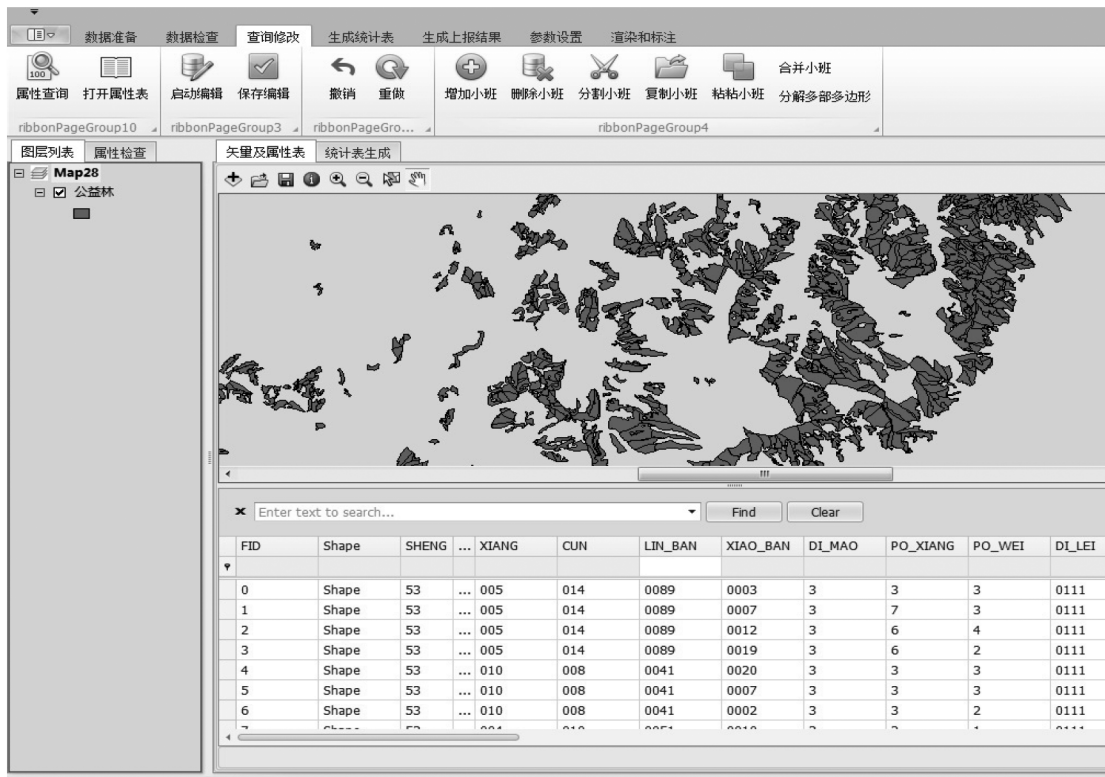


图 5 系统主界面

Fig. 5 Main interface of the system

参考文献:

[1] 杨城,蔡安斌,严玉莲,等. 广东省市级生态公益林信息管理系统建设——以惠州市为例[J]. 林业与环境科学,2018,34(4):140-145.

[2] 邝跃兵. 基于 ArcGIS AE 与 CE 的三维数字城市开发[J]. 测绘与空间地理信息,2020,43(1):115-117,121.

[3] 张泽建. 基于 GIS 的地籍管理信息系统的设计研究[D]. 杭州:浙江师范大学,2009:1-70.

[4] 王林伟,王向东,张弛. 三维地籍数据模型的构建与技术实现[J]. 中国土地科学,2012,26(12):35-40,90.

[5] 李全宝. 基于 ArcGIS 的土地利用规划管理信息系统设计与实现[D]. 成都:电子科技大学,2012:1-83.

[6] 孟繁贵,张文军,王玉宝. 吉林省林业工作站计算机管理系统[J]. 吉林林业科技,2012(4):63-64.

责任编辑: 许易琦

校 对: 张林艳 许易琦

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2021.02.004

宿迁市公路边坡绿化常见草本植物根系固土特性研究

罗东志¹, 沈建军², 张俊¹, 陈西林¹

(1. 宿迁市高速铁路建设发展有限公司, 江苏 宿迁 223800; 2. 苏交科集团检测认证有限公司, 江苏 南京 210000)

摘要: 本文以江苏省宿迁市绿化常用草本植物高羊茅为研究对象, 通过植物学和材料力学的研究方法, 对高羊茅根系的土体分布特征和单根抗拉力学特性进行研究分析。结果显示: 在0~40 cm土层中, 高羊茅直径 ≤ 1.0 mm的根系密度大于直径 > 1.0 mm的根系, 且其生物量随土层深度的增加而减少; 高羊茅根系的单根抗拉力与根系直径之间呈正相关关系, 抗拉强度与直径之间呈负相关关系。研究表明高羊茅根系具有较强的固土护坡能力, 可以有效增强土体稳定性, 在减缓公路土石边坡水土流失方面发挥较大作用。

关键词: 高羊茅; 根系固土; 分布特征; 根系直径; 抗拉强度; 生态护坡; 宿迁市

中图分类号: S731.8; S718.516 文献标志码: A 文章编号: 1671-3168(2021)02-0019-04

引文格式: 罗东志, 沈建军, 张俊, 等. 宿迁市公路边坡绿化常见草本植物根系固土特性研究[J]. 林业调查规划, 2021, 46(2): 19-22. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2021.02.004

LUO Dongzhi, SHEN Jianjun, ZHANG Jun¹, et al. Soil Fixation Characteristics of Common Herb Roots in Suqian City Highway Slope[J]. Forest Inventory and Planning, 2021, 46(2): 19-22. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2021.02.004

Soil Fixation Characteristics of Common Herb Roots in Suqian City Highway Slope

LUO Dongzhi¹, SHEN Jianjun², ZHANG Jun¹, CHEN Xilin¹

(1. Suqian High-speed Railway Construction and Development Co., Ltd, Suqian, Jiangsu 223800, China;
2. Sujiaoke Group Testing and Certification Co., Ltd, Nanjing 210000, China)

Abstract: The root soil distribution and tensile strength of the common afforesting herbaceous plant *Festuca arundinacea* in Suqian City were analyzed based on the methods of Botany and Material Mechanics. The results showed that in 0~40 cm soil layer, the root density of *Festuca arundinacea* with diameter ≤ 1.0 mm was greater than that of diameter > 1.0 mm, and the biomass decreased with the increase of soil depth; there was a positive correlation between single root resistance and root diameter, and a negative correlation between the tensile strength and diameter. The results indicated that the *Festuca arundinacea* root system had strong soil retaining and slope protection ability, which could effectively enhance soil stability and play an important role in slowing down soil erosion of highway soil and rock slope.

Key words: *Festuca arundinacea*; soil consolidation by roots; distribution characteristics; root diameter; tensile strength; ecological slope protection; Suqian City

收稿日期: 2020-08-07.

基金项目: 宿迁市交通运输科技与成果转化课题“基于景观效应的边坡生态防护技术研究”。

第一作者: 罗东志(1975-), 男, 江苏泗洪人, 高级工程师。从事交通工程管理及边坡绿化工作。Email: xueshuyuandi2010@163.com

城市道路或高速公路的土石边坡,如果在没有任何防护措施的情况下,极易形成松散的土体结构,在外界水力、风力、重力作用或人为活动干扰下,极易产生失稳滑坡的现象,造成严重的水土流失,对公路边坡生态稳定性及行车安全产生较大的威胁,因此,必须对公路土石边坡进行侵蚀防控。在长期的生产实践中,人们发现利用植物措施进行侵蚀防控是科学有效而且成本较低的一种生态防护措施。在土石边坡人工建造植被,形成生态防护体系,并与相应的工程措施结合,是一种有效的边坡防护措施,能够对松散坡面进行加固,从而减少侵蚀量并有效地控制水土流失发生^[1]。目前,植物根系固土相关的研究理论认为:植物根系与土体形成的根—土复合体能够有效地增强土体的抗剪强度,防止土体发生搓动或者位移变形,能够避免土体滑动坍塌。在植物根系固土功能中,植物根系在土体中的分布特征、根系单根的抗拉拔能力、根—土复合体的抗剪切能力,决定了植物根系所能发挥的固土效能,也是植物控制土体滑坡的关键要素。对于大部分公路土石边坡,草本植物是理想且首选的绿化植物,其具有良好的绿化效果,同时还能对坡面形成防护,减轻雨水的直接击溅,起到很好的水土保持和固土护坡作用。因此,本研究选择宿迁市公路土石边坡常见的草本植物高羊茅(*Festuca arundinacea*)作为研究对象,通过植物学和材料力学的研究手段,对该植物根系的分布特征和抗拉力学特性进行研究,以期为宿迁市公路土石边坡生态防护中的植物物种选择及植被类型配置提供理论依据和科学支撑。

1 材料与方 法

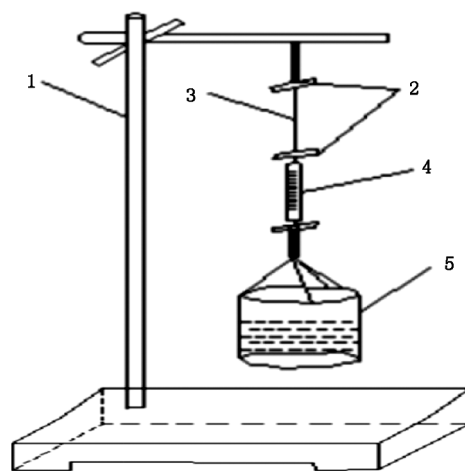
1.1 根系密度及分布特征测定

土体中植物根系分布密度的测定采用全挖法^[2],分别在土层 0~10 cm、10~20 cm、20~30 cm 和 30~40 cm 处进行 4 次根系密度测定,使用计数法标定每个土层中的根系数量。土体中根系分布特征的测定采用根系生物量表示^[3],即测定体积为 1 000 cm³ 土体中所有高羊茅根系的生物量。用清水慢慢冲洗掉粘附在根系上的土壤,然后用试纸把根系干燥定型并置于烘箱中,采用 65℃ 的温度烘干至恒重,用电子天平称量其干重即为根系生物量。

1.2 根系抗拉强度试验

植被护坡主要是依靠植物根系在土壤中的加筋

作用,在衡量植物根系的固坡能力时,根系的抗拉力是一个重要的检测指标。明确其根系直径与最大抗拉力之间的关系;对比相同根系直径下最大抗拉力和抗拉强度的大小,得出其固土能力的大小。试验根为长 8 cm 的直根段。试验根制备好后,开始拉拔测定。根系直径相对来说均很小,一般都小于 1 mm。目前关于根系抗拉力的试验没有统一的标准规范,根据刘世奇^[4]采用的试验方法,加以改进并得到了试验所需的研究装置(图 1)。



1. 固定铁架; 2. 夹子; 3. 毛根; 4. 弹簧秤; 5. 沙袋

图 1 植物须根抗拉强度测定研究装置

Fig. 1 Equipment for measuring tensile strength of plant roots

试验中,先将植被根系的一端固定在铁架台上,同时,再将另一端吊与一个沙袋相连,持续往沙包里加沙子,当根被拉断那一刻,停止加沙,然后将沙子倒出,进行称重。最后,测量根系断面的直径,由于断面呈不标准的圆形,所以测量 3 次并求其平均值作为根系的直径。由此,建立了抗拉强度的计算公式如下:

$$P = 4F / \pi D^2$$

式中: P 为根系的抗拉强度; F 为根系的最大抗拉力; D 为根系断面的直径。

2 结果与分析

2.1 高羊茅根系分布特征

以往研究表明,草本植物通常以须根为主^[5],直径 ≤ 1.0 mm 的根系能够对土体产生明显的加固作用^[6]。因此,本试验把直径 1.0 mm 作为根径区分点进行统计(表 1)。

表 1 高羊茅根系密度与土层深度的关系

Tab. 1 Relationship between soil depth and root density of *Festuca arundinacea*条/m²

土层深度/cm	直径≤1.0 mm					直径>1.0 mm				
	平均根密度	样本 1	样本 2	样本 3	样本 4	平均根密度	样本 1	样本 2	样本 3	样本 4
0	113	107	116	129	100	55	55	61	50	53
10	78	73	80	85	74	39	36	35	45	41
20	66	64	62	70	68	35	33	35	42	32
30	50	43	51	49	58	21	24	14	27	21
40	34	37	34	27	36	16	7	13	22	20

由表 1 可知,直径≤1.0 mm 的根系密度大于直径>1.0 mm 的根系,说明高羊茅根系在浅层土壤中的分布主要以直径≤1.0 mm 的形式存在。已有一些研究表明^[7],土壤的抗冲性与直径≤1.0 mm 径级的须根密度的分布特征有着密切关系,而且草本植物在土体固持方面细根的贡献作用要明显大于粗根。高羊茅有效根密度(直径≤1.0 mm)在土体中的缠绕和穿插,显著增加土壤孔隙度,提升土壤渗透性,减弱水分在坡面的汇流^[8],这种穿插缠绕能够形成根系网,将松散的土壤颗粒缠绕和包裹,提高土壤团聚体的比例,增强其黏结度,从而对土体产生较大的凝聚力,防止被水力冲刷流失。单株高羊茅草根系的分布范围就是其根系网作用力所能辐射的区域,而成片的高羊茅草生长在一起,根系网相互交错,进而使土体抵抗流水冲刷的能力增大。

植物根系生物量可以作为反映植物在该层土壤内生长状况的主要指标,在某一土层范围内积累的根系生物量越多,根系累计的体积、表面积、根系长度就越大,其固土能力就越强。高羊茅根系生物量与土层深度的关系见表 2。

表 2 高羊茅根系生物量与土层深度的关系

Tab. 2 Relationship between soil depth and root biomass of

Festuca arundinacea g/1 000 cm³

土层深度/cm	平均根生物量	样本 1	样本 2	样本 3	样本 4
0	2.08	2.17	2.09	2.03	2.03
10	1.69	1.72	1.67	1.76	1.63
20	1.13	1.12	1.10	1.19	1.10
30	0.83	0.82	0.84	0.84	0.84
40	0.48	0.47	0.51	0.46	0.46

由表 2 可知,高羊茅根系生物量随土层深度(0~40 cm)的增加而减少,0、10、20、30、40 cm 处的平均根生物量分别为 2.08、1.69、1.13、0.83、0.48 g/1 000 cm³,生物量与土壤深度呈现指数函数关系。由此可知,高羊茅在浅层土壤的固持方面贡献更大。

2.2 高羊茅根系抗拉特性

植物根系的抗拉力和抗拉强度反映了根系这种生物材料在抵抗外力拉拔时能够对土体发挥的最大作用力。本次实验选取了长短不等的高羊茅根系进行试验,根据测试所得的根系直径、抗拉力数据,可计算试验根的抗拉强度。不同直径下试验根的最大抗拉力强度统计见表 3。

由表 3 可知,高羊茅根系的单根抗拉力与根系直径之间呈正相关关系,即抗拉力随着直径的增大而增大;而抗拉强度与直径之间呈负相关关系,即抗拉强度随着直径的增大而减小。在 10 个测试样本中,高羊茅根系断面直径最小的为 0.12 mm,最大的为 1.13 mm;其抗拉力最小的为 2.33 N,最大的为 13.78 N。不同直径下高羊茅根系的抗拉强度见表 4。

由表 4 可知,高羊茅的不同根系抗拉强度试验中的最大拉力范围为 1.68~10.24 N,抗拉强度范围为 38.81~82.06 MPa。在大多数研究资料中,植物根系的极限抗拉力均表现出随根径增长而逐渐变大的趋势,这种根系材料力学特性的变化应该与其解剖结构有关^[9-11]。随着高羊茅根系直径的逐渐增长,其横截面中的纤维素和木质素会逐渐充填于细胞中,所占比例逐渐增加,从而提高了单根的抗拉力。同时,在高羊茅的不断生长过程中,根系中的木质素也在不断增长和积累,并充填于纤维之间,从而能够明显提升根系抵抗外力的能力。对高羊茅根系的拉力与根径进行回归分析,发现二者的关系符合二次三项式,而且具有显著相关性,这与学者对其他灌草植物的相关研究结论一致^[12]。

表 3 高羊茅根系抗拉力和根系直径关系

Tab. 3 Relationship between root resistance and root diameter of *Festuca arundinacea*

指标	重复	样本 1	样本 2	样本 3	样本 4	样本 5	样本 6	样本 7	样本 8	样本 9	样本 10
根系断面直径/mm	测 1	0.08	0.14	0.27	0.40	0.42	0.64	0.66	0.85	0.98	1.19
	测 2	0.09	0.15	0.29	0.38	0.44	0.63	0.68	0.72	1.08	1.10
	测 3	0.12	0.23	0.33	0.37	0.38	0.66	0.74	0.79	1.09	1.05
	测 4	0.17	0.25	0.36	0.43	0.40	0.59	0.66	0.69	1.02	1.12
	平均	0.12	0.19	0.31	0.40	0.41	0.63	0.69	0.76	1.04	1.13
最大抗拉力/N		2.33	2.72	6.08	7.55	7.40	9.10	11.27	11.84	13.71	13.78

表 4 高羊茅根系抗拉强度和根系直径的关系

Tab. 4 Relationship between tensile strength and root diameter of *Festuca arundinacea*

根系断面直径/mm				最大 拉力 /N	抗拉 强度 /MPa
测 1	测 2	测 3	平均		
0.11	0.14	0.13	0.13	1.68	82.06
0.19	0.17	0.20	0.19	2.72	77.99
0.22	0.24	0.21	0.22	4.56	72.39
0.25	0.23	0.18	0.22	5.34	66.04
0.27	0.29	0.28	0.28	5.58	59.27
0.30	0.28	0.31	0.30	6.04	54.66
0.32	0.33	0.32	0.32	5.98	52.94
0.38	0.37	0.37	0.37	7.95	48.65
0.41	0.42	0.37	0.40	9.68	46.16
0.43	0.42	0.39	0.41	10.24	38.81

3 结论

高羊茅根系密度随土层深度增加而明显降低,二者符合指数函数关系;根系生物量与土层深度之间也同样符合指数函数关系。高羊茅根系在生长过程中,根径逐渐增大,细胞排列变得更为紧密,最大抗拉力表现为随根径增长而提高,二者符合二次函数关系。单根抗拉力越大,抵抗形变的能力越好,固土能力也随之增强;抗拉强度随根系直径的增大而减小,其规律服从指数函数关系分布。通过抗拉强度的计算公式不难发现,当给予一定的外力时,由于根系加粗,横截面积增大,单位面积上受到的力越小,根系抵抗力越强,不容易断裂。高羊茅根系平均最大抗拉力为 5.98 N,平均抗拉强度为 59.90 MPa。总体来说,根据高羊茅根系的分布特征和抗拉力学特性,高羊茅根系的固土护坡作用较大,是一种优良

的固土护坡植物,在公路土石边坡生态防护中能够发挥重要作用。

参考文献:

- [1] 周德培,张俊云. 植被防护工程技术[M]. 北京:人民交通出版社,2003:76-78.
- [2] 杨福国,陆国泉,史顺海. 高寒矮嵩草草甸结构特征及其生产量[C]//高原生物学集刊. 西宁:中国科学院西北高原生物研究所,1985:49-56.
- [3] 张永成,田丰. 马铃薯试验研究方法[M]. 北京:中国农业科学技术,2007.
- [4] 刘世奇. 植被护坡技术及综合防护体系研究[D]. 武汉:中国科学院研究生院(武汉岩土力学研究所),2004.
- [5] 程洪,颜传盛,李建庆,等. 草本植物根系网的固土机制模式与力学试验研究[J]. 水土保持研究,2006(1):62-65.
- [6] 张祖荣. 植物根系提高土壤抗侵蚀能力的初步研究[J]. 渝西学院学报(自然科学版),2002(1):31-35.
- [7] 李勇,朱显谟,田积莹. 黄土高原植物根系提高土壤抗冲性的有效性[J]. 科学通报,1991(12):935-938.
- [8] 赵其国. 中国东部红壤地区土壤退化的时空变化、机理及调控[M]. 北京:科学出版社,2002.
- [9] 朱海丽,胡夏嵩,毛小青,等. 护坡植物根系力学特性与其解剖结构关系[J]. 农业工程学报,2009,25(5):40-46.
- [10] 谭玲玲,蔡霞,胡正海. 北柴胡根的发育解剖学研究[J]. 西北植物学报,2005(11):60-65.
- [11] 艾素云,黄玉源,伍映辉. 贵州苏铁根的解剖学研究[J]. 云南植物研究,2006(2):149-156.
- [12] 钟亮根. 紫穗槐在赣南红层路基边坡防护应用的试验研究[D]. 南昌:华东交通大学,2009.

责任编辑: 杨焱熔

校 对: 张林艳 杨焱熔

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2021.02.005

滇中地区生态环境脆弱性对景观动态变化的响应

——以云南清华洞国家森林公园为例

陈可心¹, 王有兵¹, 杨建军¹, 廖聪宇²

(1. 云南省林业调查规划院大理分院, 云南 大理 671000; 2. 云南省林业调查规划院, 云南 昆明 650051)

摘要:基于GIS技术,对云南清华洞国家森林公园2010—2019年的土地利用进行分类和统计,选取分维数、景观形状指数、香农多样性指数、香农均匀度指数、破碎度、分离度、脆弱度指数、生态环境脆弱度等8个景观评价指标,探讨在景观格局变化背景下生态环境脆弱性的变化特征。结果表明:森林公园的景观格局以林地为基底,建设用地、农地、水域零星分布;景观格局指数的变化驱动力主要为人类活动;森林公园的景观类型整体多样性水平较低,总体上有随时间变化而均匀化增大的趋势;各景观类型中,建设用地、裸地、农地的生态环境脆弱性较高,天然乔木的生态环境脆弱性最低;生态环境脆弱性变化趋势与资源的保护力度呈负相关关系,水目山片区的生态环境脆弱性虽然高于清水河片区,但随时间的变化脆弱性有逐渐降低的趋势。从整体上看,高级区主要分布于人类活动频繁区域。

关键词:生态环境脆弱性;景观格局;景观类型;动态变化;云南清华洞国家森林公园

中图分类号:S718.557;P901 文献标志码:A 文章编号:1671-3168(2021)02-0023-08

引文格式:陈可心,王有兵,杨建军,等.滇中地区生态环境脆弱性对景观动态变化的响应——以云南清华洞国家森林公园为例[J].林业调查规划,2021,46(2):23-30,88. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2021.02.005

CHEN Kexin, WANG Youbing, YANG Jianjun, et al. Response of Ecological Environment Vulnerability to Landscape Dynamic Change in Central Yunnan—A Case Study of Qinghuadong National Forest Park in Yunnan Province[J]. Forest Inventory and Planning, 2021, 46(2): 23-30, 88. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2021.02.005

Response of Ecological Environment Vulnerability to Landscape Dynamic Change in Central Yunnan

——A Case Study of Qinghuadong National Forest Park in Yunnan Province

CHEN Kexin¹, WANG Youbing¹, YANG Jianjun¹, LIAO Congyu²

(1. Dali Branch, Yunnan Institute of Forest Inventory and Planning, Dali, Yunnan 671000, China;

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

Abstract: The land use of Qinghuadong National Forest Park in Yunnan Province from 2010 to 2019 was classified and counted based on GIS technology. The eight landscape evaluation indexes including fractal dimension, landscape shape index, Shannon's diversity index, Shannon's uniformity index, fragmentation,

收稿日期:2020-06-30;修回日期:2020-08-07.

第一作者:陈可心(1992-),女,云南大理人,助理工程师.主要从事林业调查规划工作. Email:359372153@qq.com

责任作者:王有兵(1986-),男,云南弥勒人,硕士,工程师.主要从事林业调查规划、保护区及林木遗传育种研究. Email:1789908001@qq.com

isolation, vulnerability index and ecological environment vulnerability, were selected to explore the change characteristics of landscape pattern and ecological environment vulnerability. The results showed that the landscape pattern of forest park was dominated by woodland with the scattered construction land, agricultural land and water area; the driving force of landscape pattern index was mainly human activities; the overall diversity level of forest park landscape types was low, and the overall trend was increasing with time; the ecological environment vulnerability of construction land, bare land and agricultural land was higher, while that of natural trees was the lowest; the change trend of ecological environment vulnerability was negatively related to the protection of resources; although the ecological environment vulnerability of Shuimu Mountain area was higher than that of Qingshui River area, the change vulnerability of Shuimu Mountain area decreased with time. On the whole, the high-level areas were mainly distributed in the areas with frequent human activities.

Key words: ecological environment vulnerability; landscape pattern; landscape type; dynamic change; Qinghuadong National Forest Park in Yunnan

生态环境是人类赖以生存的根基,景观是生态系统在空间尺度上的组成单元。景观生态系统被认为是实现区域可持续发展和区域生态建设研究的适宜空间尺度^[1-2]。景观既是生物的栖息地,更是人类的生存环境,具有高度的综合性和明显的地域性^[3]。生态环境变化的过程是其内部景观结构在不断动态演变的过程,可通过相关模型在不同层次水平上进行时空变化关系定量分析^[4],对景观空间格局与动态演变过程的分析是景观生态学研究的核心内容之一^[5]。在景观的动态变化过程中难免会存在一定的生态风险,重大自然灾害或过度人为干扰会对景观系统的组成、结构和功能产生不利的影响^[6-7],其结果的高低程度可通过景观的敏感性和脆弱性来呈现。景观的空间信息与其在自然演替中的状态是构成生态敏感性指数的主要要素,能够准确体现景观的生态敏感性^[8],通过分析景观格局特征能够识别出生态功能重要区域和生态环境敏感脆弱区域的空间分布,对生态保护和实际管控具有重要作用。目前有关景观格局变化与生态环境敏感性关系的研究已较多^[3-4,8-15],研究借鉴有关方法^[3,9],以滇中地区云南清华洞国家森林公园为研究对象,从景观格局与区域生态环境脆弱性结合的角度探讨生态环境问题,期望研究结果在该区域环境保护、环境改善、资源开发利用等方面发挥作用。

1 研究区域概况

云南清华洞国家森林公园地处滇中地区,位于大理白族自治州祥云县境内,总面积为 9 856.47 hm^2 。分水目山和清水河 2 个片区,水目山片区位于县城西南侧(100°34' ~ 100°37'E, 25°21' ~ 25°

25'N),面积为 1279.91 hm^2 ,清水河片区位于祥云县北部(100°40' ~ 100°49'E, 25°46' ~ 25°52'N),面积为 8 576.56 hm^2 (图 1)。

研究区域属于北亚热带气候类型,但因地处高原和受西南季风的影响,兼有高原季风气候特点。祥云县年均温为 14.7 $^{\circ}\text{C}$,县域高山地区年均温比坝区低 4.6 $^{\circ}\text{C}$ 左右。全县年均降水量为 789.1 mm,森林公园所在区域雨量偏多,年均降水量在 800 ~ 900 mm 左右。森林公园地处滇中高原西部,属横断山系云岭余脉,海拔 2 040~3 241 m,相对高差 1 201 m,植被分布具有明显的垂直带谱特征。

2 研究方法

2.1 数据来源

数据包括研究区域 2010—2019 年 Google Earth 历史影像,祥云县 2014 年森林资源规划设计调查影像,2015 年森林资源规划设计调查矢量数据,2016—2019 年林地变更矢量数据、影像及森林公园矢量数据。

2.2 景观类型划分

以森林资源规划设计调查矢量数据为基础,结合影像及林地变更资料对研究区域范围内的土地利用现状进行斑块区划,并将区划的斑块归为 8 个景观类型:(1)灌木;(2)建设用地,包括居民点、建设工程、道路、旅游设施、寺庙、坟地等;(3)裸地,包括荒山荒地、无立木林地、过火地等;(4)农地;(5)人工乔木,包括核桃、梨、桃子等;(6)水域,包括水库、池塘、湖泊等;(7)天然乔木,包括云南松林、华山松林、栎类及部分人工种植的华山松近熟林;(8)未成林造林地,未达到 0.2 郁闭度的造林地。其中水目

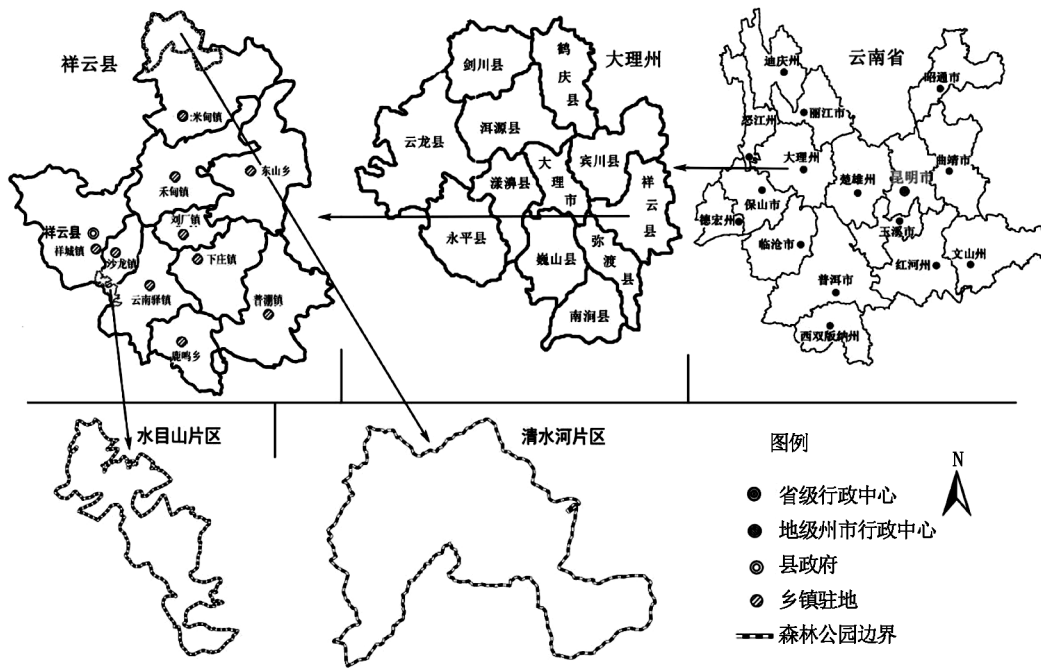


图 1 研究区域位置

Fig. 1 Location of the study area

山片区有灌木、建设用地、裸地、农地、人工乔木、水域、天然乔木 7 个类型;清水河片区有灌木、建设用地、裸地、农地、人工乔木、天然乔木、未成林造林地 7 个类型。

2.3 景观指数、模型的选取

本文选取分维数(FD)、景观形状指数(LSI)、香农多样性指数(SHDI)、香农均匀度指数(SHEI)、破碎度(FN)、分离度(FI)、脆弱度指数(VI)、生态环境脆弱度(EVI)等景观指数及模型对研究区域景观变化和脆弱性进行分析,各指标的生态学含义见相关文献^[3,9],其计算公式为:

$$FD_i = 2\ln(E_i/4)/\ln A_i \quad (1)$$

$$LSI_i = 0.25E_i/\sqrt{A_i} \quad (2)$$

$$SHDI = -\sum_{i=1}^m (P_i \times \ln P_i) \quad (3)$$

$$SHEI = -\sum_{i=1}^m (P_i \times \ln P_i / \ln m) \quad (4)$$

$$FN = MPS \times (n - 1) / N_c \quad (5)$$

$$FI_i = 0.5\sqrt{n/A} / (A_i/A) \quad (6)$$

$$VI_i = \alpha \times FN_i + \beta \times FI_i + \gamma \times F_{Di} \quad (7)$$

$$EVI = \sum_{i=1}^m (A_i/TA) \times VI_i \quad (8)$$

式中: E_i 为斑块周长; A_i 为某景观类型的面积; m 为景观类型的数量; P_i 为某景观类型面积所占比例;

MPS由景观内所有斑块的平均面积除以最小斑块面积得到; n 为某景观类型组分的元数数量; N_c 为研究区景观总面积除以最小斑块面积之值; A 为研究区域总面积; F_D 为分维数倒数;TA为分区(样地)总面积; α, β, γ 为权重。权重采用层次分析法计算获得,分别为 0.528 1、0.332 7、0.139 2,一致性检验 $CR=0.046 < 0.1$ 。

2.4 区域生态环境脆弱度计算

利用景观类型脆弱度指数(式 7)通过相关模型(式 8)进一步计算研究区域的生态环境脆弱度,因此需要对研究区域进行分区。为了与实际管理相结合,本文采用林班为分区单位(样地),部分林班因与森林公园界线不一致,导致切割后出现细碎斑块,该部分并入相邻林班。完成分区脆弱度计算后对所得数值进行等距分级,生成区域生态环境脆弱度连续空间分布图。

3 结果与分析

3.1 景观动态变化特征

3.1.1 斑块面积及数量变化

对森林公园水目山片区景观类型的面积和数量进行统计,结果见表 1。

从表 1 可知,水目山片区水域类型的面积和数量最小,面积占比较高的类型为天然乔木,比例高于

表 1 水目山片区景观面积及数量变化特征

Tab. 1 Landscape area and quantity change characteristics of Shuimu Mountain area

年份	项目	灌木	建设用地	裸地	农地	人工乔木	水域	天然乔木
2010	面积/hm ²	50.45	6.39	37.27	30.91	15.27	1.16	1138.46
	比例/%	3.94	0.50	2.91	2.42	1.19	0.09	88.95
	斑块数量/个	19	30	21	28	4	3	8
	比例/%	16.81	26.55	18.58	24.79	3.54	2.65	7.08
2014	面积/hm ²	42.05	10.33	21.14	14.68	115.22	1.16	1075.33
	比例/%	3.29	0.81	1.65	1.15	9.00	0.09	84.01
	斑块数量/个	13	40	10	26	13	3	10
	比例/%	11.30	34.78	8.70	22.61	11.30	2.61	8.70
2017	面积/hm ²	51.82	11.38	10.58	14.06	115.13	1.45	1075.49
	比例/%	4.05	0.89	0.83	1.10	9.00	0.11	84.02
	斑块数量/个	13	50	10	24	18	4	10
	比例/%	10.08	38.77	7.75	18.60	13.95	3.10	7.75
2019	面积/hm ²	54.12	14.03	13.08	14.46	115.22	1.25	1067.75
	比例/%	4.23	1.10	1.02	1.13	9.00	0.10	83.42
	斑块数量/个	12	59	12	26	18	5	10
	比例/%	8.45	41.55	8.45	18.31	12.68	3.52	7.04

83%,但斑块数量较少。2010—2019年间,灌木面积变化不大,建设用地面积和数量逐渐增加,裸地面积和数量有减少的趋势,农地和天然乔木的面积逐

渐减少,人工乔木面积和斑块数量明显增大。

对森林公园清水河片区景观类型的面积和数量进行统计,结果见表 2。

表 2 清水河片区景观面积及数量变化特征

Tab. 2 Landscape area and quantity change characteristics of Qingshui River area

年份	项目	灌木	建设用地	裸地	农地	人工乔木	天然乔木	未成林造林地
2010	面积/hm ²	278.05	3.50	414.18	343.38	104.91	7339.41	93.13
	比例/%	3.24	0.04	4.83	4.00	1.22	85.58	1.09
	斑块数量/个	80	16	260	72	33	15	12
	比例/%	16.39	3.28	53.29	14.75	6.76	3.07	2.46
2014	面积/hm ²	274.72	3.62	608.39	317.03	242.06	7113.23	17.51
	比例/%	3.20	0.04	7.09	3.70	2.82	82.95	0.20
	斑块数量/个	71	17	282	63	61	23	10
	比例/%	13.47	3.23	53.52	11.95	11.57	4.36	1.90
2017	面积/hm ²	472.27	4.92	522.40	270.14	314.61	6933.78	58.44
	比例/%	5.51	0.06	6.09	3.15	3.67	80.84	0.68
	斑块数量/个	84	16	279	49	97	25	24
	比例/%	14.63	2.79	48.60	8.54	16.90	4.36	4.18
2019	面积/hm ²	428.08	5.34	511.50	224.22	344.13	7007.45	55.84
	比例/%	4.99	0.06	5.96	2.61	4.01	81.71	0.66
	斑块数量/个	73	14	276	39	101	26	21
	比例/%	13.27	2.55	50.18	7.09	18.36	4.73	3.82

从表 2 可知,清水河片区各类景观的面积和斑块数量变化趋势与水目山片区基本一致。该片区远离村庄,仅分布有零星的自然村或小面积的移民搬迁点,因此建设用地面积占比最小,面积占比最大的依然为天然乔木,比例高于 80%。近几年受森林火灾的影响,该区域灌木面积明显增加。由于核桃面积的逐年增加,部分农地被退耕为经济林地,因此农地面积和数量明显较少。

3.1.2 景观格局变化

选取分维数、分离度、破碎度及景观形状指数 4 个指标对森林公园的景观格局动态变化进行定量分析。水目山片区各景观类型的分维数在 4 个时期均小于 1.5,说明总体上景观斑块形状简单,水域的分维数最小,受干扰最大;天然乔木的分离度最小,最大的为水域,天然乔木连片面积较大,斑块数量较少,因此分离度最小;总体来看,破碎度最小的为天然乔木,最大的为建设用地;从景观形状指数来看,建设用地相对较大,最小的为水域。从时间变化上来看,灌木的分维数变化趋势为“降低—增加—降低”,处于受不定向干扰状态,建设用地、裸地、农地

的分维数变化趋势为“降低—增加”,人工乔木、水域、天然乔木的分维数逐渐增加,说明建设用地、裸地、农地、人工乔木、水域、天然乔木等景观类型受干扰程度在逐渐降低;灌木、建设用地、裸地、人工乔木的分离度有逐渐降低的趋势,农地、水域的分离度增加,天然乔木的分离度基本不变;受景观类型的转变,如部分灌木和农地转变为人工乔木,景观的破碎度降低,建设用地、人工乔木、水域的破碎度增加,裸地的破碎度降低后又增加,天然乔木的破碎度增加后又降低。从景观形状指数来看,除了灌木为降低以外,其余景观类型的形状指数为逐渐增加,增幅最大的为建设用地,达 1.94,其次为人工乔木,达 1.67。从各项指标综合变化特征来看,水目山片区人为干扰区域相对固定,主要干扰区域位于寺庙观光区,其它区域如农地及人工乔木等具有生产经营性的地块干扰也较大,造成该变化的主要驱动力为人类活动,但由于该区域属水目山旅游核心景区,受相关单位监管,过去受干扰程度大的区域随着时间的变化,干扰程度有逐渐降低的趋势(表 3)。

表 3 水目山片区景观格局指数变化特征

Tab. 3 Change characteristics of landscape pattern index in Shuimu Mountain area

年份	指标	灌木	建设用地	裸地	农地	人工乔木	水域	天然乔木
2010	分维数	1.2703	1.3448	1.3014	1.2807	1.1901	1.1167	1.2006
	分离度	0.0155	0.1533	0.0220	0.0306	0.0234	0.2670	0.0004
	破碎度	0.1593	0.2567	0.1770	0.2390	0.0266	0.0177	0.0620
	景观形状指数	5.90	6.74	6.91	5.90	3.11	1.73	5.10
2014	分维数	1.2423	1.3432	1.2255	1.2789	1.2165	1.1167	1.2091
	分离度	0.0153	0.1095	0.0268	0.0621	0.0056	0.2670	0.0005
	破碎度	0.1044	0.3391	0.0783	0.2174	0.1044	0.0174	0.0783
	景观形状指数	4.80	7.25	3.98	5.25	4.53	1.73	5.43
2017	分维数	1.2438	1.3549	1.3026	1.2892	1.2237	1.1321	1.2122
	分离度	0.0124	0.1111	0.0535	0.0623	0.0066	0.2467	0.0005
	破碎度	0.0930	0.3798	0.0698	0.1783	0.1318	0.0233	0.0698
	景观形状指数	4.97	7.89	5.76	5.55	4.76	1.88	5.57
2019	分维数	1.2278	1.3646	1.3041	1.2966	1.2242	1.1520	1.2161
	分离度	0.0114	0.0979	0.0474	0.0631	0.0066	0.3199	0.0005
	破碎度	0.0774	0.4083	0.0774	0.1760	0.1197	0.0282	0.0634
	景观形状指数	4.50	8.68	6.00	5.82	4.78	2.05	5.75

清水河片区各景观类型的分维数在 4 个时期也均小于 1.5,建设用地的分维数最小,受干扰最大,

分维数最大的为裸地;分离度最大的为建设用地,最小的为天然乔木;破碎度最大的为裸地,最小的为天

然乔木;景观形状指数最大的为裸地,最小的为建设用地。各景观类型指数在时间上的动态变化相比水目山片区较为复杂,灌木、农地的分维数逐渐降低,建设用地、人工乔木、天然乔木、未成林造林地的分维数先增后减,裸地的分维数降低后增加;其它指标

因受该区域火灾、工程建设(水库)、移民搬迁、核桃种植等因素的影响,各数值的变化无一定规律,特别是未成林造林地,其各数值的增减变化更为不确定(表4)。

表 4 清水河片区景观格局指数变化特征

Tab. 4 Change characteristics of landscape pattern index in Qingshui River area

年份	指标	灌木	建设用地	裸地	农地	人工乔木	天然乔木	未成林造林地
2010	分维数	1.3503	1.2683	1.4188	1.3366	1.3258	1.2834	1.3237
	分离度	0.0149	0.5291	0.0180	0.0114	0.0253	0.0002	0.0172
	破碎度	0.1619	0.0307	0.5309	0.1455	0.0656	0.0287	0.0225
	景观形状指数	13.45	4.07	24.31	12.59	9.57	13.02	9.25
2014	分维数	1.3397	1.2723	1.4092	1.3306	1.3658	1.2897	1.2765
	分离度	0.0142	0.5273	0.0128	0.0116	0.0149	0.0003	0.0836
	破碎度	0.1329	0.0304	0.5334	0.1177	0.1139	0.0418	0.0171
	景观形状指数	12.40	4.17	24.44	11.87	14.71	13.72	5.31
2017	分维数	1.3281	1.2375	1.4128	1.3177	1.3812	1.2943	1.3089
	分离度	0.0090	0.3764	0.0148	0.0120	0.0145	0.0003	0.0388
	破碎度	0.1446	0.0261	0.4843	0.0836	0.1672	0.0418	0.0401
	景观形状指数	12.44	3.61	24.36	10.51	17.32	14.25	7.77
2019	分维数	1.3219	1.2260	1.4153	1.3026	1.3783	1.2911	1.3074
	分离度	0.0092	0.3244	0.0150	0.0129	0.0135	0.0003	0.0380
	破碎度	0.1310	0.0236	0.5002	0.0691	0.1819	0.0455	0.0364
	景观形状指数	11.68	3.42	24.73	9.14	17.24	13.87	7.64

整体上森林公园清水河片区的景观多样性要高于水目山片区,但 2 个片区的香农多样性指数与香农均匀度指数之间的变化趋势是基本一致的。水目山片区 2 个指数的变化趋势为“增—减—增”,清水河片区两者的变化趋势为“增—减”,总体上 2019 年 2 个片区的指数均高于 2010 年(表 5)。

3.2 景观类型脆弱性

3.2.1 景观水平

在前文相关指数的基础上,通过相关模型进一步计算该区域各景观类型的脆弱度指数(表 6)。

由表 6 可知,水目山片区的 7 个景观类型中,脆弱度指数最高的为建设用地,最低的为天然乔木,表明建设用地的景观系统稳定性较差,敏感性高,天然乔木的系统稳定性相对较高,敏感性低;清水河片区景观类型脆弱性指数最高的为裸地,其次为建设用地,最小的为天然乔木。从时间变化水平上来看,水目山片区的灌木、农地、人工乔木及天然乔木等 4 种

表 5 研究区域景观多样性

Tab. 5 Landscape diversity of the study area

片区	年份	香农多样性指数	香农均匀度指数
水目山	2010	0.5102	0.2622
	2014	0.6396	0.3287
	2017	0.6316	0.3246
	2019	0.6554	0.3368
清水河	2010	0.6258	0.3216
	2014	0.6916	0.3554
	2017	0.7704	0.3959
	2019	0.7445	0.3826

景观类型的脆弱性指数有“减”、“增—减”2 种变化趋势,但总体上呈减少趋势,建设用地、裸地及水域的脆弱性指数呈增加趋势;清水河片区灌木、建设用地、农地及未成林造林地的脆弱性指数呈现“减—

表 6 景观类型脆弱性指数
Tab. 6 Vulnerability index of landscape type

片区	年份	灌木	建设用地	裸地	农地	人工乔木	水域	天然乔木	未成林造林地
水目山	2010	0.1989	0.2901	0.2078	0.2451	0.1388	0.2228	0.1488	
	2014	0.1723	0.3192	0.1638	0.2443	0.1714	0.2227	0.1566	
	2017	0.1652	0.3403	0.1615	0.2228	0.1855	0.2173	0.1518	
	2019	0.1581	0.3502	0.1634	0.2213	0.1791	0.2421	0.1481	
清水河	2010	0.1936	0.3020	0.3845	0.1848	0.1481		0.1237	0.1228
	2014	0.1788	0.3009	0.3847	0.1706	0.1670		0.1301	0.1459
	2017	0.1842	0.2515	0.3592	0.1538	0.1939		0.1297	0.1404
	2019	0.1775	0.2339	0.3675	0.1477	0.2015		0.1319	0.1383

增—减”、“减”、“增—减”3种变化趋势,总体上呈减少趋势,其余景观类型的脆弱性指数呈增加趋势。在2个片区共有的建设用地、人工乔木及天然乔木3种景观类型中,其景观类型的脆弱性指数变化趋势相反。

3.2.2 区域水平

上述景观类型脆弱度指数只反映了研究区域内各景观类型的脆弱性特征,并不能从空间上反映整

个区域的生态环境脆弱性特征,为此通过相关模型在景观类型脆弱度和区域生态环境脆弱性之间建立联系。为了能够将2个片区不同区域生态环境脆弱性直观地呈现出来,本文以林班为分区单位,通过生态环境脆弱度模型计算各分区不同时期的脆弱度,对所得分区脆弱度值进行等距分级,共分为6级,以此获得森林公园不同时空的生态环境脆弱性分布图(图2)。

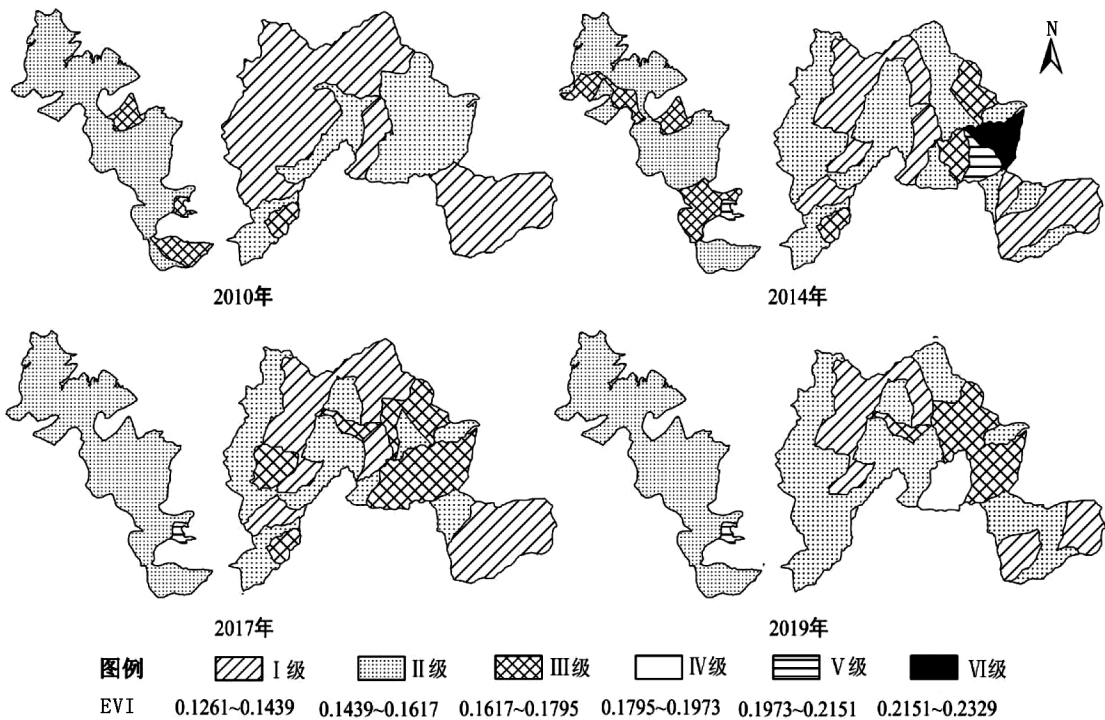


图 2 区域生态环境脆弱性分布

Fig. 2 Vulnerability distribution of regional ecological environment

由图2可知,水目山片区2010—2019年的脆弱性处在II~V级之间,以II级所占面积最大,水目山旅游区因受人为干扰较大,自2014年起脆弱性一直

处于V级水平。水目山旅游区西侧及中段偏北区域2014年出现部分III级区,主要是受火灾及人工乔木经济林的影响,但自2017年以后降为II级;清水河

片区脆弱性包含 I ~ VI 级, I 级区所占面积逐渐减小, II 级区面积逐渐增大, III 级区面积相对 2010 年也明显增大。总体上 III ~ VI 级区的分布范围与人类活动频繁区域关系密切。

同一时期内,水目山片区的生态环境脆弱性高于清水河片区,从时间变化上来看,水目山片区呈“先增后减”趋势,且 2019 年的脆弱性低于 2010 年;清水河片区呈“增加—减少—增加”趋势,2014—2019 年的脆弱性均高于 2010 年(表 7)。水目山为文化旅游区,其周围村庄分布密集,呈现为“森林孤岛”,而清水河片区面积广阔,仅部分边缘地带分布零星村庄,干扰相对水目山要小得多。

表 7 研究区域生态环境脆弱度

Tab. 7 Vulnerability of ecological environment in the study area

片区	2010 年	2014 年	2017 年	2019 年
水目山	0.1555	0.1610	0.1580	0.1546
清水河	0.1414	0.1524	0.1500	0.1516

4 结论与讨论

通过对森林公园的土地利用类型进行区划分类和统计,在此基础上应用景观格局相关指标对森林公园生态环境脆弱性进行定量分析。

1) 森林公园 2 个片区的景观类型以天然乔木为主,建设用地、人工乔木面积随时间变化而增大,农地面积则明显减少。森林公园分布于山区,海拔介于 2 040 ~ 3 241 m 之间,因此林地面积占比最大。由于历史原因,森林公园未及时建立和划定相关管理界线,区域内难免存在零星的居民点、农地、庙宇及其它特殊用地,一些沟谷、荒坡被开垦或更替为乔木经济林,随着人口数量的增加及退耕还林政策的实施,人工乔木面积逐渐增大,农地面积逐渐减少。

2) 森林公园各景观类型的斑块形状较为简单,2 个片区的分维数均小于 1.5;水目山片区的水域和清水河片区的建设用地分离度相对较大;水目山片区的建设用地和清水河片区的裸地破碎度和景观形状指数均最大。总体而言,水目山片区灌木、农地、天然乔木破碎度有降低的趋势,受干扰程度降低,清水河片区裸地、人工乔木、天然乔木破碎度有逐渐增加的趋势。森林公园所在区域人口稀少,大部分景观类型的演变主要靠自然因素来驱动,人为影响幅

度较小,所以大部分景观类型的斑块形状不会受到较大的影响,仅部分低海拔区域的灌木、裸地受干扰较大。水目山片区大部分属于祥云水目山州级自然保护区的管辖区,资源管护力度较大,人为干扰幅度受到限制。

3) 2010—2019 年,森林公园的景观类型整体多样性水平较低,清水河片区的多样性略高于水目山片区,总体上有随时间变化而均匀化增大的趋势。森林公园的主体景观类型为有林地,其它类型面积占比较小,受区位的影响,景观类型多样性的提升空间较小,因此景观多样性指数较低,随着景观斑块数量的增加,趋向于均匀化发展。

4) 各景观类型中,建设用地、裸地、农地的生态环境脆弱性较高,天然乔木的生态环境脆弱性较低。随着时间推移,水目山片区灌木、农地、人工乔木及天然乔木的脆弱性指数总体上呈降低趋势,建设用地、裸地及水域的脆弱性指数呈增加趋势;清水河片区灌木、建设用地、农地及未成林造林地的脆弱性指数呈降低趋势,其余景观类型的脆弱性指数呈增加趋势。出现上述变化主要是受人为干扰程度的影响,脆弱性较高的区域,景观的动态变化幅度也较大,这与区域管理强度存在一定关系,水目山片区距城镇较近,受乡镇、林场、旅游部门、民宗局等多个部门管理,所以受干扰幅度较小;清水河片区为新建区,距离城镇较远,过去管理强度不高,资源破坏程度相对较高。

5) 总体而言,水目山片区的生态环境脆弱性要高于清水河片区。随着时间变化,水目山片区生态环境脆弱性有逐渐降低的趋势;清水河片区的生态环境脆弱性变化趋向不稳定,其 2019 年的脆弱度远高于 2010 年,逐渐增大的可能性较大。从整体上看,高级区(III ~ VI 级)主要分布于人类活动频繁区域。

参考文献:

[1] 肖笃宁,解伏菊,魏建兵. 区域生态建设与景观生态学的使命[J]. 应用生态学报,2004,15(10):1731-1736.
 [2] 张艳芳,任志远. 景观尺度上的区域生态安全研究[J]. 西北大学学报(自然科学版),2005,35(6):815-818.
 [3] 邱彭华,徐颂军,谢跟踪,等. 基于景观格局和生态敏感性的海南西部地区生态脆弱性分析[J]. 生态学报,2007,27(4):1257-1264.

(下转第 88 页)

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2021.02.006

镇沅县思茅松天然林空间结构特征分析

杨启运¹, 施凯泽¹, 施俊美²

(1. 云南省林业调查规划院, 云南 昆明 650051; 2. 云南省林业调查规划院大理分院, 云南 大理 671000)

摘要:以云南省镇沅县思茅松天然林为研究对象,对森林资源连续清查的固定样地进行调查,应用林分角尺度、林分混交度和林分大小比数等空间结构指标,对思茅松天然林空间分布格局、树种隔离程度和林木生长竞争等进行综合分析。结果表明,在林木空间配置上,林分平均角尺度达0.53,反映出思茅松天然林主要呈现聚集分布的空间分布格局;在思茅松天然林分的树种混交方面呈现零度到弱度的空间隔离程度,树种混交程度较低,存在相同树种聚集生长现象,随着径阶组由小到大,思茅松天然林分的混交度逐渐由高到低,表现出由中度混交到弱度混交再到零度混交的趋势;在林木生长竞争方面,研究区思茅松天然林林木主要呈现中庸状态。

关键词:思茅松天然林;空间结构;角尺度;隔离程度;混交度;林木生长竞争;大小比数;镇沅县

中图分类号:S791.25911;S718.542 文献标志码:A 文章编号:1671-3168(2021)02-0031-12

引文格式:杨启运,施凯泽,施俊美.镇沅县思茅松天然林空间结构特征分析[J].林业调查规划,2021,46(2):31-42.

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2021.02.006

YANG Qiyun, SHI Kaize, SHI Junmei. Spatial Structure Characteristics of *Pinus kesiya* Natural Forest in Zhenyuan County [J]. Forest Inventory and Planning, 2021, 46(2): 31-42. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2021.02.006

Spatial Structure Characteristics of *Pinus kesiya* Natural Forest in Zhenyuan County

YANG Qiyun¹, SHI Kaize¹, SHI Junmei²

(1. Yunnan Institute of Forest Inventory and Planning, Kunming 650051, China;

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

Abstract: The fixed sample plots of continuous forest inventory were investigated, and the spatial structure indexes such as forest stand average uniform angle, stand mixing degree and average neighborhood comparison were applied to analyze the spatial distribution pattern, tree species isolation and growth competition of *Pinus kesiya* natural forest in Zhenyuan County. The results showed that the stand average uniform angle was 0.53, which reflected the aggregation distribution pattern of *Pinus kesiya* natural forest; the spatial isolation degree of tree species was from zero to weak, and the degree of tree species mixing was low with the aggregation growth status of the same tree species, and the mixed degree of the stand was gradually from high to low with the increase of diameter class group, showing a trend from moderate mixed to weak mixed and then to zero mixed; the growth competition of *Pinus kesiya* natural forest in the study

收稿日期:2020-07-30.

第一作者:杨启运(1991-),河南周口人,硕士,助理工程师.从事森林经理学与森林资源管理方向的研究.

责任作者:施俊美(1969-),云南鹤庆人,高级工程师.长期从事林业调查规划工作.

area mainly showed a moderate state.

Key words: *Pinus kesiya* natural forest; spatial structure; average uniform angle; isolation degree; mixing degree; forest growth competition; average neighborhood comparison; Zhenyuan County

林分结构反映了林分内部各因子的表现形式和规律,探讨这些规律,对制订森林经营技术、编制经营数表及林分调查具有重要意义。林分空间结构可以反映出林木的位置和空间排列方式等空间结构信息,林分未来的稳定性、优化的可能性和可经营空间范围很大程度上由其决定^[1]。因此,研究林分的空间结构特征,对挖掘天然林的全方面效益具有十分重要的理论和现实指导意义。

思茅松(*Pinus kesiya*)系松科松属常绿乔木,高可达 30 m,胸径达 60 cm。思茅松树干端直,材质优于云南松,供建筑、枕木、矿柱等用,树干可采松脂,树皮可提取烤胶,是重要的用材、产脂、林化工原料树种和重要的栽植树种,具有生长快、质量高、产脂高和生长适应性强等优良特点^[2]。针对思茅松的研究主要触及思茅松天然林群落生态学、光合生理生态、林木育种等方面,本文运用空间结构参数定量研究分析思茅松天然林的空间结构特征。

1 研究区概况

镇沅彝族哈尼族拉祜族自治县位于云南省西南部,普洱市北部,地处东经 100°21′~101°31′、北纬 23°34′~24°22′,是一个集山区、农业、民族、贫困为一体的少数民族自治县^[3],县域内群山并起且山体庞大,奇峰跃起,沟谷纵横,全县最高点海拔 3 165.9 m;最低点海拔仅 774 m 相对高差 2 391.9 m,地势高差差异奇大,主要地貌为深切中山山地地貌,属于南亚热带季风气候区,具有雨热同季、干湿季分明,光照时间充足的气候特点。由于高原山地的海拔和地貌因素,气候垂直变化程度非常明显,县城年均温 18.9℃,≥10℃活动积温 6 651.4℃,全年日照时间 2 064 h。

镇沅县是国内一类林区县,云南省重点林区县,是思茅松集中分布区。据 2016 年镇沅县最新一轮森林资源设计调查(二类调查)成果数据,全县土地总面积为 41.45 万 hm²,其中:林地面积 34.22 万 hm²,非林地面积 7.23 万 hm²。全县活立木总蓄积 3 434.12 万 m³。林业部门管理的林地中,公益林面积 8.59 万 hm²,商品林面积 23.23 万 hm²。全县森林面积 29.84 万 hm²,蓄积 3 424.46 万 m³,全县森林覆盖率 71.99%。

2 研究方法

采用云南省第九次森林资源连续清查镇沅县部分共计 58 块标准样地,采用典型抽样法,根据研究需挑选出 14 块以思茅松为优势树种、几乎无人为干扰、保护较好的天然林典型样地。调查样地面积为 28.28 m×28.28 m,编号分别为 1、2、3、……14。利用罗盘仪、卷尺等设备对样地内胸径大于 5cm 的每株主干明显的活立木或乔木化的灌木树种进行位置确定和记录,以样地西南角正东方向作为横坐标 X 轴,正北方向为纵坐标 Y 轴,确定每株检尺样木的相对位置,并测定每株活立木的胸径、树种等测树因子,调查记录样地林分平均年龄、郁闭度以及相关立地因子。对所收集的数据进行相关统计和整理,以此作为研究思茅松天然林空间结构规律的基本数据。样地的基本信息见表 1,图 1。

林分空间结构的研究可以分别从林分的空间分布格局、树种隔离程度及林木个体竞争 3 个方面进行描述,本文采用角尺度量化分析林分的空间分布格局,采用混交度量并分析林分树种隔离程度,采用大小比数量化分析林木个体的竞争程度。

2.1 林分空间结构单元的确定

林分空间结构单元是林分内一株树木与其四周最近的若干株相邻木组成的单元,单元内中心的树木被称为目标树,而单元内其它与目标树最近相邻的若干树木称为最近邻木。最近邻木的株数是确定林分空间结构单元大小的最重要因素,但对最近邻木株数的选取与确定尚未形成统一的观点。确定最近邻木的株数是构建林分空间结构单元的基础,是研究林分空间结构必须要解决的问题。最近邻木株数的值应该满足现有研究需要,以花费较少的成本在野外轻松地获得。经分析,研究角尺度时需要形成夹角,所以最近邻木的株数要大于或等于 2,但又要考虑到第二和第三邻木,所以惠刚盈认为最近邻木的株数为 4 比较适合研究的需要^[4],安慧君则在研究林分空间结构时采用 4 株最近邻木获得了不错的分析结果^[5]。

综上所述,本文决定用 4 株最近邻木与目标树构成林空间结构单元,以此为基础分析思茅松天然林分空间结构特征。

表 1 样地基本情况

Tab. 1 Basic statistics of sample plot

样地编号	平均胸径/cm	平均树高/m	郁闭度	树种组成	龄组	密度/(株·hm ⁻²)	海拔/m	土层厚度/cm	坡向	坡度/(°)
1	18.1	14.7	0.41	10 思-其他	近熟林	788	1170	80	西南	22
2	15.3	14.7	0.30	7 思 1 锥 1 栎 1 茶	近熟林	1450	1280	80	东北	28
3	13.7	9.7	0.27	10 思-其他	幼龄林	1100	1695	71	东北	30
4	12.5	7.4	0.27	7 思 3 其他	中龄林	1150	1510	90	东北	35
5	14.2	12.6	0.75	9 思 1 其他	近熟林	2100	1840	74	东	25
6	17.6	13.3	0.62	5 思 3 其他 2 麻	近熟林	1438	1510	80	东	37
7	19.3	18.2	0.32	5 思 3 其他 2 木	近熟林	1100	1500	80	东南	34
8	14.1	13.6	0.70	9 思 1 其他	中龄林	1750	1470	90	东南	25
9	17.8	15.5	0.76	4 思 3 其他 2 南 1 高	成熟林	1950	1560	62	东南	18
10	19.5	11.7	0.57	7 思 2 其他 1 香	成熟林	1088	1340	100	南	35
11	8.8	7.9	0.60	5 思 2 华 2 其他 1 川	幼龄林	1925	1330	80	西南	15
12	13.0	9.5	0.70	5 思 2 杨 2 其他 1 红	中龄林	1350	2090	80	东南	18
13	14.9	10.7	0.27	9 思 1 其他	成熟林	1100	1520	75	东	28
14	15.3	10.4	0.58	9 思 1 其他	中龄林	500	1210	80	北	31

注:思-思茅松,锥-椎连栎,栎-其他栎类,杨-杨梅,红-红木荷,其它-其他阔叶,华-华南石栎,川-川梨,麻-麻栎,茶-茶梨,木-木荷,南-南烛。

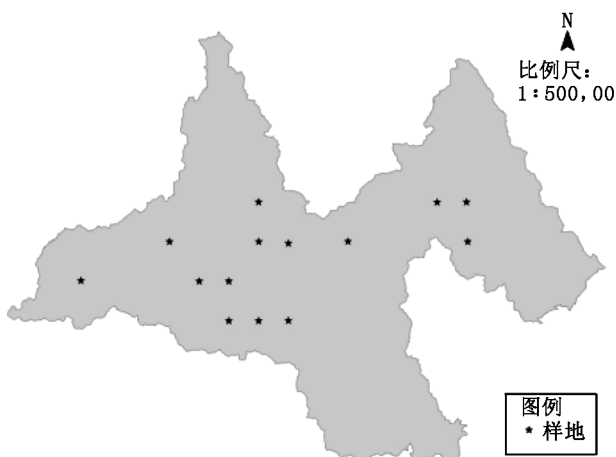


图 1 样地分布

Fig. 1 Location of sample plot

2.2 空间分布格局

角尺度是新提出的一个林木空间分布格局指数。以目标树为起点,可以与任何 2 株最近邻木形成 2 个夹角,其中一个小角 α 和一个大角 β ,则有 $\alpha + \beta = 360^\circ$ 。

角尺度 W_i 被定义为 α 角小于标准角 α_0 的个数占所处空间结构单元内的 4 个角的比例。 W_i 的值越小,说明目标树附近的 4 株最近邻木分布越均

匀。惠刚盈等通过对角尺度标准角的不断验证与研究,最终认为标准角取值为 72° 较为合适,即当标准角取值为 72° 时的结果可以用来当做标准作为参考。角尺度 W_i 用下式来表示:

$$W_i = \frac{1}{4} \sum_{j=1}^4 z_{ij} \tag{1}$$

式中: W_i 为角尺度;

$$z_{ij} = \begin{cases} 1 & (\text{当第 } j \text{ 个 } \alpha \text{ 角小于标准角 } \alpha_0) \\ 0 & (\text{否则}) \end{cases} \tag{2}$$

W_i 的取值分为 5 种情况,当 $W_i = 0$ 时,表示 4 个 α 角都大于或等于 72° ,说明 4 株最近邻木在目标树周围分布很均匀;当 $W_i = 0.25$ 时,表示 1 个 α 角小于 72° ,说明 4 株最近邻木在目标树周围分布均匀;当 $W_i = 0.5$ 时,表示 2 个 α 角小于 72° ,说明 4 株最近邻木在目标树周围分布随机;当 $W_i = 0.75$ 时,表示 3 个 α 角小于 72° ,说明 4 株最近邻木在目标树周围分布不均匀;当 $W_i = 1$ 时,表示所有 α 角小于 72° ,说明 4 株最近邻木在目标树周围分布很不均匀。

由 W_i 值的分布频率可以很好地描述林分中林木个体的空间分布格局,如果要分析整个林分的空间分布特征,需要研究角尺度分布的均值 \bar{W} ,以平均

角尺度 \bar{W} 的置信区间可以更准确地判定^[6]。均值 (\bar{W}) 的计算公式为:

$$\bar{W} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N W_i \quad (3)$$

式中: N 为样地内林木株数; W_i 为第 i 株树木的角尺度。

惠刚盈等通过大量的模拟工作,用严谨的理论方法推导得出,当角尺度的值处于 0.475~0.517 之间时,林分呈随机分布;当 $\bar{W} > 0.517$ 时,林分呈聚集分布;当 $\bar{W} < 0.475$ 时,林分呈均匀分布^[7]。

2.3 树种空间隔离程度

混交度 (M_i) 可以用来描述混交林的树种空间隔离程度,其被定义为与目标树组成的空间结构单元内的 4 株最近邻木中与目标树不是同一树种的个体所占的比例。混交度的公式为:

$$M_i = \frac{1}{4} \sum_{j=1}^4 v_{ij} \quad (4)$$

式中: M_i 为目标树 i 的混角度; v_{ij} 为离散变量,若目标树 i 与第 j 株最近邻木不是同一树种时, $v_{ij} = 1$, 否则, $v_{ij} = 0$ 。混交度表面上描述的是目标树附近的最近邻木不是同一树种的概率,实质反映的是树种隔离程度。在一个林分空间结构单元里, M_i 的取值分为 5 种情况,分别对应零度、弱度、中度、强度、极强度混交,其说明在此结构单元中树种的隔离程度,其强度同样以中度级为分水岭。具体表示:当 $M_i = 0$ 时,表示相邻木与目标树均为同一树种;当 $M_i = 0.25$ 时,表示有 1 株相邻木与目标树为不同树种;当 $M_i = 0.5$ 时,表示有 2 株相邻木与目标树为不同树种;当 $M_i = 0.75$ 时,表示有 3 株相邻木与目标树为不同树种;当 $M_i = 1$ 时,表示有 4 株相邻木与目标树为不同树种。

按照上述公式得出的混交度是以某个目标树为特定中心的局部混交度,而对于林分则需计算平均混交度,公式为:

$$\bar{M} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N M_i \quad (5)$$

式中: N 为样地内林木株数; M_i 为第 i 株树木的混交度。

2.4 林木个体生长竞争

大小比数 (U_i) 可以用来描述树木的大小分化程度,被定义成在某个林分空间结构单元内大于目标树的相邻木株数占 4 株最近邻木株数的比例。公式为:

$$U_i = \frac{1}{4} \sum_{j=1}^4 k_{ij} \quad (6)$$

式中: U_i 为大小比数;

$$k_{ij} = \begin{cases} 1 & (\text{相邻木 } j \text{ 比目标树 } i \text{ 大}) \\ 0 & (\text{否则}) \end{cases} \quad (7)$$

U_i 的取值分为 5 种情况,当 $U_i = 0$ 时,表示所有相邻木均小于目标树,说明目标树在 4 株最近邻木组成的空间结构单元中的生态位表现为优势;当 $U_i = 0.25$ 时,表示有 3 株相邻木小于目标树,说明目标树在 4 株最近邻木组成的空间结构单元中的生态位表现为亚优势;当 $U_i = 0.5$ 时,表示有 2 株相邻木小于目标树,说明目标树在 4 株最近邻木组成的空间结构单元中的生态位表现为中庸;当 $U_i = 0.75$ 时,表示有 1 株相邻木小于目标树,说明目标树在 4 株最近邻木组成的空间结构单元中的生态位表现为劣汰;当 $U_i = 1$ 时,表示所有相邻木均不小于目标树,说明目标树在 4 株最近邻木组成的空间结构单元中的生态位表现为绝对劣汰。

按照上述公式得出的大小比数是以某个目标树为特定中心的局部大小比数,而对林分则需计算平均大小比数,公式为:

$$\bar{U} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N U_i \quad (8)$$

式中: N 为样地内林木株数; U_i 为第 i 株树木的大小比数。

2.5 边缘木的处理

由于样地边缘的目标树的最近邻木可能位于样地之外,存在一定的边缘效应^[8],因此必须进行边缘校正。周红敏等人的研究中,缓冲区的设定方法主要有距离缓冲区法、8 邻域平移式、8 邻域对称式和第 4 邻体距离判定法^[9],本研究采用 8 邻域平移式的方法并设置 28.28 m 宽度的缓冲区,以原样地为核心区。对核心区的每一株达到检尺(大于或等于 5 cm)的林木或乔木化的灌木均当做目标树参与计算各个空间结构参数,而缓冲区的树木只当作邻近木参与计算。

3 结果与分析

3.1 林木空间分布格局

3.1.1 全林木空间分布格局

据统计的 14 个标准样地数据,利用 Winkelmass 和 Excel 软件进行计算和统计思茅松天然林的林分角尺度及其分布频率,结果见表 2,图 2。

表 2 林分平均角尺度及分布频率

Tab. 2 Distribution of forest stand average uniform angle index

样地编号	分布频率/%					林分角尺度 (\bar{W})
	0	0.25	0.5	0.75	1	
1	0.00	17.86	53.57	21.43	7.14	0.5446
2	0.00	18.37	59.18	16.33	6.12	0.5255
3	0.00	9.62	51.92	25.00	13.46	0.6058
4	0.00	15.52	53.45	20.69	10.34	0.5647
5	0.00	28.77	49.32	17.81	4.11	0.4932
6	0.00	21.28	55.32	17.02	6.38	0.5213
7	0.00	21.87	68.75	6.25	3.13	0.4766
8	3.28	16.39	65.57	13.11	1.65	0.4836
9	0.00	12.70	61.90	22.22	3.18	0.5397
10	0.00	8.82	76.47	8.82	5.89	0.5294
11	3.08	16.92	47.69	23.08	9.23	0.5462
12	0.00	20.45	54.55	18.18	6.82	0.5284
13	0.00	15.00	47.50	35.00	2.50	0.5625
14	5.56	16.66	61.11	16.67	0.00	0.4722
全林分均值	0.85	17.16	57.59	18.69	5.71	0.5281

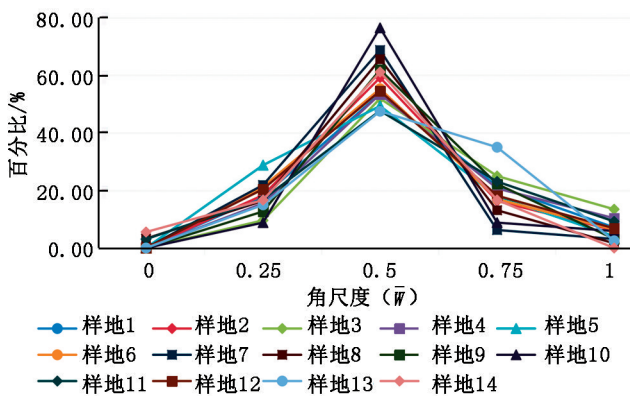


图 2 林分角尺度分布频率

Fig. 2 Distribution of forest stand average uniform angle index

从图 2 综合 14 个标准样地的角尺度分布频率绘制的角尺度折线图可以看出,角尺度取值为 0.5 的比例最大,其次是取值为 0.75,其他取值频率大小按顺序分别为 0.25、1 和 0,整个折线图表现为大致的正态分布形态,且以随机分布为分水岭,在研究区域的样地里,如果只从角尺度取值分布的比例上看,可以得出思茅松天然林林分内随机分布的林木

所占比例最大,然后是聚集分布,最少的是呈绝对均匀分布的林木。在所有样地组成的大林分里,经过统计计算,林分平均角尺度取值达 0.53,大于 [0.475-0.517] 的上限,说明思茅松天然林林分空间分布主要呈聚集分布。

从表 2 可以看出,各标准样地的角尺度在 0.5 时分布频率均为最大,其中有 11 块标准样地的分布频率达到了 50% 以上,而角尺度取值为 0 时频率分布最小,只有 8、11 和 14 号标准样地分别为 3.28%、3.08% 和 5.56%,其他均为 0.00%。表明在思茅松林分内大多数林木呈随机分布,而最少的是呈绝对均匀分布的林木。在 14 块标准样地中,5、7 和 8 号标准样地的平均角尺度均在 0.475~0.517 的置信区间内,说明这几块样地的林分表现为随机分布的空间分布格局;剩余的其他样地中 14 号标准样地的角尺度低于 [0.475-0.517] 的下限,说明 14 号标准样地构成的林分空间分布格局整体偏向均匀分布,表示样地内的林木作为目标树时,其周围的 4 株最近邻木相对目标树的位置呈相对均匀分布状态的林木数量最多;剩余的其他 10 块标准样地的角尺度均大于 [0.475-0.517] 的上限,表示这 10 块标准地的林分整体上呈聚集分布状态。

总之,在研究区范围中,思茅松林分总体上呈聚集分布的空间分布格局,这与思茅松天然林分所生长的状态相一致。

3.1.2 思茅松树种空间分布格局

为进一步分析思茅松天然林分中思茅松树种的空间结构,利用 Winkelmass 和 Excel 软件进行计算和统计以思茅松为目标树时的角尺度及其分布频率,结果见表 3,图 3。

由表 3 和图 3 可以看出,在所有样地中思茅松树种的角尺度均值、分布频率与整个林分所有林木的角尺度均值及分布频率趋势相近。取值为 0.5 时所占的比例均为最大,绝对均匀分布和均匀分布 2 个维度所占的比例为 18.03%,而聚集分布和绝对聚集分布 2 个维度所占的比例为 24.39%,单从角尺度的频率分布上看,思茅松林木的空间分布多呈随机分布,但从整个林分看,思茅松的角尺度 \bar{W} 取值为 0.5443,大于随机分布的上限 0.517,因此认为思茅松林木的空间分布格局呈聚集分布。

3.2 树种隔离程度

3.2.1 林分树种隔离程度

根据统计的 14 个标准样地数据,利用 Winkelmass 和 Excel 软件进行计算和统计思茅松天然林分

表 3 思茅松的角尺度及分布频率

Tab. 3 Distribution of *Pinus kesiya* stand average uniform angle index

样地编号	分布频率/%					思茅松角尺度 (\bar{W})
	0	0.25	0.5	0.75	1	
1	0.00	17.90	53.60	21.40	7.10	0.5443
2	0.00	18.40	59.20	16.30	6.10	0.5253
3	0.00	9.60	51.90	25.00	13.50	0.6060
4	0.00	15.50	53.40	20.70	10.40	0.5640
5	0.00	28.80	49.30	17.80	4.10	0.4930
6	0.00	21.30	55.30	17.00	6.40	0.5213
7	0.00	21.90	68.80	6.20	3.10	0.4763
8	3.30	16.40	65.60	13.10	1.60	0.4833
9	0.00	12.70	61.90	22.20	3.20	0.5398
10	0.00	8.80	76.50	8.80	5.90	0.5295
11	3.10	16.90	47.70	23.10	9.20	0.5460
12	0.00	20.50	54.50	18.20	6.80	0.5283
13	0.00	15.00	47.50	35.00	2.50	0.5625
14	5.60	16.70	61.00	16.70	0.00	0.4725
全林分均值	0.86	17.17	57.59	18.68	5.71	0.5443

混交度及其分布频率,结果见表 4 和图 4。

由表 4 和图 4 可以看出,1、2、3、5、8、11、13、14 号标准样地的混交度取值为 0 时的频率均大于 45%,1、3、5、8、13 号样地甚至超过了 80%,说明样

地内目标树周围 4 株最近邻木为相同树种的情况较多;7 号标准样地的混交度取值为 1 时的频率达到了 47%,说明样地内目标树周围 4 株最近邻木为不同树种的情况较多;4 号标准样地的取值为 0 和 0.25 时的频率分别达到最大,且取值为 0.5 和 1 时的频率也基本相同;6 号标准样地的混交度取值为 0.5 时的频率均大于其他取值的频率,说明样地内目标树与周围 4 株最近邻木的种类数量相对均衡。在样地平均混交度方面,1、3、5、8 和 13 号标准样地的取值为零或接近于 0,说明标准样地中林木平均树种隔离程度几为零度,另 2、4、11 和 14 号标准样地的取值均接近于 0.25,说明标准样地中林木平均树种隔离程度接近弱度,这与以上标准样地以思茅松为优势树种的纯林或相对纯林的事实相符合;6 和 10 号标准样地的取值接近 0.5,说明标准样地中林木平均树种隔离程度接近中度;7 和 12 号标准样地的取值接近 0.75,说明标准样地中林木平均树种隔离程度接近强度,这与以上样地树种数相对较多的情况相契合。

由表 4 可以看出,全林分平均混交度为 0.33,全林分混交度分布在零度混交和弱度混交的 2 个维度上的频率达到了 62%,强度混交和极强度混交的 2 个维度上的频率占 28%,而中度混交的频率仅为 10%,说明林分有较低的树种混交程度,表现出较低的种间相互隔离程度,同时也说明研究区域内的相同树种有聚集生长现象。

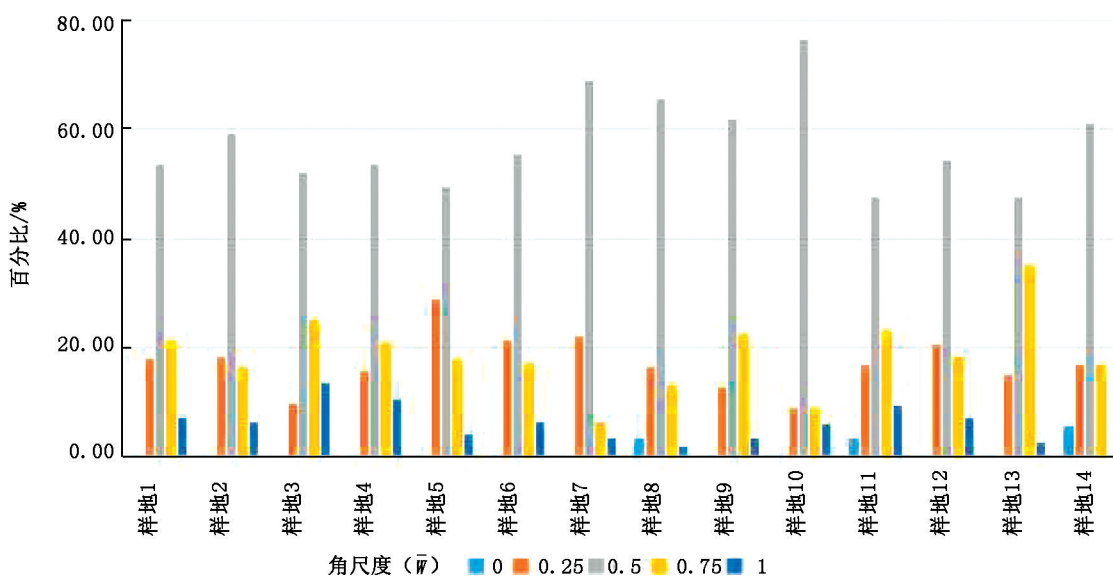


图 3 思茅松的角尺度及分布频率

Fig. 3 Distribution of *Pinus kesiya* stand average uniform angle index

表 4 林分混交度及分布频率

Tab. 4 Distribution of forest stand mixing degree

样地编号	分布频率/%					混交度 (\bar{M})
	0	0.25	0.5	0.75	1	
1	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0000
2	48.98	16.33	10.20	14.29	10.20	0.3010
3	94.23	3.85	0.00	0.00	1.92	0.0288
4	32.76	32.76	15.52	3.45	15.51	0.3405
5	94.52	2.74	1.37	0.00	1.37	0.0274
6	4.26	17.02	36.17	21.28	21.27	0.5957
7	0.00	6.25	9.38	37.50	46.87	0.8125
8	81.97	14.75	0.00	0.00	3.28	0.0697
9	0.00	9.52	19.05	33.33	38.10	0.7500
10	32.35	14.71	26.47	8.82	17.65	0.4118
11	46.16	6.15	15.38	20.00	12.31	0.3654
12	2.27	20.45	13.64	31.82	31.82	0.6761
13	80.00	7.50	2.50	5.00	5.00	0.1188
14	61.11	33.33	0.00	0.00	5.56	0.1389
全林分均值	48.7	13.24	10.46	12.54	15.06	0.3300

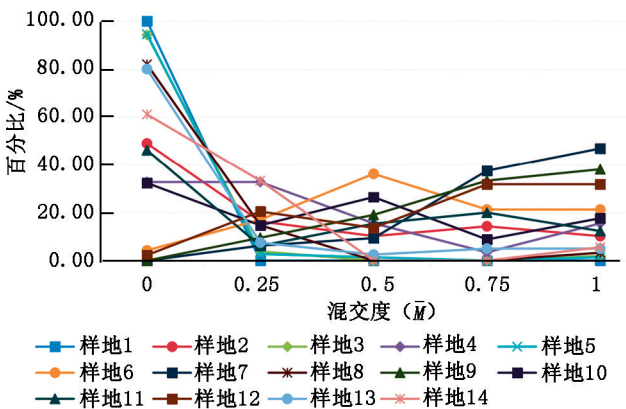


图 4 林分混交度及频率分布

Fig. 4 Distribution of forest stand mixing degree

3.2.2 不同径级组树种隔离程度

根据《国家林业局森林资源规划设计调查主要技术规定》,按以下标准对本研究所测林木进行径级组的区分,胸径在 5~13.9 cm 为小径组,14~25.9 cm 为中径组,26 cm 以上为大径组。利用 Winkel-mass 和 Excel 软件进行计算和统计不同径级组的混交度及其分布频率,结果见表 5、图 5、图 6 和图 7。

表 5 不同径级组树种的混交度及频率分布

Tab. 5 Distribution of forest stand mixing degree of different diameter groups

径级组	样地编号	分布频率/%					混交度 (\bar{M})
		0	0.25	0.5	0.75	1	
小径组	1	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0000
	2	31.04	20.69	10.34	24.14	13.79	0.4224
	3	91.89	5.41	0.00	0.00	2.70	0.0405
	4	30.23	32.56	16.28	4.65	16.28	0.3605
	5	95.74	2.13	0.00	0.00	2.13	0.0266
	6	3.85	7.69	38.46	19.23	30.77	0.6635
	7	0.00	6.25	0.00	43.75	50.00	0.8438
	8	78.05	17.07	0.00	0.00	4.88	0.0915
	9	0.00	10.42	14.58	31.25	43.75	0.7708
	10	38.10	14.29	9.52	9.52	28.57	0.4405
	11	46.88	6.25	15.63	20.30	10.94	0.3555
	12	4.63	15.74	20.37	35.19	24.07	0.6458
	13	84.61	7.69	3.85	3.85	0.00	0.0673
	14	61.54	30.77	0.00	0.00	7.69	0.1538
中径组	1	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0000
	2	75.00	10.00	10.00	0.00	5.00	0.1250
	3	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0000
	4	40.00	33.34	13.33	0.00	13.33	0.2833
	5	92.00	4.00	4.00	0.00	0.00	0.0300
	6	4.76	28.57	33.34	23.81	9.52	0.5119
	7	0.00	7.14	21.43	28.57	42.86	0.7679
	8	89.47	10.53	0.00	0.00	0.00	0.0263
	9	0.00	8.33	25.00	41.67	25.00	0.7083
	10	14.29	14.29	57.13	14.29	0.00	0.4286
	11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0000
	12	4.55	31.82	0.00	36.36	27.27	0.6250
	13	72.73	9.09	0.00	9.09	9.09	0.1818
	14	50.00	50.00	0.00	0.00	0.00	0.1250
大径组	1	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0000
	2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0000
	3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0000
	4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0000
	5	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0000
	6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0000
	7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0000
	8	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0000
	9	0.00	0.00	66.67	33.33	0.00	58.3325

续表 5

径级组	样地编号	分布频率/%					混交度 (\bar{M})
		0	0.25	0.5	0.75	1	
10	33.33	16.67	50.00	0.00	0.00	29.1675	
11	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	100.000	
12	0.00	0.00	28.57	42.86	28.57	75.0000	
13	66.67	0.00	0.00	0.00	33.33	33.3300	
14	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0000	

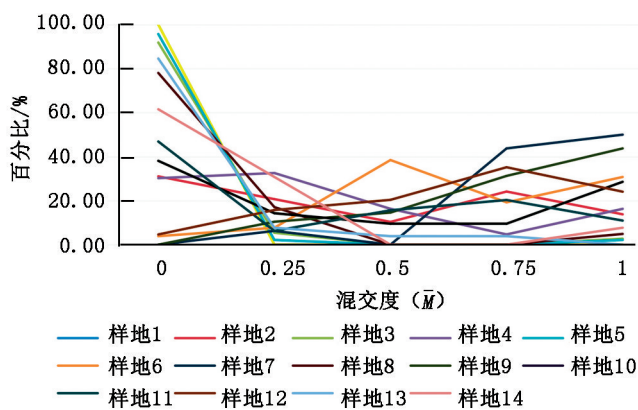


图 5 小径组混交度频率分布

Fig. 5 The broken line graph of mingling degree and distribution of Small Diameter Groups

从表 5 和图 5 可以看出,在小径组中,混交度的频率分布起伏较大,主要分布在两端,且取值为 0 的分布最多,在 14 块标准样地中取值为 0 的比例超过 46% 的有 7 个,取值为 1 的比例相对整体要低一些,但 7 号标准样地的比重达到了 50%,这可能与此样地内的混交树种较多有关。其次是取值为 0.75 的,有 3 个样地的比例在 30% 以上,这也表现出一定程度的混交。最少的是取值为 0.25 和 0.5 的,而在全林分上取值为 0 和 0.25 的比例达到了 60.25%,林分平均混交度取值为 0.3488,说明小径阶林分呈由中度混交向弱度混交的过渡状态。

从表 5 和图 6 可以看出,当胸径取值大于 14 cm 时,样地株数已减少了很多,11 号样地甚至不存在一株中径组的样木。而混交度取值为 0 的依然最多,表示以弱度但其他取值比例也并不悬殊,均在 12% 左右,而全林分混交度的取值为 0.2933,相对于小径组的 0.3488 要小,说明中径组的树种隔离程度有一定的减小,进一步靠近弱度混交。

从表 5 和图 7 可以看出,当胸径进一步提高到 26cm 时,林木株数急剧减少,且林分混交度的分布

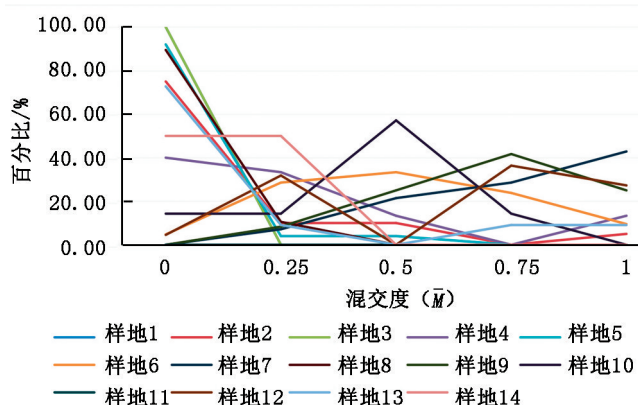


图 6 中径组混交度频率分布

Fig. 6 Distribution of forest stand mixing degree of middle diameter groups

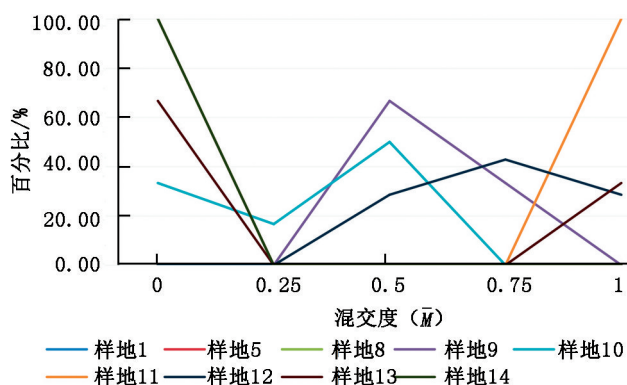


图 7 大径组混交度频率分布

Fig. 7 Distribution of forest stand mixing degree of large diameter groups

呈两极分化状态,即大径组的树种隔离程度存在零度混交到极强度混交。这可能是因为样地总体以思茅松树种为主,表现为零度到弱度混交,但个别样地存在其他大径阶树种,导致极强度混交的出现,但是零度混交仍然占据了主要部分。

整体来看,随着径阶组由小到大,思茅松天然林林分的混交度逐渐由高到低,表现出由中度混交到弱度混交再到零度混交的趋势。

3.2.3 思茅松树种隔离程度

为进一步分析思茅松天然林分中思茅松树种的空间隔离程度,利用 Winkelmass 和 Excel 软件进行计算和统计以思茅松为目标树时的混交度及其分布频率,结果见表 6 和图 8。

由表 6、图 8 可以看出,1、2、3、4、5、8、10、11、13 和 14 号 10 块标准样地表现为零度混交的比例均为

表 6 思茅松的混交度及频率分布

Tab. 6 Distribution of *Pinus kesiya* stand mixing degree

样地编号	分布频率/%					思茅松混交度(\bar{M})
	0	0.25	0.5	0.75	1	
1	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0000
2	63.20	15.80	10.50	2.60	7.90	0.1643
3	96.10	3.90	0.00	0.00	0.00	0.0098
4	40.50	32.40	10.80	5.50	10.80	0.2565
5	95.80	2.80	1.40	0.00	0.00	0.0105
6	7.40	29.60	40.80	7.40	14.80	0.3793
7	0.00	14.30	21.40	50.00	14.30	0.6073
8	84.70	15.30	0.00	0.00	0.00	0.0383
9	0.00	16.20	25.80	29.00	29.00	0.6123
10	42.30	19.30	34.60	3.80	0.00	0.1630
11	55.60	8.90	15.60	13.30	6.60	0.2280
12	3.80	34.70	19.20	26.90	15.40	0.4903
13	86.50	8.10	2.70	2.70	0.00	0.0473
14	64.70	35.30	0.00	0.00	0.00	0.0883
全林分均值	52.9	16.9	13.06	10.09	7.05	0.2211

最大,加上弱度混交占据了思茅松混交度分布频率的 69.8%,其中,中度混交占 13.06%,而强度混交和极强度混交仅占 17.14%的比例。综上可以看

出,思茅松树种的隔离程度较低,主要表现为相同树种聚集生长。

3.3 林木生长竞争

3.3.1 全林分林木生长竞争

根据统计的 14 个标准样地数据,利用 Winkel-mass 和 Excel 软件进行计算和统计思茅松天然林分大小比数及其分布频率,结果见表 7,图 9。

从表 7 和图 9 可以看出,14 个标准样地胸径大小比数分布频率均在 10%~35%之间浮动,从表 7 可以看出,14 个标准样地的胸径平均大小比数的下限为 0.454 1,而上限也仅达到 0.547 9,说明所有样地中的林木胸径大小不尽相同,但从总体上看,基本都在一定范围内波动,表现相对均衡,该情况符合该研究区域思茅松天然林分同龄林生长的一般规律。总之,研究区内以思茅松为优势种的天然林分胸径大小比数在各点的分布比较均匀。

从图 9 可以得出,8、12 和 14 号标准样地中目标树在 4 株最近邻木组成的空间结构单元中的生态位表现为中庸的比例最大,且绝对优势木和绝对劣汰木所占的比例相差不大,其中 8 号标准样地和 14 号标准样地的绝对优势木居其次,12 号标准样地的绝对劣汰木居其次,这几个标准样地的平均胸径大小比数分别为 0.495 9、0.505 7、0.458 3,均表现为中庸态势;1、7、10 和 13 号标准样地的胸径大小比数为 0 的所占比例均为最大,即表现为绝对优势木

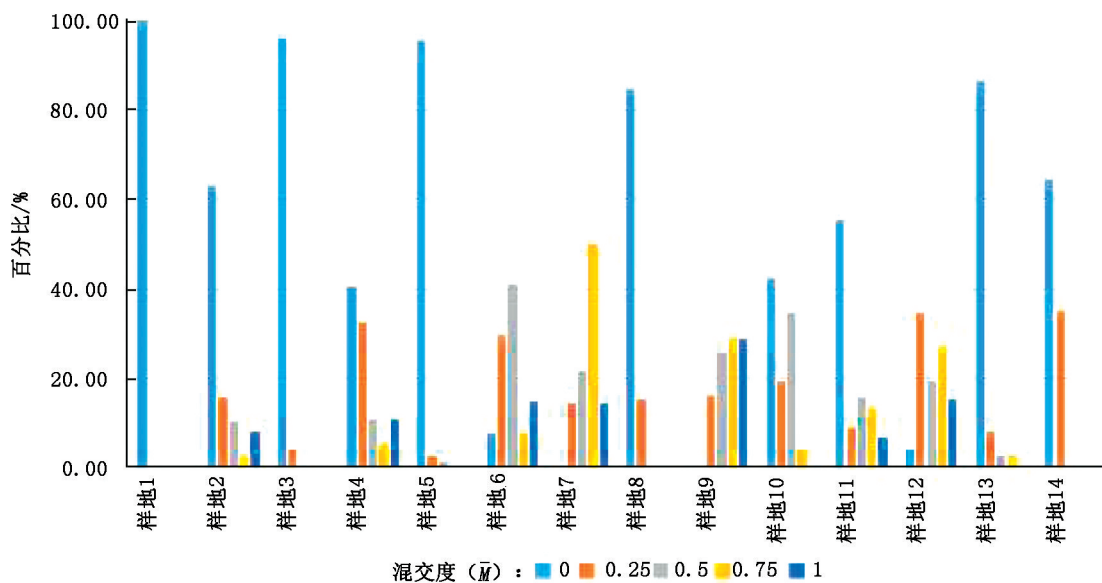


图 8 思茅松的混交度及分布频率

Fig. 8 Distribution of *Pinus kesiya* stand mixing degree

表 7 林分大小比数及频率分布

Tab. 7 Distribution of forest stand average neighborhood comparison

样地编号	分布频率/%					林分大小比数 (\bar{U})
	0	0.25	0.5	0.75	1	
1	25.00	17.86	17.86	25.00	14.29	0.4643
2	18.37	30.61	20.41	12.24	18.37	0.4541
3	21.15	25.00	17.31	17.31	19.23	0.4712
4	20.69	22.41	18.97	22.41	15.52	0.4741
5	20.55	17.81	20.55	21.92	19.18	0.5034
6	19.15	12.77	23.40	19.15	25.53	0.5479
7	21.88	21.88	15.63	21.88	18.75	0.4844
8	21.31	14.75	26.23	19.67	18.03	0.4959
9	19.05	25.40	22.22	11.11	22.22	0.4802
10	23.53	17.65	20.59	23.53	14.71	0.4706
11	21.54	21.54	15.38	16.92	24.62	0.5038
12	18.18	20.45	25.00	13.64	22.73	0.5057
13	25.00	17.50	15.00	22.50	20.00	0.4875
14	22.22	16.67	33.33	11.11	16.67	0.4583
全林分均值	21.26	20.16	20.85	18.46	19.28	0.4858

的数量最多,其中 1、7 和 10 号标准样地的胸径大小比数为 0 和 0.75 的所占比例相同,且 7 号标准样地的胸径大小比数也同于 0.25 时所占比例,说明以上几个样地中的树木大小分化程度相对均衡,样地平均大小比数分别为 0.464 3、0.484 4、0.470 6 和 0.487 5,均表现为中庸态势;6 和 11 号标准样地的

胸径大小比数为 1 的所占比例均为最大,即表现为绝对劣汰木的数量最多,但同时其他取值的比例也相对均衡,所以样地的平均胸径大小比数并未拉开太大差距,分别达 0.547 9 和 0.503 8,即标准样地中目标树在 4 株最近邻木组成的空间结构单元中的生态位表现为中庸态势;而 2、3 和 9 号标准样地的胸径大小比数为 0.25 的所占比例均为最大,样地的平均胸径大小比数相对较低但依然偏向于中庸态势;另外,5 号标准样地的胸径大小比数为 0.75 的所占比例均为最大,但比起最低为 0.25 的所占比例仅多出 4%,综合各样地,平均胸径大小比数为 0.503 4,依然表现为中庸态势。在全林分胸径大小比数上,表现为绝对优势和亚优势的比例为 41%,而表现为绝对劣汰和劣汰的比例为 38%,两者相差不大,最终全林分胸径大小比数为 0.485 8,表现为中庸态势。

3.3.2 思茅松树种林木生长竞争

为进一步分析思茅松天然林分的空间结构,利用 Winkelmass 和 Excel 软件进行计算和统计以思茅松为目标树时的大小比数及其分布频率,结果见表 8,图 10。

由表 8 和图 10 可以看出,1、4、6、7、9、10 和 12 号标准样地以思茅松为目标树时,大小比数取值为 0 时的比例均为最大,且 12 号标准样地与取值为 1 时的比例相同,11 号标准样地取值为 1 的比例最大,取值为 0.25、0.5 和 0.75 的比例相差不大。在全林分平均大小比数方面,以思茅松为目标树,与最近相邻木组成的空间结构单元中的生态位表现为优势和亚优势的总比例为 45.76%,表现为劣汰和绝

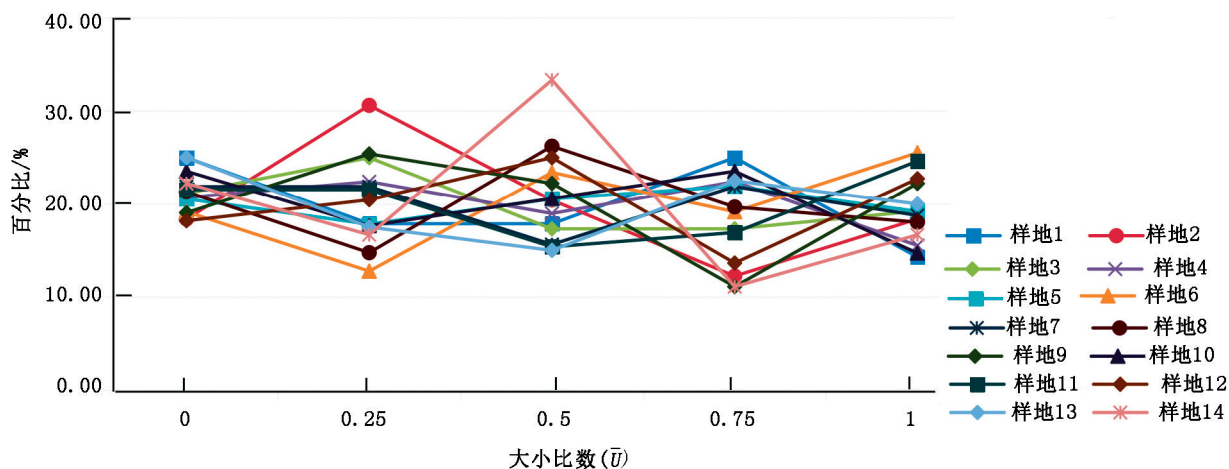


图 9 林分大小比数及频率分布

Fig. 9 Distribution of forest stand average neighborhood comparison

表 8 思茅松的大小比数及频率分布

Tab. 8 Distribution of *Pinus kesiya* stand average neighborhood comparison

样地编号	分布频率/%					思茅松大小比数 (\bar{U})
	0	0.25	0.5	0.75	1	
1	25.00	17.90	17.90	25.00	14.20	0.4648
2	18.40	28.90	21.10	15.80	15.80	0.5003
3	19.60	25.60	17.60	17.60	19.60	0.5158
4	29.80	21.60	16.20	18.90	13.50	0.4700
5	20.80	18.10	20.80	22.20	18.10	0.5585
6	26.00	14.80	22.20	18.50	18.50	0.5256
7	35.80	21.40	7.10	14.30	21.40	0.5027
8	22.00	15.30	27.10	20.30	15.30	0.5575
9	29.00	29.00	19.40	12.90	9.70	0.4271
10	30.80	23.10	19.20	23.10	3.80	0.4543
11	20.00	20.00	15.60	20.00	24.40	0.5836
12	23.10	23.10	23.10	7.60	23.10	0.5082
13	21.60	18.90	16.20	24.40	18.90	0.5494
14	23.50	17.60	29.50	11.80	17.60	0.5063
全林分均值	24.67	21.09	19.5	18.03	16.71	0.5089

对劣汰的总比例为 34.74%, 两者约有 11% 的差距, 但综合各样地, 思茅松的平均大小比数为 0.5089, 依然表现为中庸态势。

4 结论与讨论

4.1 结论

以位于云南省镇沅县以思茅松为优势树种的 14 块标准典型样地为研究对象, 采用林分角尺度、林分混交度和林分大小比数等空间结构指标, 对思茅松林分树种组成、各树种及优势树种的空间分布格局、树种隔离程度和树木竞争等进行综合分析, 以探究思茅松天然林分空间结构规律, 为改善思茅松天然林分结构以及提高林分质量提供新的途径。

1) 通过对思茅松天然林的角尺度分析, 结果表明, 研究区域内的思茅松天然林分主要呈以聚集分布为主的分布格局, 而在所有的样地中, 林木数量最多的是呈随机分布, 再者是聚集分布, 均匀分布的林木数量最少; 而从思茅松单个树种的角尺度上看, 呈随机分布的思茅松所占比例也是最大, 但思茅松的角尺度 \bar{W} 取值为 0.5443, 大于随机分布的上限 0.517, 因此, 思茅松的空间分布格局呈聚集分布。

2) 通过对思茅松天然林混交度的分析, 结果表明, 研究区域内思茅松天然林分的空间隔离程度在零度混交到弱度混交之间, 林分内思茅松占据了绝对优势, 各标准地混交度的分布频率有一定起伏, 但整体呈下降趋势。思茅松单个树种混交度的频率分布呈现两极分化, 零度混交和弱度混交占据绝对优势, 说明树种混交程度相对较低, 种间相互隔离程度也较低, 存在相同树种聚集生长的现象。随着径阶

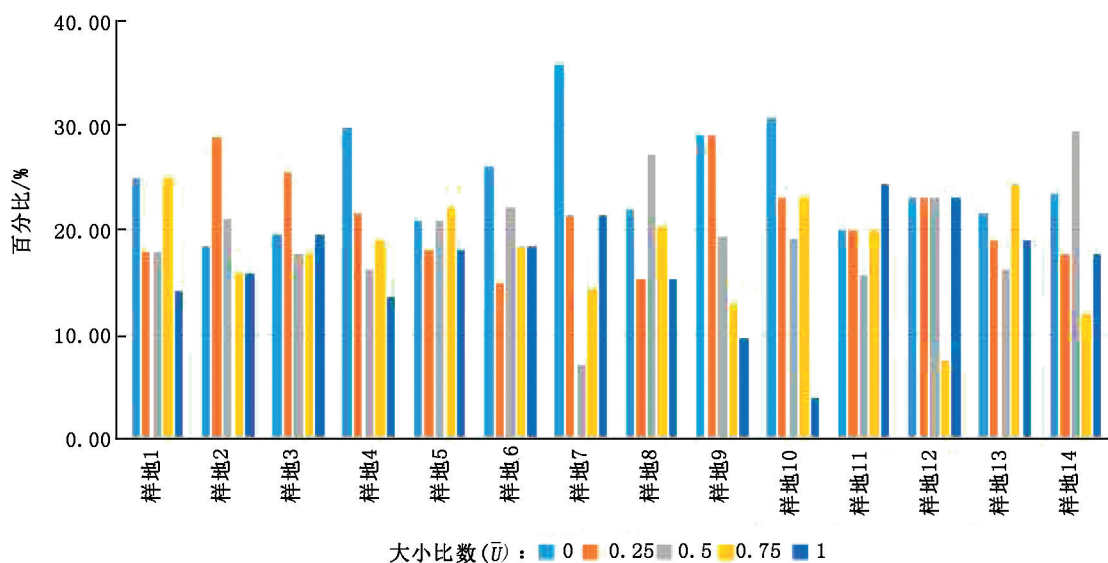


图 10 思茅松的大小比数及分布频率

Fig. 10 Distribution of *Pinus kesiya* stand average neighborhood comparison

组由小到大,思茅松天然林分的混交度逐渐由高到低,表现出由中度混交到弱度混交再到零度混交的趋势。

3)通过分析思茅松天然林大小比数,结果表明,各标准地胸径大小比数的分布总体上均较为均匀,思茅松天然林的林木在胸径上主要呈现中庸状态,该情况符合该研究区域思茅松天然林分现状。当以思茅松为目标树,与最近相邻木组成的空间结构单元中的生态位表现为优势和亚优势的总比例要大于表现为劣汰和绝对劣汰的总比例,但综合各样地,思茅松的平均大小比数依然表现为中庸态势。

4.2 讨论

1)研究区域位于云南省镇沅县,通过对思茅松天然林分角尺度、混交度、大小比数的研究,进一步验证了这些参数在林分结构中的作用,也对调整和优化思茅松天然林分的空间结构以及实现森林定向经营和有力保护提供新的途径。然而,混交度等空间结构参数的最新研究中,对参数的拟合程度还有一些争论,这是下一步需要研究和改进的方面。

2)本文的数据来源于第九次森林资源连续清查镇沅县部分,此次调查只实测了每株树的胸径因子,但为了能够完整地、全面地掌握一个林分的空间结构信息,还需进一步研究诸如树高、冠幅等因子的相关情况,以达到分析的全面性。

3)在设置标准样地时,不可避免地会存在边缘木,由于角尺度、大小比数、混交度等空间结构参数是量化分析,必须要去除边缘木对相关参数的干扰,以保证林分空间结构分析的准确性。因此,必须根

据实际情况选择合适的边缘木处理方法,本文采用了 8 邻域平移式的方法,该方法的好处是能够有效地去除样地的边缘效应,但在一定程度上忽略了样地周边的真实状况。

参考文献:

- [1] 袁士云. 甘肃省小陇山现有林分经营模式评价研究[D]. 北京:中国林业科学研究院,2010.
- [2] 黄小波,李帅锋,苏建荣,等. 择伐对思茅松自然种群结构和空间分布格局的影响[J]. 生态学报,2015,3524:8241-8250.
- [3] 李向华. 镇沅:解放思想,跨越发展[J]. 今日民族,2004(9):8-11.
- [4] 惠刚盈,克劳斯·冯佳多. 森林空间结构量化分析方法[M]. 北京:中国科学技术出版社,2003.
- [5] 安慧君. 阔叶红松林空间结构研究[D]. 北京:北京林业大学,2003.
- [6] 王宏翔,胡艳波,赵中华,等. 林分空间结构参数——角尺度的研究进展[J]. 林业科学研究,2014,27(6):841-847.
- [7] 亢新刚. 森林经理学[M]. 北京:中国林业出版社,2011.
- [8] 安慧君,张韬. 聚集指数边界效应的校正方法与应用[J]. 南京林业大学学报(自然科学版),2005(3):57-60.
- [9] 周红敏,惠刚盈,赵中华. 林分空间结构分析中样地边界木的处理方法[J]. 林业科学,2009,45(2):1-5.

责任编辑:许易琦

校对:许易琦

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2021.02.007

基于空间模式的远安县松材线虫入侵马尾松林 风险估计解析

肖正利,敬顺华,刘海玲,周勇,彭艳红,王欢

(远安县林业局,湖北宜昌 444200)

摘要:基于 ArcGIS 软件空间数据管理功能,对湖北远安县松材线虫病疫点数据采用空间可视化、三维趋势,空间自相关、多环缓冲区、克里金插值进行分析;阐述松材线虫病疫情空间分布特征,风险性估计建模,对疫情传播建立风险评估的理论与方法,为松材线虫病疫情扩散蔓延、风险预测、疫情防控提供科学依据。结果表明,该区域疫情存在一定区域范围与疫点数量,自然传播扩散风险加剧;疫点受害松林株数值东南高,西北低,危害程度较轻;疫点扩散呈随机现象,疫情的传播由侵染源向四周随机扩散;疫情扩散的影响因素随距离渐变,传播的风险随着距离的渐远而降低。

关键词:ArcGIS;空间可视化;松材线虫;风险估计;三维趋势图;克里金插值;远安县

中图分类号:S791.248;S154.386 文献标志码:A 文章编号:1671-3168(2021)02-0043-06

引文格式:肖正利,敬顺华,刘海玲,等.基于空间模式的远安县松材线虫入侵马尾松林风险估计解析[J].林业调查规划,2021,46(2):43-48,52. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2021.02.007

XIAO Zhengli, JING Shunhua, LIU Hailing, et al. Risk Assessment of *Bursaphelenchus xylophilus* Invading *Pinus massoniana* Forest in Yuan'an County Based on Spatial Model[J]. Forest Inventory and Planning, 2021, 46(2): 43-48, 52.

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2021.02.007

Risk Assessment of *Bursaphelenchus xylophilus* Invading *Pinus massoniana* Forest in Yuan'an County Based on Spatial Model

XIAO Zhengli, JING Shunhua, LIU Hailing, ZHOU Yong, PENG Yanhong, WANG Huan

(Forestry Bureau of Yuan'an County, Yichang, Hubei 444200, China)

Abstract: Based on the spatial data management function of ArcGIS software, the spatial visualization, three-dimensional trend, spatial autocorrelation, multi-ring buffer and Kriging interpolation were used to analyze the epidemic data of *Bursaphelenchus xylophilus* in Yuan'an County of Hubei Province. The spatial distribution characteristics of *Bursaphelenchus xylophilus* epidemic, the risk assessment modeling and the risk assessment theory and method for epidemic spread were elaborated, which could provide scientific basis for the spread, risk prediction and epidemic prevention and control. The results showed that the epidemic distribution in this area had a certain regional scope and the number of epidemic sites, which aggravated the risk of natural transmission and diffusion; the number of affected trees at the epidemic

收稿日期:2020-07-16.

基金项目:省级资金项目(湖北省林业有害生物防治经费项目 2019-308-001-095).

第一作者:肖正利(1984-),男,武汉黄陂人,林业工程师.从事森林资源调查、林业工程项目编制. Email:xiaozhengli011@163.com

sites was higher in the southeast and lower in the northwest, and the damage degree was relatively light; the spread of the epidemic situation was random from the infection source to the surrounding areas; the influencing factors of the spread of the epidemic situation gradually changed with the distance, and the risk of transmission decreased with the distance.

Key words: ArcGIS; spatial visualization; *Bursaphelenchus xylophilus*; risk assessment; three-dimensional trend map; Kriging interpolation; Yuan'an county

松材线虫病,又名松树线虫萎蔫病、松树萎蔫病、松树枯萎病,其病原——嗜木伞真滑刃线虫(*Bursaphelenchus xylophilus*),是林业中最具危害性的病害之一,被称为“松树癌症”^[1-3],自1982年被发现入侵江苏南京开始^[4],截至2019年底,已迅速扩散蔓延到全国18个省市666个县^[5-6]。在温带,几乎所有松树种类都可以被松材线虫侵染^[2],造成巨大的经济损失,对松林及国土生态安全构成了严重威胁。控制这一重大毁灭性和传染性病害扩散蔓延是林业有害生物防控亟待解决的重大科学技术难题。

松材线虫自然传播主要靠媒介昆虫。可作为媒介昆虫的有13种^[2],国内发现能携带松材线虫的昆虫有6种^[7]。该研究区域自然传播媒介为昆虫松褐天牛(*Monochamus alternatus*,又名松墨天牛^[2]),成虫羽化飞出后在松树上取食或产卵时将松材线虫传播到邻近的松树。人为传播为以带有松材线虫和传播媒介的病材、病枝及其加工品等通过人工、运输工具等搬运到另一地区。这种传播方式不受自然屏障限制,而且速度快,是最主要也最危险的传播方式。

松材线虫病疫情的扩散和传播具有一定的空间分布,获取疫情侵染源空间位置信息,辅助计算机GIS系统,对疫点空间数据信息、位置信息、属性特征运用空间分析技术,解释事物内在的规律,并在空间查询、分析、扩散模拟、统计和预测等方面也发挥着巨大的作用。

因此,研究松材线虫病疫情传播的空间分布信息,对疫情传播扩散空间分布数据量化并模拟分析,建立松材线虫病疫情扩散、蔓延、风险评估模型,可以帮助解决决策、疫情管理、风险预测,进行疫情监测预警;在疫情调查、防治、监测等方面也发挥着巨大的作用,为松材线虫防控和决策提供理论依据,以期遏制松材线虫病的扩散蔓延速度。

1 材料与方法

1.1 研究区域概况

研究地远安县(111°14'~111°53'E,31°22'~31°

53'N)位于湖北省长江中、上游鄂西北,宜昌之东北,系鄂西北山地向江汉平原过渡地带,地貌以中低山为主,地势为西北高,东南低。海拔76~1325m,平均海拔500m。属亚热带型大陆季风气候区,气候四季分明,自然条件优越。日照充足,年均温12~16℃,极端最高气温41.4℃,最低气温<-7℃。年太阳辐射80~108kCal/cm,≥10℃活动积温3700~4900℃,年日照时数1830h,无霜期210~275d,年均相对湿度79%。降水量充沛,年均降水量多在1000~1100mm,冬、秋季雨水少,春、夏季降水多,年均蒸发量1300mm。该区域人口相对密集,交通发达,经济活动频繁,人口大规模流动有利于松材线虫疫情的传播。

该区域森林面积13.87万hm²,森林植被类型属于亚热带落叶阔叶林,森林覆盖率75.6%,地段性森林植被类型为落叶阔叶混交林,以壳斗科(Fagaceae)物种为主体的森林群落居多。松科植物主要为马尾松,占比26.5%,马尾松林呈纯林和混交分布;阔叶混交林占比67%,其它林占比6.5%,马尾松在该区域森林植被类型上占有一定的生态空间。

该病2006年传入宜昌市^[8],2012年传入远安,2019年远安成为疫区^[9]。松材线虫病入侵马尾松林致病力强,死亡速度快、数量大、扩散快,治理难度大,猝不及防,给该区域造成了严重的经济和生态损失,对松林资源构成严重威胁。

1.2 数据收集和处理

收集该区域松材线虫疫情管理小班数据库(*.SHP格式),基于ArcGIS软件平台,以林地变更调查暨森林资源动态监测数据库为基础底图,建立具有空间位置、管理因子、立地因子、生态因子、林木因子等的松材线虫病管理数据库,能与安卓系统GIS软件平台数据交互,用于野外作业,包括普查、除治现场监督、疫区区划、检查验收等;所汇集的数据库点、面图层,每个点视为一个侵染源(或疫源、疫点)。

1.3 研究方法

为便于研究和分析,将松材线虫疫情数据库面图层转成点图层,采用空间点模式分析;空间点模式分析是对点状地理实体或事件的空间分布和模式进行研究的方法,在相关领域得到广泛应用^[10];它是以空间坐标为主导,以属性数据作为权重进行统一描述^[11],每个疫点事件都可以抽象化为空间上的一个位置点,用来描述任何类型的事件数据^[12]。研究方法采用空间可视化、三维趋势、空间自相关、多环缓冲区、克里金插值 5 种方法^[13-16]。所有数据基于 ArcGIS 10.8 软件平台分析、统计。

1.3.1 空间可视化分析

将采集获取的松材线虫疫点地面属性数据和空间数据信息,以疫点坐标经度、纬度和发生株数等建立地理信息数据库,叠加基础地理地图为工作底图,通过地理信息方法进行可视化,直观地显示出疫情的空间分布状况,揭示疫情与某些事物之间的关联,绘制松材线虫病疫情空间分布图,并做趋势分析 (Trend analysis)。

1.3.2 多环缓冲区 (Multiple Ring Buffer) 分析

松材线虫自然扩散需依靠松褐天牛成虫携带迁飞扩散来实现。松褐天牛自然扩散能力不强,成虫羽化后主要飞翔目的是取食、产卵、寻找配偶,自然迁飞扩散能力有限。松褐天牛飞行潜能被激发时,在野外一次性飞行的距离也仅能达到 0.8 ~ 1 km^[17],以此规律,通过疫点病原的自然扩散,可建立空间扩散模型,以对象疫点为基本核心,根据指定邻域距离,在其周围建立不同半径宽度的缓冲区域;运用多环缓冲区工具,对所有要素点(疫点)按设定的距离条件围绕其要素中心形成一定缓冲区多边形实体,实现数据在二维空间得以扩展的信息,计算得到疫区自然扩散指数的空间模型图。公式为:

$$B = \{x \mid d(x, A) \leq R\} \quad (1)$$

式中: A 疫点半径为 R 的缓冲区,以对象 A 为核心,建立半径为 d 的多边形区域范围内所有点的集合。 d 取值为最小欧氏距离, R 为邻域半径即缓冲区建立的条件。

1.3.3 克里金插值 (Kriging) 分析

克里金插值法是以变异函数理论和结构分析为基础,在有限区域内对区域化变量进行无偏最优估计的一种方法,是对未知点特定邻域范围的测量点或者特定数量的相邻测量点数值进行加权相加,以求得未知点的数值,实现对未知点的预测。其中周围测量点的权重根据半方差函数来确定^[16,18]。利

用材线虫病疫点已知空间分布和疫点松林受害属性值,估计空间上任意一点疫情的属性值。克里金插值公式为:

$$Z^*(x_0) = \sum_{i=1}^n \lambda_i Z(x_i) \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^n \lambda_i = 1 \quad (3)$$

式中: $Z(x_0)$ 为 x_0 处的估计值, $Z(x_i)$ 为 x_i 处的属性值, λ_i 为克里金权重系数, n 为点个数。

1.3.4 空间自相关 (Global Moran's I) 分析

空间自相关分析是一种空间统计方法,可揭示空间变量的区域结构形态,是检验某变量在特定空间位置上的属性值是否与其相邻空间位置上的属性值显著相关^[15-16]。空间自相关分为全局和局部空间自相关。前者是检测变量的属性值在空间上是否具有相关性和规律性,后者是表示变量的属性值在空间上的聚集或者离散区域。Moran's I 指数从整体上反映研究区域的空间相关性,取值范围是 $[-1, 1]$ 。当 $I > 0$ 时,表示正相关,且越接近于 1 聚集性越大;当 $I < 0$,表示负相关; $I = 0$,是随机现象^[12,15]。局部空间自相关,是在全局分析基础上没有聚集出现时,用来检查是否有小的、可能被忽视的聚集,可反映子区域间的相关程度。

利用该方法对松材线虫疫点区域空间传播的空间自相关性进行实证分析,描述松材线虫病疫点空间整体分布状况,检验要素(疫点)属性值是否与其相邻空间点上的属性值相关联,其结果为正相关和负相关。正相关表明属性值变化与其相邻空间单元具有相同的变化趋势,代表空间现象有集聚性的存在;负相关则为随机现象。全局空间自相关的 Moran's I 的计算公式为:

$$I = \frac{n}{S_0} \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \omega_{i,j} z_i z_j}{\sum_{i=1}^n z_i^2} \quad (4)$$

$$S_0 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \omega_{i,j} \quad (5)$$

$$Z_i = \frac{I - E[I]}{\sqrt{V[I]}} \quad (6)$$

$$E[I] = -1/(n-1) \quad (7)$$

$$V[I] = E[I^2] - E[I]^2 \quad (8)$$

式中: Z_i 是要素(疫点) i 的属性与其平均值 $(x_i - \bar{X})$ 偏差, $\omega_{i,j}$ 是要素(疫点) i 和 j 之间的空间权重, n 等于要素的总数, S_0 为所有空间权重的聚合。 $E[I]$ 、 $V[I]$ 分别表示 Moran's I 的期望值和方差,当 P 很小

时,所观测到的空间要素属性不太可能产生于随机过程(小概率事件),因此可以拒绝零假设, z 得分和 P 值都与标准正态分布相关联。

2 结果与分析

2.1 松材线虫病发生概况

2019 年度,该区域松材线虫病发生范围分布于

7 个乡镇 83 个村,受害松林面积 2 345.6 hm^2 ,疫点(小班) 1 976 个。疫点松林受害 1~800 株,年度清理枯死、萎蔫病松树 124 408 株(表 1)。危害程度处于轻微,处置方式为现场焚烧,传播途径为自然传播和人为传播。疫情发生的区域存在较高的自然传播扩散风险,当前,虽然成灾率发生在 3‰ 以下,加之采取了防治措施,除治率达到 100%,疫情可控可防。

表 1 松材线虫病疫点概况

Tab. 1 Overview of *Bursaphelenchus xylophilus* epidemic sites

发生年度	松林面积 / hm^2	疫点分布/个			松林枯死、萎蔫病 /株	危害面积 / hm^2	危害程度	发生率 /%	除治率 /%
		乡镇	村	小班					
2019	40520	7	83	1976	124408	2345.6	轻微	<3	100

2.2 空间可视化分析

利用 ArcGIS 软件平台对疫点图层进行符号的设置,以疫点字段株数属性值,采用自然间断点分级法,将松林受害株数从低到高的顺序分成 8 个等级,每个等级 100 株,由点的大小以地图可视化形式来表示疫情空间分布,得到疫点散点分布图(图 1),其分布特点从聚集到稀疏,小点居多。

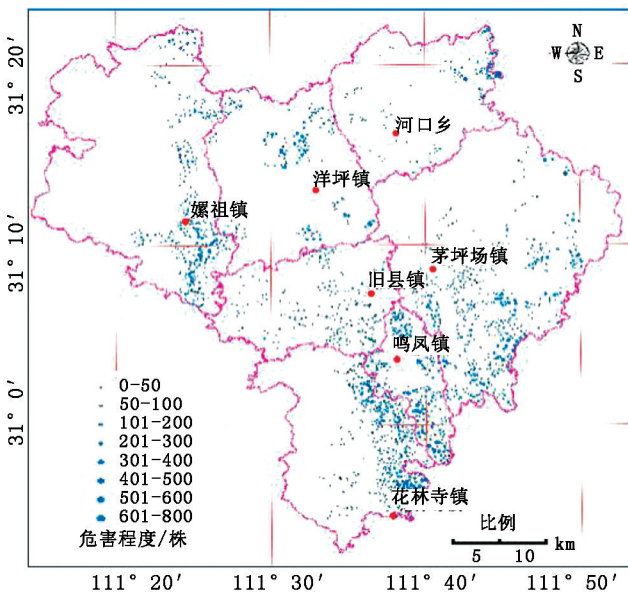


图 1 疫点分布

Fig. 1 Distribution of epidemic points

由图 1 可知,所有乡镇都有疫情发生,且分布较为分散,受害松林严重区域为花林寺镇、茅坪场镇,

疫情高发地区主要集中在东南地区,为高风险区,且疫情存在隔年或翌年发病现象^[19],疫点短期内难以根除。

2.3 三维趋势分析

利用空间探索数据分析(ESDA)将疫点数据做三维趋势分析,将区域内每一个疫点松林受害株数值看作是单元格几何中心处的值,用三维数据点(X, Y, Z)来表示,其中: X 和 Y 分别代表各区域几何中心处的经度和纬度方向,(i)表示疫点受害松林株数值, i 分别在平面 XY 和 YZ 上进行投影散点图,通过散点做多项式拟合,得到一条曲线,用此曲线模拟疫点松林受害株数值在经纬度方向上的某种变化趋势。计算所得该区域疫情三维趋势图(图 2), X 轴为方向东, Y 轴为方向北, Z 轴代表疫点受害松林株数值, XY 面为疫点,疫点杆的高低代表受害株数值。从杆的高低分析疫情趋势为东南高,西北低;从投影趋势线值分析,趋势线近似于直线,总体较平、低,表明未造成大的受灾或严重区域,危害程度处于较轻。

2.4 空间自相关分析

对所有疫点作全局整体分析,所涉距离阈值以媒介昆虫迁飞距离,取值 1 km,即每个疫点搜索周围半径 1 km 范围疫点,检验空间位置上的属性值是否与其相邻空间位置上的属性值相关。全局自相关计算结果(表 2):Moran's $I = -0.2226, Z = 2.5578, P = 0.0105$,即莫兰指数(Moran's I)取值范围 $I < 0$,为负相关关系,为随机现象,聚类模式的可能性小于 5%,表明疫源传播是随机扩散现象,传播范围内任何一株松树均存在感染的风险。

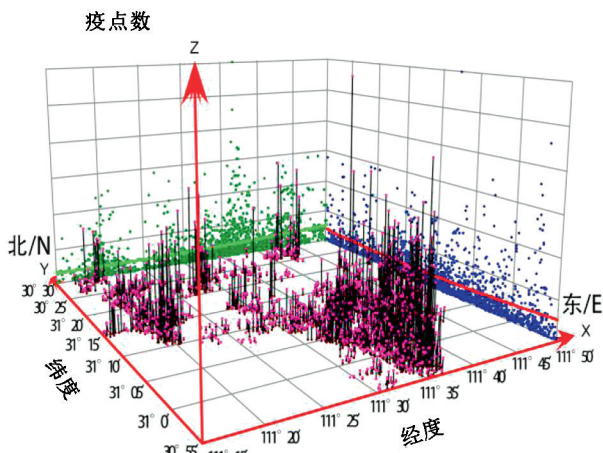


图 2 疫点三维趋势

Fig. 2 Three-dimensional trend of epidemic sites

表 2 空间自相关指数

Tab. 2 Spatial autocorrelation indexes

疫点 样本数	Moran's I 指数	预期 指数	方差	Z 值 (得分)	P 值 (概率)	概率 模式
1976	-0.2226	-0.0005	0.0076	2.5578	0.0105	随机

2.5 多环缓冲区分析

利用缓冲区分析可预测疫情传播范围,并依据其范围进行合理的监测设防。松材线虫病疫情的传播扩散与媒介昆虫松褐天牛成虫迁飞距离相关,通过距离可建立疫源的空间扩散模型。因此,根据自然扩散传播距离和疫点的分布状况,按松褐天牛成虫迁飞距离潜能被激发飞行距离 1 km 传播扩散发展趋势,以等间距对疫点为圆心分成 10 个等级多环缓冲区分析,每个缓冲区 100 m,计算得到疫区自然扩散指数的空间模型图(图 3)。由图 3 可知,模型图体现了空间连续影响和空间叠加效应,由环内向外,风险依次降低,连续的效果反映了疫点传播的影响因素随距离的渐变效果,青色区域为距离叠加效应,风险最高。对缓冲区距离分析结果分布状况进行评估,整个环内存在传播的高风险区及传播的风险随着距离的渐远而降低。

2.6 克里金插值预测分析

以松褐天牛携带松材线虫自然迁飞扩散距离 1 km 作为疫源点传播的范围边界值,即扩散距离范围阈值取半径 $R=1$ km。对疫点使用克里金插值法分析计算并作图,采用自然间断点分级法将受灾区域分成 8 个等级来比较,预测疫点不同受害株数扩散

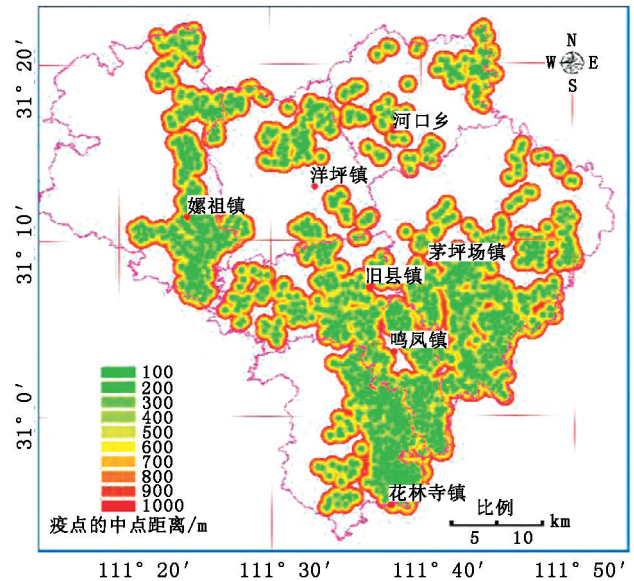


图 3 疫点多环缓冲区分布

Fig. 3 Epidemic point multi-ring buffer distribution

的范围,得到克里金插值结果(图 4)。如图 4 所示,克里金插值预测结果与多环缓冲区范围分布图大致相同,结果均能大致反映出该区域的松林受害株数空间分布特征。松林受害风险的分布具有相对集中的特点,分别以 55 株为倍数递增的 8 种不同颜色区域估计了松林受害程度,区间值在 0~440,其结果特征为疫点聚集区域向外围逐渐递减,松林受害株数呈现聚集分布。因此,其结果可以对其进行风险分区的划分。

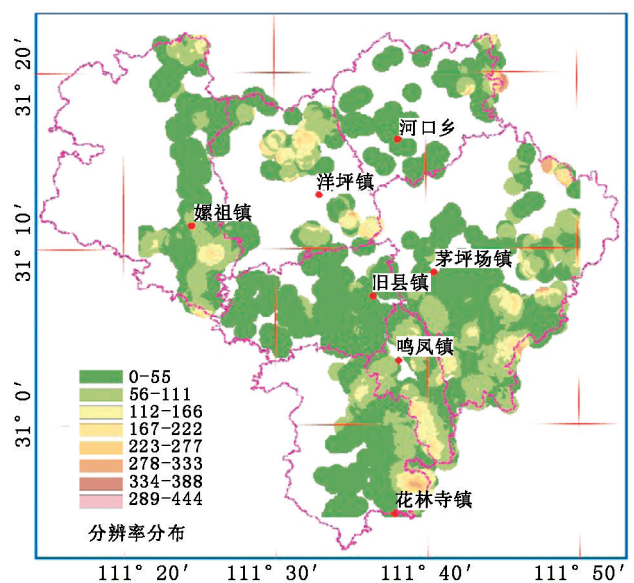


图 4 疫点克里金插值

Fig. 4 Kriging interpolation map of the epidemic point

3 结论与讨论

本文基于 GIS 空间分析功能,将空间数据管理功能、空间分析建模方法、空间可视化同松材线虫病疫情相结合,阐述松材线虫病疫情空间分布特征,以及风险性估计建模理论、方法。

3.1 结论

1)空间可视化直观地反映了疫情发生分布区域、受害松林数据值空间关系,该区域 2019 年度所有乡镇都为疫区,且疫点分布较广、较多,疫点主要集中在县域东南地区,自然传播扩散风险加剧。

2)三维空间趋势图反映了疫情在经纬度方向上的整体变化情况,该区域受害松林株数籽值趋势东南高,西北低,疫点图投影多项式拟合曲线近似于直线,总体较平、低,疫情在经纬度方向上变化趋势较低,表明未造成大的受灾或严重区域,危害程度较轻。

3)探索了疫情属性值在空间位置间的相关关系,运用全局空间自相关分析整个区域疫情的空间分布模式,搜索每个疫点周围半径 1 km 范围,其结果 Moran's $I < 0$,为负相关关系,表明疫点传播扩散是随机分布,疫情的传播是由疫点向四周随机扩散。

4)以疫点为圆心,等间距 100 m 的 10 个等级多环缓冲区自然扩散指数的空间模型图,体现了空间连续影响和空间叠加效应,连续的效果较形象地反映了疫情扩散的影响因素随距离的渐变效果。整个环内存在传播的高风险区,由环内向外,风险依次降低,传播的风险随着距离的渐远而降低。

5)采用克里金插值结果预测疫点不同等级受害株数传播扩散的范围、受害株数程度,其预测范围与疫点多环缓冲区分布范围大致相同,均能大致反映出该区域的松林受害株数区域空间分布特征,其特征为疫点聚集区域向外围逐渐递减。松林受害风险的分布具有相对集中的特点,松林受害株数呈现聚集分布,其结果可以对其进行风险分区的划分,因此克里金插值方法较优。

3.2 讨论

1)松材线虫病疫情的发生、流行与地理环境之间有着密切的关系,研究疫情地理分布规律,是科学监测和防治的前期手段,在疫情防控中得到了广泛的应用;本文以远安县区域年度松材线虫病疫点数据库为基础,运用疫点空间可视化、三维趋势分析、空间自相关、多环缓冲区、克里金插值 5 种方法对松材线虫病疫情传播风险性估计建模,在扩散蔓延的预

测研究方面都有重要意义。

2)影响松材线虫病疫情发生、扩散、蔓延的因子很多,绝大部分探讨疫点或影响因素的空间位置,忽略了空间信息;本研究存在一定局限性,松材线虫病疫情的传播因素与媒介昆虫的密度、环境因子、气候、海拔、松林的分布及密度、人为活动干扰等息息相关,这些因素需要进一步叠加研究,其分析估计结果不可能精确到具体的山头地块和划分风险等级;其数据量化研究与模拟方法可适用于有害生物发生、发展的预测预报。

3)该区域松材线虫的入侵扩展迅速,侵染面积逐年扩大,严重影响了县域的生态环境建设和经济发展,防治上耗费了大量人力、物力、财力,目前还未取得阶段性根除进展。该疫情不仅给国民经济造成巨大损失,也破坏了自然景观及生态环境,对丰富的松林资源构成严重威胁。研究松材线虫病疫情空间分布特征,基于风险性估计建模、可视化分析,倡导在空间格局上采取自然隔离、根除侵染源、阻挡疫源扩散,逐步减小范围,最终达到移除疫区。

参考文献:

- [1] 潘沧桑. 松材线虫病研究进展[J]. 厦门大学学报(自然科学版), 2011(2): 476-483.
- [2] 国家林业和草原局森林和草原病虫害防治总站, 南京林业大学. 中国松材线虫病的发生规律与防治技术[M]. 北京: 中国林业出版社, 2019.
- [3] 国家林业局科学技术司. 松材线虫病诊断与防治技术[M]. 北京: 中国林业出版社, 2010: 1-4.
- [4] 叶建仁, 黄麟. 松材线虫病病原学研究的几个问题[J]. 中国森林病虫害, 2012, 31(5): 13-21, 44.
- [5] 李晓冬, 王越, 周艳涛, 等. 2019 年全国主要林业有害生物发生情况及 2020 年发生趋势预测[J]. 中国森林病虫害, 2020, 39(3): 44-48.
- [6] 国家林业和草原局政府网. 国家林业和草原局公告(2020 年第 4 号)(2020 年松材线虫病疫区)[EB/OL]. <http://www.forestry.gov.cn/main/3597/20200319/104329077718834.html>.
- [7] 张扬, 饶利军, 何龙喜, 等. 松材线虫病媒介昆虫种类及综合治理技术研究进展[J]. 生物灾害科学, 2019, 42(3): 171-178.
- [8] 汤丹, 李金鞠, 古剑, 等. 松材线虫病对宜昌市林业生态的影响评估及风险管理[J]. 湖北林业科技, 2017(3): 33-37.
- [9] 国家林业和草原局政府网. 国家林业和草原局公告(2019 年第 4 号)(2019 年松材线虫病疫区)[EB/OL]. [2019-02-01]. <http://www.forestry.gov.cn/main/3457/20190424/162731641935736.html>. (下转第 52 页)

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2021.02.008

模拟城市 SO₂ 污染对晚松生理特性的影响

拜永兰¹, 陈保业², 魏胜强¹, 马少忠¹

(1. 祁连县林场, 青海 海北 810499; 2. 祁连县林业站, 青海 海北 810499)

摘要:以 2 年生晚松盆栽苗为供试材料, 从抗大气环境中 SO₂ 污染方面对晚松的抗逆能力进行了定量评价, 为晚松的园林应用提供理论依据。研究表明, 晚松叶绿素 a、b 对模拟 SO₂ 污染反应敏感, 叶绿素 b 所受伤害大于叶绿素 a, 类胡萝卜素较不敏感。过氧化物酶活性的提高有助于减轻膜脂过氧化造成的伤害, 从而使其在 SO₂ 污染胁迫较轻 (10 mmol/L) 时免受伤害。

关键词:晚松; SO₂ 污染; 叶绿素含量; 过氧化物酶; 可溶性糖

中图分类号: S791.24; S718.43; X511 文献标志码: A 文章编号: 1671-3168(2021)02-0049-04

引文格式: 拜永兰, 陈保业, 魏胜强, 等. 模拟城市 SO₂ 污染对晚松生理特性的影响 [J]. 林业调查规划, 2021, 46(2): 49-52. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2021.02.008

BAI Yonglan, CHEN Baoye, WEI Shengqiang, et al. Effects of Simulated Urban SO₂ Pollution on Physiological Characteristics of *Pinus rigida* var. *serotina* [J]. Forest Inventory and Planning, 2021, 46(2): 49-52. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2021.02.008

Effects of Simulated Urban SO₂ Pollution on Physiological Characteristics of *Pinus rigida* var. *serotina*

BAI Yonglan¹, CHEN Baoye², WEI Shengqiang¹, MA Shaozhong¹

(1. Qilian Forest Farm, Haibei, Qinghai 810499, China; 2. Qilian Forestry Station, Haibei, Qinghai 810499, China)

Abstract: The stress resistance ability of 2-year-old potted seedlings of *Pinus rigida* var. *serotina* was quantitatively evaluated from the aspect of SO₂ pollution in atmospheric environment, which provided theoretical basis for landscape application of *Pinus rigida* var. *serotina*. The results showed that chlorophyll a and b of *Pinus rigida* var. *serotina* were sensitive to simulated SO₂ pollution, chlorophyll b was more damaged than chlorophyll a, and carotenoids were less sensitive. The increase of peroxidase activity was helpful to reduce the damage caused by membrane lipid peroxidation, which would be protected from damage when SO₂ pollution stress was light (10 mmol/L).

Key words: *Pinus rigida* var. *serotina*; SO₂ pollution; chlorophyll content; peroxidase; soluble sugar

晚松 (*Pinus rigida* Miller var. *serotina* (Michx.) Loud. ex Hoopes) 原产美国东南部沿海平原、丘陵和低山区, 其适应性强、分布范围广、萌蘖能力强、耐修剪, 具有良好的观赏特性, 是矿区、城市和公路绿化

的优良树种^[1]。SO₂ 是大气污染的主要污染物之一, 随着工业化的不断发展, SO₂ 的排放量增加对生态环境造成一定的不良影响。有研究表明, SO₂ 主要通过植物叶片的气孔进入体内, 溶化于细胞壁的

收稿日期: 2020-07-07.

第一作者: 拜永兰 (1975-), 女, 青海祁连人, 工程师. 主要从事林木种质资源收集保护、森林资源监测与评价等方面的工作. Email: cdl-gchangming@163.com

水分中,形成重亚硫酸离子(HSO_3^-)和亚硫酸离子(SO_3^{2-}),并产生氢离子(H^+)。这 3 种离子均能对细胞造成伤害^[2]; H^+ 通过降低细胞的 pH 值从而干扰代谢过程, SO_3^{2-} 和 HSO_3^- 直接破坏蛋白质的结构使相关酶类失活,在光下由含硫化合物诱发产生的活性氧会对细胞及膜的结构和功能造成更大的伤害,并且植物受 SO_2 危害的程度与气体浓度和污染延续的时间成正比^[3]。孔国辉等^[4]曾以 20 mmol/L 的 NaHSO_3 模拟大气中的 SO_2 污染在实验室处理 32 种绿化植物,结果显示不同植物抗性强弱的顺序基本上与污染现场栽种植物抗性的高低相符;刘楠等^[5,6]也曾利用此法研究了多种植物的 SO_2 抗性,并采用此法进行抗 SO_2 绿化植物的筛选。基于以上研究结果,本研究以外源 NaHSO_3 处理模拟 SO_2 污染实验,以期对晚松的园林应用提供理论依据。

1 研究区概况

研究区位于青海省海北藏族自治州祁连县,地理坐标为北纬 $37^\circ 25' 16'' \sim 39^\circ 25' 18''$ 、东经 $98^\circ 05' 35'' \sim 101^\circ 02' 06''$,县域东与门源、大通县接壤,南与海晏、刚察县相连,西与天峻县为邻,北及西北与甘肃省酒泉、肃南、民乐、山丹县(市)接界。境内平均海拔 3 169 m,年均温 1°C ,年均降水量约在 420 mm,地表水年径流总量 23 亿 m^3 ,属典型的高原大陆性气候。祁连县境内生长着茂密的原始森林,以青海云杉(*Picea crassifolia*)、圆柏(*Sabina chinensis*)、杨树(*Populus*)、沙棘(*Hippophae rhamnoides*)等为主。

2 材料与方法

2.1 试验材料

于 2018 年 3 月采购晚松一年生实生苗,选择苗高一致、生长状况良好的幼苗 90 株,在苗圃地进行盆栽和日常栽培管理,以供试验之需。自 2019 年 4 月份开始,在人工控制条件下研究晚松盆栽苗对 SO_2 的抗性。

2.2 研究方法

采用模拟 SO_2 污染的试验方法,即分别采用浓度为 10 mmol/L、30 mmol/L 的 NaHSO_3 溶液和蒸馏水浸泡(CK)晚松针叶 24 h,然后测定各指标的变化情况。每处理 3 个重复,每重复苗木数量为 10 株。指标测定方法具体如下^[7]:对叶绿素含量测定采用分光光度法;可溶性糖含量测定采用蒽酮比色法;过氧化物酶活性采用愈创木酚法在 470 nm 下测定其

吸光度,以 1 min 内的光密度值变化表示酶活性。

2.3 数据处理

数据处理采用 SPSS 19.0 数据统计分析软件进行,主要包括数据整理、均值分析、方差分析等。

3 结果与分析

3.1 叶绿体色素含量的变化

许多研究表明^[8-10], SO_2 污染使植物叶绿体色素含量降低,而且由于其酸化作用使叶绿体内催化反应的最适 $\text{pH} > 7$ 的酶类受到抑制,并且伤害了 PS II 的电子供体,减缓了 QA^- 的还原。由于各树种对 SO_2 空气污染的抗性不同,其受害进程的表现也不同。叶绿素在各阶段相对含量的变化可以作为衡量树种抗性大小的指标^[11]。由图 1 可知,模拟 SO_2 污染对晚松针叶进行胁迫,不仅降低了叶绿体色素的含量,而且还改变了叶绿体色素的组成,并且各处理间叶绿素 a、b 的含量差异达到极显著水平($P < 0.01$)。其中,对照处理的叶绿素 a 和 b 的含量分别为 0.814 1 mg/g 和 0.293 6 mg/g; 10 mmol/L 处理的叶绿素 a 和 b 的含量分别为 0.526 2 mg/g 和 0.178 7 mg/g; 30 mmol/L 处理的叶绿素 a 和 b 的含量分别为 0.529 8 mg/g 和 0.180 6 mg/g。经进一步 Duncan 多重比较表明,低浓度(10 mmol/L)和高浓度(30 mmol/L)的 NaHSO_3 处理与对照(CK)之间均存在极显著差异($P < 0.01$),而低浓度和高浓度处理间差异不显著($P > 0.05$),说明 SO_2 易导致晚松失绿,但污染浓度对晚松受害程度影响不大。

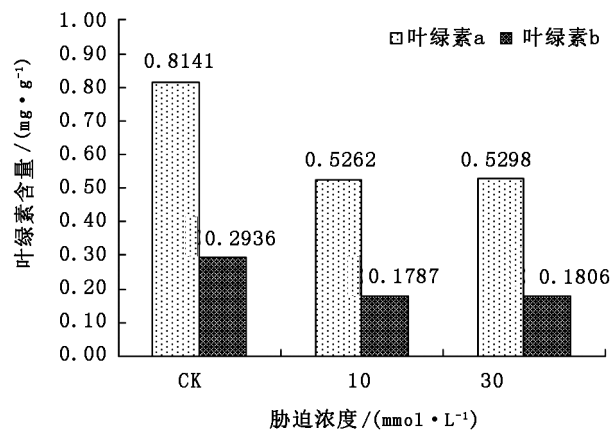


图 1 不同处理的叶绿素 a、b 含量

Fig. 1 Content of chlorophyll a and b with different treatments

叶绿素 a/b 值在模拟 SO₂污染胁迫下比对照略有升高,其中低浓度(10 mmol/L)的 NaHSO₃ 溶液处理的最高,为 2.9441(图 2),这与冯宗炜等^[12]的研究结果相同,说明模拟 SO₂污染对叶绿素 b 含量的影响大于对叶绿素 a 含量的影响。研究还表明,模拟 SO₂污染胁迫对类胡萝卜素含量的影响差异不显著($P>0.05$),这可能与类胡萝卜素的组成较稳定有关。

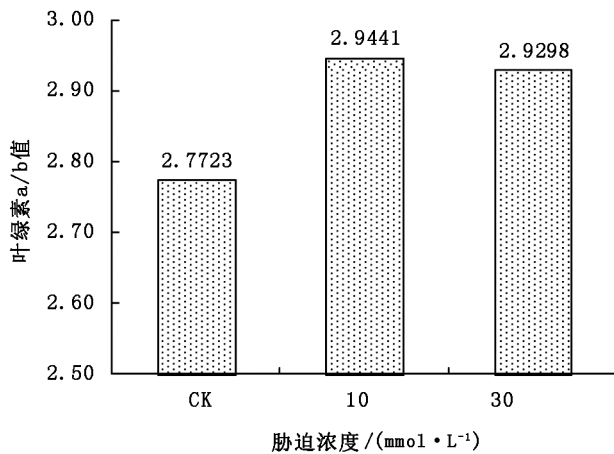


图 2 叶绿素 a/b 的变化

Fig. 2 Change of chlorophyll a/b rate

3.2 过氧化物酶活性的变化

当植物遇到逆境胁迫时,容易发生膜质过氧化作用,进而导致细胞膜损伤^[13]。过氧化物酶是植物体内广泛存在的酶,是植物适应逆境胁迫的重要保护酶,对植物清除过氧化物和自由基,防止逆境下膜质过氧化带来的伤害有重要的作用。因此,过氧化物酶活性的变化在一定程度上代表了植物抗逆能力的强弱。在晚松受到模拟 SO₂污染胁迫时,其过氧化物酶活性增加显著。低浓度(10 mmol/L)胁迫处理为 8.1095 u/(g · min),高浓度胁迫处理达 25.5082 u/(g · min),分别为对照 3.2639 u/(g · min)的 2.5 倍和 7.8 倍(图 3)。经 Duncan 多重检验表明,高浓度处理与对照之间以及高浓度处理与低浓度处理之间均达到极显著差异($P<0.01$)。

3.3 可溶性糖含量的变化

在 SO₂污染胁迫下,不同植物可溶性糖含量的变化不同。连玉武等^[14]研究发现,生活在 SO₂大气污染环境中的芒果、银桦、台湾相思树可溶性糖含量明显下降。SO₂对油菜叶片含糖量的影响表现为 SO₂浓度增加,含糖量开始呈上升趋势,而后迅速下降;但在模拟酸雨暴露下,油菜叶片含糖量呈逐渐下

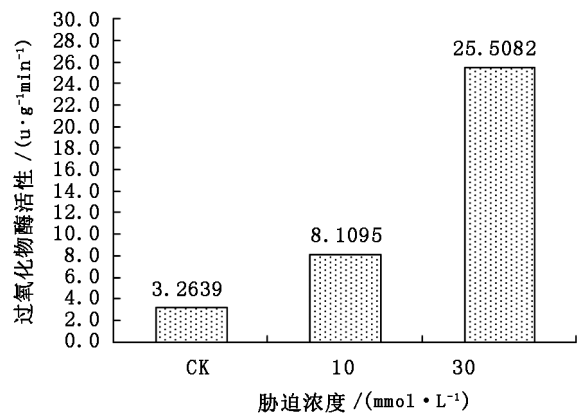


图 3 不同处理浓度的过氧化物酶活性

Fig. 3 The effect of different treatments on peroxidase activity

降的趋势,而在强酸条件下,常出现一次反弹。大豆对 SO₂浓度的高低在含糖量变化上则不明显,但在强酸刺激下也有反弹现象。由图 4 可知,在低浓度 NaHSO₃胁迫下,晚松针叶可溶性糖含量略低于对照,但差异不显著($P>0.5$),说明针叶的光合作用并未受到阻碍;在高浓度 NaHSO₃胁迫下,晚松针叶可溶性糖含量增加显著,无论与对照相比还是与低浓度处理相比较,均存在极显著差异($P<0.01$),出现反弹现象,这可能是由于高浓度的 NaHSO₃溶液处理刺激了细胞中光合产物向糖的转化,使可溶性糖含量在短时间内迅速增加。

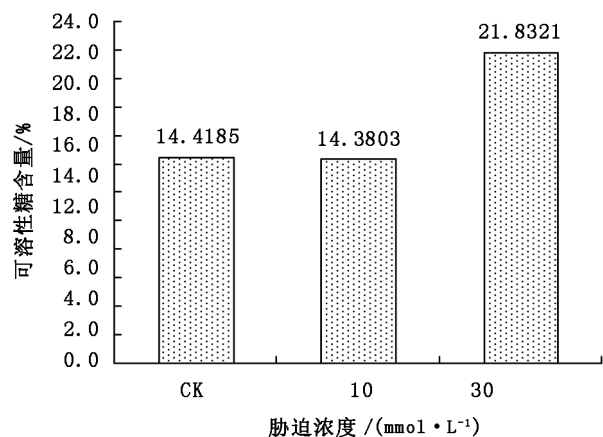


图 4 不同处理的可溶性糖含量

Fig. 4 Soluble sugar content with different treatments

4 结论与讨论

2 年生晚松叶绿素 a、b 对模拟 SO₂污染逆境反应敏感,含量明显下降,叶绿素 b 所受到伤害大于叶绿

素 a,类胡萝卜素较不敏感。SO₂污染可促进晚松膜质过氧化作用,进而导致并加速植物体的衰老。李振国等^[15]研究认为,SO₂对植物的伤害过程中会发生一系列现象,如乙烯的增生、膜质的过氧化、荧光物质的积累等。晚松体内过氧化物酶活性的增加能有效阻止这种膜质过氧化作用,从而使其在 SO₂污染胁迫较轻时免受伤害。基于实验研究和晚松的生物学特性,对晚松园林应用的建议如下:晚松在 SO₂污染胁迫下,生理生化过程未受太大影响,但叶绿素含量降低,生长可能受抑制。因此,在将晚松用于具有 SO₂污染的厂矿绿化时,应慎重考虑由于针叶可能部分失绿对景观带来的负面影响。必须指出的是,逆境对植物的影响从外部形态到内部生理生化变化是复杂多样的,不同的生长阶段和不同的生境下植物的抗逆能力存在差异性,目前的实验条件下,对晚松 2 年生盆栽苗进行部分生理生化指标的测定,还不能替代实际应用过程中对该植物的评价。因此,在晚松园林应用过程中,还应考虑栽培环境、管理措施和各种复合逆境胁迫的影响,做到适地适树以充分发挥其环境绿化功能。

参考文献:

[1] 曾进,吴吕奇,黄梓明,等. 不同育苗方式对晚松不同种源苗期生长及生物量的影响[J]. 中南林业科技大学学报,2018(5):115-120.

[2] 温达志,孔国辉,张德强,等. 30 种园林植物对短期大气污染的生理生态反应[J]. 植物生态学报,2003(3):311-317.

[3] 李隆芳,岳桦. 5 种园林植物对短期大气污染的光合生理反应[J]. 江西农业学报,2009(5):38-40.

[4] 孔国辉,陈宏通,刘世忠,等. 广东园林绿化植物对大气污染的反应及污染物在叶片的积累[J]. 热带亚热带植物学报,2003,11(4):297-315.

[5] 刘楠,温学,孔国辉,等. 广东地区三种木本植物抗大气污染能力的比较[J]. 热带亚热带植物学报,2003,11(4):358-363.

[6] 刘楠,温学,孔国辉,等. 抗 SO₂绿化植物的初步筛选[J]. 热带亚热带植物学报,2003,11(4):364-371.

[7] 李合生. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京:高等教育出版社,2000.

[8] 郑淑颖. 二氧化硫污染对植物影响的研究进展[J]. 生态科学,2000(1):59-64.

[9] 陈伟光,黄芳芳,温小莹,等. 大气 SO₂和 NO₂ 污染及植物的抗性和净化能力研究进展[J]. 林业与环境科学,2017(4):123-129.

[10] 吴小青,张伟. 6 种典型园林绿化植物对大气中 SO₂的净化能力及生理生化响应[J]. 江苏农业科学,2019(2):127-131.

[11] 丛者福. SO₂污染空气影响下树木叶片叶绿素含量的动态变化[J]. 新疆农业大学学报,21(4):297-300.

[12] 冯宗炜,曹洪法,周修萍,等. 酸沉降对生态环境的影响及其生态恢复[M]. 北京:中国环境科学出版社,1999.

[13] 魏芝玲,韩元进,卜媛媛. 木本植物逆境胁迫研究进展[J]. 分子植物育种,2020(7):2382-2387.

[14] 连玉武,段鹏程. 几种常见植物对大气污染的生理反应[J]. 伤害环境科学,1996,15(7):14-16.

[15] 李振国,吴有梅,刘愚,等. 植物对二氧化硫的反应和抗性研究[J]. 植物生理学报,1980(1):47-54.

责任编辑:刘平书

校对:许春霞 刘平书

(上接第 48 页)

[10] 余冰,朱欣焰,冯维,等. 基于空间点模式分析的城市管理事件空间分布及演化——以武汉市江汉区为例[J]. 地理科学进展,2013,32(6):924-931.

[11] 张志杰,彭文祥,周艺彪,等. 空间点模式分析中离散趋势的描述研究及应用[J]. 中国卫生统计,2008(5):470-473.

[12] 周成虎,裴韬. 地理信息系统空间分析原理[M]. 北京:科学出版社,2011.

[13] PRICE M. ArcGIS 地理信息系统教程(第 5 版)[M]. 李玉龙译. 北京:电子工业出版社,2012.

[14] ESRI. GIS 制图软件和空间分析[EB/OL]. (2020-5-17). <https://www.esri.com/zh-cn/home>.

[15] 汤国安,杨昕. ArcGIS 地理信息系统空间分析实验教

程[M]. 北京:科学出版社,2011.

[16] 王法辉. 基于 GIS 的数量方法与应用[M]. 姜世国,滕骏华,译. 北京:商务印书馆,2009.

[17] 张建军,张润志,陈京元. 松材线虫媒介昆虫种类及其扩散能力[J]. 浙江林学院学报,2007(3):350-356.

[18] 李俊晓,李朝奎,殷智慧. 基于 ArcGIS 的克里金插值方法及其应用[J]. 测绘通报,2013(9):87-90,97.

[19] 国家林业局科学技术司. 松材线虫病诊断与防治技术[M]. 北京:中国林业出版社,2010.

责任编辑:刘平书

校对:张林艳 刘平书

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2021.02.009

2003—2018 年中国森林火灾时空分布格局研究

曾雪艳, 杨金明, 李士美

(青岛农业大学 园林与林学院, 山东 青岛 266109)

摘要:基于 2003—2018 年的中国森林火灾统计数据, 全面分析了森林火灾发生的时空分布格局, 定量分析了其统计学规律, 旨在为森林火灾预测、管理和风险决策提供基础支撑。分析结果表明, 森林火灾的发生具有极强的随机性和离散性, 通过森林火灾总次数、火场面积和受害森林面积的平均数来反映森林火灾发生风险将会导致评估结果偏高。森林火灾发生次数较多的为湖南、贵州、广西等省, 而森林火场面积和受害森林面积较多的为黑龙江、内蒙古、云南、湖南、广西等省。按照森林火灾发生的格局, 运用 K 均值聚类分析将 31 省分为 4 类。

关键词:森林火灾; 时空分布格局; 平均数; 中位数; 变异系数

中图分类号: S762.32 文献标志码: A 文章编号: 1671-3168(2021)02-0053-06

引文格式:曾雪艳, 杨金明, 李士美. 2003—2018 年中国森林火灾时空分布格局研究[J]. 林业调查规划, 2021, 46(2): 53-58, 168. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2021.02.009

ZENG Xueyan, YANG Jinming, LI Shimei. Spatial and Temporal Pattern of Forest Fires in China from 2003 to 2018[J]. Forest Inventory and Planning, 2021, 46(2): 53-58, 168. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2021.02.009

Spatial and Temporal Pattern of Forest Fires in China from 2003 to 2018

ZENG Xueyan, YANG Jinming, LI Shimei

(College of Landscape Architecture and Forestry, Qingdao Agricultural University,
Qingdao, Shandong 266109, China)

Abstract: Based on the statistical data of forest fires in China from 2003 to 2018, the spatial and temporal pattern of forest fires was comprehensively analyzed, and the statistical law was quantitatively analyzed, in order to provide basic support for forest fire prediction, management and risk decision-making. The results showed that the occurrence of forest fire had strong randomness and discreteness. The risk of forest fire would be overestimated by means of the mean number of forest fires, fire burned area and damaged forest area. The number of forest fires for Hunan, Guizhou, Guangxi was ranked on the top among the 31 provinces, while the fire burned area and the damaged forest area for Heilongjiang, Inner Mongolia, Yunnan, Hunan, Guangxi were ranked on the top. According to the pattern of forest fire, 31 provinces were classified into 4 groups by K-means cluster analysis.

Key words: forest fire; spatial and temporal pattern; mean number; median; coefficient of variation

收稿日期: 2020-08-30.

基金项目: 山东省林业科技创新项目“山东省森林火灾防控体系与灾后恢复技术研究示范”(2019LY004).

第一作者: 曾雪艳(1999-), 女, 山东济宁人, 硕士研究生. 主要从事生态系统结构与服务功能研究. Email: 2200838024@qq.com

责任作者: 李士美(1981-), 男, 山东菏泽人, 硕导, 博士. 主要从事生态系统结构与服务功能研究. Email: li shimei@163.com

森林火灾是突发性强、破坏性大、处置较为困难的自然灾害之一^[1-2]。据联合国粮农组织统计,2003—2012 年间全球森林每年过火面积为 6 700 万 hm^2 ,约占全球森林总面积的 1.7%^[3]。近年来,受气候变化、人为活动等多因素的影响,森林火灾火险期提前并延长,全球森林火灾发生次数、受害面积呈增加态势^[4-6]。探究森林火灾的发生规律与时空分布格局,是森林火灾预测、火灾管理的前提和基础,且一直是国内外森林火灾研究的热点领域^[7-9]。例如,Wang 和 Anderson^[10]采用核函数(kernel function)评估了加拿大艾伯塔省雷电和人为森林火灾起火地点分布的时空格局。苏立娟等^[11]根据统计年鉴数据,运用主成分分析和聚类分析方法,分析了 1950—2010 年中国森林火灾的时空特征,并根据灾情指标对全国各省份进行评价与分类。张颖和丁昱菲^[12]根据 2003—2016 年森林火灾、森林病虫害数据,借助主成分、聚类分析方法,分析了中国森林火灾的空间分布特征。在研究手段和方法上,森林火灾时空格局研究主要是基于森林火灾的历史发生数据、遥感数据,运用空间分析、数学统计等手段分析森林火灾发生的时空格局,其研究尺度涉及全球、国家和局地等多级尺度^[5,8,13,14]。

为全面掌握全国自然灾害风险状况,提升综合防范自然灾害的能力,第一次全国自然灾害综合风险普查工作于 2020—2022 年开展。普查工作涵盖地震灾害、地质灾害、气象灾害、水旱灾害、森林和草原火灾等自然灾害类型。准确掌握自然灾害发生的底数与分布格局,是客观认识区域灾害综合风险水平的基础,其成果可为各级政府有效开展自然灾害防治和应急管理工作提供科学决策依据。基于此,本文根据 2003—2018 年的全国森林火灾统计数据,全面分析中国森林火灾按省份发生的时空格局,定量分析其统计学规律,旨在为森林火灾预测、管理和风险决策提供基础支撑。

1 研究方法

1.1 数据来源与处理

森林火灾统计数据来源于《中国统计年鉴(2004—2019)》。统计数据包含 31 省份 2003—2018 年历年森林火灾发生的总次数、一般火灾次数、较大火灾次数、重大火灾次数、特别重大火灾次数、火场总面积、受害森林面积等。特别说明,2009 年之前的《森林防火条例》将森林火灾级别分为森林火警、一般森林火灾、重大森林火灾和特大森林火灾;2009

年修订的《森林防火条例》将森林火灾界定为一般森林火灾、较大森林火灾、重大森林火灾和特别重大森林火灾。为便于前后衔接,将 2003—2008 年的“森林火警”和“一般森林火灾”分别等同于 2009 年之后的“一般森林火灾”和“较大森林火灾”统计。

1.2 数据分析

受气候条件、人为活动、可燃物特性等多种因素的影响,森林火灾的发生具有明显的随机性和突发性。对于森林火灾发生规律的统计分析,以往主要是采用单一的平均值指标分析森林火灾格局,但由于平均值易受极端值的影响,导致分析结果难以客观反映森林火灾发生的内在规律^[15]。通常,组内数据之间的差异程度较小,采用平均值即有较好的代表性;而组内数据之间的差异程度较大,特别是有极大或极小值的情况,采用中位数或众数有较好的代表性。本文分别采用平均值和中位数衡量数据的集中趋势,采用变异系数反映数据的离散程度。

聚类分析采用 K 均值聚类方法。将森林火灾总次数、一般森林火灾、较大森林火灾、重大森林火灾、特别重大森林火灾发生次数和火场总面积、受害森林面积、伤亡人数、其他损失折款等指标的平均数、中位数和标准差作为聚类指标,最大迭代次数取 10 次。

基础数据分析和聚类分析使用 SPSS statistics 软件,绘图运用 Origin 软件。

2 结果与分析

2.1 森林火灾总次数的时空格局

2003—2018 年,全国共发生森林火灾 111 446 次,平均数和中位数分别为 6 965.4 次和 5 634.0 次。按照由大到小的顺序,平均数和中位数居于前列的分别是湖南、贵州、广西、湖北、河南和云南,且均表现为中位数低于平均值,间接反映了期间森林火灾年发生次数呈现右偏分布(图 1)。森林火灾总次数的平均数和中位数均小于 100 次的为海南、重庆、河北、陕西、黑龙江等 17 省份。云南、浙江、四川、福建、江西、广东、安徽、辽宁、内蒙古等 9 省份的森林火灾年发生总次数的平均数和中位数介于 110.5~363.9 次。在 31 省份中,天津、江西和福建等 3 省份森林火灾总次数的变异系数大于 1,仅有青海、广西、新疆、内蒙古、四川和上海的变异系数小于 0.5 且大于 0.3,这说明其森林火灾的发生具有极强的随机性和离散性。例如,2018 年湖南发生森

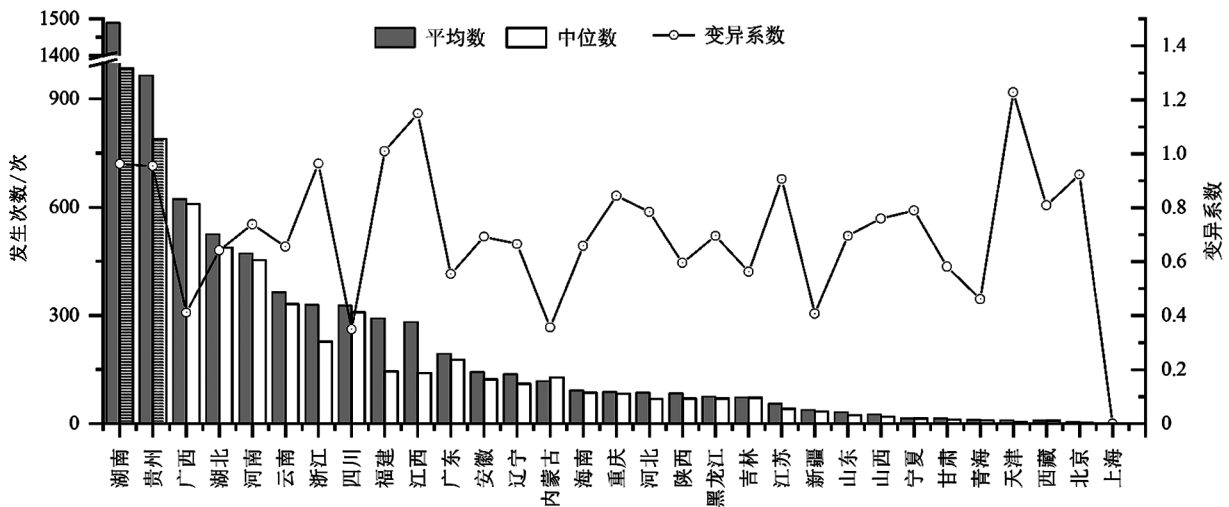


图 1 森林火灾年发生总次数的分布格局

Fig. 1 Distribution pattern of annual total number of forest fire

林火灾高达 5 053 次,而 2015 年低至 51 次。从中位数与平均数的比值来看,只有内蒙古和西藏的比值大于 1;吉林、广西、宁夏、河南等 4 省份比值接近于 1,其他省份均是中位数小于平均数。因而,通过森林火灾总次数的平均数来反映森林火灾发生风险,将会导致部分省份评估结果偏高。

2.2 各级别森林火灾次数的时空格局

2003—2018 年,全国共发生特别重大森林火灾 29 次,其中黑龙江和内蒙古分别发生 15 次和 14 次,仅 2003 年两省就发生 7 次。同期,全国共发生重大森林火灾 175 次,其中内蒙古、福建、湖南和浙江等 4 省份占比为 61.14%,而四川、黑龙江和贵州等 13 省份占比为 38.86%,其余省份未有重大森林火灾发生。由此可见,特别重大森林火灾、重大森林火灾的发生省份相对集中。

2003—2018 年,全国共发生一般森林火灾 65 436 次,发生次数的平均数和中位数分别为 4 089.8 次和 3 332.5 次。其中,湖南一般森林火灾的年均发生次数最多,为 763.5 次,贵州次之,为 668.3 次。然而,就一般森林火灾次数的中位数而言,贵州省最多,为 532.5 次,其次为湖南(453.0 次)。此外,仅湖北、河南、广西、四川和云南一般森林火灾发生次数的平均数和中位数均超 100 次。其余 24 省份一般森林火灾发生次数的平均数和中位数低于 100 次(图 2)。除上海外,四川一般森林火灾发生次数的变异系数最低,为 0.36;江西最高,为 1.35。就一般森林火灾的中位数与平均数的比值而言,仅有广西、西藏和吉林 3 省份的比值略大于 1,

其他 28 省份的中位数均小于平均数。

对较大森林火灾年发生次数的平均数排序,发现其分布格局与一般森林火灾次数的平均数分布规律存在明显区别(图 3)。较大森林火灾年均发生次数最高的是湖南,其平均数和中位数分别为 724.6 次和 531.0 次,远高于列第二位的贵州,其平均数和中位数分别为 295.5 次和 231.0 次。广西、浙江、福建、江西、云南和广东等 6 省份的较大森林火灾次数的平均数和中位数也均超百次。31 省份中,仅有云南较大森林火灾发生次数的中位数大于平均数。除上海以外的 30 省份中,内蒙古发生较大森林火灾次数的变异系数最小,为 0.38,最高的为天津,其变异系数高达 1.79,这反映了内蒙古较大森林火灾的概率较大,而天津发生较大森林火灾的概率较小,存在突发性。

2.3 火场面积与受害森林面积时空格局

2003—2018 年,全国森林火灾火场总面积为 328.95 万 hm^2 ,年均火场面积 20.56 万 hm^2 。其中,黑龙江和内蒙古分别占 52.05% 和 13.30%,湖南、云南、广西、贵州占比为 4.48%~4.88%,以上 6 省份合计占全国火场年均总面积的 84.01%。然而,由于特别重大森林火灾等极端值的影响,森林火灾火场面积中位数的分布格局与平均数分布格局存在显著差异。2003—2018 年,火场面积中位数最高的为云南,占全国火场面积中位数的 15.97%;其次为黑龙江,占 12.16%。云南、黑龙江、湖南、广西和内蒙古火场面积中位数累积占比为 61.61%(图 4)。

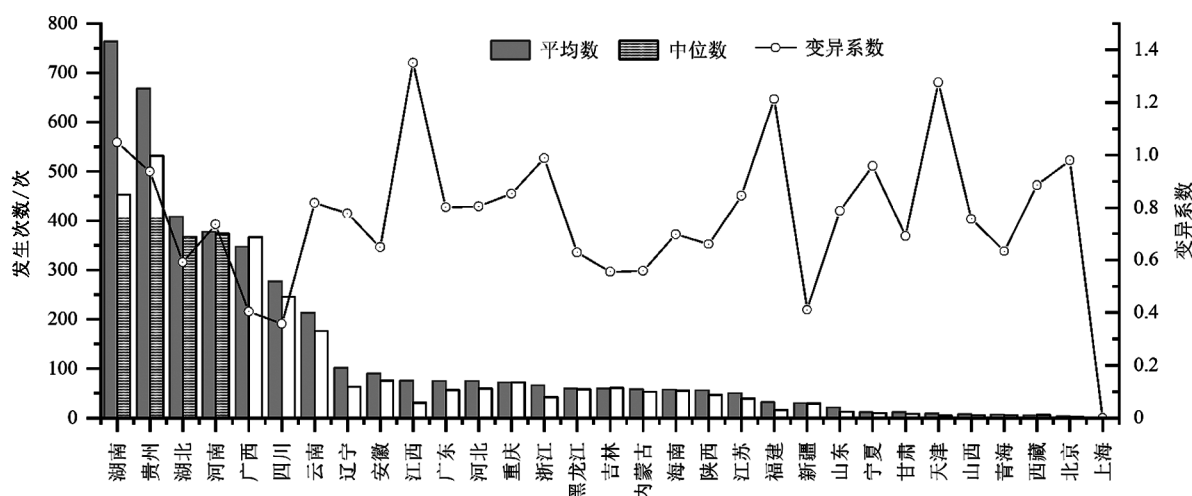


图 2 一般森林火灾年发生总次数的分布格局

Fig. 2 Distribution pattern of annual total number of ordinary forest fire

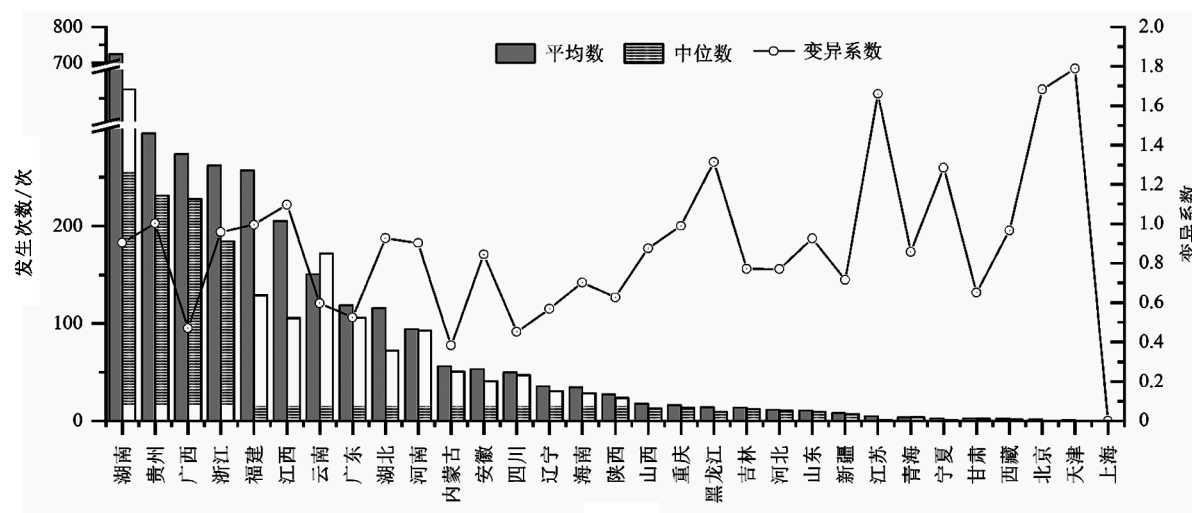


图 3 较大森林火灾年发生总次数的分布格局

Fig. 3 Distribution pattern of annual total number of major forest fire

2003—2018 年,全国森林火灾受害森林面积年均均为 86 417.2 hm^2 ,占火场面积的 42.03%。其中,黑龙江、内蒙古、湖南、福建、江西 5 省份受害森林面积累计占比为全国的 84.38%,分省份依次占比为 52.42%、17.47%、7.15%、4.18% 和 3.16%。但是,受害森林面积中位数的分布格局却与平均数不尽一致,全国受害森林面积的中位数为 22 008.5 hm^2 ,仅为受害森林面积平均数的 25.47%。而且,受害森林面积中位数居于前列的省份依次为湖南、内蒙古、云南、福建、浙江和广西,相应占比依次为 21.66%、16.27%、9.01%、6.51%、6.45% 和 6.12%,其累计占比为 66.02%(图 5)。

2.4 聚类分析

聚类分析结果表明,31 省份可分为 4 类,其中第一类为内蒙古;第二类为安徽、北京、甘肃、广东、海南、河北、河南、湖北、吉林、江苏、辽宁、宁夏、山东、山西、陕西、上海、四川、天津、西藏、青海、新疆、浙江、重庆等 23 省份;第三类为福建、广西、贵州、湖南、江西和云南等 6 省;第四类为黑龙江。内蒙古和黑龙江各单列为一类,主要是因为其重大森林火灾和特别重大森林火灾次数多、火灾损失(包括火场总面积、受害森林面积、伤亡人数、其他损失折款)大;第二类 23 省份为森林火灾次数少、火灾损失小,且变动幅度小;第三类 6 省份,森林火灾次数、火灾损失中等,但变动幅度较大。

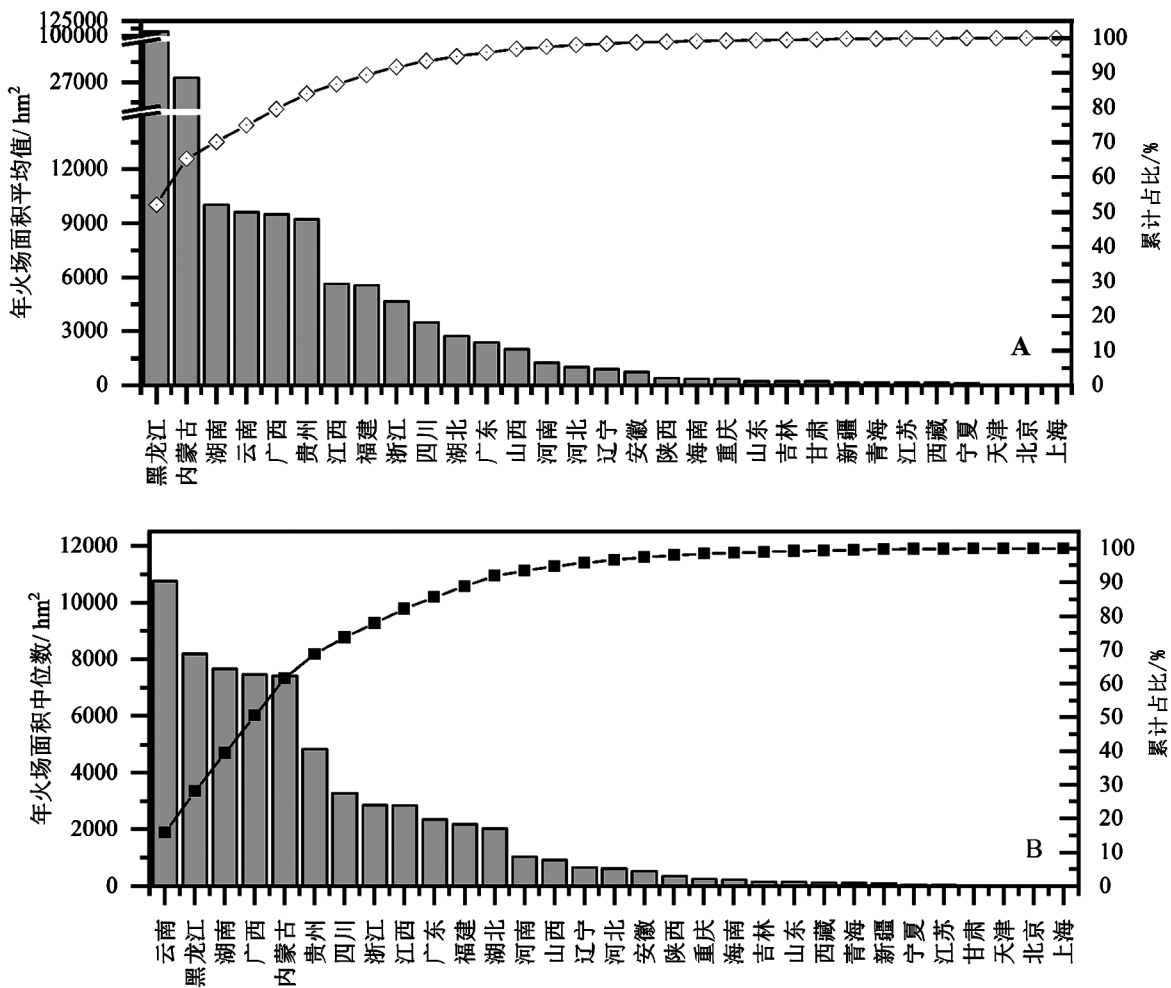


图 4 火场面积时空格局
Fig. 4 Distribution pattern of fire burned area

3 结论与讨论

根据 2003—2018 年的森林火灾统计数据,通过分析火灾次数、火场面积和受害森林面积等指标的集中趋势和离散程度,全面揭示了森林火灾按省份发生的时空格局。结果表明,森林火灾统计指标的平均数和中位数的分布格局不尽一致。就森林火灾总次数而言,平均数和中位数居于前列的是湖南、贵州、广西、湖北、河南和云南,且均表现为中位数低于平均值。重大森林火灾和特别重大森林火灾集中在黑龙江和内蒙古。一般森林火灾、较大森林火灾的平均数和中位数分布格局之间也存在明显区别。薛昌颖等在研究北方冬小麦产量灾损风险类型的地理分布时,将灾年减产率变异系数划分为低(0~0.3)、中(0.3~0.5)、高(0.5~1.0)3 个等级,而森林火灾次数的变异系数多在 0.3 以上^[16]。中位数

与平均数比值、变异系数等的分析结果也进一步说明森林火灾具有极强的随机性和离散性。森林火灾火场面积、受害森林面积中位数的分布格局与平均数分布格局存在显著差异,火场面积居于前列的主要为黑龙江、内蒙古、云南、湖南、广西、贵州等,但其排序和占比明显不同。综合比较发现,绝大多数省份森林火灾次数的中位数要低于平均数。从统计学角度,当一组数据分布不均匀并出现极端值时,用中位数作为总体的一般水平的代表具有较强的代表性。例如,当前社会群体收入分配差距相当大,用算术平均数、众数作为收入状况的代表,其代表性不强,说服力不够^[15]。而森林火灾的发生也具有极强的随机性、离散性,个别年份存在极端值的情况,因而通过森林火灾总次数、火场面积和受害森林面积的平均数来反映森林火灾发生风险,将会导致评估结果偏高。

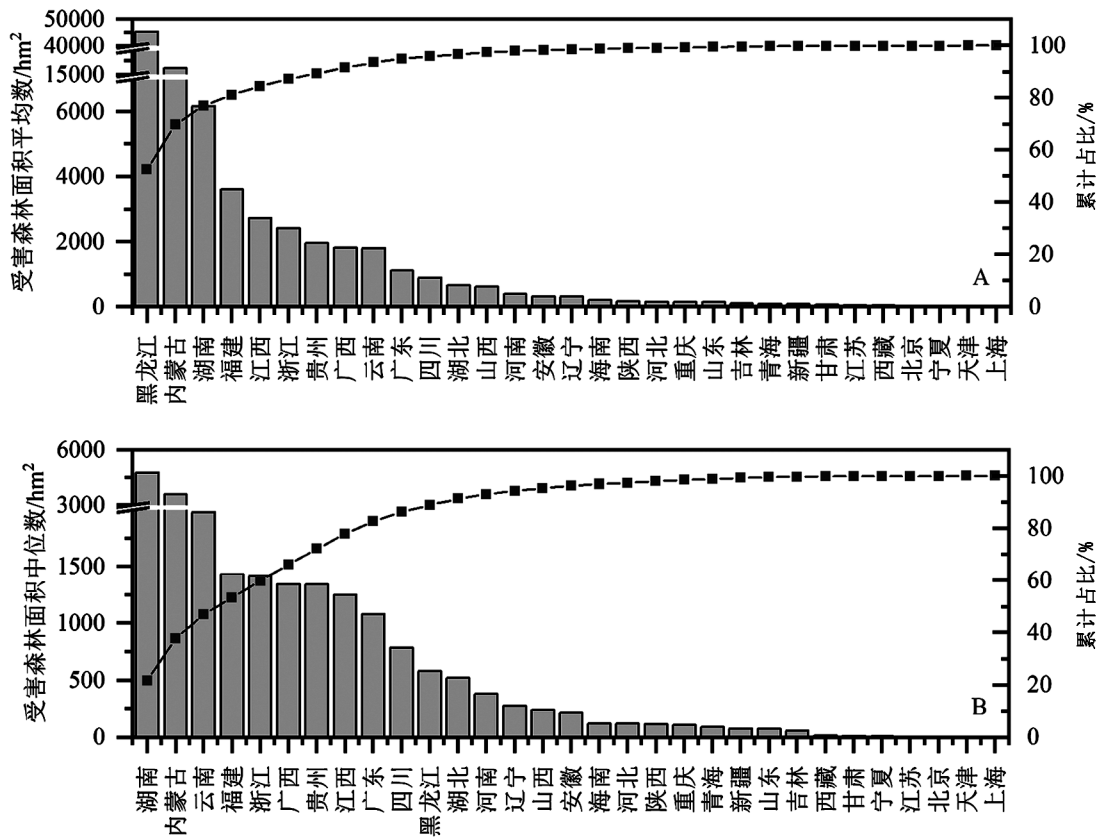


图 5 损害森林面积的分布格局
 Fig. 5 Distribution pattern of damaged forest area

以森林火灾总次数、一般森林火灾、较大森林火灾、重大森林火灾、特别重大森林火灾的发生次数及火场总面积、受害森林面积、伤亡人数、其他损失折款等指标的平均数、中位数和标准差作为聚类指标，将 31 省份分为 4 类。由于选取聚类指标和分析方法的不同，分析结果与苏立娟等^[11]、张颖和丁昱菲^[12]的研究结果存在差异。

参考文献:

[1] 刘晓东, 王博. 森林燃烧主要排放物研究进展[J]. 北京林业大学学报, 2017, 39(12): 118-124.
 [2] FIDELIS A. Is fire always the “bad guy”? [J]. Flora, 2020, 268: 151611.
 [3] ERIK L, SHIRONA S, PIETER V L, et al. Global forest area disturbance from fire, insect pests, diseases and severe weather events[J]. Forest Ecology and Management, 2015, 352: 78-88.
 [4] FLANNIGAN M, STOCKS B, TRUETSKY M, et al. Impacts of climate change on fire activity and fire management in the circumboreal forest[J]. Global Change Biology, 2008, 15: 549-560.

[5] FLANNIGAN M, CANTIN A S, GROOT W J D, et al. Global wildland fire season severity in the 21st century[J]. Forest Ecology and Management, 2013, 294: 54-61.
 [6] 田晓瑞, 舒立福, 赵凤君, 等. 气候变化对中国森林火险的影响[J]. 林业科学, 2017, 53(7): 159-169.
 [7] 张恒, 马运佳, 彭徐剑, 等. 2003—2016 年中国华北地区森林火灾时空特征研究[J]. 西北林学院学报, 2019, 34(1): 163-169.
 [8] 乔泽宇, 房磊, 张悦楠, 等. 2001—2017 年我国森林火灾时空分布特征[J]. 应用生态学报, 2020, 31(1): 55-64.
 [9] SENICI D, CHEN H Y H, BERGERON Y, et al. Spatiotemporal variations of fire frequency in central boreal forest [J]. Ecosystems, 2010, 13(8): 1227-1238.
 [10] WANG Y, ANDERSON K R. An evaluation of spatial and temporal patterns of lightning- and human-caused forest fires in alberta, canada, 1980—2007 [J]. International Journal of Wildland Fire, 2010, 19(8): 1059-1072.
 [11] 苏立娟, 何友均, 陈绍志. 1950—2010 年中国森林火灾时空特征及风险分析[J]. 林业科学, 2015, 51(1): 88-96.

(下转第 168 页)

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2021.02.010

昆明地区重大森林火灾火烧迹地可燃物能量分析

王志鹏¹, 张文文¹, 李岩¹, 康宣勇¹, 闫想想¹, 龙腾腾¹, 王秋华^{1,2}

(1. 西南林业大学土木工程学院, 云南 昆明 650224; 2. 云南省森林灾害预警与控制重点实验室, 云南 昆明 650224)

摘要:对昆明地区重大森林火灾迹地进行外业调查,并对其进行可燃物进行系统研究。结果表明:火烧迹地的地盘松幼林、光叶石栎和紫茎泽兰的可燃物绝对含水率分别为 13%、11%和 12%,可燃物载量分别为 0.4、0.5 和 1.1 kg/m²,热值分别为 20 700、20 600 和 19 100 kJ/kg,单位面积热量分别为 8 280、10 300 和 21 010 kJ/m²。说明火烧迹地的可燃物干燥易燃,在防火期有可能再次发生火灾,并发展为高强度火,应重视重大森林火灾火烧迹地的管理、更新和恢复。

关键词:重大森林火灾;火烧迹地;可燃物;热值;单位面积热量;昆明地区

中图分类号:S762.34 文献标志码:A 文章编号:1671-3168(2021)02-0059-04

引文格式:王志鹏,张文文,李岩,等.昆明地区重大森林火灾火烧迹地可燃物能量分析[J].林业调查规划,2021,46(2):59-62,176. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2021.02.010

WANG Zhipeng, ZHANG Wenwen, LI Yan, et al. Combustible Energy in Burned Area of Major Forest Fire in Kunming[J]. Forest Inventory and Planning, 2021, 46(2): 59-62, 176. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2021.02.010

Combustible Energy in Burned Area of Major Forest Fire in Kunming

WANG Zhipeng¹, ZHANG Wenwen¹, LI Yan¹, KANG Xuanyong¹, YAN Xiangxiang¹,
LONG Tengting¹, WANG Qiuhua^{1,2}

(1. College of Civil Engineering, Southwest Forestry University, Kunming 650224, China;

2 Yunnan Key Laboratory of Forest Disaster Warning and Control, Kunming 650224, China)

Abstract: The field investigation in burned area of major forest fire was carried out to systematically study the combustibles. The results showed that the absolute moisture content of combustible in *Pinus yunnanensis* var. *pygmaea* young forest, *Lithocarpus mairei* forest and *Eupatorium adenophorum* forest were 13%, 11% and 12% respectively, the combustible load was 0.4, 0.5 and 1.1 kg/m² respectively, the calorific value was 20 700, 20 600 and 19 100 kJ/kg respectively, and the heat per unit area was 8 280, 10 300 and 21 010 kJ/m² respectively. The results indicated that the combustibles in the burned area were dry and flammable where the major fire may occur again, so attention should be paid to the management, renewal and restoration of major forest burned areas.

Key words: major forest fire; burned area; combustible; calorific value; heat per unit area; Kunming

收稿日期:2020-08-20.

基金项目:云南省农业联合面上项目(2018FG001-055);云南省教育厅科学研究基金(2019Y0145,2020Y0382);云南省大学生创新创业计划(20191067722).

第一作者:王志鹏(1997-),男,山西大同人.主要从事消防工程学习.

责任作者:王秋华(1978-),男,福建长汀人,教授,博士.主要从事森林防火教学科研工作.

森林火灾不仅会破坏当地的生态环境,而且会烧毁森林,影响社会和谐安宁,是世界重大自然灾害之一。近年来,全球频发森林火灾;2018年11月8日,美国加利福尼亚州发生史上最具破坏性的大火,火场过火面积约5.7万 hm^2 ;2019年3月30日中国四川省凉山木里县发生森林火灾,导致30名消防指战员壮烈牺牲;7月18日澳大利亚发生全国性火灾,过火面积超过630万 hm^2 ,火灾持续时间210d,近5亿动物丧生;7月29日俄罗斯西伯利亚地区发生森林大火,过火面积超过15800 km^2 ;8月“地球之肺”亚马逊热带雨林发生大火,近百万公顷的森林被毁。2020年5月9日下午安宁市青龙街道办事处双渭村委会山神坝发生森林火灾,受火场高温大风、植被易燃等不利因素的影响,火场多次出现飞火情况,形成多条火线,火头数次越过隔离带,严重威胁周边企业村庄,火灾持续时间6d,过火面积共170.1 hm^2 。全球森林火灾越来越频繁,大片森林在大火的侵蚀下化为一片灰烬。尽管森林系统的恢复力稳定性强大,大火过后,树木会重新长出,用不了多久就会恢复原貌。但事实上,森林一旦被烧毁,很可能永远无法完全恢复。通过对昆明地区的林区可燃物进行系统研究,以期得到可燃物载量、含水率变化的规律及重大森林火灾可燃物的基础规律,为预防重大森林火灾的发生提供理论基础。

重大森林火灾发生的物质能量基础为可燃物。森林可燃物包括森林中的所有乔木、灌木、草类、地衣、苔藓,以及地表的枯枝落叶和地表以下的腐殖质和泥炭等,其影响森林火灾的发生、控制、扑救及用火安全、火烧后的损失^[1-5]。森林可燃物的能量分析有利于林业部门制定科学有效的防火措施。

1 研究地概况

滇中地区的安宁市,行政区划上属于昆明市,位于东经 $102^{\circ}10' \sim 102^{\circ}37'$,北纬 $24^{\circ}31' \sim 25^{\circ}06'$,总面积1321 km^2 ,兼具低纬气候、高原山地气候、季风气候的特点,主要表现为降水充沛、干湿分明、分布不均。受西南季风影响,冬无严寒、夏无酷暑,年均温 $14 \sim 17^{\circ}\text{C}$,年均日照时数为2054h,森林防火期长达6~7个月^[6]。系滇东高原盆地,地形以山地及山间盆地(坝子)为主,大面积土地高低参差、纵横起伏。由于纬度低,海拔高,垂直地域分异明显,动植物种类多,物种多样性丰富。

森林植被类型主要有常绿阔叶林、暖温性针叶林和灌木林。针叶树种主要有分布最广的云南松

(*Pinus yunnanensis*),华山松(*Pinus armandii*)人工林、云南油杉(*Keteleeria evelynian*)、地盘松(*Pinus yunnanensis*. var. *pygmaea*)等。阔叶树主要有旱冬瓜(*Alnus nepalensis*)、滇青冈(*Cyclobalanopsis glaucoides*)、云南樟(*Cinnamanum glanduliferum*)、元江栲(*Castanopsis orthacanth*)。常见灌木包括南烛(*Lyonia ovalifoli*)、光叶石栎(*Lithocarpus maire*)、大白花杜鹃(*Rhododendron decorum*)、大树杨梅(*Myrica esculenta*)等。2006年“3·29”重大森林火灾,过火面积达1695.4 hm^2 ,损失大、影响广^[7]。

2 研究方法

2.1 外业调查

2019年5月2日对位于安宁市交界的西山团结乡2006年“3·29”重大森林火灾迹地进行外业调查。地盘松林、光叶石栎林样地各设置2个 $10\text{m} \times 10\text{m}$ 的样地,在样地内按对角线的方式各设置3个 $1\text{m} \times 1\text{m}$ 的样方;在紫茎泽兰样地内按四角及中心的方式设置5个 $1\text{m} \times 1\text{m}$ 的样方。

在设置的地盘松林、光叶石栎林样地中,用卷尺测高度,然后用尼龙网收集袋收集每个样方内的地表可燃物,取样后用便携式电子天平称其鲜质量,贴上标签后装袋备用。样方内的可燃物收集后并称量,写上标签后带回实验室,用以模拟火烧。

2.2 数据测定

1) 绝对含水率的计算

$$\text{绝对含水率} = \frac{\text{取样质量} - \text{绝干质量}}{\text{绝干质量}} \times 100\% \quad (1)$$

2) 载量的计算

$$\text{可燃物载量} = \frac{\text{可燃物绝干质量}}{\text{样方面积}} \quad (2)$$

3) 热值的测定

采用量热法测定热值,计算公式如下:

$$Q = \frac{K[(T - T_0) + \Delta t]}{M} \quad (3)$$

式中: Q 为预计可燃物的发热量(kJ/kg); K 为水当量($\text{kJ/}^{\circ}\text{C}$); T_0 为点燃前的温度($^{\circ}\text{C}$); T 为点燃后的温度($^{\circ}\text{C}$); Δt 为温度校正值($^{\circ}\text{C}$); M 为样品质量(g)。

将取样放入电热鼓风干燥箱后,105 $^{\circ}\text{C}$ 连续烘制24h至绝干状态,放入XRY-1C微机氧弹式热量计内,各项实验步骤准备完毕,启动电脑开始实验。

2.3 数据处理

用Word 2010和Excel 2010对数据进行处理,

通过计算得出数据的平均值、最大值、最小值和标准差等,并进行相关分析。

3 结果与分析

3.1 可燃物特征

在海拔约为 2 300 m、坡度约为 10°的地区设置样地,其地表可燃物能够代表火烧迹地;地盘松主要为幼林,郁闭度为 95%,高度不到 1 m;光叶石栎郁闭度为 85%,高度约 3 m;紫茎泽兰为多年生菊科草本植物,高度约 1.5 m,盖度达 75%(表 1)。

表 1 火烧迹地主要可燃物特征

Tab. 1 Characteristics of main combustibles in burned area

样地	年龄 /a	郁闭度 /%	植株高度 /cm	盖度 /%	海拔 /m	坡度 /(°)
地盘松幼林	13	95	75~80	/	2300	10
光叶石栎	12	85	250~300	/	2300	10
紫茎泽兰	/	/	140~150	70~75	2300	14

3.2 可燃物的理化特征

3.2.1 可燃物含水率

可燃物含水率用于表示可燃物水分多少,与林火发生、蔓延和强度息息相关,影响可燃物达到点着温度的时间以及释放热量的多少^[8]。地盘松幼林、光叶石栎和紫茎泽兰的绝对含水率分别为 13%、11%和 12%(图 1)。

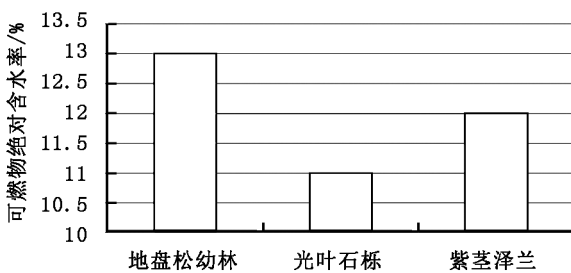


图 1 火烧迹地可燃物的绝对含水率

Fig. 1 Absolute moisture content of combustibles in burned area

可见,5 月的滇中地区仍然很干燥,可燃物易燃,要采取相应措施,严格火源管理、严控火种进山,预防火灾的发生。本研究中,地盘松幼林和光叶石栎均取林下调落物,其含水率代表了林内可燃物的干燥状态,能为营林用火、营林措施提供基本依据,

也能为地表火的预测预报提供基础。而紫茎泽兰凭借强大的根状茎在火烧迹地大量生长,但采样时也处于干枯状态,且枯死的叶子不落到地面,仍然密集悬挂在茎秆上,如果发生火灾,将成为良好的“过火通道”。在昆明森林防火期内,风大、气温高且可燃物的含水率接近 10%时,森林可燃物可以被快速引燃,且林火蔓延迅速,很有可能再次发生重大森林火灾。

3.2.2 可燃物载量

可燃物的载量是影响着火速度、火势蔓延速度和火强度的重要因素之一,是估测潜在火灾风险的重要参数。地表凋落物的累积和分解速度,气象、地形条件等因素影响载量的数值,并随时间和空间而动态变化^[9]。地盘松幼林、光叶石栎和紫茎泽兰的可燃物载量分别为 0.4、0.5 和 1.1 kg/m²(图 2)。

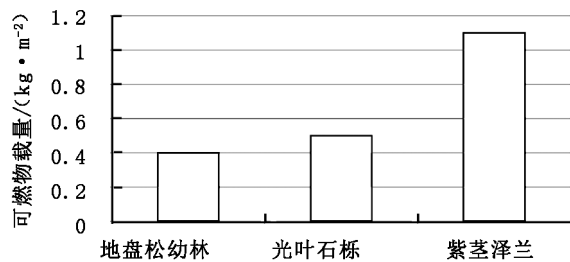


图 2 火烧迹地可燃物载量

Fig. 2 Combustibles load in burned area

地盘松幼林和光叶石栎的可燃物载量不大,但紫茎泽兰的载量超过 1.0 kg/m²,超过前两种可燃物的 2 倍,如若发生火灾,发展为高强度火的概率较大。同时,由于紫茎泽兰占据了大火后开设的生土隔离带、火烧迹地的阳面山坡和沟箐,不但本身易着大火,而且有助于火的快速蔓延,应引起足够的重视,在防火期也应采取相应的措施。

3.2.3 可燃物热值

可燃物热值是指单位可燃物在绝干状态下完全燃烧之后释放出来的能量值,是可燃物燃烧的重要特征,是可燃物有机化合物组成及其含量的综合反映,能有效评价植物化学能积累效率的高低,影响着火温和火的蔓延过程,与火强度也有关,热值越大,火强度越大^[10]。一般情况下,森林可燃物中树叶的热值最高。地盘松幼林、光叶石栎和紫茎泽兰热值分别为 20 700、20 600 和 19 100 kJ/kg(图 3)。

林分特征、生长特性一定程度上决定了热值的差异性:地盘松属耐旱植物,在火烧迹地的山脊上连

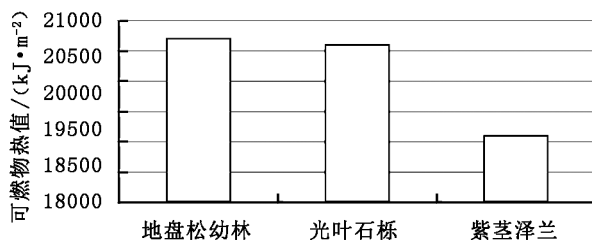


图 3 火烧迹地可燃物热值

Fig. 3 Calorific value of combustibles in burned area

片出现,形成密度极高的高山矮林或灌丛,其主干不明显,贴伏地面,基部生多干,呈丛生状,叶及林分易燃,适应力强;光叶石栎生于海拔 1 500~2 500 m 较为干燥的山地杂木林地,与针叶林混生。

3.2.4 可燃物单位面积热量

单位面积的热量指火头内单位面积释放的热量,它不受风、坡度和蔓延方向的影响(单位面积热量为热值与可燃物载量的乘积)^[11]。地盘松幼林、光叶石栎和紫茎泽兰的单位面积热量分别为 8 280、10 300 和 21 010 kJ/m²(图 4)。

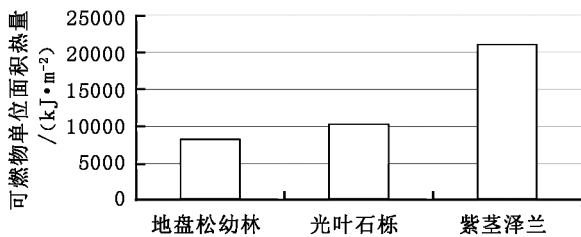


图 4 火烧迹地可燃物的单位面积热量

Fig. 4 Heat per unit area of combustibles in burned area

由图 4 可知,地盘松幼林的单位面积热量最低,原因是幼林中可燃物载量较小,高度较低。紫茎泽兰的热值虽然不高,但可燃物载量最大,且生长密集,连续性好,导致单位面积能量最高。

4 结论与讨论

13 年后,2006 年“3·29”重大森林火灾火烧迹地内主要可燃物地盘松幼林、光叶石栎和紫茎泽兰单位面积热量分别为 8 280 kJ/m²、10 300 kJ/m² 和 21 010 kJ/m²,达到了较高水平。可燃物的含水率较低,热值较大,说明火烧迹地的可燃物干燥易燃,在防火期有可能再次发生火灾,并产生人为难以控制的中高强度火,加重损失。火烧迹地中地盘松林

分易燃、垂直分布良好且密度大,如果发生火灾将可能由地表火转变为高强度火。可见,火烧迹地内可燃物丰富、能量较大,一旦着火,仍然有可能发展为重大森林火灾。火烧迹地的更新、恢复,值得深入研究^[12]。

重大森林火烧迹地的管理应引起足够的重视^[13]。在不严重破坏林地原有生态系统的情况下,可在非防火期清理部分林下可燃物,降低林地内可燃物载量,减少可燃物的水平垂直连续性;结合火烧迹地的地形、地貌和箐沟、山沟等^[14],加强防火林带营造的力度,形成闭合的环线,起到阻隔作用;加大紫茎泽兰的除治力度,降低林内火灾危险性。

由于本次研究的采样有限,建议将来增加采样的量和时间,特别是在火险等级最高的 3—4 月,多采样,获得更多的数据,使研究更有说服力和代表性,提高研究的准确度。

参考文献:

- [1] 秦富仓,王玉霞. 林火原理[M]. 北京:机械工业出版社,2014.
- [2] 张家来,曾祥福,胡仁华,等. 湖北主要森林可燃物类型及潜在火行为研究[J]. 华中农业大学学报,2002,21(6):550-554.
- [3] 王明玉,舒立福,赵凤君,等. 北京西山可燃物特点及潜在火行为[J]. 林业科学,2010,46(1):84-90.
- [4] MARTIN D L, MANUEL J B, JOSÉ R, et al. Fuel characteristics and fire behavior in mature Mediterranean gorse shrublands [J]. International Journal of Wildland Fire, 2004(13):79-87.
- [5] LARA A A, CRISTINA P, JOSE A M. Fire models and methods to map fuel types; the role of remote sensing [J]. Forest Ecology and Management, 2008, 256(6):1239-1252.
- [6] 王秋华,肖慧娟,徐盛基,等. 滇中安宁“3·29”重大森林火灾火烧迹地灌木林的燃烧性研究[J]. 安全与环境学报,2016,16(1):138-141.
- [7] 段颖,周汝良,刘智军. 基于 CBERS 遥感数据的云南安宁“3·29”火灾面积评估[J]. 云南地理环境研究,2009,21(1):89-92.
- [8] 满子源,胡海清,张运林,等. 帽儿山地区典型地表可燃物含水率动态变化及预测模型[J]. 北京林业大学学报,2019,41(3):49-57.
- [9] 王秋华,闫想想,龙腾腾,等. 昆明地区华山松纯林枯枝的燃烧性研究[J]. 江西农业大学学报,2020,42(1):66-73.

(下转第 176 页)

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2021.02.011

我国中西部南北旅游大通道构建及运营后带来的 环境污染风险防范

赵临龙^{1,2}

(1. 安康学院, 陕西 安康 725000; 2. 陕南乡村振兴研究中心, 陕西 安康 725000)

摘要:介绍中国中西部南北旅游大通道的概念,公路、铁路网络,途经的省市及节点城市、旅游景区等概况。分析大通道构建后产生的人流的吃、住、行、购、游、娱活动以及项目施工对环境带来的污染和破坏作用。藉此提出从规划阶段预防做起,环境保护突出大草原的核心点,坚持绿水青山永续发展等防范对策、建议。

关键词:中西部;南北旅游大通道;包海铁路;环境污染;风险防范

中图分类号:S788.2;X501 文献标志码:A 文章编号:1671-3168(2021)02-0063-03

引文格式:赵临龙.我国中西部南北旅游大通道构建及运营后带来的环境污染风险防范[J].林业调查规划,2021,46(2):63-65,70. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2021.02.011

ZHAO Linlong. Prevention of Environmental Pollution Risk in the Construction of North-South Tourism Corridor in Central and Western China[J]. Forest Inventory and Planning, 2021, 46(2): 63-65, 70. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2021.02.011

Prevention of Environmental Pollution Risk in the Construction of North-South Tourism Corridor in Central and Western China

ZHAO Linlong^{1,2}

(1. Ankang College, Ankang, Shaanxi 725000, China; 2. Southern Shaanxi Rural Revitalization Research Center, Ankang, Shaanxi 725000, China)

Abstract: This paper introduced the concept of North-South tourism corridor in central and western China, and the status of highway and railway network, passing provinces and cities, node cities and scenic spots of the corridor. Based on the analysis of food, housing, transportation, shopping, tourism, entertainment activities and the environmental pollution and damage caused by the construction of the project, this paper put forward some preventive countermeasures, such as prevention from the planning stage, highlighting the core point of grassland in environmental protection, and adhering to the sustainable development of lucid waters and lush mountains.

Key words: central and western China; North-South tourism corridor; Baohai railway; environmental pollution; risk prevention

我国中西部南北旅游大通道,是指位于东经 110° 的中国陆地版图南北中轴线附近的旅游线路, 它北起中国内蒙古的满都拉,南至中国海南的天涯海角,途经中国中西部的 9 个省市自治区:内蒙古、

收稿日期:2020-05-18.

基金项目:国家社会科学基金项目(13XJY026);陕西省“高层次人才特殊支持计划”项目(2019TZJH01).

第一作者:赵临龙(1960-),男,陕西西安人,硕士,硕导,二级教授.主要研究方向为旅游项目开发.

陕西、重庆、湖北、湖南、贵州、广西、广东、海南,全长 3 千多公里。南北旅游大通道荟萃了我国旅游精品:内蒙古的成吉思汗陵、陕西的黄帝陵和兵马俑、重庆的长江小三峡、湖北的武当山和恩施大峡谷、贵州的梵净山、湖南的张家界、广西的桂林山水、广东的海陵岛、海南的天涯海角^[1]。

1 南北旅游大通道概况

2006 年,提出《构建中国中西部南北旅游大通道的设想》^[2](以下简称“南北旅游大通道”),以此整体推动中国旅游的区域发展。

南北旅游大通道途经 9 省市自治区的 30 多个旅游节点城市,从北到南拥有的中国国家历史文化名城:内蒙古的呼和浩特市、陕西的榆林市、延安市、西安市、咸阳市、韩城市、汉中市,重庆市,湖南的凤凰县,广西的桂林市,广东的雷州市,海南的海口市;拥有的中国优秀旅游城市:内蒙古的呼和浩特市、包头市、鄂尔多斯市,陕西的延安市、西安市、咸阳市、宝鸡市、韩城市、汉中市,重庆市(巫溪县、巫山县、奉节县),湖北的十堰市、恩施市、利川市,湖南的张家界市,广西的桂林市、柳州市、玉林市,广东的茂名市、湛江市,海南的海口市(含琼山市)、琼海市、儋州市、三亚市,形成的旅游文化廊道包含的文化:草原文化—沙漠文化—黄土文化—古都文化—山地文化—江河文化—海洋文化,构成特色鲜明的国际旅游精品线:大草原—沙漠边关—黄土高原—古都景观—绿水青山—黄金海岸—大海洋。

南北旅游大通道纵向的“包海铁路”、“包海高速公路”将旅游节点城市与其他城市相连接^[2]。在国家《中长期铁路网规划》的“八横通道”中,除东北的绥满通道,其他 7 条通道都与南北旅游大通道的“包海高铁”横向联系。旅游节点城市沿着南北旅游大通道的文化廊道,将旅游线路辐射到河北(北京市、天津市)、山西、山东、河南、江苏、上海、浙江、江西、福建、甘肃、新疆、四川、云南等省市自治区。

2 南北旅游大通道构建及运营后带来的环境污染风险

南北旅游大通道不仅是中西部地区构建的国际旅游精品线,也是中西部地域经济的增长极,实现脱贫致富后续发展的扶贫线,还是中西部地区发展区域绿色经济,全面实现现代化的致富线,同时兼有军事要道的功能。但从事物的两面性考虑,南北旅游

大通道构建也存在很大的环境污染风险。

2.1 南北旅游大通道运营后的游客对自然环境的破坏和污染

南北旅游大通道长达 3 000 km,涉及 30 多个市(含县级市),世界知名旅游景区和国家 4A 以上景点达 400 处之多(截至 2019 年),从世界奇迹的“秦兵马俑”、华夏人文始祖的“黄帝陵”、一代天骄的“成吉思汗陵”,到中国两大河流的“黄河壶口瀑布”、“长江三峡”,再到大自然神奇的“张家界”地貌、“桂林”漓江山水、“神农架”生态源、“内蒙古”大草原大沙漠、“秦岭”分水岭、“湛江”黄金海岸线、“天涯海角”热带海洋,以及到凸显人文合一的“梵净山”、“武当山”、“凤凰古镇”、“延安革命圣地”等,成为节点城市旅游文化辐射的“辐射源”,使南北旅游大通道成为具有世界震撼力的旅游线路。

尽管南北旅游大通道地处全国经济欠发达地区,但涉及面积和人口分别为全国的 28% 和 27.5%,^[4]截至 2019 年涉及到人口 3 亿多人,并辐射到全国 15 个相关省市自治区。这是一个巨大的旅游市场,但随着旅游旅客的增加,旅游六要素都将对环境造成一定污染。其中的“吃、住”不仅产生大量的生活垃圾污染,还有饮食业油烟排放污染、垃圾焚烧污染等造成的空气污染;“行、游”产生大量的白色污染等生活垃圾,还有私家车排放的空气污染等,甚至更严重的对地表水污染、地下水污染、海洋污染以及饮用水污染;“购、娱”所产生的农产品产量急剧增加,造成化肥污染、农药污染等的土壤污染;另外,还有通讯服务的射频辐射污染,娱乐活动的噪音污染等。下面略举二例加以说明:

1) 草原“旅游垃圾”的污染。内蒙古大草原早就人们向往的旅游目的地,很多国内外游人把呼伦贝尔大草原视为出游的首选景区,纷至沓来,使大草原上的旅游景点车水马龙,处处爆满。随着南北旅游大通道的开启,距离呼和浩特仅有 65 km、1.5 h 车程的敕勒川草原,距离包头 200 km³ 小时车程的稀拉穆仁草原,也将成为人们草原旅游的目的地。

但在一些草原旅游景点,随着大批游人的到来,原本干干净净的大草原,却遭到了“旅游垃圾”的污染,他们用过的矿泉水瓶、啤酒瓶、废纸箱、冷饮罐、废电池等随处乱扔。目前,“旅游垃圾”已列为矿山和石油开发之后的草原上第三大污染源,特别是在旅游景点周围的草场,每年都发生几十起牧民牲畜因误食“旅游垃圾”而中毒或死亡的事件^[3]。

2) 沙漠“旅游垃圾”污染。南北旅游大通道沿

线除响沙湾 5A 景区外,还有更大的库布齐沙漠。30 年来,我国的治沙工程取得了很大的成就,沙漠里出现了绿洲,也成为了人们旅游的目的地。但是问题也随之而来,游客在游玩的途中将垃圾扔在沙漠里,景点周围的网围栏和牧草丛挂满了五颜六色的塑料包装袋,使旅游点看上去就像是一座“垃圾场”。“旅游垃圾”已成为污染沙漠的一大公害。由于这些垃圾多是不可降解的塑料制品,很容易使一些植被消亡^[4]。

2.2 南北旅游大通道区域设施项目施工对环境的污染

南北旅游大通道途经 9 省市自治区的 30 多个旅游节点城市,涉及到世界遗产、国家风景名胜区、5A 旅游景区、4A 旅游景区等达 400 多处。旅游核心指标项目的建设所带来的建筑施工污染、建筑垃圾污染,以及建筑噪声污染、生活噪声污染、交通噪声污染,还有建筑运输车辆造成的灰尘污染、机动车尾气污染等直接污染,还有间接的建筑材料开采、加工空气污染,建筑材料运输灰尘污染和公路破坏等深度“污染”。

3 南北旅游大通道构建的风险防范

如何破解环境污染风险,是我们必须研究的重要问题。

3.1 环境保护从建设项目规划阶段预防做起

南北旅游大通道南北跨越约 3 000 km,穿越我国生态富集区,涉及 30 多个市(含县级市),与旅游交通相关的建设项目很多。因此,对于所有建设项目,首先从项目规划设计做起,严格按照国家生态红线规划项目建设区域,并且做好项目环评报告,提出项目环保要求,以及生态恢复措施;其次,对于建设项目要加强严格管理,坚决按照项目环评报告要求实施,限定施工区域,划定生态底线,并且提出项目工程完工后的生态恢复要求,确保生态安全。

同时,对项目施工连带项目,也要提出严格要求,尽量减少建筑施工污染、建筑噪声污染以及生活噪声污染、交通噪声污染,做好建筑垃圾处理。

3.2 环境保护突出大草原的核心点

大草原是目前我国纯天然、无污染的净土之一,也是当前尚未完全开发、原始生态景观保存完好的旅游胜地之一。大草原不只是当地的草原,而是全国的草原。因此,保护好这片净土,对构建人与自然的和谐,保护大草原的生态环境,科学发展草原旅游业,均具有十分重要的意义。

当前,导致“旅游垃圾”污染大草原的重要原因是:第一,草原旅游的环保责任不明确。无论是草原旅游的经营管理者还是游人,均缺乏明确的环保责任。经营管理者主要是以挣钱为目的,而游客没有养成将“旅游垃圾”回收带走的习惯。第二,草原旅游景点环保设施建设滞后。无论是较大的旅游景区,还是牧民开设的旅游点,都缺少妥善处理旅游垃圾的设施。第三,《草原法》不健全,缺乏对草原旅游环保的管理内容。结果造成草原旅游景点只注重经济效益,而忽视环保效益的局面^[4]。

因此,首先应尽快完善《草原法》中有关草原旅游环保管理的内容,使环保部门能对“旅游垃圾”污染草原依法管理,进而建立起草原环保的监督机制。其次,要在开发的草原旅游景区(点)加大环保配套设施建设力度,对旅游垃圾妥善回收处理,保证从源头减少不必要的生活污染。再者,加大对旅游者的环保知识宣传力度,对于旅客采取环境保护正面宣传教育和反面破坏生态处罚相结合方式,提高旅游者对大自然的环保意识。最后,对于容易受到破坏的草原自然生态环境景区,除可以采取旅客限量的方式外,也可以采取“休眠”的方式,单年开放一部分草原自然生态区域,同时休眠另一部分草原自然生态区域,双年再开放休眠的草原自然生态区域,而让开放的这部分草原自然生态区域进入休眠状态,使草原生态有条件地得到保护。

3.3 环境保护坚持绿水青山永续发展

1) 构建特殊生态的保护区。在绿色生态经济发展中,对于稀缺的生态资源和脆弱的生态环境,以及珍稀的动植物,要更加注意保护。通过建立自然保护区,限制人为的破坏,减少游客的影响。自然保护区以科普教育为主,对外进行半开放的考察活动,通过宣传教育,增强游客保护大自然意识和行动。

2) 确保旅游六要素环保到位。旅游六要素反映了旅游活动的全过程,旅游者要使权益得到保障和义务得到遵守,必须依据《中华人民共和国旅游法(2018 修正)》规范旅行活动。首先,旅游经营者要按照现代旅游景区新要求,在交通、通讯、餐饮、厕所、垃圾等方面有必要的旅游配套服务设施,并且有必要的安全设施及制度,对于生态环保区域给出环保禁止提示。在旅游高峰期,对于热点旅游景点要进行旅客数量限制,以降低游客过多对自然景观造成的人为破坏。对游客进行环保宣传教育,保护好绿水青山,对旅客破坏生态环境和旅游设施的行为给予适当的处罚教育,以唤醒其环保意识。

(下转第 70 页)

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2021.02.012

祥云水目山自然保护区生态环境健康等级变化研究

王有兵¹,余皖云¹,杨建军¹,廖聪宇²,刘起斌¹,杨国斌¹,姜健发¹

(1. 云南省林业调查规划院大理分院,云南 大理 671000; 2. 云南省林业调查规划院,云南 昆明 650051)

摘要:以祥云水目山州级自然保护区及其外围 2000 m 缓冲区为研究对象,依据 2005、2014、2019 年 Google Earth 历史影像及相关调查数据,采用 LDI 评价方法,分析水目山生态环境健康状况在时间和空间上的变化特征。结果显示,研究区域土地利用类型中林地占 63% 以上,保护区林地占 97% 以上,是以林地为主、农地为辅的山地农林复合生态环境。受农业生产、居住环境建设、公共基础设施建设、旅游业发展等人类活动的影响,研究区域景观破碎度及多样性指数在时空尺度上存在不同程度及不同趋势的变化。2019 年研究区域的 LDI 综合指数为 3.04,生态环境健康等级为“一般”;保护区的 LDI 综合指数在该时间段为 1.91,生态环境健康等级处于“健康”等级,随着时间的推移,有向“一般”等级发展的趋势。

关键词:生态环境;LDI 评价方法;土地利用类型;健康等级;景观破碎度;祥云水目山自然保护区

中图分类号:S759.9;X821 文献标志码:A 文章编号:1671-3168(2021)02-0066-05

引文格式:王有兵,余皖云,杨建军,等. 祥云水目山自然保护区生态环境健康等级变化研究[J]. 林业调查规划, 2021,46(2):66-70. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2021.02.012

WANG Youbing, YU Wanyun, YANG Jianjun, et al. Changes of Ecological Environment Health of Shuimushan Nature Reserve in Yunnan Province[J]. Forest Inventory and Planning, 2021, 46(2):66-70. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2021.02.012

Changes of Ecological Environment Health of Shuimushan Nature Reserve in Yunnan Province

WANG Youbing¹, YU Wanyun¹, YANG Jianjun¹, LIAO Congyu², LIU Qibin¹, YANG Guobin¹,
JIANG Jianfa¹

(1. Dali Branch, Yunnan Institute of Forest Inventory and Planning, Dali, Yunnan 671000, China;
2. Yunnan Institute of Forest Inventory and Planning, Kunming 650051, China)

Abstract: This paper used LDI method to analyze the temporal and spatial changes of ecological environment health in Shuimushan Nature Reserve and its surrounding 2000m buffer zone based on the relevant survey data and Google Earth historical images in 2005, 2014 and 2019. The results showed that the forest land accounted for more than 63% of the land use types in the study area, and the forest land in the reserve accounted for more than 97%, which was agroforestry ecological environment dominated by forest land and supplemented by agricultural land. Affected by human activities such as agricultural production, residential environment construction, public infrastructure construction and tourism development,

收稿日期:2020-07-14;修回日期:2020-09-02.

第一作者:王有兵(1986-),男,云南弥勒人,工程师.研究方向为林业资源调查、保护区及林木遗传育种研究. Email:1789908001@qq.com
责任作者:余皖云(1972-),女,安徽桐城人,工程师.从事林业调查规划工作. Email:1479896229@qq.com

the landscape fragmentation and diversity index of the study area had different changes and trends on the temporal and spatial scales. The LDI comprehensive index of the study area in 2019 was 3.04, and the ecological environment was “sub-health”, while the LDI comprehensive index of the nature reserve was 1.91, and the ecological environment was “health”, but tended to the “sub-health” level with the passage of time.

Key words: ecological environment; LDI method; land use type; health level; landscape fragmentation; Shuimushan Nature Reserve

2013年习近平总书记在海南考察工作时指出“良好生态环境是最公平的公共产品,是最普惠的民生福祉。”良好的生态环境是生态系统服务功能得以持续发挥的保障力。随着社会经济的快速发展,人们对生态环境质量的要求越来越高,生态系统健康的研究也备受关注。全国地理国情监测要求加强对地理国情信息的深度挖掘,多层次、多维度分析提炼综合反映国土空间布局、生态状况、城镇化进程、区域协调发展等方面的规律性特征,为政府的决策和管理提供依据。

目前有关生态系统健康研究的报道较少,且主要集中于湿地生态系统的研究^[1-7],涉及其它生态系统的评价极少^[8-12],有关森林生态系统的评价尚未形成完善的评价方法、标准和体系。Brown等^[13]2005年提出了景观开发强度(LDI)评价方法,该方法是基于土地利用来研究人类干扰程度,具有操作简单及所需数据量小的特点,能为管理者快速提供评价结果。土地资源是人类活动的载体,土地利用作为人类最基本的实践活动,可通过土地利用结构变化评估生态系统变化^[14]。水目山是云南禅宗的发源地,1988年被大理州政府批设为州级自然保护区,至2018年完成总体规划和综合科学考察。保护区附近村庄分布密集,受农业及旅游业的影响,人类活动对该区域的干扰日益突出。自保护区设立以来尚未见有关该区域生态环境健康研究的报道,本文首次以LDI评价方法为主,结合该区域土地利用的景观破碎度及多样性指标,分析该区域自2005年以来环境质量变化特征,以期为今后该区域生态环境质量的提升及保护区的管理提供依据。

1 研究区域概况

研究区域祥云水目山自然保护区位于云南省大理白族自治州境内(100°33′~100°39′E,25°19′~25°25′N),地处祥云和弥渡两县交界处,是金沙江水系与红河水系的分水岭,总面积为7965.11 hm²,其

中保护区面积为1500 hm²。研究区域呈东南—西北向“葫芦型”,海拔1979~2627 m。该区域气候类型属于北亚热带气候,但因地处高原和受西南季风的影响,兼有高原季风气候特点。水目山四周坝区年均温14.7℃,而水目山年均温比坝区要低4.6℃左右,年均降雨量在800 mm左右。保护区位于研究区域的中心,主要保护对象为以国家I级保护动物黑颈长尾雉为代表的珍稀濒危物种及其栖息环境,以及水目山完整的森林生态系统、古树名木和县城周边重要的水源涵养林。

2 研究方法

2.1 数据来源

数据主要包括2005、2014、2019年Google Earth历史影像,时相分别为10月、11月、4月,涉及研究区域最近两次森林资源规划设计调查矢量数据和影像以及保护区矢量数据。

2.2 数据处理方法

以森林资源规划设计调查矢量数据为基础,结合影像资料对研究区域范围内的土地利用现状进行斑块区划,影像不清晰的可参考调查数据的相关属性,如起源、年龄,查询项目建设时间及参考其它年份的影像进行判断。将区划的斑块根据土地利用类型归类为林地、建设用地、农地、道路、水体5类。以保护区边界为基础线向外缓冲2000 m为缓冲区域,分为4个梯带,每个梯带间隔500 m,并与区划好的斑块数据进行相交处理,获取相关数据。

2.3 各斑块 LDI 系数的确定

根据Brown等^[13]2005年划分的LDI系数表,结合研究区域的实际情况确定各斑块类型的LDI系数(表1)。

2.4 计算方法

计算各斑块面积及其所占研究区域的比例,根据表1所赋予的系数,通过式1计算LDI综合指数。

$$LDI_{total} = \sum \%LU_i \times LDI_i \quad (1)$$

表 1 研究区域土地利用类型与对应的 LDI 系数

Tab. 1 Land use types and corresponding LDI coefficients in the study area

土地利用类型	类型定义	LDI 系数	
林地	受轻度干扰的有林地、灌木林地	1.58	
	荒山(有放牧现象)	1.83	
	受轻度干扰的无立木林地及灌木林地(有放牧及割灌现象)	2.02	
	弃荒地	3.41	
建设用地	灌木经济林地、乔木经济林地、桉树林(用作提炼桉油)	3.68	
	单个住宅或单座坟地且较分散或较小连片面积	6.79	
	景区公园、停车场及尚未建设的空地	6.92	
	单个住宅分布相对密集连片或单座坟地较密且连片	7.47	
	单个住宅村庄或小区、公墓	7.55	
	部队、寺庙	8.07	
	采砂场、采石场、煤矿	8.32	
	工厂	8.66	
	低密度商务区	9.42	
	农地	种植农作物用地	4.54
	道路	两条车道的道路	7.81
		高速铁路	8.28
	水体	天然或人工水塘、水库	1.83

式中: LDI_{total} 为研究区域 LDI 综合指数; $\%LU_i$ 为第 i 种土地利用类型的面积占研究区域总面积的百分比; LDI_i 为第 i 种土地利用类型的 LDI 系数。

通过式 2 计算研究区域的景观破碎度。

$$I = n_i / A_i \quad (2)$$

式中: I 为景观破碎度, n_i 为某一景观类型的斑块数, A_i 为该景观类型的面积。

通过式 3 计算研究区域 Shannon 多样性指数。

$$H = - \sum P_i \ln P_i \quad (3)$$

式中: H 为景观类型多样性指数, P_i 为某一景观类型出现的概率。

2.5 健康评价

张森等^[6]对 2005 年 Brown 等^[13]划分的 LDI 值进行了分类,形成湿地健康评价标准,标准将 LDI 值分为 3 个等级:1~2 为健康,2~5 为一般,大于 5 为不健康。通过计算 LDI 综合指数、景观破碎度及景观类型多样性指数,借鉴上述健康分级,结合破碎度及多样性指数来评价该区域生态环境健康状况。

3 结果与分析

3.1 各土地利用类型面积变化

研究区域的各土地利用类型面积见表 2。

表 2 研究区域不同土地利用类型面积

Tab. 2 Land use types and area of the study area hm^2

土地利用类型	2005 年		2014 年		2019 年	
	研究区域	其中保护区	研究区域	其中保护区	研究区域	其中保护区
林地	5064.30	1457.26	5215.21	1464.52	5380.27	1455.98
建设用地	253.71	8.31	324.92	11.28	350.78	17.08
农地	2542.75	31.84	2321.14	21.61	2119.95	24.35
道路	6.77	2.53	6.77	2.53	16.80	2.53
水体	97.58	0.06	97.07	0.06	97.31	0.06

从表 2 可以看出,研究区域的土地利用类型主要以林地为主(占 63%以上),其次为农地,再次为建设用地,其中保护区的土地利用类型结构与研究区域基本一致(林地面积占 97%以上)。总体上,研究区域建设性质的土地利用类型随时间的推移面积有逐渐增大的趋势,如建设用地面积近 14 年增加了近 100 hm^2 ,这主要是因为部分研究区域位于山区和坝区交汇处,村寨分布密集,近 14 年来农村自建房、移民搬迁、小微企业及丧葬用地面积在逐渐增大。保护区内建设用地面积由 2005 年的 8.31 hm^2 增加至 2019 年的 17.08 hm^2 ,道路未发生变化。该保护区批设时间较早,但因批而未建,实际无矢量保护界线,部分建设项目用地在审批用地时不受限,导致建设用地面积大幅度增加。林地和农地的面积变化存在一定的相互关系,研究区域西南侧的农地主要位于山区,受退耕还林等政策及经济市场的影响,部分农地变为经济林地,如种植核桃、梨、桉树等;随树种经济价值及产量变化的影响,部分林地也会变为农地,如桉树林地因过度采集枝叶,导致树势衰弱而被废止;研究区域东北侧农地主要位于坝区,大部分林农交错区域的农地也发展为经济林地,部分区域种植灌木经济林—桑叶。研究区域气候干旱、水资源短缺较为严重,为满足居民生活生产所需,区域内建设了大小不等的水塘、水库总计 100 多个,但保护区位于山体中上部,水塘仅有 1 个。

研究区域及保护区 2005—2019 年的 LDI 综合指数有逐渐增大的趋势,研究区域的 LDI 综合指数

介于 2.94~3.04 之间,健康等级为“一般”;保护区的 LDI 综合指数在该时间段内介于 1.75~1.91 之间,健康等级为“健康”(表 3)。

表 3 研究区域不同年份环境指标

Tab. 3 Environmental indicators of different years in the study area

指标	2005 年		2014 年		2019 年	
	研究区域	其中保护区	研究区域	其中保护区	研究区域	其中保护区
LDI _{total}	2.94	1.75	3.04	1.89	3.04	1.91
森林覆盖率/%	53.25	89.76	59.33	92.94	60.89	92.40
破碎度	0.1204	0.0940	0.1658	0.1107	0.1984	0.1233
Shannon 指数	2.177	2.242	2.182	2.325	2.171	2.333

研究区域的森林覆盖率及破碎度随时间的推移逐渐增加,而 Shannon 指数有先增加后降低的趋势,主要是受农业种植结构调整及景观斑块数量变化的影响,导致景观类型比例和分布趋于均衡。保护区的森林覆盖率保持较高水平,随时间的推移有较小波动;受区内道路及土地利用类型变化的影响,景观破碎度值逐渐增高;而 Shannon 指数较整体研究区域要高且逐渐增加,主要是因为保护区内有大面积的针叶林,所占比例较高,导致景观类型比例分布不均衡。

3.2 LDI 综合指数及其它指标的时空变化

研究保护区及其外围 2 000 m 缓冲区的土地利用类型,获得该区域 LDI 综合指数在时间(2005—2019 年)和空间上的分布(图 1)。

从图 1 可知,研究区域 LDI 综合指数随时间的推移有增加的趋势(缓冲区 I 和缓冲区 III 除外);从空间分布来看,研究区域的 LDI 综合指数由内向外逐渐增大,自缓冲区 II 开始,其指标值已高于整体研究区域的指标值。

各分区的景观破碎度随时间的推移逐渐增加,但在空间变化趋势上表现出不一致,2005 及 2014 年缓冲区 IV 的值较缓冲区 III 要小,除保护区外,其它分区的景观破碎度在时空变化上均高于整体研究区域。Shannon 指数在时间变化上无规律,但在空间变化上由内至外逐渐减小(表 4)。

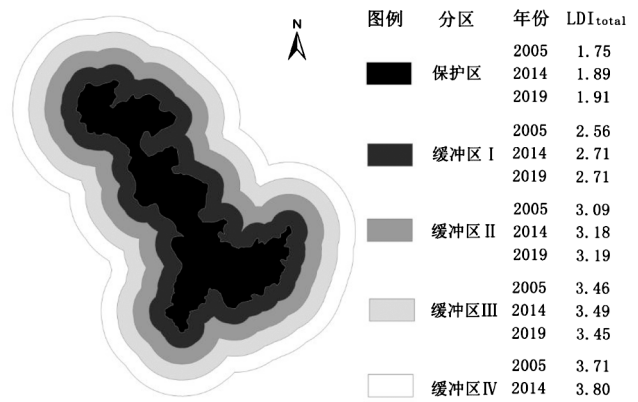


图 1 研究区域 LDI 综合指数时空分布

Fig. 1 Spatial and temporal distribution of LDI comprehensive index in the study area

表 4 研究区域景观破碎度及 Shannon 指数时空变化

Tab. 4 Spatial and temporal changes of regional fragmentation and Shannon index

分区	2005 年		2014 年		2019 年	
	破碎度	Shannon 指数	破碎度	Shannon 指数	破碎度	Shannon 指数
保护区	0.0940	2.242	0.1107	2.325	0.1233	2.333
缓冲区 I	0.2122	2.213	0.2647	2.288	0.2960	2.283
缓冲区 II	0.2085	2.175	0.2734	2.208	0.3105	2.218
缓冲区 III	0.2405	2.124	0.3056	2.142	0.3552	2.122
缓冲区 IV	0.2191	2.052	0.3011	2.101	0.3694	2.114

4 结论与讨论

文章首次将 LDI 评价方法应用于森林生态系统健康评价,结合景观破碎度及多样性指标研究水目山生态环境健康变化特征。结果显示,该区域土地利用类型以林地为主,其次为农地,属山地农林复合生态环境。受农业生产、居住环境建设、公共基础设施建设、旅游业发展等人类活动的影响,研究区域景观破碎度及多样性指数在时空尺度上存在不同程度及不同趋势的变化。研究区域生态环境健康状态总体上处于“一般”等级,其中保护区的生态环境健康等级处于“健康”等级,2019 年保护区的 LDI 综合指数达 1.91,较接近“一般”等级。

土地是人类赖以生产和生活的物质基础,是自然与经济的综合体^[15]。土地利用/覆被变化影响区域生态系统的结构和功能,对生态系统向人类社会

提供各项服务价值和功能的能力起决定性作用^[16]。景观格局变化是自然驱动因素和人为驱动因素综合作用的结果^[17]。研究表明,人类活动频繁的区域主要位于研究区域的外围,以农业生产为主,农业产业结构的变化对研究区域生态环境健康状态有较大影响,并存在较大的优化提升空间;研究区域存在大面积的衰产期经济林,产量低,管理粗放;一些区域规划了低效林改造,但后期管理粗放,改造效果不佳;受政策的影响,部分树种面临更换或废弃的可能,如桉树林地变为农地或荒山地;市场信息不对等,导致农民盲目种植,变数较大。

目前,我国粗放利用土地的现象在农村普遍存在,如何使土地由粗放利用向精致利用、有序利用、生态优先永续利用方面发展?如何促使资源与环境共融共生?想必,唯有依托科学规划国土空间,加强土地利用管理,优化土地资源配置,促进生产空间集约高效,才能达到生活空间宜居适度,生态空间山清水秀,构建科学合理的山地农林复合生态环境格局。

参考文献:

- [1] 徐晓甫,王群山,郑德斌,等. 天津牡蛎礁特别保护区生态系统健康研究[J]. 水力发电学报,2018,37(3):69-77.
- [2] 孙有方,雷新明,练健生,等. 三亚珊瑚礁保护区珊瑚礁生态系统现状及其健康状况评价[J]. 生物多样性,2018,26(3):258-265.
- [3] 毕忠野,党二莎,包吉明,等. 深圳市福田国家级红树林自然保护区的红树林生态系统健康评价[J]. 海洋开发与管理,2019(6):28-32.
- [4] 林波. 湿地生态系统健康评价方法及其应用——以白洋淀湿地为例[D]. 北京:中国林业科学研究院,2010.
- [5] 江文渊. 基于三种水平的湿地生态系统健康评价——以天津大黄堡湿地自然保护区为例[D]. 天津:天津师范大学,2012.
- [6] 张森,刘俊国,赵旭,等. 基于景观开发强度法的湿地健康变化研究[J]. 水土保持研究,2014,21(3):157-162.
- [7] 田欣. 星海湖湿地生态安全评估与预警研究[D]. 银川:宁夏大学,2018.
- [8] 孟凡萍,黄银洲,王岳光. 宁夏沙坡头自然保护区生态系统健康评价[J]. 安徽农业科学,2015,43(31):268-271.
- [9] 高翔,黄娉婷,王可. 宁夏沙坡头干旱沙漠自然保护区生态系统稳定性评估[J]. 生态学报,2019,39(17):6381-6392.
- [10] 张勇,董鑫,邹勤,等. 四川森林生态系统健康评价研究[J]. 四川环境,2016,35(5):98-102.
- [11] 朱琪,周旺明,贾翔,等. 长白山国家级自然保护区及其周边地区生态脆弱性评估[J]. 应用生态学报,2019,30(5):1633-1641.
- [12] 马行天,曹涵. 基于层次分析法的陕西省城市生态系统健康动态评价[J]. 四川环境,2019,38(3):150-158.
- [13] BROWN M T, VIVAS M B. Landscape development intensity index[J]. Environmental Monitoring and Assessment, 2005, 101(1-3):289-309.
- [14] 王成,魏朝富,高明. 土地利用结构变化对区域生态健康的影响:以重庆市沙坪坝区为例[J]. 应用生态学报,2005,16(12):2296-2298.
- [15] 封建民,郭玲霞,李晓华. 汉中市土地利用时空变化及其对生态系统服务价值的影响[J]. 水土保持研究,2020,27(1):275-282.
- [16] 陈海燕,邵全琴,安如. 1980—2005年内蒙古地区生态系统服务功能价值的时空变化分析[J]. 地球信息科学学报,2014,16(4):582-591.
- [17] 张明明,张黎俊,栗海军,等. 草海国家级自然保护区景观格局变化与景观发展强度研究[J]. 生态与农村环境学报,2019,35(3):300-306.

责任编辑:许易琦

校对:张林艳 许易琦

(上接第 65 页)

参考文献:

- [1] 赵临龙. 中国中西部南北旅游大通道的构建研究[M]. 北京:科学出版社,2018.
- [2] 宋红梅. 包海西部高铁建议方案引关注[N]. 陕西日报,2015-3-8.
- [3] 丁铭. “旅游垃圾”脏了草原的脸[N]. 中国环境报,2005-8-15.
- [4] 中国用 30 年将沙漠变绿洲,治沙人:赶走沙漠又迎来了新的“敌人”[EB/OL]. 网易号. (2019-01-02). <http://dy.163.com/v2/article/detail/E4HTNLHQ05372KIR.html>
- [5] 武汉:汉江边污染触目惊心[EB/OL]. 人民网报网, (2000-11-10). <http://unn.people.com.cn>.

责任编辑:刘平书

校对:许春霞 刘平书

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2021.02.013

昆明市草原现状分析及退化修复对策

高林,潘庭华,汤明华,王志婷,王引,樊骥善
(云南省林业调查规划院生态分院,云南昆明 650031)

摘要:介绍昆明市草原面积、分布等情况。对各类型、各质量等级、不同退化程度草原面积进行统计分析,阐述引起草原退化的自然因素、人畜因素及其它因素。藉此提出加强保护和管理力度,建立乔、灌、草结合的生态系统,设立工程围栏及生物围栏,加大种质资源研究和利用,促进物种多样化等草原地区生态恢复和重建对策、措施。

关键词:草原资源;退化修复;保护利用;生物围栏;种质资源;昆明市

中图分类号:S812.6;X171.4 文献标志码:A 文章编号:1671-3168(2021)02-0071-06

引文格式:高林,潘庭华,汤明华,等.昆明市草原现状分析及退化修复对策[J].林业调查规划,2021,46(2):71-76,82. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2021.02.013

GAO Lin, PAN Tinghua, TANG Minghua, et al. Present Situation and Degradation Restoration of Grassland Resources in Kunming City[J]. Forest Inventory and Planning, 2021, 46(2): 71-76, 82. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2021.02.013

Present Situation and Degradation Restoration of Grassland Resources in Kunming City

GAO Lin, PAN Tinghua, TANG Minghua, WANG Zhiting, WANG Yin, FAN Jishan
(Ecological Branch, Yunnan Institute of Forest Inventory and Planning, Kunming 650031, China)

Abstract: This paper introduced the area and distribution of grassland resources in Kunming, analyzed the grassland area of different types, quality grades and degradation degrees, and the natural, human and animal factors and others causing grassland degradation, as well as suggested to strengthen the protection and management, establish the ecosystem of arbor, shrub and herb, set up engineering fence and biological fence, increase the research and utilization of germplasm resources, and promote species diversity.

Key words: grassland resources; degradation restoration; conservation and utilization; biological fence; germplasm resources; Kunming City

草原是我国面积最大的陆地生态系统,是国家生态安全的重要屏障,是山水林田湖草生命共同体的重要组成部分,肩负保障生态文明建设的重要责任。草原在水源涵养、水土保持、防风固沙、生物多样性保护、降尘、固碳等诸多方面发挥着重要作用。

我国草原水源涵养总量达 3723.4 亿 m^3 ,防风固沙能力比森林高 3~4 倍,草原植物达 9 700 多种,草原生态系统碳库约为 29.1PgC,其土壤碳库贮藏能力超过林地和农田^[1]。根据《草原法》规定,草原是指天然草原和人工草原,其中天然草原包括草地、草山

收稿日期:2020-07-28.

第一作者:高林(1972-),男,云南宣威人,工程师.主要从事林业规划调查设计工作. Email:1186902887@qq.com

责任作者:樊骥善(1987-),男,云南宣威人,助理工程师.主要从事林业规划调查设计工作. Email:362254451@qq.com

和草坡,人工草地包括改良草地和退耕还草地,不包括城镇草地。随着全球气温变暖,经济的快速发展,人类对草原的不合理利用,加上虫灾、旱灾、冻灾和火灾对草原的破坏,导致草地退化,同时也导致了一系列的生态环境恶化和影响社会经济发展的问题。据联合国资料显示,退化草地修复与重建是当前草地生态系统研究的热点问题之一,已受到了世界范围的广泛关注。

2018年7月17日,国家林业和草原局草原监理中心副主任刘加文在该局新闻发布会上表示,今后在继续实施退牧还草、风沙源治理等重大工程、充实完善建设内容的同时,将从新时代草原生态建设的全局出发,大力开展草原生态修复,因地制宜,分类施策,重点抓好“四片”工作:一是管住一片,对严重退化区、生态脆弱区的草原,加强草原围栏等设施建设,强化管理措施,加大生态奖补力度,实行“区域性”一定时期内禁止放牧,以自然恢复为主;二是改良一片,对水热、土壤、植被条件较好、交通便利的部分天然草原,加大农艺措施,进行补播、施肥、除杂等,提高草原的产量、品质;三是建设一片,对灌溉条件、土壤条件等较好的土地,开展人工饲草料基地建设,减轻天然草原压力;四是用好一片,对草原生态状况相对较好的区域,大力推行轮牧、休牧,实行草原平衡,加强畜牧业基础设施建设,促进草原畜牧业转型升级^[2]。

1 昆明市草原基本情况

昆明市辖五华、盘龙、官渡、西山、东川、呈贡、晋宁7个区,安宁市1个县级市,富民、宜良、嵩明县及石林彝族自治县、禄劝彝族苗族自治县、寻甸回族彝族自治县6个县。昆明市草原总面积为259540.3379hm²,占昆明市国土面积的12.34%。全市14个县(市、区)均有草原分布,草原面积最大的县(市、区)分别为东川、禄劝和寻甸,分别占全市草原总面积的28.01%、26.11%和20.78%;其余11县(市、区)草原面积相对较小,在全市草原面积中所占比重均不到5%。全市天然草原在林地中分布的面积达250643.3666hm²,占全市草原总面积的96.57%。

2 昆明市草原资源现状

2.1 草原类型面积

昆明市的草原共有5种类型,分别为高寒草甸

类、暖性灌草丛类、热性灌草丛类、人工草地、山地草甸类。其中:高寒草甸类面积为1487.8976hm²,占全市草原总面积的0.58%;暖性灌草丛类面积为50800.3235hm²,占19.57%;热性灌草丛类面积为108629.4771hm²,占41.85%;人工草地面积为8896.9713hm²,占3.43%;山地草甸类面积为89725.6684hm²,占34.57%。

昆明市14个县(市、区)均有草原分布,面积最大的分别为东川、禄劝和寻甸,3县(区)草原总面积为194408.1816hm²,占全市草原总面积的74.90%;其余11个县(市、区)草原总面积65132.1563hm²,占25.10%。

从草原类型角度分析,高寒草甸类和山地草甸类在东川区面积最大,面积分别为1058.4673hm²和38060.7222hm²,分别占全市高寒草甸类的71.57%和山地草甸类总面积的42.42%;禄劝县的暖性灌草丛类和热性灌草丛类面积均最大,分别为13749.6602hm²和31270.3017hm²,分别占全市暖性灌草丛类总面积的27.07%和28.77%;寻甸县人工草地面积最大,为8483.5065hm²,占全市人工草地总面积的95.35%(表1,图1)。

2.2 草原质量按等级面积统计

昆明市草原面积中:1级草原5807.9081hm²,占全市草原总面积的2.24%;2级草原9233.5448hm²,占3.56%;3级草原31261.5610hm²,占12.04%;4级草原44478.4194hm²,占17.14%;5级草原65542.1641hm²,占25.25%;6级草原50507.7679hm²,占19.46%;7级草原19987.8593hm²,占7.70%;8级草原32721.1133hm²,占12.61%。

昆明市14个县(市、区)均存在1~8级草原。其中1级、2级、3级草原在寻甸县面积最大,分别为2497.9347hm²、2873.5816hm²、8948.6777hm²;4级、5级草原在禄劝县面积最大,分别为14600.7556hm²、19325.5008hm²;6级、7级、8级草原在东川区面积最大,分别为18297.1974hm²、6835.2580hm²、11956.7349hm²。详见表2和图2。

3 昆明市草原资源退化现状

昆明市草原总面积中:未退化草原面积8835.3359hm²,占总面积的3.40%,轻度退化草原54133.9604hm²,占20.86%;中度退化草原

表 1 昆明市各县市区草原按类型面积统计

Tab. 1 Statistics of grassland area classified by types in counties and districts of Kunming

单位	合计	高寒草甸类	暖性灌草丛类	热性灌草丛类	山地草甸类	人工草地
全市	259540.3379	1487.8976	50800.3235	108629.4771	89725.6684	8896.9713
五华区	2770.6265		673.8701	1130.4719	966.2845	
盘龙区	5603.2873		1768.2443	2111.3816	1723.6614	
官渡区	2429.4582		458.2767	856.5698	1114.6117	
西山区	5546.7676		1833.0472	2445.8749	1267.8455	
呈贡区	2095.8273		544.7784	1008.1533	542.8956	
晋宁区	7910.094		1744.4602	4487.2383	1678.3955	
东川区	72705.8883	1058.4673	8152.7906	25433.9082	38060.7222	
安宁市	6367.6177		1456.3155	4016.8451	894.4571	
富民县	6742.6452		2008.0540	3450.2447	1284.3465	
嵩明县	7108.3925		1983.7306	3940.2643	1184.3976	
宜良县	7444.7852		1951.4987	4590.6398	850.5085	52.1382
石林县	11120.3743		2919.8212	6706.3689	1494.1842	
寻甸县	53932.9383		11555.7758	17181.2146	16712.4414	8483.5065
禄劝县	67761.6355	429.4303	13749.6602	31270.3017	21950.9167	361.3266

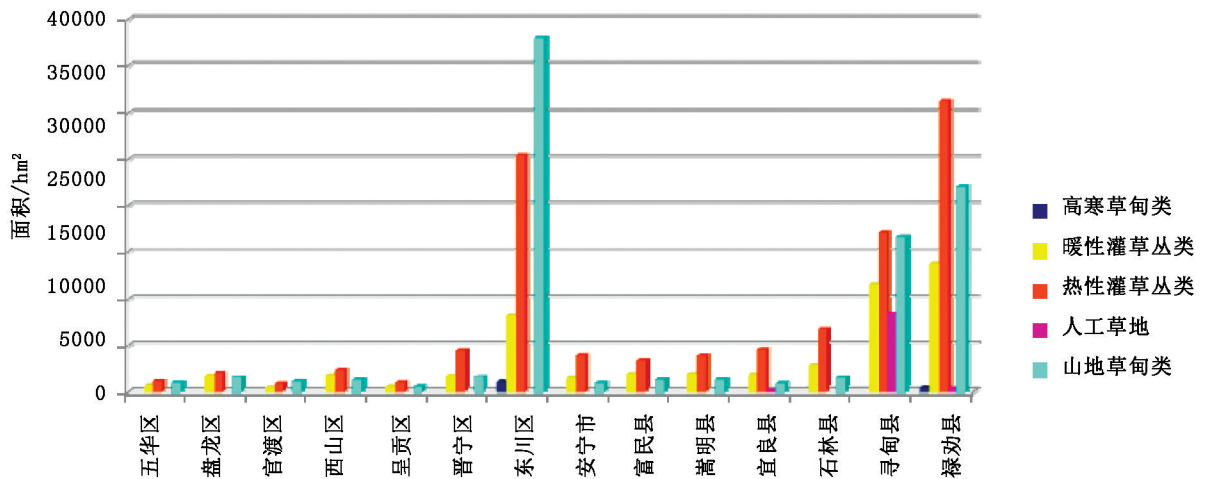


图 1 昆明市各县市区草原分类型面积对比

Fig. 1 Comparison of different types of grassland area in counties and districts of Kunming

147 609.792 5 hm², 占 56.87%; 重度退化草原 48 961.249 1 hm², 占 18.87%。

昆明市 14 个县(市、区)均存在不同程度的退化草原,未退化草原分布在东川区 8 152.777 4 hm²、寻甸县 682.558 5 hm²;轻度退化草原在寻甸县面积最大,为 28 736.972 1 hm²;中度退化草原在东川区面积最大,为 63 494.609 7 hm²;重度退化草原在禄劝县面积最大,为 22 741.648 6 hm²。详见

表 3 和图 3。

4 草原退化原因

4.1 自然灾害

昆明地处低纬高原,属北纬亚热带,地貌复杂多样,地形高差较大,在气候上存在着明显的垂直差异和水平差异。在山区有“山下花开山上雪”“一山分四季、十里不同天”的景象。由于地处高原,日照时

表 2 昆明市各县市区草原质量各等级面积统计

Tab. 2 Statistics of grassland area classified by quality grades in counties and districts of Kunming

hm²

单位	合计	1 级	2 级	3 级	4 级	5 级	6 级	7 级	8 级
全市	259540.3379	5807.9081	9233.5448	31261.5610	44478.4194	65542.1641	50507.7679	19987.8593	32721.1133
五华区	2770.6265	75.0766	113.1616	451.2141	412.9055	299.7944	605.1492	291.5126	521.8125
盘龙区	5603.2873	276.3731	365.3541	760.3522	769.6050	1225.1738	992.0376	454.7508	759.6407
官渡区	2429.4582	25.2526	31.4602	90.6612	389.8193	231.0962	424.7976	203.4643	1032.9068
西山区	5546.7676	92.6426	137.5636	526.0289	843.4450	831.8293	1935.5269	470.1978	709.5335
呈贡区	2095.8273	2.6663	6.8827	173.5791	96.9507	313.5912	721.4969	304.6748	475.9856
晋宁区	7910.0940	48.8953	87.0661	387.6859	956.9717	1883.8778	2477.1999	1246.5767	821.8206
东川区	72705.8883	665.8801	1670.2333	4781.7249	9316.9991	19181.8606	18297.1974	6835.2580	11956.7349
安宁市	6367.6177	58.1497	151.5387	712.8515	1113.9058	1568.3178	1412.4684	706.0396	644.3462
富民县	6742.6452	93.3653	382.3995	1091.5719	1195.4489	1129.2977	1525.2432	556.7083	768.6104
嵩明县	7108.3925	168.1100	445.3853	1626.8918	893.7886	1814.2232	1251.9318	453.0776	454.9842
宜良县	7444.7852	197.8868	418.8042	1537.6026	1591.4051	2035.2649	986.9035	394.8097	282.1084
石林县	11120.3743	85.0364	389.6337	1370.0590	1502.6340	3499.9958	2492.1154	1097.4012	683.4988
寻甸县	53932.9383	2497.9347	2873.5816	8948.6777	10793.7851	12202.3406	7632.8139	2885.2227	6098.5820
禄劝县	67761.6355	1520.6386	2160.4802	8802.6602	14600.7556	19325.5008	9752.8862	4088.1652	7510.5487

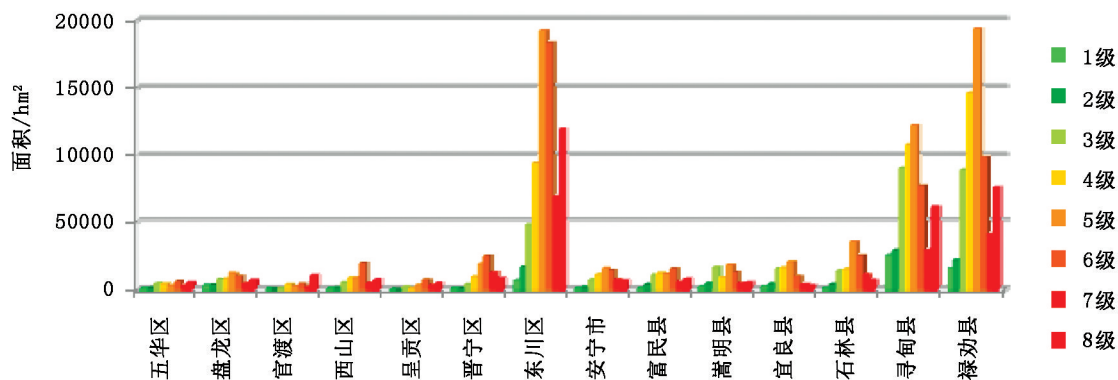


图 2 昆明市各县市区草原质量分级面积对比

Fig. 2 Comparison of different quality grades of grassland area in counties and districts of Kunming

间长,全年晴天多,降雨量少,气候复杂,导致旱灾、冻灾、雪灾、冰雹和鼠虫灾害多,同时地质灾害和生物灾害时有发生,每年都会对草原造成伤害。

4.2 人畜因素

火灾也会加速草原的退化,如 2019 年澳大利亚发生了历史上最严重的火灾。今年(2020 年)和去年安宁市接连发生森林火灾,对森林中的草地和动植物的生长和种群都是毁灭性的破坏。另外,超载过牧、乱开滥垦等人为因素是草地退化最直接最主要的原因。一些研究表明,重度放牧可改变植物群落物种组成,使优良牧草占比下降,毒害草及杂类草增多,草地高度、盖度、密度及地上、地下生物量等明

显降低^[4]。乱开滥垦还造成草地面积减少,草地退化、沙化、石漠化和盐渍化,土壤生境恶化,生产能力和生态功能衰退,土壤持水力变差,地面裸露,草地性质改变。

4.3 其他因素

国家在立法上的不完善,导致有的人钻了法律空缺,还无法对其进行处罚。相关部门调整产业结构,未对草原的影响作评估。当前,导致草原面积减少的主要原因是开垦种地、矿藏开采、工业开发、城镇建设、道路建设等征占用行为^[3]。同时,过度开发草原资源进行旅游活动,如人为过度踏踩、无固定场所遛马、随意丢弃白色垃圾等,也会对草原的生态

表 3 昆明市各县市区草原按退化程度分级面积统计

Tab. 3 Statistics of grassland area classified by degradation degrees in counties and districts of Kunming hm^2

单位	合计	未退化	轻度退化	中度退化	重度退化
全市	259540.3379	8835.3359	54133.9604	147609.7925	48961.2491
五华区	2770.6265			674.0190	2096.6075
盘龙区	5603.2873		7.0258	3985.3245	1610.9370
官渡区	2429.4582		0.0239	0.0119	2429.4224
西山区	5546.7676			1833.0922	3713.6754
呈贡区	2095.8273		0.0099	0.0070	2095.8104
晋宁区	7910.0940			0.0657	7910.0283
东川区	72705.8883	8152.7774	0.0266	63494.6097	1058.4746
安宁市	6367.6177			2350.4241	4017.1936
富民县	6742.6452		0.0293	5458.2354	1284.3805
嵩明县	7108.3925		5918.3970	1186.9877	3.0078
宜良县	7444.7852		2802.0006	4642.7597	0.0249
石林县	11120.3743		2919.8212	8200.5531	0
寻甸县	53932.9383	682.5585	28736.9721	24513.3696	0.0381
禄劝县	67761.6355		13749.6540	31270.3329	22741.6486

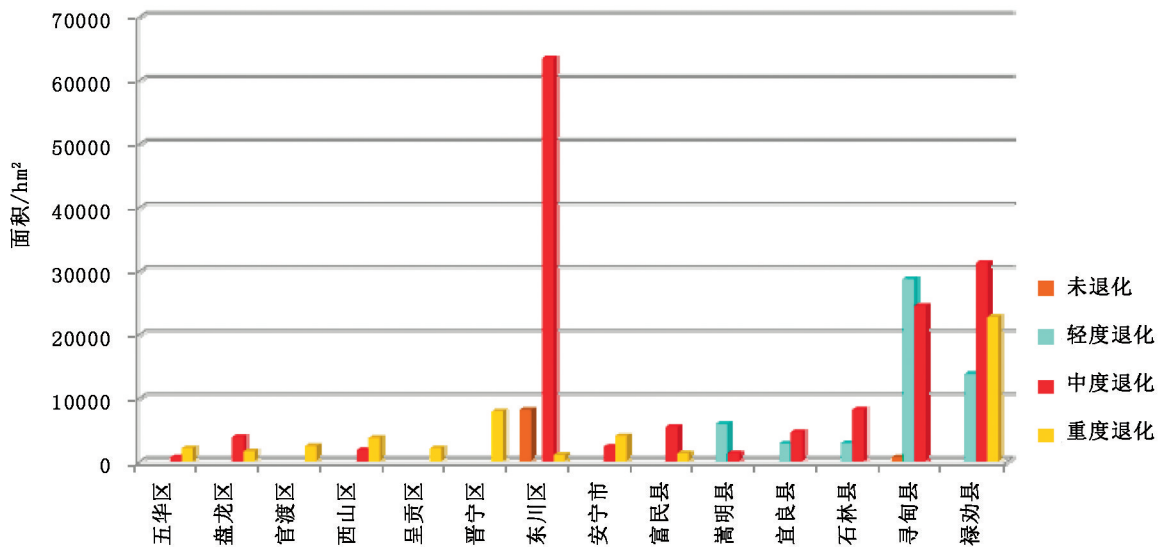


图 3 昆明市各县市区草原退化面积对比

Fig. 3 Comparison of degraded grassland area in counties and districts of Kunming

系统产生破坏。

5 控制草原退化趋势的对策或措施

5.1 从宏观上保护和管理

草原存在的地域和空间不是孤立无援的,在它的周边都有好多支撑和帮助它生长的资源,如土地、

水源、森林、动物和微生物等,所以,应对草原进行多途径、多方法的保护和管理。

根据国家机构改革的相关要求,昆明市农业农村局于 2019 年 5 月将草原各项工作以及相关基础数据移交昆明市林业和草原局,林业和草原现在可以结合在一起加以管理和经营,可以充分应用国家林草政策对草原进行分类管理和经营;对于巩固国

防、生态恶化、立地条件差、破坏不易恢复的草原,如在国家生态保护红线、各级自然保护地内的草地,应加以严格保护;对于立地条件好、交通方便、农牧业基础好、便于经营的地方,应在不破坏草原生态系统的基础上加以多种经营和利用。

5.2 从微观上保护和利用

5.2.1 建立乔、灌、草相结合的林草生态系统

昆明市草原退化非常严重,不同程度退化草原面积占草原总面积的 96.6%,其中,中度和重度退化草原面积占 75.74%。退化草地的恢复要因因地制宜、分类指导,紧紧围绕草原生态功能恢复这个核心。要以恢复草原植被、治理水土流失为重点,要以保护和恢复天然草地植被为主,充分发挥天然草地的生态功能,对天然草地应保护重于开发利用,以逐步实现草原退化生态系统的整体修复与重建。对退化草原进行恢复重建时,首先要对退化草地进行植被、土壤状况调查,查清草地植被退化原因和机理,再确定具体的恢复措施。

根据生态学观点,自然界裸地覆盖的先锋植物就是草本植物。由于草本植物中的许多种类对不良气候、贫瘠土壤和病虫害的耐受力、抵抗力较强,可因地制宜加以选用。在植被稀疏、坡度又较大的地方,还应利用抗逆性强、根系发达的灌木与草同时播种,谓之“草灌先行”,而后造林,就易成功。

在造林成功后,树根和草根上下交错所组成的根群能更好地固持土壤、涵养水源。乔、灌、草相结合后,具有多群落、多层次的植物立体结构,形成互相补充、互相促进的整体。

5.2.2 建立围栏进行保护和利用

虽然我国目前已有多种草原修复技术,但并没有形成一套完整的、合理的、成熟的修复技术集成化模式,在科学技术上始终缺少强有力的支撑。围栏封育技术目前被认为是草原修复过程中投资最少、最为省力、最为可行的方法,能确保土壤中形成和积累大量的有机质^[5]。常见的围栏有以下几种类型:土石墙、铁丝水泥桩、电、生物围栏,可根据現地情况建设和营造科学合理的围栏。

除建设必要的工程围栏外,笔者认为生物围栏的营造应符合当前新时代草原生态建设的主流。草原建设和维护,不能忽略了灌木覆盖度小于 30% 的灌草丛和乔木郁闭度小于 10% 的林地,在选择生物围栏物种的时候要注重乔木和灌木的搭配。根据昆明市周边树种的特性,一般选择带刺灌木和少部分冠幅大的小乔木,如灌木树种火棘(*Pyracantha for-*

tuneana (Maxim.) Li)、野蔷薇(*Rosa multiflora* Thunb)、苦刺(*Solanum deflexicarpum* C. Y. Wuet S. C. Huang)、花椒(*Zanthoxylum bungeanum* Maxim)、川梨(*Pyrus pashia* Buch. - Ham. ex D. Don)、悬钩子(*Rubus bonatianus* Focke)、剑麻(*Agave sisalana* Perr. ex Engelm)和仙人掌(*Opuntia* Mill)等,小乔木树种石榴(*Punica granatum* L.)、海棠(*Calophyllum inophyllum* L.)、石楠(*Photinia serrulata* Lindl.)、构骨(*Ilex cornuta* Lindl. et Paxt)、苏铁(*Cycas revoluta* Thunb.)、刺桂(*Osmanthus heterophyllus*)等。营造以灌木为主小乔木为辅的生物围栏,对草原既有保护作用又有绿化和美化作用。

5.3 加大对草原种质资源的保护和研究,促进草原物种多样化

种质资源(Germplasm resource)也称遗传资源(Genetic resource),是指选育、培育新品种的基础材料,包括各种生物的栽培种(养殖种)、野生种的繁殖材料以及利用上述繁殖材料人工创造的各种生物的遗传材料,包括活体植物、种子或孢子、离体材料及其培养物(如根茎、接穗、花粉、珠芽、试管苗等)和 DNA 材料。植物种质资源采用就地保护和迁地保护 2 种主要形式进行。对于大多数野生植物种质资源而言,以自然保护区的就地保护方式保存种质资源是最主要、最有效和最安全的。中国西南野生植物种质资源库隶属于中国科学院昆明植物研究所,始建于 1999 年,收集保存了 12 688 种 102 740 份野生植物种质资源,其中 98% 为我国分布的野生资源。该种质资源库是我国第一个综合性的种质资源保藏设施,其保存对象以植物为主,兼顾动物和微生物。主要保存植物的种子,此外还保存植物离体种质、动物种质、菌种资源、DNA 等遗传物质材料,是我国保藏资源形式最为多样、材料最为全面和齐全的野生生物保藏体系,在国际上也是绝无仅有的^[6]。昆明市草原种质资源的研究和利用可以中国科学院昆明植物研究所为科研支撑单位,建立起适合于本地区草原的种质资源基因库,加大科研投资,在广泛收集、保存和评价本土草原植物种质资源的基础上,通过常规手段和分子改良等方式,选择和培育有利于草原生态系统恢复的、抗逆性强的品种,并在相应的区域推广应用。用于修复草原生态系统的物种既要有优良牧草价值,同时也要注重食用、药用、蜜源、生态防护、文化观赏和旅游等方面的价值。在充分利用研究本土草原种质资源的基础上,也可

(下转第 82 页)

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2021.02.014

云南省自然保护区整合优化中存在的问题及对策

赵玉堂

(云南省林业调查规划院大理分院,云南 大理 671000)

摘要:对云南省自然保护区整合优化过程中存在的“以调代改”,破碎化程度增加,相邻保护区整合随意,不实事求是地分析保护空缺,保护区功能分区调整随意等问题进行分析。藉此提出禁止借机洗白原有违法违规行为,保持保护区的完整性和连通性,规范整合,科学如实地分析保护空缺,合理地评估保护区边界区划等有关自然保护区整合的对策、方法、措施或建议。

关键词:自然保护区整合优化;保护空缺;功能区划;边界区划;云南省

中图分类号:S759.9;X36 文献标志码:A 文章编号:1671-3168(2021)02-0077-06

引文格式:赵玉堂. 云南省自然保护区整合优化中存在的问题及对策[J]. 林业调查规划,2021,46(2):77-82.

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2021.02.014

ZHAO Yutang. Problems and Countermeasures on Integration and Optimization of Nature Reserves in Yunnan Province[J].

Forest Inventory and Planning,2021,46(2):77-82. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2021.02.014

Problems and Countermeasures on Integration and Optimization of Nature Reserves in Yunnan Province

ZHAO Yutang

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

Abstract: This paper analyzed the problems existing in the integration and optimization of nature reserves in Yunnan Province, such as “replacing reform with adjustment”, increasing fragmentation, random integration of adjacent reserves, unrealistic analysis of protection vacancy, and random adjustment of functional zoning, as well as suggested to forbid illegal activities, maintain the integrity and connectivity of nature reserves, standardize the integration, scientifically analyze the protection vacancy, and reasonably evaluate the boundary zoning.

Key words: integration and optimization of nature reserves; protection vacancy; functional zoning; boundary zoning; Yunnan Province

1 概况

2019年1月23日,习近平总书记亲自主持召开中央全面深化改革委员会第六次会议,审议通过了《关于建立以国家公园为主体的自然保护区体系的指导意见》(以下简称《指导意见》)。构建科学合

理的自然保护区体系是生态文明建设的重要内容。2020年2月10日,自然资源部与国家林业和草原局联合下发《自然资源部 国家林业和草原局关于做好自然保护区范围及功能分区优化调整前期有关工作的函》(自然资函[2020]71号)文;3月16日,自然资源部与国家林业和草原局召开了全国自

收稿日期:2020-06-10;修回日期:2020-07-16.

第一作者:赵玉堂(1965-),男,云南大理人,高级工程师.主要从事林业调查规划工作.

然保护地整合优化和生态保护红线评估调整推进工作电视电话会;4月1日,云南省政府办公厅召开了全省自然保护地整合优化和生态保护红线评估调整工作培训视频会。为贯彻落实国家和省的会议精神,全省各州市及时成立了自然保护地整合优化领导小组,高位启动全省自然保护地整合优化工作。

云南省目前有各类自然保护地 370 个,面积 556.58 万 hm^2 ,占全省国土面积的 14.51%^[1]。云南省及各州市自然保护地数量、面积及其占比见表 1。

表 1 云南省及各州市自然保护地数量、面积及其占比^[1]

Tab. 1 Quantity, area and proportion of nature reserves in Yunnan Province

序号	州(市)	数量 /个	面积 /万 hm^2	国土面积 /万 hm^2	占比 /%
1	昆明市	23	24.97	210.18	11.88
2	曲靖市	39	36.63	289.64	12.65
3	玉溪市	29	22.88	149.43	15.31
4	保山市	14	15.89	191.07	8.32
5	昭通市	23	16.59	224.63	7.39
6	丽江市	11	35.80	205.67	17.41
7	普洱市	35	23.75	442.90	5.36
8	临沧市	17	30.13	236.55	12.74
9	楚雄州	33	27.20	284.41	9.57
10	红河州	41	29.04	321.85	9.02
11	文山州	26	18.36	314.71	5.84
12	西双版纳州	14	54.82	191.03	28.70
13	大理州	48	40.62	283.30	14.34
14	德宏州	9	13.22	112.16	11.79
15	怒江州	8	66.24	146.20	45.31
16	迪庆州	7	100.44	232.23	43.25
全省合计		370	556.58	3835.94	14.51

注:跨州(市)自然保护地每个州(市)统计数量为 1,总数相应核减;有 9 个自然保护地未收集到相关资料或无法佐证其面积,在面积统计时未计入面积;跨州(市)的自然保护地按各州(市)所占面积核算。

2 云南省自然保护地整合优化过程中存在的主要问题

由于各地对自然资函[2020]71 号文件精神理解把握不一,没有严格遵循《云南省自然保护地整合优化指南》、《云南省自然保护地调查评估技术规范》、《云南省自然保护地空缺分析指南》的有关要求,达不到《指导意见》提出的“保护面积不减少、保

护强度不降低、保护性质不改变”的总体要求,很难做到“应划尽划、应保尽保”。具体表现在如下:

2.1 存在“以调代改”现象

有的地方对中央环保督察、自然保护地“绿盾行动”和各项检查等发现和列入整改清单的地块,没有整改完成就借此次自然保护地整合优化之机调出自然保护地。

2.2 使保护地破碎化程度增加

有的地方出于各种想法、迫于各种压力和诉求,借此解决历史遗留等问题,采取简单处理办法,将城镇建成区、村庄建设用地、永久基本农田、人工集体商品林、矿业权、开发区、一般耕地、基础设施、临时采石采砂、光伏发电、历史名村、各类督察发现问题地块从保护地内大量调出;有的地方将已经明确允许的原住居民及其生产生活设施、已有合法线性工程设施地块等,也从保护地内调出。有的地方甚至还没有发展规划,只是想当然的项目就从保护地内调出地块。调出的地块大部分是在核心保护区。调出后造成自然保护地空间布局的严重破碎化,甚至出现密集的“筛孔”,破坏了生态系统的完整性、连通性,也无法系统地进行有效的管理和保护。

2.3 将交叉重叠和相连相邻的保护地随意整合

完全重叠或包含的、部分交叉重叠的和相连、相邻的不同级别的保护地,有的地方整合时按低级别、保护强度低的保护地进行整合,有的地方没有进行联系紧密度评估就对保护地进行整合,这完全违背了保护地整合优化的初衷。

2.4 对保护空缺区域分析不实事求是

在开展保护空缺分析时,有的地方为了补充整合优化后面积的不足,没有经过空缺保护分析评价便随意调入面积;有的即使经过空缺保护分析评价,但评价赋分规范性不强,只为达到调入目的而行。

2.5 对保护地边界随意调整

有的地方在保护地边界调整时,为了解决各种督查发现的问题或留足发展空间,特别是为了地方小水电和违规建设项目,没有考虑是否影响保护地生态系统完整性、连通性,未科学评估论证和充分征求各方意见就随意划出。

2.6 将自然保护区功能分区随意区划

保护区在整合优化时,一般情况下,应将自然保护区原核心区和缓冲区转化为核心保护区,将原实验区转化为一般控制区。而有的地方为了不同的目的,未经评估就随意把原核心区和缓冲区划到一般控制区,降低了保护强度。

3 建议

自然保护区整合优化的目的是以自然保护区调查和评估结果为基础,按照自然保护区整合优化相关政策规定,解决现有自然保护区交叉重叠、保护空缺、历史遗留和现实矛盾冲突突出等问题,确定自然保护区类型、级别、边界范围、功能分区,构建更为科学合理的自然保护区体系,确保重要自然生态系统、自然遗迹、自然景观和生物多样性得到系统性保护。

3.1 坚决禁止借机为违法违规行爲洗白

对中央环保督察、自然保护区“绿盾行动”和各项检查等发现和列入整改清单的地块,根据整改要求进行整改,追究相关部门和有关人员的责任。整改处理到位后,逐级进行验收,并按评估要求查阅各项督察检查、专项行动反馈的问题清单、疑似图斑、

人类活动热点,以及整改情况等。以资料调查为主,现场补充调查为辅,形成清单,并收集佐证材料,对各地块进行科学评估,最后决定地块调出或不调整(参照表 2 中“调整建议与措施”栏)。

3.2 保持保护地的完整性和连通性

对于历史遗留问题和现实矛盾冲突,以各个问题和冲突的地块为对象进行评估,依据问题和矛盾冲突情况与法律法规矛盾程度、对保护管理和事权所有者利益影响大小等,分为严重矛盾冲突(I级)、较大矛盾冲突(II级)、一般矛盾冲突 3 个级别(III级)。根据自然保护区矛盾冲突情况评估指标体系得出各地块影响程度和等级。对历史遗留问题和矛盾冲突的地块等级与是否能调出保护地没有直接关系,与具体的问题的性质或所处的位置有关系,具体问题地块处置情况见表 2^[2]。

表 2 云南省自然保护区历史遗留问题和矛盾冲突评估

Tab. 2 Evaluation on historical problems and conflicts of nature reserves in Yunnan Province

评估因子	严重矛盾冲突 I	较大矛盾冲突 II	一般矛盾冲突 III	调整建议与措施(针对单个地块)
永久基本农田	重点保护功能区内有永久基本农田分布。	非重点保护功能区内基本农田面积 13.33 hm ² 以上,或面积占保护地面积的 5% 以上。	非重点保护功能区内基本农田面积 13.33 hm ² 以下,或面积占保护地面积的 5% 以下。	I ~ III 级均在保护地边缘或与其它调整地块相连的调出保护地; I ~ III 级在保护地内部,且调出困难或与保护目标和功能相符的不调出, I 级的调整功能区或有序退出。
其他耕地	重点保护功能区内存有其他耕地分布。	非重点保护功能区内其他耕地面积 13.33 ~ 33.33 hm ² , 或面积占保护地面积的 5% 以上。	非重点保护功能区内其他耕地面积 13.33 hm ² 以下,或面积占保护地面积的 5% 以下。	I ~ III 级均在保护地边缘或与其它调整地块相连的调出保护地; I ~ III 级在保护地内部的,且调出困难,或与保护目标和功能相符的不调出, I 级的调整功能区或有序退出。
集体人工商品林	重点保护功能区内存在集体人工商品林。	非重点保护功能区内集体人工商品林面积 66.67 hm ² 以上。	非重点保护功能区内集体人工商品林面积 66.67 hm ² 以下。	调出保护区,并对自然资函[2020]71 号规定不能调出的情形采取赎买、置换、补偿等措施。
村庄和移民搬迁承载地	重点保护功能区内存在行政村和移民搬迁承载地。	非重点保护功能区内存在行政村,或存在集中连片且户数 50 户以上或人口 200 人以上的自然村落。	非重点保护功能区内存在自然村;或存在集中连片且户数 20 ~ 50 户或人口 80 ~ 200 人的自然村落。	I ~ III 级均在保护地边缘或与其它调整地块相连的,调出保护地。I ~ III 级在保护地内部的, I 级的调整功能区,不能调整的逐步搬迁; II ~ III 级的加强管理。
城镇开发边界(建制城镇)	城镇开发边界(建制城镇)与重点保护功能区范围交叉重叠。	城镇开发边界(建制城镇)与非重点保护功能区界线交叉重叠,重叠面积 13.33 hm ² 以上。	城镇开发边界(建制城镇)与非重点保护功能区界线交叉重叠,重叠面积 13.33 hm ² 以下。	I ~ III 级均调出保护地。
开发区	开发区与重点保护功能区范围交叉重叠。	开发区与非重点保护功能区范围交叉重叠,重叠面积 13.33 hm ² 以上。	开发区与非重点保护功能区范围交叉重叠,重叠面积 13.33 hm ² 以下。	保护地成立前存在的可调出,保护地成立后违建的先追究责任再评估是否退出,违规审批未建的退出。
主要基础设施(含军事设施)	主要基础设施与重点保护功能区范围交叉重叠。	与生产生活密切相关,人员、物资流通性大的主要基础设施与非重点保护功能区范围交叉重叠。	与生产生活相关性不高,人员、物资流通性不大的主要基础设施与非重点保护功能区范围交叉重叠。	I ~ III 级均在保护地边缘或与其它调整地块相连的调出保护地; I ~ III 级在保护地内部的, I 级的调整功能区。符合自然资函[2020]71 号文的不用调整,影响较大的项目退出。

续表 2

评估因子	严重矛盾冲突 I	较大矛盾冲突 II	一般矛盾冲突 III	调整建议与措施(针对单个地块)
矿业权	重点保护功能区内涉及采矿、挖矿权。	非重点保护功能区内涉及采矿、挖矿权。		执行自然资函[2020]71号文。
采石、采砂	保护地内存在采石、采砂行为,包括所有有证、无证行为。			不调整,项目退出。
光伏、风力、火力发电、房地产等项目	其中一类项目分布在保护地内,包括所有手续齐全和不齐全的。			不调整,项目逐步有序退出。
文化名村、特色村寨、寺庙、名人故居、纪念馆、红色纪念地等	其中一类项目分布在重点保护功能区内,且已开发为旅游项目,或未开发为旅游项目。	其中一类项目分布在非重点保护功能区内,已开发为旅游项目,未办理相关手续或手续不全。	其中一类项目分布在非重点保护功能区内,已开发为旅游项目并办全了相关手续,或未开发为旅游项目。	I~III级均在保护地边缘或与其它调整地块相连的,且对II级的追究责任后调出保护地; I~III级在保护地内部的, I级的调整功能区, II级的追究责任并完善手续,并对 I~III级情况加强管理。
各级重大工程规划区	县级以上重大工程规划区与重点保护功能区交叉重叠。	县级以上重大工程规划区与非重点保护功能区交叉重叠,重叠面积 13.33 hm ² 以上,或长度 10 km 以上。	县级以上重大工程规划区与非重点保护功能区交叉重叠,重叠面积 13.33 hm ² 以下,或长度 10 km 以下。	I~III级均在保护地边缘或与其它调整地块相连的论证是否调出保护地; I~III级在保护地内部的不调出, I级的调整功能区。
各类督察问题	其中有一项。			位于保护区边缘,且已整改的,如不影响完整性可调出。位于保护区内部,已整改的或未整改、整改不到位的,不调整。

3.3 规范保护地整合

完全重叠或包含的、部分交叉重叠的和相连相邻的不同级别的保护地整合,按照国家级和省级自然保护区优先、同级别的保护强度高优先、不同级别的低级别服从高级别的原则顺序进行整合。具体顺序为国家公园、国家级自然保护区、省级自然保护区、国家级自然公园、省级自然公园、州市县级自然保护区、州市县级自然公园。在生态系统、物种和主要保护对象存在较大差异时,可以分设为不同的自然保护区类型。

3.4 科学如实地分析保护空缺区域

保护空缺分析指标包括生态系统原真性、物种重要程度、生态区位重要性、景观价值、生态脆弱性和其他 6 项。采用不同的评价因子代表保护空缺指标,依据空缺保护分析评价指标赋分标准^[3]分别进行赋分,同一区域同一指标分值不累加,取高值。空缺保护分析评价指标赋分标准详见表 3。

同一保护空缺区域计算赋分值:

$$V_n = \sum_{i=1}^j N_i$$

式中:V 为某一区域总分值,N 为该区域空缺保护分析指标分值)

根据指标赋分结果对空缺区域进行保护优先等级划分,分级指标见表 4^[3]。

保护空缺区域各优先等级纳入自然保护地的处理建议: I 级优先纳入自然保护区; II 级优先纳入自然公园; III 级整合优化或作为今后保护地发展规划备选区域; IV 级原则上不纳入自然保护地。

3.5 合理地评估保护地边界区划

自然保护区边界区划评估分别从保护地边界区划合理性、功能区划合理性、交叉重叠 3 个方面。自然保护区边界区划评估标准见表 5^[2]。

以保护地为整体,评定各自然保护区边界区划等级,自然保护区边界区划评估结果分为三级:

I 级:经评估,边界区划合理性、功能区划合理性、交叉重叠情况 3 项指标全部为 I 级的,评定等级为 I 级。因保护地边界区划合理,保护地边界、功能区界不需调整或微调。

II 级:3 项指标为 II 级,或有 2 项指标为 II 级及以上的,评定等级为 II 级。因保护地边界区划较合理,保护地边界、功能区局部需要优化调整。

III 级:有 1 项指标为 III 级,评定等级为 III 级。因保护地边界区划不合理,保护地边界、功能区界需要通过分析论证,进行优化调整。

表 3 空缺保护分析评价指标赋分标准
Tab. 3 Evaluation index scoring standard of protection vacancy analysis

序号	指标	评价因子	指标说明	分值			
				8	4	2	1
1	生态系统重要性	森林生态系统	原始林属于顶级群落,与分布地的自然环境条件高度适应,是一个稳定的、自我维持的、成熟的森林群落,也是质量最高的森林。 次生林是原始林经过干扰后在次生裸地上形成的森林,是原始森林生态系统的一种退化,生态系统的基本结构和固有功能遭破坏或丧失,生物多样性下降,稳定性和抗逆能力减弱,系统生产力降低,通过有效保护后,可实现向原始林正向演替。 人工林是森林生态系统的重要组成部分,尤其是一些生态极其敏感、极其脆弱区遭受自然灾害或人为破坏后通过人工恢复重新达到生态系统平衡,同时也为野生物种提供栖息地。	原始林或国际重要湿地	地带性次生林或其他重要湿地或高寒草甸生态系统	非地带性次生林或其他自然湿地或寒温带草甸生态系统	其他森林或人工湿地或杂类草甸生态系统
2	物种重要性	湿地生态系统	包括河流湿地、湖泊湿地、沼泽湿地和人工湿地				
		草原生态系统	除沼泽草甸以外的草原生态系统				
		保护物种生境(栖息地)	重点保护、特有、极小种群物种和古树名木等	保护物种集中分布区、国家一级保护或极小种群物种	国家 II 级保护、I 级古树名木	省级重点保护、II 级古树名木	其他
3	生态区位重要性	生态公益林	生态公益林的生态区位极为重要,对国土生态安全、生物多样性保护和经济社会可持续发展具有重要作用	国家一级公益林	国家二级公益林	省级公益林	其他公益林
4	生态敏感脆弱区	3600 m 以上区域	人类活动较少,生态极为敏感脆弱	3600 m 以上区域	石漠化区、干热河谷	-	-
		石漠化区	人类活动交错,生态极为敏感脆弱				
		干热河谷	人类活动交错,生态极为敏感脆弱				
5	景观价值	地质遗迹	地质遗迹是在地球历史时期,由内力地质作用和外力地质作用形成,反映了地质历史演化过程和物理、化学条件或环境的变化。是人类认识地质现象、推测地质环境和演变条件的重要依据,是人们恢复地质历史的主要参数,是不可再生的。	世界级地质遗迹或五级旅游资源	国家级地质遗迹或四级旅游资源	省级地质遗迹或三级旅游资源	其他地质遗迹或二级、一级旅游资源
		自然景观	自然景观是由自然环境、物质和景象构成,具有观赏、游览、休闲、疗养等效用和价值的风景综合体或景物,其承载的自然资源是生态系统的重要组成部分,其展现的价值对社会具有重大的意义				
6	其他		重要生态廊道、重要物种潜在栖息地、古茶园、典型矿山遗迹、特有鱼类分布区、自然圣境等				

表 4 空缺区域保护优先等级分级

Tab. 4 Priority level of protection in vacant areas

等级	I	II	III	IV
总分值	≥24	>13~<24	>6~≤13	≤6

自然保护地边界、功能区界需调整的,参照表 2 中的“调整建议与措施”栏进行调整。

4 结束语

自然保护地整合优化预案编制工作是一项政治性、政策性、专业性较强、社会关注度高的工作,在自然保护地整合优化过程中,要坚持“实事求是”原则,科学规范并妥善解决历史遗留问题和矛盾冲突,同时要综合考虑生态区位的重要性、脆弱性和空缺性等因素,做到“应保尽保、应划尽划”,按照保护区

表 5 云南省自然保护区边界区划评估
Tab. 5 Evaluation on boundary zoning of nature reserves in Yunnan Province

评估因子	评估标准	评估等级
边界区划合理性	与自然生态特征、自然地形、人为活动边界等相吻合,面积误差在±5%以内。	I 级
	与自然生态特征、自然地形、人为活动边界等基本吻合,面积误差超过±5%,但低于±20%。	II 级
	与自然生态特征、自然地形、人为活动边界等吻合度较差,面积误差超过±20%。	III 级
功能区划合理性	功能区划合理,全部保护对象及其依存的自然环境均根据资源价值高低划入相应的功能区,重点保护功能区无村庄、基本农田、其它耕地、人工林等人为活动区。	I 级
	功能区划基本合理,主要保护对象及其依存的自然环境全部划入重点保护功能区,重点保护功能区有少量村庄、基本农田、其它耕地、人工林等人为活动区。	II 级
	功能区划不尽合理,主要保护对象及其依存的自然环境未全部划入重点保护功能区,重点保护功能区有大量村庄、基本农田、其它耕地、人工林等人为活动区。	III 级
交叉重叠相邻相连	与其它保护地没有交叉重叠和相邻相连的	I 级
	与其它保护地无交叉重叠,但与其它保护地相邻相连的	II 级
	与其它保护地有交叉重叠的	III 级

域的自然属性、生态价值和管理目标进行整合优化,使云南省逐步形成“以国家公园为主体、自然保护区为基础、各类自然公园为补充”的自然保护地系统。

参考文献:

[1] 云南省林业和草原局,云南省林业调查规划院. 云南省

自然保护区整合优化技术指南[Z]. 2020:16-17.
[2] 云南省林业和草原局,云南省林业调查规划院. 云南省自然保护区调查评估技术规范[Z]. 2020:10-17.
[3] 云南省林业和草原局,云南省林业调查规划院. 云南省自然保护区空缺分析技术指南[Z]. 2020:6-9.

责任编辑: 刘平书
校 对: 邓 砚 刘平书

(上接第 76 页)

以从国外引入适合于昆明市草原发展的草种和先进的管理、经营方法。

6 结语

对昆明市草原现状进行分析,找到草原退化的原因,通过科学合理的管理和经营措施,使草原资源得到良好保护和合理健康的利用,使人与草原和谐共处,健康草原在为人们提供大量食材、药材等资源的同时,也为人们提供良好的生态空间。

参考文献:

[1] 张自和. 我国草原生态保护与草业健康发展刍议[J]. 九三论坛,2018(3):21.

[2] 胡利娟. 草原生态修复重抓“管改建用”[J]. 中国科技财富,2018(10):16-17.
[3] 刘加文. 草原生态修复需全民参与形成合力[J]. 中国科技财富,2018(10):24-25.
[4] 闫晓红,伊风艳,邢旗,等. 我国退化草地修复技术研究进展[J]. 安徽农业科学,2020,48(7):30-34.
[5] 祁发宏. 草原生态修复急需多样化集成化技术[J]. 畜牧兽医科学,2019,18:53.
[6] 周悦,刘博,龙春林. 中国植物种质资源在草原生态系统修复中的作用[J]. 中国草地学报,2016(1):111-114.
[7] 云南省林业调查规划院生态分院. 昆明市草原资源数据汇总报告[R]. 2020.

责任编辑: 刘平书
校 对: 张林艳 刘平书

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2021.02.015

云南省自然保护地资源现状及保护价值评估

李晋¹, 晁增华¹, 徐吉洪¹, 华朝朗¹, 陶晶¹, 杨忠兴¹, 罗怀秀¹, 俞瑶¹, 龚纯伟²

(1. 云南省林业调查规划院, 云南 昆明 650051; 2. 昆明麦普空间科技有限公司, 云南 昆明 650221)

摘要:对云南省自然保护地的土地利用、森林起源和类别、生态系统、重点保护物种和景观资源等现状进行分析,并从多样性、典型性和脆弱性、稀有性和特有性、自然性等方面评估其保护价值。结果显示,云南省90%的典型生态系统、27.61%的湿地生态系统、57.90%的原始林、超过90%的国家重点保护植物、约80%的国家重点保护动物以及重要的地质遗迹、自然风景资源在保护地内得到有效保护。对云南省自然保护地资源状况的全面掌握为自然保护地整合优化工作,以及建立以国家公园为主体的自然保护地体系研究提供了理论依据。

关键词:自然保护地;资源现状;保护价值;生态系统;云南省

中图分类号:S759.9;P964 文献标志码:A 文章编号:1671-3168(2021)02-0083-06

引文格式:李晋,晁增华,徐吉洪,等.云南省自然保护地资源现状及保护价值评估[J].林业调查规划,2021,46(2):83-88. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2021.02.015

LI Jin, CHAO Zenghua, XU Jihong, et al. Present Situation and Conservation Value of Natural Reserve Resources in Yunnan Province[J]. Forest Inventory and Planning, 2021, 46(2): 83-88. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2021.02.015

Present Situation and Conservation Value of Natural Reserve Resources in Yunnan Province

LI Jin¹, CHAO Zenghua¹, XU Jihong¹, HUA Chaolang¹, TAO Jing¹, YANG Zhongxing¹,
LUO Huaixiu¹, YU Yao¹, GONG Chunwei²

(1. Yunnan Institute of Forest Inventory and Planning, Kunming 650051, China;

2. Kunming Maipu Geo-space Technology Co., Ltd., Kunming 650221, China)

Abstract: This paper analyzed the present situation of land use, forest origin and types, ecosystem, key protected species and landscape resources of nature reserves in Yunnan Province, and evaluated the conservation value from the aspects of diversity, typicality and vulnerability, rarity and endemism, and naturalness. The results showed that 90% of the typical ecosystem, 27.61% of the wetland ecosystem, 57.90% of the primary forest, more than 90% of the national key protected plants, about 80% of the national key protected animals, as well as important geological relics and natural landscape resources in Yunnan had been effectively protected. The comprehensive understanding on the natural reserve resources in Yunnan provided a theoretical basis for the integration and optimization of nature reserves and

收稿日期:2020-07-07;修回日期:2020-10-16.

第一作者:李晋(1985-),女,山西长治人,工程师.主要从事林业调查规划、自然保护地研究监测及规划工作. Email:953383565@qq.com

责任作者:徐吉洪(1978-),男,曲靖马龙人,高级工程师.主要从事林业调查规划、自然保护地研究监测及规划工作. Email:23213076@qq.com

the establishment of a nature reserves system composed mainly of national parks.

Key words: nature reserve; present situation of resources; conservation value; ecosystem; Yunnan Province

自然保护地是自然生态空间最重要、最精华的组成部分,是世界大部分国家构建生态安全格局的重要形式。党的十九大报告中提出“建立以国家公园为主体的自然保护地体系”^[1]。目前,国内学者主要对自然保护地的重要资源保护、生态空间保护、生态旅游资源、资源特征、发展管理措施等方面进行了研究。如高吉喜等从生态系统与重要自然资源保护、生态空间保护和保护机制 3 个方面概述我国自然保护地发展历程和发展成效^[2]。栗海军等分析森林自然保护地生态旅游资源研究进展、我国森林自然保护地的类型及生态旅游资源评价等内容^[3]。张婧雅等分析了自然保护地的现状资源特征,并提出了相关建议^[4]。章伟成等分析了丽水市自然保护区、森林公园、风景名胜区、湿地公园、地质公园等自然保护地建设情况^[5]。赵金发等从政策、管理、资金、人才与技术、公众参与和社会监督以及国际合作等方面提出发展措施,助推云南省自然保护地体系建设^[6]。

云南省有 10 种不同类型的自然保护地 370 处,保护地内具有丰富多样的生态系统、物种和景观资源,是我国西南生态安全屏障的重要组成部分,具有重要的生态保护价值。2019 年 6 月 26 日,中共中央办公厅、国务院办公厅印发《关于建立以国家公园为主体的自然保护地体系的指导意见》:“科学划定自然保护地类型”、“整合交叉重叠的自然保护地”、“归并优化相邻自然保护地”^[8]。2020 年 3 月,按照自然资源部、国家林业和草原局 2020 年 71 号函部署要求,自然资源部、国家林草局联合部署推进 2020 年自然保护地整合优化和生态保护红线评估调整工作。本文分析了云南省自然保护地概况及其资源现状,并就其保护价值进行评估,对云南省自然保护地整合优化工作和建设以国家公园为主体的自然保护地体系研究具有积极的意义。

1 自然保护地概况

目前,云南省已建立了自然保护区、风景名胜区、森林公园、湿地公园、地质公园、沙漠(石漠)公园、矿山公园、水利风景区、国家公园、水产种质资源保护区等 10 种类型的自然保护地 370 处,面积共 556.58 万 hm^2 ,占云南省国土面积的 14.51%。其

中:自然保护区 164 处,面积 286.74 万 hm^2 ;风景名胜区 66 处,批复或上报面积(下同)201.33 万 hm^2 ;森林公园 57 处,面积 17.96 万 hm^2 ;湿地公园 19 处,面积 5.97 万 hm^2 ;地质公园 13 处,面积 27.35 万 hm^2 ;沙漠(石漠)公园 5 处,面积 1.07 万 hm^2 ;矿山公园 1 处,面积 2.38 万 hm^2 ;水利风景区 23 处,有面积数据的 18 处,面积 4.48 万 hm^2 ;水产种质资源保护区 21 处,面积 3.28 万 hm^2 ;香格里拉普达措国家公园 1 处,面积 6.02 万 hm^2 。

云南省自然保护地共 370 处,空间分布为滇西北 24 处、滇中 83 处、滇东北 62 处、滇西 72 处、滇西南 66 处、滇东南 67 处,其中哀牢山国家级自然保护区、高黎贡山国家级自然保护区、无量山国家级自然保护区、三江并流国家级风景名胜区和昆明阳宗海风景名胜区 5 个自然保护地跨州(市)分布,跨州(市)保护地每个州(市)统计数量为 1,总数相应核减。保护地分布数量最多的州(市)是大理州,共 49 处,分布最少的是迪庆州,共 7 处。自然保护地面积占州(市)国土面积比例最大的是怒江州,占比最小的是普洱市。

2 自然保护地资源现状

采用云南省国土三调行政界线,对云南省自然保护地进行统计,得到保护地矢量面积为 474.76 万 hm^2 。

2.1 土地利用现状

根据《土地利用现状分类》一级分类指标,保护地内林地面积 364.40 万 hm^2 ,占保护地总面积的 76.75%,是自然保护地土地利用主要类型。由于历史遗留和人类活动等因素,云南省自然保护地内耕地面积 27.83 万 hm^2 ,占保护地总面积的 5.86%,水域及水利设施用地面积 23.98 万 hm^2 ,占 5.05%,住宅用地 1.97 万 hm^2 ,占 0.41%。这些区域存在人类活动频繁,无主要保护对象,保护价值低等问题。云南省自然保护地土地利用现状见图 1。

2.2 森林起源和类别

现有保护地森林按起源分为天然林 342.75 万 hm^2 、人工林 47.04 万 hm^2 ,分别占保护地森林总面积的 93.78% 和 6.22%。按森林类别划分为公益林 333.04 万 hm^2 、商品林 56.75 万 hm^2 ,分别占保护地森林总面积的 85.44% 和 14.56%。保护地内人工

林和商品林占一定比例,人为活动较频繁,保护价值低,不利于保护地保护管理和森林资源健康可持续发展。现有保护地森林按起源和森林类别统计见表 1。

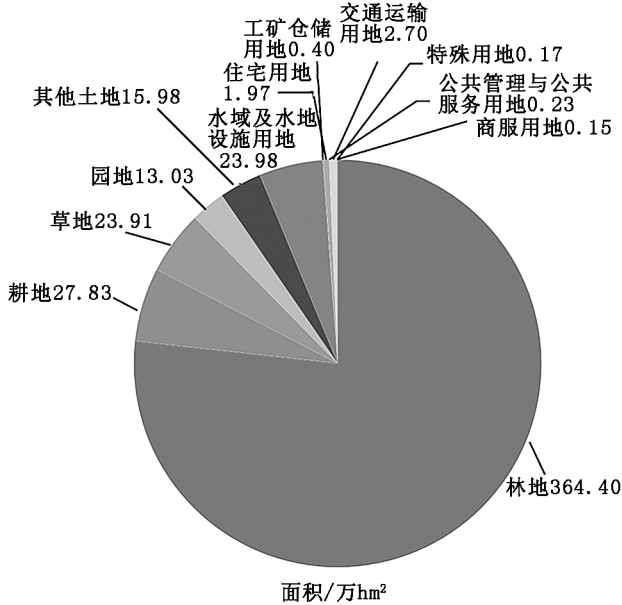


图 1 云南省自然保护地土地利用现状

Fig. 1 Land use status of nature reserves in Yunnan Province

表 1 现有保护地森林按起源和森林类别统计

Tab. 1 Statistics of forests in existing nature reserves by origin and forest type

起源	森林类别		合计
	公益林	商品林	
天然	3123417	3041115	3427532
人工	207007	263419	470426
合计	3330424	567534	3897958

2.3 生态系统

云南省自然保护地内生态系统主要包括森林生态系统、湿地生态系统和草原生态系统。森林生态系统是森林生物与环境之间、森林生物之间相互作用,并产生能量转换和物质循环的统一体系,具有调节气候、涵养水源、保持水土、防风固沙等功能。森林生态系统包括热带雨林、热带季雨林、常绿阔叶林、落叶阔叶林、硬叶常绿阔叶林、暖性针叶林、温性针叶林、竹林、稀树灌木草丛等 12 种类型,面积为 397.26 万hm²,其中常绿阔叶林生态系统面积最大,为 124.10 万hm²,热带季雨林面积最小,为 5 878 hm²。保护地原始林面积 129.9 万hm²,在保育生物

多样性、改善环境、科学研究、药用及经济等方面均具有极其重要的价值。全省有 15.56 万hm²湿地在各类保护地中得到有效保护^[10]。草原生态系统面积为 7.50 万hm²。

2.4 重要物种

根据云南省第二次野生动植物资源调查结果,全省共有重点保护野生动植物物种分布点 16 017 个,包括国家 I 级重点保护野生动植物分布点 1 523 个,国家 II 级重点保护野生动植物分布点 6 186 个,省级重点保护野生动植物分布点 7 918 个,极小种群物种分布点 390 个。全省有重点保护野生动植物物种 1 235 种,其中重点保护野生动物物种 1 101 种,重点保护野生植物物种 134 种。分布于现有自然保护地的分布点有 6 547 个,其中国家 I 级重点保护野生动植物分布点 686 个,国家 II 级重点保护野生动植物分布点 1 961 个,省级重点保护野生动植物分布点 2 801 个,极小种群物种分布点 199 个。其余均分布于现有自然保护地外,亟需对其栖息地和生境进行保护(图 2)。

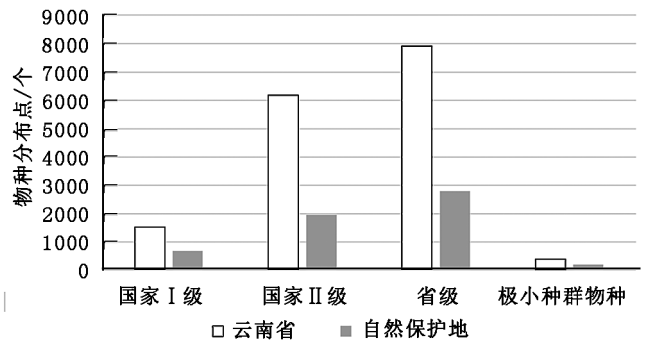


图 2 野生保护物种分布点及受保护状况

Fig. 2 Distribution and protected status of wild protected species

调查重点保护野生动物物种 1 101 种,其中国家 I 级保护动物 24 种,国家 II 级保护动物 91 种,极小种群野生动物 10 种(大部分种类与国家级保护物种重叠,下同)。分布在自然保护地内的重点保护动物 786 种,占调查动物的 71.39%,其中国家 I 级保护动物 21 种,国家 II 级保护动物 70 种,极小种群 9 种。其余均分布于现有自然保护地外,亟需对其栖息地进行保护。重点保护野生动物调查及其受保护情况统计见表 2。

调查重点保护植物物种 134 种,其中国家 I 级重点保护野生植物 41 种,国家 II 级重点保护野生植

表 2 重点保护野生动物调查及其受保护情况统计

Tab. 2 Resources and protected status of key protected wild animals 种

分布情况	保护等级				其他	合计
	国家 I 级	国家 II 级	省级	极小种群		
自然保护地	21	70	108	9	690	786
云南省	24	91	137	10	968	1101
占比/%	87.50	76.92	78.83	90.00	71.28	71.39

物 81 种, 省级保护植物 134 种, 极小种群野生植物 24 种。分布在自然保护地内重要保护植物 111 种, 占调查植物的 82.84%, 其中国家 I 级重点保护野生植物 34 种, 国家 II 级重点保护野生植物 67 种, 极小种群野生植物 18 种。其余均分布于现有自然保护地外, 亟需对其生境进行保护。重点保护野生植物调查及其受保护情况统计见表 3。

表 3 重点保护野生植物调查及其受保护情况统计

Tab. 3 Resources and protected status of key protected wild plants 种

分布情况	保护等级				合计
	国家 I 级	国家 II 级	省级	极小种群	
自然保护地	34	67	111	18	111
云南省	41	81	134	24	134
占比/%	82.93	82.72	82.84	75.00	82.84

2.5 景观资源

保护地内的景观资源主要包括自然景观和人文景观资源。其中自然景观资源以生物景观为主体, 还包括地文、水域、天象与气候景观。现有保护地内地文景观主要包括溶洞、喀斯特、峡谷、雪山、古生物化石、矿山等, 如石林风景名胜、玉龙雪山国家级风景名胜区等。水域景观包括江、河、湖泊、瀑布、温泉等, 如九大高原湖泊、罗平多依河—鲁布革风景名胜、云南腾冲火山地热国家地质公园等。生物景观包括原始林、草甸、候鸟迁徙景观、竹林等, 如西双版纳国家级自然保护区、哀牢山国家级自然保护区等。天象与气候景观包括朝霞夕阳、云雾、雨景、星空等。

人文景观资源主要包括建筑、园景、遗址遗迹。现有保护地内建筑与园景主要包括古镇、原始村寨、原始民居、佛塔、佛寺、梯田、故居、石刻等, 如建水风

景名胜区、云南红河哈尼梯田国家湿地公园等。遗址遗迹包括古建筑群、红色文化遗址、石器遗址、铁路遗址、茶马古道遗址等。

3 保护地保护价值评估

3.1 多样性

云南特殊的地理位置和复杂的自然环境孕育了极为丰富的生物资源, 享有“植物王国”、“动物王国”和“世界花园”美誉, 亦是世人瞩目的“生物基因库”。云南生物多样性在全国乃至全世界均占有重要的地位, 云南的生物物种种类居全国之首。生物多样性主要包括生态系统多样性、物种多样性、遗传多样性和景观多样性。自然保护地内森林生态系统种类有 12 种, 湿地生态系统类型主要包括河流湿地、湖泊湿地和沼泽湿地等。根据云南省第二次野生动植物资源调查结果, 全省共分布有重要野生动物物种 1 201 种, 重要野生植物物种 195 种, 其中重点保护野生动物物种 1 101 种, 国家级保护野生植物物种 146 种, 保护地内重点保护野生动物物种和植物物种受保护率为 71.39% 和 82.84%。保护地内具有丰富的野生植物遗传资源和不同纬度不同气候类型千余种观赏植物, 是重要种质资源基因库。保护地内景观资源丰富各具特色, 自然景观资源包括地文景观、水域景观、生物景观和天象与气候景观 4 大类 19 类。人文景观资源主要包括建筑、园景和遗址遗迹两大类 13 类。有些保护地内景观资源保护价值极高, 达到国际水平, 其中有 3 处被列入世界自然遗产名录; 2 处被联合国教科文组织认定为人与生物圈保护区; 4 处被列入国际重要湿地名录; 2 处被列为世界地质公园。

云南省自然保护地保护了 90% 的典型生态系统, 27.61% 的湿地生态系统^[10]、超过 90% 的国家重点保护植物、约 80% 的国家重点保护动物以及重要的地质遗迹、自然风景资源。

3.2 典型性和脆弱性

云南省分布有 15 个典型生态系统类型, 自然保护地内分布有热带雨林、热带季雨林、常绿阔叶林、硬叶常绿阔叶林、落叶阔叶林、暖性针叶林、温性针叶林等典型生态系统。全省 90% 的典型生态系统得到有效保护。自然保护地内分布有雪山、冰川、峡谷、高原湖泊、喀斯特地质地貌等壮美的自然景观, 涵盖了全省重要的自然景观和自然遗迹。如: “三江并流”奇观、云南省最高峰——梅里雪山、丽江老君山丹霞地貌、怒江大峡谷、滇池、洱海、泸沽湖等高

原湖泊、罗平峰林、澄江动物化石群、世界喀斯特地质地貌景观——石林。这些重要自然景观在各类保护地中得到了很好的保护。

云南省自然保护地由于受其气候条件和地形地貌的影响具有脆弱性。(1)保护地内大面积连片的同一植被气候带很少,生物物种呈零星点状分布,每一生物资源存量小,而且分布十分零散,生态适应能力低,一旦遭到破坏,恢复的难度极大;(2)由于特殊的地形地貌、复杂的气候环境影响,如滇西北、滇东北海拔高、气候冷凉、山高坡陡、山地贫瘠,滇东南片区自然保护地内大面积的喀斯特地貌,导致植被恢复和演替过程非常缓慢,生态环境极其脆弱^[9];(3)保护地内重要生态系统地处相对偏僻区域,部分位于高山、亚高山生态脆弱带、干热河谷生态脆弱带和热带森林生态脆弱带,一旦破坏则难以恢复。

3.3 稀有性和特有性

云南省自然保护地内分布有国家 I 级重点保护野生动物 21 种,国家 II 级重点保护野生动物 70 种,极小种群野生动物 9 种,受保护率分别达 87.50%、76.92%、90.00%。自然保护地内分布有国家 I 级重点保护野生植物 34 种,国家 II 级重点保护野生植物 67 种,极小种群野生植物 18 种,受保护率分别达 82.93%、82.72%、75.00%。自然保护地为国家 I 级、II 级保护动植物、极小种群等珍稀野生动植物提供了良好的栖息地和生境,各级别珍稀野生动植物受保护率均达 75% 以上,保护成效显著。

云南特有种及极小种群包括巧家五针松(*Pinus squamata*)、鹿角蕨(*Platyserium wallichii*)、富源杜鹃(*Rhododendron fuyuanense*)、波叶海菜花(*Ottelia acuminata* var. *crispa*)、元江山柑(*Capparis wui*)、中甸叶须鱼(*Ptychobarbus chungtienensis*)、滇金丝猴(*Rhinopithecus bieti*)、长臂猿(*Hylobatidae* spp.)、亚洲象(*Elephas maximus*)、黑颈鹤(*Grus nigricollis*)、黑颈长尾雉(*Syrnaticus humiae*)、苏铁(*Cycas revoluta*)、毛冠鹿(*Elaphodus cephalophus*)、赤斑羚(*Naemorhedus baileyi*)、珙桐(*Davidia involucrata*)、华盖木(*Manglietia sinicum*)等,均作为主要保护对象在保护地得到保护,种群数量稳定,滇金丝猴、亚洲象、黑颈鹤等数量得到较快的恢复。

3.4 自然性

云南省自然保护地内天然林生态系统面积为 342.75 万 hm^2 ,占自然保护地生态系统的 86.04%。(1)保护地内地带性次生林生态系统面积 180.25 万 hm^2 ,植被类型多样,植被水平带谱和垂直带谱较

为完整而典型。植被水平分布包括热带植被和季雨林植被,暖热性阔叶林和暖热性针叶林,暖性阔叶林和暖性针叶林。植被垂直分布包括热带山地植被和亚热带山地植被。(2)保护地内原始林面积 129.9 万 hm^2 ,受人为干扰极少,均保持着原始状态,为野生动物提供原真的栖息环境,在维持生物多样性、保持生态平衡方面具有极其重要的价值。

随着经济社会的发展,人类对自然资源需求随之增加,导致保护地内人为活动较多,干扰明显,同时自然保护地内存在耕地、水利设施、住宅等,约占保护地总面积的 11%。这些区域受人为活动干扰亦明显,自然性差,不利于保护地保护管理。

3.5 潜在保护价值

自然保护地具有维持生态环境稳定、保护生物多样性、保存自然或文化遗产等多种功能,同时也是开展和实施低碳经济活动的重要支撑资源^[7]。(1)云南省自然保护地内生态系统主要为森林生态系统,其类别多样、结构复杂,是全球重要的碳库之一。(2)滇西北、滇西、滇东南、西双版纳等区域保护地内的生物多样性最为富集,属于云南省生物多样性的热点地区,分布有 11 个国家级自然保护区和 21 个省级自然保护区。(3)保护地内生态系统和物种丰富多样构成了极其珍贵的生物基因库,在遗传多样性的保护中具有极大的价值。(4)云南地处众多国际、国内河流的上游或源头,保护地内的生物多样性及其生态系统服务通过水源涵养、调蓄洪水和保持水土等功能,为中下游提供水资源,减轻中下游地区洪涝灾害,减少河道泥沙的淤积,保障中下游重大水利水电工程安全,构成长江、珠江中下游我国黄金经济带的重要生态屏障,对多条国际河流下游国家的生态安全也具有不可替代的作用^[9]。

4 结论

云南省自然保护地是我国西南生态安全屏障的重要组成部分。多年来,经过云南省各级各类自然保护地管理机构的保护与管理,90% 的典型生态系统、27.61% 的湿地生态系统、57.90% 的原始林,超过 90% 的国家重点保护植物、约 80% 的国家重点保护动物以及重要的地质遗迹、自然风景资源在保护地内得到有效保护。保护地主要表现出多样性、典型性和脆弱性、稀有性和特有性、自然性等特点,自然保护地内植被类型多样,植被水平带谱和垂直带谱较为完整而典型。云南特有种及极小种群包括巧家五针松、富源杜鹃、中甸叶须鱼、滇金丝猴、长臂

猿、亚洲象等均作为主要保护对象分布在保护地内,保护成效显著,种群数量得到稳定。同时由于受云南的气候条件和地形地貌的影响,保护地内资源和环境受到破坏也难以恢复。

随着经济社会的发展,人类对自然资源需求随之增加,导致保护地内人为活动较多,干扰明显,同时保护地内存在耕地、住宅用地、人工林及商品林等,这些区域亦存在人类活动频繁、保护价值低等问题,不利于保护地健康可持续发展。目前云南省正在开展自然保护地整合优化和建设以国家公园为主体的自然保护地体系研究工作,云南省自然保护地资源现状及保护价值评估分析将对云南自然保护地发展建设有积极意义。

参考文献:

- [1] 习近平. 决胜全面建成小康社会夺取新时代中国特色社会主义伟大胜利——在中国共产党第十九次全国代表大会上的报告[N]. 人民日报,2017-10-28(1).
- [2] 高吉喜,徐梦佳,邹长新. 中国自然保护地 70 年发展历程与成效[J]. 中国环境管理,2019,11(4):25-29.

- [3] 栗海军,马建章. 森林自然保护地生态旅游资源研究进展[J]. 生态环境,2008(2):866-871.
- [4] 张婧雅,张玉均. 自然保护地的资源特征及新分类系统下的管理策略[J]. 中国土地,2019(11):14-16.
- [5] 章伟成,周伟龙. 丽水浙江绿谷的自然保护地建设[J]. 浙江林业,2019(7):32-33.
- [6] 赵金发,张宓,郑进烜,等. 云南省自然保护地建设发展研究[J]. 林业调查规划,2020,45(3):67-75.
- [7] 华朝朗,陶晶,徐吉洪,等. 云南省以国家公园为主体的自然保护地体系研究[M]. 昆明:云南科技出版社,2019.
- [8] 中共中央办公厅,国务院办公厅. 关于建立以国家公园为主体的自然保护地体系的指导意见[Z]. 2019.
- [9] 华朝朗,赵元藩,余昌元,等. 云南省生物多样性保护规划研究[M]. 昆明:云南科技出版社,2012.
- [10] 云南省林业厅. 云南省湿地公园发展规划(2018~2025年)[Z]. 2012.
- [11] 云南省林业厅. 云南省第二次野生动植物资源调查[Z]. 2018.

责任编辑:杨焱焱

校对:许春霞 杨焱焱

(上接第 30 页)

- [4] 赵珍珍,冯建迪. 1980s-2016 年科尔沁沙地景观时空格局演变特征分析[J]. 山东理工大学学报(自然科学版),2020,34(2):24-30.
- [5] 张旭. 兰州市土地利用与景观格局时空演变动态分析[J]. 甘肃科技,2018,34(19):41-44.
- [6] 阳文锐,王如松,黄锦楼,等. 生态风险评价及研究进展[J]. 应用生态学报,2007,18(8):1869-1876.
- [7] 陈辉,刘劲松,曹宇,等. 生态风险评价研究进展[J]. 生态学报,2006,26(5):1558-1566.
- [8] 宁静,张树文,王蕾,等. 农林交错区景观敏感性分析——以黑龙江省牡丹江地区为例[J]. 东北林业大学学报,2009,37(1):35-38.
- [9] 徐亚男,刘学录,李晓丹,等. 祁连山东段生态敏感性对景观动态变化的响应[J]. 生态科学,2019,38(5):160-167.
- [10] 梁二敏,张军民,胡蒙蒙,等. 新疆玛纳斯河流域景观生态风险评价[J]. 石河子大学学报(自然科学版),2017,35(6):759-765.

- [11] 张蜜,陈存友,胡希军. 苍南县玉苍山风景区生态敏感性评价[J]. 林业资源管理,2019(4):92-100,150.
- [12] 齐姗姗,巩杰,钱彩云,等. 基于 SRP 模型的甘肃省白龙江流域生态环境脆弱性评价[J]. 水土保持通报,2017,37(1):224-228.
- [13] 王佳利,胡希军,陈存友. 基于 GIS 的上杭县袍岭山地公园生态敏感性评价研究[J]. 林业资源管理,2019(1):87-92.
- [14] 张涛,张颖,杨力鹏,等. 内蒙古自治区呼和浩特市 1990—2010 年景观格局变化及其驱动力[J]. 水土保持通报,2018,38(2):217-222.
- [15] 霍震,李亚光. GIS 支持下滇池流域生态环境敏感性评价[J]. 林业调查规划,2009,34(5):12-16.

责任编辑:杨焱焱

校对:张林艳 杨焱焱

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2021.02.016

香格里拉普达措国家公园扩建研究

晁增华¹, 李建伟², 陶晶¹, 杨忠兴¹, 华朝朗¹, 郑进焯¹

(1. 云南省林业调查规划院, 云南 昆明 650051; 2. 云南省林业调查规划院大理分院, 云南 大理 671000)

摘要:为提升香格里拉普达措国家公园的整体性和有效保护,对迪庆州范围内具有重要生态价值的区域,从国家代表性、生态系统重要性和管理可行性 3 个方面进行系统评估。适宜性分析结果认为,拟扩建区域山地植被垂直带谱典型完整,足以支撑地带性生物区系,区内多样的地貌构造以及珍贵、罕见的地质地貌景观和遗迹,具有十分重要的世界意义和保护价值,动植物区系较完整,能维持种群生存繁衍、生态功能稳定和生态系统健康,生态原真性十分突出。扩建后国家公园面积 1 030 919.93 hm²,涉及香格里拉市的 11 个乡镇。综合评价认为,拟扩建区域资源具有国家代表性,生态系统突出,并具备管理可行性,全面符合建设国家公园的条件。提出将白马雪山、哈巴雪山、千湖山、红山、梅里雪山和碧罗雪山等 6 片区纳入普拉措国家公园扩建范围,并对扩建后国家公园更名、建立管理体制、运行机制等方面提出建议。

关键词:国家公园扩建;国家代表性;生态系统重要性;建设适宜性;香格里拉普达措国家公园

中图分类号:S759.91;X36 文献标志码:A 文章编号:1671-3168(2021)02-0089-05

引文格式:晁增华,李建伟,陶晶,等.香格里拉普达措国家公园扩建研究[J].林业调查规划,2021,46(2):89-93.

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2021.02.016

CHAO Zenghua, LI Jianwei, TAO Jing, et al. Expansion of Shangri-La Pudacuo National Park[J]. Forest Inventory and Planning, 2021, 46(2): 89-93. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2021.02.016

Expansion of Shangri-La Pudacuo National Park

CHAO Zenghua¹, LI Jianwei², TAO Jing¹, YANG Zhongxing¹, HUA Chaolang¹, ZHENG Jinxuan¹

(1. Yunnan Institute of Forest Inventory and Planning, Kunming 650051, China;

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

Abstract: In order to improve the integrity and effective protection of Shangri-La Pudacuo National Park, the areas with important ecological value in Diqing Prefecture were systematically evaluated from three aspects of national representativeness, ecosystem importance and management feasibility. The analysis results of suitability showed that the vegetation vertical zone spectrum was typical and complete to support the zonal biota, the diverse geomorphic structures, the precious and rare geological landscapes and relics in the area had important world significance and protection value, the flora and fauna were relatively complete, which could maintain the survival and reproduction of the population, the stability of

收稿日期:2020-07-30.

第一作者:晁增华(1965-),女,云南永富人,高级工程师.从事林业调查规划、生物多样性保护规划、自然保护地研究和信息化管理工作.
Email:chaozh104@163.com

责任作者:郑进焯(1981-),男,福建大田人,硕士,高级工程师.从事植物学、林业调查规划、生物多样性保护和自然保护地研究工作.
Email:zjx3410@163.com

ecological functions and the health of the ecosystem, and the ecological authenticity was very prominent in planned expansion areas. The park covered an area of 103 919.93 hm² after expansion, involving 11 towns in Shangri-La city. The comprehensive evaluation showed that the resources of the area to be expanded were representative where the ecosystem was outstanding and the management was feasible, which fully met the conditions for the construction of national park. This paper proposed that 6 areas of Baima Snow Mountain, Haba Snow Mountain, Qianhu Mountain, Hongshan Mountain, Meili Snow Mountain and Biluo Snow Mountain should be included in the expansion scope of Pudacuo National Park, and put forward suggestions on renaming, establishing management system and operation mechanism of the expanded national park.

Key words: expansion of national park; national representativeness; ecosystem importance; construction suitability; Shangri-La Pudacuo National Park

国家公园(national park)是指“由国家批准设立并行使事权,边界清晰,以保护具有国家代表性、原真性和完整性的大面积生态系统和大尺度生态过程为主要目的,实现自然资源科学保护和合理利用的特定陆地或海洋区域”。是为公众提供与环境和文化相容的、精神的、科学的、教育的、娱乐的、机会的陆地或水域^[1-3]。国家公园能够较好地处理自然生态环境保护与资源开发利用之间的关系,是当前国际上公认的解决资源保护与利用比较好的一种管理模式,并在全球普遍推广^[2]。为构建以国家公园为主的保护地体系^[4,5],云南省早在 1996 年就率先开展了国家公园保护模式的探索与实践,云南省人民政府也依托自然保护区,批准建设了普达措等 13 处国家公园,并制定了一系列的技术标准。

香格里拉普达措国家公园位于香格里拉市境内,规划总面积 60 210 hm²,于 2007 年 6 月正式挂牌成立。2016 年 10 月,国家发改委批准通过《香格里拉普达措国家公园体制试点区体制试点实施方案》。2017 年 3 月,普达措国家公园正式成为我国国家公园体制试点单位之一。普达措国家公园体制试点区地处喜马拉雅山地、印缅地区和中国西南山地全球三大生物多样性热点区交汇区域,是一个世界级的物种基因库,是三江并流世界自然遗产地核心区的典型代表,是我国乃至世界生物多样性重点保护区域。区内典型的森林、草甸和湖泊生态系统具有较好的完整性和原真性。但由于受普达措国家公园体制试点区的范围局限,其海拔范围介于 2 300~4 670 m 之间,而其迪庆州范围内海拔 5 000 m 以上的极高山就达 80 余处,有 11 座雪峰达 6 000 m 以上,最高峰为卡瓦格博峰,海拔 6 740 m,最低海拔 1 486 m,高差达 5 254 m。从边界范围

看,目前的国家公园试点区未能涵盖周边区域完整的生态系统和生态过程,以及众多具有国家或国际保护意义的景观资源。本文通过评估,将迪庆州范围内具有同样重要生态价值的区域纳入已建国家公园范围,提升国家公园的整体性和保护价值。

1 拟扩建区域现状

纳入评估的拟扩建区域包括白马雪山国家级自然保护区、哈巴雪山省级保护区、三江并流国家级风景名胜区的梅里雪山、千湖山、红山、哈巴雪山和聚龙湖、老窝山 6 个景区。其范围和主要保护对象详见表 1。

2 拟扩建区域建设国家公园适宜性分析

从资源国家代表性、生态系统重要性和建设适宜性 3 个方面对拟扩建区域的资源、管理条件进行评估、分析,评价拟扩建区域纳入国家公园的适宜性。

2.1 国家代表性

2.1.1 生态系统代表性

区内山地植被垂直带谱典型完整,发育了从亚热带河谷到寒温带高山的各种森林、灌丛、湿地、草甸和高山流石滩等各类植被,包含了半个地球的水平带生态景观,足以支撑地带性生物区系,大尺度生态过程在国家层面具有典型性,具有重要科研价值。

区域内分布有大面积典型的横断山特有植被类型,长苞冷杉、大果红杉、高山松、丽江云杉等是我国特有种,以其为优势种构成的长苞冷杉林、大果红杉林、高山松林、丽江云杉林是川西南、藏东南、滇西北的特有植被类型,同时也是横断山针叶林的典型代表。

表 1 拟扩建区域基本情况

Tab. 1 Basic information of planned expansion area

景区名称	范围	主要保护对象
云南白马雪山国家级自然保护区	总面积 282106 hm ²	以中国特有灵长类动物—滇金丝猴及其栖息地和其它野生动植物、高原湖泊、雪山冰川、山地植被垂直带自然景观。
哈巴雪山省级自然保护区	总面积 21908 hm ²	原始的寒温性针叶林森林生态系统、典型而完整的植被垂直带谱及多样的自然景观,具体为:(1)以长苞冷杉林为代表的原始寒温性针叶林森林生态系统;(2)从河谷中亚热带到高山寒带的典型而完整的垂直植被带谱;(3)现代海洋性冰川、第四纪冰川遗迹、世界著名的高山峡谷——虎跳峡、高山湖泊湿地等多样的自然景观;(4)杜鹃、报春、龙胆等高山观赏植物及其生境;(5)喜马拉雅红豆杉、玉龙蕨、油麦吊云杉等 7 种国家重点保护野生植物及其生境,云豹、林麝、喜马拉雅麝等 38 种国家重点保护野生动物及其栖息地。
三江并流国家级风景名胜区梅里雪山景区	景区面积 105819 hm ²	以梅里雪山、澜沧江峡谷、低纬度现代冰川以及原始森林、民族村落等为特色,以明永冰川、卡瓦博格峰、缅茨姆峰、雨崩神瀑为代表性景点。
三江并流国家级风景名胜区红山景区	景区面积 281437 hm ²	以峡谷景观、高山荒漠景观、高山杜鹃、高山草甸、溪流瀑布、高山冰碛湖泊景观、原始森林为特色,以碧融峡谷(香格里拉大峡谷)、翁水河为代表性景点。
三江并流国家级风景名胜区哈巴雪山景区	景区和哈巴雪山自然保护区部分重叠,景区面积 119699 hm ² 。	以哈巴雪山的杜鹃云海、高山湖泊、冰峰雪岭、玉带白云以及白水台的岩溶奇观为特色,以白水台、哈巴雪山、属都湖为代表性景点。
千湖山景区	景区面积 67934 hm ² 。	以高山湖泊群、高山杜鹃、高山牧场为主要特色,以碧海湖泊群、那嘎吨尼草甸为代表性景点。
碧罗雪山景区	包括聚龙湖景区和老窝山景区,聚龙湖景区面积 18361 hm ² 。老窝山景区面积 62037 hm ² 。	聚龙湖景区以高原湖泊为特色,以南极洛湖泊群为代表性景点;老窝山景区以高山冰蚀湖群、高山植被、高山流石滩为主要特征,以新化湖、老窝山湖泊群为代表性景点。

2.1.2 生物物种代表性

拟扩建区域的白马雪山、梅里雪山片区是滇金丝猴等旗舰物种的主要栖息地,区内的滇金丝猴种群数量约 1 500 只,约占我国现有滇金丝猴总数的 3/4。区内分布有众多的特有动、植物科属和地方特有种^[6-8]。区内有 I 级重点保护植物玉龙蕨(*Sorolepidium glaciale*)、独叶草(*Kingdonia uniflora*)、光叶珙桐(*Davidia involucrata*)等, II 级重点保护植物松口蘑(*Tricholoma matsutake*)、金铁锁(*Psammosilene tunicoides*)、冬虫夏草(*Ophiocordyceps Sinensis*)等;分布有 I 级重点保护野生动物滇金丝猴(*Rhinopithecus bieti*)、雪豹(*Panthera uncia*)、黑颈鹤(*Grus nigricollis*)等 10 余种, II 级重点保护野生动物林麝(*Moschus berezovskii*)、藏马鸡(*Crossoptilon harmani*)等数 10 种。

2.1.3 自然景观独特性

拟扩建区域内地貌范围极广,从峡谷到喀斯特地貌再到冰峰,这种大范围的地貌与该区域正好处于地壳构造板块的碰撞点有关。区内多样的岩石类型、多样的地貌构造、多样的地貌景观,为诠释特提斯海洋消亡、印度板块和欧亚板块碰撞机制和模型、陆内巨型复合造山带的形成、青藏高原演化隆升等重要的地球演化历史阶段和重要地质事件提供了典型遗迹,并展示正在进行着的各种动力地质作用和

冰川地质作用等地形地貌塑造过程^[9],是多种高山地貌景观类型和演化过程的杰出发展地区。这些珍贵、罕见的地质地貌景观和遗迹是大自然留给人类的共同财富,具有十分重要的世界意义和保护价值。

2.2 生态系统重要性

2.2.1 生态系统完整性

拟扩建区域具有自然景观丰富独特、立体气候显著、植被类型丰富多样、生物多样性丰富等生态系统完整性的特点。目前记录有维管束植物 196 科 896 属 4 485 种,野生的陆生脊椎动物 518 种。此外,境内还分布杜鹃(*Rhododendron* spp.)、报春(*Primula* spp.)、龙胆(*Gentian* spp.)、绿绒蒿(*Mecynopsis* spp.)、马先蒿(*Pedicularis* spp.)、鸢尾(*Iris* spp.)、百合(*Lilium* spp.)和兰花(*Cymbidium* spp.)等著名野生花卉,是马先蒿、绿绒蒿等名花的现代地理分布中心。生态系统的完整性还体现在旗舰物种的种群数量维持稳定和持续发展方面。据最近调查资料,白马雪山片区内分布 8 个滇金丝猴种群,约 1 500 只,个体数量占中国滇金丝猴数量的 70% 以上。

2.2.2 生态系统原真性

拟扩建区域保存了原始而完整的高山森林和湿地生态系统,生物多样性丰富程度位于全国前列,还保存了国内发育最为完好的硬叶常绿阔叶林生态系

统,也是我国种子植物特有属、种高度集中的 3 个中心地区之一^[6]。同时,该区也是全国自然地理区划的过渡区域,是中国纬度最南的山岳、冰川集中分布区域,是研究新构造运动、三江地区环境演变的典型地区之一和研究青藏高原大规模抬升与云南高原演化、地貌演化的关键地区之一^[9]。从土地利用类型分析,拟扩建区天然林地、草地、高原湖泊和雪线以上的区域总面积超过 102 万 hm^2 ,占比达 99% 以上;耕地、园地、商服用地、工矿仓储用地、住宅用地、特殊用地、交通运输用地总面积仅为 2 500 余 hm^2 ,占比不到 1%,生态系统原真性十分突出。

2.2.3 面积规模适宜性

拟扩建区域面积近 10 000 km^2 ,拥有北半球 80% 的生态系统类型,是北半球生物生态环境的缩影。可以确保主要保护对象如滇金丝猴的生存和繁衍,能确保保护目标的完整性和长久维持,能够维持生境需求范围大的物种生存繁衍和实现自我循环,面积规模适宜。

2.3 建设适宜性

2.3.1 资源资产产权

拟扩建区域国有土地面积大于 80 万 hm^2 ,占总面积的 80% 以上,自然资源资产产权清晰,有利于实现统一保护。区内的集体所有自然资源资产具有通过征收或协议保护等措施满足保护管理目标要求,这一点在现有普达措国家公园试点区的实际管理中已有非常成功的先例。扩建后,国家公园内生态公益林占比达 70% 以上,且区内划入生态保护红线的面积占比达 98.9%,为确保国家公园有效管理提供了保障。

2.3.2 保护管理基础

拟扩建区域大部分为原有保护地范围,具备良好的保护管理基础。扩建后的国家公园范围内人口密度较低,生产生活方式以传统的农耕和放牧为主,土地利用对生态系统的影响处于可控状态,加之宗教文化的影响,区内人地和谐的生产生活方式具有可持续性。

2.3.3 国民教育机会

拟扩建区域地处“三江并流”世界自然遗产的核心部位,旅游资源十分丰富、奇特,是我国著名的高山峡谷区域。因特殊的地理位置和自然环境,形成许多稀有独特的自然景观,具有雄、险、奇、特、秀、丽、幽、奥等多种自然景观。区内雪山冰川、峡谷险滩、珍禽异兽、林海雪原、五花草甸、高山湖泊、溶洞温泉、民俗风情、宗教文化、天象景观等景观资源是

各种典型地貌的自然综合体,是自然界珍贵的原始本底代表,是自然生态系统的活标本和活自然博物馆,已成为中外科考、科普教育、登山探险、疗养观光、猎奇、旅游等多功能的理想圣地,具有很高的科学研究和自然教育价值,将为举办夏令营、森林课堂、研学旅游等方式开展自然教育、生态体验提供重要的国民教育基础和机会。

3 结论与讨论

3.1 结论

拟扩建区域山地植被垂直带谱典型完整,包含了半个地球的水平带生态景观,足以支撑地带性生物区系,大尺度生态过程,在国家层面具有典型性;区内多样的地貌构造以及珍贵、罕见的地质地貌景观和遗迹,具有十分重要的世界意义和保护价值。拟扩建区域具有较完整的动植物区系,能维持种群生存繁衍、生态功能稳定和生态系统健康;区内耕地、园地等占比不到 1%,生态系统原真性十分突出;扩建后国家公园面积超过 10 000 km^2 ,能确保主要保护对象(如滇金丝猴)的生存和繁衍,并能确保保护目标的完整性和长久维持。拟扩建区域以国有土地为主,生态公益林的比例较高,且大部分为原有保护地,具备良好的保护管理基础;区内稀有独特的自然景观,具有很高的科学研究和自然教育价值。综合评价,拟扩建区域资源具有国家代表性,生态系统重要性突出,并具备管理可行性,全面符合建设国家公园的条件。

扩建后香格里拉普达措国家公园范围全部位于迪庆州境内,涉及香格里拉市的 11 个乡镇,地理坐标范围为东经 $98^{\circ}35'36'' \sim 100^{\circ}17'11''$,北纬 $26^{\circ}59'19'' \sim 28^{\circ}50'58''$,总面积 1 030 919.93 hm^2 ,分为普达措、白马雪山、哈巴雪山、千湖山、红山、梅里雪山和碧罗雪山 7 个片区。

3.2 讨论

普达措国家公园扩建是以自然属性特征、管理目标和保护空缺区域进行整合优化保护地的探索与实践,是提升国家公园保护成效的体现。国家公园扩建以加强滇西北重要生态空间完整性和系统性保护为核心,整合优化现有自然保护地和生态系统完整性保护为重点,完善自然保护地空间布局。将白马雪山、哈巴雪山、千湖山、红山、梅里雪山和碧罗雪山等 6 个片区作为普达措国家公园扩建区域,扩建后国家公园总面积 1 030 919.93 hm^2 ,划分为核心保护区和一般管控区,其中:核心保护区面积

468 999.14 hm², 占公园总面积的 45.49%; 一般控制区面积 561 920.79 hm², 占公园总面积的 54.51%。扩建后的国家公园的生态系统、生物物种和自然景观在全国乃至全球均具有典型性, 并具有重要的科研价值, 体现了生态系统的重要性, 为有效保护管理提供了资源基础。

由于我国发展建设国家公园较晚, 现有的国家公园的大面积扩建无典型成功的案例可以借鉴, 需要在以中共中央办公厅、国务院办公厅印发《建立国家公园体制总体方案》的要求和十九大报告提出“构建国土空间开发保护制度、完善主体功能区配套政策, 建立以国家公园为主体的自然保护地体系”作为探索以现有国家公园为基础进行扩建的依据和指导, 实现国家公园作为保护地体系的重要保护形式和全省重要生态空间的系统性与完整性的保护。

4 建议

1) 鉴于扩建后国家公园的范围, 建议将香格里拉普达措国家公园更名为“香格里拉国家公园”, 并在进一步论证的基础上, 将国家公园范围扩大到三江并流区域, 建立“三江并流”国家公园, 实现对“三江并流”这一世界自然遗产的完整保护。

2) 扩建后的国家公园管理职能由云南省人民政府成立普达措国家公园管理局直接管理, 按照“一块牌子、一个机构、一套人马”的原则, 将原香格里拉普达措国家公园管理局、云南白马雪山国家级自然保护区管护局、迪庆藏族自治州哈巴雪山省级自然保护区管护局、迪庆州三江并流国家风景名胜区管理办公室的编制和人员全部纳入国家公园管理局, 新组建的国家公园管理局负责对园区内的森林、湿地等资源进行“统一规划、统一保护、统一开发、统一管理”。

3) 研究建立完善的资源保护机制、科研监测机制、游憩管理机制、解说教育机制等国家公园运行机制。建立健全保护管理人员责任制, 以及巡护、科研监测、森林防火、外来物种控制、旅游影响监测与控制、游客量控制等制度; 强化日常科研监测工作, 制定科研专题规划, 加强对外联系, 组织科研单位、大专院校及其它有关部门的科研力量, 共同开展扩建区的本底资源调查和合作研究项目, 提高国家公园科研、监测水平; 建立有利于旅游产业科学发展的体制机制, 在管经分离的体制下, 对游憩项目实行特许经营; 积极编制解说规划, 引入智慧旅游的理念, 把二维码应用到解说系统中, 并与省内外知名自然教育机构合作, 推出面向不同受众的多样化的自然教育活动。

参考文献:

- [1] IUCN. 生物多样性公约指南[M]. 北京: 科学出版社, 1997: 13.
- [2] 云南省人民政府研究室, 大自然保护协会(TNC)中国部. 云南国家公园建设理论与实践[M]. 昆明: 云南出版集团公司, 云南人民出版社, 2008.
- [3] 唐芳林. 中国国家公园建设的理论与实践研究[D]. 南京: 南京林业大学, 2010.
- [4] 华朝朗, 陶晶. 云南省以国家公园为主体的自然保护地体系研究[M]. 昆明: 云南出版集团, 云南科技出版社, 2019.
- [5] 赵金发, 张宓, 郑进烜, 等. 云南省自然保护地建设发展研究[J]. 林业调查规划, 2020, 45(3): 69-75.
- [6] 云南植被编写组. 云南植被[M]. 北京: 科学出版社, 1987.
- [7] 云南省林业和草局. 云南省第二次重点保护野生植物资源调查报告[R]. 昆明: 云南省林业和草局, 2019.
- [8] 张声跃. 云南地理[M]. 昆明: 云南民族出版社, 2002.

责任编辑: 许易琦

校对: 许易琦

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2021.02.017

安西极旱荒漠国家级自然保护区冰洞子沟区域 野生动物红外相机监测初报

王亮¹, 裴鹏祖¹, 任廷锋¹, 田瑞祥¹, 李果²

(1. 甘肃安西极旱荒漠国家级自然保护区管理局, 甘肃 瓜州 736100;

2. 中国环境科学研究院生物多样性研究中心, 北京 100012)

摘要:采用公里网格布设法,在安西极旱荒漠国家级自然保护区冰洞子沟区域设置红外触发相机 20 部,对区域内大中型兽类和地面活动鸟类进行初步调查。结果显示:监测到兽类 4 目 5 科 7 属 7 种,鸟类 4 目 7 科 7 属 8 种,包括北山羊、金雕 2 种国家 I 级重点保护动物;盘羊、猞猁、狼和短耳鸮 4 种国家 II 级重点保护动物;兽类中北山羊和中亚兔相对丰富度指数较高,鸟类中石鸡和漠鹑相对丰富度指数较高。物种稀疏曲线显示,兽类在 3 个月后趋于稳定,鸟类在 10 个月后趋于稳定,表明调查取样充分。本次初步调查基本上掌握了保护区冰洞子沟区域鸟兽本底信息,总结讨论了红外相机在鸟兽资源监测中存在的问题及措施,为保护区的科学管理提供地依据和指导。

关键词:红外相机监测;野生动物;物种多样性;物种稀疏曲线;安西极旱荒漠国家级自然保护区

中图分类号:S759.9;S718.521.1;S757.3;TB866 文献标志码:A 文章编号:1671-3168(2021)02-0094-07

引文格式:王亮,裴鹏祖,任廷锋,等.安西极旱荒漠国家级自然保护区冰洞子沟区域野生动物红外相机监测初报[J].林业调查规划,2021,46(2):94-100. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2021.02.017

WANG Liang, PEI Pengzu, REN Tingfeng, et al. Preliminary Report on Wildlife Monitoring by Infrared Camera in Bingdongzigou Area of Anxi Extra-arid Desert National Nature Reserve[J]. Forest Inventory and Planning, 2021, 46(2): 94-100. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2021.02.017

Preliminary Report on Wildlife Monitoring by Infrared Camera in Bingdongzigou Area of Anxi Extra-arid Desert National Nature Reserve

WANG Liang¹, PEI Pengzu¹, REN Tingfeng¹, TIAN Ruixiang², LI Guo²

(1. Administration of Gansu Anxi Extra-arid Desert National Nature Reserve, Guazhou, Gansu 736100, China;

2. Biodiversity Research Center, Chinese Research Academy of Environmental Sciences, Beijing 100012, China)

Abstract: In order to investigate the status of wild mammals and birds in Bingdongzigou area of Anxi Extra-arid Desert National Nature Reserve, 20 infrared trigger cameras were set up by using kilometer grid layout. The results showed that there were 7 wild mammal species belonging to 7 genera, 5 families and 4 orders, and 8 wild birds species belonging to 7 genera, 7 families and 4 orders, including 2 class I national key protected wild animals, *Capra ibex* and *Aquila chrysaetos*, and 4 class II national key protected

收稿日期:2020-07-20.

基金项目:环保部生物多样性保护专项“2017年瓜州县生物多样性观测(哺乳类)项目”;生态环境部生物多样性保护专项“安西极旱荒漠国家级自然保护区生物多样性观测”。

第一作者:王亮(1985-),男,甘肃张掖人,硕士,高级工程师。从事生物多样性研究。Email:zp200108@163.com

责任作者:李果(1984-),女,四川宜宾人,助理研究员。从事生物多样性研究。Email:liguo@craes.org.cn

wild animals, *Ovis ammon*, *Lynx lynx*, *Canis lupus* and *Asio flammeus*. *Capra ibex* and *Lepus capensis* had higher relative abundance index than other mammals, while *Alectoris chukar* and *Oenanthe deserti* had higher relative abundance index than other birds. The results of species rarefaction curve showed that mammals tended to be stable after 3 months, and birds tended to be stable after 10 months, which indicated that the survey sampling was sufficient. This preliminary investigation basically grasped the background information of mammals and birds in Bingdongzigou area of the reserve, summarized and discussed the problems and measures of infrared camera in the monitoring of birds and animals resources, and provided basis and guidance for the scientific management of the reserve.

Key words: infrared camera monitoring; wildlife; species diversity; species rarefaction curve; Anxi Extra-arid Desert National Nature Reserve

野生动物多样性监测是生物多样性资源管理的关键,也是自然保护区开展保护管理工作的基础^[1]。开展区域野生动物野外监测有助于了解区域野生动物物种多样性,其监测信息不仅能反映该保护区生物多样性的动态变化,有利于保护与管理珍稀濒危物种,而且也能为保护生物多样性以及保护区管理规划等工作提供基础资料^[2-3]。近年来,红外触发相机技术能进行全天候持续监测,广泛应用于陆生脊椎动物(兽类和鸟类)的监测、保护与管理,极大地促进了野生动物监测工作的开展^[4-7]。红外相机调查技术是一种非损伤性技术手段,避免了因调查或者采集样本等直接伤害动物,具有“准确性、长期性、非损伤性”等优点,已成为野生动物本底资源调查和生物多样性监测的重要手段^[8-9],尤其在山区野生动物监测中能够发挥很大的作用。在具有一定数量设备和人员的前提下,通过持续的监测能够获得更多直观、准确的野生动物物种信息,尤其是可以记录到许多隐蔽性强、活动范围广的物种^[10-12]。因此,红外相机技术目前已经广泛应用于野生动物生态学和保护学的野外研究^[13-14]。

安西极旱荒漠国家级自然保护区地处甘肃河西走廊西端,主要保护对象为极旱荒漠生态系统,自1987年6月成立以来,先后3次采用传统调查方法对保护区内的动物种类和数量进行了全面调查^[15-17]。2012年6月,在保护区冰洞子沟、巴尔峡、长山子3个区域共布设了20部红外触发相机,开展了红外相机技术在荒漠山区野生动物监测中的应用研究,获取了大量野生动物影像资料,探讨红外触发相机技术在荒漠山区野生动物调查中的优缺点^[10]。此后,保护区陆续在多处野生动物重点栖息区域布设了红外相机,至目前区内累计布设红外相机85部。本研究通过红外相机技术对保护区内野生动物重点栖息地“冰洞子沟”一带鸟兽资源现状进行系

统调查,选择2017年5月—2019年9月布设20部红外相机进行监测,摸清了该区域内大中型哺乳动物和地面活动鸟类的种类、数量、分布以及人为影响等情况,评估其物种多样性以及生物多样性保护成效,为保护区野生动物监测和保护管理提供参考^[18]。

1 研究方法

1.1 研究区概况

安西极旱荒漠国家级自然保护区(以下简称“保护区”)位于甘肃省瓜州县境内,由南北2片组成,总面积80万 hm^2 ,海拔1300~3300m,主要由低山丘陵、剥蚀准平原地形和山前冲积平原3种地貌组成。保护区地处中亚内陆,气候极端干旱,年均降水量52mm。境内现有高等植物63科210属455种,主要以典型的中亚四大荒漠植物泡泡刺(*Nitraria sphaerocarpa*)、红砂(*Reaumuria soongorica*)、合头草(*Sympegma regelii*)、珍珠猪毛菜(*Salsola passerina*)及裸果木(*Gymnocarpos przewalskii*)为保护对象。脊椎动物29目65科210种,列入《国家重点保护野生动植物名录》的有普氏野马(*Equus przewalskii*)、蒙古野驴(*Equus hemionus*)、雪豹(*Uncia uncia*)、北山羊、金雕、白唇鹿(*Gervus albirostris*)、鹅喉羚(*Gazella subgutturosa*)、岩羊(*Pseudois nayaur*)、盘羊等35种^[15-17,19-20]。

冰洞子沟地处保护区北片缓冲区,位于东经 $95^{\circ}36'55''\sim 95^{\circ}42'40''$,北纬 $41^{\circ}22'20''\sim 41^{\circ}19'15''$,东西长8km,南北宽6km,面积约3700 hm^2 ,属低山丘陵地带,海拔2030~2220m。区域内植物资源丰富,主要植被类型为灌草丛,主要优势种有戈壁针茅(*Stipa gobica*)、芨芨草(*Achnatherum splendens*)、合头草、松叶猪毛菜(*Salsola laricifolia*)、短叶假木贼(*Anabasis brevifolia*)、白皮锦鸡儿(*Caragana*

leucophloea)、弯刺蔷薇 (*Rosa beggeriana*) 和宽苞水柏枝 (*Myricaria bracteata*) 等。周边大中型动物有普氏野马、蒙古野驴、北山羊、鹅喉羚、盘羊、赤狐、狼等。

1.2 相机布设

1.2.1 相机布设方案

在冰洞子沟观测样地,通过 GIS 软件制成 1×1 km² 网格,网格之间尽量保持连续,预设相机位点通常为每个网格的中心点,在地图上标注坐标位点。根据监测区域的行走路线确定相机布设的路径,预设相机位点坐标置入 GPS 导航仪。通过 GPS 导航找到预设相机位点,并以此位点为圆点,在 200 m 为半径的圆内寻找合适相机安放的位置,不同网格之间的 2 个相机相隔距离不得小于 500 m。通常设置在动物痕迹(粪便、足迹和遗落物等)较多的地点(兽径、水源点等)。研究区相机布设信息见表 1 和图 1。

1.2.2 相机布设方法

相机固定于离地面 50~80cm 的铁支架上,相机镜头基本与地面平行或略往下,均朝向西北或北,以防止阳光直射对相机成像的影响。相机安装前先拍摄一张照片,检查是否能正常工作,安装和取卡时,均需要拍摄一张有相机位点信息(相机位点编号、日期)的白板照片。同时还需记录相机放置的日期、GPS 位点、海拔、坡度、坡向和动物痕迹、人为干扰、植被类型等其它生境信息。

表 1 冰洞子沟区域红外触发相机布设信息

Tab. 1 Infrared triggered cameras location in Bingdongzigu area

编号	布设时间	东经 / (°)	北纬 / (°)	海拔 / m	生境特点
1	2017. 5. 24	95. 647444	41. 358556	2139	戈壁山地
2	2017. 5. 24	95. 649944	41. 353556	2102	戈壁山地
3	2017. 5. 24	95. 648944	41. 345722	2101	戈壁山地
4	2017. 5. 24	95. 658028	41. 359583	2103	戈壁山地
5	2017. 8. 13	95. 659139	41. 352139	2080	戈壁山地
6	2017. 5. 24	95. 659056	41. 345389	2086	戈壁山地
7	2017. 8. 13	95. 665206	41. 358775	2142	戈壁山地
8	2017. 5. 24	95. 666417	41. 349167	2063	水源地
9	2017. 8. 13	95. 675975	41. 358739	2117	戈壁山地
10	2017. 8. 13	95. 673556	41. 351056	2165	戈壁山地
11	2017. 5. 24	95. 671306	41. 344056	2067	戈壁山地
12	2017. 5. 24	95. 683981	41. 361519	2099	戈壁山地
13	2017. 5. 25	95. 685717	41. 352456	2211	戈壁山地
14	2017. 5. 25	95. 690667	41. 360861	2108	水源地
15	2017. 8. 13	95. 691972	41. 349111	2095	戈壁山地
16	2017. 8. 13	95. 689750	41. 343583	2059	戈壁山地
17	2017. 5. 25	95. 698111	41. 364889	2118	戈壁山地
18	2017. 5. 25	95. 705500	41. 359444	2099	戈壁山地
19	2017. 5. 25	95. 698056	41. 352167	2105	戈壁山地
20	2017. 5. 25	95. 700189	41. 345742	2104	戈壁山地

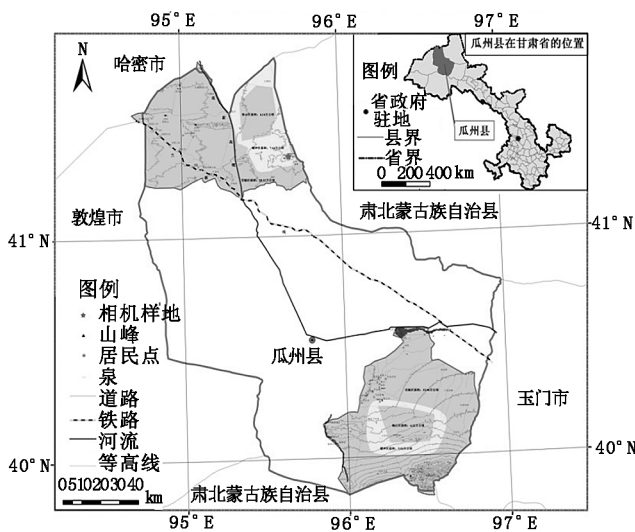


图 1 保护区功能分区及相机位点布设

Fig. 1 Functional area and camera site layout of the reserve

1.2.3 相机参数设置

布设的相机型号为 LTL6210MC 和东方红鹰 E1B 型红外触发相机,使用前需要对其有关参数进行设置。重要参数包括:日期和时间(相机安放当前日期)、相机拍摄模式(设定为 3 连拍或 3 连拍+10s 视频)、图片像素(12MP)、视频像素(720P)、视频长度(10s)、时间间隔(5s)、密码(关)、灵敏度(猎科为中,东方红鹰为低)、定时(关)。每隔 5~7 个月对相机进行检查,并收集数据,适时更换电池和内存卡。

1.3 数据处理

相机拍摄的照片下载到计算机后,记录拍摄的时间、照片中的动物种类、数量等数据,按照相机编号建立文件夹,分别将所拍摄的照片存入对应的文件夹,以使照片与相机相对应。物种鉴定主要参考《中国兽类野外手册》和《中国鸟类野外手册》。对于同一个地点红外相机拍摄的照片,将时间间隔小于 1h 的同一种动物的连续照片算作 1 张,作为 1 次拍摄,即为 1 张独立照片(independent photograph, IP)。

通过计算兽类和鸟类相对丰富度指数(relative abundance index, RAI)来衡量区域内兽类和鸟类的相对种群数量,公式计算为:

$$RAI = \frac{A_i}{N} \times 100\%$$

式中,RAI 为物种相对丰富度; A_i 为第 i 类($i=1,2,3 \dots$)动物出现的相片数; N 为相片总数^[21]。

采用动物的拍摄率(capture rate, CR)作为其相对多度的指标,公式计算为:

$$CR = \frac{N_i}{T} \times 100\%$$

式中, N_i 为拍摄的第 i 类动物($i=1,2,3 \dots$)个体的独立照片总数; T 为总有效拍摄日,指相机在监测期间总天数中除去相机维护损坏卡满的天数^[22]。

为探究本次调查在时间上是否满足物种多样性调查的强度,采用 EstimateS 软件,基于整个调查期内所拍摄到物种数的频次建立统计模型,估计、比较基于抽样数据的物种组合的多样性和组成状况^[23-25]。本次调查将所拍摄到鸟兽物种总数以 30 个相机日(1 月)为 1 次积累调查,并相应统计各物种出现的频次(出现为 1,未出现为 0),结果生成矩阵导入 EstimateS 软件,随机运行 1 000 次,得到以时间为自变量,物种数为应变量的稀疏曲线的样本数据,在 Excel 中绘制物种稀疏曲线。

2 结果与分析

经统计,监测样地 20 部相机的总工作日为 10 367 天,共拍摄照片 36 510 张,其中,动物照片 12 061 张(33.03%),未发现目标动物的空白照片 20 899(57.24%),牲畜和人为干扰等照片 2 033 张(5.57%),分析后获取有效独立照片 2 167 张。可以看出,空拍比例较高,超过总照片的半数。经鉴定,共拍摄到 15 种动物,隶属 2 纲 8 目 12 科 14 属(表 2)。

其中,拍摄到哺乳动物共 7 种,包括 1 种国家 I 级重点保护动物北山羊,3 种国家 II 级重点保护动物盘羊、猞猁、狼;有 3 种被列入 CITES 附录 II,1 种被列入 CITES 附录 III;分布类型为高地形(2 种)、全北型(3 种)和不易归类型(2 种)。拍摄到鸟类共 8 种,其中金雕被列入国家 I 级重点保护动物,短耳鸱为国家 II 级重点保护动物;分布类型为中亚型(4 种)、全北型(2 种)和不易归类型(2 种)。被 IUCN 评估为近危的有 1 种,剩余 14 种均为无危。哺乳类中北山羊和中亚兔的相对丰富度指数较高,鸟类中石鸡和漠鹑的相对丰富度指数较高。拍摄率较高的兽类物种仍以北山羊和中亚兔为主,拍摄率较高的鸟类物种仍以石鸡和漠鹑为主。总体来看,拍摄的国家重点保护动物种类和数量较为丰富,6 种保护动物的 RAI 总和为 52.52%,超过其它 9 种动物的总和。

物种稀疏曲线结果显示(图 2),兽类监测物种数在 3 个月内快速增长,并随后变为一渐近线,于 9 个月时达到实际监测物种数(7 种)。鸟类监测物种数在 6 个月内快速增长,10 个月后变为一渐近线,于 17 个月时达到实际监测物种数(8 种)。这表明本次鸟兽监测均取样充分,在时间尺度上已满足物种多样性调查的强度。

3 讨论

本研究采用红外相机监测技术对安西极旱荒漠国家级自然保护区冰洞子沟一带的鸟兽资源进行调查,初步摸清了该区域的鸟兽种类,但是由于此前针对该区域未开展过同类调查,无历史数据资料,所以无法与以往的记录进行对比,无法分析该区域内野生动物种类和数量的动态变化趋势,本研究仅为现状调查和资料补充。

表 2 监测兽类和鸟类的物种名录
Tab.2 Species list for monitoring mammals and birds

物种	国家重点保护级别	IUCN 等级	CITES 附录	分布型	独立有效照片 / 张	相对丰富度 / %	拍摄率 / %
哺乳纲 Mammals							
偶蹄目 Artiodactyla							
牛科 Bovidae							
北山羊 <i>Capra ibex</i>	I	LC		P	897	41.39	8.65
盘羊 <i>Ovis ammo</i>	II	NT	附录 II	P	162	7.48	1.56
食肉目 Carnivora							
犬科 Canidae							
赤狐 <i>Vulpes vulpes</i>		LC	附录 III	C	143	6.60	1.38
狼 <i>Canis lupus</i>	II	LC	附录 II	C	48	2.22	0.46
猫科 Felidae							
猞猁 <i>Lynx lynx</i>	II	LC	附录 II	C	18	0.83	0.17
兔形目 Lagomorpha							
兔科 Leporidae							
中亚兔 <i>Lepus capensis</i>		LC		O	759	35.03	7.32
翼手目 Chiroptera							
蝙蝠科 Vespertilionidae							
大耳蝠 <i>Plecotus auritus</i>		LC		O	2	0.09	0.02
鸟纲 Aves							
鸡形目 Galliformes							
雉科 Phasianidae							
石鸡 <i>Alectoris chukar</i>		LC		D	63	2.91	0.61
鸮形目 Strigiformes							
鸱鸮科 Strigidae							
短耳鸮 <i>Asio flammeus</i>	II	LC		C	3	0.14	0.03
隼形目 Falconiformes							
鹰科 Accipitridae							
金雕 <i>Aquila chrysaetos</i>	I	LC		C	10	0.46	0.10
雀形目 Passeriformes							
鸦科 Corvidae							
黑尾地鸦 <i>Podoces hendersoni</i>		LC		D	4	0.18	0.04
鹟科 Muscicapidae							
赭红尾鹟 <i>Phoenicurus ochrurus</i>		LC		O	8	0.37	0.08
漠鹟 <i>Oenanthe deserti</i>		LC		D	43	1.98	0.41
伯劳科 Laniidae							
荒漠伯劳 <i>Lanius isabellinus</i>		LC		D	6	0.28	0.06
百灵科 Alaudidae							
短趾百灵 <i>Calandrella cheleensis</i>		LC		O	1	0.05	0.01
合计					2167	100.00	20.90

注:分布型,U(古北型),C(全北型),D(中亚型),P(高地型),O(不易归类型);IUCN 等级,LC(无危),VU(易危),NT(近危)。

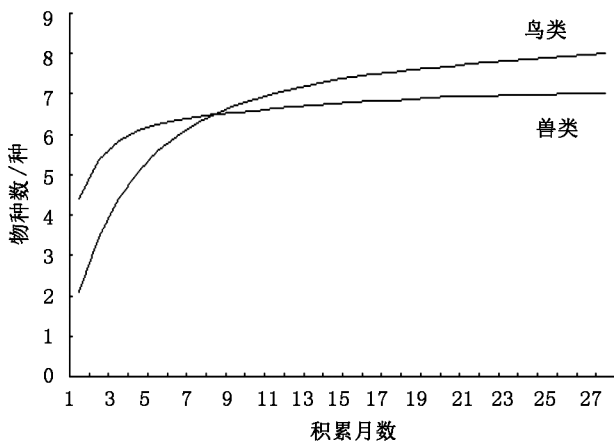


图 2 兽物种稀疏曲线

Fig. 2 Species rarefaction curve of birds and mammals

通过 2 年多的红外相机监测,虽然拍摄到了大量的野生动物照片和视频,但种类不多,其原因是红外相机适合拍摄大中型哺乳动物和地栖鸟类,一些小型兽类由于体型较小,且移动速度快、多为夜间活动,红外相机无法被触发获得影像或者影像质量差,导致无法鉴定物种,比如啮齿目鼠科(Muridae)动物,此次未将其统计在内。同时,很多鸟类拍摄率和相对丰富度都很低,是因为很多体型小、飞行快的鸟类很难被红外相机捕捉到或者拍摄不到清晰影像^[26]。所以,将红外相机技术与传统的样线调查等方法相结合对鸟类资源进行调查才能更有效。

保护区冰洞子沟区域地形复杂,属低山丘陵地带,本次调查仅针对该区域进行系统调查,未能覆盖保护区其他生境类型(冲击平原、高山山地等)。而该区域若按照公里网格全覆盖布设相机,至少需要 40 部,本次相机安装主要集中在该区域的东部和北部,西部和南部地区无相机,属空白地区,可能会导致一些物种未能调查到。因此,可以在该区域设置更多的红外相机监测点,开展长期调查和监测,来摸清鸟兽种类和数量的变化情况,并开展重要物种的活动节律研究。

此次调查虽然监测时间长,但拍摄到动物照片仅占全部照片的 33.03%,尤其是空白照片占了 57.24%。其原因是个别红外相机不稳定,尤其是多部东方红鹰 E1B 型相机不稳定,连续空拍照片较多,灵敏度设置为“低”时仍然有大量空白照片。同时,相机镜头前杂草晃动也可能导致相机虚假触发,这类情况发生率较高。另外,相机有效工作日仅占设置相机理论总工作日的 60%,其原因是个别相机连续拍照(空白照片)情况下,仅 1~2 个月时间内存

卡就存满,或者个别相机损坏、电池没电而未获得数据(2018 年 3 部,2019 年 4 部)。牲畜活动对野生动物也存在一定的影响,从多部相机捕捉到的影像来看,该区域内存在家马活动的现象,与野生动物争夺水源和食物。因此,建议在相机布设时尽可能清理镜头前方 5 m 以内的杂草,并测试相机工作是否稳定,同时进一步加强区域内禁牧工作力度,避免野生动物受到牲畜和人为活动的影响。

在物种多样性调查中,物种稀疏曲线已逐步用于抽样量充分性的判断以及物种丰富度的估计^[27]。本次研究仅是针对保护区的冰洞子沟物种重点保护小区而开展调查,所以只是利用物种稀疏曲线在时间尺度上分析是否满足物种多样性调查的强度,物种稀疏曲线还可从空间尺度上(包括海拔梯度)对取样强度进行评估^[28],同时其外推曲线也可预测物种丰富度,待今后再进一步深入研究。

本文通过采取公里网格法布设红外相机对保护区冰洞子沟区域兽类和鸟类资源进行调查,所获得的数据和信息基本上反映了区域内鸟兽本底信息,补充了保护区生物多样性基础数据,但仍需红外相机和其它常规调查方法进行长期连续监测,才能科学地掌握和反映区内生物多样性演变趋势及保护成效,为今后的保护管理和科研监测提供数据支持和指导。

致谢:感谢中国科学院动物研究所肖治术研究员和兰州大学生命科学学院包新康副教授,李建亮、马东辉 2 名研究生对保护区野生动物红外相机监测工作给予的指导和帮助。

参考文献:

- [1] 吕一河,陈利顶,傅伯杰. 生物多样性资源:利用、保护与管理[J]. 生物多样性,2001,9(4):422-429.
- [2] 陈圣宾,蒋高明,高吉喜,等. 生物多样性监测指标体系构建研究进展[J]. 生态学报,2008,28(10):5123-5132.
- [3] 肖治术,李欣海,王学志,等. 探讨我国森林野生动物红外相机监测规范[J]. 生物多样性,2014,22(6):704-711.
- [4] ROWCLIFFE J M, CARBONE C. Surveys using camera traps:are we looking to a brighter future? [J]. Animal Conservation,2008,11(3):185-186.
- [5] O'CONNELL A F, NICHOLS J D, KARANTH K U. Camera Traps in Animal Ecology:Methods and Analyses [M]. New York:Springer-Verlag Press,2011.
- [6] ROYLE J A, KARANTH K U, GOPALASWAMY A M, et

- al. Bayesian inference in camera trapping studies for a class of spatial capture-recapture modes [J]. *Ecology*, 2009, 90 (11): 3233-3244.
- [7] RICH L N, MILLER D A, ROBINSON H S, et al. Using camera trapping and hierarchical occupancy modeling to evaluate the spatial ecology of an African mammal community [J]. *Journal of Applied Ecology*, 2016, 53 (4): 1225-1235.
- [8] 李晟, 王大军, 肖治术, 等. 红外相机技术在我国野生动物研究与保护中的应用与前景[J]. *生物多样性*, 2014, 22(6): 685-695.
- [9] SOLBERG K H, BELLEMAIN E, DRAGESET O M, et al. An evaluation of field and non-invasive genetic methods to estimate brown bear (*Ursus arctos*) population size [J]. *Biological Conservation*, 2006, 128(2): 158-168.
- [10] 王亮, 赵伟, 杨增武, 等. 红外触发相机技术在山区动物调查中的应用[J]. *野生动物学报*, 2014, 35(4): 381-387.
- [11] KARANTH K U, NICHOLS J D. Estimating tiger densities in India from camera trap data using photographic captures and recaptures [J]. *Ecology*, 2019, 79(8): 2852-2862.
- [12] O' BRIEN T G, KINNAIRD M F, WIBISONO H T. Crouching tigers, hidden prey: Sumatran tiger and prey populations in a tropical forest landscape [J]. *Animal Conservation*, 2003, 6(2): 131-139.
- [13] 李生强, 汪国海, 施泽攀, 等. 红外相机技术监测喀斯特生境兽类和鸟类多样性及活动节律[J]. *兽类学报*, 2016, 36(3): 272-281.
- [14] 张明霞, 曹林, 权锐昌, 等. 利用红外相机监测西双版纳森林动态样地的野生动物多样性[J]. *生物多样性*, 2014, 22(6): 830-832.
- [15] 刘迺发, 宁瑞栋. 甘肃安西极旱荒漠国家级自然保护区[M]. 北京: 中国林业出版社, 1998.
- [16] 刘迺发, 杨增武. 甘肃安西极旱荒漠国家级自然保护区二期综合科学考察[M]. 兰州: 兰州大学出版社, 2006.
- [17] 杨增武, 包新康, 吴建国. 甘肃安西极旱荒漠国家级自然保护区三期综合科考报告[M]. 兰州: 甘肃人民出版社, 2014.
- [18] 李佳琦, 徐海根, 万雅琼, 等. 全国哺乳动物多样性观测网络(China BON-Mammals)建设进展[J]. *生态与农村环境学报*, 2018, 34(1): 12-19.
- [19] 黄族豪, 刘迺发, 丛培昊, 等. 安西极旱荒漠国家级自然保护区鸟类资源的消长变化[J]. *自然资源学报*, 2006, 21(3): 362-368.
- [20] 郑凯, 袁建立, 王亮, 等. 安西极旱荒漠自然保护区植物群落的变化和年际变化以及气候对变化的影响[J]. *兰州大学学报(自然科学版)*, 2013, 49(5): 651-657.
- [21] 武鹏峰, 刘雪华, 蔡琼, 等. 红外相机技术在陕西观音山自然保护区兽类监测研究中的应用[J]. *兽类学报*, 2012, 32(1): 67-71.
- [22] KAWANISHI K, SAHAK A M, SUNQUIST M. Preliminary analysis on abundance of large mammals at Sungai Relau, Taman Negara [J]. *Journal of wildlife and parks*, 1999, 17: 62-82.
- [23] COLWELL R K, ELSENSOHN J E. EstimateS turns 20: statistical estimation of species richness and shared species from samples, with non-parametric extrapolation [J]. *Ecography*, 2014, 37: 609-613.
- [24] LONGINO J T, COLWELL R K. Density compensation, species composition, and richness of ants on a neotropical elevational gradient [J]. *Ecosphere*, 2011, 2(3): 1-20.
- [25] TOBLER M W, CARRILLO-PERCASTEGUI S E, PITMAN R L, et al. An evaluation of camera traps for inventorying large and medium-sized terrestrial rainforest mammals [J]. *Animal Conservation*, 2008, 11(3): 169-178.
- [26] TREMAINE G, FARAH C R, JESSICA D, et al. Arboreal-camera trapping: taking a proven method to new heights [J]. *Methods in Ecology and Evolution*, 2014, 5(1): 443-451.
- [27] 李巧, 陈又清, 徐正会. 蚂蚁群落研究方法[J]. *生态学杂志*, 2009, 28(9): 1862-1870.
- [28] 周鸭仙, 李言阔, 李佳琦, 等. 基于红外相机技术调查桃红岭梅花鹿国家级自然保护区鸟兽多样性[J]. *生态学报*, 2019, 39(13): 4975-4984.

责任编辑: 杨焱熔

校对: 许春霞 杨焱熔

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2021.02.018

砚山浴仙湖湿地维管植物资源调查研究

吴富勤, 马山俊, 董磊

(云南省林业调查规划院, 云南 昆明 650051)

摘要:在实地调查与资料查阅的基础上,对云南砚山县浴仙湖野生湿地维管植物的资源状况进行分析。结果表明,浴仙湖湿地野生维管植物有 38 科 77 属 97 种,其中禾本科、菊科、莎草科和蓼科的种数最多,分别为 16、13、6、6 种;生态型丰富,有水生植物、湿生植物、沼生植物 3 种类型,以湿生植物为主;湿地植被分为 2 个植被型组、5 个植被型、10 个群系和 10 个群落;资源植物 55 种,以药用为主,但资源利用水平简单、粗放,有待进一步研究和开发利用。

关键词:浴仙湖;湿地植物种类;生物多样性;岩溶地区;砚山县

中图分类号:S757.3;Q178.513 文献标志码:A 文章编号:1671-3168(2021)02-0101-05

引文格式:吴富勤,马山俊,董磊. 砚山浴仙湖湿地维管植物资源调查研究[J]. 林业调查规划,2021,46(2):101-105.

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2021.02.018

WU Fuqin, MA Shanjun, DONG Lei. Resource Investigation and Research on Wetland Vascular Plants in Yuxian Lake[J].

Forest Inventory and Planning, 2021, 46(2): 101-105. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2021.02.018

Resource Investigation and Research on Wetland Vascular Plants in Yuxian Lake

WU Fuqin, MA Shanjun, DONG Lei

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

Abstract: The resources diversity of wetland vascular plants in Yuxian Lake were investigated and analyzed by field investigation and literature research. The results showed that there were 97 species of wild vascular plants belonging to 77 genera and 38 families, among which 16 species were Gramineae, 13 species were Compositae, 6 species were Cyperaceae and 6 species were Polygonaceae; the ecological types were abundant, including aquatic plants, hygrophytes and swamp plants, mainly hygrophytes; the wetland vegetation was divided into 2 vegetation type groups, 5 vegetation types, 10 formations and 10 communities; there were 55 resource types, mainly for medicine, but the utilization of resource was simple and extensive, which needed further research and development.

Key words: Yuxian Lake; wetland plant species; biodiversity; karst area; Yanshan County

云南省分布有河流、湖泊、沼泽、人工湿地 4 种湿地类,湿地总面积 56.35 万 hm^2 ^[1]。湿地不仅能为人类提供大量生产、生活资源,而且还具有蓄洪防

旱、涵养水源、降解污染、调节气候及补充地下水的功能,被誉为“地球之肾”。当前,高原湿地已成为湿地研究的热点方向^[2]。高原湿地植物作为高原

收稿日期:2020-07-30.

基金项目:云南省林业调查规划院青年联合会项目(1QL001Z00018,1QL008Z00018).

第一作者:吴富勤(1986-),男,云南保山人,博士研究生,高级工程师.从事湿地监测、保护与恢复工作. Email: fqwu1986@163.com

责任作者:董磊(1987-),男,新疆乌鲁木齐人,硕士研究生,工程师.主要从事湿地监测、保护与恢复工作. Email: dl-donald@163.com

湿地生态系统的重要组成部分,其多样性直接反映出高原湿地生态系统的质量^[3]。浴仙湖地处滇东南岩溶高原中部,湖泊湿地在形成发展中受人类活动影响较为严重,湿地植被受扰动较大。

砚山县位于中国西南边陲的云南省东南部,县域内植物资源丰富,曾有针对该区域的乔木树种^[4]、野生药用植物^[5]、石漠化区域植被修复^[6]、入侵植物^[7]等方面的调查研究,但对湿地植物资源调查尚未见报道。本文通过对浴仙湖野生湿地维管植物现状进行调查与统计分析,研究其湿地植物资源种类,以期丰富砚山植物资源多样性的内容,为进一步研究本区域湿地植物资源提供基础资料;同时,针对该区域湿地植物资源利用现状提出了相应的保护建议,旨在为云南高原湿地植物资源保护利用、湿地生态恢复提供科学依据。

1 研究区域概况

浴仙湖位于云南省文山壮族苗族自治州砚山县维摩乡海子边村,是浴仙湖风景名胜区的主景区。湖盆周边分布有海子边村、新塘老寨、新塘新寨、接音坡 4 个自然村。浴仙湖属红河水系盘龙河流域支流的河源区,流域面积 34.75 km²,呈东北高西南低的地形特征。浴仙湖为砚山县第二大天然湖泊,为永久性淡水湖,属滇东南岩溶山原地区断陷湖盆,受岩溶地貌发育影响,地表径流缺失,湿地内无明显的入湖和出湖河流,仅在湿地东侧修建有人工泄水口。湖泊水位高程为 1 506 m,湖盆东西长约 2 750 m,南北宽约 2 250 m,水域面积约 2.27 km²,平均水深 4.5 m,最大水深 15 m^[8]。调查区域属北亚热带高原季风气候,具有干湿两季分明的特点,年均温 16.2~16.7℃,年降水量 1 424~1 504 mm,土壤分布有石灰土和水稻土 2 个土类^[9]。

2 调查内容与方法

植物种类调查主要采用样线法和样方法,通过实地调查现场记录所见植物种类,辅以标本采集、拍照和当地居民访问。对所采标本进行鉴定,并结合文献资料^[1,10-11],编撰浴仙湖野生湿地维管束植物名录;生态型统计参照《生态学》^[12]对植物生态型的划分;植被的调查主要采取样方法,确定样地位置后用 GPS 测定样地海拔高度、经纬度,记录样方内所有物种。在记录的同时采集未能确定物种的凭证标本,并拍摄群落外貌及重要物种照片。植被划分

主要依据《中国湿地植被》^[13]、《中国湿地资源·云南卷》^[1]等专著中采用的分类系统,遵循群落学-生态学的分类原则,结合考察所得的样地材料,进行湿地植被划分;植物资源的分类体系和分类方法参照参考《云南资源植物学》^[14]、中国云南高等植物电子词典(<http://db.kib.ac.cn/ynflora/>)等资料,并结合浴仙湖湿地植物资源的实际情况进行划分。

3 结果与分析

3.1 种类组成多样性

本次调查共记录有野生湿地维管束植物 38 科 77 属 97 种(表 1),其中蕨类植物有 4 科 4 属 6 种,被子植物有 34 科 73 属 91 种。统计结果显示,浴仙湖湿地维管束植物中被子植物占绝对优势,占植物总数的 93.81%。

表 1 浴仙湖湿地植物种类组成统计

Tab. 1 Statistics of wetland plant species composition in Yuxian Lake

类群	科		属		种	
	数量	比例/%	数量	比例/%	数量	比例/%
蕨类植物	4	10.53	4	5.19	6	6.19
被子植物	34	89.47	73	94.81	91	93.81
合计	38	100.00	77	100.00	97	100.00

有 5 种以上的优势科有 4 个,分别为禾本科 Poaceae (15 属/16 种)、菊科 Compositae (12 属/13 种)、蓼科 Polygonaceae (2 属/6 种)、莎草科 Cyperaceae (5 属/6 种),总计 41 种,占该地区全部种数的 42.27%;含 2~4 种的有 12 科,占全部种数的 35.05%;单科单种的科有 22 科,占 22.68%。详见表 2。

3.2 湿地植物生态型组成多样性

浴仙湖湿地植物按生态型可划分为水生植物、湿生植物、沼生植物 3 种类型(表 3)。其中:湿生植物所占比例最大,有 86 种,占 88.66%;其次为水生植物,7 种,占 7.22%;沼生植物最少,4 种,仅占 4.12%。此外,在水生植物中,沉水植物所占比例最大,有 5 种;浮叶植物和挺水植物均有 1 种。表明浴仙湖有明显的丰水、枯水交替的环境特征,这与干湿两季分明的北亚热带高原季风气候特点相吻合。

3.3 湿地植被类型组成多样性

据野外调查及相关资料,初步统计浴仙湖湿地

表 2 浴仙湖湿地植物科属种统计

Tab. 2 Statistics of wetland plant species, genera and families in Yuxian Lake

科名	属数	种数
木贼科	1	2
姬蕨科	1	1
蕨科	1	1
凤尾蕨科	1	2
毛茛科	1	4
三白草科	1	1
十字花科	2	3
虎耳草科	2	2
沟繁缕科	1	1
石竹科	1	1
蓼科	2	6
藜科	1	1
酢浆草科	1	1
凤仙花科	1	1
小二仙草科	1	1
金丝桃科	1	1
大戟科	1	1
蔷薇科	1	1
蝶形花科	3	4
桑科	1	1
荨麻科	2	2
菊科	12	13
车前科	1	1
紫草科	1	1
茄科	1	2
玄参科	3	4
苦苣苔科	1	1
马鞭草科	1	1
唇形科	3	3
水鳖科	1	1
泽泻科	1	1
眼子菜科	1	3
鸭跖草科	1	1
百合科	1	1
香蒲科	1	1
灯心草科	1	3
莎草科	5	6
禾本科	15	16

表 3 浴仙湖湿地植物生态型统计

Tab. 3 Ecological types of wetland plants in Yuxian Lake

生态型	种数	比例/%
湿生	86	88.66
沼生	4	4.12
水生	5	
沉水	1	
浮叶	1	
挺水	1	
小计	7	7.22

植被可分为 2 个植被型组, 5 个植被型, 10 个群系和 10 个群落(表 4)。

表 4 浴仙湖湿地植被类型

Tab. 4 Wetland vegetation types in Yuxian Lake

植被型组	植被型	群系组	群落	
草丛湿地 植被型组	莎草型湿地 植被型	水毛花群系	水毛花群落	
		狗牙根群系	狗牙根群落	
		棒头草群系	棒头草群落	
		李氏禾群系	李氏禾群落	
		芦竹	芦竹	
浅水植物 湿地植被 型组	浮叶植物型 沉水植物型	眼子菜群系	眼子菜群落	
		菹草群系	菹草群落	
		穗状狐尾藻群系	穗状狐尾藻群落	
		挺水植物型	香蒲群系	香蒲群落
		蔗茅	蔗茅	

3.3.1 草丛湿地植被型组

浴仙湖湿地公园湿地植被中该植被型组分布面积最大, 包括 2 个植被型(莎草沼泽亚型和禾草沼泽亚型)、6 个群落。

1) 水毛花群落 (*Schoenoplectus mucronatus* subsp. *robustus* Comm)

优势种为水毛花 (*Schoenoplectus mucronatus* subsp. *robustus*), 高 0.5~1.0 m, 群落盖度达 90% 以上, 伴生种有双穗雀稗 (*Paspalum paspaloides*)、水苦荬 (*Veronica undulata*)、泽泻 (*Alisma plantago-aquatica*)、荸荠 (*Heleocharis dulci*) 等。

2) 狗牙根群落 (*Cynodon dactylon* Comm.)

狗牙根 (*Cynodon dactylon*) 为云南省较广布的禾草之一。该群落在荒滩、田埂、湖滨等处常形成以其为优势种的群落。群落盖度达 85% 以上, 伴生种

有双穗雀稗、尼泊尔酸模 (*Rumex nepalensis*)、鹅肠菜 (*Myosoton aquaticum*) 等。

3) 棒头草群落 (*Polypogon fugax* Comm)

棒头草群落在荒田中成片生长,蔚为壮观,群落总盖度达 90% 以上。棒头草 (*Polypogon fugax*) 占绝对优势,伴生种有天蓝苜蓿 (*Medicago lupulina*)、茵茵蒜 (*Ranunculus chinensis*)、石龙芮 (*Ranunculus sceleratus*)、钻叶紫菀 (*Symphyotrichum subulatum*)、水苦苣。

4) 李氏禾群落 (*Leersia hexandra* Comm.)

李氏禾 (*Leersia hexandra*) 为多年生草本,具有横走的地下茎,每年从匍枝的节上不断生长新枝、叶和须根。李氏禾作为优势种常交织成片,群落总盖度常达 90% 以上,常见伴生种有双穗雀稗 (*Paspalum paspaloides*)、尼泊尔酸模、棒头草等。

5) 芦竹群落 (*Arundo donax* Comm)

该群落主要分布于浴仙湖水陆交界处湖滩上,群落盖度约 85%,株高 1.5~2.5 m,以芦竹为优势。伴生种有苦苣菜 (*Sonchus oleraceus*)、钻叶紫菀、芥 (*Capsella bursa-pastoris*)、龙葵 (*Solanum nigrum*)、尼泊尔酸模、鬼针草 (*Bidens pilosa*) 等。

6) 蔗茅群落 (*Saccharum rufipilum* Comm)

该群落主要分布于浴仙湖水陆交界外围或田间地头,群落总盖度 80%,高 0.8~1.5 m。以蔗茅为优势,伴生种有马鞭草 (*Verbena officinalis*)、救荒野豌豆 (*Vicia sativa*)。

3.3.2 浅水植物湿地植被型组

浴仙湖湿地公园湿地植被包括 3 个植被型(浮叶植物型、沉水植物型、挺水植物型)、4 个群落。

1) 眼子菜群落 (*Potamogeton distinctus* Comm)

眼子菜 (*Potamogeton distinctus*) 具有根状茎,大部分叶浮于水面,部分叶沉于水中,形成单优势群落。一般沿湖岸、塘沿分布,常见伴生种有棒头草、李氏禾、水苦苣、石龙尾 (*Limnophila sessiliflora*)。

2) 菹草群落 (*Potamogeton crispus* Comm)

在该湖泊群落中多成带状分布,一般分布于水深 2 m 以内区域。伴生种仅见穗状狐尾藻 (*Myriophyllum spicatum*)、轮藻 (*Chara vulgaris*)。

3) 穗状狐尾藻群落 (*Myriophyllum spicatum* Comm)

该群落在云南各大湖泊中都有分布,在较大的湖泊中多成带状分布。一般分布于水深 2 m 以内区域,也可分布在 4 m 以内的水域。其能耐污、耐碱、耐盐,生态幅度大,是湖区的重要鱼饵,也是绿肥资

源,入药清热解毒,可治慢性痢疾,是一种重要的水生资源植物。

穗状狐尾藻形成单优势群落,伴生种有菹草 (*Potamogeton crispus*)、轮藻。

4) 香蒲群落 (*Typha orientalis* Comm)

该群落主要沿湖分布,群落总盖度 70%,高度 1.0~2.5 m。群落伴生物种有李氏禾、辣蓼 (*Polygonum hydropiper*)、石龙芮、水苦苣等。

3.4 资源植物组成多样性分析

某种或某一类具有开发利用价值的植物统称为资源植物。浴仙湖湿地共有资源植物 55 种。根据其用途的不同可划分为药用植物、食用植物、饲料植物、观赏植物、油料植物、纤维植物、绿肥植物等 7 大类,其中药用植物种类最多,有 47 种,占总种数的 48.45% (表 5)。

表 5 浴仙湖资源植物组成结构

Tab. 5 Composition of resources plants in Yuxian Lake

资源类型	种数	占全部种数的比例/%
药用植物	47	48.45
食用植物	14	14.43
饲料植物	7	7.22
观赏植物	6	6.19
纤维植物	5	5.15
绿肥植物	3	3.09
油料植物	1	1.03

注:同一物种常有多种用途。

1) 药用植物

药用植物是浴仙湖湿地分布最广的一类资源植物,共有 47 种,占总种数的 48.45%。代表植物有石龙芮、芥、头花蓼、水蓼、尼泊尔酸模、蒲公英等。

2) 食用植物

可食用的植物有 14 种,占总种数的 14.43%。代表植物有蕺菜、海菜花、芥、水芹等。

3) 饲料植物

可用作饲料的植物有 7 种,占总种数的 7.22%。代表植物有歪头菜 (*Vicia unijuga*)、鹅肠菜 (*Myosoton aquaticum*)、救荒野豌豆、菹草等。

4) 观赏植物

具有观赏价值的植物有 6 种,占总种数的 6.19%。代表植物有海菜花、香蒲、棕叶芦、芦竹等。

5) 纤维植物

可做纤维用的植物有5种,占总种数的5.15%。分别为长叶水麻(*Debregeasia longifolia*)、香蒲、斑茅、芦竹、类芦(*Neyraudia reynaudiana*)等。

6) 绿肥植物

可做绿肥用的植物有3种,占总种数的3.09%。分别为穗状狐尾藻、小白酒草(*Conyza canadensis*)、白酒草(*Conyza japonica*)。

7) 油料植物

可提取油料的植物有1种,占总种数的1.03%,为芥。

4 植物资源评价与保护建议

4.1 植物资源评价

砚山浴仙湖湿地维管束植物有38科77属97种。其中,湿生植物86种,沼生植物4种,水生植物7种,是一个较为丰富的湿地植物区系。此外,全湖有适宜清水环境生长的海菜花和轮藻分布,沿湖有香蒲呈条带状分布。湿地植被划分为2个植被型组、5个植被型、10个群系和10个群落。浴仙湖有“水生—湿生—沼生”各种生境下多种植被类型,有着非常丰富的植被资源。总的来说,浴仙湖湿地生态系统完整,植物种类较为丰富,植被类型多样,湿地生态环境质量较好。浴仙湖湿地共有资源植物55种,划分为药用植物、食用植物、饲料植物、观赏植物、油料植物、纤维植物等7种类别。资源植物物种丰富,类型多样。

4.2 面临的问题

1) 浴仙湖湿地周边人为活动较为频繁,居民点分布较为密集,如湿地西北处新建的安置点项目及湖盆周边分布的4个自然村,加重了浴仙湖生态环境承载负荷。

2) 农业面源污染干扰强度较大,如湿地周边有大量耕地,种植玉米、辣椒等农作物,会造成湿地生态功能退化,生物多样性下降。

3) 当地居民对资源植物的利用比较粗放,多以适时采摘食用、简单处理制成外用或内服药物服用、直接喂养家畜为主。

4.3 资源保护与利用建议

1) 浴仙湖是云南高原具有代表性和典型性的喀斯特湖泊湿地生态系统,可结合保护地优化整合工作,统筹现有的风景名胜,建立湿地类型的自然公园,提高县域内湿地保护率及管理水平。

2) 建议加大对该地资源的深入研究和合理开发。在湿地修复过程中,注意对湿地植物生态环境的关注及保护。尤其是在今后湿地景观恢复、栖息地恢复过程中,植物物种配置应优先选用本土物种,如香蒲、菹草、穗状狐尾藻等,它们具有极佳的净化水质的作用,且其中一些也具有较高的观赏价值,如香蒲、海菜花等。

3) 依法依规全面保护湿地,杜绝破坏湿地资源行为。对有海菜花分布的区域应该严格加以控制,以促进其自然更新。加强对湿地资源重要性的宣传,提升公众保护意识。

参考文献:

- [1] 国家林业局. 中国湿地资源·云南卷[M]. 北京:中国林业出版社,2015.
- [2] 杜湘,张国飞. 基于知识图谱的高原湿地专业国内文献计量学研究[J]. 昆明冶金高等专科学校学报,2018,34(1):67-73.
- [3] 云南省林业调查规划院. 云南自然保护区[M]. 北京:中国林业出版社,1989.
- [4] 文山壮族苗族自治州林业局. 文山壮族苗族自治州树木图志[M]. 昆明:云南新华出版社,2008.
- [5] 罗金超,罗金润,王婧,等. 云南省砚山县阿舍乡野生药用植物资源调查[J]. 安徽农业科学,2016,44(17):15-17.
- [6] 赵敏慧,陆艳,王婷,等. 云南省砚山县石漠化区域植被修复的物种配置研究[J]. 水土保持通报,2015,35(2):319-325,331.
- [7] 童加芬. 砚山县外来入侵植物银胶菊的潜在危险性及其防除对策[J]. 农业与技术,2019,39(10):26-27.
- [8] 杨岚,李恒,杨晓君,等. 云南湿地[M]. 北京:中国林业出版社,2010.
- [9] 砚山县志编纂委员会. 砚山县志[M]. 昆明:云南人民出版社,2010.
- [10] 金振洲. 云南高原湿地植物的分类与地理生态特征汇编[G]. 北京:科学出版社,2009.
- [11] 李恒. 云南湿地植物名录[M]. 北京:科学出版社,2009.
- [12] 李博. 生态学[M]. 北京:高等教育出版社,2003.
- [13] 中国湿地编辑委员会. 中国湿地植被[M]. 北京:科学出版社,1999.
- [14] 熊子仙. 云南资源植物学[M]. 昆明:云南教育出版社,1997.

责任编辑:刘平书

校对:张林艳 刘平书

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2021.02.019

兰坪县翠坪山县级自然保护区植被类型调查研究

沈新华¹, 丁发林²

(1. 云南省林业调查规划院, 云南 昆明 650051; 2. 西南林业大学, 云南 昆明 650233)

摘要:采用样线、样地及植被分类等方法对兰坪县翠坪山县级自然保护区植被类型进行调查研究。研究表明,区内植被类型丰富,植被保存较完整,共有 3 个植被型、4 个植被亚型和 6 个群系,植被水平地带性分布不明显,而垂直地带性分布明显。依据植被类型分类系统,分别阐述了云南松林、华山松云南油松林、毛曼青冈林、青冈杨桦林、白穗石栎林以及杜鹃灌丛的植被类型特征,区内物种多样性丰富。提出加强保护区建设和管理,开展科研监测,积极探索保护策略等建议。

关键词:植被类型;植物区系;分布特征;物种多样性;兰坪县翠坪山县级自然保护区

中图分类号:S759.9;S757.3 文献标志码:A 文章编号:1671-3168(2021)02-0106-04

引文格式:沈新华,丁发林. 兰坪县翠坪山县级自然保护区植被类型调查研究[J]. 林业调查规划,2021,46(2):106-109,113. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2021.02.019

SHEN Xinhua, DING Falin. Investigation on Vegetation Types of Cuipingshan County-level Nature Reserve in Lanping County [J]. Forest Inventory and Planning, 2021, 46(2):106-109,113. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2021.02.019

Investigation on Vegetation Types of Cuipingshan County-level Nature Reserve in Lanping County

SHEN Xinhua¹, DING Falin²

(1. Yunnan Institution of Forest Inventory and Planning, Kunming 650051, China; 2. Southwest Forestry University, Kunming 650233, China)

Abstract: The vegetation types of Cuipingshan County-level Nature Reserve in Lanping were investigated by means of transect, plot and vegetation classification. The results showed that there were abundant and preserved vegetation types including 3 types, 4 subtypes and 6 formations in the area where the horizontal zonal distribution of vegetation was not obvious, but the vertical zonal distribution was obvious. According to the classification system of vegetation types, the characteristics of vegetation types of *Pinus yunnanensis* forest, *Keteleeria evelyniana* and *Pinus armandi* forest, *Cyclobalanopsis gambleana* forest, *Cyclobalanopsis* and *Betula platyphylla* forest, *Lithocarpus variolosus* forest and Rhododendron shrub were described respectively. This paper suggested to strengthen the construction and management of the reserve, carry out scientific research monitoring, and actively explore protection strategies.

Key words: vegetation type; flora; distribution characteristics; species diversity; Cuipingshan County-level Nature Reserve in Lanping County

收稿日期:2020-09-07;修回日期:2021-02-03.

第一作者:沈新华(1979-),男,云南永胜人,硕士,工程师.从事林业调查规划及林政资源监测工作.

兰坪县翠坪山县级自然保护区于 2000 年由兰坪县人民政府发文批准成立,位于兰坪白族普米族自治县辖区内,区内自然风光奇险俊美、民族文化独特多样、物产资源丰富。保护区主要保护对象为温性针叶林,山地常绿阔叶林等多种植被类型和多种珍稀濒危保护动植物种类,也是兰坪县城重要的水源涵养地。

1 研究区概况

兰坪县翠坪山自然保护区是云南省西部三江并流区内的一个重要的自然保护区,处于翠坪山西支的雪邦山西部与中部,以中高山、高山为主体。地理坐标为东经 $99^{\circ}23' \sim 99^{\circ}25'$,北纬 $26^{\circ}25' \sim 26^{\circ}31'$,保护区面积为 $1\,121.5\text{ hm}^2$,呈南北走向,保护区主要集中于金顶镇内,东西最大横跨 $2\,450.6\text{ m}$,南北最大纵距为 $11\,071.4\text{ m}$,地处横断山脉南端的山谷地带,海拔在 $1\,700 \sim 4\,300\text{ m}$ 。区域地层较新,包括有中生界侏罗系、白垩系,新生界第三系和第四系的地层。保护区地处中亚热带水平气候带,由于地处三江纵谷的核心地带,属青藏高原东南延伸部位,区内山高谷深,气候差异大。具有全年盛行西南向风,冬为西南偏西向风,夏为西南偏南向风,风向无明显季节变化。另外,气候的季节变化不复杂,但干湿季较明显,大体上 11 月至翌年 5 月干热少雨,5 月以后及下半年阴雨天多,降水丰沛,形成明显的湿季,降水量占全年的 $80\% \sim 85\%$ 。

2 研究内容及方法

根据调查的目的和性质,对保护区的野外调查主要采用代表性样地法进行取样。即在线路踏查的基础上,在不同海拔梯度上选择典型的群落类型进行样方调查。调查的方法采用典型样地记录法对群落结构、物种组成等进行记载,同时记录样地的经纬度、地名、海拔、坡度、坡向、坡位、坡形、土壤类型、群落数量特征、突出的生态现象、人为影响程度等因素。

2.1 样线、样地与观测点相结合调查法

采用样线、样地与观测点相结合的调查方法,共设调查线路 16 条。在不同坡向、不同海拔高度和不同群落类型的代表地段上设置样地 56 块,其中样地面积为 $20\text{ m} \times 20\text{ m}$ 的 10 个、 $20\text{ m} \times 10\text{ m}$ 的 10 块、 $10\text{ m} \times 10\text{ m}$ 的 21 块、 $4\text{ m} \times 4\text{ m}$ 的 15 块。根据每块样地内植物分布和种类组成情况,对样方内胸

径大于 2.5 cm 的立木进行每木调查,实测胸径,目测树高,记录种名、株数、树高、胸径、冠幅、生境及群落特征,并结合观测点测算树冠郁闭度及各层片的盖度,林下灌木、草本则按 $4\text{ m} \times 4\text{ m}$ 的小样方进行调查。

2.2 植被分类方法

参照《中国植被》的分类原则,采用的主要分类单位有植被型(高级单位)、群系(中级单位)和群丛(基本单位)三级。

2.3 其他

调查采用线路与样地调查相结合方法进行,线路调查共选择 7 条,做到横向低达东西,纵向贯穿南北,覆盖各个海拔层次、各种生境类型,对植物进行拍照记录,现场鉴定不了的种,采集标本后进一步进行鉴定,结合野外照片、采集的标本、样地调查和相关文献资料,划分出翠坪山县级自然保护区不同植被类型。

3 研究区植被概况

3.1 植物区系

兰坪县翠坪山县级自然保护区目前记载野生种子植物 113 科 324 属 502 种。通过综合科学实地考察,结合植物分科区系来看,自然保护区域科分布区类型数量超过 10 科的有 3 个分布区,分别是世界分布、泛热带分布和北温带分布,3 个分布区物种所占比例达 79.64% ;东亚(热带、亚热带)及热带南美间断分布区、东亚及北美间断分布、东亚分布、旧世界温带分布、热带亚洲至热带大洋洲分布、旧世界热带分布、热带亚洲至热带非洲分布 7 个分布区分布的科数较少。其他分布区未见有科分布。通过综合科学实地考察,结合植物分属区系来看,自然保护区域属分布区类型数量超过 10 属的有 8 个分布区,排名前三的属分别为北温带分布、泛热带分布和世界分布;热带亚洲至热带大洋洲分布、地中海区、西亚至中亚分布和中亚分布区分布较少或无分布。

3.2 植被分布特征

3.2.1 水平地带性分布规律

依据《云南植被》的植被区划系统,即采用植被区域—植被地带—植被区—植被小区四级分区系统,翠坪山自然保护区范围所属为:Ⅱ亚热带常绿阔叶林区域,ⅡA 西部(半湿润)常绿阔叶林亚区域,ⅡAii 高原亚热带北部常绿阔叶林带,ⅡAii-2 滇西横断山半湿润常绿阔叶区,ⅡAii-2a 云岭、澜沧江高、中山峡谷云南松林、元江栲林、冷杉林亚区,其基

本特征是云南松林和云、冷杉林在保护区中广泛分布,滇青冈林或以其它栲类为优势的半湿润常绿阔叶林大都被云南松林所替代或被反复砍伐后成为以萌生栲类为主的灌丛,仅局部箐沟有少量分布,整体而言,水平地带性分布不明显。

3.2.2 垂直地带性分布规律

保护区内海拔跨度较大,植被垂直分布明显,海拔从低到高,典型的群落分布依次为云南松林及毛曼青冈群落(1 700~2 500 m);青冈、杨桦群落及杜鹃灌丛(2 200~2 600 m);华山松、云南油杉群落(2 600~2 900 m);白穗石栎群落(2 360~2 900 m),由于海拔的垂直变化,导致日照、积温、水分有所区别,形成不同的群落,群落之间既有明显区别,也有相互交叉混交、阴阳坡差别明显的特征。

3.3 植被类型特征

依据《中国植被》^[1]和《云南植被》^[2]专著中采用的分类系统,自然保护区域的植被类型共有 3 个植被型、4 个亚型和 6 个群系(表 1)。

表 1 翠坪山自然保护区植被类型分类系统

Tab. 1 Classification system of vegetation types in Cuipingshan Nature Reserve

植被型	植被亚型	群系
I. 暖性针叶林	一、暖温性针叶林	1. 云南松林;2. 华山松、云南油杉林
II. 常绿阔叶林	二、半湿性常绿阔叶林	3. 毛曼青冈林;4. 青冈、杨桦林
II. 常绿阔叶林	三、中山湿性常绿阔叶林	5. 白穗石栎林
III. 灌丛	四、寒温性灌丛	6. 杜鹃灌丛

3.3.1 云南松林

云南松(*Pinus yunnanensis*)林群落主要分布于海拔 1 700~2 800 m 区域。群落环境较干旱,土壤为棕红壤或黄棕壤。林冠整齐但疏松、透光,色调为黄绿色,群落结构简单,层次分明,一般均可分为乔木、灌木、草本 3 层。乔木上层主要以云南松为主,层高 15~17 m,个别地区可达 20 m,胸径 20~35 cm,郁闭度 0.6 左右。其它混生种类有旱冬瓜(*Alnus cremastogyne*)、云南油杉(*Keteleeria evelyniana*)等。乔木下层以马缨花(*Rhododendron delavayi*)、银木荷(*Schima argentea*)为主,层高 5~10 m,直径 6~11 cm,郁闭度 0.1 左右,地形部位不同混交情况有所差别。灌木层高 1~2 m,层盖度 10%~20%。主要组成种类为美丽金丝桃(*Hypericum bellum*),大白

花杜鹃(*Rhododendron decorum*)等,其它种类有银木荷幼树、木帚栲子(*Cotoneaster dielsianus*)等。草本层高 30~50 cm,层盖度 30%~50%。常见种类有欧洲凤尾蕨(*Pteris cretica*)、紫茎泽兰(*Eupatoriumadenophorum*)、野古草(*Anemone rivularis*)、西南委陵菜(*Potentilla fulgens*)、戟叶火绒草(*Leontopodium dedekensii*)、宽叶兔儿风(*Ainsliaea latifolia*)等。

3.3.2 华山松、云南油杉林

华山松(*Keteleeria evelyniana*)、云南油杉(*Keteleeria evelyniana*)林群落分布于海拔 2 600~2 900 m 区域,林下土壤为黄棕壤,土层深厚,气候较冷凉、湿润,周围有白穗栎(*Lithocarpus craibianus*)、云南松林分布。林冠整齐,色调为灰绿色,树杆通直圆满。群落结构明显,可分为乔木层、灌木层和草本层。乔木上层种类以华山松和云南油杉为主,层高 20~28 m,胸径 22~35 cm,层盖度 40%。其它混生树种有云南松、银木荷等。乔木下层以美丽马醉木(*Pieris formosa*)、银木荷幼树为主,层高 4~12 m,直径 5~10 cm,郁闭度 0.2 左右。灌木层高 2~5 m,层盖度 10%~30%。主要以云南野扇花(*Sarcococca wallichii*)为主,其次为直立悬钩子(*Rubus simplex*)、越桔叶忍冬(*Lonicera myrtillus*)、圆叶米饭花(*Lyonia doyonensis*)等。草本层高 6~25 cm,盖度 5%~20%,常见种类有宽叶兔儿风、一把伞南星(*Arisaema erubescens*)、昆明马兜铃(*Aristolochia kunmingensis*)、硬果鳞毛蕨(*Dryopteris fructuosa*)等。

3.3.3 毛曼青冈林

毛曼青冈(*Cyclobalanopsis gambleana*)林群落分布在海拔 1 700~2 500 m 区域,坡度 25°~40°,林下土壤为发育在玄武岩基质上的中度侵蚀的森林红棕壤,土层深厚,层次较明显,有机质含量高,pH 在 5.6 左右。林冠外貌比较平整,一般为暗绿色,群落结构简单,可分为乔木层、灌木层和草本层。乔木层高 14.0 m,平均胸径 14.3 cm,层盖度 60%,主要由毛曼青冈组成,其它常见树种有西桦(*Betula alnoides*)、青榨槭(*Acer davidii*)、麻子壳柯(*Lithocarpus variolosus*)等。灌木层高约 1 m,层盖度 20%。常见种类有鬼吹箫(*Leycesteria formosa*)、滇西冬青(*Ilex forrestii*)、云南野扇花(*Sarcococca wallichii*)等。其它种类有青榨槭(*Acer davidii*)、滑竹(*Yushania polytricha*)、云南柃(*Eurya yunnanensis*)等。草本层高约 0.2 m,层盖度 20%。常见种类有毡毛石韦(*Pyrrhosia drakeana*)、欧洲凤尾蕨等。其它种类有高山耳蕨(*Polystichum otophorum*)、紫花苣苔(*Loxostig-*

ma griffithii)、钝叶楼梯草(*Elatostema obtusum*)等。

3.3.4 青冈、杨桦林

半湿润常绿阔叶林落叶阔叶林主要分布于中山及亚高山中下部,海拔 2 200~2 600 m,分布较少且不连续,面积不大而零星,为天然林被破坏后形成的次生植被。群落结构比较简单,种类也较少。这一类型的植被增加了保护区内森林景观和植被的多样性,对维持保护区内的物种多样性有着特别的重要意义。山杨(*Populus davidiana*)为阳性树种,性喜温凉,能耐干旱,速生,对土壤要求不严格。林地土壤为棕红壤,群落次生性强,群落结构简单,可分为乔木层、灌木层和草本层。乔木层高 12.0 m,平均胸径 11 cm,层盖度 45%,主要由滇青冈(*Cyclobalanopsis glaucoides*)组成,其它常见树种有响叶杨(*Populus adenopoda*),毛曼青冈、白桦(*Betula platyphylla*)、青柞槭等。灌木层高约 1 m,层盖度 8%。常见种类有铁仔(*Myrsine africana*)、云南野扇花、滑竹、云南柃等。草本层高约 0.2 m,层盖度 13%。常见种类有石韦(*Pyrrosia lingua*)、浆果薹草(*Carex baccans*)、欧洲凤尾蕨等。其它种类有云南瓦韦(*Lepisorus xiphopteris*)、长羽芽胞耳蕨(*Polystichum attenuatum*)、横断山卷柏(*Selaginella hengduanshanicola*)、长角骤尖楼梯草(*Elatostema cuspidatum var. dolichoceras*)等。

3.3.5 白穗石栎林

白穗石栎(*Lithocarpus variolosus*),又称麻子壳柯,最大胸径为 34 cm。灌木层盖度较高,主要灌木物种为美丽马醉木,群落在金顶镇海拔 2 360~2 900 m 的局部水湿区域有零星分布,混生有银木荷(*Schima argentea*)、大白杜鹃(*Rhododendron decorum*)、云南松、华山松,土壤为红棕壤,是一种重要的地带性植被。由于长期受到人为活动的干扰,林内结构显得较为杂乱。乔木层郁闭度较高,盖度可达 0.9 以上,冠层高度在 12~18 m,主要灌木物种为美丽马醉木、白穗石栎和栽秧泡(*Rubus ellipticus var. obcordatus*),少量分布有银木荷、丽江柃(*Eurya handel-mazzettii*)、云龙箭竹(*Fargesia papyrifera*)和腋花杜鹃(*Rhododendron racemosum*)。草本层盖度较低,仅为 0.05,少量分布有沿阶草(*Ophiopogon bodinieri*)、细柄草(*Capillipedium parviflorum*)、西南委陵菜等草本植物。

3.3.6 杜鹃灌丛

杜鹃(*Ericaceae*)灌丛主要分布于翠坪山自然保护区海拔 2 200~2 600 m 的山坡上,林冠密集,长

势茂盛。土壤为黄棕壤,群落结构简单,以乔木层为主、灌木和草本较少。乔木层高 6 m,胸径 15 cm,群落盖度达 60%~70%,以大白杜鹃和美丽马醉木为主要建群种,枝干歪曲。分枝高度 1.8~2 m,附生苔藓植物或地衣。其中混交西南花楸(*Sorbus rehderiana*)和腋花杜鹃,灌木高约 2~4 m,盖度 35%。常见种类以乌鸢果(*Vaccinium fragile*)为主,有冰川茶藨子(*Ribes glaciale*)、山矾(*Symplocos sumuntia*)和滑竹分布。草本呈零星分布,高约 8 cm,常见种类有川滇金丝桃(*Hypericum forrestii*)、南烛(*Vaccinium bracteatum*)、西南委陵菜、鬼针草(*Bidens pilosa*)和浆果薹草等。

4 结论与讨论

研究表明,兰坪县翠坪山县级自然保护区植被类型丰富,植被保存较完整,共有 3 个植被型、4 个植被亚型和 6 个群系。保护区分布有金铁锁、金荞麦等保护植物,是传统民族药用植物;有蕨类植物 17 科 34 种,当地群众有食用蕨类和蕨根粉嫩尖的传统,部分则具有较高观赏价值;保护区杜鹃种类极为丰富,共有杜鹃花科(*Ericaceae*)5 个属 12 种植物,具有较高观赏价值,是杜鹃资源天然基因库,可作为当地特色加以重点发掘,开发旅游等,当地世居民族对区内众多植物有食药用传统,具有一定的开发利用价值。

保护区内生境复杂多样,水平植被分布规律变化界限不明显,垂直分布随海拔高度的不同形成垂直地带谱,随海拔升高,林分矮化,种类数量减少,结构趋于简单,层次减少并渐难区分,灌木、草本聚集分布加剧,盖度减少。因此,研究、分类不同植被类型,分别进行经营管理,对于更好地保护生物多样性和种质资源具有重要意义。

虽然保护区面积较小,但具有良好的植被覆盖,物种多样性丰富,同时,保护区紧邻大理、丽江,是当地居民休闲避暑和游览观光场所,人为活动痕迹相对明显,因此,保护区具有自然保护和服务大众的双重角色,这给保护区的管理提出了挑战。在加强保护区建设和管理的同时,应针对主要保护对象开展科研监测,建立系统的科研监测体系,积极探索保护策略。为保护区晋升省级自然保护区提供科学依据。如何保护及开发利用植物资源值得进一步探索。

(下转第 113 页)

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2021.02.020

大理市森林资源分布格局及其保护现状分析

王海雁, 李娜

(云南省林业调查规划院, 云南昆明 650051)

摘要:基于 GIS 空间分析技术,分析了大理市森林资源结构及其保护现状。结果表明,大理市林地面积占国土面积的 56.70%,主要由有林地和灌木林地组成,占林地面积的 94.79%;森林主要由乔木林组成,占比达 93.60%;林地资源分布均匀,整体上分布于洱海四周山区,龄组结构合理;林地资源保护强度较高。

关键词:森林资源结构;分布格局;生物多样性保护;生态公益林;大理市

中图分类号:S717.1;S76 文献标志码:A 文章编号:1671-3168(2021)02-0110-04

引文格式:王海雁,李娜.大理市森林资源分布格局及其保护现状分析[J].林业调查规划,2021,46(2):110-113.

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2021.02.020

WANG Haiyan, LI Na. Distribution Pattern and Protection Status of Forest Resources in Dali City[J]. Forest Inventory and Planning, 2021, 46(2): 110-113. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2021.02.020

Distribution Pattern and Protection Status of Forest Resources in Dali City

WANG Haiyan, LI Na

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

Abstract: This paper analyzed the structure and protection status of forest resources in Dali City based on GIS spatial analysis technology. The results showed that the proportion of forest land area in Dali City was 56.70%, mainly composed of closed forest land and shrub land, accounting for 94.79% of the forest land area; the forest was mainly composed of arbor forest, accounting for 93.60%; the distribution of forest resources was uniform, distributed in the mountains around Erhai Lake; the age group structure was reasonable and the protection intensity of forest resources was high.

Key words: forest resource structure; distribution pattern; biodiversity protection; ecological public welfare forest; Dali city

林地是土地利用类型重要组份之一,是森林生长的根基,是林业生产最基本的生产资料。森林不仅具有直接经济效益,还具有防风固沙、水土保持、涵养水源、调节气候等间接效益,其结构受社会、经济、环境等多种变化因素影响^[1-3]。森林作为自然资源载体和环境保护、生态建设的对象,具有重要的

生态效益和经济评价意义^[4]。森林资源的结构决定了森林质量和功能,更决定其经营方式,保证森林资源量与质是保障森林生态系统发挥生态、社会、经济等多种效益的基础^[5]。森林资源的管护工作关系国家经济的发展,是林业产业发展的基础,也决定着环境保护建设的成效,加强森林资源管理,对促进

收稿日期:2020-08-31;修回日期:2020-10-16;二次修回日期:2020-10-25.

第一作者:王海雁(1978-)女,云南昆明人,工程师.从事森林资源调查规划工作. Email:783822129@qq.com

经济社会可持续发展,建设生态文明具有重要意义^[6-8]。自然保护地、生态公益林及生态保护红线是目前我国林地保护的三种基本形式^[9],对林地资源起到了较好的保护作用。大理市位于云南省中西部,属生物多样性、生态服务价值及生态敏感性较高的地区之一,20 世纪 80 年代就设立了大理苍山洱海国家级自然保护区,后又相继建立国家级风景名胜区、国家级地质公园、州市级自然保护区、省级湿地公园等不同类型的自然保护地。随着林业调查及监测等技术的不断发展与进步,大理市林地资源得到了较好的保护和利用。文章对大理市林地资源现状结构及保护现状进行分析,以期为进一步制定相关林地保护利用规划提供参考。

1 研究区域概况

大理市地处云南省西部,位于大理白族自治州中部,是州府所在地,总面积 173 929 hm²,地理位置在 100°00′ ~ 100°26′ E, 25°25′ ~ 26°04′ N,海拔 1 386 ~ 4 122 m。辖区西侧为苍山山脉,最高海拔 4 122 m,属横断山系云岭山脉东支南端,北侧、东侧和南侧为高原丘陵,中部为洱海坝区,洱海面积占国土面积的 14%。苍山、洱海地处径向构造带,这是一条地壳西升东降的巨型深大断裂。洱海断裂是滇中高原和横断山区在本区的分界,地层在强烈的抬升过程中错断陷落,隆起地块形成苍山断块山地,陷落地块成为断陷盆地并积水成为洱海,是一个典型的内陆断陷盆地。大理地区属受印度洋影响的中亚热带西南季风气候带,全年有干湿季之别而无四季之分,年平均气温为 15.5℃,全年平均最高气温 22.2℃,最低气温 10.2℃。大理市苍山洱海有维管束植物 215 科,972 属,3 119 种,脊椎动物 4 纲,36 目,89 科,407 种。

2 数据来源及处理

参考数据主要有大理市 2019 年林地“一张图”数据,自然保护地矢量数据,2019 年生态保护红线数据。采用 ArcMap10.2.2 软件将以上数据进行叠加分析,获取该区域林地地类数据,并生成该区域林地、森林及单位面积蓄积分布图。

3 结果与分析

3.1 林地资源结构及分布格局

大理市现有林地面积为 98 673.37 hm²,占国

土面积的 56.70%。林地地类包括有林地、疏林地、灌木林地、未成林地、苗圃地、无立木林地、宜林地及林业辅助生产用地 8 种。林地面积占比最高的为有林地,占比达 66.65%,其次为灌木林地,面积占比为 28.14%,再次为无立木林地,面积占比为 3.39%,其余类型林地面积占比均不足 1%(表 1)。

表 1 大理市林地资源结构

Tab. 1 Structure of forest land resources in Dali City

林地地类	面积 /hm ²	比例 /%
有林地	65761.26	66.65
疏林地	363.68	0.37
灌木林地	27770.98	28.14
未成林地	547.47	0.55
苗圃地	15.59	0.02
无立木林地	3342.07	3.39
宜林地	773.10	0.78
林业辅助生产用地	99.22	0.10
合计	98673.37	100

大理市森林起源结构见表 2。

表 2 大理市森林起源结构

Tab. 2 Structure of forest origin in Dali City

森林地类	面积合计 /hm ²	比例 /%	起源	面积 /hm ²
乔木林	65761.05	93.6	天然	31662.06
			人工	34098.99
竹林	0.21	0	天然	
			人工	0.21
国家特别规定灌木林地	4499.58	6.4	天然	2946.77
			人工	1552.81

从表 2 可知,乔木林是大理市森林地类的主要组成部分,面积占比高达 93.60%,国家特别规定灌木林占 6.40%,竹林面积仅有 0.21 hm²,森林面积占林地面积的 71.21%。云南松、华山松及常绿阔叶树种是大理市乔木林的主要组成树种;灌木林地主要分布于苍山高海拔区域及洱海东侧山地,苍山片区灌木树种主要由杜鹃、箭竹及萌生栎组成,洱海东侧灌木树种主要由车桑子、苦刺及小石积组成,乔木林和灌木林构成了大理市洱海湖区的重要生态

屏障。

从大理市森林资源分布来看,森林主要分布于洱海坝区四周山地。总体上大理市地貌由山地、坝区和湖泊构成(图 1)。大理市森林的分布与该地区地形及小气候有较大关系。洱海东部山体海拔较西部要低,气候干燥少雨风大,土层较薄,山体中下部立地条件较差,无法满足乔木生长,地被植物主要为灌木和草本植物,乔木树种主要分布在山体中上部;

洱海西部为苍山山脉,海拔较高,山体蓄水及高山立体气候营造了良好的育林条件,森林植被生长较好,乔木生长线以上区域主要由灌木或高山草甸组成。从森林的质量分布来看,洱海西部苍山东坡及北部鸡足山一带林分质量最高,林木蓄积量可高达 210 m³/hm²,林分质量次之的地区为洱海南部及北部低海拔区域,较差的区域为洱海东部一带,林分质量的分布与地形及气候有较大关系。

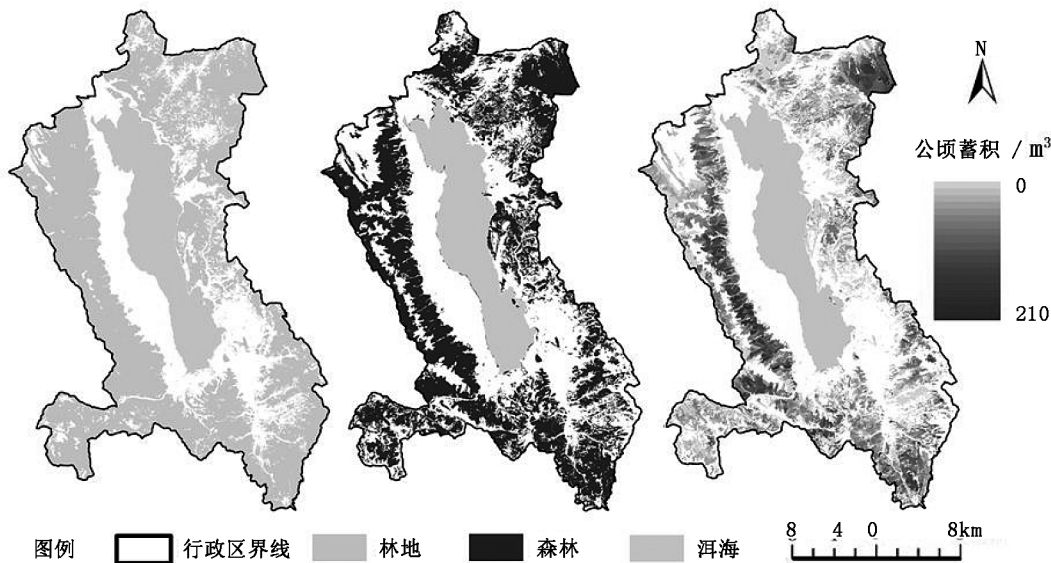


图 1 大理市林地、森林及林木公顷蓄积分布

Fig. 1 Distribution of forest land, forest and volume per hectare in Dali City

从大理市森林的龄组结构来看,面积占比最高的龄组为中龄林,占 38.47%;其次为幼龄林,占 22.78%;再次为近熟林,占 19.96%;成熟林比例为 15.84%;过熟林面积占比最小,为 2.95%。苍山东坡自 20 世纪 50 年代开始营造的林分至今已是成过熟林。从蓄积量结构来看,中龄林蓄积量占比最高,为 38.90%,其次为近熟林,占 29.40%;再次为成熟林,占 20.26%;幼龄林和过熟林蓄积量占比较小。总体上,近成过熟林的蓄积量占总蓄积的 53.13%,幼龄林蓄积较小,仅占总蓄积的 7.97%,林分质量较好(表 3)。

3.2 森林资源保护现状

大理市范围内目前建有各类自然保护地 6 个,分别为云南苍山洱海国家级自然保护区、大理风景名胜区、云南大理苍山国家地质公园、大理蝴蝶泉州级自然保护区、大理凤阳鹭鸶栖息榕树州级自然保

表 3 大理市森林龄组结构

Tab. 3 Structure of forest age group in Dali City

龄组	面积 /hm ²	比例 /%	蓄积 /m ³	比例 /%
幼龄林	14982.50	22.78	283498	7.97
中龄林	25295.58	38.47	1383350	38.90
近熟林	13124.96	19.96	1045435	29.40
成熟林	10419.79	15.84	720273	20.26
过熟林	1938.43	2.95	123441	3.47
合计	65761.26	100	3555997	100

护区及洱源西湖风景名胜区,累积总占地面积为 144 464.78 hm²,但因为各保护地之间存在重叠关系,且整体位于中西部,实际占地面积为 60 218.06 hm²,保护率为 34.62%。除去洱海及其他非林地,受自然保护地保护的林地面积占 30.98%;大理市整体上位于生物多样性、生态服务价值及生态敏感

性较高的地区,苍山及洱海周边大部分区域已纳入生态公益林建设范围,全市纳入生态公益林保护的林地占比达 58.82%(表 4)。

表 4 大理市林地资源受保护现状

Tab. 4 Protection status of forest land resources in Dali City

保护类型	面积 /hm ²	比例 /%
自然保护地范围	30569.85	30.98
生态公益林范围	58035.13	58.82

4 结论与讨论

由于海拔高差大、地形复杂、水热条件较好,形成了包括森林、草甸、高原湖泊和湿地在内的生态系统,使得大理市具有丰富的生物多样性,同时,该区域是全球生物多样性热点地区——三江并流区域的重要片区。由于该区域生态区位极其重要及生物多样性较高,保护地建设数量较多,受保护林地面积比例高达 30.98%;从森林经营的角度来看,58.82%的林地被列入生态公益林进行经营和保护,体现了各方面对大理市生态的重视。大理市林地面积占国土面积的 56.70%,森林覆盖率为 40.40%,森林和林地较均匀地分布于洱海坝区四周,且森林质量较好,对洱海及其周边生态构成了重要生态屏障,因此,森林和林地地位极其重要;从林地利用情况来看,有林地、灌木林地面积占比较高,总体上森林面积占林地面积的 71.21%,林地利用率较高。

在有限的林地资源条件下,如何保护利用好现有资源是今后常态化的主要工作之一。下一步应优化现有保护地空间布置,优化调整公益林及生态保护红线范围,加强森林资源保护,同时,通过科学手段提升林分质量,优化林地资源结构。

参考文献:

- [1] 诺尔金,孙旭,斯庆毕力格. 鄂尔多斯市森林资源现状分析与评价[J]. 内蒙古林业科技, 2011, 37(2): 46-50.
- [2] 姜萍,于德永,董百丽,等. 露水河林业局森林资源类型与结构变化[J]. 生态学杂志, 2007, 26(5): 634-638.
- [3] 胡胜云,曹蓉芬,孙中元,等. 基于动态监测工作的森林资源管理问题分析[J]. 吉林林业科技, 2018, 47(1): 26-29.
- [4] 赵国辉. 大石头林业局国有森林资源现状分析与经营评价[J]. 吉林林业科技, 2020, 49(4): 22-24.
- [5] 石春娜,王立群. 我国森林资源质量变化及现状分析[J]. 林业科学, 2009, 45(11): 90-97.
- [6] 赵明. 试析新形势下森林资源的管护[J]. 防护林科技, 2019(2): 88-89.
- [7] 周玉宏. 辽宁省森林资源科学经营与有效保护[J]. 防护林科技, 2019(12): 71-72.
- [8] 赵茂易. 静宁县森林资源现状与对策研究[J]. 甘肃林业, 2017(4): 20-21.
- [9] 欧阳志云,杜傲,徐卫华. 中国自然保护地体系分类研究[J]. 生态学报, 2020, 40(20): 1-9.

责任编辑:刘平书

校 对:许春霞 刘平书

(上接第 109 页)

参考文献:

- [1] 吴征镒. 中国植被[M]. 北京:科学出版社, 1995.
- [2] 云南植被编写组. 云南植被[M]. 北京:科学出版社, 1987.
- [3] 云南青松林业规划设计有限公司. 兰坪县翠坪山县级自然保护区综合科学考察报告[R]. 2019.
- [4] 兰坪年鉴编辑部. 兰坪年鉴[M]. 北京:北京燕山出版社, 2001.

社, 2001.

- [5] 彭亚勇. 兰坪县森林资源保护的思考[J]. 中国林业经济, 2014, 127(4): 60-63.
- [6] 赵冬林,张哲,张小安,等. 云南九龙山自然保护区水青冈群落物种多样性及群落特征[J]. 林业调查规划, 2020, 45(3): 47-53.

责任编辑:许易琦

校 对:许春霞 许易琦

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2021.02.021

云南省油茶产业发展现状与对策研究

郑静楠¹, 鹿杉², 郑进烜¹

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

摘要:通过总结云南省油茶产业分布范围、栽培及育苗情况、良种繁育基地建设、油茶科技创新、油茶特色品牌等现状,分析其发展经验及存在的问题。结果显示,云南省油茶产业存在经营管理粗放、资金投入缺乏、生产组织形式落后、龙头带动效应不足、品牌打造有待加强、政策体系亟待健全等问题,提出加强组织领导、坚持创新引领、提升质量品牌、统筹兼顾发展和培育壮大龙头企业等具体对策促进油茶产业高质量发展。

关键词:油茶产业;特色经济林;科技示范;龙头企业;云南省

中图分类号:S794.4;F416.88 文献标志码:B 文章编号:1671-3168(2021)02-0114-04

引文格式:郑静楠,鹿杉,郑进烜. 云南省油茶产业发展现状与对策研究[J]. 林业调查规划,2021,46(2):114-117.

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2021.02.021

ZHENG Jingnan, LU Shan, ZHENG Jinxuan. Development Status and Countermeasure of *Camellia oleifera* Industry in Yunnan Province[J]. Forest Inventory and Planning, 2021, 46(2): 114-117. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2021.02.021

Development Status and Countermeasure of *Camellia oleifera* Industry in Yunnan Province

ZHENG Jingnan¹, LU Shan², ZHENG Jinxuan¹

(1. Yunnan Institute of Forest Inventory and Planning, Kunming 650051, China;

2. Yunnan Forestry and Grassland Administration, Kunming 650051, China)

Abstract: By summarizing the industry distribution, cultivation and seedling situation, improved seed breeding base construction, scientific and technological innovation, characteristic brand creation of *Camellia oleifera* in Yunnan Province, this paper analyzed the development experience and existing problems. The results showed that the problems of *Camellia oleifera* industry in Yunnan including extensive management, lack of capital investment, backward production form, insufficient leading effect, brand building to be strengthened, and policy system to be improved. In order to promote the high-quality development of *Camellia oleifera* industry, this paper suggested to strengthen the organizational leadership, adhere to the innovation guidance, improve the quality brand, take overall consideration and support

收稿日期:2020-06-09;修回日期:2021-01-20.

第一作者:郑静楠(1993-),女,山西昔阳人,硕士,助理工程师.从事林业调查规划、生物多样性保护与自然保护区研究工作. Email: 349027767@qq.com

责任作者:郑进烜(1981-),男,福建大田人,硕士,高级工程师.从事林业调查规划、生物多样性保护与自然保护区研究工作. Email: zjx3410@163.com

leading enterprises.

Key words: *Camellia oleifera* industry; characteristic economic forest; science and technology demonstration; leading enterprises; Yunnan Province

油茶(*Camellia*)是山茶科山茶属常绿灌木或中小乔木,为中国特有木本油料树种,与油橄榄、油棕、椰子并称为世界四大木本油料植物^[1]。油茶作为绿色、健康、环保的一种食用油作物,是国家积极倡导绿色生态食品的生产基础;推进油茶产业化是践行“绿水青山就是金山银山”可持续发展理念。云南地处西南边陲,其得天独厚的地理气候条件为大面积种植油茶提供了基础,但全省油茶产业的发展落后东部和相邻省份。通过分析云南省油茶产业的现状,总结发展经验和存在的问题,提出油茶产业高质量发展的对策建议,为助推油茶产业可持续和跨越式发展提供科学指导依据。

1 油茶产业现状

1.1 分布范围

云南省油茶主产区集中分布在昆明、玉溪、曲靖、保山、楚雄、红河、文山、丽江、临沧、怒江、德宏、西双版纳、普洱13个州(市)的41个县(区)。其中,种植面积大于6 666.67 hm²的县(区)有腾冲市、龙陵县、金平县、广南县、富宁县、凤庆县、盈江县7个;种植面积为3 333.3~6 666.67 hm²的县(区)有4个;种植面积为666.67~3 333.33 hm²的县(区)有5个;种植面积小于666.67 hm²的县(区)有25个。

1.2 栽培及育苗情况

根据13个油茶主产州(市)统计结果:截至2019年12月,全省油茶基地面积达15.42万hm²,其中:高产林面积2.49万hm²,中产林面积5.78万hm²,低产林面积7.15万hm²,分别占总面积的16.13%、37.50%和46.37%。

1.3 良种繁育基地建设

全省拥有88个油茶良种品种。油茶种苗生产基地37个,面积712.20 hm²,其中定点采穗园26个,面积660.20 hm²,生产能力4 405万条;定点苗圃11个,面积58.67 hm²,生产能力1 517万株。国家级良种繁育基地1个,面积44.07 hm²,年生产能力5.3万株。

1.4 油茶科技创新

全省建设有云南省木本油料工程技术研究中心、高原木本油料种质创新与利用技术国家地方联

合工程研究中心(昆明)和云南省木本食用油工程研究中心等3个研究中心;以油茶为对象发明专利5项;审定了云油茶3号、云油茶4号、云油茶9号、云油茶13号、云油茶14号、腾冲1号腾冲红花油茶优良无性系等6个良种;制定了6个油茶生产和1个茶油质量检测的标准或技术规程。

1.5 油茶特色品牌

全省现有油茶特色品牌17个,其中:地理标志保护产品有红花油茶与和顺鑫红花油茶油2个,中国地理标志证明商标有陇川油茶1个,省知名品牌有腾冲高黎贡山红花茶油、重君缘、林丰润、坡芽、万道香、益龄、泰和堂、坡芽、万道香、益龄、泰和堂等14个。

1.6 油茶文化特色

全省建设有油茶特色小镇和油茶康养基地各1个;油茶科普探索及研学教育基地有云南省科技创新平台红河综合试验站、砚山林业科技示范园、云南省林业科学院油茶研究所等3个。

1.7 产业扶持资金

2019年油茶产业扶持资金累计30 140.67万元,其中:中央资金13 345.33万元,省财政793.63万元,市县级财政3 521.33万元,企业投入2 831.40万元,其他投入9 648.98万元。

2 油茶产业发展前景

我国食用植物油消费呈刚性增长,进口依存度为68%,油茶可以增加食用油供给,缓解进口压力。同时,茶油能满足国人对高档食用油供给需求,促进食用油消费结构优化^[2-3]。油茶是属于常绿树种,四季常青,适生范围广,生态效益显著,又是山区、半山区人民重要的经济树种,因此发展油茶产业是当前生态文明社会及新农村建设的切入点之一,是山区、半山区人民脱贫致富的希望,是切实贯彻“绿水青山就是金山银山”的重要生态理论。按照云南省委、省政府提出的“特色经济林产业”发展思路,油茶作为潜在的一大资源优势,已被列入云南省“十四五”发展规划。发展油茶产业,符合省委、省政府提出的“生态立省”发展思路,把油茶产业列入新兴产业来发展,在全省适宜地区全力推广油茶种植,通过扩大种植面积、集约化经营等措施,达到全省特色

经济产业的标准。

3 油茶产业发展经验与存在的问题

3.1 发展经验

3.1.1 推进科技示范,发挥典型引路作用

通过建立科技示范和林农技术培训,为企业及林农提供示范样板和科技专家服务体系,进村入户开展技术指导和咨询,分层次、有计划、有步骤地开展油茶实用技术培训。目前已在红河州境内的建水、金平、个旧等县(市)建立了油茶高产示范基地,基地规模大、良种质量高、管理到位,具有较好的展示效果;示范基地先后接待省州各级领导及相关科研院所同行参观考察,起到了发展油茶产业的科技示范作用。云南省林业和草原科学院已在全省油茶主产种植县(市)举办油茶技术培训班 300 余期,发放油茶技术资料 50 万余份,培训人员达 50 000 余人。

3.1.2 加强科技服务,开展技术咨询

目前云南省提供科技服务的形式主要依托林业和草原科研院所、林业工作站、油茶专业合作组织、科技示范户等机构,针对油茶产业发展中的品种选育、种苗培育、栽培管理、加工利用等技术难题,开展定向服务,帮助农民解决技术难题,逐步提高广大农民的科技水平。以云南省林业和草原科学院广南油茶研究所为科技支撑,积极开展油茶良种选优、老油茶高接换冠、低产林改造等课题研究。总结推广油茶新植“六个一”种植标准,即一块好地、一个标准塘、一担底肥、一株合格苗、一担定根水、一块地膜,以及“三砍五剪一复垦三施肥”油茶中低产林改造技术,其中,三砍为砍寄生枝、衰老枝、杂灌草;五剪为剪枯枝、病叶枝、交叉枝、重叠枝、乱萌枝;一复垦为全园深翻松土;三施肥为二月施氮肥、五月施钾肥、七月施磷肥,使油茶产量大幅提高,促进产业健康快速发展。

3.1.3 完善政府服务,促进产业发展

(1)各级政府、部门帮助、指导公司对有流转意向的油茶基地涉及村(组)成立油茶产业合作社,便于公司与合作社开展合作。(2)帮助做好新植或流转的油茶基地的林地协调、矛盾纠纷的调处,宜林荒山租赁服务工作。(3)各县(市)林草局提供全县范围内相对连片的宜林荒山、新植连片油茶林地和老油茶林资源,引导做好林权流转,协助公司做好基地建设规划及技术指导,依法依规办理林权流转相关手续、核发林权证。(4)充分发挥林业贴息贷款资

金的作用,优先支持油茶产业发展,对于公司在基地建设过程中的金融贷款,按政策积极向上申请争取贴息补贴。

3.2 存在的问题

3.2.1 油茶经营管理粗放

“重栽轻管”现象突出,现有油茶林大面积处于“人种天养”的自然生产状态,“三分造七分管”落实到位。特别是近年以来,大多数林农外出打工,油茶林荒芜严重,树龄老化,病虫害和火灾频繁发生,单位面积产量低,全省茶油产量平均约 44.55 kg/hm²,远低于全国平均水平(86.85 kg/hm²)和其它省份的产量。

3.2.2 资金投入缺乏

油茶是经济林树种,只有高投入才有高产出。油茶林新造、更新改造的前期一次性投入高,一般每亩投资在 1 500 元以上。对于新造油茶林,到了第 4 年才开始结少量果实,一般 8~10 年后才能收回投资。由于投资回收期长,一般农户和企业难以接受或承受。各地财政虽然对油茶的发展给予了一定的资金支持,但支持力度远远不够,难以形成规模化、集约化、产业化发展。

3.2.3 生产组织形式落后

云南省油茶林主要以农户自主、分散经营为主,组织规模生产难度较大,不能适应现代化生产需要。油茶采摘秩序普遍混乱,偷摘哄抢、乱摘滥采现象时有发生,导致经营者提前采摘,丰产不丰收。据相关报道,油茶未到生理成熟,一般每提前采摘一天,出油率减少 1%。全省油茶加工大部分停留在初加工水平,深加工、精加工产品开发力度不够,没有按照标准化生产技术要求组织生产。

3.2.4 龙头带动效应不足

云南省近几年培育种植和加工龙头企业,但由于资金筹措困难、加工设备老化、加工原料不足等现象,加上产品开发没有形成产业链,加工经营管理、营销对策、市场开发等诸多困难,导致龙头企业典型示范带动能力不强。

3.2.5 品牌打造有待加强

部分地方和企业对油茶“三品一标”申报重视不够,投入不足,油茶品牌效应尚未形成,市场竞争能力有待加强。

3.2.6 政策体系亟待健全

油茶产业无论是种植环节,还是加工和销售环节,都存在支持政策不健全,力度不足,难以充分调动和集中各方面要素聚焦油茶产业。

4 油茶产业发展对策

4.1 加强组织领导

由省级相关部门建立和完善油茶产业发展协调机制,负责统筹研究解决全省油茶产业发展中的重大问题,检查、督促各项政策措施的落实。各州(市)要把发展油茶产业纳入经济和社会发展规划,成立林业产业发展综合协调机构,建立主要领导负总责、分管领导具体负责、各部门配合的工作机制,形成责任明确、密切配合、多方联动、整体推进的工作格局,确保油茶产业建设的顺利推进^[5]。

4.2 坚持创新引领

油茶产业要做大做强,实现转型升级,关键在创新发展。(1)融合发展。坚持油茶一、二、三产业融合发展。油茶产业具有让一、二、三产业融合发展的先天性优势,不仅能够形成一、二、三产业相互渗透、产业领域延伸发展,而且可以跨越行业领域融合发展,形成新的业态和经济增长点。(2)体制创新。按照油茶产业发展的重点,挖掘发展油茶产业的资源,整合为开发项目,建立油茶产业项目库,精心筛选一批项目对外招商,主动邀请金融部门、外商、有开发实力的单位和经营者对所选项目进行考察、论证,吸引外地客商投资培育生产与加工基地。通过多种形式招商引资、融资,发展油茶产业。(3)管理创新。发挥龙头企业在市场准入、要素配置等方面的作用^[5],推进集群发展。加强金融创新,破解融资难题。

4.3 提升质量品牌

(1)积极开展增品种、提品质、创品牌行动,推动“三品一标”(无公害林产品、绿色食品、有机食品,地理标志产品)认证,谋划打造云南省油茶的品牌联盟,已经被国家权威部门认可的油茶产品要尽快注册商标,巩固和保护品牌。对国家、省命名的名优经济林示范基地、种苗基地等要发挥优势,扩大生产规模,进一步增强市场竞争力。对具有地方特色,消费者认可的油茶产品,要加大开发力度,推行标准化生产,培育无公害果品、绿色食品、有机食品,逐步形成新的品牌^[4]。(2)推进绿色化、有机化生态种养植业,大力培育高原特色农林牧产品及花卉产品,促进一、二、三产业融合发展,改造提升产业结构,推

进生态服务型产业发展。大力发展以生态服务和生态康养为主的第三产业,把资源优势转化为绿色发展优势。(3)加强林产品质量安全监管。加大执法力度,打击不法行为,提高违法成本,逐步建立健全云南省林产品质量安全追溯体系,逐步实现产品质量安全顺向可追踪、逆向可溯源、风险可管控、责任可追究,提升油茶产品质量水平。

4.4 统筹兼顾发展

倡导企业、合作社、种植大户发展油茶产业的带动作用,围绕油茶项目库建设,对适宜种植油茶的退耕还林地块优先种植油茶,确保油茶新植地块稳步推进,力争建一块成功一块。重点打造油茶提质增效、低产林改造地块,对企业、合作社、种植大户等经营地块优先布局,对连片面积 1.33 hm² 以上的盛产及衰产期的油茶林进行低产林改造,提高质量和产量,实现经济增收,最终实现油茶产业发展助推乡村振兴。

4.5 培育壮大龙头企业

扶优扶强龙头企业,增强引领和推动全省油茶产业发展的能力。在政策上予以龙头企业重点扶持,营造良好的发展环境。发挥企业在原料基地的示范带动、依靠创新提升产品的精深加工能力和产品研发能力,建立标准化加工与食品质量检测体系;加大产品研发投入力度,产品生产多元化,满足不同群体消费需求;拓展“互联网+”发展模式,做到线上线下同步销售,全产业链合作共赢发展。

参考文献:

- [1] 庄瑞林. 中国油茶[M]. 2版. 北京:中国林业出版社, 2008:1-4.
- [2] 余绍辉,曾臻,傅为一,等. 湖南省油茶产业高质量发展的现状分析与对策[J]. 经济林研究, 2019, 37(4): 214-220.
- [3] 李海燕. 我国油茶产业发展存在的问题及对策[J]. 中国林业经济, 2018, 153(6): 42-43.
- [4] 陈永忠,邓绍宏,陈隆升,等. 油茶产业发展新论[J]. 南京林业大学学报(自然科学版), 2020, 44(1): 1-10.
- [5] 李良清. 我国油茶产业发展现状及对策[J]. 乡村科技, 2019, 33(2): 32-33.

责任编辑: 杨焱熔

校对: 许春霞 杨焱熔

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2021.02.022

长沙市花卉苗木产业发展策略

冯超¹, 罗茜², 李志华¹

(1. 湖南省农林工业勘察设计研究总院, 湖南 长沙 410007; 2. 长沙市产业投资集团有限公司, 湖南 长沙 410019)

摘要:长沙市花卉苗木产业作为农业产业中优势度最强且最具活力的产业之一, 呈现出产业规模及产值稳步增长、特色花木产业集聚、现代营销模式和花木旅游产业逐渐兴起的发展趋势, 但也存在花卉苗木竞争无序、产品结构不合理、市场服务体系不健全、新品种开发滞后、全产业链条不完善等问题。在此基础上, 拟定发展思路, 提出花木标准化生产基地建设、花木良种繁育、物流交易系统建设、花木生态旅游发展、花木品牌培育等发展策略。

关键词:花卉苗木产业; 优势资源; 规模化; 发展策略; 长沙市

中图分类号: S723.13; Q944.58; F416.88 文献标志码: B 文章编号: 1671-3168(2021)02-0118-05

引文格式: 冯超, 罗茜, 李志华. 长沙市花卉苗木产业发展策略[J]. 林业调查规划, 2021, 46(2): 118-122.

doi: 10.3969/j.issn.1671-3168.2021.02.022

FENG Chao, LUO Qian, LI Zhihua. Preliminary Study on the Development Strategy of Flower and Seedling Industry in Changsha City[J]. Forest Inventory and Planning, 2021, 46(2): 118-122. doi: 10.3969/j.issn.1671-3168.2021.02.022

Preliminary Study on the Development Strategy of Flower and Seedling Industry in Changsha City

FENG Chao¹, LUO Qian², LI Zhihua¹

(1. Hunan Prospecting Designing and Research Institute for Agriculture Forestry and Industry, Changsha 410007, China;
2. Changsha Industrial Investment Group Co., Ltd., Changsha 410019, China)

Abstract: As one of the most advantageous and dynamic industries in the agricultural industry, the flower and seedling industry in Changsha presented the steady growth of industrial scale and output value, the agglomeration of characteristic flower and seedling industry, the rise of the modern marketing mode and the flower and seedling tourism industry, but along with some problems, such as disordered competition, unreasonable product structure, imperfect market service system, lagging development of new varieties, imperfect industry chain and so on. Therefore, this paper formulated the development idea, and put forward the corresponding development strategies, such as the construction of standardized production base, the breeding of improved varieties, the construction of logistics trading system, the development of ecological tourism of flower and seedling, and the cultivation of flower and seedling brand.

Key words: flower and seedling industry; superior resources; scale; development strategy; Changsha City

收稿日期: 2019-07-10; 修回日期: 2019-10-23.

第一作者: 冯超(1984-), 男, 辽宁铁岭人, 硕士, 高级工程师. 主要从事森林资源监测和林业调查规划设计工作. Email: 174817015@qq.com

花卉苗木产业是集经济、社会和生态效益于一体,集劳动、资金和技术于一身的绿色朝阳产业,对于调整产业结构、提高农民收入、满足人民美好生活需要具有重要意义,在国民经济和社会发展的全局中具有特殊地位和作用。花卉苗木有广义和狭义之分,狭义的花卉苗木是指具有观赏价值的草本植物,而广义的花卉苗木不仅包括具有观赏价值的草本植物,还包括草本或木本的地被植物、花灌木、开花乔木以及盆景等^[1]。

1 研究背景

党的十九大提出,加快生态文明体制改革,建设美丽中国,提供更多优质生态产品以满足人民日益增长的优美生态环境需要。花卉苗木产业是绿色朝阳产业、生态致富产业,是建设美丽中国的内在要求和有力抓手,是满足全体人民生态需求的必然选择。

根据党中央 2018 年提出的乡村振兴战略规划和 2019 年党中央一号文件《关于坚持农业农村优先发展做好“三农”工作的指示》,“三农”工作作为全党工作重中之重,要以实施乡村振兴战略为抓手,不断夯实农业基础,保障重要农产品有效供给。同时,通过发展壮大乡村产业,拓宽农民增收渠道,不断调整优化农业产业结构,强化创新驱动发展,发展花卉苗木产业是实施乡村振兴的有力助推剂。根据中央有关规划和文件的指示精神,湖南省一号文件提出

实施乡村振兴战略,推进特色强农行动,实施好国家产业兴村强县行动,按照其“一县一特”、“一特一片”的发展思路,引导发展“高端、小众”特色农业。2018 年 7 月,花卉苗木产业作为浏阳市主导特色产业,被列入《湖南省“一县一特”主导特色产业发展指导目录》。结合湖南省乡村振兴战略布局,依托浏阳花卉苗木产业发展的契机,探寻长沙市花卉苗木产业战略定位和今后发展方向。

2 产业现状

花卉苗木产业作为长沙市农业产业中优势度最强且最具活力的产业之一,呈现出产业发展迅速、规模及产值稳步增长、产业集聚加快、产品竞争力强、花木生产特色初显的趋势,现已成为长沙市农业转型的亮点、农民致富的增长点、城乡一体化的示范窗口。

2.1 产业发展迅速,规模及产值稳步增长

长沙市现有花木企业 928 家,其中国家级、省级龙头企业 17 家,有花木合作社 3 546 家,花木从业人员达 20.36 万人。截至 2018 年底,花木种植面积达到 3.26 万 hm^2 ,总产值 74.58 亿元,以苗木基地为主,规模和产值均占 90% 左右。其中,苗木基地面积 2.91 万 hm^2 、年产值 67.72 亿元;草花基地面积 2 571.6 hm^2 、年产值 5.26 亿元;鲜切花基地面积 952.0 hm^2 、年产值 1.60 亿元(表 1)。

表 1 长沙市花卉苗木产业现状统计

Tab. 1 Present situation of flower and seedling industry in Changsha City

统计单位	苗木合作社/个	龙头企业/个		从业人员/人	花木市场/处	面积/ hm^2				年产值/万元				
		计	国家级			省级	计	苗木基地	草花基地	鲜切花基地	计	苗木基地	草花基地	鲜切花基地
长沙县	121	165	1	4	90000	2	12266.6	8933.3	2400.0	933.3	200500.0	149500.0	36300.0	14700.0
浏阳市	3135	273	1		100000	1	11891.5	11891.5			202560.0	202560.0		
宁乡市	55	90	1	2	300	1	1286.7	1285.7	1.0		131237.0	131177.0	60.0	
芙蓉区		5			63		11.0	10.7	0.3		1125.5	1105.5	20.0	
雨花区	213	280			12000	2	6150.0	6000.0	150.0		149080.0	134080.0	15000.0	
开福区	1	31		1	488	1	303.5	298.8	4.7		13217.0	13117.0	100.0	
天心区	3	19		3	161	1	137.7	126.4	9.3	2.0	11192.2	9972.2	800.0	420.0
望城区	18	17		3	403		238.0	238.0			6906.0	6906.0		
岳麓区		48		1	180	1	343.1	320.1	6.3	16.7	30009.6	28809.6	300.0	900.0
合计	3546	928	3	14	203595	9	32628.1	29104.5	2571.6	952.0	745827.3	677227.3	52580.0	16020.0

注:数据采集截止日期为 2018 年 12 月 31 日。

2.2 产业集聚加快,初步形成集群布局

“一带两翼”的花卉苗木产业集群规模初显。“一带”即百里花卉苗木产业带,种植面积达 1.93 万 hm^2 ,占全市花木面积的 59%;“两翼”即宁乡市东部苗木产区和长沙县北部苗木产区,种植面积达 0.8 万 hm^2 ,占 26%。柏加、跳马等乡镇先后获得了“全国花卉生产示范基地”、“全国造林绿化百佳乡”、“中国花木之乡”、“中国红檫木之乡”、“国家生态乡镇”等荣誉称号^[2]。

2.3 特色苗木品种竞争力较强,优势产区做优做精

重点发展区域坚持精品化、特色化,提高产品附加值。浏阳河花木产业带和浏东公路沿线乡镇,发展重点转向盆景、树桩、桩景等附加值较高的产品,初步形成了三大特色:(1)以红檫木为主的花卉苗木开发,其中紫红袍、淡红袍、珍珠红、绿红袍及大红袍等五大类型具浓郁的地方特色;(2)以樟树、杜英及木兰科等绿化树种为主的乡土树种苗木开发,以品质好、价格低等特色畅销省内外;(3)以红檫木、赤楠、榆树、罗汉松、无刺枸骨等为主的古桩盆景,市场竞争力强。

2.4 销售市场交易繁荣,线上线下交易互通

花木交易市场现已形成以“经销商+”为模式的产业链,从业人员近 5 000 人,共有大小花木门店 2 000 多家,现有红星花卉大市场、长沙花卉大世界、青山花卉市场、南湖花卉市场等大型花卉市场 9 处,花木零售销售企业 20 家,大型连锁企业门店近 100 家。部分企业、门店用淘宝、微信等电商平台开拓花卉苗木销售渠道。

2.5 花木旅游产业逐渐兴起

长沙作为中部的省会城市,长株潭城市群的中心,全国首批优秀旅游城市、国家生态建设示范城市和国家森林城市,具有承东启西,贯穿南北的重要作用。优越的区位条件和旅游资源为花卉苗木旅游产业的发展提供良好契机。目前,花卉旅游产业以花卉与特色园林相结合的模式为主,有以樱花为特色的湖南省森林植物园、长沙县锦绣江南农庄、浔龙河樱花谷等;以杜鹃为特色的浏阳大围山国家森林公园、宁乡“为美园”园林;以紫薇为特色的宁乡华南源园林;以草本花卉观赏为主的长沙县西山花海、景然园林,望城四季花海,浏阳景致观光园等。

3 存在的问题

3.1 缺乏指导性规划,无序发展

区域结构上,未针对地区资源特色和区位特点

进行系统化的产业布局,重点产区优势不突出,发展方向和重点不明晰,产业群的集聚作用不强,未形成合理的花木生产和交易中心区;产业结构上,一、二、三产业比例不合理,花木产业链不完善,花卉苗木种植仍占绝对主导地位,品种研发、种苗供应、鲜切花(叶)插花、干花生产、生态旅游等上下游产业和市场规模尚未开拓,未形成研发、种植、加工、旅游为一体的“全产业链”。

3.2 市场供需不平衡,发展缓慢

长沙市 70%的花木产品为常青类绿化苗木,且同质化严重、中低端产品比例大。从总量上而言,市场提供的同类型产品供大于求,存在库存积压或低价出售等情况。从结构上来看,供给侧和需求侧严重脱节。受市场欢迎的精品苗木、造型苗木、鲜切花、盆景等高附加值、优质产品,呈现供不应求的现象。

3.3 经营主体规模较小,龙头企业带动弱

目前,长沙花木生产以小而散的农户居多,经营方式和技术手段落后,产品科技含量低。花木生产龙头企业数量少,仅有国家级、省级龙头企业 17 家,无花卉龙头企业。龙头企业在协作领导、辐射带动、技术示范等方面的引导作用不明显,集约化和组织化程度不高,不利于花卉苗木产业的规模化、专业化、标准化发展。

3.4 产学研联合不深入,科研成果转化率低

花卉苗木科研和新品种培育滞后,自主知识产权的品种少,区域特色品牌产品不足。长沙区位优势独特,科研院所云集、科研力量雄厚,但科研院所与花木企业、经营户合作较少,未建立“产学研”联合攻关模式,新品种的开发、储备、推广不多,科研成果转化率不高。花木种植业中高级技术人员不多,目前花木生产仍然靠传统经验种植和管理,生产技术相对落后,经营管理较粗放,科研与生产不平衡。

3.5 配套体系不健全,市场发展不充分

长沙市花木产业缺乏市场制约机制,金融、技术、信息和物流服务体系尚不完善,质量监测认证体系不健全,阻碍了花木产业进一步健康发展。(1)花木种植投资大、市场风险高,金融持续投入和保障支持能力不足,影响产业进一步发展;(2)花卉设施化应用程度较低,缺少专业化的储运配套服务体系,不利于花卉产业规模化发展;(3)存在市场监管难、市场发展不充分等问题。

4 发展思路

4.1 政府引导、市场主导

发挥政府引导作用,坚持由政府主导制定政策和发展规划,实施宏观指导,完善投资环境,促进资源共享,提供法制保障。充分发挥市场机制在资源配置中的基础性作用,以市场为导向,培育发展优势产区、龙头企业和主导产品,优化产业结构,提升产业层次。

4.2 创新引领、开放崛起

落实创新引领、开放崛起战略,依靠科技创新与科技进步提高全产业链的科技含量和产品档次,坚持以开放的视野谋创新,实行自主创新与引进吸收相结合,通过引进和自主研发新品种、新技术,不断加快技术创新和结构升级,提高花卉苗木产业的技术含量和附加值。

4.3 花卉苗木、分类施策

针对市域花卉、苗木基地现状及特点,分类施策。苗木基地以提质改造为主,促进精品化、品牌化发展,满足高端市场需求;花卉基地以新建为主,促进标准化、规模化发展,提高本地市场份额。

4.4 龙头带动、集聚发展

大力扶持龙头企业,积极发展产业园区,建立利益联结机制,充分发挥龙头企业的带动作用。优化产业布局,加快花木产业区域集聚发展,引导产业朝着规模化、专业化、集约化和标准化方向发展。

4.5 突出特色、产业融合

引导特色品类集中整合,增强产品竞争力,扩大市场占有率。抓住长沙资源特色,发展特色园艺、特色农业,推进花木产业与生态旅游深度融合,构建和延伸产业链,加快发展完整的现代花卉产业体系。

4.6 统筹兼顾、改善民生

把发展花卉苗木产业与乡村振兴、全域旅游、生态休闲、特色小镇建设、美丽乡村建设、城乡绿化和森林城市建设有机结合起来,互相促进,实现共赢。关注群众切身利益,使当地群众受益,形成花木产业与当地经济互动发展局面。

5 发展策略

5.1 花木标准化生产基地建设

推进先进的生产体系建设,推广成套的综合生产配套技术,引导花木产业布局向专业集约化、产业规模化、经营标准化发展,实现由原始的分户经营向

“企业+基地+农户”的产业化经营模式转变^[3-4]。重点扶持浏阳市、长沙县、雨花区等地的花木基地建设,提质改造现有苗木基地,完善配套设施,进一步提高规模设施生产水平。

5.2 花木良种繁育建设

开展花卉苗木种质资源清查、收集、保存、评级与利用,重点保护主要造林树种、珍稀濒危物种、名特优新品种的种质资源,为培育具有自主知识产权的新品种和未来商业化开发利用奠定基础。在浏阳市、宁乡市建设高标准市级种质资源收集库2处,运用传统育苗方法和现代生物育种技术,引进、选育优良品种。新建良种繁育基地6个,培育10个以上具有自主知识产权的特色优势品种。

5.3 物流交易系统建设

5.3.1 花木交易市场

建设集展示、交易、批发、拍卖、物流、园林设计施工、检验检疫、进出口贸易、旅游观光、科研和信息网络服务等功能于一体的全国性花木交易中心;对现有花木交易市场进行提质改造,完善市场配套体系建设,规范售后服务、物流配送等管理,不断提升经营管理水平。

5.3.2 花木物流体系

加强花木物流基础设施建设。在机场高铁货运站周边建设以冷链物流为重点的花木物流园区,重点支持花木交易中心与空港高铁物流之间的通道建设;在铁路运输线路上建设花木运输专线,配套相关保险、冷藏设备;在公路运输线路上提供快捷通道,将花木及其产品纳入农产品绿色通道范畴。支持花木交易市场建设专业化冷链运输体系、包装与储运信息系统等物流服务体系。积极培育专业花木物流企业,支持物流企业专业化、特色化发展。

5.3.3 花木网络平台

依托浏阳、长沙、雨花3个现有的花卉苗木网络销售平台,促进“三网合一”,创建市级花木网络交易平台,支持花木批发市场建设网上现货交易平台。充分利用网络知名电商的农产品网络销售平台拓展花木网络零售业务,鼓励花木企业与个体户利用个性化网页、微博、微信等渠道开展网上直销促销活动。引导花木龙头企业、品牌流通企业开设第三方电商平台旗舰店,培育花木产品网络销售品牌,形成线上线下交易相结合,构建多层次、多规模的花卉苗木网上销售渠道^[5]。

5.4 花木生态旅游

依托当地旅游资源,促进花木产业与生态旅游

的深度融合,发展公园式基地、休闲式庄园、园林式庭院。以花木生产基地、花木示范园、花木市场等产业基础设施以及植物园、公园等公益性机构为依托,积极申报花木文化示范基地,充分挖掘花木的展示、观光、休闲、教育、竞技等功能,弘扬花文化、体验花内涵。建设国家级、省市级花木文化示范基地。

5.5 花木品牌培育

引导花木品种结构转型升级。加快盆花、高档盆栽、精品造型苗木的发展,提高产品附加值;推进绿化苗木标准化、产业化、规模化发展,满足批量市场需求。鼓励政府和龙头企业争创驰(著)名商标、申请地理产品标志等,支持花木生产企业注册具有自主知识产权的品种和技术,争创国家级、省级花木品牌,树立长沙花卉苗木品牌形象。

5.6 花木企业培育

实施花卉苗木企业培育工程,扶持企业做大做强。重点支持设施栽培、精深加工、花艺资材、规划设计、绿化施工、商贸物流、电子商务、创意文化、休闲旅游等新型业态的花卉苗木企业。打造一批具有影响力的集团企业和特色品牌。鼓励花木企业建立研发中心,自主研发新品种,改进培育技术;鼓励花木企业多元化发展,实现育苗、销售、园林施工、科技研发和观光旅游等多种经营,提高企业核心竞争力。支持企业开拓省外、国外市场,建设标准化的花木产品出口基地,完善花木出口的配套服务,构筑花木出口绿色通道。

5.7 花木科技支撑

加强与科研单位、高等院校的合作,整合科技优势资源。花卉产业化、专业化、规模化发展离不开高新技术的推广应用和各类人才的支撑^[6]。成立市级花卉苗木研究推广中心,为全市花木产业发展提供技术支撑。建设研究实验基地,对技术研究成果

进行验证,取得良好效果后在全市推广。扶持鼓励花木科研院所和龙头企业进行新品种、新技术的研发、测试、示范和推广合作,创新产学研合作新机制,促进科技成果源源不断地为产业可持续发展提供支撑。定期举行专家讲座,及时掌握花木前沿理念、技术和方法;支持各企业、合作社与高等院校加强合作,定向培养花卉苗木产业相关专业人才。同时,严把花木质量关,创建市级监管和技术服务体系,制定花木产业质量标准,按照行业规范、标准对全市花木产业质量进行监管。

5.8 花木深加工及配套产业

提升花木深加工产业开发水平,延伸配套产品链条,拓展产业发展空间。以药用、食用和工业应用为方向,加强花卉食品、药品、保健品、化妆品、香料、天然色素等产品的研发与生产。加强温室设备、容器育苗设备、园林器械、园艺资材的研发和生产,提高花卉苗木设施化、机械化水平。

参考文献:

- [1] 刘燕. 园林花卉学[M]. 北京:中国林业出版社, 2008:1.
- [2] 刘德良,张琴. 红檫木种质资源及深层次开发利用[J]. 中国野生植物资源,2001(5):17-19.
- [3] 杨艳清. 论花卉产业的现状及发展趋势[J]. 长春大学学报,2005,15(2):90-92.
- [4] 陈振东,林秀香. 福建热区发展花卉产业的若干思考[J]. 热带农业科技,2003,26(2):27-28.
- [5] 李崇光. 农产品营销学[M]. 北京:高等教育出版社,2004.
- [6] 谢盛强,李小玲. 对加快发展海口市花卉产业的思考[J]. 海南大学学报,1999,17(4):21-26.

责任编辑:杨焱熔

校 对:张林艳 杨焱熔

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2021.02.023

西双版纳国家级自然保护区生态旅游发展与管理对策研究

沈庆仲, 苏海萍, 胡天祥, 肖宇

(云南西双版纳国家级自然保护区生态旅游管理所, 云南 景洪 666100)

摘要:结合西双版纳国家级自然保护区生态旅游近几年经营情况,认真分析生态旅游发展形态,结合保护区目前管理现状和国家对保护地管理的政策,研究自然保护区旅游转型升级发展方向,分析现阶段存在的诸如缺乏可操作的定性定量标准,生态旅游设施工程建设难度大,旅游市场竞争激烈等困难和问题,提出编制生态旅游项目详规,强化监管检查,创新开发旅游产品,推动生态旅游转型升级,构建自然保护区生态旅游的监管、监测与评估体系等对策及建议。

关键词:生态旅游;转型升级;旅游产品;项目详规;监测系统;西双版纳国家级自然保护区

中图分类号:S759.9;S788.2;F316.23 文献标志码:A 文章编号:1671-3168(2021)02-0123-05

引文格式:沈庆仲,苏海萍,胡天祥,等.西双版纳国家级自然保护区生态旅游发展与管理对策研究[J].林业调查规划,2021,46(2):123-127. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2021.02.023

SHEN Qingzhong, SU Haiping, HU Tianxiang, et al. Development and Management of Ecotourism in Xishuangbanna National Nature Reserve[J]. Forest Inventory and Planning, 2021, 46(2): 123-127. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2021.02.023

Development and Management of Ecotourism in Xishuangbanna National Nature Reserve

SHEN Qingzhong, SU Haiping, HU Tianxiang, XIAO Yu

(Ecotourism Administration of Xishuangbanna National Nature Reserve, Jinghong, Yunnan 666100, China)

Abstract: Based on the operation of ecotourism in Xishuangbanna National Nature Reserve in recent years, this paper analyzed the development form of ecotourism, the development direction of tourism transformation and upgrading in combination with the current management status of the reserve and the national policy on the management of the protected areas. This paper analyzed the existing problems, such as the lack of operational qualitative and quantitative standards, the difficulty of ecotourism facilities construction, and the fierce competition in the tourism market, and put forward some countermeasures from the preparation of ecotourism project detailed planning, strengthening the supervision and inspection, innovative development of tourism products, promoting the transformation and upgrading of ecotourism, and the construction of the monitoring of ecotourism in nature reserve.

Key words: ecotourism; transformation and upgrading; tourism products; project detailed planning; monitoring system; Xishuangbanna National Nature Reserve

收稿日期:2020-07-25.

第一作者:沈庆仲(1968-),男,云南昭通人,高级工程师.从事生态旅游管理工作.

旅游产业伴随着社会经济快速发展,传统的旅游观光不再是唯一选项,生态休闲、森林体验、森林康养、自然教育等逐步成为人们追求的重要游行方式。云南西双版纳国家级自然保护区始建于 1958 年,由互不相连的 5 个片区组成,总面积 24.25 万 hm^3 , 占全州国土面积的 12.68%, 保存了全国最完整的热带雨林生态系统,是我国热带生物多样性最丰富、热带重要生物类群分布最集中、热带森林生态系统最完整的大型综合性自然保护区。区内分布有 9 个植被型(含 1 个人工植被类型)14 个植被亚型(含 2 个人工植被亚型)49 个群系(含 12 个人工群系),已知高等植物约 5 000 种,高等脊椎动物 823 种。主要保护热带雨林、季雨林和南亚热带季风常绿阔叶林等森林生态系统的生物多样性及珍稀野生动植物种群和生态环境。

1 生态旅游发展概况

1.1 规划建设情况

西双版纳国家级自然保护区旅游活动起步于 1990 年。1993 年组织编制了西双版纳国家级自然保护区旅游开发总体规划。2001 年,在国际合作项目(GEF)的支持下,编写了《西双版纳国家级自然保护区生态旅游计划》。2008 年依据《西双版纳国家级自然保护区总体规划(2005—2015 年)》编制了《西双版纳国家级自然保护区生态旅游总体规划(2008—2015 年)》,并于 2008 年 9 月获国家林业局批准(林护发[2008]182 号)。2009 年以来,西双版纳州人民政府先后批准野象谷(AAAA 级)、望天树(AAAA 级)、雨林谷(AA 级)绿石林和勐远仙境(AAA 级)等景区详细规划。截至 2019 年,5 个景区累计完成建设投资约 7 亿元,各景区游览和服务设施基本完善。

1.2 投资、游客和经营情况分析

自 1990 年 8 月份起,野象谷(曾用名“三岔河特种旅游区”、“三岔河森林公园”)依托国际合作项目开始了自然保护区科普旅游探索,得到了社会公众的广泛认可。1993 年,在自然资源得到有效保护的前提下,西双版纳国家级自然保护区生态旅游启动并规划发展生态旅游,经过近 30 年的探索实践,逐步走出一条可持续发展之路,保护区生态旅游已发展成为全州旅游产业及生态教育的重要组成部分。据不完全统计:2014—2019 年,自然保护区生态旅游景区累计完成投资 31 227.91 万元,接待游

客 1 329.46 万人次,实现经营收入 99 950.22 万元,每年解决社会直接就业约 1 200 人,带动景区周边社区和村寨创收超过 6 000 万元(图 1,图 2,图 3),其中,2019 年完成投资 10 584.56 万元,接待游客 235.71 万人次,实现经营收入 17 865.7 万元。各景区从未发生过重大森林火灾和盗伐滥伐林木、盗猎滥捕野生动物案件,无违法违规开矿、挖沙、取土和使用林地现象,无重大旅游安全事故或游客严重投诉案件发生。

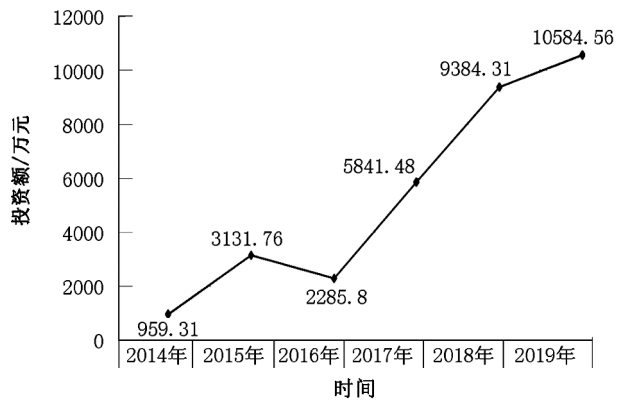


图 1 西双版纳国家级自然保护区旅游景区投资统计
Fig. 1 Investment statistics of scenic spots in Xishuangbanna National Nature Reserve

从图 1 可以看出,2014—2015 年,自然保护区景区投资呈增长趋势,2016 年投资略有回落,2017 年以后投资大幅度增长。

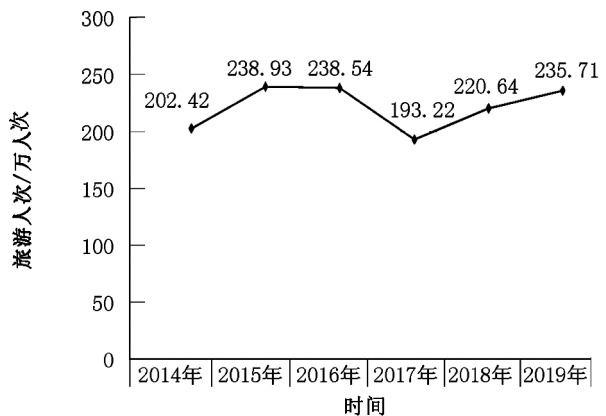


图 2 西双版纳国家级自然保护区旅游人次统计
Fig. 2 Tourists statistics in Xishuangbanna National Nature Reserve

从图 2 可以看出,西双版纳国家级自然保护区

生态旅游每年接待游客 200 万人次左右,2014—2015 年游客人次增长较快,2015—2016 年游客人次增速平稳,之后大幅度下滑,2017 年以后游客人次又平稳回升,呈增长趋势。

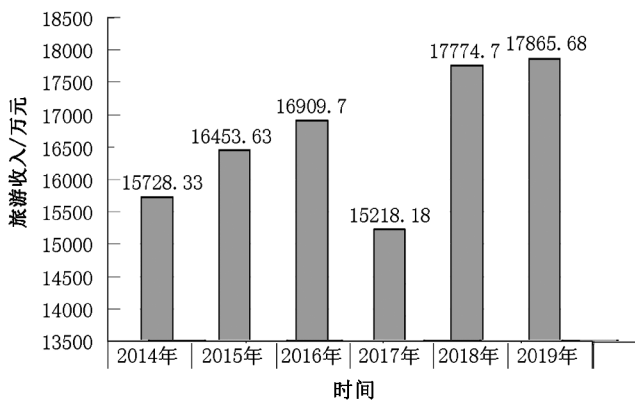


图 3 西双版纳国家级自然保护区旅游收入统计

Fig. 3 Tourism income statistics in Xishuangbanna National Nature Reserve

从图 3 可以看出,2014—2016 年旅游收入呈递增趋势,2017 年旅游收入大幅度下滑,2018 年大幅度增长,之后增速放缓。

综合分析:(1)传统大众生态观光单一产品的门票收入难以支撑景区发展。2017 年受旅游市场秩序整治及门票降价等因素影响,游客人次有所下降,但收入下降幅度更大。(2)旅游产品转型开发带动旅游收入增加。2015 年和 2016 年游客人次基本持平,但 2016 年收入增加了 456 万元,主要是野象谷和勐运仙境开始推出森林体验、户外运动等旅游产品。(3)旅游产品转型升级推动景区发展。2018 年后游客人次比 2017 年略有增长的情况下,收入大幅度增长,得益于投资增加、旅游产品转型升级并推动景区旅游业持续发展。

2 管理现状

2.1 成立机构,专门负责生态旅游管理工作

为进一步加强自然保护区生态旅游管理,1999 年成立云南西双版纳国家级自然保护区生态旅游管理所,内设办公室、景区管理办、发展规划办和环境教育中心(2020 年 5 月改为自然教育中心),负责自然保护区生态旅游的规划、建设和景区协调管理工作。

2.2 签订合作经营协议年书

从 1999 年开始,云南西双版纳国家级自然保护

区依据 1987 年国家《西双版纳自然保护区建设计划任务书》(林计字[1987]122 号)和 1988 年国家林业部批复《关于云南西双版纳自然保护区总体设计》(林计字[1988]317 号)文件要求,开始探索生态旅游建设发展模式,从自建自管走向国适改制和引资合作,先后与西双版纳雨林谷景区、野象谷景区、望天树景区和绿石林景区签订《合作经营协议书》,明确双方责任、义务等,不断推动自然保护区生态旅游逐步走向“管经分离、特许经营”,管理机构与旅游企业深度融合的经营发展模式。

2.3 规范生态旅游管理

2004 年,管理机构开始研究并起草《西双版纳国家级自然保护区生态旅游景区(点)管理办法》和《西双版纳国家级自然保护区生态旅游景区(点)量化考核标准》,于 2004 年通过上级审核并颁布实施;为进一步强化自然保护区生态旅游规范化管理,2009 年 12 月制定出台了《西双版纳国家级自然保护区生态旅游景区日常工作管理细则》;2013 年制定并实施了《西双版纳国家级自然保护区生态旅游景区(点)日常监管制度》。2018 年进一步细化监管责任到人,实行每人每月到景区进行监管检查不少于 3 天,每年不少于 50 天的资源巡护监测监管制度。

2.4 强化监管,推动生态旅游规范管理

监管是履行保护管理职责的有效形式:(1)监督景区建设和经营是否符合国家法律法规及相关政策,及时纠正违法违规行为;(2)严格执行《合作经营协议》,《合作经营协议》明确了双方的责任和义务,特别是安全生产和盈亏责任等;(3)按照颁布实施的规范性文件对各景区进行日常监管检查并反馈;(4)把景区经营管理纳入保护区年度工作考核,包括对《西双版纳国家级自然保护区生态旅游景区(点)管理办法》执行情况、景区与周边社会治安综合治理目标和景区旅游经营安全管理目标等,年底组织考核组按照年初签订的目标责任书进行量化考核。监管与考核推动了保护区生态旅游规范管理与可持续发展。

2.5 开通门户网站,宣传并接受社会监督

开通了西双版纳国家级自然保护区微信公众号(ziranbaohuju_006)和网站(<https://zrbhq.xsbn.gov.cn/index.dhtml>),在开展科学知识普及、环境保护教育、生态旅游产品宣传等的同时,全面接受社会公众的监督。

2.6 开展旅游活动影响监测系统建设

为回应国际社会关注生态旅游对自然保护区资源、环境及重要物种的影响,保护区管理机构于 2010 年率先在望天树景区内建立了 3 块监测样地,2014 年建设了“望天树景区旅游活动影响监测系统”,2016 年建成“野象谷旅游活动影响监测系统”,2018 年启动“勐远仙境旅游活动影响监测系统”建设,计划 2020 年建成覆盖各景区的旅游活动影响监测系统,用监测研究成果指导生态旅游科学发展。

3 困难和问题

3.1 缺乏可操作的定性定量标准

《自然保护区生态旅游规划技术规程》(GB/T 20416—2006 年)要求明确生态旅游区范围和开展生态旅游的宗旨、规模,以及一定时期内的旅游产品类型、路线安排、设施建设、环境保护和经营管理等,但无定性定量标准,管理部门在具体操作上难度较大。

3.2 生态旅游设施工程建设难度大

随着生态红线划定和环保督查力度的不断加大,保护区内旅游设施工程建设的难度也在不断加大。一方面是建设许可程序复杂且耗资耗时,大小设施都要走报建程序;另一方面是报建程序涉及多个部门,有些部门管理人员受现行政策影响出现消极应对的情况,严重影响自然保护区生态旅游健康发展。

3.3 旅游市场竞争激烈

西双版纳州与毗邻的东南亚国家文化同源、资源同质,主要客源受到东南亚国家竞争影响。旅游是东南亚国家、特别是泰国、马来西亚、新加坡、越南、老挝等国家重要的外汇收入来源,相较于泰国等东南亚国家,西双版纳旅游的交通成本更高、旅游产品无市场优势,市场竞争压力很大。

3.4 旅游产品发展动力不足

经过近 30 年的发展,自然保护区生态旅游长期以大众观光为主,近几年来相继推出了亚洲象、石灰山季雨林、雨林溶洞科考,热带雨林深度体验等系列具有知名度的旅游产品,尽管获得较高的市场认知度,但旅游产品落地层次偏低,市场参与人数不多。2016 年以来国家推动森林体验、森林康养、自然教育等转型升级产品还未成型,经营效益不佳致使研发投入乏力。

3.5 缺少复合型管理人才

一方面受体制限制,自然保护区管理机构缺乏

(或不足)懂生态旅游经营的高素质专业人才,不能完全与经营主体开展全方位的沟通交流;另一方面,经营主体缺乏林业、自然保护等相关专业知识背景,不能及时掌握相关政策及产业发展方向,导致自然保护区生态旅游产品转型不够及时等。

3.6 帮扶社区发展有待加强

自然保护区生态旅游发展每年带动周边社区收入超过 6 000 万元(指全州范围),但缩小至自然保护区周边的受益可能就有限了,应加强对自然保护区周边社区的定点、定向扶持。

4 管理对策及建议

4.1 编制生态旅游项目(景区)详规,纳入地方发展规划

西双版纳国家级自然保护区是一个保护区群,生态旅游由多个景区组成。依据《云南西双版纳国家级自然保护区总体规划(2019—2028)》及国家相关法规政策,组织编写生态旅游方案,最好是编制各景区详细规划,经省级主管部门同意及按程序评审报州人民政府批准后实施,做到先规划,后建设,严格执行规划,控制旅游过度发展。在编制景区详规时,要重点解决旅游产品档次与自然保护区旅游资源禀赋存在不协调、产品单一等问题,要严格控制开发范围、设施工程体量,重视环境保护与生态修复。

4.2 强化监管检查,严格资源保护管理

牢固树立“绿水青山就是金山银山”的理念,以科学发展观和新时代中国特色社会主义思想为指导,认真学习贯彻环境资源保护、自然保护区管理等相关法律与法规,严格依法保护自然资源环境。同时,加强旅游景区巡护监管检查,不断强化经营者的环境保护意识,促进生态旅游科学管理和可持续发展。

4.3 加强内培外引,提高从业人员素质

生态旅游的可持续发展,提高旅游从业人员素质是关键,生态旅游景区需要发挥主导作用,林业和旅游行政管理部门应发挥引导与保障作用,要研究制定旅游人才发展战略规划,推动从业人员培育:(1)建立教育与培训长效机制,为旅游从业人员提供教育培训平台,保证旅游人才战略的顺利实施;(2)要加强与高等院校合作,优先招用学历较高的旅游专业人员,引进高学历与高素质旅游人才;(3)加强现有职员培训,逐步建设一支有素质、懂专业、讲奉献的创新型人才队伍,不断提升生态旅游景区经营管理能力和水平。

4.4 创新开发旅游产品,推动生态旅游转型升级

《云南西双版纳国家级自然保护区总体规划(2019—2028)》明确了保护区生态旅游发展的重点方向,研究分析近几年旅游市场的变化需求,自然保护区生态旅游转型升级也是市场所期:(1)大力发展森林体验产品,构建森林养身体系,提升自然保护区价值;(2)调整旅游产品结构、突出产品特点、丰富产品类型,把点状分布、单一类型的热带雨林生态观光逐步转变为相关联、有内涵(主题)、多类型、可选择的综合型生态旅游产品;(3)加快生态旅游产品转型升级,要以自然教育、研学旅游为重点,结合各景区优势资源策划个性化与特色化突出的系列活动和开发适宜的教学课堂;(4)生态旅游产品设计要体现生物多样性保护理念,融入环境保护和科普宣教元素,让游客接受环保教育,促进生态文明建设。

4.5 构建自然保护区生态旅游的监管、监测与评估体系

尽快建立和完善覆盖各景区的旅游活动影响监测系统,推动管理机构和经营单位共建共管共用,定期进行专项评估,不断推动生态旅游管理的规范化、科学化水平。特别要关注重点保护物种、生物多样性、环境保护和社区发展的监测,随时掌握动态变化,及时处理、调控变化因素,努力实现自然资源得到有效保护、生态旅游可持续发展、周边社区居民在保护生态中受益的目标。

4.6 充分发挥自然保护区科普和环教功能

云南西双版纳国家级自然保护区是全国科普教育基地、国家生态文明基地,景区是自然保护区对外展示的窗口,对访客有进行科学知识普及和环境教育的职责。为此,应加强对信息化管理手段的利用,构建生态旅游智能解说系统,针对公众开展环境教育和普及自然科学知识,引导绿色生产与消费,不断提高生态道德和环境意识,形成生态环境保护合力。

5 结语

西双版纳国家级自然保护区是我国最早建立的20个自然保护区之一,热带雨林、生物多样性及丰

富的民族文化等得天独厚的生态旅游资源在国内外享有盛誉,生态旅游通过30年的发展,已积累形成基本完整的旅游产业体系,“一带一路”建设、便捷的水、陆、空交通条件和西双版纳旅游强州发展战略的实施,将为自然保护区生态旅游转型发展提供重要保障。

参考文献:

- [1] 国家林业局昆明勘察设计院,西双版纳国家级自然保护区管理局. 云南西双版纳国家级自然保护区总体规划(2019—2028)[Z]. 2018.
- [2] 沈庆仲. 西双版纳自然保护区生态旅游实践与思考[J]. 环境保护, 2011(10): 54-56.
- [3] 西双版纳国家级自然保护区管理局,西南林学院生态旅游学院,西双版纳国家级自然保护区生态旅游总体规划(2008—2015)[Z]. 2008.
- [4] 吴兆录. 西双版纳国家级自然保护区管理成效评价[M]. 北京:科学出版社, 2018: 169-187.
- [5] 杨桂华. 旅游生态补偿[M]. 北京:科学出版社, 2015: 219-239.
- [6] 西双版纳自然保护区管理局. 西双版纳自然保护区生态旅游计划[Z]. 2001.
- [7] 西南林业大学. 西双版纳国家级自然保护区生态旅游评估报告[Z]. 2008.
- [8] 西双版纳热带雨林国家公园建设协调领导小组办公室,西双版纳野象谷景区有限公司,昆明人龙旅游规划设计有限公司. 西双版纳热带雨林国家公园野象谷景区改造提升详细规划[Z]. 2010.
- [9] 西双版纳热带雨林国家公园建设协调领导小组办公室,西双版纳野象谷景区有限公司,昆明人龙旅游规划设计有限公司. 西双版纳热带雨林国家公园勐远景区修建性详细规划[Z]. 2010.
- [10] 西双版纳热带雨林国家公园建设协调领导小组办公室,西双版纳望天树旅游开发有限公司. 西双版纳热带雨林国家公园望天树景区详细规划修编[Z]. 2010.
- [11] 李玉清,徐竟甯,周芯卉. 广西自然保护地森林生态旅游发展路径探析[J]. 林业调查规划, 2020, 45(2): 113-118.

责任编辑: 许易琦

校 对: 张林艳 许易琦

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2021.02.024

基于森林公园的新疆森林康养旅游资源空间分布及影响因素分析

杨利萍¹,袁曼曼¹,管文轲²,王常青³

(1.新疆师范高等专科学校,新疆 乌鲁木齐 830043; 2.新疆林业科学院,新疆 乌鲁木齐 830000;
3.国家林业和草原局,北京 100714)

摘要:基于新疆 65 个森林公园,以平均最邻近指数、变异系数、地理集中指数和基尼系数等对其空间分布和影响因素进行分析。结果表明,新疆森林公园分布类型为集聚性分布,且具有“北密南疏”的特点;其空间分布在省际空间范围内呈非均衡的集中分布,且分布均匀度较大;森林公园的分布与人口密度、交通通达度及经济发展水平重合度较低,与水资源分布重合度较高,具有一定配比性;部分公园周边景区及林果资源丰富。

关键词:森林康养旅游资源;森林公园;空间分布;新疆

中图分类号:S788;S759.91 文献标志码:A 文章编号:1671-3168(2021)02-0128-09

引文格式:杨利萍,袁曼曼,管文轲,等.基于森林公园的新疆森林康养旅游资源空间分布及影响因素分析[J].林业调查规划,2021,46(2):128-136. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2021.02.024

YANG Liping, YUAN Manman, GUAN Wenke, et al. Spatial Distribution and Influencing Factors of Forest Therapy Tourism Resources in Xinjiang Uygur Autonomous Region Based on Forest Parks [J]. Forest Inventory and Planning, 2021, 46(2): 128-136. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2021.02.024

Spatial Distribution and Influencing Factors of Forest Therapy Tourism Resources in Xinjiang Uygur Autonomous Region Based on Forest Parks

YANG Liping¹, YUAN Manman¹, GUAN Wenke², WANG Changqing³

(1. Xinjiang Teacher's College, Urumqi 830043, China; 2. Xinjiang Academy of Forestry, Urumqi 830000, China;
3. National Forestry and Grassland Administration, Beijing 100714, China)

Abstract: The spatial distribution and influencing factors of forest parks were analyzed by average nearest neighbor index, variation coefficient, geographic concentration index and Gini coefficient based on 65 forest parks in Xinjiang. The results showed that the distribution type of forest parks in Xinjiang was agglomerative with the characteristics of “dense in the north and sparse in the south”; the forest parks was unevenly distributed in the inter-provincial space, and the distribution uniformity was relatively large; the distribution of forest parks had a low coincidence degree with population density, traffic accessibility

收稿日期:2020-07-30.

基金项目:国家林业局软科学研究项目(丝绸之路经济带核心区生态发展战略研究(2016-R25));国家林业和草原局软科学项目(干旱区生态与产业协调发展水资源承载力研究(2019131023)).

第一作者:杨利萍(1993-),女,硕士,专任教师.主要从事旅游管理、康养旅游的教学及研究工作. Email:1261700457@qq.com

责任作者:管文轲(1972-),男,高级工程师.主要从事荒漠化治理和生态工程研究. Email:455468441@qq.com

and economic development level, and a high coincidence degree with the distribution of water resources, which had a certain degree of matching; some parks had abundant scenic spots and fruit resources.

Key words: forest therapy tourism resources; forest park; spatial distribution; Xinjiang Uygur Autonomous Region

近年来,随着“健康中国”、“绿色中国”等一系列国家政策的提出,健康成为人们关注的重点,加之森林具有净化空气和涵养水源等生态效益^[1-2]及森林旅游的转型升级,森林康养旅游已成为趋势。我国森林康养旅游的发展主要是以现有的森林公园、自然保护区等作为载体,因此森林公园的分布和特点在一定程度上代表了森林康养旅游资源的特点。

新疆资源丰富,发展潜力足,但是截至目前,我国共批复 4 批,共计 374 个国家森林康养基地建设试点单位,新疆仅有 7 处被列为国家森林康养基地建设试点单位,发展速度较慢,急需对新疆森林康养旅游资源进行整合。

本文以森林公园为载体,通过对森林公园的空间分布特征的分析,对新疆森林康养旅游资源的空间分布进行初步的探究,以期对新疆森林康养旅游的发展提供参考。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

新疆维吾尔自治区是典型的干旱半干旱地区,远离海洋,属温带大陆性气候,其幅员辽阔,资源丰富,其中旅游类型涵盖了 8 个主类、31 个亚类,其基本类型占全国旅游资源基本类型的 66.5%,其中自然类 45 个,占全疆类型总数的 43.7%^[3],冰峰耸立,沙漠浩瀚,草原辽阔,绿洲点布,生态环境优越。

新疆森林资源丰富,多为原始森林,其林业类型以释放丰富的康养因子—植物精气的西伯利亚落叶松和雪岭云杉、针叶柏等为主。全疆现拥有森林面积达 802 万 hm^2 ,森林覆盖率 4.87%,森林蓄积 3.92 亿 m^3 。目前已建立各类型自然保护区 52 处,其中:林业系统建立和管理的 46 处,总面积 937.57 万 hm^2 ;建立各级森林公园 65 处,其中国家级 24 处,省级 33 处,县市级 8 处;52 个国家级湿地公园,总面积达 394.82 万 hm^2 ;29 个国家级沙漠公园,107 个国家有林场。野生动植物资源丰富,其中有野生脊椎动物 700 余种(国家重点保护动物 116 种),占全国重点保护野生动物的 1/3。

全疆共辖 4 个地级市、5 个地区、5 个自治州,13 个市辖区、24 个县级市、62 个县、6 个自治县,2 226

万人口,本研究以新疆 14 个地州为研究区域(生产建设兵团除外)。

1.2 数据来源与处理

本研究的统计数据信息主要来源于国家旅游局、国家林业局等官方公布的资料及新疆统计年鉴,并用 Microsoft Excel 2013 处理得到,详见表 1;空间分析采用的数据(新疆行政区图、道路数据)来自国家基础地理信息中心(<http://ngcc.sbsm.gov.cn/>),点、线、面的矢量图均通过转换坐标参数、统一地图投影等,并利用 ArcGIS 10.2 软件对其进行空间矢量化操作得到。

表 1 数据来源

Tab. 1 Data sources

数据内容	数据来源
2017 年新疆各级森林公园数据	新疆维吾尔自治区林业厅森林公园管理办公室
新疆 1A~5A 级景区数据	新疆维吾尔自治区旅游局官网 http://zw.xinjiangtour.gov.cn/gzfw/lyml/Ajjq.htm
2016 年新疆各地区城市人口密度、面积、人均 GDP、林果等数据	《新疆统计年鉴》2016 年

1.3 研究方法

1) 平均最邻近指数

从宏观上看,森林公园在空间上可以被看作是点,点状事物有均匀分布、随机分布和凝聚分布 3 种类型。最邻近点指数(Average nearest index)表示点状事物在地理空间中相互邻近程度的地理指标^[4-5],是研究其空间分布类型的主要方法之一。其公式如下:

$$R = \frac{\bar{x}}{x_E} = \frac{\bar{x}}{1/2\sqrt{n/s}} = 2\bar{x}\sqrt{n/s} \quad (1)$$

式中, R 为最邻近点指数; \bar{x} 为每个点与其最近点之间距离的平均值, x_E 为理论平均距离, n 为森林公园的总数, S 为区域面积。

当 $R > 1$ 时,表明新疆森林公园分布类型为均匀分布;当 $R = 1$ 时,表明分布类型为随机分布;当 $R < 1$

时,表明分布类型为聚集分布; R 值越接近 1,则分布类型聚集程度越低。

2) Voronoi 多边形面积的变异系数

为了验证最邻近指数的准确性,用 Voronoi 多边形面积的变异系数(the coefficient of variation, CV)对其计算结果进行检验,公式如下:

$$CV = S/M \quad (2)$$

式中, CV 为变异系数, S 为 Voronoi 多边形面积的标准差值, M 为 Voronoi 多边形面积的平均值^[6], Charles Duyckaerts^[7] 在研究中提出 3 个 CV 值: 当 $33\% < CV < 64\%$ 值, 则点为随机分布; 当 $CV > 64\%$, 则点为集聚分布; 当 $CV < 33\%$, 则点为集均匀分布^[8]。

3) 基尼指数

基尼系数(Gini)是由意大利经济学家基尼提出的用于测量收入分配差异的指标,后来被引入地理学研究中,成为研究离散区域空间分布的重要方法。主要用于不同研究对象区域分布差异的对比,进而找出其地域分布变化的规律^[69]。计算公式较多,本研究采用的公式为:

$$Gini = \frac{-\sum_{i=1}^n P_i \ln P_i}{L_n N} \quad (3)$$

$$C = 1 - Gini \quad (4)$$

式中, Gini 为基尼指数; C 为分布均匀度; P_i 为第 i 个区域内森林公园数量占全疆的比重; N 为区域总数。其中 Gini 取值在 0~1, 其值越接近于 0, 表明区域间分布越平均; 其值越接近 1, 表明区域间分布越集中, 均匀程度越低^[10-11]。

4) 地理集中指数

地理集中指数(Central index of geography)是指研究某地理事物在地域上集中程度的指标,其计算公式为:

$$G = 100 \sqrt{\sum_{i=1}^n \left(\frac{x_i}{T}\right)^2} \quad (5)$$

$$G_m = 100 \times \sqrt{1/n} \quad (6)$$

式中: G 为地理集中指数; x_i 为第 i 个区域森林公园的数量, T 为区域森林公园的总数, G 的取值在 0~100; G 值越大, 森林公园分布越集中; G 值越小, 森林公园分布越分散^[12-13]; G 值越接近, 则研究对象越呈均匀分布; n 为研究区的数量。

2 新疆森林资源空间格局

2.1 空间分布的类型

1) 最邻近指数分析

以新疆 65 个森林公园为基础, 将其抽象成点状要素, 运用 GIS 技术经图形矢量化处理得到图 1。为便于研究, 将 65 个森林公园分别标注为 1~65 号。

根据最邻近指数分析法, 结合图 1, 通过 ArcGIS 10.2 软件中 Spatial Statistics Tools 中的 Average Nearest Neighbor 工具进行计算, 得到其最邻近的景区之间的实际最邻近直线距离 i ($i=1\sim 65$), 如表 2, 由此算出平均最邻近距离为 54.43 km。由于新疆维吾尔自治区的面积为 1 664 900 km², 则 $X_e \approx 80.05$ km, 即实际最邻近距离小于理论最邻近距离, 因此 $R=0.6677 < 1$ 。由此可知, 新疆森林公园分布为聚集分布格局。

2) Voronoi 多边形面积的变异系数分析

为了验证最邻近指数的准确性, 用 Voronoi 多边形面积的变异系数(the coefficient of variation, CV)对其计算结果进行检验。在 ArcGIS 10.2 环境下, 基于图 1, 以 65 个新疆森林公园为质心, 生成 65 个普通 Voronoi 多边形(图 2), 其面积标记为 $S_1 \sim S_{65}$ 。测算各 Voronoi 多边形的面积, 结果如表 3 所示。计算得出 M 为 40 200.78 km², S 为 61 512.12 km², 则变异系数为 $153\% > 64\%$, 进一步验证了新疆森林公园呈集聚分布格局。

2.2 空间分布的均衡性

2.2.1 分布均衡程度

为了更精确地分析新疆森林公园空间分布的均衡程度, 以全疆 14 个地州(除去兵团)为区划, 分别统计其拥有的森林公园数量(表 3), 利用基尼系数来研究新疆森林康养资源空间分布的均衡程度。

理论上, 基尼系数介于 0~1, 越大表明集中程度越高, 均匀程度越低。运用公式(3)、(4)计算得出 $Gini=0.8894$, $C=0.1106$, 说明新疆森林公园在 12 个地州(仅包括拥有森林公园的地州)内呈高度集中分布, 各地市间发展不平衡。

2.2.2 分布集中程度

文章用地理集中指数来研究新疆森林公园的空间分布集中程度, 统计 65 个森林公园分别在 14 个地州(兵团除外)的分布情况, 因此 n 为 14, 则 $G_m \approx 26.73$, 然后根据公式(5)分别计算国家级森林公园、自治区级森林公园和县市级森林公园的地理集

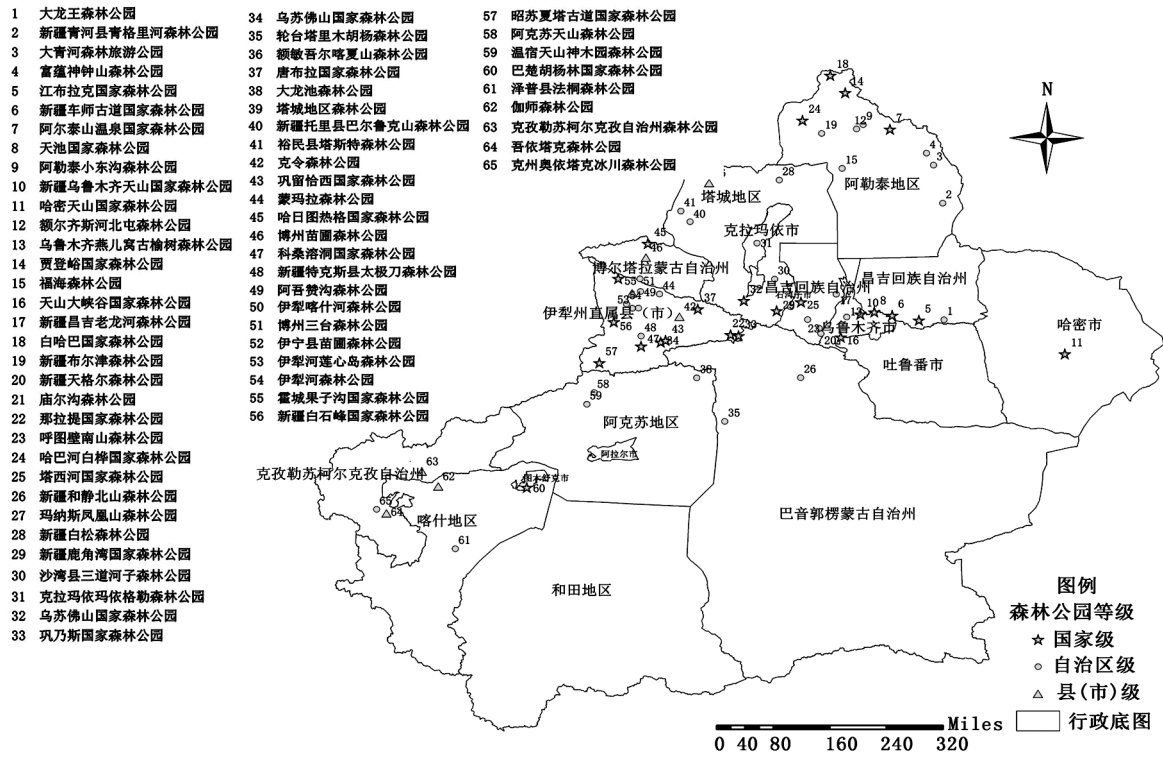


图 1 新疆森林公园分布
 Fig. 1 Distribution of forest parks in Xinjiang

表 2 新疆森林公园空间点最邻近情况

Tab. 2 Closest spatial points of forest parks in Xinjiang

公园编号	最邻近公园编号	最邻近距离 /km	公园编号	最邻近公园编号	最邻近距离 /km	公园编号	最邻近公园编号	最邻近距离 /km
1	5	57.0849	23	21	33.8427	45	46	34.9950
2	3	95.5133	24	19	54.2386	46	45	34.9950
3	4	33.2386	25	27	26.3628	47	48	25.0868
4	3	33.2386	26	20	117.0930	48	47	25.0868
5	1	57.0849	27	25	26.3628	49	52	19.4388
6	8	41.4089	28	15	145.9949	50	53	14.4710
7	9	62.0657	29	27	33.3478	51	49	30.9709
8	10	32.0857	30	27	77.2422	52	49	19.4388
9	12	18.7451	31	30	96.6484	53	50	14.4710
10	13	31.8239	32	34	42.4215	54	53	17.0025
11	1	287.3278	33	22	18.1304	55	52	48.0055
12	9	18.7451	34	32	42.4215	56	54	52.5563
13	10	31.8239	35	38	124.0837	57	58	73.3769
14	18	54.5539	36	39	48.3192	58	59	33.2605
15	19	97.3004	37	42	45.7310	59	58	33.2605
16	20	45.9543	38	43	115.5623	60	62	201.5153
17	13	60.5547	39	36	48.3192	61	62	156.9989
18	14	54.5539	40	41	33.7113	62	63	52.1176
19	24	54.2386	41	40	33.7113	63	62	52.1176
20	21	13.5798	42	37	45.7310	64	65	25.2485
21	20	13.5798	43	48	57.0264	65	64	25.2485
22	33	18.1304	44	49	43.5853			

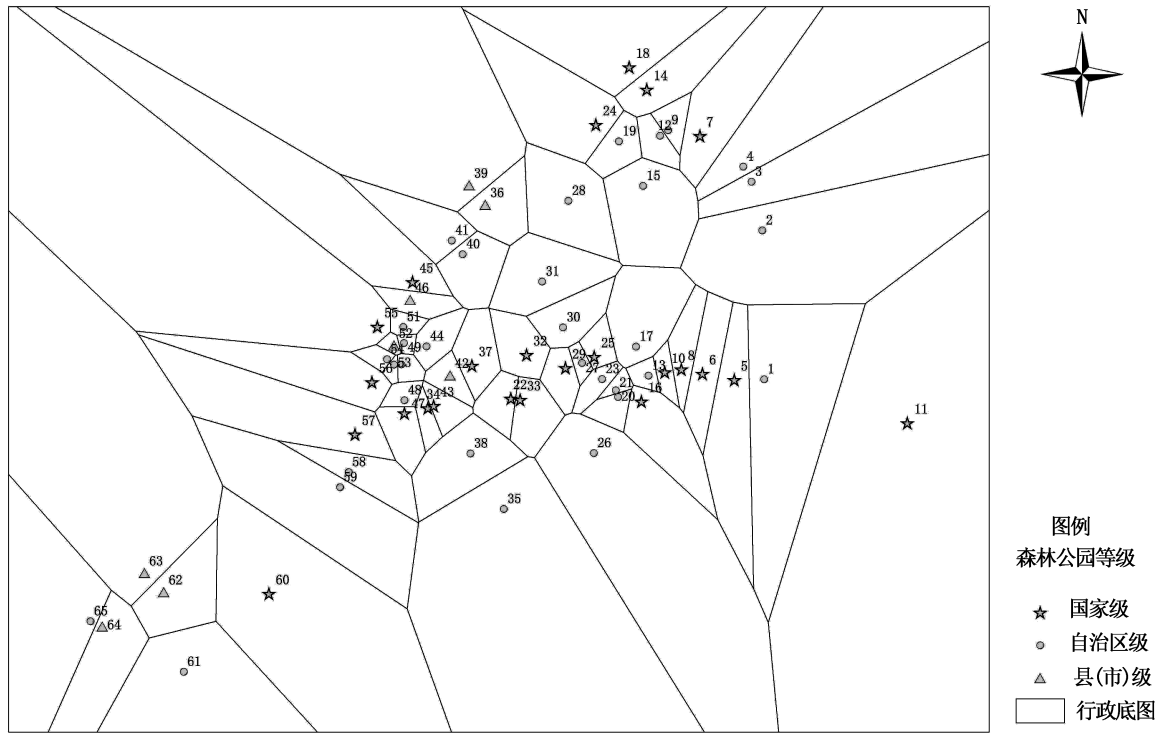


图 2 新疆森林公园 Voronoi 图

Fig. 2 Voronoi diagram of forest parks in Xinjiang

表 3 新疆森林公园总量空间分布

Tab. 3 Spatial distribution of forest parks in Xinjiang

地市	森林公园总数	森林公园占全疆总量 / %	累积比重 / %	国家级	自治区级	县市级
伊犁州直属县(市)	15	23.08	23.08	7	6	2
阿勒泰地区	11	16.92	40.00	4	7	0
昌吉回族自治州	9	13.85	53.85	4	5	0
塔城地区	8	12.31	66.16	2	4	2
乌鲁木齐市	4	6.15	72.31	2	2	0
喀什地区	4	6.15	78.46	2	1	1
博尔塔拉蒙古自治州	3	4.62	83.08	1	1	1
巴音郭楞蒙古自治州	3	4.62	87.70	1	2	0
阿克苏地区	3	4.62	92.32	0	3	0
克孜勒苏柯尔克孜自治州	3	4.62	96.94	0	1	2
克拉玛依市	1	1.54	98.48	0	1	0
哈密市	1	1.54	100.00	1	0	0
合计	65	100		24	33	8

说明:表中未列的其他地市森林公园数量为 0

中指数(表 4)。

表 4 新疆各级森林公园地理集中指数

Tab. 4 Geographic concentration index of forest parks in Xinjiang

	各级别森林公园	国家级森林公园	自治区级森林公园	县市级森林公园
G	36.44	40.82	36.74	46.77
G_m	26.73	26.73	26.73	26.73
差值 ($G-G_m$)	9.71	14.09	10.01	20.04

由表 4 可以看出,新疆各级森林公园的地理集中指数皆大于 26.73,表明其在空间分布上较为集中,其中县市级森林公园最为集中,国家级和自治区级森林公园呈逐级递减趋势。

此外,由表 3 可以看出,伊犁州直属县(市)和阿勒泰地区的各级森林公园数量最多,均达到 10 个以上,伊犁州直属县(市)、阿勒泰地区和昌吉回族自治州的累积数量比重达到 50%以上,即全省一半以上的森林公园集中在全省 21%的地区。综上所述,新疆森林公园在省际空间尺度上分布较为集中,便于发挥内部的集聚优势,实现资源的联动开发。

3 森林康养资源分布影响因素

3.1 资源禀赋条件

森林康养旅游是森林旅游和康养旅游相互融合的产业,它的发展离不开森林公园,也离不开康养产品和旅游资源。林果作为重要的林下康养产品,其分布对发展森林康养旅游具有产业联动作用。

1) 林果资源

水果富含各种维生素,能降低人体多种疾病的危险性,而且果树具有净化大气、固碳释氧的功能^[14]。新疆拥有丰富的林果资源,是发展康养旅游的有利条件。截至 2017 年底,全疆林果种植面积 123.73 万hm²,包括红枣、核桃、枸杞、葡萄、苹果、香梨等 9 种特色养生林果。但是新疆的林果资源分布不均,主要分布在南疆,其中喀什、阿克苏与和田地区分布最多,累计占比达到 72.5%;而乌鲁木齐、克

拉玛依和博州分布最少,累计不达 1%。南疆地区的森林公园可与林果资源形成联动,发展森林康养旅游。

2) 旅游资源

截至 2017 年 12 月,新疆共拥有 A 级景区 341 个(图 3),其中 12 个 5A 级景区,仅次于河南,全国排名第四;3A 级以上 216 个,约占全省的 63.3%,可见旅游资源品质较高。52.78%的景区集中分布在伊犁州直属县(市)、喀什地区、昌吉州和乌鲁木齐市,其中伊犁州直属县(市)和昌吉回族自治州还拥有丰富的森林资源,因此伊犁直属县(市)和昌吉回族自治州具有比较大的发展潜力。以森林公园为核心,借助周边发展比较成熟的 3A 级及以上景区联动优势,发挥景区边缘效应是旅游发展重要途径,因而丰富的旅游景区也成为森林康养旅游发展的有效依托。

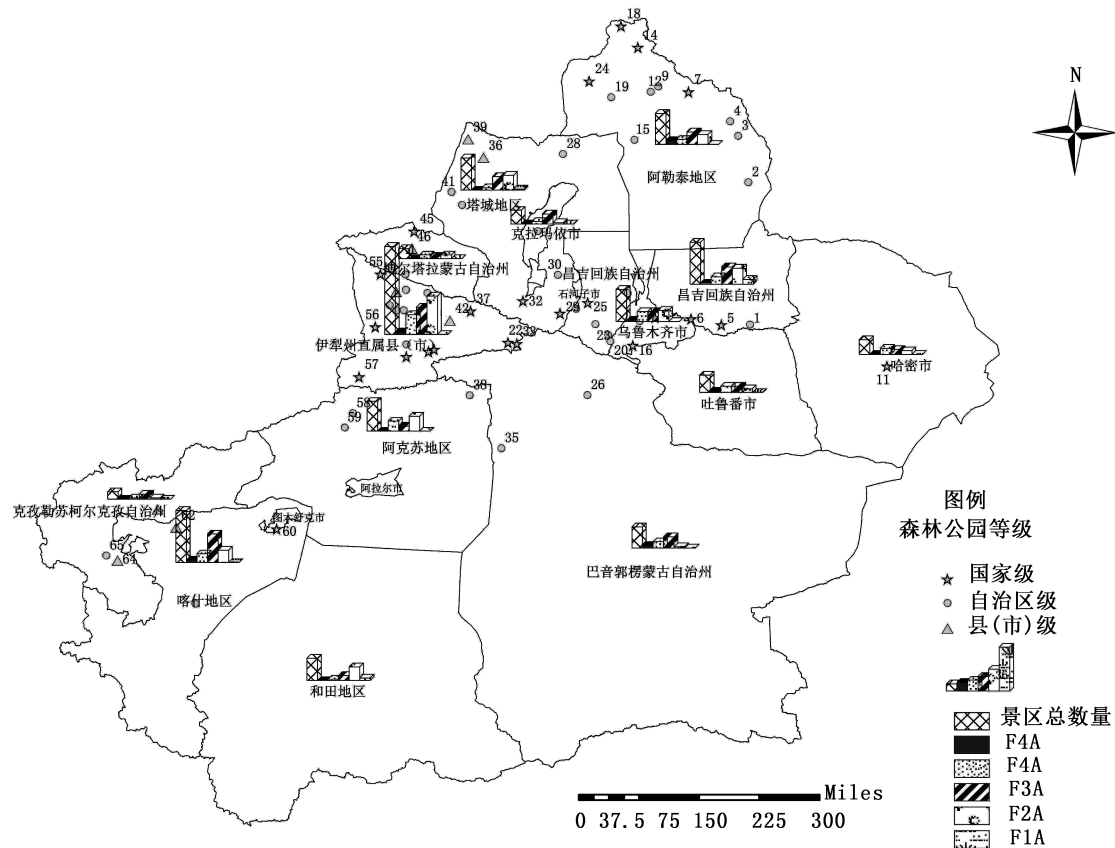


图 3 新疆森林公园与旅游景区分布

Fig. 3 Relationship between the distribution of scenic spots and forest parks in Xinjiang

3) 水资源

相关研究表明,在河流、湖泊等水域附近的森林康养离子——负氧离子浓度水平较高,因此丰富的

水域资源有利于发展森林康养旅游。而新疆水资源受季节因素影响,时空分布极不均衡。全疆水资源量约占全国的 3%,共有伊犁河、塔里木河、额尔齐

斯河等大小河流 570 条,人均水资源量大,是全国人均数的 2.25 倍。将水网流域与森林公园叠加(图 4)发现,新疆的河流主要集中分布在阿勒泰地区北部、塔城地区、伊犁州直属县(市)、昌吉回族自治州、克州以及喀什地区;河流密集处森林公园分布较多,重合度较高,有利于发展森林康养旅游。

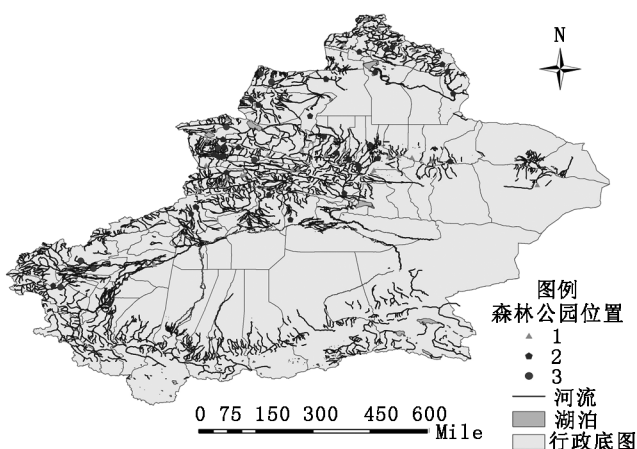


图 4 新疆森林公园与水网分布的关系

Fig. 4 Relationship between the distribution of water network and forest parks in Xinjiang

4) 医疗资源

医疗资源作为发展康养旅游的重要因素之一,其丰富度对发展森林康养具有一定的协同作用。以床位数作为衡量医疗资源丰富度。截至 2016 年 12 月,全疆 14 个地市共有 14.453 5 万张床位,其中乌鲁木齐、喀什和田地区最多,均超过 2 万张;其次是伊犁州直属县(市)、阿克苏地区和昌吉回族自治州,均在 8 000 张以上。由于克拉玛依人口较少,拥有床位数最低。

3.2 经济基础

森林康养旅游的发展离不开经济基础的支持,区域资源整体规划、产品设计以及客源收入都不同程度地需要地方经济的支持。通过新疆统计年鉴中公布的 2016 年各地州人均地方生产总值,将其均值作为区分区域经济发展程度的界线,并将 14 个地州划分为经济发达地区(人均 GDP 均值 ≥ 6.0 万元)、中等发达地区(4.8 万元 \leq 人均 GDP 均值 < 6.0 万元)和欠发达地区(人均 GDP 均值 < 4.8 万元)。结果发现,由于克拉玛依是一个石油城市,发达程度较高,但是其森林资源很少。除了克拉玛依,新疆森林公园主要分布在欠发达地区和发达地区,而中等发达地区的森林公园数量较少,仅占全疆的 10.77%。

3.3 人口密度

游客是旅游的客体,区域人口密度在一定程度上代表着森林康养旅游的客源市场。截至 2016 年,新疆人口共计 2 302.32 万。利用 ArcGIS 10.2 Quantities 进行可视化处理,利用自然断点法将人口密度分为 4 个等级,与森林公园分布情况进行叠加(图 5)。

从图 5 叠加结果发现,新疆 65 个森林公园相对集中地分布在伊犁州直属县(市)、塔城地区、昌吉州和阿勒泰地区,人口除伊犁州直属县(市)外,大多都低于 150 万;而乌鲁木齐、阿克苏和喀什等人口密度大的地区,其森林公园数量较少。总体上,森林公园布局与人口分布重合性不高,依赖当地居民作为发展森林康养旅游的客源受到了限制。

3.4 交通条件

交通通达度是旅游发展的必要条件,森林康养旅游的发展也离不开交通条件,良好的区位和交通通达度在一定程度上缩减了客源地与目的地之间的交通时间,也增强了对游客的吸引力。新疆面积大,交通成为影响旅游可达性的主要因素;而新疆交通密度小,其中铁路和高速公路较少且重合度高,国道和省道数量相对较多,分布较广,成为新疆旅游主要的交通方式。运用 ArcGIS 10.2 将新疆森林公园的空间分布与主要铁路、高速、国道、省道进行叠加生成图 6。

从图 6 叠加结果发现,①新疆森林公园的交通通达度较差,多数森林公园与交通干线距离较远,尤其是铁路,多数森林公园无法通过铁路直接抵达,省道的通达度相对较好;②省道交通网络密集区森林公园分布较多,如伊犁州直属县(市)、乌昌地区,但是直达的较少,尤其是交通枢纽处分布更少;③喀什地区森林资源大多分布在省道附近。综上,新疆森林资源大多远离市中心,其空气质量较好,适合发展康养,但是其交通不便,尤其是阿勒泰地区森林资源丰富处交通闭塞,交通将成为限制其发展的主要因素之一。

4 结论与建议

4.1 结论

以新疆 65 个森林公园为基础,运用最邻近指数、地理集中系数和基尼指数等空间结构分析方法,对其森林康养资源进行了分析,得出以下结论:

1) 新疆森林公园的最邻近指数 $R = 0.6677 < 1$,同时以森林公园为质心生成的 Voronoi 多边形面

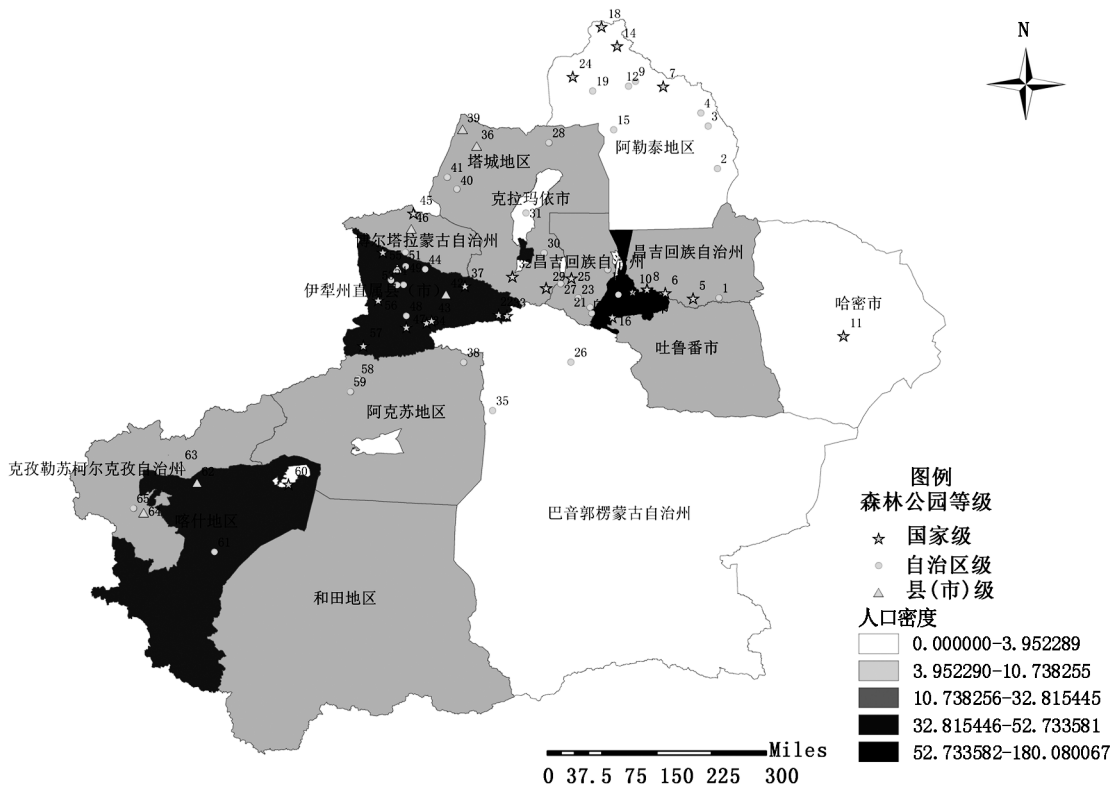


图 5 新疆森林公园与人口密度分布关系

Fig. 5 Relationship between the distribution of population density and forest parks in Xinjiang

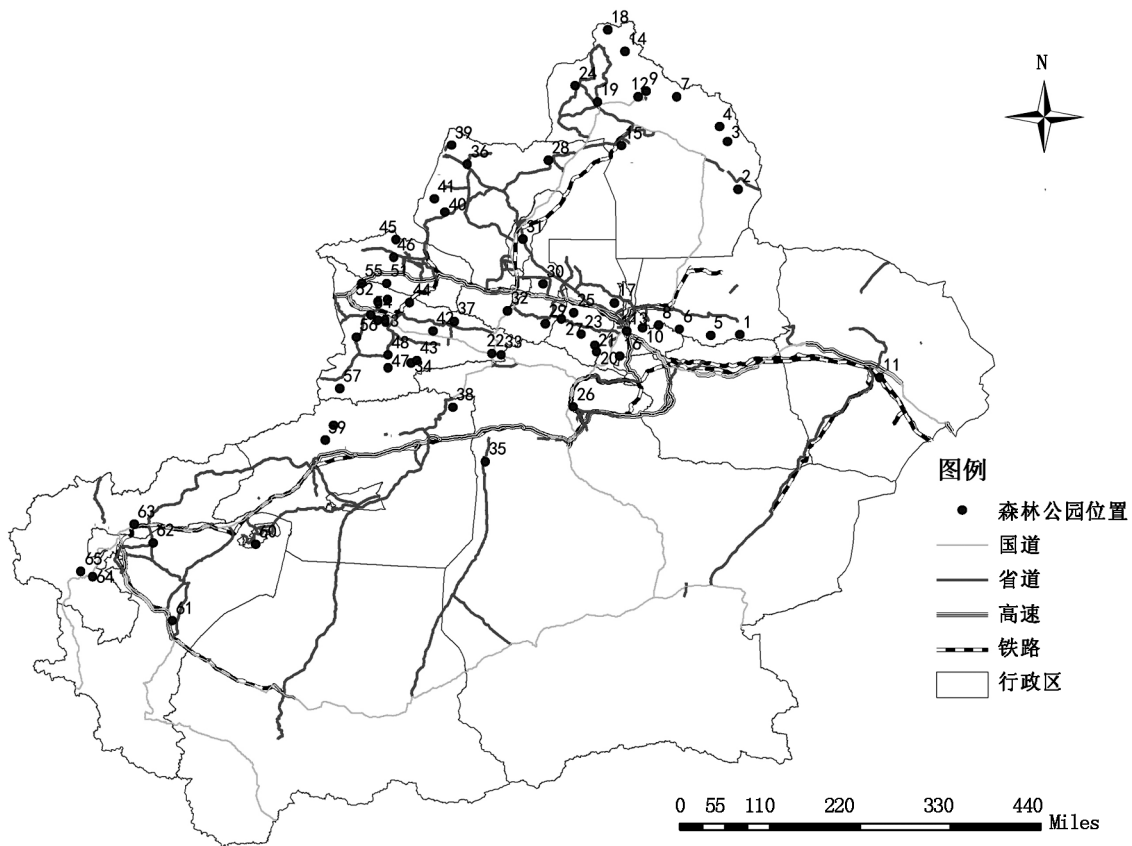


图 6 新疆森林公园与交通分布关系

Fig. 6 Relationship between the distribution of traffic and forest parks in Xinjiang

积的变异系数值为 153%,说明新疆森林公园总体空间分布类型为集聚性,在空间上呈集聚分布格局,但集聚程度不高。

2)新疆维吾尔自治区森林公园总体分布的地理集中指数与基尼指数分别为 0.889 4 和 36.44,表明新疆森林公园在省际空间范围内呈非均衡的集中分布,且分布均匀度较大;其中县市级森林公园最为集中,国家级和自治区级森林公园呈逐级递减趋势。

3)森林公园的空间分布格局与人口密度、交通条件及经济基础的重合度均不高,但是其资源禀赋条件好,水资源和周边景区与森林公园重合度高,发展潜力大。

4.2 建议

1)发挥周边景点、资源的节点作用,实现森林康养旅游的联动发展。由于新疆森林康养旅游发展处于初级阶段,其发展多依托于传统知名景区及特色康养资源,因此需要充分利用旅游景点的节点作用,设计旅游环线,以带动森林康养旅游的发展。

2)增强旅游基础设施建设,提高交通通达度。新疆森林公园分布与交通网络重合度较低,通达性较差,限制了森林康养旅游的开发,因此应该完善通往森林公园的交通设施,促进其发展。

3)发挥主题特色,明确特色定位。新疆地域辽阔,资源、文化差异大,各地州应根据自身特色,有效利用当地优势资源,找准主题定位,进行差异化发展,形成产业分区。

参考文献:

[1] 丛日征,王兵,牛香,等. 陕西省森林生态系统净化大气环境功能价值评估[J]. 西北林学院学报,2017,32(5): 75-82.

[2] 刘端,白志强,韩燕梁. 喀纳斯国家级森林公园景区夏秋季空气负离子浓度变化特征[J]. 西北林学院学报,

2015,30(3):253-257.

[3] 王燕,阎顺,赵彩龙. 新疆旅游资源的类型、等级及空间分布特征[J]. 干旱区地理,2009,32(5):783-790.

[4] 杨忍,刘彦随,龙花楼,等. 中国村庄空间分布特征及空间优化重组解析[J]. 地理科学,2016,36(2):170-179.

[5] STEPHEN L,SMITH J. 旅游决策与分析方法[M]. 李天元,等,译. 天津:南开大学出版社,2006:285-289.

[6] 刘晓明. 我国主题公园产业的时空布局与理性发展研究[J]. 中南林业科技大学学报(社会科学版),2013,7(4):35-39.

[7] CHARLES D,GILLES G. Voronoi Tessellation to Study the Numerical Density and the Spatial Distribution of Neurons[J]. Journal of Chemical Neuro-anatomy, 2000, 20:83-92.

[8] 把多勋,王瑞,夏冰. 甘肃省民族旅游资源空间分布研究[J]. 地域研究与开发,2013,32(3):77-82.

[9] 王挣. 贵州省旅游业区位重构研究[J]. 地理研究, 2003,22(3):313-323.

[10] 吴必虎,唐子颖. 旅游吸引物空间结构分析——以中国首批国家 4A 级旅游区(点)为例[J]. 人文地理, 2003(1):1-5.

[11] 孔石,曾頔,杨宇博,等. 中国国家级自然保护区与森林公园空间分布差异比较[J]. 东北农业大学学报, 2013,44(11):56-61.

[12] 保继刚,甘荫雨. 改革开放以来中国城市旅游目的地地位变化及因素分析[J]. 地理科学,2004,24(3):365-370.

[13] 吴泓,顾朝林,马荣华,等. 江苏省国内旅游结构特征研究[J]. 地理科学,2003,23(6):755-761.

[14] 张伟燕,师庆东,张毓涛,等. 新疆南部特色林果的生态系统服务功能价值评估[J]. 干旱区研究,2017,34(1):215-222.

责任编辑:刘平书

校对:许春霞 刘平书

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2021.02.025

修枝抚育对杉木生长量的影响研究

林国刘

(云南省林业调查规划院,云南 昆明 650051)

摘要:在马关县金城林场森林抚育试点区县代表性杉木纯林中设置监测样地和对照样地,对观测样地于 2010 年进行修枝抚育,并于 2010 年、2011 年、2013 年、2016 年进行增长量观测,对比观测当年较 2010 年增长量和增长率变化,对比分析杉木修枝抚育和未抚育林分差异情况。研究表明,修枝抚育杉木林分平均胸径、平均树高、蓄积、森林生物量、森林碳储量均明显高于未抚育林分,并且在一定时期处于上升态势。因此,修枝抚育能有效提高杉木生长量。建议加强杉木经营管理,适时开展森林抚育,改善杉木生长空间。

关键词:杉木;修枝抚育;生长量;生物量;碳储量

中图分类号:S753.518;S791.27 文献标志码:A 文章编号:1671-3168(2021)02-0137-06

引文格式:林国刘.修枝抚育对杉木生长量的影响研究[J].林业调查规划,2021,46(2):137-142,147.

doi:10.3969/j.issn1671-3168.2021.02.025

LIN Guoliu. Effect of Pruning and Tending on Growth of *Cunninghamia lanceolata* [J]. Forest Inventory and Planning, 2021, 46(2): 137-142, 147. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2021.02.025

Effect of Pruning and Tending on Growth of *Cunninghamia lanceolata*

LIN Guoliu

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

Abstract: The monitoring sample plots and control sample plots were set up in the representative pure forest of *Cunninghamia lanceolata* in Jincheng Forest Farm of Maguan County to observe the growth amount in 2010, 2011, 2013 and 2016 after pruning and tending in 2010, make a comparison of the growth amount and growth rate, and analyze the differences between pruning and tending stands and non tending stands. The results showed that the average DBH, average tree height, volume, forest biomass and forest carbon storage of pruning and tending stands were significantly higher than those of non tending stands, which could effectively improve the growth of *Cunninghamia lanceolata*. This paper suggested to strengthened the management, timely carry out forest tending and improve the growth space of *Cunninghamia lanceolata*.

Key words: *Cunninghamia lanceolata*; pruning and tending; growth; biomass; carbon storage

杉木属杉科杉木属高大乔木,为亚热带树种,在我国南方地区广泛栽培,具有生长速度快、材质好、产量高、用途广等特点。长期以来,由于林权所有者经营管理意识薄弱,管理方式粗放,杉木生长潜能未

收稿日期:2020-05-22;修回日期:2020-06-10.

第一作者:林国刘(1984-),男,云南腾冲人,工程师.从事林业调查规划工作.

得到有效发挥。为提高杉木生长能力和质量,科学实施森林抚育是提高杉木经营管理水平的重要举措之一。森林抚育是指从幼树郁闭成林到林分成熟前为实现培育目标所采取的各种调节自然选择和树木竞争的营林措施的总称,包括抚育采伐、补植、修枝、浇水、施肥、人工促进天然更新以及视情况进行的割灌、割藤、除草等辅助作业活动。林木在生长过程中,因枝叶过于茂盛,加剧了林木对空间、光热、水分的争夺,影响林木生长,降低林木质量的现象较为显著。因此,树木修枝成为培养高质量、无节子健康树木的重要作业措施,也是提高木材价值的有效方法^[1]。为探索杉木修枝抚育对于林木生长的作用,通过设置修枝抚育监测样地和未抚育对照样地,对比分析其平均胸径、平均树高、蓄积、森林生物量、碳储量等生长因子差异情况,研究修枝抚育为杉木生长的影响程度,以期对杉木可持续发展及科学经营管理提供借鉴。

1 研究区域概况

马关县位于云南省东南部,总面积 2 676 km²,辖 4 乡 9 镇 118 个行政村和 6 个社区。县城驻地马白镇距州府文山 54 km,距省会昆明 386 km,海拔 1 340 m。年均温 17.8℃,年降雨量 1 879.7 mm^[2]。全县林地总面积 155 215.3 hm²,其中:有林地 108 625.5 hm²,疏林地 2 155.7 hm²,灌木林地 28 822.8 hm²,未成林造林地 9 227.3 hm²,苗圃地 21.9 hm²,无立木林地 2 073.0 hm²,宜林地 4 284.8 hm²,辅助生产林地 4.3 hm²。森林覆盖率 44.81%,林木绿化率 55.21%。主要优势树种(组)有杉木、其他阔叶、桉木、栎类、云南松等。杉木是当地主要用材树种,杉木林面积 37 649.2 hm²,占全县有林地面积的 34.66%,郁闭度 ≥ 0.70 面积 7 493.2 hm²,郁闭度为 0.49~0.69 面积 27 535.4 hm²,郁闭度为 0.20~0.39 面积 2 620.6 hm²^[3]。

2 数据与方法

2.1 样地设置与调查

2010 年,在马关县金城林场森林抚育试点区选择具有代表性杉木纯林地地块,分别设置面积为 0.102 4 hm² 的方形监测样地和对照样地各一块。样地杉木均为中龄林(1996 年造林),两块样地海拔、土壤、坡位、坡向等立地因子完全一致。监测样地于 2010 年进行修枝抚育,修去树高度 1/2 以下

的枝条。修枝抚育前郁闭度为 0.86,抚育后郁闭度为 0.65。

观测样地时间分别为抚育当年(2010 年)、抚育后第一年(2011 年)、抚育后第三年(2013 年)、抚育后第六年(2016 年)4 个时段,对样地内已达检尺($D \geq 5$ cm)的杉木活立木进行每木检尺,逐一记录胸径,选取样地内平均胸径代表木 5 株实测树高(H)。对照样地未进行任何抚育措施,其调查年度和调查方法与监测样地相同(表 1)。

表 1 样地数据

Tab. 1 Data of sample plots

样地	年度	样方面积 /hm ²	树种 组成	株数 /株	D /cm	H /m
监测样地	2010 年	0.1024	10 杉木	207	14.7	10.5
监测样地	2011 年	0.1024	10 杉木	207	15.2	12.2
监测样地	2013 年	0.1024	10 杉木	205	16.3	13.1
监测样地	2016 年	0.1024	10 杉木	205	17.1	14.1
对照样地	2010 年	0.1024	10 杉木	194	12.9	10.1
对照样地	2011 年	0.1024	10 杉木	194	13.6	10.4
对照样地	2013 年	0.1024	10 杉木	198	14.2	10.9
对照样地	2016 年	0.1024	10 杉木	198	14.8	11.6

2.2 数据处理

样地内树木采用胸高断面面积加权计算平均胸径(D),采用实测样木算术平均法求算平均树高(H),采用二元材积表(公式)求算样地蓄积,以样地蓄积推算每公顷蓄积,以每公顷蓄积计算森林生物量,以森林生物量计算森林碳储量。

1) 杉木蓄积计算采用胸高形数法:

$$V = G \times FH \quad FH = aH^b / D^c$$

式中, V 为蓄积, G 为断面积, FH 为二元形高, H 为平均树高, D 为平均胸径, a 、 b 、 c 为参数,其中 $a = 1.01191464$, $b = 0.91284379$, $c = 0.1710456$ 。

2) 杉木森林生物量计算公式^[4-6]:

$$y = A \times V \times BEF \quad BEF = a + b/V$$

式中, y 为生物量, A 为面积, BEF 为对应的换算因子, a 、 b 为参数, $a = 0.3999$, $b = 22.5410$ 。

3) 杉木碳储量计算公式^[7]:

$$C = B \times C_F$$

式中, C 为碳储量, B 为生物量, C_F 为生物量含碳率($C_F = 0.4854$)。

2.3 研究方法

根据采集的观测数据,计算 2010 年、2011 年、

2013 年、2016 年抚育样地、未抚育样地的平均胸径、平均树高、蓄积、生物量、碳储量 5 项指数,以及 2011 年、2013 年、2016 年 5 项指数较 2010 年 5 项指数的增长量和增长率,对比分析修枝抚育和未抚育对杉木 5 项指数的影响程度。

3 结果分析

3.1 平均胸径增长量分析

通过对 2011 年、2013 年、2016 年数据进行分析,抚育林分与未抚育林分平均胸径增长量和增长率存在明显差异(表 2)。

表 2 平均胸径增长量
Tab. 2 Average DBH growth

年度	D/cm		增长量/cm		增长率/%	
	监测样地	对照样地	监测样地	对照样地	监测样地	对照样地
2010 年	14.7	12.9				
2011 年	15.2	13.6	0.5	0.7	3.4	5.4
2013 年	16.3	14.2	1.6	1.3	10.9	10.1
2016 年	17.1	14.8	2.4	1.9	16.3	14.7

从表 2 可以看出,抚育后第一年(2011 年)监测样地平均胸径较 2010 年增加了 0.5 cm,对照样地平均胸径较 2010 年增加了 0.7 cm,监测样地平均胸径增长量小于对照样地 0.2 cm;抚育后第三年(2013 年)监测样地平均胸径较 2010 年增加了 1.6 cm,对照样地平均胸径较 2010 年增加了 1.3 cm,监测样地平均胸径增长量高于对照样地 0.3 cm;抚育后第六年(2016 年)监测样地平均胸径较 2010 年增加了 2.4 cm,对照样地平均胸径较 2010 年增加了 1.9 cm,监测样地平均胸径增长量高于对照样地 0.5 cm。由此可见,抚育监测样地平均胸径增长量从抚育后第三年开始明显高于未抚育对照样地。

从表 2 可以看出,抚育后第一年监测样地平均胸径较 2010 年增长了 3.4%,对照样地平均胸径较 2010 年增长了 5.4%,监测样地平均胸径增长率低于对照样地 2%;抚育后第三年监测样地平均胸径较 2010 年增长了 10.9%,对照样地平均胸径较 2010 年增长了 10.1%,监测样地平均胸径增长率高于对照样地 0.8%;抚育后第六年监测样地平均胸径较 2010 年增长了 16.3%,对照样地平均胸径较 2010 年增长了 14.7%,监测样地平均胸径增长率高

于对照样地 1.6%。由此可见,抚育监测样地平均胸径增长率从抚育后第三年开始明显高于未抚育对照样地(图 1)。

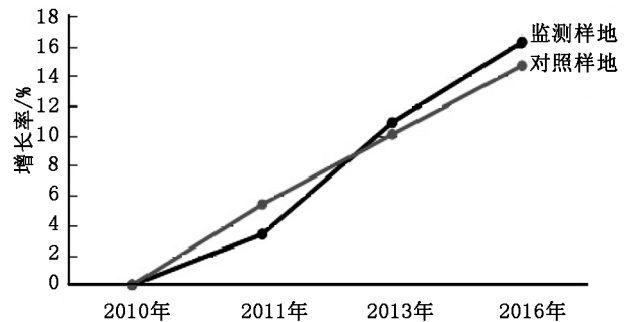


图 1 平均胸径增长趋势(率)对比

Fig. 1 Comparison of average DBH growth trend(rate)

从图 1 可以看出,抚育后第一年监测样地平均胸径小于对照样地平均胸径增长率,抚育后第三年开始,监测样地增长率明显大于对照样地,且差距呈上升态势。因此,修枝抚育有利于杉木胸径增长。

3.2 平均树高增长量分析

通过对 2011 年、2013 年、2016 年数据进行分析,抚育林分与未抚育林分平均树高增长量和增长率存在明显差异(表 3)。

表 3 平均树高增长量
Tab. 3 Average tree height growth

年度	H/m		增长量/m		增长率/%	
	监测样地	对照样地	监测样地	对照样地	监测样地	对照样地
2010 年	10.5	10.1				
2011 年	12.2	10.4	1.7	0.3	16.2	3.0
2013 年	13.1	10.9	2.6	0.8	24.8	7.9
2016 年	14.1	11.6	3.6	1.5	34.3	14.9

从表 3 可以看出,抚育后第一年监测样地平均树高较 2010 年增加了 1.7 m,对照样地平均树高较 2010 年增加了 0.3 m,监测样地平均树高增长量高于对照样地 1.4 m;抚育后第三年监测样地平均树高较 2010 年增加了 2.6 m,对照样地平均树高较 2010 年增加了 0.8 m,监测样地平均树高增长量高于对照样地 1.8 m;抚育后第六年监测样地平均树高较 2010 年增加了 3.6 m,对照样地平均树高较 2010 年增加了 1.5 m,监测样地平均树高增长量高于对照样地 2.1 m。由此可见,抚育监测样地平均

树高增长量明显高于未抚育对照样地。

从表 3 可以看出,抚育后第一年监测样地平均树高较 2010 年增长了 16.2%,对照样地平均树高较 2010 年增长了 3.0%,监测样地平均树高增长率高于对照样地 13.2%;抚育后第三年监测样地平均树高较 2010 年增长了 24.8%,对照样地平均树高较 2010 年增长了 7.9%,监测样地平均树高增长率高于对照样地 16.9%;抚育后第六年监测样地平均树高较 2010 年增长了 34.3%,对照样地平均树高较 2010 年增长了 14.9%,监测样地平均树高增长率高于对照样地 19.4%。由此可见,抚育监测样地平均树高增长率明显高于未抚育对照样地(图 2)。

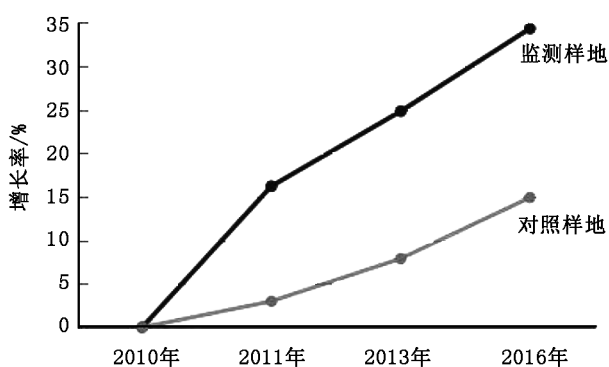


图 2 平均树高增长趋势(率)对比

Fig. 2 Comparison of average tree height growth trend (rate)

从图 2 可以看出,监测样地平均树高生长率明显大于对照样地,且差距呈上升态势。因此,修枝抚育对杉木平均树高增长影响较大,能有效促进杉木树高增长。

3.3 蓄积增长量分析

通过对 2011 年、2013 年、2016 年数据进行分析,抚育林分与未抚育林分公顷蓄积增长量和增长率存在明显差异(表 4)。

从表 4 可以看出,抚育后第 1 年监测样地公顷蓄积较 2010 年增长了 40.986 m³,对照样地公顷蓄积较 2010 年增长了 15.674 m³,监测样地公顷蓄积增长量高于对照样地 25.312 m³;抚育后第三年监测样地公顷蓄积较 2010 年增长了 86.651 m³,对照样地公顷蓄积较 2010 年增长了 40.772 m³,监测样地公顷蓄积增长量高于对照样地 45.879 m³;抚育后第六年监测样地公顷蓄积较 2010 年增长了 131.455 m³,对照样地公顷蓄积较 2010 年增长了 64.981 m³,监测样地公顷蓄积增长量高于对照样地 66.474 m³。由此可见,抚育监测样地公顷蓄积增长量明显高于未抚育对照样地。

从表 4 可以看出,抚育后第一年监测样地公顷蓄积较 2010 年增长了 21.8%,对照样地公顷蓄积较 2010 年增长了 11.7%,监测样地公顷蓄积增长率高于对照样地 10.1%;抚育后第三年监测样地公顷蓄积较 2010 年增长了 46.0%,对照样地公顷蓄积较 2010 年增长了 30.3%,监测样地公顷蓄积增长率高于对照样地 15.7%;抚育后第六年监测样地公顷蓄积较 2010 年增长了 69.8%,对照样地公顷蓄积较 2010 年增长了 48.4%,监测样地公顷蓄积增长率高于对照样地 21.4%。由此可见,抚育监测样地公顷蓄积增长率明显高于未抚育对照样地(图 3)。

从图 3 可以看出,2011—2016 年蓄积增长率一直处于逐年上升状态,监测样地公顷蓄积增长率明显大于对照样地。因此,修枝抚育能有效促进杉木蓄积增长。

3.4 森林生物量增长量分析

通过对 2011 年、2013 年、2016 年数据进行分析,抚育林分与未抚育林分公顷森林生物量增长量和增长率存在明显差异(表 5)。

从表 5 可以看出,抚育后第一年监测样地公顷

表 4 蓄积增长量

Tab. 4 Volume growth

年度	样地蓄积/m ³		公顷蓄积/m ³		增长量/m ³		增长率/%	
	监测样地	对照样地	监测样地	对照样地	监测样地	对照样地	监测样地	对照样地
2010 年	19.289	13.759	188.369	134.365				
2011 年	23.486	15.364	229.355	150.039	40.986	15.674	21.8	11.7
2013 年	28.162	17.934	275.020	175.137	86.651	40.772	46.0	30.3
2016 年	32.750	20.413	319.824	199.346	131.455	64.981	69.8	48.4

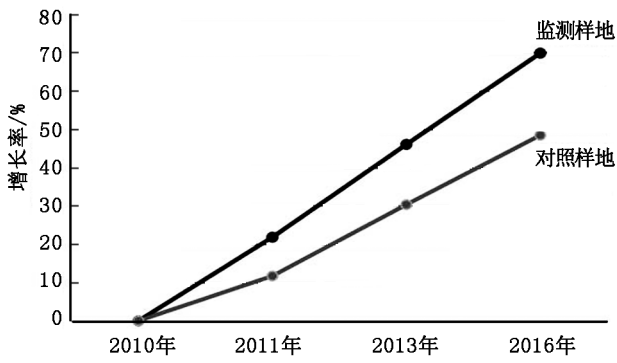


图 3 蓄积增长趋势(率)对比

Fig. 3 Comparison of volume growth trend(rate)

森林生物量较 2010 年增长了 16.4 t,对照样地公顷森林生物量较 2010 年增长了 6.2 t,监测样地公顷森林生物量增长量高于对照样地 10.2 t;抚育后第三年监测样地公顷森林生物量较 2010 年增长了 34.6 t,对照样地公顷森林生物量较 2010 年增长了 16.3 t,监测样地公顷森林生物量增长量高于对照样地 18.3 t;抚育后第六年监测样地公顷森林生物量较 2010 年增长了 52.5 t,对照样地公顷森林生物量较 2010 年增长了 26.0 t,监测样地公顷森林生物量增长量高于对照样地 26.5 t。由此可见,抚育监测样地公顷森林生物量增长量明显高于未抚育对照样地。

表 5 森林生物量增长量

Tab. 5 Biomass growth

年度	公顷蓄积/m ³		生物量/t		增长量/t		增长率/%	
	监测样地	对照样地	监测样地	对照样地	监测样地	对照样地	监测样地	对照样地
2010 年	188.369	134.365	97.9	76.3				
2011 年	229.355	150.039	114.3	82.5	16.4	6.2	16.8	8.1
2013 年	275.020	175.137	132.5	92.6	34.6	16.3	35.3	21.4
2016 年	319.824	199.346	150.4	102.3	52.5	26.0	53.6	34.1

从表 5 可以看出,抚育后第一年监测样地公顷森林生物量较 2010 年增长了 16.8%,对照样地公顷森林生物量较 2010 年增长了 8.1%,监测样地公顷森林生物量增长率高于对照样地 8.7%;抚育后第三年监测样地公顷森林生物量较 2010 年增长了 35.3%,对照样地公顷森林生物量较 2010 年增长了 21.4%,监测样地公顷森林生物量增长率高于对照样地 13.9%;抚育后第六年监测样地公顷森林生物量较 2010 年增长了 53.8%,对照样地公顷森林生物量较 2010 年增长了 34.1%,监测样地公顷森林生物量增长率高于对照样地 19.7%。由此可见,抚育监测样地公顷森林生物量增长率明显高于未抚育对照样地(图 4)。

从图 4 可以看出,2011—2016 年,监测样地森林生物量增长率一直处于较快上升状态,且与对照样地森林生物量差距逐年拉大,因此,修枝抚育对杉木森林生物量增长量影响较大,有利于杉木森林生物量增长。

3.5 森林碳储量增长量分析

通过对 2011 年、2013 年、2016 年数据进行分

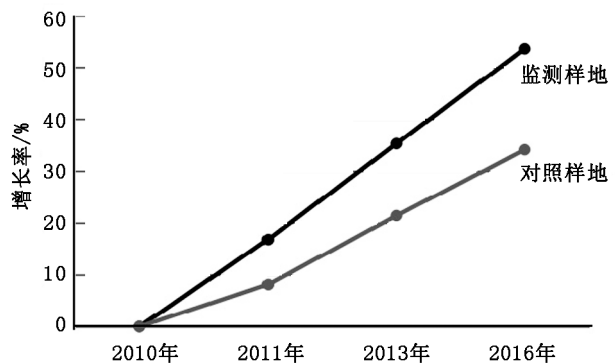


图 4 森林生物量增长趋势(率)对比

Fig. 4 Comparison of biomass growth trend(rate)

析,抚育林分与未抚育林分公顷森林碳储量增长量和增长率存在明显差异(表 6)。

从表 6 可以看出,抚育后第一年监测样地公顷森林碳储量较 2010 年增长了 8.0 t,对照样地公顷森林碳储量较 2010 年增长了 3.0 t,监测样地公顷森林碳储量增长量高于对照样地 5.0 t;抚育后第三年监测样地公顷森林碳储量较 2010 年增长了 16.8 t,对照样地公顷森林碳储量较 2010 年增长了 7.9 t,

表 6 森林碳储量增长量
Tab. 6 Carbon storage growth

年度	生物量/t		碳储量/t		增长量/t		增长率/%	
	监测样地	对照样地	监测样地	对照样地	监测样地	对照样地	监测样地	对照样地
2010年	97.9	76.3	47.5	37.0				
2011年	114.3	82.5	55.5	40.0	8.0	3.0	16.8	8.1
2013年	132.5	92.6	64.3	44.9	16.8	7.9	35.4	21.4
2016年	150.4	102.3	73.0	49.7	25.5	12.7	53.7	34.3

监测样地公顷森林碳储量增长量高于对照样地 8.9 t;抚育后第六年监测样地公顷森林碳储量较 2010 年增长了 25.5 t,对照样地公顷森林碳储量较 2010 年增长了 12.7 t,监测样地公顷森林碳储量增长量高于对照样地 12.8 t。由此可见,抚育监测样地公顷森林碳储量增长量明显高于未抚育对照样地。

从表 6 可以看出,抚育后第一年监测样地公顷森林碳储量较 2010 年增长了 16.8%,对照样地公顷森林碳储量较 2010 年增长了 8.1%,监测样地公顷森林碳储量增长率高于对照样地 8.7%;抚育后第三年监测样地公顷森林碳储量较 2010 年增长了 35.4%,对照样地公顷森林碳储量较 2010 年增长了 21.4%,监测样地公顷森林碳储量增长率高于对照样地 14.0%;抚育后第六年监测样地公顷森林碳储量较 2010 年增长了 53.7%,对照样地公顷森林碳储量较 2010 年增长了 34.3%,监测样地公顷森林碳储量增长率高于对照样地 19.4%。抚育监测样地公顷森林碳储量增长率明显高于未抚育对照样地(图 5)。

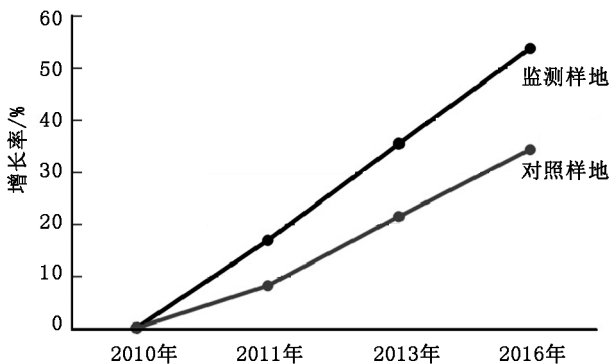


图 5 森林碳储量增长趋势(率)对比

Fig. 5 Comparison of carbon storage growth trend (rate)

从图 5 可以看出,监测样地公顷森林碳储量增

长趋势明显高于未抚育森林碳储量,且一直处于上升趋势。因此,修枝抚育是增加杉木碳储量,提高碳汇能力的重要途径之一。

4 结论与讨论

4.1 结论

通过以上分析可以看出,在研究期内,杉木修枝抚育后林分平均胸径、平均树高、蓄积、森林生物量、森林碳储量增长量和增长率均明显高于未抚育林分,并且一定时期处于上升态势。

1)样地平均胸径增长量高于未抚育样地 0.5 cm,抚育样地平均胸径增长率高于未抚育样地 1.6%;抚育样地平均树高增长量高于未抚育样地 2.1 m,抚育样地平均树高增长率高于未抚育样地 19.4%。

2)抚育样地平均胸径、平均树高的增长,也相应促进了每公顷蓄积、生物量、碳储量增长,使抚育样地公顷蓄积增长量高于未抚育样地 66.474 m³,抚育样地公顷蓄积增长率高于未抚育样地 21.4%;抚育样地公顷森林生物量增长量高于未抚育样地 26.5 t,抚育样地公顷森林生物量增长率高于未抚育样地 19.7%。抚育样地公顷森林碳储量增长量高于未抚育样地 12.8 t,抚育样地公顷森林碳储量增长率高于未抚育样地 19.4%。

3)平均胸径、平均树高、蓄积、森林生物量、森林碳储量 5 项指数增长的同时,修枝抚育促进了杉木整枝速度加快、节结减少、树干通直圆满,也促进了林木健康生长,有助于提高林木材质等级,益于中大径材培育。

4.2 讨论

从分析数据来看,修枝抚育能有效提高杉木平均胸径、平均树高生长量和生长率,但本研究监测样地抚育后第一年平均胸径增长量小于未抚育样地,抚育样地平均胸径增长率小于未抚育样地。分析其原因:(1)修枝抚育过程中,因施工作业不规范,导致林木一定程度受损,林木粗生长需要一定时间才能恢复正常生长;(2)修枝抚育后杉木枝叶减少,降低了林木对水分、光热的吸收,导致杉木胸径短时间内生长较为缓慢;(3)修枝抚育过程中,林下植被和腐殖质层不同程度遭到破坏,造成一定程度水土流失,导致土壤养分供给不足,影响林木生长。

4.3 建议

1)加强杉木林分的森林经营管理,适时开展包

(下转第 147 页)

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2021.02.026

现代遗传育种技术在农林复合系统中的应用

王若伦, 李龙, 桑玉强

(河南农业大学林学院, 河南 郑州 450000)

摘要:分子标记、辐射育种、基因工程等现代育种技术及其发展将对农林复合系统发挥重要作用。文中分析农林复合系统种间关系中存在的诸如林木品种选育周期长,冠幅影响林下作物光合效应,与林下作物争夺资源导致林下生物量减少等问题,从遗传育种对农林复合系统中林木的作用,生物技术限制林木高生长和冠幅长势,选育优质高产林下作物等方面阐述遗传育种技术在农林复合系统中的应用,认为现代生物技术的发展对农林复合系统的种间结构配置合理、种间关系和谐、实现高产有重要作用。

关键词:农林复合系统;遗传育种;林下作物;分子标记;辐射育种;基因工程

中图分类号:S753.536;S722.3;S718.46 文献标志码:A 文章编号:1671-3168(2021)02-0143-05

引文格式:王若伦,李龙,桑玉强.现代遗传育种技术在农林复合系统中的应用[J].林业调查规划,2021,46(2):143-147. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2021.02.026

WANG Ruolun, LI Long, SANG Yuqiang. Application of Modern Genetic Breeding Technology in Agroforestry System[J]. Forest Inventory and Planning, 2021, 46(2): 143-147. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2021.02.026

Application of Modern Genetic Breeding Technology in Agroforestry System

WANG Ruolun, LI Long, SANG Yuqiang

(College of Forestry, Henan Agricultural University, Zhengzhou 450000, China)

Abstract: The modern breeding techniques such as molecular marker, radiation breeding and genetic engineering play an important role in agroforestry system. This paper analyzed the problems existing in the interspecific relationship of agroforestry system, such as the long breeding cycle of forest varieties, the influence of canopy width on the photosynthetic effect of understory crops, the decrease of understory biomass caused by competing for resources. According to studying the application of genetic breeding technology in agroforestry system from the role of genetic breeding on trees, the limitation of biological technology on tree height and canopy growth, and the breeding of high-quality and high-yield understory crops, this paper considered that the development of modern biotechnology played an important role in reasonable interspecific structure, harmonious interspecific relationship and high yield of agroforestry system.

Key words: agroforestry system; genetic breeding; understory crops; molecular marker; radiation breeding; genetic engineering;

收稿日期:2020-09-16.

基金项目:国家科技支撑计划项目(2015BAD07B050602).

第一作者:王若伦(1995-),女,河北唐山人,硕士研究生.研究方向为农林复合系统经营.

责任作者:桑玉强(1976-),男,河南安阳人,副教授,硕士生导师.研究方向为树木生理与生态.

农林复合系统在改善耕地水土流失、生态破坏,提高农田单位面积产量上逐步受到专家学者的重视,但复合系统自身存在的问题也成为阻碍农林复合系统进一步推广应用的障碍。近年来,遗传育种技术的发展改变了植株遗传性状,增强了植株抗逆性和适应性,培育了大批优质种质资源。分子标记、基因工程等现代育种技术在农林复合系统中的应用和发展对农林复合系统发挥着重要作用。

1 农林复合系统种间关系问题

我国传统的农业生产是建立在林木大量砍伐、生态环境恶化基础上的自给自足的单作生产模式,该模式不仅带来生态环境的恶化,且不能充分利用时空环境,造成地力衰退、水土流失、光环境资源浪费等问题,坡耕地尤为显著。农林复合系统的研究和推行,不仅提高森林覆盖率,提高农田综合生产力,而且复合农林系统稳定性高于单作系统,对不良环境的抗逆性增强。虽然农林复合系统有诸多优点,但物质能量是动态平衡的,对空间环境利用得越充分,相应地所需的水肥和光等资源也随之增多,在激烈的养分竞争环境下,植物自身积累的有机物相应减少,从而影响植物产量。在复合模式中林木树干和冠幅的生长会对林下作物形成遮阴环境,影响林下作物净光合速率,减少作物收获指数,降低作物产量。

1.1 农林复合系统中林木选育中存在的问题

1.1.1 林木品种选育周期长

间作系统中资源竞争激烈,对林木自身的抗逆性和适应性要求较高,不同地形地质环境的变化对林木自身的要求也不尽相同,要实现复合模式的稳定发展,分析林木基因遗传多样性,改良林木品种势在必行。但林木培育周期长,遗传性状复杂多样,培育效果往往历经数十载才会显现,这也成为目前制约农林复合模式进一步发展的一个关键因素。此外,培育的新品种繁衍能力在培育初期也无法显现出来。正是因为林木生长的长周期性,对种间物质能量的动态流动以及种间相互影响程度的研究较少,导致农林复合系统种间物质变化和能量流动的动态变化方面的研究报道更是少见。复合系统种间动态变化体系的缺失,严重限制了农林复合系统模式的发展。

1.1.2 农林复合系统环境因子变化影响林木生长

农林复合系统中林木与林下作物对资源的竞争

加剧,林木根系根长密度较单作大量减少,对养分的吸收能力相应减弱,影响林木的结实量。为给林下作物提供更多的光因子,必须限制林木高生长和冠幅的扩大,一方面影响林木的光合速率,从而影响植物自身有机质的形成和碳速率的转化;另一方面影响林木的留枝量和留果量,从而影响林木果实产量。

1.2 核桃冠幅影响林下作物光合效应

研究表明,林冠下光辐射量受树形和冠层结构的影响较大^[1],随着种植年限的增加,核桃树冠幅和树高随之增大,林下透光率随之减小,对林下农作物的遮阴更加显著,影响林下作物的光合性能,降低林下作物净光合速率,影响林下作物叶面积指数^[2],最终影响林下作物的产量和品质。

1.3 与林下作物争夺资源,林下生物量减少

1.3.1 影响林下作物株高生长

植物茎秆具有支撑地上各部分器官、均匀分布叶片、贮藏和传输营养物质等功能,对小麦高产、抗倒伏具有重要作用。在农林复合系统中,生物对环境的适应性使林木细根分布区域下移,作物细根根系上移,且因生长周期的差异性,在一定程度上减缓了对资源的竞争,但林木根系和林下作物根系生长对水分、养分的总需求也相对增加,影响了作物生长对水肥等因子的需求。此外,光因子的减少,净光合速率减弱,一定程度上会影响林下作物株高生长。

小麦品种的适当矮化,使得植株具有抗倒伏特性,同时植株适当矮化可削弱部分茎叶的生长,在有限的环境资源条件下为籽粒的生长提供优越条件,从而提高作物产量^[3]。但若过度矮化,小麦节间空间环境缩短,易造成叶片重叠、叶片长度降低,叶片可接受的光因子不充分,光合活性和净光合速率减弱,植株叶面积指数减小^[4],从而影响作物产量。

1.3.2 林下作物减产

在农林复合系统中,随着林木高生长和冠幅生长的持续,林下光环境资源受限,农作物净光合速率降低,叶面积指数减少,从而影响物质积累和籽粒的饱满度;林木根系生长对水肥资源空间需求量增加,在一定程度上会占据林下作物对营养的需求,造成农作物生物量减少,收获指数降低,影响小麦的品质和产量,造成林下作物减产。

2 遗传育种技术概述

农林复合系统中林木和林下作物资源竞争激烈,在有限的空间和环境条件下,林果产量和农作物产量下降,这也成为阻碍我国农林复合系统研究进

展的关键问题之一。良种是现代林业发展的基础,是提高植株产量的关键因素^[5]。基因工程、分子标记技术的诞生,遗传图谱的构建,基因序列的遗传多样性及其差异更直观地表现出来,为探索种间遗传亲本亲和性,培育优质品种^[6],缩短育种周期做出了突出贡献。

2.1 分子标记技术

目前主要有 2 种类型的分子标记技术。第一种是结合 PCR 技术,以核苷酸序列差异为基础的 DNA 分子标记技术,分析基因性状遗传多样性,构建遗传图谱,进行品质鉴定,并通过杂交、嫁接等手段培育新品种。分子标记的主要类型有:限制性片段多态性(RFLP)技术、随机扩增多态性(RAPD)标记技术、扩增片段长度多态性(AFLP)标记技术、简单重复序列(SSR)标记技术、简单重复序列扩增(ISSR)标记技术等^[7]。第二种分子标记技术不再以 DNA 片段的长度变化作为检测手段,而是以标记单核苷酸多态性(SNP)为标记手段的标记方法。SNP 标记手段具备第一、二代分子标记技术所不具备的高目睹、遗传稳定性、易实现自动化等优点。

2.2 辐射育种技术

辐射育种是人工利用各种物理诱变因子,刺激植物产生稳定遗传的技术。植株二倍体花粉对不同辐射强度的 60Co γ 射线反应比单倍体花粉更敏感,因此,可用 60Co γ 射线控制花粉萌发比例,60Co γ 射线在刺激二倍体花粉萌发时会抑制单倍体花粉萌发,从而提高二倍体花粉在参与受精过程中的比例。

2.3 基因工程

基因工程技术目前已发展到了可以有效地引入和表达理想基因性状的程度^[8],主要用于改良植物生物胁迫耐受性、改良木材材质、根系形成等问题。转基因技术是林木和作物增产快速有效的方法,虽然目前转基因食品的安全性受到质疑,但转基因技术的发展并不会因此停滞,随着科技水平的提高,转基因的危害也会随之降低。

使用全基因组关联分析法^[9]寻找某种基因变异与表型之间的关系,通过分析变异的基因组片段来控制表型,用于控制林木高生长、冠层生长幅度、林下植株高生长等形态变化,实现农林复合模式优化配置。这种方法也是首次使用下一代基因表达图谱来量化分离树种的转录丰度,并确定影响木材形状变化的潜在候选基因。在今后的林木育种工作中要充分利用我国丰富的林木种质资源,深入开展林木专用优良品种的选育研究,充分发掘部分地区的

特色资源^[10]。

3 遗传育种技术在农林复合系统中的作用

我国国土资源种类丰富、地域辽阔,区域农田环境条件存在较大差异性,农林复合系统中对林木主干与冠幅,林下作物抗逆性均有不同程度的要求;而且农林复合模式因生物量增加对养分竞争加剧,造成林木和林下作物减产。育种技术尤其是分子育种技术的改良和应用,林木的矮干、小冠,林下作物的株高、抗阴性均能通过技术手段实现性状的控制,为培育精确化抗性性状的良种提供支持。

3.1 遗传育种对农林复合系统中林木的作用

3.1.1 分子标记缩短育种周期对农林复合的意义

采用分子标记技术不仅可以测定林木品种特性,大大缩短培育林木所耗费的周期,而且可以通过基因的重组和调控,培育出适宜不同林地的优质林木,提高林木对环境的适应性和抗逆性。分子标记手段通过对林木遗传信息的获取、分析,找出具有种间亲缘关系的基因片段,通过杂交等手段培育新品种,弥补了形态学鉴定的不足。分子技术能快捷、准确、稳定地反映林木遗传特性,有利于配置农林复合结构时充分考虑林木与林下作物的生理生态学特性,减少种间竞争和迫害,实现种间关系的互利共生。

3.1.2 分子标记培育技术能接收高光合特性的砧木资源

光合作用是林木生长发育最为重要的环境因子,也是林木产量和品种形成的决定性因素,林木砧木的不同对光合特性的反映也会存在差异。使用 SSR 或 RAPD 分子标记手段分析砧木的遗传多样性,通过杂交、嫁接等技术手段培育一批长势旺盛、抗逆性良好的新型林木品种^[11]。如中宁奇、中宁强和中宁异是可以提高林木接穗光合特性的砧木资源,提高林木光资源利用率,减缓因养分不足造成的减产^[12]。由这些砧木资源嫁接的林木亲和性好、整齐度高、果实质量优。

3.2 生物技术限制林木高生长和冠幅长势

3.2.1 限制林木生长的技术手段

1) 辐射育种技术

辐射育种技术通过选用优质无性系根系,利用各种物理诱变因子刺激植株,促进苗木分化,使植株产生稳定遗传变异。利用无性生殖的方式保留林木有益基因,通过林木辐射诱变使林木基因产生大量突变,诱使林木实现矮干、高产的遗传品质。

2) 基因工程技术

分子标记技术构建基因遗传图谱,分析不同品种分子间的差异性;基因工程是在分子水平上对控制不同性状的外源基因按照实验目的进行拼接或重组,构建杂种 DNA 分子,改变植株原有的遗传特性,获得具有矮化基因的新品种的技术。分子标记与基因工程相结合实现分子育种,这种育种技术在选取外源基因时能更准确地找出控制林木生长的基因片段,提高目的基因培育成功的概率。利用具有调节生长特性的外源基因调节林木内源激素平衡机制,改变林木生长性状,使林木植株矮化,生长速度下降,叶片和胸径变小。

3.2.2 限制林木生长对农林复合系统的意义

农林复合系统中林木高生长和冠幅的扩大均会增加对林下作物的遮阴度,进而因光资源的匮乏造成林下植株生物量的减少。生物技术在林木生长中的使用大大减缓了植株高生长和胸径生长,有效地控制了林木遮阴范围,有利于林下植物充分利用光能,提高净光合速率,提高叶面积指数,防止因光合作用减弱带来的大面积减产。研究表明,在修剪冠形时,只要保证合理范围的留枝量和留果量,林木“Y”字形树形或自然状态下林木开心形对林木产量和品质的影响并不显著,因此,提高林下净光合速率的关键在于林木树干的高低以及林冠覆盖的幅度^[13]。

3.3 选育优质高产林下作物

3.3.1 调控林下作物高生长

土壤水分对不同小麦品种的影响主要表现在光合速率、小麦叶衰老特性和根系活力方面,经实验验证,各品种小麦土壤土层相对含水量补灌 75% 和 65%(W4)时,叶片相对含水量和水势最高,能实现最大化净光合速率,小麦开花后的干物质积累量最高,利于光合物质的积累和转运,经 W4 处理后,叶片 SOD 活性较高,叶膜质过氧化氢水平较低,质膜受损程度较低,利于延缓叶片衰老,保持较高的光合速率。因此,补灌 W4 处理是提高小麦产量的一种技术手段^[14]。

但对水资源匮乏,水分灌溉无法达到 W4 水平的地区,只能选育抗旱性良好的品种,提高林下作物的抗逆性。研究表明,干旱胁迫在不同程度上会降低植株生长高度,从而影响小麦产量,农林复合系统中对水分的需求量更大,干旱胁迫使得作物叶片蜷缩、光合速率降低、生长缓慢、植株抗逆性减弱。加性和上位性是影响植物株高的主要遗传因子,不同

的水分环境对小麦株高影响存在差异,因此,可通过小麦抗性遗传改良和分子遗传标记等手段选育抗旱性强的小麦品种,保持小麦最适宜的植株高度。

3.3.2 培育新品种,提高林下植株产量

农林复合系统一定程度上改变了时空环境水肥、光因子供应,造成林下作物减产。通过分子标记、基因克隆等技术手段对作物的基因片段进行分析、重组,可培育出高品质、高产量和强抗性的具有稳定遗传特性的优良品种。新冬 40 号小麦^[15]在不同样地设置的实验中产量表现最佳。SHW(人工合成六倍体小麦)衍生物种非籽粒器官所占比例小于普通小麦,在前期干物质积累速率上也明显高于普通小麦^[16],因此,在籽粒生产率和收获指数上显著高于普通小麦,提高了小麦的抗逆性和高产能力。

4 讨论与结论

农林复合体系在保持水土、防风固沙、调节局部小气候、提高单位面积产量等方面发挥着重要作用,但在有限的资源环境条件下,生物量的增多势必会带来种间对水肥、光因素的竞争。林木矮干小冠为林下作物生长扩大了光环境空间,但同时也造成林木留枝量、留果量减少,相比林木单作带来一定程度的减产。土壤根量的增加,固定了大量下渗水,同时也减少了地表径流,减少农田尤其是坡耕地农田水土流失量;根量的增加虽在保持水土上有重要作用,但细根量的增加对水肥的竞争也随之加剧,加上光环境的限制,叶片净光合速率降低、叶面积指数减小、收获指数减小,相比单作产量也有所减少。

RAPD 标记和 SSR 标记等分子标记手段的诞生,通过构建基因遗传图谱、聚类图,分析基因遗传多样性,反应个体间 DNA 水平的差异,用于鉴定个体品种和浓度,缩短了育种实验周期。基因工程根据分子标记构建的遗传图谱,对不同性状的基因按实验要求进行 DNA 重组,改变生物体原有遗传特性,培育出理想品种。降低树干、减小冠幅以及 SHW 衍生物的高产性均是现代生物技术发展的成果,对农林复合种间结构配置合理、种间关系和谐、总产值实现高产有重要作用。

分子标记等手段建立种质资源基因遗传谱系,运用基因工程技术重组 DNA 以培育新品种。目前的育种技术虽可以反应 DNA 水平的差异,鉴定良种品种和浓度,但无法预测良种生长繁衍能力。DNA 指纹法^[17]对植物遗传多样性和种间亲和性的灵敏度更高,能选择具有高遗传变异性和所需遗传性状

的树种,对良种培育的成功概率更大,同时配合微卫星的使用,可用于预测良种的衍生能力。

现代遗传育种技术的发展在降低林木主干、减小冠幅、提高林木光合速率和抗逆性以及提高林下作物抗阴性、抗旱性、调节小麦株高,进而提高作物产量上发挥着重要作用,只有稳定的农田系统,才能为进一步研究农林复合系统动态变化提供科学依据。

参考文献:

- [1] LI T, LIU L N, JIANG C D. Effects of mutual shading on the regulation of photosynthesis in field-grown sorghum [J]. Elsevierjournal, 2014, 137:31-38.
- [2] 乔旭,赵奇,雷钧杰. 核桃-小麦间作对小麦生长发育及产量形成的影响[J]. 麦类作物学报, 2012, 32(4): 734-738.
- [3] 刘兆晔,于经川,辛庆国. 小麦株高问题的探讨[J]. 山东农业科学, 2014, 46(3): 130-134.
- [4] GIORGOS P, DIONYSIA F, MICHAEL H. Image based remote sensing method for modeling black-eyed beans (*Vigna unguiculata*) Leaf Area Index (LAI) and Crop Height (CH) over Cyprus [J]. De Gruyter, 2013(5): 1-11.
- [5] DARIO G. Breeding Forest Trees by Genomic Selection: Current Progress and the Way Forward [J]. De Gruyter, 2014(9): 627-639.
- [6] FIKRET I. Genomic selection in forest tree breeding: the concept and an outlook to the future [J]. New Forests, 2014 (3): 379-401.
- [7] 李联队,季志平,何佳林. 生物技术在林木遗传育种中

的应用[J]. 陕西林业科技, 2016(6): 98-102.

- [8] ANTOINE H, RICHARD M, ARIE A. Tree genetic engineering and applications to sustainable forestry and biomass production [J]. Trends in Biotechnology, 2011, 29(1): 9-17.
- [9] 万志兵,戴晓港,尹俊明. 林木遗传育种基础研究热点述评[J]. 林业科学, 2012, 48(2): 150-153.
- [10] 赵登超,侯立群,韩传明. 我国核桃新品种选育研究进展[J]. 经济林研究, 2010, 28(1): 118-121.
- [11] MYRIAM L, AHMED M. Elucidating Genetic Diversity among Sour Orange Rootstocks: a Comparative Study of the Efficiency of RAPD and SSR Markers [J]. Appl Biochem Biotechnol, 2015, 175: 2996-3013.
- [12] 孟丙南,张俊佩,裴东. 不同砧木对核桃光合特性的影响[J]. 经济林研究, 2013, 31(2): 32-36.
- [13] 肖龙,陈海江,邸葆. 两种桃树树形冠层参数变化及对产量和品质的影响[J]. 北方园艺, 2012(17): 20-23.
- [14] 叶亚琼,栗孟飞,刘媛. 小麦株高 QTL 定位及其水分环境互作遗传分析[J]. 华北农学报, 2015, 30(5): 83-91.
- [15] 托合提·艾买提,麦提图尔荪·萨迪克. 三个冬小麦新品种(系)核桃间作表现[J]. 农业科技, 2016(1): 16-17.
- [16] 汤永禄,李朝苏,吴晓丽. 人工合成小麦衍生品种的物质积累、冠层结构及群体光合特性[J]. 中国农业科学, 2014, 47(5): 844-853.
- [17] PAULO H M, DA S G. Use of genetic markers to build a new generation of Eucalyptus pilularis breeding population [J]. De Gruyter, 2015(12): 170-179.

责任编辑: 许易琦

校 对: 张林艳 许易琦

(上接第 142 页)

括修枝在内的森林抚育,改善杉木生长空间。

2) 严格按照抚育相关技术要求开展森林抚育,以免造成不必要树木损伤。

3) 抚育过程中要避免破坏林下植被和腐殖质层,以免造成生物多样性减少、水土流失和土壤肥力下降。

参考文献:

- [1] 王祝雄,吴秀丽. 森林抚育规程解读:《森林抚育规程》(GB/T15781-2015)实用技术指南[M]. 北京:中国林业出版社, 2016: 16-17.
- [2] 张懋功,李春林. 云南年鉴(2019年)[M]. 昆明:云南年鉴社, 2019: 538.
- [3] 云南省林业调查规划院. 云南省马关县森林资源规划

设计调查报告[R]. 2017.

- [4] 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(2): 243-249.
- [5] FANG J Y, CHEN A P, PENG C H, et al. Changes in Forest Biomass Carbon Storage in China Between 1949 and 1998 [J]. Science, 2001, 292(5525): 2320-2322.
- [6] 方精云,刘国华,徐嵩龄,等. 我国森林植被的生物量和净生产量[J]. 生态学报, 1996, 16(5): 497-508.
- [7] 李奇,朱建华,冯源,等. 中国主要人工林碳储量与固碳能力[J]. 西北林学院学报, 2016, 31(4): 1-6.

责任编辑: 许易琦

校 对: 张林艳 许易琦

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2021.02.027

我国油橄榄扦插研究新进展及其发文统计分析

杨朝辉,王有兵,刘起斌

(云南省林业调查规划院大理分院,云南 大理 671000)

摘要:对近 10 年来我国有关油橄榄扦插育苗技术的研究进行了总结,并以发文年份、研究地区、发文机构、发文期刊、核心作者等为指标统计分析了自 20 世纪 70 年代以来有关油橄榄扦插研究文献发文情况。近 10 年研究者在扦插基质筛选、插穗处理方式及插床设计方面取得了明显突破,四川、甘肃、云南等地区油橄榄扦插生根率可达 90% 以上。统计结果显示,1973—2020 年,数量波浪式变化,70 年代及近 10 年在这方面的研究较热,四川、甘肃及云南是研究的热区,其中云南省昆明市海口林场发文数量达 12 篇;刊文数量达 5 篇以上的刊物有《经济林研究》、《林业调查规划》、《湖南林业科技》、《四川林业科技》、《林业科技通讯》,发文达 3 篇以上作者有 3 人。

关键词:油橄榄;扦插育苗;研究进展;发文数量;基质筛选;插穗处理;生根率

中图分类号:S723.132.1;S565.7 文献标志码:A 文章编号:1671-3168(2021)02-0148-05

引文格式:杨朝辉,王有兵,刘起斌.我国油橄榄扦插研究新进展及其发文统计分析[J].林业调查规划,2021,46(2):148-152. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2021.02.027

YANG Zhaohui, WANG Youbing, LIU Qibin. New Progress and Publication Statistics of *Olea europaea* Cutting Research in China [J]. Forest Inventory and Planning, 2021, 46(2): 148-152. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2021.02.027

New Progress and Publication Statistics of *Olea europaea* Cutting Research in China

YANG Zhaohui, WANG Youbing, LIU Qibin

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

Abstract: This paper summarized the research on *Olea europaea* cutting seedling technology in China in recent 10 years, and statistically analyzed the situation of *Olea europaea* cutting research literature published since 1970s with the published year, research area, published institution, published journal and core author as indicators. The researchers had made significant breakthroughs in cutting substrate selection, cutting treatment and cutting bed design in recent 10 years. The rooting rate of *Olea europaea* cutting in Sichuan, Gansu, Yunnan and other regions could reach more than 90%. The statistical results showed that from 1973 to 2020, the quantity of published papers fluctuated, and the research in this field was hot in the 1970s and the recent 10 years. Sichuan, Gansu and Yunnan were the hot areas of research, of which 12 papers had been published in Haikou Forest Farm of Kunming City; the journals with more than 5 articles included *Non-wood Forest Research*, *Forest Inventory and Planning*, *Hunan Forestry Science & Technology*, *Journal of Sichuan Forestry Science and Technology* and *Forest Science*

收稿日期:2020-07-28.

第一作者:杨朝辉(1968-),男,云南大理人,助理工程师.从事林业调查规划工作. Email:3427016423@qq.com

责任作者:刘起斌(1967-),男,工程师.从事林业调查规划工作. Email:375439385@qq.com

and Technology, and three authors had published more than three articles.

Key words: *Olea europaea*; cutting seedling; research progress; quantity of publication; substrate selection; cutting treatment; rooting rate

油橄榄 (*Olea europaea* L.) 是木犀科木犀榄属常绿树种,起源于小亚细亚叙利亚地区,是地中海最古老的栽培果树之一,已有几千年的栽培历史,是世界著名的油果兼用树种^[1]。油橄榄于 1907 年由法国传教士引入我国云南省德钦县至今已有 100 多年的历史,大量引种时期为 20 世纪 60 年代。至 1987 年底,我国共引入油橄榄品种 156 个,并在云南、陕西、四川、湖南、江苏、湖北、甘肃等地建立了 11 个油橄榄种质资源基因库,在各省份科研工作者不懈的努力下,通过选育、杂交等手段,目前已培育出了一些具有我国自主知识产权的新品种(系)^[2]。我国油橄榄树的存有量自 20 世纪 60 年代中期至 80 年代末期发生了较大的变化,从 70 年代初的 7 万余株增至 80 年代初的 2 300 多万株,但是由于受到体制、栽培管理等多方面原因的影响,至 80 年代末油橄榄树数量锐减到不足 10 万株。近十几年来,在政府的大力扶持倡导下,一些科研机构及企业投入了大量人力物力,我国油橄榄事业又重新启程。油橄榄产业的发展必须以优质合格种苗培育为基础,而扦插是油橄榄种苗繁育最有效的手段之一。自 20 世纪 70 年代以来,我国科学工作者对油橄榄扦插技术做了大量的研究,发表了一些对现实生产具有指导性的研究论文。本文对近 10 年来我国油橄榄扦插技术研究新进展进行了归纳总结,对 20 世纪 70 年代至 2020 年 6 月有关油橄榄扦插的文献资料进行统计分析,为油橄榄扦插育苗工作者提供参考。

1 材料与方 法

以中国知网为数据搜索平台,查询“油橄榄、扦插”关键字,收集油橄榄扦插研究期刊论文,选取近 10 年内在该领域具有较高创新性的研究性文献,归纳总结我国油橄榄扦插技术研究现状,并统计所有相关油橄榄扦插文献的发文年份、研究地区、发文机构、发文期刊、核心作者等指标。

2 结果与分析

2.1 我国油橄榄扦插技术研究新进展

2.1.1 扦插基质筛选

2010 年王必海等^[3]在西昌地区对比研究了露

地及温室插条及不同基质对油橄榄扦插生根的影响,结果表明,温室培养的插条生根率明显高于露地插条,达 90% 以上,以红砂、珍珠岩及河沙作为基质均可较好地生根,但珍珠岩相对较好。王亚婷等^[4]在昆明研究了不同基质对油橄榄扦插生根的影响,基质组分有松树皮、珍珠岩、腐殖土、滇杨林下腐殖土、河沙、红壤,插穗为 54 年的母树树干萌条,生根剂为 IBA,浓度为 200 mg/L 浸泡 1 h,扦插后不做任何管理。结果表明,最佳基质为珍珠岩:腐殖土 = 1:1,生根率高达 85.67%。陈炜青等^[5]在甘肃研究了不同基质配比对 6 月~1 年生幼树插穗生根的影响,采用 2 g/L 的 IBA 溶液速蘸 2 s 后扦插,插床带有加热设备,结果得出珍珠岩:蛭石:泥炭土 = 3:3:4 的轻基质配方处理方案效果最好,生根率达 90% 以上。傅国林等^[6]在杭州以泥炭、细沙、珍珠岩和油茶果壳作为轻基质配方,研究了不同基质对油橄榄“顾城 32 号”8 年生母树穗条生根的影响,将不同基质装填入无纺袋中,插后 45 d 生根率介于 21.67%~78.72%,最佳基质为泥炭和珍珠岩以体积比 3:2 进行混合。王一峰等^[7]在陇南研究了园土、腐殖土、河沙不同配比的基质对油橄榄嫩枝扦插生根的影响,采用 ABT 生根剂速蘸 3~5 s 后扦插于营养钵中,扦插期间除了浇水不做特殊管理,60 d 时最高生根率为 88.89%,最佳基质配比为园土与河沙按 1:1 配比,但生根数量较少。

基质的使用是否合适是植物扦插生根成功与否的关键因素之一。通常选择保水、保温、透气、易消毒、易获取的基质作为扦插基质,在生产过程中还要考虑经济成本。近几年人们热衷于研究轻基质用于扦插育苗,如将废弃的果壳、木屑、树皮、秸秆等碳化后充分利用,营养成分丰富有利于生根及后期苗木生长。目前使用较多,对根系生长发育较好的基质有泥炭土、腐殖土,适当混合部分珍珠岩或蛭石。

2.1.2 插穗选择及处理方式

陈炜青等^[8]在甘肃陇南研究了不同油橄榄插穗类型(不同粗度、长度、带不带侧枝、不同生根剂及不同浓度)在温床上的扦插生根效果,扦插基质为河沙。结果表明,采用温床扦插育苗 40 d 即可生根,生根率高达 91.0% 以上;插穗以粗为 0.4~0.6 cm、长为 13~15 cm 的带侧枝条小枝作插穗,扦插

前用 100 mg/L 的 IBA 浸泡 2 h 的扦插生根率为最高。李子光等^[9]在昆明研究了不同年龄母株、不同位置、不同叶片数量、生根剂不同处理时间对油橄榄扦插生根的影响,基质为腐殖土:珍珠岩(体积比 1:1)。结果表明,油橄榄插穗存在年龄效应及位置效应,但老树萌条插穗生根率不受年龄效应的影响,萌条中段生根率高于上段和下段,为 75.0%。留 1 对完整叶片的插穗生根效果最佳;浓度为 1 000 mg/L IBA 溶液的最佳处理时间为 11.864 6 s。王有兵等^[10]在昆明对油橄榄无纺袋扦插技术进行了研究,插穗采自 2 年生扦插苗,插穗长 3 ~ 5 cm,基质为腐殖土与珍珠岩,体积比为 1:1,采用 IBA、根旺、蔗糖 3 种不同组合试剂处理插穗下端 3 h。结果表明,扦插 50 d 时,生根率可高达 99.0%,对照生根率为 87.4%。张卓丽等^[11-12]在昆明采用 54 年生母树干萌条作为插穗,试验了 IBA、根旺、蔗糖 3 种生根处理剂的正交作用(基质为腐殖土与珍珠岩,体积比为 1:1),插穗的修剪方式、扦插方式、扦插基质组合等对扦插生根的影响,插床为架空低床^[13]。结果表明,IBA、根旺、蔗糖的最佳处理浓度分别为 41.500 0 mg/L、0.502 6%、1.176 4%,处理时间 2 h,生根率可高达 99.5%;插穗修剪方式、扦插方式及基质类型对油橄榄萌条扦插生根率影响不显著,200 mg/L IBA+1%根旺+1%蔗糖处理插穗 1 h,扦插生根率可高达 90%以上。

子桂才等^[14]在丽江研究了相对湿度、品种对油橄榄扦插生根的影响,基质为珍珠岩:腐殖土=1:1,100 mg/L ABT 1 号处理 12 h,插后不同时段改变遮光率、控温,定期喷施叶面肥。结果表明,生根率受品种和相对湿度的影响,生根率可达 70%以上。王一峰等^[15]在陇南采用 6 年生母树主干上的 3 月龄萌条为插穗,研究了 IBA、NAA 不同浓度的组合及不同留叶数量对扦插生根的影响,得出最佳组合为 2.0 g/L IBA+1.5 g/L NAA 及留 2 片叶,生根率为 75.56%,生根剂处理方式为浸泡插穗 5 ~ 10 s 后扦插于营养钵中,扦插期间除了浇水不做特殊管理。张会^[16]在昆明东川采用 10 年以上母树的 1 年生枝条为插穗,基质为河沙,愈伤产生后定期喷洒 0.1% 硼砂、磷酸二氢钾、尿素溶液,生根率介于 4.3% ~ 73.0%,最佳处理方法为 2.0 g/L IBA 溶液速蘸 2 ~ 5 s 后扦插。梁剑等^[17]在广元研究了 IBA 不同浓度对佛奥、鄂植 2 个油橄榄品种 1 年生枝条扦插生根的影响,处理方式为下端 2 cm 浸泡 8 h,基质为沙土,插后控温控湿控光,定期通风透气,喷施叶面肥,

最佳处理浓度为 300 mg/L,生根率达 70%以上。

从以上试验结果可知,采穗母树年龄、采穗位置、插穗叶片数量对扦插生根影响较大,但采穗母树干萌条扦插生根率几乎不受母树年龄影响。插穗的长短、下端口修剪方式、扦插方式对生根率影响不显著,但短穗扦插可高效利用繁殖材料,节约成本。生根剂的使用可促进插穗提早生根,促进根系发育。

2.1.3 插床

王有兵等^[18]在昆明地区研究了不同插床结构对油橄榄扦插生根及上袋后苗木生长的影响,插穗为 54 年的母树干萌条,采用 100 mg/L IBA 溶液浸泡插穗下端(约 2 ~ 3 cm)1 h。基质为腐殖土:珍珠岩(体积比 1:1),最佳插床为槽床,扦插 40 d 时将床内水排干,后继续培养 10 d,生根率达 98%以上,不定根数、根长、抽梢率及枝梢长势较好。

插床是扦插小环境的总称,包括床体和辅助设施。油橄榄扦插要求较高的湿度、适当的床内温度和适宜的基质温度,光照要求也较高。目前有研究者研究了温床扦插、床内雾化、小空间营造高湿、高温扦插等不同的插床设计,针对全国不同区域采取合适的插床设计均取得较好的效果。南方地区气温偏高,通常采取棚内雾化即可获得较高的成活率,小空间高密度扦插育苗也是较理想的育苗方法;气温较低的地区可采取温床扦插,但相应的育苗成本会有所增加。

2.2 文献统计分析

2.2.1 发文年份与数量的关系

通过搜索,截至 2020 年 6 月,在中国知网数据库中获 91 篇有关油橄榄扦插育苗的期刊文献(图 1)。从图 1 可知,我国自 20 世纪 70 年代开始就开展了大量的油橄榄扦插技术研究,80 年代后研究势头减缓,自 2007 年后又开始回暖,近几年有关研究发文数量较之前减少,但相对稳定。

2.2.2 研究地区及发文机构

对油橄榄扦插研究区域进行了统计(图 2),我国油橄榄扦插研究地区均位于黄河以南地区,主要位于中南地区的湖北、湖南,西南地区的四川、云南及西北地区的甘肃。云南省的研究发文最多,其次为四川省,再次为甘肃省。从发文机构来看,发文数量超过 2 篇及以上的机构有 10 个,其中数量最多的为昆明市海口林场,数量明显多于其它发文机构,达 12 篇(图 3)。

2.2.3 发文期刊及核心作者

图 4 列出了刊文 3 篇及以上的刊物,其中《经济

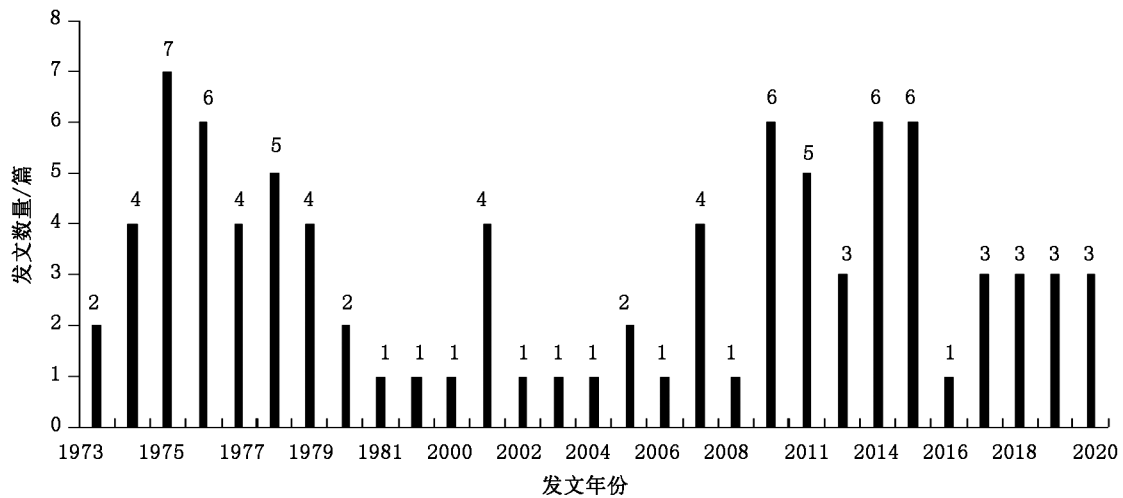


图 1 发文年份与数量的关系

Fig. 1 Relationship between the year and the quantity of publication

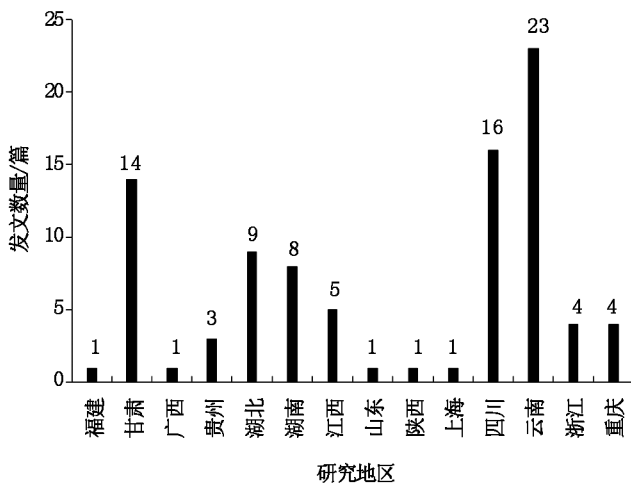


图 2 油橄榄扦插研究地区

Fig. 2 Study area of *Olea europaea* cutting

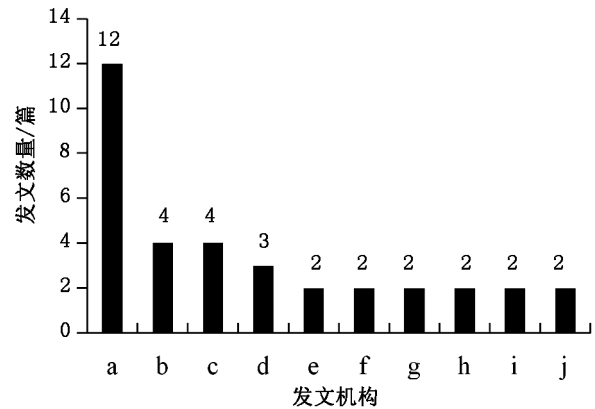


图 3 发文机构及发文数量

Fig. 3 Organizations and quantity of publication

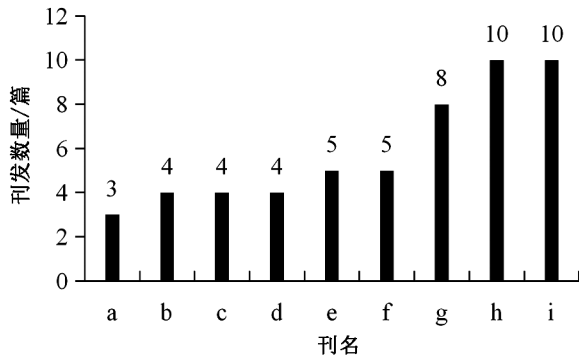
a. 昆明市海口林场; b. 甘肃省陇南地区多种经营研究所; c. 零陵地区林科所; d. 甘肃省林业科学研究院; e. 贵州省林科所; f. 丽江市林业科学研究所; g. 陇南师范高等专科学校农林技术学院; h. 武汉市青山苗圃; i. 西昌市林业局; j. 浙江省温州市农业科学研究院

林研究》、《林业调查规划》、《湖南林业科技》、《四川林业科技》、《林业科技通讯》等刊物刊文均在 5 篇以上。对第一作者发文在 2 篇及以上的作者进行了统计(图 5),可见发文在 3 篇以上有 3 人,其中王有兵 6 篇,陈炜青 3 篇,杨本年 3 篇。

3 结语

我国自 20 世纪 70 年代开始开展了大量油橄榄扦插技术研究,取得了较好的成绩,特别是近 10 年来开展了一系列有关扦插基质、插穗处理方式及插床等方面的研究,较之前传统的扦插方法有了极大的突破,目前所涉及的地区,扦插生根率均可达

70%以上,能够满足生产需要,特别是云南昆明地区、四川西昌地区、甘肃陇南地区的扦插生根率均可达 90%以上。但也可以看出,有关扦插苗木根系质量、扦插苗生长情况方面的研究还相对较少。扦插是为了让苗木生根成活,但生根的数量和质量决定了苗木后期的长势,同时会影响到后期管护成本、产出效益等,因此,期望加强培育优质油橄榄扦插苗的研究力度,加快油橄榄产业化发展。



a.《林业工程学报》;b.《贵州林业科技》;c.《湖北林业科技》;d.《南方林业科学》;e.《经济林研究》;f.《林业调查规划》;g.《湖南林业科技》;h.《四川林业科技》;i.《林业科技通讯》

图 4 发文期刊及发文数量

Fig. 4 Journals and quantity of publication

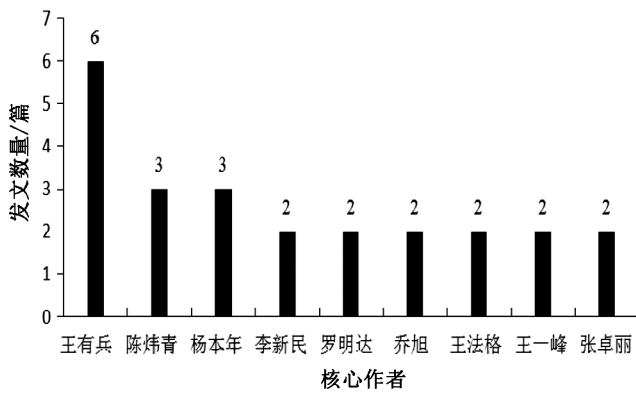


图 5 核心作者及发文数量

Fig. 5 Core authors and quantity of publication

参考文献:

[1] 徐纬英. 中国油橄榄[M]. 长春: 长春出版社, 2001.
 [2] 宁德鲁, 杨卫明. 油橄榄良种选育与栽培[M]. 昆明: 云南科技出版社, 2013: 11.
 [3] 王必海, 王必行, 马绍东, 等. 插穗及插壤对油橄榄扦插生根的影响[J]. 四川林业科技, 2010, 31(6): 111-113.
 [4] 王亚婷, 何银忠, 严毅, 等. 不同基质对油橄榄(佛奥)扦插育苗生长的影响[J]. 林业调查规划, 2015, 40(1):

147-149, 157.
 [5] 陈炜青, 姜成英, 吴文俊, 等. 油橄榄不同轻基质扦插育苗技术研究[J]. 甘肃林业科技, 2017, 42(3): 43-46, 59.
 [6] 傅国林, 龙伟, 余裕龙, 等. 轻基质组分对油橄榄扦插容器育苗的影响[J]. 经济林研究, 2019, 37(2): 176-181, 197.
 [7] 王一峰, 陈耀年, 赵淑玲, 等. 不同基质处理对油橄榄嫩枝扦插生根率的影响[J]. 宁夏师范学院学报, 2020, 41(1): 41-45.
 [8] 陈炜青, 姜成英, 吴文俊, 等. 不同插穗处理对油橄榄温床扦插生根率的影响[J]. 经济林研究, 2012, 30(4): 60-63.
 [9] 李子光, 王有兵, 严毅, 等. 插穗类型及生根剂处理时间对油橄榄扦插的影响[J]. 西部林业科学, 2015, 44(4): 154-157.
 [10] 王有兵, 周庆宏, 袁思安, 等. 油橄榄短穗无纺袋扦插技术研究[J]. 林业调查规划, 2014, 39(6): 145-147, 151.
 [11] 张卓丽, 王有兵, 严毅, 等. 油橄榄萌条扦插技术研究[J]. 湖南林业科技, 2015, 42(3): 16-19.
 [12] 张卓丽, 王有兵, 严毅, 等. 插穗处理方式及基质类型对油橄榄扦插生根的影响[J]. 江苏林业科技, 2015, 42(2): 6-9.
 [13] 王有兵, 严毅, 何银忠, 等. 油橄榄夏季扦插研究[J]. 林业实用技术, 2014(5): 29-31.
 [14] 子桂才, 李庆华, 关云琳, 等. 相对湿度对油橄榄不同品种扦插繁殖效果的影响[J]. 种子, 2018, 37(9): 132-135.
 [15] 王一峰, 宫峥嵘, 王瀚, 等. 不同插穗处理对油橄榄扦插生根的影响[J]. 湖北民族大学学报(自然科学版), 2020, 38(2): 142-146.
 [16] 张会. IBA、NAA 和 ABT^{1#}对油橄榄扦插生根率的影响初报[J]. 林业调查规划, 2015, 40(1): 158-160.
 [17] 梁剑, 严泉谋, 缪毓, 等. 不同浓度生根液对油橄榄扦插生根情况的影响[J]. 四川林业科技, 2019, 40(4): 100-103.
 [18] 王有兵, 刘起斌, 李子光. 插床类型对油橄榄扦插育苗根系及移栽苗生长的影响[J]. 中国南方果树, 2020, 49(3): 72-75.

责任编辑: 刘平书
 校对: 许春霞 刘平书

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2021.02.028

林分内竞争对林木胸径生长量的影响研究

陆 江

(广西壮族自治区国有维都林场,广西 来宾 546100)

摘要:以广西来宾灰木莲阔叶林、杉木针叶林分作为研究对象,分别以树冠竞争指数、Hegyi 简单竞争指数作为因变量,3 a 内胸径增长量作为自变量,研究林分内林木竞争对单木胸径生长量的影响。结果表明,林木胸径增长量与竞争指数均为负相关,表明林木受到的竞争越大,林木的胸径增长量就越小;作为阔叶树种的灰木莲胸径的增长量比针叶树杉木更容易受到林木树冠竞争的影响;相对于 Hegyi 简单竞争指数,树冠竞争指数更能说明林木胸径增长量与林木竞争程度的关系。

关键词:人工纯林;相邻木;树冠竞争指数;Hegyi 简单竞争指数;胸径生长量

中图分类号:S718.556;S758.55 文献标志码:A 文章编号:1671-3168(2021)02-0153-04

引文格式:陆江. 林分内竞争对林木胸径生长量的影响研究[J]. 林业调查规划,2021,46(2):153-156,164.

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2021.02.028

LU Jiang. Effect of Intra-stand Competition on Tree DBH Growth[J]. Forest Inventory and Planning, 2021, 46(2): 153-156, 164. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2021.02.028

Effect of Intra-stand Competition on Tree DBH Growth

LU Jiang

(Guangxi Weidu State-owned Forest Farm, Laibin, Guangxi 546100, China)

Abstract: Based on the research objects of *Magnoliaceae glanca* broad-leaved forest and *Cunninghamia lanceolata* coniferous forest in Laibin of Guangxi, the effects of forest competition on DBH growth of single tree were studied with crown competition index and Hegyi simple competition index as the dependent variables, and DBH growth within 3 years as the independent variable. The results showed that the DBH growth was negatively correlated with the competition index, indicating that the greater the competition of trees, the smaller the DBH growth; the DBH growth of the broad-leaved species was more susceptible to crown competition than that of the coniferous species; compared with Hegyi simple competition index, crown competition index could better explain the relationship between tree DBH growth and tree competition degree.

Key words: pure plantation; adjacent wood; crown competition index; Hegyi simple competition index; DBH growth

竞争是植物间相互作用的一个重要方面,它可以表现为植物之间利用资源、吸收资源而引起的对

环境资源变化的反应^[1]。林分内的单木生长也会受到邻体竞争的重要影响。决定林木间资源分配结

收稿日期:2020-08-07.

第一作者:陆江(1989-),男,广西平乐人,工程师.从事林业生产管理工作.

果的相关因素有相邻木的大小、数量以及空间分布,但是其中相邻树木的空间分布和个体数量是决定竞争结果的主要因素^[2]。为了表达单木的这种生长动态,学者引入了单木竞争指数^[3]。为了更好地表达不同林分的竞争状态,各种各样的竞争指数模型被建立了起来^[4-13]。竞争在森林生态系统中普遍存在,竞争的结果是一个生物体阻碍了另一个生物体的正常发育和生长^[14]。在森林生态系统中,林木的树冠层有着重要的作用,它可以将太阳能转换成可利用的有机物,同时也可以与森林生态系统与大气、土壤间进行水分、养分和热量等物质相互交换^[15-16],但是邻木树冠的大小会影响到其他相邻木的生长,因此引入了与树冠相关的竞争指数模拟林木生长竞争模型,但是在两种或两种以上树种的竞争模型比较方面还存在缺口。

杉木(*Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook.) 是松栎目杉科高大乔木,高能够达到 30 m 左右;树皮呈灰褐色;冬芽为近圆形,雄球花为圆锥状,而雌球花为单生,球果形状为卵圆形,长约 2.5~5 cm,径宽 3~4 cm;种子扁平遮盖着种鳞,种鳞形状为长卵形或者矩圆形;是亚热带树种,较喜光,在温暖湿润的地区分布广泛^[17]。灰木莲(*Magnoliaceae glanca* Blume)属于木兰科,我国特有的单种属植物,同时是国家一级保护、濒危植物^[18]。灰木莲原产地在越南和印度尼西亚,在南亚热带地区种植广泛,喜欢温暖湿热的气候。我国广东、海南和广西 1960—1963 年引种的灰木莲试验林普遍生长良好,24 a 生平平均树高 24.0~27.5 m,平均胸径 25.1~34.2 cm,其生长表现达到或超过原产地,干形通直,具早期速生特性,高径生长可持续 30 年以上。杉木、灰木莲在广西地区均有广泛种植,且对广西林业的发展具有重要意义。本文以杉木、灰木莲为研究对象,通过样地调查,测量其生长量,利用树冠竞争指数和 Hegyi 简单竞争指数研究杉木、灰木莲在竞争中对胸径生长的影响,分析杉木与灰木莲在竞争存在的情况下胸径生长规律的异同点,为实际造林提供试验研究数据结果以及科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验区设置在广西壮族自治区国有维都林场。维都林场总场位于广西来宾,林场内共有 6 个分场。来宾市位于广西中部,地处东经 108°24′~110°28′,北纬 23°16′~24°29′之间,属于南亚热带季风气候。

将密度一致,同年造林的杉木、灰木莲人工纯林作为试验材料,同时选取坡度平缓、海拔一致的标准样地,以降低地形等因素造成的生长误差,减少变量,保持林木竞争为主变量,以便更好说明林木竞争对林木生长的影响。

1.2 研究方法

1.2.1 林木测量

根据标准地设置和试验需要的基本要求,分别在灰木莲、杉木试验区内设置 5 块样地,均为人工纯林。然后对样地林分内每株树木进行每木检尺,用胸径尺测量林木胸径;用激光测高测距仪测量林木树高和冠高;用皮尺测量林木东、西、南、北 4 个方向的冠幅半径;全站仪测量树木间的相对距离。林分内的每个林木均作为对象木,与对象木距离最近的 4 株单木均作为相邻木组成林分空间结构的基本竞争单元。选择对树冠造成遮挡的相邻木作为竞争木^[14]。

1.2.2 竞争指数计算

本研究在测量林木实际生长数据的同时,也对南向、东向、西向和北向冠幅半径因子进行了记录。使用林木树冠特征因子西、东、南、北各方位冠幅半径来计算林木树冠的竞争指数。在本研究中,笔者使用的树冠竞争指数是在 Hegyi 简单竞争指数的形式基础上提出来的,而且其公式与林分内单木与竞争木间的距离有关,计算公式如下^[20]:

$$CLI = \sum_{j=1}^N \frac{D_j}{D_i} \cdot \frac{1}{L_{ij}}$$

式中,对象木 i 的简单竞争指数用 CLI 表示; D_i 是对象木 i 的直径; D_j 是第 j 株竞争木的胸径($j=1,2,3,4$); L_{ij} 是对象木 i 与竞争木 j 的相对距离。Hegyi 简单竞争指数计算使用的数据均容易获得,它考虑了对象木、竞争木的相对距离。用其分析出来的竞争关系虽然比较准确,但是在计算、分析的过程中没有衡量由于树冠遮挡对竞争的影响。根据简单竞争指数的不足,在本研究中增加了对林木树冠竞争指数的分析,最后把两个指数的分析结果进行简单的对比研究。树冠竞争指数考虑的因子比较全面,在水平方向上,考虑了竞争木、对象木树冠之间的相互遮挡对竞争的影响;在垂直方向上,考虑了竞争木树高对对象木树冠间遮挡造成的对竞争的影响,并以竞争木、对象木树高的比值表达了这种影响。建立的林木树冠竞争指数表达式^[14]如下:

$$CCLI = \sum_{j=1}^N \frac{H_j}{H_i} \cdot \frac{|\overline{W_i + W_j} - |X_i - X_j||}{\overline{W_i}}$$

$$\bar{W} = \frac{W_e + W_w + W_s + W_n}{4}$$

式中, CCI_i 为对象木 i 的树冠竞争指数; H_i 为对象木 i 的树高; H_j 第 j 株竞争木的树高 ($j=1, 2, 3, 4$); W_i 为对象木 i 的平均冠幅半径, W_j 为竞争木 j 的平均冠幅半径, W_w 、 W_e 、 W_n 、 W_s 分别为林木西向冠幅半径、东向冠幅半径、北向冠幅半径、南向冠幅半径, X_j X_{i1} 为竞争木与对象木水平方向的距离。

1.3 数据分析

利用 Microsoft Office Excel 2013 统计数据和绘制图表, 采用 R 3.1.1 和 SPSS 16.0 统计软件完成相关性分析、方差分析以及回归模拟的分析, 其中多重比较采用 Duncan 检验。计算每块样地中林木的 Hegyi 简单竞争指数 (Hegyi CI)、树冠竞争指数 (Crown CCI), 根据两个竞争指数与林木实际增长量间相关程度的大小和散点图的分散、聚集程度来评价两种竞争指数模型的优劣。

2 结果与分析

2.1 相邻木的竞争对林木胸径生长的影响

为了分析林分内相邻木之间资源竞争对杉木胸径生长的影响情况, 计算两种不同的竞争指数, 并在相同坐标范围的坐标系中分别绘制两种竞争指数与杉木胸径实际增长量的散点图 (图 1~图 4)。

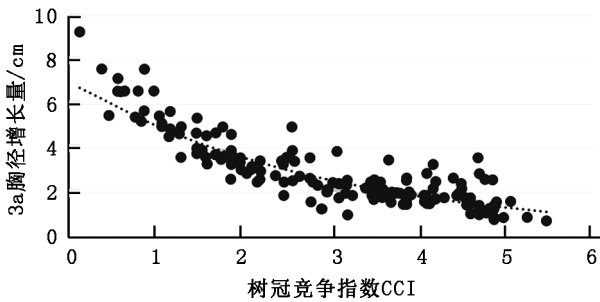


图 1 树冠竞争指数与杉木胸径增长量的散点图
Fig. 1 Scatter plot of crown competition index and DBH growth of *Cunninghamia lanceolata*

由图 1 和图 2 可以看出, 杉木胸径增长量随着两种竞争指数的增大而均减少, 并且呈现出对数指数的分布特征, 但是树冠竞争指数与胸径增长量的散点图更加集中, 虽然有少数偏离对数趋势线外, 但是 Hegyi 简单竞争指数的散点图较为分散, 因此, 树冠竞争指数的散点图更能说明杉木胸径增长量与林木竞争程度的变化规律。

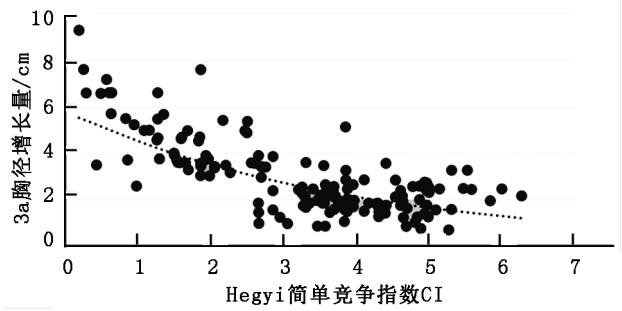


图 2 Hegyi 简单竞争指数与杉木胸径增长量的散点图
Fig. 2 Scatter plot of Hegyi simple competition index and DBH growth of *Cunninghamia lanceolata*

图 3 和图 4 是灰木莲胸径增长量与树冠竞争指数、Hegyi 简单竞争指数的散点图。同理, 两个图均表现对数分布的特征, 随着树冠竞争的增大, 灰木莲胸径的增加也随之减少; 灰木莲胸径增长量与树冠竞争指数的散点图均在趋势线上, 而 Hegyi 简单竞争指数的散点图较为分散, 这个结果与杉木的研究结果一样, 说明树冠竞争指数比 Hegyi 简单竞争指数的散点图更能说明灰木莲胸径增长量与树冠竞争的变化规律。

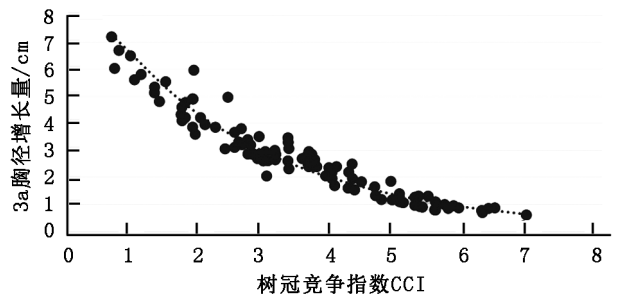


图 3 灰木莲实际胸径增长量与树冠竞争指数散点图
Fig. 3 Scatter plot of crown competition index and DBH growth of *Magnoliaceae glanca*

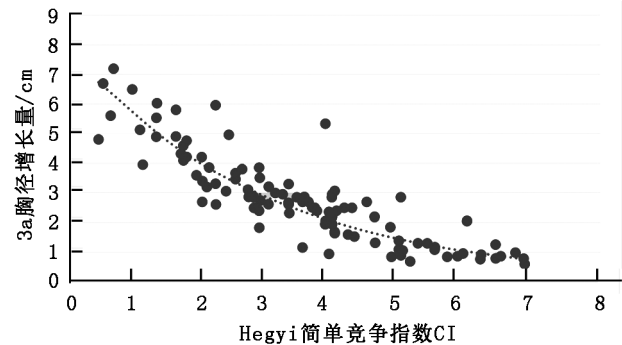


图 4 灰木莲实际胸径增长量与 Hegyi 简单竞争指数散点图
Fig. 4 Scatter plot of Hegyi simple competition index and DBH growth of *Magnoliaceae glanca*

2.2 林木胸径生长量与竞争指数的相关性

为了可以更准确地解释林木胸径生长量和树冠竞争指数的关系,利用林木胸径增长量和树冠竞争指数的相关分析来研究林分内林木胸径增长量在树冠竞争中的变化规律。经计算分析,灰木莲、杉木与两种竞争指数的 Kendall's tau-b 系数、Spearman's rho 系数均为负值(表 1),可以说明灰木莲、杉木的胸径增长量和竞争指数均为负相关。林木受到的竞争程度越大,其胸径的生长就越慢。数据分析结果显示,两种树种的树冠竞争指数和 Hegyi 简单竞争指数均与胸径增长量的相关性极显著,两种树种表现出一致的规律;而且杉木、灰木莲 Spearman's rho、Kendall's tau-b 系数,它们在胸径增长量和树冠竞争指数上的绝对值均大于 Hegyi 简单竞争指数的绝对值,而且杉木的树冠竞争指数相关系数 $R^2 = 0.852$,大于 Hegyi 简单竞争指数的 $R^2 = 0.738$ 。同理,灰木莲的树冠竞争指数相关系数 $R^2 = 0.940$,也大于 Hegyi 简单竞争指数的 $R^2 = 0.864$ 。因此,对两种竞争指数进行比较分析,可以得出树冠竞争指数能够更好地反映林分内林木的胸径增长量与林木受到竞争程度的关系的结论。从两种树冠竞争指数和不同树种(灰木莲、杉木)的胸径增长量的相关性分析,无论是树冠竞争指数还是 Hegyi 简单竞争指数,灰木莲生长量与竞争指数的 3 种相关系数数值绝对值均大于杉木的相关系数数值绝对值,由此可以说明灰木莲的胸径生长可能更容易受到林木树冠竞争的影响。这可能是因为灰木莲是阔叶树种,且枝叶茂盛,杉木是针叶树,枝叶比较稀疏,因此树冠对灰木莲的生长影响更显著,影响力更大。

表 1 两种树种树冠竞争指数与胸径增长量相关分析

Tab. 1 Correlation analysis between crown competition index and DBH growth of two tree species

树种	相关系数名称	树冠竞争指数	Hegyi 简单竞争指数
杉木	Kendall's tau-b	-0.689**	-0.475**
	Spearman's rho	-0.846**	-0.658**
	R^2	-0.852**	-0.738**
灰木莲	Kendall's tau-b	-0.858**	-0.730**
	Spearman's rho	-0.968**	-0.889**
	R^2	-0.940**	-0.864**

3 结论与讨论

本文研究了人工纯林内林木间相互竞争对林分生长的影响,选取了杉木、灰木莲人工纯林作为研究对象,将胸径、树高、冠幅和相对位置等测量数据作为自变量,根据竞争指数公式计算林分内林木的树冠竞争指数,以反映林木所受到的竞争程度。利用树冠竞争指数对杉木、灰木莲的胸径增长量进行分析,结果表明林木胸径的增长量受到树冠竞争指数的影响,并且随着竞争指数的提高,林木胸径增长量会随之减少。作为阔叶树种的灰木莲比针叶树杉木的胸径生长量更易受到林内树木竞争的影响。Hegyi 简单竞争指数和树冠竞争指数均能够说明林分内林木受到的竞争,但是树冠竞争指数更能说明林分内林木胸径增长量受到树木间竞争的影响程度。

目前林内竞争大多数研究的是人工纯林,对于混交林或者天然林是否适用还需进行大样本的研究来进一步验证。影响林木生长的因素有很多,包括林木本身因素和外部因素,例如林木遗传、苗木质量、土壤养分、水分、地形、地势、气候等,在未来的研究中,还需利用其他更多能够全方位描述树冠的因子,减小其他因子带来的不利于分析的影响,以便建立一个更接近于林木实际生长状况、反映林木自然生长规律的竞争指数模型。

参考文献:

- [1] 刘屹湘. 小麦/玉米间作体系竞争—恢复过程的根系互作机制[D]. 北京:中国农业大学,2015.
- [2] 倪瑞强. 长白山典型针阔混交林群落结构与动态研究[D]. 北京:北京林业大学,2014.
- [3] 孟宪宇. 测树学[M]. 3版. 北京:中国林业出版社,2006(1):118-121.
- [4] 李先琨,苏宗明,欧祖兰,等. 元宝山冷杉群落种内与种间竞争的数量关系[J]. 植物资源与环境学报,2002,11(1):20-24.
- [5] 段仁燕,王孝安. 太白红杉种群邻体范围与邻体竞争强度的研究[J]. 西北植物学报,2004,24(12):2335-2340.
- [6] 段仁燕,王孝安. 太白红杉种内和种间竞争研究[J]. 植物生态学报,2005,29(2):242-250.
- [7] 段仁燕,王孝安,涂云博,等. 太白红杉邻体竞争研究方法的进展[J]. 兰州大学学报(自然科学版),2007,3(4):37-41.
- [8] 郭恩莹,吴保国,张瀚,等. 杉木人工林缓冲区类竞争指数[J]. 东北林业大学学报,2012,40(10):34-38.

(下转第 164 页)

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2021.02.029

福建海岛植被面临的问题及保护开发策略研究

刘健行,何雅琴,谢艳秋,魏凯,史晓洁,邓传远

(福建农林大学园林学院,福建福州 350002)

摘要:整理福建省 4 个有居民海岛和 13 个无居民海岛的植被现状,从地理环境影响和人为活动影响两方面综述福建海岛植被变化及面临的问题,包括土地风沙化严重,防护林效能衰退,园林植物生长遭受威胁,自然灾害破坏植物生境,以及海岛城市扩张,外来植物入侵威胁等。提出提高生态保护意识,推进海岛植被修复工作,发展生态旅游,改善海岛防护林体系等福建海岛植被资源保护与开发策略。

关键词:海岛植被;地理环境;防护林效能;城市扩张;植物入侵;植被修复

中图分类号:S717.194;S718.54;F316.23 文献标志码:B 文章编号:1671-3168(2021)02-0157-08

引文格式:刘健行,何雅琴,谢艳秋,等.福建海岛植被面临的问题及保护开发策略研究[J].林业调查规划,2021,46(2):157-164. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2021.02.029

LIU Jianxing, HE Yaqin, XIE Yanqiu, et al. Problems and Protection and Development Strategy of Vegetation in Fujian Islands[J]. Forest Inventory and Planning, 2021, 46(2): 157-164. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2021.02.029

Problems and Protection and Development Strategy of Vegetation in Fujian Islands

LIU Jianxing, HE Yaqin, XIE Yanqiu, WEI Kai, SHI Xiaojie, DENG Chuanyuan

(College of Landscape Architecture, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350002, China)

Abstract: This paper summarized the vegetation status of 4 inhabited islands and 13 uninhabited islands in Fujian Province, and analyzed the vegetation changes and problems from the aspects of geographical environment and human activities, including the serious desertification of land, the decline of shelter forest efficiency, the threat to the growth of garden plants, the destruction of plant habitat by natural disasters, the expansion of island cities and the invasion of alien plants. Therefore, this paper put forward some strategies for the protection and development of island vegetation resources in Fujian, such as improving the awareness of ecological protection, promoting the restoration of vegetation, developing eco-tourism, and improving the shelter forest system.

Key words: island vegetation; geographical environment; shelter forest efficiency; urban expansion; plant invasion; vegetation restoration

收稿日期:2020-10-19.

基金项目:福建省区域发展科技项目计划(2018Y3006);海洋公益性行业科技专项经费项目(201505009-4);福建海岛植被概况编写(115/KH180190A).

第一作者:刘健行(1996-),男,江西赣州人,硕士研究生.研究方向为风景园林规划与设计.

责任作者:邓传远(1971-),男,福建永安人,博士,副教授.研究方向为海岛植被资源与滨海城市生态优化与景观提升. Email:dengchuanyuan@163.com

福建省海岛数量众多,海岛植被资源丰富,然而,因海岛生境特殊,与大陆相隔、自身资源匮乏等诸多原因,使得海岛生态系统相对脆弱,海岛植被极易受人为活动、自然灾害等因素影响^[1]。此外,福建部分海岛位处台湾海峡,“狭管效应”使得部分区域海岛常年大风,地理气候与其他地区相较更加独特。因而,福建海岛植被现状的整理与问题探寻变得尤为重要,这对于海岛城市的规划发展具有重大意义。本研究以时间为线索,对福建省 4 个有居民海岛、13 个无居民海岛的植被变化进行分析,总结自然环境与人为活动影响下植被资源存在的不同问题,并为福建海岛植被资源的保护与开发提出建议,以期对海岛植被资源保护开发及海岛城市发展提供策略。

1 福建海岛植被现状

福建省 908 专项海岛土地利用调查对福建省 1 321 个面积在 500 m² 以上的海岛进行了调查统计。调查发现,福建海岛陆域土地总面积约 1 154 km²,有居民海岛陆域土地面积约 1 106 km²,无居民海岛陆域土地面积约 48 km²,其中园地、林地和草地 3 个一级利用类型土地分别占海岛土地总面积的 4.08%、20.77% 和 4.65%^[2]。由此可见,福建海岛有近 30% 的海岛土地被植被覆盖,其中林地海岛植被主要覆盖类型。经文献整理和实地调查^[3-8],福建海岛植被可分为两大类,天然(半天然)植被及人工植被。其中天然(半天然)植被包括针叶林、阔叶林、针阔叶混交林、退化叶林、阔叶退化叶混交林、针叶退化叶混交林、红树林、竹林、灌草丛、草丛、水生植被、沼生植被、沙生植被等 13 种植被型,常绿针叶林、常绿阔叶林、落叶阔叶林等 27 种植被亚型及多种群系;人工植被包括草本栽培植被和木本栽培植被 2 种植被型,农作物植被、果林植被、经济林植被、园林植被、防护林 5 种植被亚型及多种群系。与福建内陆植被类型相比^[9-10],福建海岛部分植被类型较为独特(表 1),海坛岛、东山岛因常年大风,林地使用了较多的抗风树种,如木麻黄、台湾相思和黑松等,这在福建内陆使用较少。另外,福建部分海岛还保留有红树林,除福建海岸带部分区域存有,内陆几乎没有,是值得保护与研究的植被资源。

然而,相较于福建内陆植被丰富的植被类型与较高的物种多样性,海岛植被仍存在林分结构简单,群落层次单一,植物多样性较差等问题。为探究产

表 1 福建海岛部分植被类型

Tab. 1 Vegetation types of some islands in Fujian

植被类型	主要组成植物	主要分布海岛
退化叶林	木麻黄	海坛岛、东山岛
阔叶退化叶混交林	木麻黄、台湾相思、潺槁木姜子	海坛岛、东山岛
针叶退化叶混交林	木麻黄、黑松、马尾松	海坛岛、东山岛
红树林	秋茄、白骨壤、蜡烛果	紫泥岛、三都岛
防护林(植被亚型)	木麻黄、台湾相思	海坛岛、东山岛

生这一系列问题的原因,认清福建海岛植被面临的不同威胁,本研究以 4 个典型有居民海岛和 13 个无居民海岛为研究对象进行分析,从独特地理环境及人类活动影响两方面进行挖掘,分点剖析其带来的植被问题,同时结合分析提出适合海岛环境的植被资源保护开发方式。

2 福建海岛植被面临的问题

2.1 独特地理环境影响下的海岛植被

海岛被海水包围,空间独立敏感,生态较为脆弱,同时又易受台风、洪涝、风暴潮等自然灾害影响,海岛植被生存威胁巨大^[11]。对于福建海岛而言,部分海岛因“狭管效应”,岛内海风强劲,且风向平稳,对植被干扰尤为强烈^[12]。针对这一地理气候情况,查阅分析相关文件^[13]发现,福建海岛中东山岛、海坛岛两岛面临风沙威胁严重且独特,应进行重点分析,对其他国内海岛频发的自然灾害问题则进行概述总结。

2.1.1 土地风沙化严重

2010 年,福建省政府印发的文件《福建省生态功能区划》^[13]指出,福建省风沙与石漠化敏感地区有两处,台湾海峡西岸福州市、莆田市沿海半岛及其诸岛,与台湾海峡南部漳州市海岸及其诸岛(图 1)。且在福建省省级重要生态功能区图上明确标明,两地为风沙控制重要区域。海坛岛、东山岛作为两区最大的有居民海岛,其风沙化严重影响着当地的植被生态与居民生活。

以海坛岛为例,有学者研究表明,亚热带气候区有逐渐变干的趋势^[14-15],加之海坛岛 NNE 向盛行风同岛域旱季重合^[16],成为海坛岛严重风沙化的气候因素。同时,早年海岛居民的不断涌入,薪柴砍伐,致使水土流失日益严重,加剧了海岛土地的风沙化和植被的消失。平潭县志^[17]曾记载,“平潭在唐

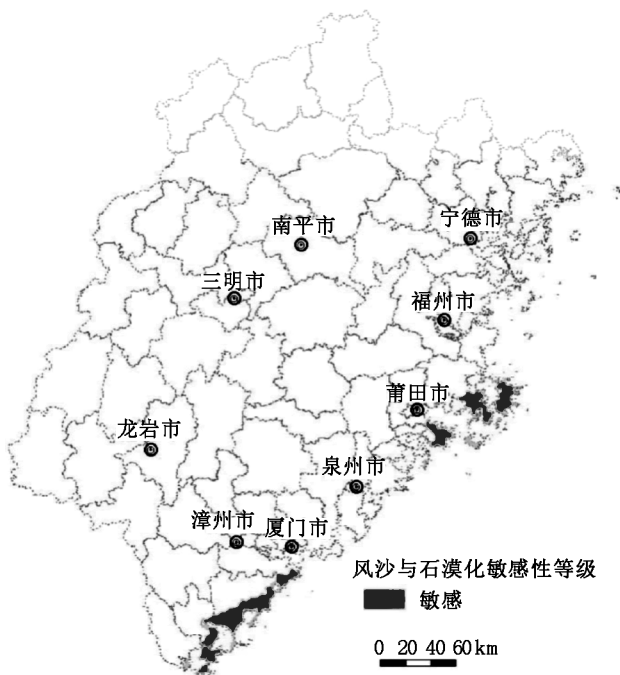


图 1 福建省风沙与石漠化敏感区域

Fig. 1 Sensitive areas of sandstorm and rocky desertification in Fujian

朝时为牧马地,宋初特置牧监,直到清朝荒于风沙”,“君山后有一榕树,一本连九株,郁然苍翠”,芦洋农场也曾在土层深处掘出过腐烂的木头。可见,自唐朝到宋末,海坛岛植被繁盛,生态环境良好,而从清朝开始人口大量涌入,开荒取薪,岛屿风沙化达到鼎盛。20 世纪 60 年代开始,为遏制海坛岛风沙化开始了防护林建设,经过努力,海坛岛林地面积从 1959 年的 9.30 km² 增加到 1994 年的 70.75 km²,沙地面积也减少了近 90%^[18]。2015 年,吴锡麟等^[19]对 1996 年、2002 年、2008 年海坛岛遥感影像进行研究,发现,沙地数量逐年减少,可以看到防风固沙林、水土保持林的营造对海岛风沙化达到了较好的遏制作用,但风沙威胁依旧存在,不容忽视,防护林树木的更新与维护依然需要不断推进。

2.1.2 防护林效能衰退

因“狭管效应”影响,福建部分海岛风力强劲,其中以海坛岛与东山岛为甚,两岛风沙化严重,海岛防护林系统成为两岛植被生境稳定的第一道防线。两岛防护林于 20 世纪开始建设,现已成规模,然而,随着时间的推移,两岛防护林系统开始出现问题。自 20 世纪 60 年代开始,为御风害,在海坛岛先后引进木麻黄、黑松、台湾相思等树种,以期构建结构合理的沿海防护林体系,经过 30 多年的努力,海坛岛

林地面积从 1956 年的 13.43 km² 增加到 1990 年的 103.20 km²,覆盖率由 4.4% 增加到 31.3%^[20]。截至 2015 年,海坛岛现存防护林面积达 89.67 km²,林分主要构成为木麻黄林、台湾相思林、湿地松林和黑松林^[21]。同样的,东山岛也于 20 世纪 60 年代开始建设防风林带,经过不懈努力,2001 年林地面积达 68.94 km²,且面积在不断扩大,2004 年为 80.83 km²,截至 2007 年林地面积增至 94.11 km²^[22],其中防护林面积达 45.41 km²,主要构建树种为马尾松、木麻黄、台湾相思、湿地松等^[23]。两岛现存防护林系统较完整,然而大部分为 20 世纪 60 年代营造,70 年过去了,两岛防护林系统开始出现问题,主要表现为两方面:(1)木麻黄寿命短,纯林多功能可持续性差^[24],两岛防护林多由木麻黄、台湾相思、黑松等构成,如今木麻黄衰老退化,防护效果不断下降,补植植株尚未成林,防护林体系整体效能变差;(2)两岛防护林系统植被结构简单,多为纯林或双树种混交林,且林下植被多样性较差,整体稳定性较弱^[25-26]。

2.1.3 园林植物生长遭受威胁

作为福建有居民海岛人工植被的重要组成部分,园林植被的保护与建设也同样值得重视。福建风沙较大地区常年的大风威胁着有居民海岛园林植物的生长,如受海风影响明显的海坛岛就是一个典型例子。随着建设开发的不断推进,海坛岛现建有平潭海岛国家森林公园、龙凤头海滨公园、万宝公园、雕塑园等多个公园,郑俊鸣等^[27]对海坛岛 5 座公园调查发现,5 座公园共有植物 276 种,其中园林植物 131 种,占总数的 47.5%,总体上植物景观较丰富,且具滨海特色。然而,经过文献研究结合实地走访发现,因大风影响,园林植被出现了以下问题:(1)近海公园风力大,植被生长不佳。如龙凤头公园建于燕下浦风口海岸处^[28],风力强劲,公园广场上使用黄金榕、鸡蛋花、红花檵木等植物营造的景观需架设防风网以保护植物不受海风侵害,暴露在海风下的植物树叶则脱落殆尽;(2)海坛岛各地风力不均,沙化程度不一^[29],许多绿地并未做到适地适树,而是照搬内陆常规园林绿化营造模式,导致植被存活率低^[30]。如在风力强劲的道路栽植抗性较弱的高山榕生长不良,树叶脱落;万宝公园迎风坡未栽植抗风树种,光秃一片,与公园其他区域形成景观质量落差。

2.1.4 自然灾害破坏植物生境

除了强劲的海风,福建海岛同国内其他海岛一样也遭受着不同自然灾害的影响,如台风、风暴潮、

海平面上升等引起的洪涝、海水倒灌、土壤盐渍化等。调查显示,福建海岛每年平均遭受台风灾害 8 次,强劲的台风吹断树枝,甚至将树木连根拔起,严重威胁到植被的生长和居民的生命财产安全^[31]。海岛土壤盐碱化的加重,使海岛生长植物的立地条件变得更加严苛,可生长植物变少,海岛生态多样性的提升因此变得更难。同时,全球气候变暖也影响到海岛乃至世界的生态安全,与工业革命前相比,地表均温上升了 1℃,海平面上升,海水温度变化,降雨规律改变^[32],导致海岛植物群落结构随之改变,生态系统遭受退化威胁^[31]。

2.2 人为活动影响下的海岛植被

随着海岛人口的不断涌入,海岛开发强度的不断上升,岛陆交流愈发频繁,人类活动对海岛植被的影响也在不断加剧。在海岛城市不断扩张这一时代背景下,人类活动与海岛植被之间关系的协调与优化以及外来植物对岛内植被结构的影响均值得不断研究与探讨。

2.2.1 海岛城市的扩张

海岛面积较小,城市扩张较为有限,一种景观类型的扩大则意味着另一种或多种景观类型的缩小,因此,海岛城市的发展具有饱和点^[3]。本文收集福建 2 座有居民海岛(厦门岛、海坛岛)城市化进程中各景观面积的变化,探究不同类型海岛城市化进程对有居民海岛植被的影响。

1980 年,厦门被设为经济特区,厦门岛内城市化进程加快,人工景观面积不断增加,自然景观被压缩,尹锴等^[33]的调查指出(表 2),厦门岛建设用地由 1987 年的 39.74 km² 增至 2007 年的 92.65 km²,增幅达 133%,水体、耕地和森林在 20 年内则分别减少了 43%、100% 和 19%。林美霞等^[3]对厦门人工景观对自然景观的生态胁迫进行研究发现,厦门岛城市化率在 2004 年就已达到 100%,其城市空间发展趋于饱和,人工景观不断侵蚀水体、耕地和森林

表 2 厦门岛部分景观面积变化

Tab. 2 Landscape area changes of Xiamen Island

土地类型	km ²				
	1987 年	1992 年	1997 年	2002 年	2007 年
森林	48.37	47.33	38.01	36.89	39.24
耕地	27.64	24.09	13.78	9.38	0.00
水体	4.93	4.41	4.13	3.97	2.81
建设用地	39.74	45.53	66.42	76.52	92.65

等自然景观,20 世纪末在厦门岛发现的蜡烛果、白骨壤群落已逐渐消失^[8],岛内原破碎的林地景观也因人工景观的挤压逐渐连接成块,破碎化程度降低,然而单一集中的自然与人工景观边界抑制了自然景观的潜在发展。吴德政^[34]针对厦门岛自然景观中的城市森林部分进行了研究,发现厦门岛森林整体生态承载力不足,森林资源生态足迹需求是其自身可供应能力的 2 倍多,无法满足居民对森林资源的需求。但如今厦门岛土地使用率已饱和,森林面积无法扩大,同样,城市也无法继续扩张,城市仅剩植被资源的高效利用就变得尤为重要,城市公共绿地的效益提升,森林资源的优化保护,红树林的重建均成为厦门岛植物资源保护开发的关键。这也提醒处于城市化进程中的有居民海岛,应在植被资源开发与城市建设中找到平衡点,开发但不破坏,保护与建设齐头并进。

海坛岛是城市化进程中的一个实例,骆灿鹏^[35]对海坛岛 1959—1994 年的景观格局进行了研究,发现岛内林地面积增幅逾 700%,岛内滩涂、荒地和沙地在 30 余年间大幅减少,同时伴随着居民地的大幅增长,可见人工防护林的建设对岛内生态、居住环境起到了良好的促进作用。2009 年平潭设立平潭综合实验区,城市化进程加快(表 3)^[37],海坛岛建设用地由 2010 年的 54.23 km² 增至 2017 年的 81.31 km²,增幅达 50%,城市的扩张侵占了岛内水体面积,同时,岛内的开发并未忽视植被的重要性,7 年间林地面积增加了 14.36 km²,几乎恢复到 1990 年的水平。然而温小乐等^[36]对海坛岛 2016 年遥感图像进行研究发现,岛内林地如君山生态保护区林分结构简单^[7],易损度高,同时岛内城市建设进程差异较大,中部地区出现道路、房屋分割林地等现象,使得岛内景观破碎化程度变高,这不利于海岛城市的健康发展。50 多年来海坛岛林地、建设用地不断增加,在常年大风的海坛岛,这两大要素的不断推进是十分必要的,防护林稳定岛内居住环境,使岛内开

表 3 海坛岛部分景观面积变化

Tab. 3 Landscape area changes of Haitan Island

土地类型	km ²			
	1990 年	2000 年	2010 年	2017 年
林地	77.88	67.58	57.03	71.39
水体	37.64	35.38	27.40	6.61
建设用地	40.35	49.71	54.23	81.31

发得到保障,然而,不断破碎的景观格局也意味着海岛城市的亚健康发展,这需要加强警惕,就如厦门岛提供的实例,城市扩张终将压缩分散植被资源,提前规划城市与绿地的关系,找到城市化推进中与海岛植被资源开发保护的平衡点,未雨绸缪,完善城市规划,这将给海岛整体发展带来巨大效益。

2.2.2 外来植物入侵威胁

入侵植物通过自然或人为(有意或无意)的方式进入海岛生态系统,由于海岛植物种群规模小,结构简单,抵御能力较差,入侵植物极易对原生植物的生存构成威胁^[38]。相较于 90 年代的调查^[8],4 座有居民海岛的植物物种数量均在不断增加^[39-44],其中植物种数增幅以海坛岛 286.4% 为最高,外来植物种数增幅则以鼓浪屿 862.1% 为最高,园林植物与经济作物的不断引入,是有居民海岛植物种数不断增加的主要原因,引入的部分植物为有居民海岛带来更加丰富的植物景观和农业体系,提高了当地居民的生活品质和经济收入。但外来植物是否会威胁海岛的健康发展,依然值得深入研究。本文搜集了福建部分海岛入侵植物种数情况(入侵植物判定以中国外来入侵物种信息系统中标注为 5 级及以上的植物为准),并列出了部分入侵植物对海岛产生危害的实例,以警示入侵植物对海岛的危害。

海坛岛、厦门岛、东山岛、鼓浪屿入侵植物种数以海坛岛 88 种为最多,鼓浪屿 4 种为最少,4 座海岛入侵植物种数分别占各自海岛植物种数的 10.71%、6.48%、5.59% 和 1.30%,国内其他地区如浙江舟山岛^[48]、南麂岛^[49-50] 为 9.88% 和 10.18%,与海坛岛相似,这体现我国部分有居民海岛入侵植物种数已较多,需要得到重视(图 2)。

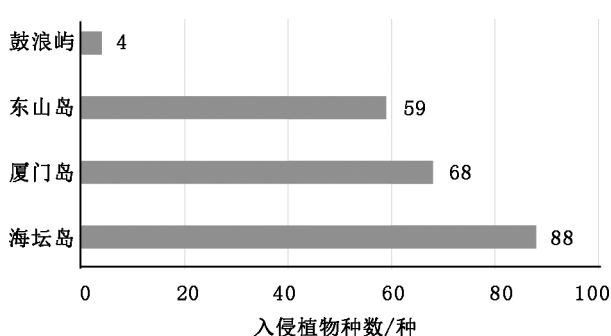


图 2 4 个有居民海岛入侵植物种数^[27,46,47]

Fig. 2 Quantity of invasive plants in 4 inhabited islands

福建 26 个无居民海岛入侵植物种数以火烧屿 25 种为最多,古螺礁、坪洲岛的 1 种为最少,对比种

数与 26 座海岛面积发现,入侵植物多少与无居民海岛的面积无关,同时,入侵植物占植物种数比值最高的为金牌岛,作为连接三地的海上交通枢纽,其数值达 29.51%(图 3)。

入侵植物对海岛植被危害较大,学术界虽尚无证据表明外来植物的入侵会导致本地植物物种在景观尺度上的灭绝,但 Heinke 等^[53] 的实验发现,植物物种的入侵会导致岛屿物种多样性下降,生态安全也会遭到威胁。如厦门猴屿,岛上由于早先人类的植被修复活动,引种的马樱丹大量繁殖,现几乎侵占了岛屿的整个灌木层^[9];再如琅岐岛,大米草侵入滩涂地,对红树林及养殖地造成严重损失。除宏观层面的危害外,入侵植物还会在微观层面对植物进行损害,如万宣伍等^[54] 使用分子标记方法对入侵物种的入侵历史进行重构后发现,入侵物种与原物种存在杂交,且存在杂交后外来物种更易入侵,杂交后的世代更具竞争力。

3 福建海岛植被资源保护策略

3.1 提高民众海岛生态保护意识

人为活动对海岛植被影响巨大,民众保护意识的提升对海岛可持续发展意义重大。为提高民众保护意识,各界可通过媒体投放、教学融合、相关节日活动的举办等方式,多方位多年龄段进行民众宣传,明确利弊,培养居民海岛植被资源保护意识,以此减少居民生活、开发建设等人类活动对植被资源的破坏。

3.2 积极推进海岛植被修复工作

海岛植被的修复可通过设置生态修复实验区、植树造林等方式进行。过往实践证明,对于已破坏的海岛生态系统,利用其自我恢复能力,辅以人工引导,可以使其向有序的方向发展,如对无居民海岛破坏植被使用早期引入草本蕨类入侵,后期再营造乔灌木的方式进行修复。积极建设海岛生态修复实验区,不断尝试,适地适法,积累经验,可以在有效保护海岛植被的同时,提高海岛居民生活质量。同时,林分改造也十分重要,应在海岛适宜区域增植适宜树种,可在丰富海岛林分结构,提高植物多样性的同时,通过合理规划,降低海岛景观破碎化程度。

3.3 完善海岛植被保护法规及管理系统

立法是环境保护的实践基础,其指导约束意义重大。我国海岛保护相关法律法规尚存不足,世界上许多国家曾在此方面做出过努力,拥有相对丰富

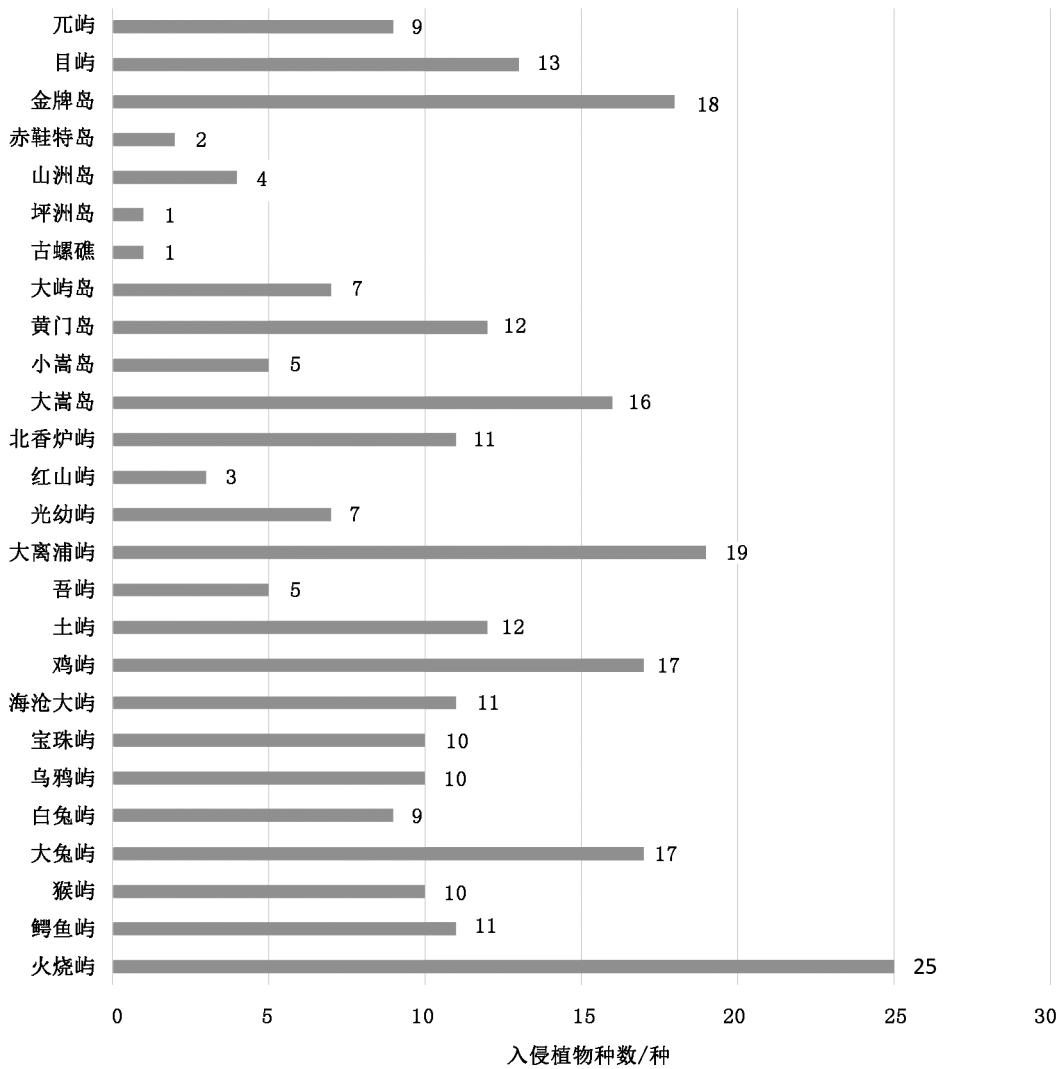


图 3 26 个无居民海岛入侵植物种数^[6,7,51,52]

Fig. 3 Quantity of invasive plants in 26 uninhabited islands

的立法、管理经验,值得学习与借鉴。在法制完善过程中,不应以人类利益为中心,而应以海岛生态资源的保护为核心进行。同时,法律的约束对象与实施对象为人,其严格执行是植被资源保护的前提。另外,严密的监管系统是执法的基础,利用最新技术构建高效的海岛监视监测体系,建立海岛管理数据库,优化海岛植被资源管理平台,在保证信息安全的同时,构建海岛生态评估和预警系统,可有效提高资源管理效率及应急处理能力。

4 福建海岛植被资源开发策略

4.1 城市发展中的植被资源开发

对于处于城市化发展阶段的有居民海岛,应合理规划城市的整体建设格局,寻求城市化进程与植被资源开发的平衡点,在保护海岛有限的植被资源

的前提下进行城市建设,做到开发但不破坏。同时,对于现存的植被资源,在对其进行保护的前提下,应对其进行优化,提升其生态、社会及经济效益,做到在城市化饱和前达到最优结构和最佳效益。

4.2 发展海岛生态旅游业

因岛制宜、合理规划是发展海岛生态旅游业的基础。对具有珍稀物种、特异生态景观等海岛,可设立省市级自然保护区,建立海岛森林公园等,在保护海岛珍稀资源的同时,发展旅游业,做到开发但不破坏,时刻注意不对脆弱的海岛生境进行过多的干扰。同时,海岛生态风景林的规划建设也十分重要,在完善防护林体系的同时,优化海岛植被结构,提升海岛整体景观水平,在提升生态效益的同时增加社会效益。

4.3 改善海岛防护林体系

防护林作为海岛的第一道防护线,合理规划其建设区域十分重要,风力大的海岸应增加防风林厚度,并加强养护管理与植株更新,农耕区域则打造合理的防护林网,保护农作物不受侵害。同时,海岛防护林生态多样性的提升也是亟待解决的问题,对此可筛选合适的抗风、抗逆性强的树种改造与更新结构简单的现存防护林,也可通过林下建群种的营造来提高防护林的多样性与防护效能。此外,福建许多海岛生长着红树林,其具有独特的生态防护效能,应在保护自然林的前提下营造人工林,使其成为海岛防护的先锋卫士。

参考文献:

- [1] XIN M, MARTIN D J, BAIQING S, et al. Nouveauté or Cliché? Assessment on island ecological vulnerability to Tourism: Application to Zhoushan, China [J]. *Ecological Indicators*, 2020, 113.
- [2] 张加晋. 福建省海岛土地利用特征及变化分析[J]. *亚热带资源与环境学报*, 2012, 7(4): 39-42, 94.
- [3] 陈利. 平潭县植物多样性研究及其植被景观建模[D]. 福州: 福建师范大学, 2010.
- [4] 陈恒彬, 廖启焯. 厦门地区常用园林植物图录[M]. 武汉: 华中科技大学出版社, 2017.
- [5] 张坚强. 海坛岛次生植被物种多样性与群落特征[D]. 福州: 福建农林大学, 2019.
- [6] 郑建忠. 平潭 6 个海岛植物群落特征及相关环境因子研究[D]. 福州: 福建农林大学, 2019.
- [7] 肖兰, 张琳婷, 杨盛昌, 等. 厦门近岸海域无居民海岛植物区系和物种组成相似性[J]. *生物多样性*, 2018, 26(11): 1212-1222.
- [8] 孔繁升. 福建海岛植被[M]. 福州: 福建科学技术出版社, 1999.
- [9] 史彩霞. 武夷山植物多样性的海拔梯度格局分析[D]. 福州: 福建农林大学, 2016.
- [10] 任婕, 陈传明, 侯雨峰. 福建武夷山自然保护区植被景观格局研究[J]. *中国农学通报*, 2015, 31(22): 206-212.
- [11] RAMA C P, MAMTHA L, RAJAN K S, et al. Tsunami and tropical island ecosystems: a meta-analysis of studies in Andaman and Nicobar Islands [J]. *Biodiversity and Conservation*, 2012, 21(2).
- [12] 黄民生. 福建海岛脆弱环境特征与可持续发展对策[J]. *海南师范学院学报(自然科学版)*, 2002(Z1): 9-11.
- [13] 福建省环境保护厅, 国家海洋局第三研究所, 福建师范大学地理研究所. 福建省生态功能区划[Z]. 2004.
- [14] 吴陶樱, 方秀琴, 吴小君, 等. 基于气候区的全球干旱形势分析[J]. *水土保持研究*, 2019, 26(3): 166-173.
- [15] LISA D, AMIR A. Global trends and patterns of drought from space [J]. *Theoretical and Applied Climatology*, 2014, 117: 3-4.
- [16] 陈方, 李祖光, 汪榕光, 等. 长乐东部沿海及海坛岛风沙地貌发育条件分析[J]. *福建师范大学学报(自然科学版)*, 1992(4): 93-99.
- [17] 平潭县地方志编纂委员会. 平潭县志[M]. 平潭: 方志出版社, 2000.
- [18] 骆灿鹏. 海坛岛景观格局动态变化研究[J]. *福建师范大学学报(自然科学版)*, 1996(3): 89-95.
- [19] 吴锡麟, 岳新建, 叶功富, 等. 平潭主岛陆相区域景观格局动态变化分析[J]. *防护林科技*, 2015(6): 14-17.
- [20] 卢成林, 陈昌茂, 杨业武. 平潭海岛防护林的减灾稳产效益[J]. *福建林学院学报*, 1992(1): 121-124.
- [21] 文华英. 海坛岛防护林主要森林类型生态系统服务功能评估[D]. 福州: 福建师范大学, 2015.
- [22] 梁屹. 基于 3S 技术的沿海防护林体系优化配置研究[D]. 福州: 福建农林大学, 2011.
- [23] 李翠萍, 黄义雄, 叶功富, 等. 福建东山岛防护林景观格局研究[J]. *防护林科技*, 2010(2): 11-13, 17.
- [24] 刘宪钊. 热带海岸木麻黄人工林近自然经营模式研究[D]. 北京: 中国林业科学研究院, 2011.
- [25] WU L Y, HE D J, JI Z R, et al. Protection efficiency assessment and quality of coastal shelterbelt for Dongshan Island at the coastal section scale [J]. *Journal of Forestry Research*, 2017, 28(3): 577-584.
- [26] 李翠萍, 黄义雄, 叶功富, 等. 福建东山岛防护林景观格局与生态价值研究[J]. *生态科学*, 2009, 28(6): 523-527.
- [27] 郑俊鸣, 张嘉灵, 赵东铭, 等. 福建海坛岛公园种子植物的区系特征[J]. *福建农林大学学报(自然科学版)*, 2018, 47(5): 587-592.
- [28] 聂森, 黄朝法, 林福平, 等. 平潭岛生态建设现状分析及展望[J]. *福建林业*, 2017(4): 18-20.
- [29] 石谦, 蔡爱智. 福建平潭岛的风沙地貌与海岸演变[J]. *台湾海峡*, 2009, 28(2): 163-168.
- [30] 叶志勇. 福建平潭岛种子植物区系地理及外来植物对其影响[J]. *广西植物*, 2017, 37(3): 280-293.
- [31] YE J Y, LIN G F, ZHANG M F, et al. Hazard analysis of typhoon disaster-causing factors based on different landing paths: a case study of Fujian Province, China [J]. *Natural Hazards*, 2020, 100(2).
- [32] 蔡金鑫. 全球气温或提前升高 1.5℃ [J]. *生态经济*, 2018, 34(12): 2-5.
- [33] 尹锴, 赵千钧, 文美平, 等. 海岛型城市森林景观格局效应及其生态系统服务评估[J]. *国土资源遥感*, 2014, 26(2): 128-133.
- [34] 吴德政. 厦门岛城市森林布局优化研究[D]. 长沙: 中南林业科技大学, 2014.

- [35] 骆灿鹏. 海坛岛景观格局动态变化研究[J]. 福建师范大学学报(自然科学版), 1996(3): 89-95.
- [36] 温小乐, 赵林洪. 基于高分辨率遥感影像的平潭综合实验区景观格局分析[J]. 福州大学学报(自然科学版), 2018, 46(3): 360-365.
- [37] 周正龙, 沙晋明, 范跃新, 等. 基于随机森林的遥感土地利用分类及景观格局分析[J]. 计算机系统应用, 2020, 29(2): 40-48.
- [38] KASEY E B, AMANDA W. Plant competition as a mechanism of invasion on islands: Revisiting the conclusions of Kuebbing and Nuñez (2016) [J]. *Biotropica*, 2019, 51(3).
- [39] 朱雪平, 郑俊鸣, 方笑, 等. 平潭海坛岛公园观花植物资源调查及其园林应用分析[J]. 防护林科技, 2016(12): 28-31, 56.
- [40] 苏燕苹. 福建平潭抗风耐盐园林植物的筛选与配置[J]. 亚热带植物科学, 2013, 42(3): 267-270.
- [41] 高伟, 叶功富, 游水生, 等. 福建东山岛外来入侵植物调查与控制对策[J]. 林业资源管理, 2010(6): 45-50.
- [42] 《中国海岛志》编纂委员会. 中国海岛志(福建卷第3册)[M]. 连云港: 海洋出版社, 2014.
- [43] 方水池. 鼓浪屿树木种类、分布及生长状况探究[J]. 亚热带植物科学, 2014, 43(2): 144-151.
- [44] 徐河山, 马丹炜. 鼓浪屿岛种子植物分布区类型初步研究[J]. 四川师范大学学报(自然科学版), 2016, 39(4): 588-592.
- [45] KASEY E B, AMANDA W. Plant competition as a mechanism of invasion on islands: Revisiting the conclusions of Kuebbing and Nuñez (2016) [J]. *Biotropica*, 2019, 51(3).
- [46] 欧健, 卢昌义. 厦门市外来物种入侵现状及其风险评价指标体系[J]. 生态学杂志, 2006(10): 1240-1244.
- [47] 李净, 赵娟娟, 陈珊珊, 等. 厦门市城市外来植物的种类构成[J]. 生态环境学报, 2017, 26(1): 20-26.
- [48] 毕玉科, 田旗, 卢钟玲, 等. 舟山岛外来植物及其入侵性分析[J]. 福建林业科技, 2015, 42(1): 151-159, 172.
- [49] 朱淑霞, 蔡厚才, 朱弘, 等. 浙江南麂列岛外来入侵植物调查及其入侵性分析[J]. 北华大学学报(自然科学版), 2019, 20(6): 800-805.
- [50] 朱弘, 库伟鹏, 戎建涛, 等. 浙江南麂岛陆生维管束植物多样性及区系特征[J]. 植物分类与资源学报, 2015, 37(6): 713-720.
- [51] 白珮珮, 史晶萍, 张赛, 等. 兀屿植物资源及园林应用[J]. 绿色科技, 2018(19): 12-13, 24.
- [52] 郑俊鸣, 方笑, 朱雪平, 等. 平潭大屿岛植物资源及其多样性研究[J]. 安徽农业大学学报, 2016, 43(4): 640-645.
- [53] HEINKE J, INGO K, ALAO T. Destruction without Extinction: Long-Term Impacts of an Invasive Tree Species on Galápagos Highland Vegetation [J]. *Journal of Ecology*, 2009, 97(6): 1252-1263.
- [54] 万宣伍, 刘映红, 罗林明, 等. 基于分子生物学方法的外来入侵物种入侵历史重构[J]. 生态学报, 2015, 35(4): 1296-1309.

责任编辑: 许易琦

校对: 张林艳 许易琦

(上接第 156 页)

- [9] 邹春静, 徐文铎. 沙地云杉种内、种间竞争的研究[J]. 植物生态学报, 1998, 22(3): 78-83.
- [10] 刘强, 李凤日, 董利虎. 基于树冠竞争因子的落叶松人工林单木生长模型[J]. 植物研究, 2014, 34(4): 547-553.
- [11] 李际平, 房晓娜, 封尧, 等. 基于加权 Voronoi 图的林木竞争指数[J]. 北京林业大学学报, 2015, 43(3): 61-68.
- [12] 史宇, 余新晓, 岳永杰, 等. 北京山区天然侧柏林种内竞争研究[J]. 北京林业大学学报, 2008, 30(S2): 36-40.
- [13] 黄新峰, 亢新刚, 杨华, 等. 5 个林木竞争指数模型比较[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2012, 40(7): 127-134.
- [14] 张晔理. 基于树冠竞争指数的杉木人工林生长可视化模拟研究[D]. 北京: 中国林业科学研究院, 2015.
- [15] KERSHAW J A, RICHARDS E W, MCCARTER J B. Spatially correlated forest stand structures: a simulation approach using copulas [J]. *Computers and Electronics in Agriculture*, 2010, 74(1): 120-128.
- [16] Newham R M. The development of a stand model for Douglas-fir [D]. Vancouver, BC: University of British Columbia, 2008.
- [17] 黄峥嵘, 胡满花. 杉树萌发条快速成林技术[J]. 农民致富之友, 2017(13): 228.
- [18] 戴军, 何斌, 肖继谋, 等. 灰木莲人工林营养元素分配及其积累特征[J]. 林业科技开发, 2012, 26(4): 39-42.
- [19] 张晔理, 张怀清, 陈永富, 等. 基于树冠因子的林木竞争指数研究[J]. 林业科学研究, 2016, 29(1): 80-84.

责任编辑: 刘平书

校对: 邓砚 刘平书

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2021.02.030

云南藏区木结构民居框架构造研究

杨 旸^{1,2}, 强明礼¹

(1. 西南林业大学, 云南 昆明 650224; 2. 云南林业职业技术学院, 云南 昆明 650224)

摘要:木结构民居是云南藏区传统的民居形式,其木质框架是以木材为主要建筑材料、榫卯为主要连接方式的构造。文中阐述传统木结构藏族民居的分类、构成形式、营建材料,从形制尺度、木框架构造等方面对云南藏区传统木结构民居及其框架构造进行分析研究,揭示其构造方式、建筑材料、工作性能等特性,对传统民居营建技术替代、建筑群风貌缺失等问题进行了梳理,提出探索建筑材料替代,优化营建技术等建议。

关键词:木结构建筑;藏族民居;框架构造;营建技术;云南藏区

中图分类号:TU209 文献标志码:A 文章编号:1671-3168(2021)02-0165-04

引文格式:杨旸,强明礼. 云南藏区木结构民居框架构造研究[J]. 林业调查规划,2021,46(2):165-168.

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2021.02.030

YANG Yang, QIANG Mingli. Frame Structure of Wooden Dwelling in Tibetan Areas of Yunnan Province[J]. Forest Inventory and Planning, 2021, 46(2): 165-168. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2021.02.030

Frame Structure of Wooden Dwelling in Tibetan Areas of Yunnan Province

YANG Yang^{1,2}, QIANG Mingli¹

(1. Southwest Forestry University, Kunming 650224, China; 2. Yunnan Forestry Technological College, Kunming 650224, China)

Abstract: The wooden dwelling which uses wood as the main building material, mortise and tenon as the main connection mode, is a traditional form of residences in Tibetan areas of Yunnan. This paper expounded the classification, composition form and construction materials of traditional wooden Tibetan dwellings, analyzed the structure of wooden dwellings in Tibetan areas of Yunnan from the aspects of shape scale and wooden frame, and illustrated the characteristics of construction mode, building materials and performance. In view of the problems such as the replacement of traditional residential construction technology and the lack of architectural style, some suggestions were put forward, including exploring the substitution of building materials and optimizing construction technology.

Key words: wooden building; Tibetan dwellings; frame structure; construction technology; Tibetan areas of Yunnan

收稿日期:2020-09-17.

基金项目:国家自然科学基金项目“滇西北多元文化交错区藏族风土建筑营造谱系研究”(51868070).

第一作者:杨旸(1985-),女,山东日照人,讲师.研究方向为木结构建筑. Email:303393497@qq.com

责任作者:强明礼(1974-),男,陕西扶风人,副教授,硕士生导师.研究方向为家具设计与制造,木结构工程. Email:30431702@qq.com

木结构民居是中国传统民居类型之一。木结构民居建筑量大,面广,普遍存在。以木结构建筑为代表的一类乡土建筑,地域特色显著,取材自然,建造快捷,材料环保,广泛存在于我国的广大林区、高山地区。同时,也存在木材消耗巨大、营建技术缺失、建筑风貌变异,文化褪色的现象^[1]。本文旨在通过对传统木结构藏族民居极其框架结构的研究,为藏区木结构民居营造技术的传承和可持续发展、藏区民居多样性保护提供借鉴。

1 传统木结构民居的基本形式

云南省迪庆藏族自治州位于青藏高原东南部,隶属金沙江水系,地形地貌复杂,按气候水文关系,有高寒山区、高山草原、平地坝区、干热河谷等多种气候带存在^[2]。迪庆木结构藏族民居形式的呈现是藏族人民与自然环境相互适应、相互斗争的结果。藏区木结构民居营造方式相对成熟稳定,建筑形态呈现特有的地域特色;得益于木材力学性能、物理性能和榫卯连接方式,木结构建筑抗变形性能良好,抗震性能良好,物理性能良好^[3-4]。

1.1 传统木结构藏族民居分类

从自然条件造成的影响来看,在高寒山区和林区,因气候寒冷、木材资源丰富,发展出纯木结构建筑,藏语称之为“崩空”;在干热峡谷地区,因缺乏木材,盛产石材,发展出“垒石而居”的石结构民居;在农耕区,生土较易取得,发展出“夯土为墙、木构为架”的以土、木为主材的双坡屋顶藏房;从社会文化角度来看,普通民居以满足居住、生产生活为主要目的,往往构造简单,建筑功能分区粗放;社会上层阶级如当地首领或掌握社会资源的喇嘛,其住屋除有居住需要外还要满足防御要求,进而发展出宗山建筑。由于多重文化和因素共同影响,形成迪庆藏区木结构民居的多样性,各类民居建筑共同存在,构成地域特色建筑的总和^[6-10]。

1.2 传统木结构藏族民居构成形式

迪庆藏区的传统木结构民居,从下到上分为3层,分别是底层架空层,用作牲口圈;中层木结构房屋,是主要的生活空间;顶层平屋顶和坡屋顶间构成阁楼,少量使用。这类民居实际是以夯土墙为围合墙体、木结构梁柱为承重框架的混合结构房屋,工作状态时墙体、框架共同承重^[5]。传统藏房的围合墙体通过夯筑的方式营造而成,从备料开始就设置备料工序,打夯过程中又加入横向木板,起到拉筋作用,故夯土墙有一定承载力;其内部的木制框架因木

材作为建筑材料本身具有良好的延展性和韧性,体现出较好的抗拉工作性能。如此,拉压兼备,这种传统木结构藏族民居在周围环境发生变化时,如地基不均沉降或较低等级的地震时,呈现出较好的力学表现。

1.3 传统木结构藏族民居营建材料

木材是传统木结构藏族民居建筑中最为主要的建筑材料。迪庆州森林资源丰富,出产云杉、冷杉、高山松、云南松、落叶松及高山栎等。云杉是应用最为广泛的木材,被用于制作柱、梁、檩、椽等主要承重构件,除此之外,在藏房中木材还被用于室内装修,如铺设木瓦、地板铺装、墙面装饰以及制造家具。在实际使用中还有大量的木材被用于燃烧取暖。有数据显示,建造一栋传统木结构藏房需要耗费120棵左右的成材树木,在日后的使用和维护中,木材还在持续被使用。

生土是传统木结构藏族民居营建过程中的第二大建筑材料。在建造过程中,主要用于夯筑土墙。夯筑是我国传统的建造方法,用准备好的生土按一定工序制成土墙,这种材料来自于大地,建筑寿命終了的时候又回归大地,对环境不会造成任何污染,并且容易获得,造价低廉,在广大农村和少数民族地区至今仍保持着旺盛的生命力。

2 传统木结构藏族民居木质框架构造分析

迪庆的木结构藏族民居多为梁柱式结构。受汉藏文化交流的影响,原始藏式住宅的“堆叠式”方法逐渐演变为传统方式混合抬梁式、混合穿逗式或混合抬梁穿逗式营造方法,并在历史的发展中逐渐稳定下来。

2.1 形制尺度

藏族房屋的营建技术由藏族工匠通过手口相传的方式传承,跟汉族大式木结构建筑不同,施工中无成熟的技术规范或操作手册可依据。藏族工匠描述房屋规模和大小常常用柱子的数量定义,如一颗柱子是一个简单的房间,四颗柱子是一个有建造要求的房间。传统藏族民居的尺度用藏尺确定,藏尺常来源于手掌长度、手肘长度、臂展、步幅,因个人身体尺度不同,这些经验数常会有出入(表1)。

但普通藏族民居规模基本保持在相似的尺度内,如通常情况,藏房宽度设置为面宽四柱,取三间房屋,或面宽五柱,取四间房。这类藏房只在正面设置出入口、门窗、外廊,往往雕刻彩绘,是整栋建筑中装饰艺术最为集中的区域;两个山墙面、后面均由夯

表 1 尺度对照

Tab. 1 Comparison of scale

汉尺 /1 尺	国际单位制 /cm	藏尺 (跪\卡\穹都\度)			
商:1 尺	15.8	-			
秦:1 尺	23.1	-			
唐:1 尺	30.0	-			
现代:1 尺	33.3	12	18	23	170

注:表中所列藏尺单位,跪、卡认知较多;穹都在西藏地区有使用分布,度在甘孜地区有使用分布。

土墙围合,开窗高耸且狭小,兼备保温和防御作用。从建筑规模看,普通藏居的柱网通常以对称不等跨的规模形式呈现出来,大多数为 5 柱×5 柱和 4 柱×5 柱,且开间方向的柱距一般在 5 m 之内。进深方向的柱距一般略小于开间方向,在对称不等跨柱网中,常常明间柱距会稍大一些。得益于这种开间、进深尺度相似的定位方式,藏族民居常会有方室的优势,房屋方正好用,居住舒适度高。

2.2 木框架构造

藏房内部承重体系,从现代建筑的观点主要是由柱、梁、檩构成,实际在施工中是先竖起底层柱网,然后在柱网上搭设横梁,在横梁垂直方向安置檩条,形成水平网格,继而铺设地板,再将第二层柱网直接置于地板上,如此反复直至封顶。屋顶与楼板构造相似的平屋顶,双坡屋顶是驾于平屋顶之上的额外构造。对于木结构藏房来说,夯筑土墙向内收分,内部框架由内向外支撑,形成共同受力的协同工作系统。

2.2.1 竖向构件

柱是木结构藏族民居中主要的竖向承重构件。根据柱使用位置的不同,将柱网中的立柱定义为内层立柱和外层立柱两个类别,外柱包括檐柱和廊柱,通常由直径相似、径级在 0.4~0.6 m 之间、高度为 1.8 m 左右的杉木组成;内柱是除外柱的、位于建筑内部的立柱。立柱随着建筑的层数增加,均用类似的营建方式搭建,二层层高在 2.4 m 左右,通常无通柱设置,均为分体柱。作为立柱的木材较少加工,去皮后即可使用,截面形式多为圆形,少数建造年距现代较近的房屋有方柱出现。在框架高度体系中,一层与二层内柱是一一对应关系,在有柱子接长的部位为榫卯连接。传统木结构藏族民居中,中柱较为特殊,设置在二层客堂中心,径级一般达 1~1.2 m,或更粗,在藏民看来,是家族财富的象征。在这个位点,从纵向关系上看,柱上粗下细,直接搁置在二层

楼面上。

竖向构件中的特殊节点是柱墩(图 1)与柱,柱墩是柱的下部承载结构,在有些传统藏族民居建筑中设置,起到现代建筑中柱础的作用。按构造习惯,将石材简单加工为方形或鼓形,截面尺寸根据柱截面尺寸缩放,将柱底削平,直接置于柱础上。使用柱墩的目的之一是保护柱脚,避免其直接插入土中而导致变形、开裂、腐朽;另一方面的目的则是抬高柱身,增加层高,或增加建筑立面的层次感。规模较大的建筑会在柱墩上加工凹陷的小窝,又称“海窝”,实际是馒头榫的卯口;在柱底加工出突出的榫头,使柱子和柱墩通过馒头榫简单连接。在一般民居中就不设置馒头榫,柱子直接置于柱墩的建造形式被称为“平摆浮搁”,属于干摩擦结构连接(即非锚固连接方式),只要水平荷载不超过干摩擦约束,这种连接就可被视为铰链连接,可以起到减小水平荷载给建筑带来的剪切效应和力学效果。方向和大小均在改变的水平荷载来临后,上部结构因不受嵌固约束而在柱墩上左右滑移,在平移运动中使得地震能量得以释放,可视为传统营造技术中的隔震构造。柱墩与柱子的巧妙连接,使其在工作中即能传递竖向的载荷,又能消减水平荷载。



图 1 柱墩

Fig. 1 Plinth

2.2.2 水平构件

横梁是木结构藏居中主要的水平承重构件。在传统木结构藏族民居中,横梁由木材找方后搭建,方梁直接置于柱头。加工技术和工具发展以后,出现

在柱头做透榫,穿横梁的做法。横梁截面根据跨度进行调整,多为长方形截面。水平构件的营造方法一般是在柱上置替木,替木上置梁,横梁长度方向用龙凤榫接长,再在梁上垂直方向置檩,形成木质格栅。藏式木结构框架彼此连接构造简单,是相对松散的构造形式,木材加工方式也较为粗放,尺寸控制随机性较强。替木这类具有减小横梁工作弯矩的实用构件在今天的木构架中已少见,被截面尺寸更小、装饰效果更强的雀替所替代。木质格栅做好后,铺上树枝,撒上泥土和泥浆,夯实即成楼面。屋面层的结构与楼面层结构相似,屋面面层更厚,通常铺设 5~10 cm 泥土面层,再在平屋顶上通过木架,架设双坡屋顶,上面铺以木瓦。

2.2.3 连接

传统木结构藏族建筑用榫卯结构实现节点连接。相同构件常用部位和榫卯形式如柱子竖向接长所用馒头榫、横梁接长所用龙凤榫、板块之间连接所用穿带榫;不同构件连接所用如柱枋连接用透榫、梁柱连接用半榫或透榫等。藏族传统木结构民居因受限于建筑技术和建筑工具,对榫卯的使用仅限于一些构造较为简单的种类,但这类榫卯结构加工方便,工作表现良好,是易于被接受和传承的形式。

3 结语

木结构民居在云南藏区分布广泛,历史悠久,营建技术相对成熟和稳定。目前,随着社会的发展,文化交流空前加强,因地理因素相对封闭呈现出的地域建筑特色受到冲击,建筑风貌变异、建筑特色缺失现象趋多。究其原因,主要是藏族民居建造技术缺

乏标准,无技术限定,无系统管理办法,面对发展客观,营建技术失传、建筑材料易被替代,居住安全不能保证,地域建筑趋同等问题不可避免。云南藏区的森林资源是保护生态多样性和动植物多样性的生态屏障。传统木结构藏族民居的存在和发展均以原生木材为根本。探索建筑材料替代、优化营建技术,进而不断改善藏族同胞生存居住条件是研究的意义所在。

参考文献:

[1] 强明礼,任海青,杜官本. 云南藏区木结构建筑的现状与展望[J]. 木材工业,2013,27(4):25-28.
 [2] 云南省林业厅. 白马雪山国家级自然保护区[M]. 昆明:云南民族出版社,2003.
 [3] 成俊卿. 木材学[M]. 北京:中国林业出版社,1995.
 [4] 赵鸿铁,张凤亮,薛建阳,等. 古建筑木结构的结构性能研究综述[J]. 建筑结构学报,2012,33(8):1-10.
 [5] 徐明刚,邱洪兴. 中国古代木结构建筑榫卯节点抗震试验研究[J]. 建筑结构学报,2010,31(增刊2):345-349.
 [6] 吴良镛. 世纪之交展望建筑学的未来[J]. 建筑学报,1999(8):12-18.
 [7] 邹德依,刘丛红,赵建波. 中国地域性建筑的成就、局限和前瞻[J]. 建筑学报,2002(5):41-43.
 [8] 王丽,刘声远,刘圆圆. 地域性建筑的特征与价值的思考[J]. 四川建筑科学研究,2012(8):18-21.
 [9] 安玉源,苏晓文,周焯伟. 甘南藏族传统民居营建模式与更新研究[J]. 工业建筑,2018(中):78-82.
 [10] 翟辉. 从传统民居中找寻地区主义建筑的“根”——以迪庆藏族民居为例[J]. 建筑学报,2000(11):32-44.

责任编辑:许易琦

校对:张林艳 许易琦

(上接第 58 页)

[12] 张颖,丁昱菲. 我国森林灾害的空间分布分析[J]. 北京林业大学学报,2019,41(3):68-79.
 [13] 萨如拉,周庆,刘鑫晔,等. 1980—2015 年内蒙古森林火灾的时空动态[J]. 南京林业大学学报(自然科学版),2019,43(2):137-143.
 [14] 岳超,罗彩访,舒立福,等. 全球变化背景下野火研究进展[J]. 生态学报,2020,40(2):385-401.

[15] 郑少智,邹亚宝. 谈“算术平均数”、“中位数”、“众数”的代表性问题[J]. 统计与决策,2003(11):94-95.
 [16] 薛昌颖,霍治国,李世奎,等. 北方冬小麦产量灾损风险类型的地理分布[J]. 应用生态学报,2005(4):620-625.

责任编辑:刘平书

校对:张林艳 刘平书

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2021.02.031

云南省野生动物收容救护调查研究

刘波¹, 张雁辉¹, 王怡敏¹, 沙剑斌²

(1. 云南森林自然中心, 云南 昆明 650224; 2. 云南省林业调查规划院, 云南 昆明 650051)

摘要:采用问卷调查法,收集整理云南省 27 家野生动物收容救护机构 2014—2017 年期间的相关信息。关注焦点集中于业务范围、类型、运作经费、救护设施和救护人员等反映野生动物收容救护机构性质和救护能力的属性,以及体现机构成绩和救护倾向的野生动物收容、放归野外、康复饲养和调配移送数量等野生动物收容救护数据。采用 WPS 表格进行统计分析,以 TTEST 进行相关性检验,对全省各收容救护机构属性与机构野生动物收容救护数据之间的内在联系进行分析。结果表明,云南省野生动物收容救护能力欠缺,各级财政的经费投入不足,存在不科学放归的可能,野生动物收容救护需求量与收容救护资源有限的矛盾突出,个别机构存在收容救护意愿薄弱现象,收容救护机构的主营业务和救护能力是收容救护工作的主要驱动力。提出加大经费投入,设置收容救护人员编制,规范收容救护行为,提高收容救护技术水平,多渠道高效处置康复饲养野生动物等建议。

关键词:野生动物;收容救护;放归野外;康复饲养;调配移送;救护能力;云南省

中图分类号:S718.6;Q958.123 文献标志码:A 文章编号:1671-3168(2021)02-0169-08

引文格式:刘波,张雁辉,王怡敏,等. 云南省野生动物收容救护调查研究[J]. 林业调查规划,2021,46(2):169-176.

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2021.02.031

LIU Bo, ZHANG Yanhui, WANG Yimin, et al. Investigation on the Wildlife Shelter and Rescue in Yunnan Province[J].

Forest Inventory and Planning, 2021, 46(2): 169-176. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2021.02.031

Investigation on the Wildlife Shelter and Rescue in Yunnan Province

LIU Bo¹, ZHANG Yanhui¹, WANG Yimin¹, SHA Jianbin²

(1. Yunnan Forestry Center, Kunming 650224, China;

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

Abstract: The relevant information of 27 wildlife shelter and rescue institutions in Yunnan Province were collected from 2014 to 2017 by questionnaire investigation. The focus was on the business scope, type, operation funds, rescue facilities and rescue personnel, which reflected the nature and rescue ability of institutions, as well as the wildlife shelter and rescue data reflecting the performance and rescue tendency of institutions, such as the number of wildlife shelter, the number of wild animals released, the number of rehabilitation breeding and the number of deployment and transfer. WPS table was used for statistical analysis, and TTEST was used for correlation test to explore the internal relationship between the attributes of institutions and the data of wildlife sheltered and rescued in the institutions. The results showed

收稿日期:2020-07-21.

第一作者:刘波(1969-),男,云南镇雄人,高级工程师.主要从事野生动物保护工作. Email:2374577375@qq.com

责任作者:张雁辉(1971-),男,云南曲靖人,助理工程师.主要从事野生动物保护工作. Email:1365278382@qq.com

that the ability and the financial investment of wildlife shelter and rescue in Yunnan was insufficient, with the possibility of unscientific release and the prominent contradiction between the large demand for wildlife shelter and rescue and the limited resources. The willingness of rescuing in some institutions was weak, and the main business and the rescue ability of the institutions were the main driving forces. Therefore, this paper suggested to increase the investment, set up staffing of institutions, standardize the behavior of rescue, improve the technical ability, and deal with the wild animals efficiently through multiple channels.

Key words: wildlife; shelter and rescue; release to the wild; rehabilitation breeding; deployment and transfer; rescue ability; Yunnan Province

在被誉为“动物王国”的云南,栖息着中国种类最为丰富的野生动物。正常生活的野生动物群体中有一些个体会因伤病、弱小、迷途和被捕捉而离群,脱离野外正常的生活轨迹,面临生存危机,其中的一部分可能有机会得到人类的帮助延续生命,乃至重返自然。野生动物收容救护就是对失去自然生存环境的野生动物个体实施收容、治疗、康复护理等措施,帮助其脱离生存威胁和伤病困扰,以恢复其野外生存能力并协助其回归自然为最终目的的法定行为^[1]。

根据《中华人民共和国野生动物保护法》,《野生动物收容救护管理办法》和《野生动物救护技术手册》,野生动物收容救护是野生动物保护工作的重要组成部分,各级野生动物保护主管部门组织实施、监督和管理本行政区域内野生动物的收容救护工作,设立野生动物收容救护机构负责野生动物的收容救护。野生动物收容救护的基本原则主要包括:需要收容的应及时收容;需要救护的应及时救护;适合放归野外的应及时放归;不适合放归的应依法处置。野生动物收容救护过程如图 1 所示。

云南省第一家野生动物收容救护机构建于上世纪 80 年代,至今各地陆续设立收容救护机构数十家,收容救护能力逐步提高。关于云南野生动物收容救护情况,之前有过一些调查^[2,3],但都仅限于局部地区。为推动野生动物收容救护事业的发展,有必要对云南省野生动物收容救护现状进行全面梳理和思考,找出存在的不足,提出解决办法和思路。为此,于 2018 年对全省最近 4 年野生动物收容救护工作进行了调查。

1 调查地点与方法

云南省地处中国西南,地形地貌复杂,气候类型多样,属于中国候鸟迁徙路线的西线^[4],是鸟类向

东南亚迁徙的通道^[5],云南省生物多样性十分丰富,野生动物种类记录居全国之冠。云南省需要收容救护的野生动物种类多,数量大,野生动物收容救护任务繁重。

通过向云南省 16 个州市发放调查表,收集 2014—2017 年 4 年期间野生动物收容救护机构的相关信息,并抽取部分州市进行数据核实。对收集的数据进行梳理和汇总,关注焦点集中于业务范围、类型、运作经费、救护设施和救护人员等反映野生动物收容救护机构性质和救护能力的属性,以及体现机构成绩和救护倾向的野生动物收容数量、放归野外数量、康复饲养数量和调配移送数量等野生动物收容救护数据。采用 WPS 表格进行统计分析,采用 TTEST 进行相关性检验,以期通过对各收容救护机构属性与机构野生动物收容救护数量之间内在联系的探究,全面了解云南省野生动物收容救护状况,发现其中的不足,提出针对性的建议,促进今后工作的开展。

2 调查结果

2.1 机构数量

经收集数据统计汇总,共调查到 32 家野生动物收容救护机构,分属 14 个州市。截至 2018 年,云南省仅曲靖市和楚雄州未建立收容救护机构,这两个州市需要收容救护的野生动物由各县野生动物保护主管部门视情况处置,主要移送云南省野生动物收容拯救中心或放归野外。

德宏州畹町野生动物收容站、陇川县野生动物拯救收容站和盈江县野生动物拯救收容站 3 个机构仅存名称、编制,未再从事野生动物收容救护工作,原职能已统一由德宏州野生动物收容救护中心行使。昆明市宜良县的云南林野动物养殖有限公司不符合野生动物收容救护机构条件。普洱五湖国家湿地公园野生动物临时收容救护点和普洱市野生动植

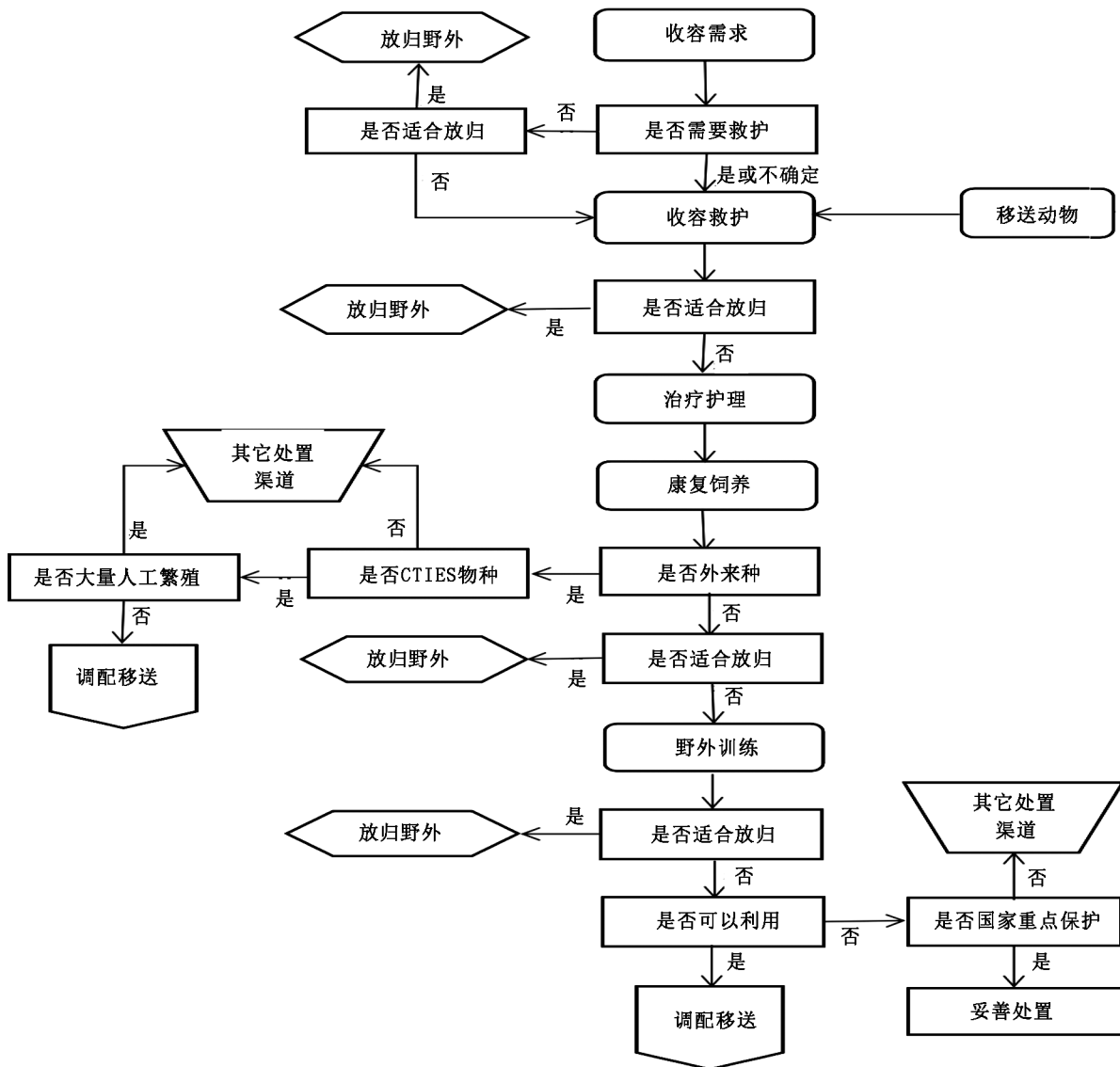


图 1 野生动物收容救护过程
 Fig. 1 Process of wildlife shelter and rescue

物救护繁育中心为同一机构,使用两个不同名称。实际云南省 2014—2017 年间有野生动物收容救护机构 27 家(表 1)。

表 1 云南省野生动物收容救护机构数量
 Tab. 1 Number of wildlife rescue institutions in Yunnan Province 家

州	昆	大	德	迪	玉	保	昭	丽	普	临	红	文	版	怒	合
市	明	理	宏	庆	溪	山	通	江	洱	沧	河	山	纳	江	计
数量	2	3	1	1	4	1	1	2	2	2	2	1	4	1	27

2.2 机构属性

调查数据显示,云南省野生动物收容救护机构

属性差距明显。27 家野生动物收容救护机构中,西双版纳白颊长臂猿勐腊保护站和勐海县林业局野生动物保护站 2 家机构无主要的救护设施和救护人员,也未收容野生动物,其余 25 家野生动物收容救护机构的主要属性见表 2。

2.2.1 业务范围

云南省野生动物收容拯救中心的业务范围为全省;其余机构为州市、县或保护区。

2.2.2 类型

根据是否有专职救护人员,全省 27 家野生动物收容救护机构可分为专职和兼职两种类型。专职机构共 6 家,有救护人员专门从事野生动物收容救护工作。兼职机构的救护人员兼职从事野生动物收容

表 2 云南省野生动物收容救护机构概况
Tab. 2 Basic situation of wildlife rescue institutions in Yunnan Province

机构名称	业务范围	类型	培训需求	运作经费		救护设施			救护人员		野生动物			
				来源	数量/万元	笼舍面积/m ²	治疗室	隔离区	兽医/名	饲养管理/名	收容数/只	放归野外数/只	康复饲养数/只	调配移送数/只
云南省野生动物收容拯救中心	省	专职	高	非财政	642.32	4346	有	有	4	7	7101	4266	1128	0
昆明市濒危动植物收容拯救中心	州市	专职	高	财政	44.00	2000	有	有	2	3	1267	166	307	64
大理市鹰匠猛禽保护中心	州市	专职	低	非财政	30.00	520	有	无	0	1	18	5	5	0
大理旅游集团有限责任公司洱海公园分公司	州市	展演兼职	中	非财政	42.51	1500	有	有	2	1	32	2	22	0
祥云县红云蛇类养殖场	州市	养殖兼职	中	非财政	61.00	300	有	有	1	1	3	0	3	0
德宏州野生动物收容救护中心	州市	专职	不明确	混合	60.50	3333	有	有	0	6	2906	1805	338	200
云南白马雪山国家级自然保护区野生动物救护站	保护区	专职	中	财政	191.00	650	有	有	1	1	17	11	2	1
云南哀牢山国家级自然保护区新平管护局野生动物救护站	保护区	养殖兼职	高	财政	8.08	579	有	有	0	0	19	0	11	0
澄江县野生动植物保护管理委员会	县	野保兼职	中	财政	14.00	2	无	无	0	0	61	47	0	14
玉溪市林业局野生动物临时收容救护点	州市	野保兼职	高	财政	4.00	17	无	有	0	0	111	30	0	0
云南金杰康生物科技有限公司	州市	养殖兼职	低	非财政	未统计	300	有	有	1	3	584	578	0	4
保山市隆阳区太保公园管理所	州市	展演兼职	高	混合	41.00	4000	有	有	0	0	324	15	161	0
云南大山包黑颈鹤国家级自然保护区管理局大海子救护站	保护区	专职	高	财政	8.00	170	有	有	0	2	41	7	0	0
丽江雪山户外乐园有限公司	州市	展演兼职	低	非财政	未统计	100	无	无	1	2	1	0	1	0
丽江丽鸣绿色生物开发有限公司	州市	展演兼职	低	非财政	20.00	100	无	有	1	1	1	0	1	0
普洱市野生动植物救护繁育中心	州市	野保兼职	高	非财政	124.00	6000	有	有	0	0	63	0	38	0
普洱太阳河国家森林公园野生动物临时收容救护点	州市	展演兼职	高	非财政	90.00	300	有	有	3	1	495	243	133	0
云南永德大雪山国家级自然保护区野生动物救护点	保护区	保护区兼职	高	不明确	0	200	无	无	0	0	4	4	0	0
云南南滚河国家级自然保护区野生动物救护点	保护区	保护区兼职	高	不明确	未统计	111	无	无	0	0	6	6	0	0
个旧市园林绿化局	州市	展演兼职	中	非财政	未统计	未统计	有	有	4	1	27	0	26	0
云南黄连山国家级自然保护区丫口野生动物救助站	保护区	保护区兼职	高	财政	5.00	130	无	有	0	0	8	0	8	0
砚山县三和养殖场	州市	养殖兼职	中	非财政	84.00	未统计	有	有	0	0	642	42	534	0
西双版纳州野生动物收容救护中心	州市	展演兼职	中	非财政	237.00	1450	有	有	2	1	665	0	593	0
西双版纳野象谷景区有限公司	州市	展演兼职	中	不明确	1689.08	2000	有	有	3	2	2	0	2	0
怒江州野生动物收容救护中心	州市	野保兼职	高	财政	68.13	160	无	无	0	0	12	1	10	0

救护业务,其主业包动物展演、旅游观光、养殖、野生动物保护及保护区工作等。主业从事动物展演及旅

游观光的机构均含有接待公众参观业务,故将其统归为展演兼职机构,共 8 家;主业从事养殖的机构统

归为养殖兼职,共 4 家;野生动物保护主管部门工作人员兼职的统归为野保兼职,共 5 家;保护区工作人员兼职的统归为保护区兼职,共 4 家。

2.2.3 经费来源

云南省 27 家野生动物收容救护机构中,12 家的运作经费为非财政资金;8 家的运作经费为财政资金;4 家的运作经费来源未明确;1 家的运作经费来源由机构垫付;1 家的运作经费为财政资金和自筹;1 家的运作经费为企业及财政资金。

2.2.4 救护设施

救护设施是体现机构野生动物收容救护能力的属性,主要包括野生动物饲养笼舍、治疗室和隔离区。全省 27 家野生动物收容救护机构中,25 家有野生动物饲养笼舍,2 家现阶段尚未建设野生动物饲养笼舍,为野保兼职或保护区兼职类型;27 家机构中,17 家有治疗室,10 家现阶段尚未建设治疗室,其中 8 家为野保兼职或保护区兼职类型;27 家机构中,19 家有隔离区,8 家现阶段尚未建设隔离区,其中 6 家为野保兼职或保护区兼职类型。

2.2.5 救护人员

救护人员也是体现机构野生动物收容救护能力的属性,主要包括兽医和饲养管理救护人员。全省 27 家野生动物收容救护机构中,12 家有兽医专业救护人员,15 家现阶段无兽医专业救护人员,其中 9 家为野保兼职或保护区兼职类型;27 家机构中,15 家有饲养管理专业救护人员,12 家现阶段无饲养管理专业救护人员,其中 9 家为野保兼职或保护区兼职类型。

2.3 野生动物收容救护数量

2014—2017 年期间,曲靖市和楚雄州未建立专门的野生动物收容救护机构,无收容救护野生动物的设施和人员,需要收容救护的野生动物由各县野生动物保护主管部门视情况处置,主要移交云南省野生动物收容拯救中心或放归野外,其处置的野生动物本次未纳入分析。

全省除曲靖市和楚雄州外的 14 个州市共设立 27 家野生动物收容救护机构,其中 25 家开展野生动物收容救护工作。2014—2017 年,25 家收容救护机构共收容野生动物 14410 只,其中 7228 只放归野外,3323 只在康复饲养中,283 只调配移送到其他单位。各收容救护机构野生动物的收容救护数量见表 2。

2.3.1 野生动物收容数量

由于 25 家机构业务范围、类型、救护设施及救

护人员等属性差距明显,2014—2017 年,各收容救护机构收容的野生动物数量悬殊巨大。云南省野生动物收容拯救中心收容数最多,共 7101 只,占全省的 49.3%。丽江雪山户外乐园有限公司和丽江丽鸣绿色生物开发有限公司收容数最少,均仅 1 只。收容数前 3 位的机构均为专职类型,其收容数占全省的 78.2%。12 家展演及养殖兼职类型机构收容野生动物 2795 只,占全省的 19.4%;7 家野保及保护区兼职类型机构野生动物收容数不足全省的 2%。使用非财政资金的 14 家机构野生动物收容数量超全省的 7 成。

2.3.2 野生动物放归野外数量

2014—2017 年,各收容救护机构收容的野生动物放归野外数量悬殊巨大。25 家机构中 16 家有野生动物放归业务,9 家机构放归数为零。云南省野生动物收容拯救中心放归野生动物 4 266 只,放归数量最多。全部 6 家专职机构均有放归业务,且其放归数量占全省放归总数的 87%。

全部 12 家展演及养殖兼职类型机构中,云南金杰康生物科技有限公司和普洱太阳河国家森林公园野生动物临时收容救护点 2 家机构放归数量较多,但放归的野生动物种类单一,画眉占了 95% 以上;其他机构放归数量少,其中 7 家放归数为零。

开展野生动物收容救护的 7 家野保及保护区兼职类型机构中,5 家有野生动物放归业务。普洱市野生动植物救护繁育中心及云南黄连山国家级自然保护区丫口野生动物救助站 2 家放归数为零,原因是其收容的野生动物中大型兽类和伤残动物较多,不适合放归。

由于野生动物放归野外数量悬殊巨大,数据方差不齐,为了探究各收容救护机构属性与机构野生动物放归野外数量之间的内在联系,将各机构属性与机构野生动物放归数量和野生动物收容数的比值(放归收容比)进行相关性检验。除云南金杰康生物科技有限公司和普洱太阳河国家森林公园野生动物临时收容救护点 2 家展演及养殖兼职机构、普洱市野生动植物救护繁育中心和云南黄连山国家级自然保护区丫口野生动物救助站 2 家野保及保护区兼职机构外,展演及养殖兼职机构与专职机构的放归收容比差异显著($t < 0.05$);展演及养殖兼职机构与野保及保护区兼职机构的放归收容比差异显著($t < 0.05$)。即收容救护机构的类型属性与机构野生动物放归野外数量有相关性。展演及养殖兼职机构野生动物放归野外数量相对较少,野保及保护区兼职

机构和专职机构野生动物放归野外数量相对较多。

由于各野生动物收容救护机构的业务范围、运作经费、救护设施及救护人员等属性差距明显,与机构野生动物放归野外数量之间的关系更是错综复杂,失去相关性检验的意义。

2.3.3 野生动物康复饲养数量

2014—2017年,各收容救护机构收容的野生动物康复饲养数量同样悬殊巨大。25家机构中19家有野生动物在康复饲养,6家机构野生动物康复饲养数量为零。云南省野生动物收容拯救中心野生动物康复饲养数量最多,为1128只。

由于野生动物康复饲养数据方差不齐,为了探究各收容救护机构属性与机构野生动物康复饲养数量之间的内在联系,将各机构属性与机构野生动物康复饲养数和野生动物收容数的比值(康复收容比)进行相关性检验。展演及养殖兼职机构,与专职机构的野生动物康复收容比差异显著($t < 0.01$);展演及养殖兼职机构与野保及保护区兼职机构的野生动物康复收容比差异显著($t < 0.05$)。即收容救护机构的类型属性与机构野生动物康复饲养数量有相关性。展演及养殖兼职机构野生动物康复饲养数量相对较多,野保及保护区兼职机构和专职机构野生动物康复饲养数量相对较少。

在有兽医的机构中,仅云南金杰康生物科技有限公司野生动物康复数量为零;在无兽医的机构中,仅云南黄连山国家级自然保护区丫口野生动物救助站收容的野生动物全部在康复饲养。除这2家机构外,有兽医的机构与无兽医的机构野生动物康复收容比差异显著($t < 0.05$),即收容救护机构有无兽医的属性与机构野生动物康复饲养数量有相关性。有兽医的机构野生动物康复饲养数量相对较多,无兽医的机构野生动物康复饲养数量相对较少。

由于各野生动物收容救护机构业务范围、运作经费、救护设施及饲养管理专业救护人员等属性差距明显,其与机构野生动物康复饲养数量之间的关系也是错综复杂,失去相关性检验的意义。

3 调查结果分析

3.1 野生动物收容救护机构的收容和救护能力欠缺

全省有2个州市尚未设立野生动物收容救护机构,27家收容救护机构中有2家尚未建设饲养笼舍,但有省级和州市级机构的协助,全省野生动物的收容能力无明显不足。

在野生动物救护方面,各种类型的机构均有薄

弱之处,其中野保及保护区兼职这两种类型的收容救护机构则更为突出;9家机构中,9家无兽医及饲养管理专业救护人员,8家无治疗室,6家无隔离区,2家无饲养笼舍。全省野生动物救护能力的不足相对明显。另外,超过80%的机构培训需求度较高,也反映出全省野生动物救护能力的欠缺,也显示出野生动物救护经费不足,财政资金投入不够。

3.2 野生动物收容数量差异反映出各级财政对野生动物收容救护经费投入不足

全省一半以上的机构使用非财政资金。说明社会力量在野生动物的收容救护中扮演重要角色,是野生动物保护不可或缺的重要组成,同时也反映出各级财政在野生动物收容救护方面投入不足。

使用非财政资金的14家机构野生动物收容数量超全省的7成,7家野保及保护区兼职类型机构野生动物收容数量不足全省的2%,表明社会力量在野生动物收容救护中的作用明显,也反映出各级财政在野生动物收容救护方面投入不足。

3.3 野生动物放归野外数量和康复饲养数量分析

野生动物收容救护机构类型属性与机构野生动物放归野外数量及康复饲养数量有相关性,可显示出不同类型的机构在野生动物收容救护中的不同倾向或意愿。展演及养殖兼职类型机构野生动物放归野外数量明显低于其他类型的机构,而野生动物康复饲养数量明显高于其他类型的机构。导致这种结果的原因很复杂,但展演及养殖兼职类型机构在野生动物收容救护时,可能因对野生动物的潜在需求,在野生动物放归野外的环节上存在适合放归而未及时放归的可能,有违野生动物收容救护的基本原则和初衷。

野生动物收容救护机构有无兽医的属性与机构野生动物康复饲养数量有相关性,也可显示出有无兽医的机构在野生动物收容救护中的不同倾向或意愿。无兽医的机构野生动物康复饲养数量明显低于有兽医的机构,导致这一结果的原因很多,但无兽医的机构可能会因救护能力不足,在野生动物不适合放归的情况下不科学放归,有违野生动物收容救护的基本原则。

3.4 野生动物调配移送数量分析

根据调查数据,25家野生动物收容救护机构中,仅5家向其他单位调配移送野生动物,其余20家机构的野生动物调配移送数量为零。这一结果反映出在野生动物收容救护的调配移送环节渠道不够畅通。另外,12家展演及养殖兼职类型的机构中,

仅云南金杰康生物科技有限公司 1 家进行野生动物调配移送,也间接地反映出展演及养殖兼职类型机构存在对野生动物的潜在需求。

野生动物调配移送数量及放归野外数量少,很可能康复饲养数量就多,也就意味着将占用更多的收容救护资源,野生动物收容救护需求量大与收容救护资源有限的矛盾将更加突出。

3.5 收容救护机构属性与机构野生动物收容救护数量的关系

野生动物收容救护机构属性与机构野生动物收容救护数量之间存在一定的内在联系,但因机构的属性差异大,与机构野生动物收容救护数量之间的关系显得错综复杂,通过数据分析,未能找到更多的相关性。例如,野保及保护区兼职类型机构无兽医及饲养管理人员,救护设施不够完备,其野生动物放归野外数量和调配移送数量可能会多,而康复饲养数量会少,但普洱市野生动植物救护繁育中心和怒江州野生动物收容救护中心 2 家野保兼职机构,以及云南黄连山国家级自然保护区丫口野生动物救助站 1 家保护区兼职机构无兽医及饲养管理人员,但其野生动物放归野外数量很少,调配移送数量为零,而康复饲养数量很多。这种收容救护倾向反映出这 3 家机构可能存在野生动物宣传展示的需求,在调查中被忽视了。再如,展演及养殖兼职类型机构救护设施相对完备,救护能力相对较强,其野生动物放归野外数量和调配移送数量可能会少,而康复饲养数量会多,但云南金杰康生物科技有限公司虽然属于养殖兼职机构,其野生动物放归野外数量和调配移送数量却较多,而康复饲养数量为零。这种收容救护倾向反映出该公司作为专业的实验猕猴养殖企业,野生动物收容救护的意愿可能较弱。

收容救护机构的各种属性共同影响其野生动物收容、放归野外、康复饲养及调配移送数量,其中机构类型及有无兽医两种属性与野生动物收容救护数量有一定的相关性,表明收容救护机构的主营业务和救护能力是影响野生动物收容救护的主要影响因素,是收容救护工作的主要驱动力。

3.6 野生动物收容救护机构属性的变化

野生动物收容救护机构的属性是动态变化的。随着各级政府重视程度的提高,财政投入会增加,野生动物收容救护机构的建设会得到加强,收容救护设施会改善,收容救护能力会提高,很多野保及保护区兼职机构会成为专职机构。相反,一些展演及养殖兼职机构可能会因经费不能持续保障,设施老化,

技术人员流失,收容救护意愿会下降。

4 建议

4.1 加大野生动物收容救护经费的投入力度

调查显示,野生动物收容救护经费捉襟见肘,导致野生动物收容救护设施设备简陋,收容救护能力不足。财政对野生动物收容救护经费投入不足是原因之一,各级财政增加资金投入势在必行。

众所周知,即使在经济发达国家,野生动物收容救护经费也有限,使用民间资金成为普遍现象,因此,多方面筹措资金是必由之路。要达到野生动物收容救护基本原则的要求,所需经费一定不是小数目。探索筹资渠道和资金管理方式,成立野生动物保护基金,鼓励有保护野生动物意愿的企业和个人资金加入,对野生动物收容救护工作的作用将不可限量。依托动物园和野生动物人工繁育单位依法合规开展野生动物收容救护也是重要的途径。

4.2 设置野生动物收容救护人员编制

在很多州市,野生动物保护主管部门和保护区设立的收容救护机构因缺乏人员编制,不得不兼职从事野生动物收容救护,未引进兽医和动物饲养管理专业的救护人员,收容救护能力非常薄弱,不得已可能会增加野生动物放归野外数量,导致不科学放归,达不到收容救护基本原则的要求。设置专门的野生动物收容救护人员编制,野保及保护区兼职的机构将成为专职机构,必将提升全省野生动物收容救护能力。

4.3 规范野生动物收容救护行为

数据显示,兼职收容救护机构可能存在野生动物放归野外不科学的情形,专职机构中可能也存在同样的问题。野生动物保护主管部门应按照相关法规和野生动物收容救护基本原则,规范并监督野生动物收容救护机构的收容救护行为。

4.4 提高野生动物收容救护技术水平

野生动物收容救护技术水平和救护成功率息息相关。数据显示,超过 8 成的收容救护机构培训需求度高,即使是省级救护机构的云南省野生动物收容拯救中心也有很高的培训需求,说明机构的收容救护专业技术水平尚有不足。机构收容的野生动物种类繁多,且野性强,不适应人工环境,野生动物伤病的诊断、治疗、护理以及康复饲养成为野生动物救护的难点和关键所在。然而,全省超过一半的机构无兽医,超 4 成的机构无饲养管理人员,救护人员救护经验也不够丰富,提高野生动物收容救护技术水

平显得重要而迫切。

另外,机构收容救护专业技术水平不足可能是不科学放归野生动物的原因之一,提高专业技术水平有助于收容救护机构科学合理放归野生动物。

4.5 多渠道高效处置康复饲养野生动物

野生动物收容救护经费、收容救护设施以及收容救护人员有限,然而每年都有大量的野生动物需要收容和救护,有限的收容救护能力和不断增加的野生动物收容救护数量之间的矛盾日益突出。

调查显示,2014—2017年期间,全省康复饲养野生动物达 3 000 多只,长期占用收容救护资源,同时每年均有新的野生动物需要收容和救护,收容救护机构的负担越来越重,将会增加收容救护失败比例。

多渠道高效处置收容救护机构康复饲养的野生动物,让适合放归野外的野生动物能得到及时放归;康复后不适合放归野外的,及时调配移送给科研、展演、人工繁育或其他单位饲养和利用;对无利用价值且能大量繁殖的非国家重点保护物种以及非 CITES 附录外来物种,支持和鼓励爱心人士或单位领养,无个人或单位领养的,探索实施安乐死的可能性。

通过多渠道高效处置,将尽可能减少野生动物收容救护机构康复饲养野生动物的数量,减轻收容救护机构负担,有助于收容救护机构正常运转,能把有限的收容救护资源用于珍稀野生动物的收容救护,促进野生动物收容救护事业的健康发展。

4.6 加大宣传和执法力度,减少非法猎捕野生动物行为

调查数据显示,收容救护的野生动物 90% 以上

来自执法机关移交。通过加大宣传和执法力度,不断提高公众野生动物保护意识;加大对非法猎捕和非法交易野生动物行为的处罚力度,减少非法猎捕野生动物行为,不仅有利于野生动物的保护,也会从源头上减少不必要的野生动物收容救护,降低野生动物收容救护数量,减轻野生动物收容救护机构负担,有助于野生动物收容救护机构正常运转和野生动物收容救护事业的健康发展。

参考文献:

- [1] 中国野生动物保护协会,北京市野生动物救护中心,湖北省野生动物救护研究开发中心. 野生动物救护技术手册[M]. 北京:中国农业出版社,2015.
- [2] 刘波,王怡敏. 云南省拯救收容野生动物组成分析[J]. 防护林科技,2017(2):93-96.
- [3] 杨启鸿,肖军,涂文姬,等. 2007—2016年云南省野生动物收容拯救中心收容救护野生动物状况调查[J]. 特种动物研究,2018(7):216-218.
- [4] 肖军,陆琳,王怡敏. 云南省野生动物收容救护现状调查分析[J]. 林业调查规划,2019,44(2):135-143.
- [5] 严艳伶,王怡敏,张雁辉,等. 云南省野猪人工繁育产业调查评估[J]. 林业调查规划,2019,44(2):144-146.
- [6] 郑光美. 鸟类学[M]. 北京:北京师范大学出版社,1995.
- [7] 楚国忠,王紫江,尾崎清明,等. 云南隆庆关秋季鸟类环志研究[J]. 林业科学,1998,34(3):66-72.

责任编辑:许易琦

校对:许易琦

(上接第 62 页)

- [10] 王秋华,徐伟恒,李世友,等. 地盘松林地表可燃物的燃烧火行为[J]. 消防科学与技术,2015,34(3):281-283.
- [11] 闫想想,王秋华,李彩松,等. 昆明重大森林火灾火烧迹地可燃物研究[J]. 西南林业大学学报(自然科学),2019,39(5):157-164.
- [12] 叶江霞,胥辉,吴明山. 地形对滇西北高山松火烧迹地更新的影响[J]. 西南林业大学学报,2013,33(4):50-52.
- [13] 韩焕金,周用武. 安宁市“3·29”重大森林火灾迹地现状及对策[J]. 安徽农业科学,2009,37(34):17196-17198.
- [14] 李世友,陈宏刚,董琼,等. 山沟阻火作用的初步研究[J]. 江西农业大学学报,2009,31(4):695-698.

责任编辑:杨焱熔

校对:张林艳 杨焱熔

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2021.02.032

竹文化及竹景的营造与配置

龙光红,秦华

(西南大学园艺园林学院,重庆 400715)

摘要:竹文化是中华传统文化中不可或缺的组成部分,其渗透于物质和精神生活的方方面面,随之发展与升华,竹文化造景也应运而生并盛行至今。竹景观是植物造景不可或缺的构成要素,对我国园林绿化的发展起到至关重要的作用。文中以竹文化及竹景的营造与配置为切入点,从竹文化的内涵、传统竹文化的内容、竹景的营造与配置、竹文化在园林景观中的发展趋势 4 个方面进行阐释。研究发现,在园林造景中竹文化表达方式的载体随着时代的进步、人们生活需求的变迁而日新月异。

关键词:竹文化;竹景观;竹造景;营造手法;配置形式;园林景观

中图分类号:S795;TU986.1 文献标志码:A 文章编号:1671-3168(2021)02-0177-05

引文格式:龙光红,秦华. 竹文化及竹景的营造与配置[J]. 林业调查规划,2021,46(2):177-181. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2021.02.032

LONG Guanghong, QIN Hua. Construction and Configuration of Bamboo Culture and Landscape[J]. Forest Inventory and Planning,2021,46(2):177-181. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2021.02.032

Construction and Configuration of Bamboo Culture and Landscape

LONG Guanghong, QIN Hua

(College of Horticulture and Landscape Architecture, Southwest University, Chongqing 400715, China)

Abstract: Bamboo culture is an indispensable part of Chinese traditional culture, which permeates all aspects of material and spiritual life, and then develops and sublimates, and bamboo culture landscaping also emerged and prevailed. Bamboo landscape is an important component of plant landscaping, which plays a crucial role in the development of landscaping in China. This paper analyzed the connotation of bamboo culture, the content of traditional bamboo culture, the construction and configuration of bamboo landscape, and the development trend of bamboo culture in garden landscape. The results showed that the carrier of bamboo culture expression in landscaping changed rapidly with the progress of the times and the variation of people's living needs.

Key words: bamboo culture; bamboo landscape; bamboo landscaping; construction techniques; configuration form; garden landscape

我国是世界上竹类资源最为丰富、竹林面积最大、竹资源开发利用最早的国家之一,素有“竹子王

国”之称^[1]。竹作为理想的园林植物种类,兼具极高的观赏价值和厚重的文化底蕴,在我国造园史上

收稿日期:2020-07-30.

第一作者:龙光红(1996-),女,重庆人,硕士研究生.研究方向为风景园林规划设计与植物造景.

责任作者:秦华(1962-),男,重庆人,教授,博士生导师,注册一级风景园林师.研究方向为风景园林规划设计与植物造景.

竹景观的运用屡见不鲜。时至今日,竹景仍是现代园林景观的重要组成部分,并以其特有的艺术风格和审美情趣为现代园林带来无限的诗情画意,成为一道亮丽的风景线^[2]。本文阐释竹的文化内涵,在此基础上分析竹景的营造和配置,有利于竹文化传承,以为竹的园林应用提供参考。

1 竹文化的内涵

中国竹文化是以竹为载体的中国文化,换言之,是竹与中华文明的融合与沉淀;由物质文化而生,渗透和凝聚于精神文化之中,代表一种中华儿女的性情。就其内容可分为竹文化景观和竹文化符号两个方面。

竹文化景观是指竹“为人所用”后显示出来的中华文明,换言之,人们为了满足相关日常实践需要,如生活、生产、学习、审美需要等,进而有意识地用竹所创造的景象^[3]体现民族群体的心理倾向和情感特点,以及文明进化的程度,其能反映出具有文化特征的“人化自然”。

竹文化符号是指竹作为一种象征物,被赋予理想人格、审美愿望、宗教观念等精神,人们的内在情感、思想观念常借竹以表现和抒发,因此,竹成为中华文化的一种重要符号^[4]。

竹文化景观与竹文化符号二者相辅相成,不可分割,共同组成了博大精深的竹文化^[5]。综上所述,竹文化是人类在长此以往的生产和生活实践中,通过对竹的不断认知与感悟,从而创造出的物质与精神文明总和,涵盖了社会风俗、历史文脉、精神涵养等方面。

2 传统竹文化的内容

文学家苏轼曾写道“食者竹笋,庇者竹瓦,载者竹筏,燃者竹薪,衣者竹皮,书者竹纸,履者竹鞋,真可谓不可一日无此君也!”可见,自古以来人们的生活、生产都与竹息息相关,主要体现在物质生产、精神生活与竹景几个方面。

在人类文明的发展进程中,竹子是文明的载体和工具。《弹歌》中记载,上古先民有断竹、续竹、飞土、逐肉的习俗,表明在上古时期竹就用于书写、娱乐等。商代开始有“书简”、“册”用于记载文字,即将文字写在竹片上并用绳索串起。春秋战国时期出现了毛笔,笔杆选用竹作为原材料。东晋时期,造纸专家葛洪寓居夹江,在当地造出了中国历史上的第

一张竹纸;唐代,竹纸制作技术已臻成熟,竹纸被大量运销到京城长安,供内府使用,“年达六万番之多”。

竹与人类的精神生活更是密不可分,在诗、画、礼、乐以及园林造景方面均可觅其踪影。竹因其挺拔凌云、刚直有节、经霜不凋的特征,受到了历代文人墨客的称颂,涌现出大量颂竹、咏竹的文学及绘画作品。竹的摇曳之声和清疏之影,以及常青不凋之色,尽入诗情画意,并借以象征高节、正直、坚韧等情操和志向。竹还被列为“八音之一”,竹制乐器音色柔和而又不失明亮,富有中国古典乐器的特殊韵味。一些宗教甚至把竹视为神灵的象征,赋予以竹子神秘而又超自然力量的色彩,体现出古时人们虔诚的宗教信仰和对未来的渴望。

竹景是中国传统园林艺术主要意境之一,其产生和发展与古典园林的发展史一脉相承。自先秦伊始,已有植竹的相关案例。《拾遗记》中写道“始皇起虚明台,穷四方之珍,得云冈素竹”,这是有关竹子用于造园的最早记载^[5]。彼时,竹主要用于编制器皿,有规模地种竹一般只限于营建狩猎场和战略物资基地,以竹造园还处于萌芽阶段。魏晋南北朝时,儒道释玄诸家争鸣,人们的思想得到空前解放,崇竹、尚竹、寓情崇竹、引竹自况的风尚广为推崇。北魏御苑“华林园”内,“竹柏荫于层石,绣薄丛于泉侧”。这一时期园林游赏功能逐步上升,以观赏、组景为目的的竹子栽培愈加得到重视,以竹造景成为造园必备,竹景在我国园林中的地位得以初步确立^[6]。到了隋唐时期,竹景观更加注重诗情画意的营造,寓情于竹,引竹入画,以竹造景。“以泉石竹树养心,借诗酒琴书怡性”恰如其分地体现出当时文人们的园林观。王维辋川别业中的斤竹岭和竹里馆均以竹为主景,竹石小品应用广泛,竹景在我国园林中的地位正式确立。宋朝时,汲由写意山水园的发展,“岁寒三友”等小景组合也随之出现,成为植物“人格化”的典型;还产生了“盆景”这种新的艺术欣赏模式,而竹子正是其中必备的植物材料。明清时期,竹子在园林景观中的运用越发成熟,与粉墙、漏窗、景石等相互衬托,以竹寓意,借竹抒情,表达园主人高风亮节的情思和返璞归真的愿望。

纵观我国传统竹文化的发展历程,其内涵丰富,格调高雅,独具民族特色,并随着时间的沉淀历久弥新。

3 竹景的营造与配置

中国古典园林的创作营造以“虽由人作,宛自天开”为宗旨,非常讲究植物的配置,而竹子则充当了极为重要的角色^[7]。寓情于竹,以竹造景,竹景

被赋予了造园者的情思、志向、操守,其所彰显的是博大精深的竹文化。

3.1 竹景观的营造手法

以竹景观的营造手法来体现竹文化意境,其呈现形式与造景意向见表1。

表1 竹景观的营造手法
Tab.1 Construction technique of bamboo landscape

营造手法	呈现形式	文化意境	造景意向
林中辟径 ——创造“竹径通幽”景观	在园路两旁配植竹林,利用竹子的竿、枝、叶将视线两侧遮蔽起来,形成狭长空间,产生一种强烈的透视性,起引导和延伸作用。	“绿竹入幽径,青萝拂行衣。”	
移竹当窗 ——与建筑搭配,生诗情画意	运用借景的处理手法,以窗、轩、户、墙牖作为取景框,将竹景借入框内构成一幅天然的动态画面。亦或是植竹于建筑两侧,为建筑增添一分诗意,竹与建筑相互依托,共生诗情画意,达到以景入园,因趣止步的意境。	“移竹当窗,分梨为院,溶溶月色,瑟瑟风声。”	
竹露珠圆 ——竹水相依,呈现自然之态	竹修长而秀丽,水柔美而灵动,二者的结合最能创造清静高远的意境。临水植竹,其韵绵延、境界清远,于静谧中听水声,会竹意,营造“雨洗娟娟竹,风吹细细香”的世外竹源美景。	“竹露青玉润,荷滴白珠圆。”	
竹石小品 ——竹石为伴,互为依托	竹子象征高雅、气节,山石象征坚定、刚毅。竹石小品正是利用翠竹和置石在色彩、形态和质感上的对比,形成视觉焦点,使景观富于变化。	“咬定青山不放松,立根原在破岩中。”	
粉墙竹影 ——似画胜于画,创造竹影意境	以墙为纸、竹作画,是绘画艺术中的写意手法在竹景观中的体现。阳光透过竹叶洒在墙垣上,好似天然的水墨画,巧妙地利用光影效果创造出古朴雅致的竹景意境。	“藉以粉壁为纸仿古人笔意,植黄山松柏、古梅、美竹,收之圆窗,宛然镜中游也。”	
岁寒三友 ——与其他植物搭配,相得益彰	以竹、松、梅三君子为主要造景植物,形成“岁寒三友”的竹文化景观,营造坚贞不屈,凌霜傲雪的文化景观形象。	“玉色高人之洁,虬髯烈士之刚。”	
竹海景林 ——大面积竹林,形成风景名胜	在城市近郊或远郊地带进行科学规划,打造如同“遥望竹云遮半岭”一般的竹海景林。	“竹林如洗静娟娟,雪意犹酣晓色鲜。”	
无声竹诗 ——竹子盆景,小中见大	将一些体型小、有特殊造型的竹子矮化,制成盆景,犹如“无声的诗,立体的画”。于盆景这方微小世界中,体味意蕴深长的竹文化精神。	“四季翠绿,不与群芳争艳,扬首望青天。默默无闻处,萧瑟多昂然。”	

3.2 竹景观的配置形式

竹景观的配置形式有孤植、丛植、对植、列植和林植(表 2)。

表 2 竹景观的配置形式

Tab. 2 Configuration form of bamboo landscape

配置形式	呈现形式	适宜竹种	造景意象
孤植	将竹类植物栽植于视线焦点、构图中心等较为突出的位置,使其存在于四周的景物中并能充分展现个性特征,以表现竹子的个体美。	体形高大、竹竿挺直、姿态优美的竹类适于孤植,如泰竹、刚竹、佛肚竹等。	
丛植	将 3 株以上的观赏竹组合栽植在一起,形成疏密有致的空间 ^[8] 。在户外开阔地带、林园、建筑角隅等处成丛地配置竹类,多将株形高大的植于内侧,较矮的则置于外侧。	选用叶片细腻柔美,竿形挺直秀丽的竹种,如早园竹、毛竹、观音竹等。	
对植	可用于构图起点,形成严整的气氛。对称式对植是在轴线两侧对称地栽植相等数量或体量的竹类,以达到均衡稳定的艺术效果。非对称式对植指在轴线两边种植形态各异、高低不一的竹子,但整体来看仍偏于均衡。	选用竿形粗壮、体态匀称的竹类,如刚竹、巨龙竹等。	
列植	将竹子沿规则的线条并以相应间距栽植于道路的一侧或两旁,形成景观廊道,可营造出整洁大气的竹景观环境。列植具有明确的指向性和引导性,能够协调空间,强调局部景色。	选用植株挺拔、竿形雅致的竹类,如罗汉竹、桂竹等。	

续表 2

配置形式	呈现形式	适宜竹种	造景意象
林植	分为纯林和混交林,纯林是由单一竹种林植形成整齐壮观的景象,混交林则是由两种以上竹种成片栽植,在景观上富有变化。林植极具磅礴的气势和丰富的感染力,突出了群体植物之美。	以竿型挺直的种类为宜,如早园竹、刚竹、金镶玉竹等。	

3.3 竹景观的配置手法

竹景观的配置手法有缀景、障景、隔景、夹景、漏景等几种形式(表 3)。

表 3 竹景观的配置手法

Tab. 3 Configuration technique of bamboo landscape

配置形式	呈现形式	适宜竹种	造景意象
缀景	在主要景物周围点缀种植一些观赏性强、别具特色的观赏竹类,选用的竹种体量不宜太大,不能喧宾夺主,而应画龙点睛,是对主景的烘托。	常用的有金镶玉竹、翠竹、早园竹等。	
障景	是一种抑制视线、引导空间的造景手法,根据布景位置的不同分为入口障景、端头障景、曲障 ^[9] 。入口障景是在园林入口处植竹,以达欲扬先抑、障丑显美等作用;端头障景是在景观序列的结尾处营造竹景,起到流连忘返的效果;曲障则是在转折处设置特色竹景观,形成如柳暗花明又一村的意境。	选用枝叶稠密、易适应周围环境的竹子构成“绿竹墙”,如毛竹、大明竹等。	

续表 3

配置形式	呈现形式	适宜竹种	造景意象
隔景	用竹景将园林绿地分隔为不同空间,多用于大型园博园、展览会等处,避免各景区互相干扰的同时,增加了园景的构图变化。隔景手法应注意栽植疏密有度,若种植过密则成障景。	选用竹秆粗壮、高大挺拔的竹类,如毛竹、青皮竹等。	
夹景	用竹子的叶、枝、竿将视线两侧封闭起来,形成左右遮挡掩映的狭长空间,产生强烈的透视性,增加了园景的深远之感。	选用竿丛致密、分枝较低的竹种,以丛生竹为佳,如毛竹、青皮竹等。	
漏景	布置以生长较为疏朗的竹子,透过竹子的缝隙摄取其它园林景观。	选用枝叶舒展、色彩清丽的竹类,如青皮竹、毛竹等。	

4 竹文化在园林景观中的发展趋势

随着人们审美意识和精神需求的不断提高,在园林景观中,竹文化表达方式的载体呈多元化、科学化发展。

借助数字景观技术,现代竹建筑的结构更为灵活,易于造型;其性能更加稳固,抗压能力良好。竹景观建筑所运用到的新型材料与先进技术,慢慢地改变着传统的竹文化符号,成为现代建筑和园林景观设计发展的新趋势之一。

基于传统竹文化的精神与理念,现代园林景观设计又有所革新。譬如新中式景观,通过对古典园林设计手法、技巧的传承与变通,结合新材料新工艺的运用,以传统的造园手法、色彩图案、植物空间营造等来打造现代景观空间,用现代的视角、材质、审

美去表达中式园林的韵味^[8-10]。在新中式园林中,竹文化景观简洁大方,通过材料本身的质感,使人在心理和视觉上产生强烈的冲击,出色地表现出秀丽的竹韵风情。其景观语言更侧重于竹文化氛围和意境的营造,而并非是出于对竹子的寓意象征以及君子节气等精神文化的诠释。

清雅脱俗的中国园林,凝聚了历代中国艺术的精髓。竹文化受其深刻影响,不仅内涵广博,文化底蕴深厚,而且表现形式多样,这也决定了其强大的包容性和可塑性。竹文化的传承是其得到良好发展的前提,与此同时,竹文化的发展又能促进其传承,二者在总体上具有共通性,一脉相承。从竹文化及其在城市园林中的运用可知,在传统与当代之间取得知性的平衡,发掘传统文化的现代意义,表达时代感之余,还应保留对传统文化的欣赏和尊重,才能使竹文化欣欣向荣。

参考文献:

- [1] 刘婉茹. 竹文化在苏州古典园林中的应用研究[D]. 北京:中国林业科学研究院,2015.
- [2] 周国贤. 竹在现代园林中的应用[J]. 中国林业,2012(9):39-39.
- [3] 苗裔. 衣食住行竹文化[J]. 生态文化,2015(1):30-30.
- [4] 张楠. 中国竹的文化符号——解读紫砂“罄竹壶”[J]. 江苏陶瓷,2014,47(5):37-39.
- [5] 陶蔚. 西蜀园林中的竹文化探析[D]. 雅安:四川农业大学,2014.
- [6] 陈莲. 观赏竹文化内涵与园林应用比较分析[D]. 杭州:浙江农林大学,2017.
- [7] 鲍振兴. 中国竹文化及园林应用[D]. 福州:福建农林大学,2011.
- [8] 童茜. 竹文化在环境艺术中的运用与研究[D]. 长沙:湖南大学,2006.
- [9] 贾德华,王万喜. 障景在园林设计中的应用[J]. 安徽农业科学,2007,35(9):2591-2592.
- [10] 张赛. 新中式园林对传统园林的传承与创新[J]. 农家参谋,2018(15):112-113.

责任编辑:许易琦

校 对:张林艳 许易琦

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2021.02.033

“一分钟游程”构园法则的适用性研究

范学琴, 杨芳绒

(河南农业大学 林学院, 河南 郑州 450002)

摘要:“一分钟游程”构园法则将人的视觉感受与园林组景共同考虑,以 25~30 m 作为组景转换的理想距离,对游路结构进行反复烘托与不断强化,从而形成柔和、丰富的“构景曲线”。选择南北方各具代表性的苏州沧浪亭和北京恭王府花园,分析其园林的景观布局,对比园林空间序列的“起”“承”“转”“合”间距。结果表明,“一分钟游程”构园法则在南方私家园林及北方皇家园林中同样适用,为今后的游线组织与组景布设提供了设计参考。

关键词:一分钟游程;沧浪亭;恭王府花园;游线组织;组景布设;空间序列

中图分类号:S731;TU986.2 文献标志码:A 文章编号:1671-3168(2021)02-0182-05

引文格式:范学琴,杨芳绒.“一分钟游程”构园法则的适用性研究[J].林业调查规划,2021,46(2):182-186.

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2021.02.033

FAN Xueqin, YANG Fangrong. Applicability of the “One Minute Tour” Garden Design Rule[J]. Forest Inventory and Planning, 2021, 46(2): 182-186. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2021.02.033

Applicability of the “One Minute Tour” Garden Design Rule

FAN Xueqin, YANG Fangrong

(College of Forestry, Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, China)

Abstract: The garden design rule of “One Minute Tour” taking visual experience and landscape arrangement into consideration proposed 25~30m as the optimal distance for landscape transformation, which repeatedly stood out and continuously strengthen the structure of the tour road to form a soft and diverse “landscape curve”. This paper analyzed the landscape layout of the Canglang Pavilion in Suzhou and Prince Gong’s Residence Garden in Beijing, and compared the space sequence of “starting”, “continuing”, “evolving” and “uniting”. The results showed that the “One Minute Tour” rule was also applicable to the southern private gardens and the northern royal gardens, which provided a design reference for the tour line organization and landscape arrangement.

Key words: “One Minute Tour” rule; Canglang Pavilion; Prince Gong’s Residence Garden; tour line organization; landscape arrangement; spatial sequence

时间是衡量距离的一种常见方式,不仅能表示某一地点的可达性,同时也可以体现其内部的游览距离。将时间概念引入风景园林设计之中,以时间

衡量空间,是风景园林设计的一个趋势,而如何运用时间进行设计,是一个值得探讨的问题。沈炳春先生在中国营造学社建社 80 周年活动时对风景园林

收稿日期:2020-08-20.

基金项目:河南省社会科学普及规划基金资助项目(SKPJ-2014-14).

第一作者:范学琴(1996-),女,河南新乡人,硕士研究生.研究方向为风景园林规划设计.

责任作者:杨芳绒(1963-),女,河南灵宝人,教授,研究生导师.主要从事风景园林规划与设计研究.

的文化遗产和规划构思进行探讨,首次提出了“一分钟游程”构园法则,并在设计苏州东山启园、木渎古松园等园林时,均运用了这一法则。为了求证该法则在小体量园林设计中的适用性,本文尝试用该法则对苏州沧浪亭和北京恭王府的园林空间进行分析。

1 “一分钟游程”构园法则

1.1 概念及解读

“一分钟游程”的概念是由构园专家沈炳春先生总结提出的:在园林设计组景过程中,将人的视觉感受与园林组景共同考虑,以 25~30 m 作为组景转换的理想距离,对游路结构进行反复烘托与不断强化,从而形成柔和、丰富的“构景曲线”。当游人以这样的距离欣赏当前的景物时,下一组景物已经在召唤,两者之间相互烘托而不形成干扰,便于在较小的园林空间中营造出步移景异的效果^[1-2]。

这一概念是基于人体构造及游人观景感受提出的,主要表现为:在平面上,以 25~30 m 作为组景转

换的理想距离;在立面上,顺着视线的景观剖面,构出一条曲线,将近景、中景、远景巧妙地结合起来。园林的每个空间都是一幅立体的画面,平面布局只是画面的底图,想要使画面变得丰富,还需要有丰富的立体组景,从而形成自然和谐的构景曲线,使人在游览过程中得到不断的视觉冲击,在有限的空间中得到“无限”之感。

1.2 运用案例

木渎古松园是沈炳春先生主持修复的古典私家园林之一,“一分钟游程”的理念在古松园的平面设计中体现得淋漓尽致,比如:设计者在秀影至剪波纳漪 30 m 的平面距离中,通过组景的竖向设计打造了丰富的构景曲线,从而使游人在 18°~27°的最佳视域范围内获得良好的视觉体验^[3](图 1);游人从飞廊上俯瞰植有古罗汉松的小庭院,增加了庭园的纵深感,在飞廊中行走,又有宽廊和窄廊的变化,避免了“构景曲线”的单一性。沈先生在园林设计中将这一理念灵活运用,景物随机,营造出了不同的空间效果,为游人提供了良好的游园感受。

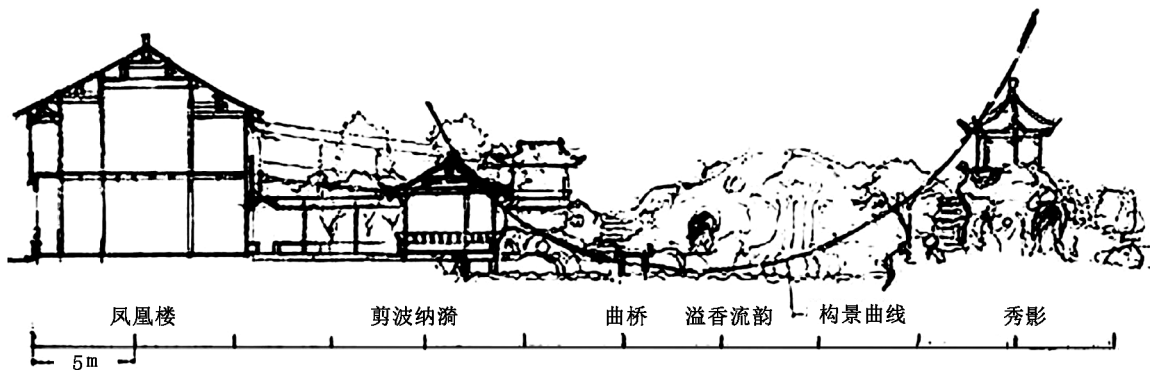


图 1 构景曲线

Fig. 1 Landscape curve

1.3 存在的问题

沈先生通过长期的造园实践,总结出了“一分钟游程”构园法则并进行运用,但是目前这一法则并没有很好地推广及使用,因此本文尝试对这一法则的适用性进行探讨,希望为今后的风景园林设计提供新的思路与参考依据。

2 研究对象与方法

2.1 对象选择

在园林的选择上,从南方的私家园林和北方的皇家园林中分别选择了具有代表性的小体量园林:

苏州沧浪亭、北京恭王府花园。

1) 沧浪亭:全园总面积 10 800 m²,其中水体面积约为 2 900 m²,建筑面积 2 560 m²,是一座以假山为中心布局的山景型园林。其空间结构可以概括为一点、一环线、两区、两边,即中心假山上立沧浪亭,廊道形成环线,北部园子、南部院落将沧浪亭划为两个区域,开放的北部水边界与半封闭的南部围墙形成园子的两个边界。园子从北向南可以大致分为临水组团、池渊组团、山石组团、建筑组团、竹林组团 5 个部分,在总体布局上呈现出山水、植物、建筑夹层式排列的顺序^[4-6](图 2)。

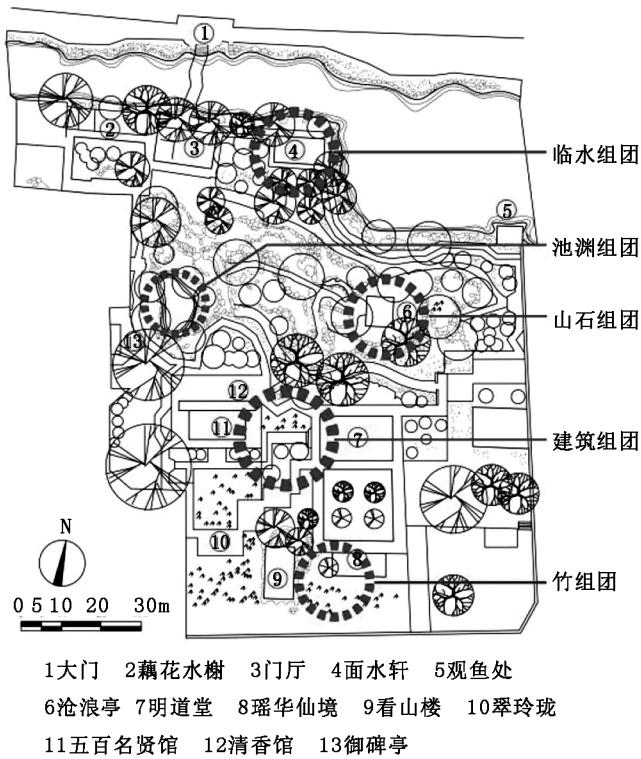


图 2 沧浪亭景观格局分析

Fig. 2 Landscape pattern of Canglang Pavilion

2) 恭王府花园: 恭王府花园又名萃锦园, 面积约 28 786 m², 约占王府面积的一半, 是现存保存最完整、面积最大的王府园林, 恭王府花园的围墙之内建有环形山, 形成了环墙—环山的复环式园林空间。整个恭王府呈现出三路五进四合院落的格局, 花园部分延用了宅邸轴线, 将花园划分成东、中、西 3 个部分: 东部花园相对闭合, 建筑多, 更亲近怡人, 是宜居宜游的空间; 中部花园是中轴线所在, 这一部分标高由南向北逐渐升高, 具有良好的视觉效果; 西部花园是空间最为开阔的部分, 大面积的水体与周边建筑形成疏密对比^[7-9](图 3)。

2.2 研究依据

由人的视觉特性可知, 在 25~30 m 范围内, 人们可以看清景物的细节与质感, 因此在水平情况下, 应使园林景物与人眼的距离保持在这样的范围内。其次视觉在时间上有累积效应, 这种累积效应的一种表现就是要让观察者看清楚一个物体, 必须给其一定的观察时间, 因此游人赏景过程中的行进速度也会减慢, 因此就有了“一分钟”和“25~30 m”这两个概念。由此可见, “一分钟游程”法则不仅仅是对组景距离的设定, 其背后也包含着对人的视觉特性和身体构造的考虑。



图 3 萃锦园景观格局分析

Fig. 3 Landscape pattern of Prince Gong's Residence Garden

沈炳春先生以虎丘为例, 分析园林布局“起、承、转、合”在构景过程中的巧妙变化, 发现虎丘的“起”至“承”、“承”至“转”间的构景曲线都恰为 25~30 m 左右, 再随着各景点的围合到达“合”的部分^[3]。由此可见, 在沈先生的构想中, “一分钟游程”与园林布局及空间序列是结合在一起考虑的。因此, 可以使用“一分钟游程”构园法则对园林空间序列进行分析, 从而验证其合理性。

2.3 研究方法

为了避免偶然性, 选择南北方各具代表性的园林进行分析, 根据“一分钟游程”构园法则中“25~30 m”的距离要求, 分析园林的景观布局, 对比园林空间序列的“起”“承”“转”“合”间距是否符合这一法则的要求, 从而达到验证该法则适用性的目的。

3 分析与讨论

3.1 沧浪亭空间序列分析

入口处为园林的“起”处,在此游人可见一泓碧水绕于院外,随后由与折桥相连的门厅对游人视线进行压缩与收拢,推动空间产生变换,随着游人的行走,从门厅的暗环境到院内景色形成对比,给人“豁然开朗”的视觉感受,由石坊的“起”至门厅的“承”距离恰为 25~30 m。

由藕花水榭和面水轩起分两段连廊通向建筑组团:自藕花水榭向南至御碑亭段,有一空间转折之处,在此处,视线向下可见园中水池,向上可见沧浪亭;由面水轩连廊向东南行至第一个拐角处又是一空间转折之处,在带有精美漏窗的复廊中,既可观园林主景物沧浪亭,又可观假山上的植物,透过植物间隙,还可见原苏州博物馆院墙,景观层次丰富;由此处沿连廊至面水轩,既可观园外景物,又能窥见山体;这3处便是沧浪亭的“转”,由“承”至“转”的距离也恰在 25~30 m 左右。

随着路径前行,游人经过登山步道,到达沧浪亭,园林部分的“合”即呈现在游人的视线中,沧浪亭作为园林中的主景物,自然而然的起到了“合”的作用。在沧浪亭内能将园景尽收眼底,头顶是参天古木,脚下是蜿蜒曲折的小路,给人置身山林之感。

由沧浪亭向南至建筑组团,是一个园林空间由“合”至“开”的转变,游人的视线向远处打开,隐约可见的建筑边缘似在召唤人前去。山体与建筑互为隐蔽,建筑为山体提供了边界,山体又为建筑提供了背景,山体的“动”与建筑的“静”又形成对比,组团内两个建筑群相互围合,形成了4个独立的院落,其余的几个小庭院都体现出了一种内向的幽静感,庭院空间互相穿插,使得整个建筑组团空间富有变化(图4)。

3.2 萃锦园空间序列分析

西洋门是萃锦园的正门,以此处作为萃锦园的“起”最为合适,西洋门仿照圆明园的大法海园门建造而成,是保存最完整的汉白玉石拱门。西洋建筑的风格明显,门上刻着“静含太古”和“秀挹恒春”,反应了园主人对“静”与“秀”的追求,墙体上雕刻的花纹充满了西洋韵味,是西方艺术风格与中国古典园林意蕴的融合,为整个园林增添了别样的风趣。穿过西洋门之后的第一进空间便是独乐峰,没有过多的铺垫,而是开门见山的将这一景物呈现在游人面前,起到对景与障景的作用。西洋门的“起”至独

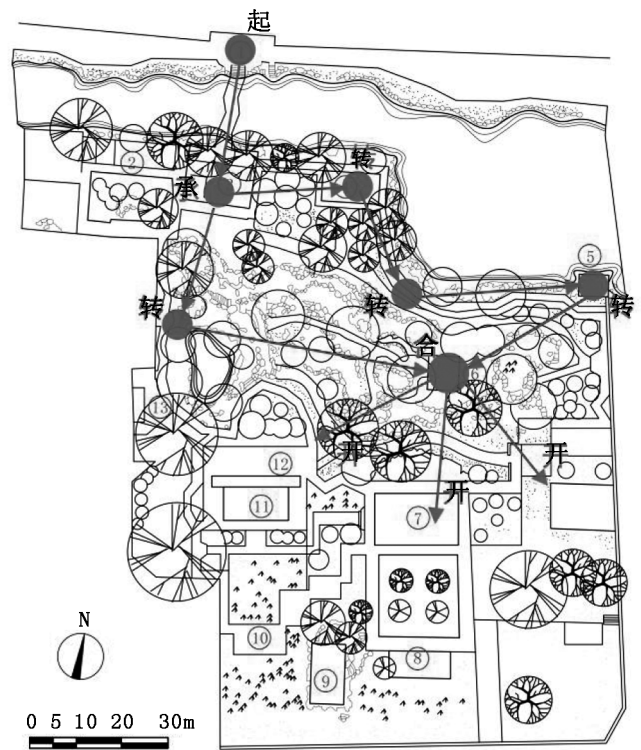


图4 沧浪亭空间序列分析

Fig. 4 Spatial sequence of Canglang Pavilion

乐峰的“承”距离为 25~30 m 左右。

独乐峰向西,便进入萃锦园的西部,直至第一个分岔口处,是园林空间的一个转折点,在这里,游人的视野被打开,右侧是宽阔的水面,左侧是3个建筑与假山石形成的半围合空间,沿园路继续向前至水体转折处,视线被压缩,左侧视线被阻挡,人们自然望向右侧水面及诗画舫,通过假山后,视线再次开阔,继而到达以澄怀握秀为主的西部建筑群,这几处“转”之间的距离都约为 25~30 m;独乐峰向东,则是萃锦园的东部,沿园路行至垂花门,是东部园林的一个转折,穿过竹子园和牡丹园就到达了体量最大的戏楼,这两部分间的距离也在 25~30 m;独乐峰向北,是萃锦园的中部,也是整个园林最精华的部分,经渡鹤桥跨过蝠池,就到达了安善堂,独乐峰至安善堂的距离也约为 25~30 m。

穿过安善堂,就是整个园林高潮所在,即滴翠岩和秘云洞,这段距离也在 25~30 m 左右,由此可以望见假山顶的绿天小隐和邀月台,调动游人的情绪,顺着爬山廊来到邀月台,可将全园景色尽收眼底,向北可见位于苍松翠柏中的蝠厅。至此,萃锦园东、中、西3部分形成围合,整个园林的叙事主线向中部靠拢,既是中部园林的高潮,也是整个萃锦园的高潮

所在(图 5)。

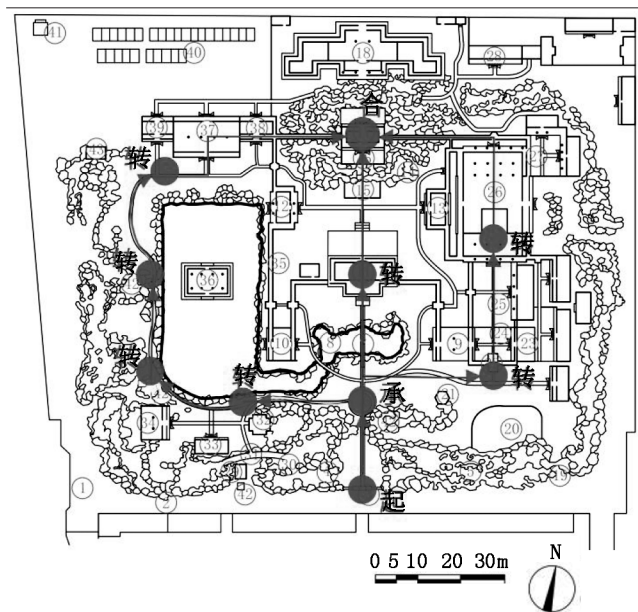


图 5 萃锦园空间序列分析

Fig. 5 Spatial sequence of Prince Gong's Residence Garden

3.3 讨论

通过以上分析可以发现,“一分钟游程”构园法则在南方私家园林及北方皇家园林中均适用,但是否所有的古典园林都符合这一法则,还需要更多的对比才能确定。目前来看,该法则可以为设计者进行小体量园林或园中园设计时提供组景设置的距离参考,这不仅要求了景色的美观度,更是将游人的行进速度、视域范围和视觉兴奋点考虑其中,从而达到步移景异的效果,沈炳春先生用时间来表示距离的这一方式,为园林设计提供了新的角度。

4 结语

游线是组织景物以及串连空间的重要媒介,中

国古人在园林设计时,往往能通过游线组织达到步移景异、忘却时间的效果,通过对沧浪亭和萃锦园的分析可以发现,沈先生的“一分钟游程”构园法则与我国古典园林的设计存在耦合之处,这一发现肯定了该法则的适用性,也为今后的游线组织与景物布设提供了设计参考。

参考文献:

- [1] 沈炳春. 吴中风景园林的文化遗产和规划理念探索 [C]//中国民族建筑研究会. 中国营造学社建社 80 周年纪念活动暨营造技术的保护与更新学术论坛会刊. 北京:中国民族建筑研究会,2009:7.
- [2] 沈炳春. 园林建筑的空间构思与推敲[J]. 林业勘察设计,1983(2):14-23.
- [3] 孟琳,邱美. 解构“一分钟游程”的构园法则——专访沈炳春高级工程师[J]. 人文园林,2012(2):21-27.
- [4] 马松麟. 虚实相生,有无相成[D]. 杭州:浙江大学,2011.
- [5] 林卓然. 苏州古典园林中步行空间景观设计分析——以拙政园、狮子林、沧浪亭为例[J]. 现代园艺,2019(4):125-126.
- [6] 梁慧琳,张青萍. 基于空间句法的江南私家园林空间开合量化研究[J]. 现代城市研究,2017(1):47-52.
- [7] 贾轩楠. 恭王府花园叠山研究[D]. 北京:北方工业大学,2016.
- [8] 霍蕾,曾祥余,段勇. 拙政园与恭王府萃锦园造园要素浅析[J]. 安徽建筑,2019,26(2):8-9.
- [9] 郭佩艳,吕太锋,董倩,等. 清朝王府花园的园林空间特点研究——以恭王府花园为例[J]. 建筑与文化,2018(4):117-119.

责任编辑:杨焱熔

校对:张林艳 杨焱熔

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2021.02.034

南京财经大学仙林校区校园绿化“三化”建设研究

陈思思

(南京财经大学,江苏 南京 210023)

摘要:以南京财经大学仙林校区为例,通过实地调查,进行现状分析,从规划目标、规划理念、规划结构、树种推荐、重要节点改造等方面提出彩色化、珍贵化、效益化(三化)建设的建设方案。提出丰富植物种类、打造季相景观、共享建设成果等实施建议。

关键词:高校校园绿化;彩色化;珍贵化;效益化;南京财经大学仙林校区

中图分类号:S731.9 文献标志码:A 文章编号:1671-3168(2021)02-0187-06

引文格式:陈思思.南京财经大学仙林校区校园绿化“三化”建设研究[J].林业调查规划,2021,46(2):187-192.

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2021.02.034

CHEN Sisi. Construction of “Colorful, Precious and Beneficial” Greening on Xianlin Campus of Nanjing University of Finance and Economics [J]. Forest Inventory and Planning, 2021, 46(2): 187-192. doi: 10.3969/j.issn.1671-3168.2021.02.034

Construction of “Colorful, Precious and Beneficial” Greening on Xianlin Campus of Nanjing University of Finance and Economics

CHEN Sisi

(Nanjing University of Finance & Economics, Nanjing 210023, China)

Abstract: Based on the field investigation on Xianlin Campus of Nanjing University of Finance and Economics, this paper put forward the construction scheme of colorful, precious and beneficial greening from the aspects of planning objectives, planning concept, planning structure, tree species recommendation and important node transformation, and suggested to enrich plant species, create seasonal landscape and share construction achievements.

Key words: campus greening; colorful; precious; beneficial; Xianlin Campus of Nanjing University of Finance and Economics

为持续推进生态文明建设和高质量发展,牢固树立“金山银山就是绿水青山”的理念,推动绿化资源量质齐升,促进园林绿化工作迈上新台阶,江苏省率先在2016年开始开展“国土绿化彩色化、珍贵化、效益化”(以下简称“三化”)示范创建工作。珍贵化就是大力推进选择抗性强、景观美、寿命长和材质优的高大乔木作为主栽树种,为子孙后代留下珍贵森

林财富;彩色化就是不仅让大地要绿起来,还要季相丰富、景观优美;效益化就是以特色经济林果为重点,促进林木结构调整,努力增加农民收入,推进现代林业可持续发展^[1]。

实施国土绿化“三化”建设以来,社会各界普遍关注,并积极参与、精心组织。徐州市铜山区针对独特的地理特点,高质量推进林业“三化”改革,促进

收稿日期:2020-09-08.

第一作者:陈思思(1992-),女,江苏金湖人,硕士研究生.从事校园绿化养护管理工作.

绿化造林由单纯注重生态效益向经济效益、社会效益和生态效益并重的方向深度融合,打造出绿化造林转型升级的铜山样板^[2]。江苏盐城以推进沿海百万亩生态防护林工程建设为重点,按照绿化与“三化”相结合的要求,全面开展“国家森林城市”创建工作,初步形成了以成片造林为基础,海堤、河圩堤林带、绿色通道为骨架,高标准农田林网为网络,高效经济林果相配置的林业发展新格局^[3]。为促进国土绿化与“三化”有机结合,有力推动全域旅游建设,赵建林、钟家明阐述了淮安市洪泽区到2020年国土绿化“三化”示范创建工作的指导思想、基本原则、创建目标和工作重点,并提出了示范创建工作的推进对策^[4]。张玮通过对南京市江宁区森林资源分布现状和现代林业发展趋势分析,对充分发挥林业的生态、社会及经济功能,践行“绿水青山就是金山银山”重要论断,促进江宁森林资源“三化”发展,阐述相应的对策和建议^[5]。

随着不断实践探索,“三化”的内容不断扩展,内涵不断深化,但其宗旨都是在有限的空间条件下,拓展绿色生态空间,提升生态空间品质^[6]。在此背景下,如何结合自身实际,积极有序、深入地推进园林绿化“三化”建设,是高校绿化养护管理部门需要思考的问题。南京财经大学仙林校区绿化建设近年来不断取得进步,但与南京其他著名的最美校园如南京师范大学、南京林业大学、南京理工大学相比较,仍然有一定的差距。以校园绿化“三化”建设为契机,分析其思路与方法,对于加快建设美丽校园、提升校园绿化质量、践行生态文明建设理念具有重要意义。

1 研究背景

南京财经大学仙林校区位于江苏省南京市栖霞区仙林大学城。校园景观建成于2003年,校园绿化面积为55万m²(规划面积),其中林地27万m²,已绿

化面积28万m²,单位绿化覆盖率为48.53%。校园景观整体布局以南大门入口一条主轴线突出主体建筑。轴线东侧,扇形排列的教学专科楼整齐有序;轴线西侧,围绕校园道路,分布着田径场及教工生活区;轴线北侧,有一处自然山体,如同校园绿肺,营造了清新的生态环境。整个校园的造园手法采用了西式的对称与中式的自然相结合地方式。同时,园内几处水系动静结合地穿插在景观布局中,如同灵动的纽带,将建筑空间与景观空间进行融合与关联。经过十几年的发展,现如今,校园内的香樟大道以及法桐大道已成为一道独特的风景。

2 现状分析

2.1 植物分析

通过对校园进行实地调查,详细记录了各区域所分布的植物种类、数量等,经整理统计得出校园植物名录,并对其进行系统分析。南京财经大学仙林校区的植物种类共有154种,分属67科111属,其中裸子植物7科9属12种,被子植物60科102属142种。植物种类较多且排名前六的科为蔷薇科(8属17种)、木犀科(3属10种)、百合科(6属7种)、豆科(5属6种)、木兰科(2属6种)、禾本科(5属5种)。对校园植物的生活型进一步统计分析得出:乔木植物53种(常绿乔木19种,落叶乔木34种),灌木植物52种(常绿灌木35种,落叶灌木17种),草本植物41种(一二年生草本10种,多年生草本31种),藤本6种,竹类2种。乔木树种数量为7837株,灌木数量为2782株,乔木树种株数占比为73.81%。

根据《江苏省珍贵彩色树种发展总体规划(2016—2025)》以及《江苏省营造林统计软件(2017版)主要造林树种代码表》进行筛选,得出校园“三化”树种种类(表1)及数量(表2)。

表1 校园“三化”树种

Tab. 1 Colorful, precious and beneficial tree species on campus

珍贵	彩色
树种 银杏(<i>Ginkgo biloba</i>)、榉树(<i>Zelkova serrata</i>)、榔榆(<i>Ulmus parvifolia</i>)、香樟(<i>Cinnamomum camphora</i>)、杂交马褂木(<i>Liriodendron × sinoamericanum</i>)、柿树(<i>Diospyros kaki</i>)、圆柏(<i>Juniperus chinensis</i>)、三角槭(<i>Acer buergerianum</i>)、乌柏(<i>Triadica sebifera</i>)、冬青(<i>Ilex chinensis</i>)、南方红豆杉(<i>Taxus wallichiana var. mairei</i>)、侧柏(<i>Platycladus orientalis</i>)	银杏、榉树、榔榆、杂交马褂木、柿树、鸡爪槭(<i>Acer palmatum</i>)、三角槭、乌柏、朴树(<i>Celtis sinensis</i>)、玉兰(<i>Yulania denudata</i>)、金丝垂柳(<i>alix alba 'Tristis'</i>)、水杉(<i>Metasequoia glyptostroboides</i>)、广玉兰(<i>Magnolia grandiflora</i>)、二乔玉兰(<i>Yulania × soulangeana</i>)、合欢(<i>Albizia julibrissin</i>)、重阳木(<i>Bischofia polycarpa</i>)、苦楝(<i>Melia azedarach</i>)、黄山栾树(<i>Koelreuteria bipinnata 'Integrifoliol'</i>)、紫玉兰(<i>Yulania liliiflora</i>)、冬青、栾树(<i>Koelreuteria paniculata</i>)、法桐(<i>Platanus orientalis</i>)、紫竹(<i>Phyllostachys nigra</i>)

表 2 校园“三化”树种数量

Tab. 2 Number of colorful, precious and beneficial tree species on campus

	数量大于 500 株 (2 种)	数量 100~500 株 (6 种)	数量 10~100 株 (11 种)	数量小于 10 株 (8 种)
树种	香樟、圆柏	榉树、玉兰、水杉、黄山栎 树、栎树、法桐	银杏、杂交马褂木、柿树、鸡爪槭、金 丝垂柳、广玉兰、合欢、重阳木、冬青、 侧柏、紫竹	榔榆、三角槭、乌桕、朴树、二乔木兰、 苦楝、紫玉兰、南方红豆杉

校园“三化”树种数目为 27 种,占乔木树种比例为 50.94%;树种数量为 2 996 株,占乔木树种数量比例为 38.23%。从表 1 可以看出,“三化”树种中,珍贵植物的数量较彩色植物种类偏少,说明珍贵植物还需加大引种驯化力度;从表 2 可以看出,“三化”树种株数以 10~100 株最多,其次是数量小于 10 株的,说明“三化”树种在数量上还有提升的空间。

2.2 SWOT 分析

优势:校园植被完整,小气候环境较好;学校历史悠久,专业特色突出;储备资源丰富,利于规划调整。**劣势:**校园景观破碎,缺少联结;植物长势参差不齐;人文特色表现缺失。**机遇:**从国家政策层面来说,生态文明建设的地位越来越突出。**挑战:**植物具有一定的生长期,想要短时间内建设完成实非易事;俗话说“三分规划,七分管养”,只有详细的规划配合加上后期精细的管养才能达到最终的景观效果。

3 建设方法

3.1 规划目标

在充分利用校园现有自然资源及人文资源的基础上,以生态文明建设为核心,突出特色,长远规划,以人为本,通过提高珍贵、彩色树种栽植比例,扩大绿化面积,优化树种结构,将校园打造成集科学普及、生态旅游于一体,融人文景观、自然景观于一身,具有特色标志性的现代化校园景观。

3.2 规划理念

坚持由外及内,由主及次的顺序,前期对重点区域进行改造,后期对次要区域进行优化,整体协调发展。彩化方面,在植物种类调查的基础上,有针对性地加强彩色树种的引种栽培;珍贵化方面,引种筛选珍贵树种,同时加大对原有古树名木、珍贵树种的保护和挖掘;效益化方面,通过绿地质量、功能性的提升,提高绿地效益多样化。

根据校园绿化的特点,遵循尊重现状、主题强化、循序渐进、因地制宜四个原则,以增强“三化”建设的前瞻性、针对性和可实施性。尊重现状是指在

改造景点时,尊重历史、尊重自然,充分利用原有的地形地貌、绿地空间形态以及树种进行规划设计;主题强化是指对景点已有的主题进行广度和深度的延伸,使景观特色更加鲜明;循序渐进是指树种的结构调整以及培育是一个长期的过程,在规划设计时应分步实施,稳中求进;因地制宜是指应根据绿地特点和要求进行树种选择,以适合当地生长、抗性强的乡土树种为主,外来树种未经引种试验不可盲目引种。

3.3 规划结构

在不断扩大绿量总量的基础上,结合各种功能分区的特点及区位分布,整体形成“一核、一轴、两带、六片区”的总体规划结构(图 1)。一核:以喷泉广场为核心的景观视觉焦点,辐射图书馆、专业楼等区域。一轴:以中央花坛为轴线的景观线。两带:生态屏障带、滨河景观带。六片区:行政办公教学区、北苑生活区、东苑生活区、中苑生活区、西苑生活区以及生态山体区。



图 1 校园景观结构

Fig. 1 Campus landscape structure

行政办公教学区以彩化、效益化为主,形成强烈的视觉冲击,适当发挥社会效益,在个别条件适宜的节点可推进珍贵化示范建设。北苑生活区、东苑生活区、中苑生活区、西苑生活区 4 个区域作为校园生活型绿地,以彩化建设为主,条件适宜区域增加珍贵树种。生态山体区充分发挥生态效益功能,并逐步挖掘珍贵树种进行再利用。

3.4 树种推荐

根据校园自然环境条件,结合国家林业局发布的《中国主要栽培珍贵树种参考名录》,以及相关文献资料,推荐珍贵、彩叶树种^[7](表 3)。

3.5 重要节点改造对策

3.5.1 玉兰春暖

现状描述:该地块处于专业组团教学楼的入口处。主要植物有广玉兰、玉兰、香樟、桂花等,地形较为平坦(图 2)。

规划方案:将其打造成玉兰园,增加木兰科观花、色叶植物,如二乔玉兰、宝华玉兰、木兰、含笑、深山含笑、杂交马褂木等,配植红枫、鸡爪槭、南天竹等,三五成群种植。同时铺设园路,为师生增设一处放松、游憩的场地(图 3)。

表 3 校园珍贵、彩叶树种推荐

Tab. 3 Recommendation of precious and colorful tree species on campus

珍贵	彩色树种
优先推荐树种 银杏、榉树、榔榆、紫楠(<i>Phoebe sheareri</i>)、香椿(<i>Toona sinensis</i>)、薄壳山核桃(<i>Carya illinoensis</i>)、楸树(<i>Catalpa bungei</i>)、南京椴(<i>Tilia miqueliana</i>)、麻栎(<i>Quercus acutissima</i>)、栓皮栎(<i>Quercus variabilis</i>)	(1) 秋季彩叶类树种:银杏、榉树、枫香(<i>Liquidambar formosana</i>)、红枫(<i>Acer palmatum 'Atropurpureum'</i>)、乌桕、黄连木(<i>Pistacia chinensis</i>)、无患子(<i>Sapindus saponaria</i>)、榔榆、青檀(<i>Pteroceltis tatarinowii</i>)、朴树(<i>Celtis sinensis</i>)、麻栎、栓皮栎、色木槭(<i>Acer pictum</i>)、鸡爪槭、三角槭、池杉(<i>Taxodium distichum var. imbricatum</i>)、落羽杉(<i>Taxodium distichum</i>) (2) 观花(果、枝)类:玉兰(<i>Yulania denudata</i>)、七叶树(<i>Aesculus chinensis</i>)、栎树、杜梨(<i>Pyrus betulifolia</i>)、深山含笑(<i>Michelia maudiae</i>)、冬青、金丝垂柳、樱花(<i>Cerasus yedoensis</i>) (3) 珍稀观赏类:宝华玉兰(<i>Yulania zenii</i>)、金钱松(<i>Pseudolarix amabilis</i>)、金缕梅(<i>Hamamelis mollis</i>)、银缕梅(<i>Parrotia subaequalis</i>)、秤锤树(<i>Sinojackia xylocarpa</i>)、香果树(<i>Emmenopterys henryi</i>)、南京椴
一般推荐树种 杂交马褂木、青冈(<i>Cyclobalanopsis glauca</i>)、冬青、红楠(<i>Machilus thunbergii</i>)、浙江楠(<i>Phoebe chekiangensis</i>)、湘楠(<i>Phoebe humanensis</i>)、梓树(<i>Catalpa ovata</i>)、苦槠(<i>Castanopsis sclerophylla</i>)、黄檀(<i>Dalbergia hupeana</i>)、刺楸(<i>Kalopanax septemlobus</i>)、色木槭、白栎(<i>Quercus fabri</i>)、红椿(<i>Toona ciliata</i>)、光皮楸木(<i>Cornus wilsoniana</i>)、红豆树(<i>Ormosia hosiei</i>)、黄金树(<i>Catalpa speciosa</i>)、多脉榆(<i>Ulmus castaneifolia</i>)、南方红豆杉、榿树(<i>Torreya grandis</i>)、柏木(<i>Cupressus funebris</i>)	(1) 秋季彩叶类:杂交马褂木、北美枫香(<i>Liquidambar styraciflua</i>)、丝棉木(<i>Euonymus maackii</i>)、柿树、野鸦椿(<i>Euscaphis japonica</i>)、漆树(<i>Toxicodendron vernicifluum</i>)、元宝枫(<i>Acer truncatum</i>) (2) 观花(果、枝)类:合欢、檫木(<i>Sassafras tzumu</i>)、含笑(<i>Michelia figo</i>)、紫丁香(<i>Syringa oblata</i>)、巨紫荆(<i>Cercis gigantea</i>)、厚壳树(<i>Ehretia acuminata</i>)、红柴枝(<i>Meliosma oldhamii</i>)、多花泡花树(<i>Meliosma myriantha</i>)、苦楝、糯米椴(<i>Tilia henryana var. subglabra</i>)、铜钱树(<i>Paliurus hemsleyanus</i>)、枳椇(<i>Hovenia acerba</i>)、木荷(<i>Schima superba</i>) (3) 彩色观赏竹类:花毛竹(<i>Phyllostachys edulis 'Tao kiang'</i>)、金镶玉竹(<i>Phyllostachys aureosulcata 'Spectabilis'</i>)、短穗竹(<i>Semiarundinaria densiflora</i>)、紫竹(<i>Phyllostachys nigra</i>)、斑竹(<i>Phyllostachys reticulata 'Lacrima-deae'</i>)、菲白竹(<i>Pleioblastus fortunei 'Variegatus'</i>)



图 2 玉兰春暖现状图

Fig. 2 Status map of Magnolia garden



图 3 玉兰春暖意向图

Fig. 3 Intention map of Magnolia garden

3.5.2 梅源春晓

现状描述:该地块处于校南大门西侧,绿地较为开阔,视线较好。目前主要季节性撒播百日菊(图4)。



图 4 梅源春晓现状图

Fig. 4 Status map of plum blossom garden

规划方案:将其打造成梅花园,铺设园路,营造地形。园内各品种梅花三五成群种植,并配植榉树、乌柏、桂花、鸡爪槭、红叶石楠、金森女贞以及宿根花卉等,向师生多方面多层次地展示梅花的自然风光(图5)。



图 5 梅源春晓意向图

Fig. 5 Intention map of plum blossom garden

3.5.3 梅香樱艳

现状描述:该地块处于专业组团北侧,是三岔路口的视觉焦点。场地内目前种有合欢、樱花、梅花、楝树、紫薇、竹子等植物(图6)。

规划方案:强化景观效果,丰富樱花品种,移除部分紫薇,增植雪松、枫香、无患子等乔木作为背景树种,形成樱花特色的景观节点(图7)。

3.5.4 湖山在望

现状描述:该地块处于艺术楼西侧,湖景优美,



图 6 梅香樱艳现状图

Fig. 6 Status map of cherry blossom garden



图 7 梅香樱艳意向图

Fig. 7 Intention map of cherry blossom garden

是师生放松、学习的好去处。湖岸边栽植了柳树、樱花、桂花、红花檵木等植物(图8)。



图 8 湖山在望现状图

Fig. 8 Status map of lake and mountain landscape

规划方案:保留原有乔木树种,在湖边空地处置植落羽杉、池杉、鸡爪槭等色叶树种,营造春赏樱花、秋赏色叶的景观效果(图9)。



图 9 湖山在望意向图

Fig. 9 Intention map of lake and mountain landscape

4 实施建议

4.1 加大引种范围,丰富植物种类

未来绿色空间能发挥更好景观效果的关键在于新优植物的引种、应用及推广持续发力^[8]。经过调查发现,校园内很多珍贵植物应用不够广泛且数量较少,新优品种植物的应用也较少,导致植物多样性不够丰富。另外,学校建设前期为了快速成景,种植了大量的香樟、柳树等乔木,随着时间的推移,正在逐渐退化。因此,需要通过季相分析、区位分析,提高彩化、珍贵树种比例,丰富植物品种,并进一步加大乡土树种和优良新优树种的收集、引种繁育工作力度。

4.2 合理规划树种,打造季相景观

在现有绿地实地调查研究的基础上,合理调整,分阶段、分类型选择适合生长环境的植物进行树种规划。由于季相变换影响着景观给人最直接的感受,在植物的选择搭配时,应注重彩色树种的搭配利用,应尽可能选择寿命长、深根性的高大乔木树种构成群落的基本格调。改造调整时,根据树木的生长习性进行栽植和艺术性地配置,逐步淘汰老化树种,以形成稳定、持久的植物群落。

4.3 以人为本,共享建设成果

以往的绿化仅仅局限于生态效益、景观效益,但在服务功能方面,共享程度不高,较容易忽视社会效益。随着人们对精神文明的追求,更多的人追求户外身心的放松,大学校园也成为了社会人士打卡的一份子。因此,校园绿化建设不应局限于内,更应以

人为本,吸引更多的人参与进来。在校园绿化中,遵从文化性原则,挖掘植物资源价值,突出区域和校园文化特色^[9],充分发挥科普教育、游憩活动等功能,使绿化景观产生社会效益甚至经济效益,促使效益多样化。

5 总结

十年树木,百年树人。党的十九大以来,生态文明建设已被提升至新的高度。绿化“三化”建设对于生态文明建设的全面加速推进有着十分重要的作用。高校校园绿化应以此为契机,着力推进校园绿化,提高绿化质量,让广大师生群众共享生态文明建设的成果。

参考文献:

- [1] 江苏省绿化委员会办公室. 植珍贵树致富百姓 造彩色林美化家园——江苏省扎实推进国土绿化彩色化珍贵化效益化建设[J]. 国土绿化, 2017(4): 32-35.
- [2] 徐州市铜山区委办公室. 打造绿化造林转型升级的铜山样板——推进林业“三化”的调研与思考[J]. 江苏农村经济, 2019(9): 54-57.
- [3] 陈欣, 俞世海, 谢兆标. 东部沿海城市圩堤生态防护林建设初探——江苏省盐城市盐都区东涡河圩堤生态防护林升级改造规划[J]. 林业勘查设计, 2018(2): 8-12.
- [4] 赵建林, 钟家明. 淮安市洪泽区到 2020 年国土绿化“三化”示范创建工作的意见[J]. 现代农业科技, 2018(11): 255-256.
- [5] 张玮. 江宁林业彩色化珍贵化效益化发展的建议[J]. 农业开发与装备, 2016(12): 37-38.
- [6] 郑思俊, 李晓策, 张浪. 新时期上海城市绿化“四化”建设思考[J]. 园林, 2019(1): 24-27.
- [7] 王迎春. 南京市园林绿地彩叶树种物候变化调查与规划研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2016.
- [8] 张浪. 实施上海城市绿化“四化”建设的再思考[J]. 园林, 2020(1): 2-5.
- [9] 刘东, 李运婷, 伍燕玲, 等. 重庆市校园植物的多样性调查与分析[J]. 西南师范大学学报(自然科学版), 2014, 39(4): 77-82.

责任编辑: 刘平书

校 对: 许春霞 刘平书

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2021.02.035

基于 MCR 的历史文化景观廊道构建研究

——以福州市为例

戴姗霖,柳书常,吴小刚

(福建农林大学艺术园林学院,福建 福州 350002)

摘要:以福州市中心城区为例,选择历史文化景观为源点,采用最小费用路径模型(MCR)和重力模型,构建历史文化景观廊道。基于景观格局理论,分析 5、10、20、30、40、50、60、100、120、160、200 m 的廊道宽度对区域的影响,确定靠近滨水、道路、公园绿地和山体的廊道适宜宽度。研究表明,西湖历史文化风貌区、三坊七巷历史文化街区、上下杭历史文化街区周边的源地联系强度较大,是当前城市规划保护的重点区域;通过最小费用路径提取的廊道与当前规划的廊道基本吻合,部分未被覆盖区域主要集中在仓山区中部;靠近滨水、道路、公园绿地和山体区域的廊道宽度分别设置为 30~60 m、5~20 m、30~50 m 和 30~60 m 较为适宜。

关键词:历史文化景观廊道;最小费用路径模型(MCR);廊道宽度;土地利用类型;景观阻力值

中图分类号:S711;K103;S731 文献标志码:A 文章编号:1671-3168(2021)02-0193-08

引文格式:戴姗霖,柳书常,吴小刚.基于 MCR 的历史文化景观廊道构建研究——以福州市为例[J].林业调查规划,2021,46(2):193-200. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2021.02.035

DAI Shanlin, LIU Shuchang, WU Xiaogang. Construction of Historical and Cultural Landscape Corridors Based on MCR——A Case Study of Fuzhou City[J]. Forest Inventory and Planning, 2021, 46(2): 193-200. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2021.02.035

Construction of Historical and Cultural Landscape Corridors Based on MCR

——A Case Study of Fuzhou City

DAI Shanlin, LIU Shuchang, WU Xiaogang

(College of Art and Landscape Architecture, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350002, China)

Abstract: This paper selected Fuzhou city as research area and historic cultural landscape as source, and used the Minimum Cumulative Resistance and gravity model to construct the historical and cultural landscape corridors. Based on the landscape pattern theory, the influence of corridor width of 5、10、20、30、40、50、60、100、120、160 and 200m on the area was analyzed, and the appropriate width of corridor near waterfront, road, park green space and mountain was determined. The results showed that the sources contact strength around West Lake-Three Lanes and Seven Alleys-Shangxiahang historic cultural areas was relatively large, which was the key area of the current urban planning; the corridors

收稿日期:2020-08-31.

第一作者:戴姗霖(2000-),女,福建莆田人.研究方向为环境规划设计. Email:1248232256@qq.com

第二作者:柳书常(1992-),男,福建三明人,硕士研究生.研究方向为乡村规划与乡村景观营造. Email:568314067@qq.com

责任作者:吴小刚(1964-),男,福建南平人,副教授.研究方向为园林建筑与乡土景观. Email:568314067@qq.com

extracted by the Minimum Cumulative Resistance were basically consistent with the current planning corridors, and some uncovered areas were mainly concentrated in the middle of Cangshan District. The corridor width near waterfront, road, park green space and mountain areas were suitable between 30~60 m, 5~20 m, 30~50 m and 30~60 m respectively.

Key words: historical and cultural landscape corridors; Minimum Cumulative Resistance; corridor width; land use type; landscape resistance value

加强城市历史文化保护的整体性规划,对促进城市历史文化发展、彰显城市风貌具有重要意义。我国历史文化名城的数量居世界之最,是我国乃至世界的重要财富。但在快速城市化背景下,不少历史文化名城的传统格局遭到现代建筑物等的冲击,历史文化特色和价值逐渐消失^[1]。我国对历史文化的保护行动可以追溯至 20 世纪上半叶及之后颁布的多份历史文化保护条例等,为历史文化的保护提供了重要保障。但现实中多采用“单体保护”和“孤岛式保护”等方式,难以形成完整的文化景观,无法彰显城市整体的历史文化底蕴。因此,如何突破文化遗产保护的局限,使其形成完整的文化景观和系统网络,是当前历史文化保护的重要发展所在^[2]。

廊道是历史文化景观保护更新的策略之一。当前廊道(绿道^[3])构建城市网络的研究已成为城市规划、景观生态学、风景园林学等多学科交叉的研究热点。近年来不少学者提出运用廊道的方式串联文化遗址、历史街区,构建历史文化遗产^[2]、文化生态复合型^[4]等廊道体系,对廊道的构建原理有深入的探讨。但从构建过程和构建方式上看,目前较为成熟的研究是利用已有的线性景观构建区域尺度较大的遗产廊道^[5],如法国“米迪运河”、我国的“丝绸之路”以及驱动乡村振兴的古驿道发展路线^[16,17]等。较少依据节点串联线性廊道,尤其缺少串联城市中各历史文化街区的廊道构建研究。为此,依据历史文化街区的空间分布并结合城市规划构建历史文化景观廊道网络,对历史城区保护十分必要。

福州市作为历史文化名城,自 2003 年创建“国家园林城市”后,“十一五”、“十二五”期间分别针对城市绿地建设现状提出了“城在山中、山在城中、碧水入廊、古城拥翠”和“建设生态园林城市,实现跨越式发展”的发展目标,规划建设 132 条绿道,拟串联各座山体、各历史文化空间单元和各类生态斑块。2017 年福州市开展了串绿成线(绿道),串珠(公园绿地)成链的串珠公园建设。以此为契机,本文以福州市中心城区为研究对象,借鉴汪芳^[18]提出的文

化景观安全格局,利用最小费用路径模型,以文化景观为“源(Source)”,基于“节点—背景—联系”三要素生成最小费用路径,通过重力模型筛选出关联性强的廊道作为区域历史文化景观廊道路线。并将构建的廊道与当前规划的廊道进行叠加分析,识别出具有历史价值的历史文化景观廊道。最后根据景观格局理论提出适宜廊道宽度的建议,以期为历史城区的生态网络构建和可持续发展提供参考。

1 研究区概况

福州,自古以来是福建的中心城市。地处福建东部沿海,闽江下游(25°15′~26°39′N、118°08′~120°31′E)。全年温暖湿润,属典型的亚热带季风气候。地形相对平坦,是典型的河口盆地。本研究区域福州中心城区的 4 个区,面积 254.95 hm²。其城区始建于汉代的“冶城”(称之为闽越古都),历经晋、唐、宋、明^[19],城址基本未变,城池扩展均由北向南,发展为“山在城中,城在林中,人在绿中”的山水园林城市。根据《福州历史文化名城保护规划》和《福州市总体规划(2015-2020)》,福州市中心城区内有三坊七巷、上下杭历史文化街区等多个历史文化节点(表 1)。

2 数据来源及处理

研究数据主要包括:《福州市总体规划(2010—2020)》、福州市 2017 年 12 月 21 日轨道号为 119-42,分辨率为 30 m 的 Landsat 遥感影像数据(来源于地理空间数据云;http://www.gscloud.cn/)和实地调研数据。

利用 ENVI 5.3 对 Landsat 遥感影像进行大气校正、图像融合、图像裁剪等预处理,并参考《全国土地分类(试行)》(2001 年)、《土地利用现状分类》(GB/T 21010-2017)和福州市土地利用的实际情况,采用最大似然法进行监督分类,共分为草地、耕地、林地、城市建设用地、未利用地、水体、道路七大类(图 1)。总体分类精度达 93.17%,Kappa 系数为 0.89。

表 1 研究区内历史文化节点名录

Tab. 1 List of historical and cultural nodes in the study area

序号	编号	历史文化街区
1	片区 1	1 屏山历史文化风貌区
2		2 西湖历史文化风貌区
3		3 冶山历史文化风貌区
4	片区 2	2 三坊七巷历史文化街区
5		朱紫坊历史文化街区
6		乌山历史文化风貌区
7		于山历史文化风貌区
8	片区 3	3 上下杭历史文化街区
9		苍霞及大桥头台江汛历史建筑群
10	片区 4	4 烟台山历史文化街区
11		马厂街历史建筑群
12		禅臣花园历史建筑群
13		公园路及跑马场历史建筑群
14	5	福建协和大学历史建筑群
15	6	林浦历史文化名村
16	7	阳岐历史文化名村
17	8	螺洲历史文化名镇
18	9	泛船浦历史建筑群
19	10	南公园历史建筑群
20	11	洪塘历史文化风貌区

注:名录来源于福州市总体规划(2010—2020)。

考虑空间距离因素和便于分析探讨,本文将距离较近的历史文化节点视为同一斑块,共合并 4 个片区,20 个历史文化风貌区(表 1,图 2)。在 ArcGIS 软件上对相关专题图进行地理配准、矢量化,并结合实地调研情况,整理、提取研究区的历史文化节点分布,构建相应数据库。

3 研究方法

3.1 廊道的构建与提取

最小费用路径(Minimum Cumulative Resistance, MCR)由 Knaapen 等人提出^[20],是当前景观研究领域应用较为广泛的一种评价方法,可以较为科学地确定廊道的位置和格局^[21]。研究运用 MCR 构建历史文化景观廊道,可以理解为体验者沿着不同的景观要素对历史文化景观体验和感知的过程。该过程从源地(历史文化节点)到目的地(另一节点)经过不同的景观阻力面,阻力越大,则越不适宜开展活动,阻力越小,越适宜建立廊道。正如生物物种在不同土地利用类型中的运动和迁移^[18]。城市历史文

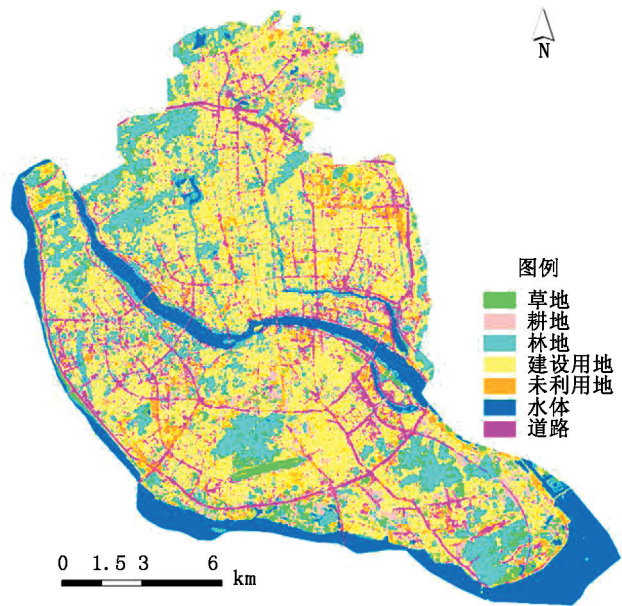


图 1 福州市中心城区土地利用类型分类

Fig. 1 Classification of land use types in Fuzhou

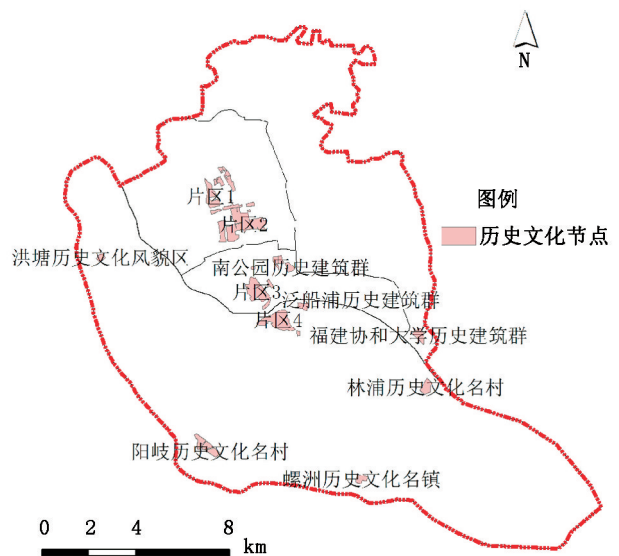


图 2 研究区内历史文化节点分布

Fig. 2 Distribution of historical and cultural nodes in the study area

化需要通过人来传播,与社会环境产生交互作用,进而形成文脉的活态保护。为此,基于景观生态学理论,通过以下 3 个步骤构建历史文化景观廊道。

1) 节点(源)识别

根据《福州市总体规划(2010—2020)》,选取研究区中具有重大意义和价值的历史文化节点(表 1)作为源点。

2)背景

背景即研究区中不同的土地利用类型,如道路、水体等,相当于景观生态学中基质。在不同的背景下,物种扩散的难易程度不一。

3)联系

节点之间往往通过不同的景观类型建立连接。景观类型阻力值的大小对节点的连接起到至关重要的作用。本文参考福州市的生态系统服务价值^[22]和前人研究的赋值方法^[21,23],将景观阻力值划定在 0~100 之间。设定历史文化风貌区、历史建筑群和历史文化名村为源地,阻力值最小,设为 5。建设用地的生态系统服务价值最低,阻力值设为 100。其他景观类型阻力值如表 2 所示。

表 2 福州市不同土地利用类型景观阻力值确定

Tab. 2 Landscape resistance value of different land use types in Fuzhou

土地利用类型	面积 /hm ²	面积占比 /%	具体说明	阻力值
林地	36.76	14.42	NDVI≥0.49	5
			0.44<DNVI<0.49	10
			DNVI<0.44	20
耕地、草地	24.49	9.61		40
水域	30.61	12.01		80
城镇建设用地	120.44	47.24		100
区域交通用地	26.28	10.31		50
未利用地	16.37	6.42		80

基于 ArcGIS 软件完成研究区景观阻力面的制作(图 3),并采用成本距离模块(Cost Distance)产生相应的成本距离和方向数据,以及成本路径模块(Cost Path)获得不同源地的最佳路径。

最后,采用重力模型(也称引力模型)提取两节点(源)之间联系比较强的廊道。该模型是城市与区域研究中的经典模型之一,可以定量评价不同“源”点之间的作用强度,进而判断廊道的重要程度,公式为:

$$G_{ab} = (N_a \times N_b) / D_{ab}^2 \quad (1)$$

式中: G_{ab} 为 a、b 斑块节点间的引力, N_a 、 N_b 为两个“源”点的面积大小, D_{ab} 为两个“源”点的距离。

3.2 廊道适宜宽度确定

在构建廊道的基础上,参考前人研究^[21],以“三生用地”分类划分土地利用类型进而确定适宜的廊道宽度。具体为:根据廊道两侧所处基质的不同对廊道进行分类,将研究区历史文化景观廊道划分为

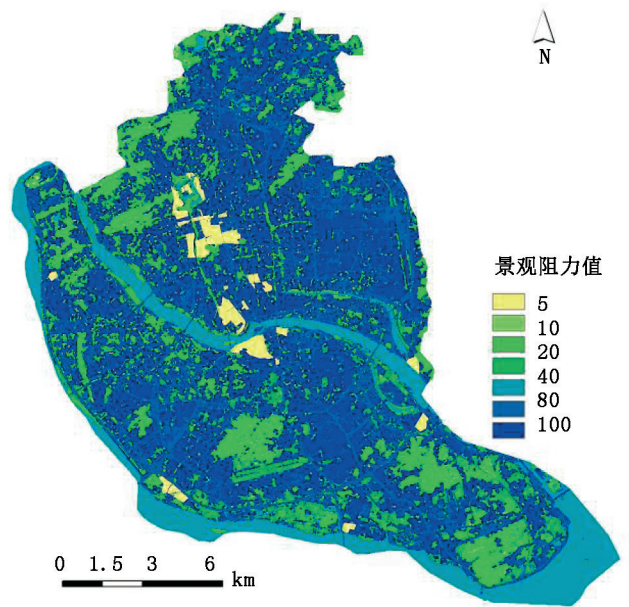


图 3 景观阻力值分布

Fig. 3 Distribution of landscape resistance value

靠近滨水、道路、公园绿地和山体的廊道(以下简称滨水廊道、道路廊道、公园绿地廊道和山体廊道)。对不同类型的廊道设定 5、10、20、30、40、50、60、100、120、160、200 m 的缓冲区宽度,并结合土地利用类型确定不同廊道宽度的“三生”用地类型(生产生态用地(耕地)、生态生产用地(草地、林地)、生活生产用地(建设用地、未利用地、道路)和生态用地(水体))的面积占比,确定出最佳的廊道宽度。

4 结果分析

4.1 历史文化景观廊道的识别与筛选

由福州市不同土地利用类型的面积占比可知建设用地面积占比最大,达 47.24%(表 2),说明在整个生态网络的景观功能中起主导作用。其次为林地和水域,面积占比分别为 14.42%和 12.01%。通过“节点—背景—联系”三要素构建的景观阻力面可知,景观阻力值较小的区域主要分布在鼓楼区的北部、仓山区的中部和南部,主要为高盖山、金牛山等自然山体。

考虑到 MCR 构建的廊道在每两个“源”点之间至少生成一条廊道,因此采用重力模型辨别研究区不同源点间的引力值(表 3),筛选出引力值较大的廊道。可知历史节点编号(片区)1、2、3、4 之间的关联性强度大于其他历史节点,其中片区 1、2、3 中的西湖历史文化风貌区、三坊七巷历史文化街区和上

下杭历史文化街区作为福州市规划的历史文化名片,是当前福州市历史文化名城规划保护的重点区域。由于引力越大,两个节点之间的联系越紧密,故

剔除节点之间联系强度低于 500,引力较小的廊道。并将引力值大于 500 的重要廊道作为福州市中心城区历史文化景观廊道(图 4)。

表 3 引力矩阵

Tab. 3 Gravitational matrix

联系强度	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1		456181.38	26752.31	15149.33	1066.99	887.37	2157.80	476.98	2023.18	8648.42	1924.01
2			135814.34	62626.75	3597.52	2771.70	6161.57	1420.82	8667.46	49038.36	3515.88
3				240992.38	2654.53	2098.11	5353.57	1144.34	18489.48	59263.74	1284.90
4					3856.95	3120.56	7172.50	1715.60	52377.03	33643.50	974.18
5						7350.00	664.89	544.78	753.75	1150.61	78.37
6							792.90	1079.33	526.73	790.02	72.62
7								1164.78	726.28	1222.74	336.55
8									228.22	346.12	50.73
9										8265.16	110.65
10											305.87
11											

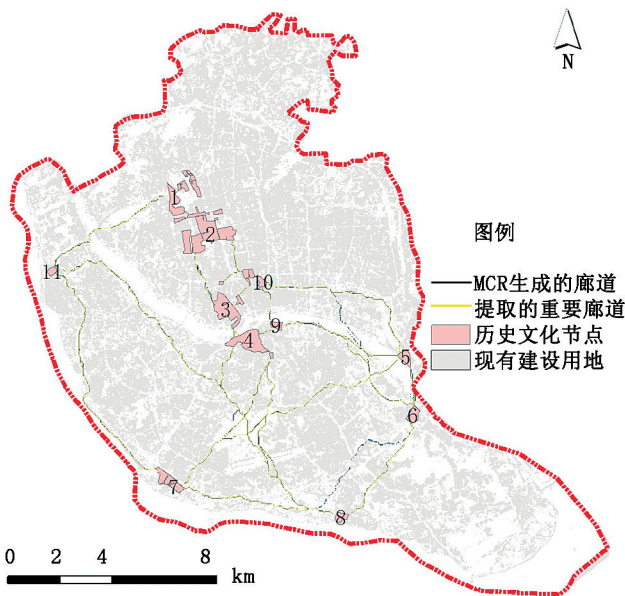


图 4 廊道筛选结果

Fig. 4 Result of corridor selection

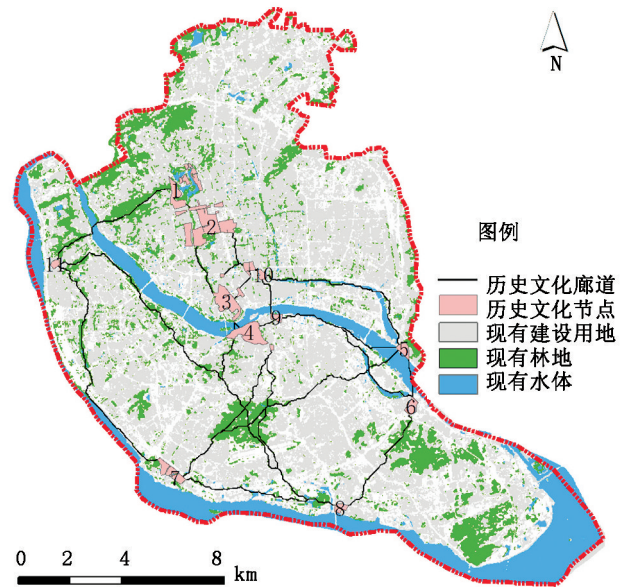


图 5 基于 MCR 提取的历史文化廊道网络分析结果

Fig. 5 Result of historical and cultural corridors network based on MCR extraction

4.2 历史文化景观廊道与当前规划廊道叠加结果

将基于 MCR 生成的历史文化景观廊道(图 5)与福州市当前规划的廊道进行叠加分析。由于规划的廊道密度较高,研究所提取的历史文化景观廊道与其具有较高的重合度(图 6)。重叠部分表明此区域的廊道具有一定的历史价值,可在当前规划的基

础上作为研究区历史文化传播的主要线路。

根据福州市《城市绿化环境绿道政治设计细则(试行稿)》中指出福州市历史文化型绿道分布主要沿历史文化街区(如三坊七巷、朱紫坊)分布,一般为沿河绿道和沿街绿道。故将此区域局部放大的



图 6 历史文化景观廊道与当前规划廊道叠加结果
 Fig. 6 Superposition result of historical and cultural landscape corridors and current planning corridors

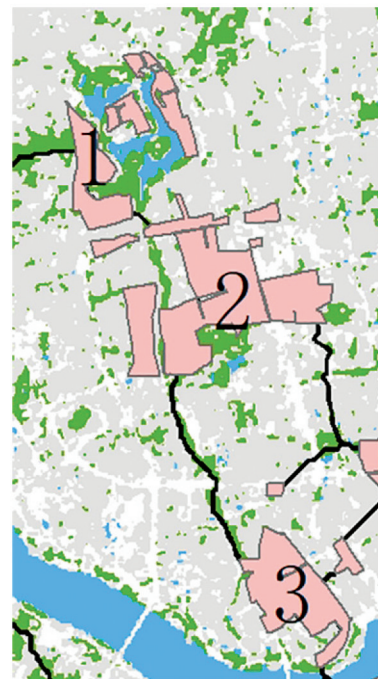


图 7 历史文化景观廊道
 Fig. 7 Historical and cultural landscape corridors

历史文化景观廊道(图 7)与当前规划情况进行对比(图 8),可知由 MCR 构建的历史文化景观廊道与福州市的绿道建设基本吻合。此外,福州市规划的 132 条绿道,其中历史文化型廊道 10 条、总长 30 km。而通过重力模型筛选、提取的历史文化景观廊道总长度为 106.97 km,超过了福州市规划的历史文化廊道长度。主要原因是当前福州市对历史文化街区的规划重心主要集中在鼓楼区 and 台江区内,尚未与周边的历史文化名村形成联系。

4.3 绿色廊道的适宜宽度分析

根据“三生”用地类型的分类依据,计算不同类型廊道宽度的土地利用功能类型面积占比(表 4,表 5,表 6,表 7)。整体上廊道的主要构成要素为生态生产用地。随着廊道变宽,其优势逐渐减弱,生活生产用地面积逐渐增加。有学者指出滨水廊道的宽度达到 30 m 之后,其生态效果逐渐凸显^[24]。结合表 4 可知,研究区滨水廊道宽度达到 60 m 之后,生活生产用地面积占比快速增加,生态生产用地面积占比逐渐减少。为此,研究认为,滨水廊道宽度在 30~60 m 之间较为适宜。

从道路廊道的土地利用功能类型面积占比(表 5)可知,宽度在 5~20 m 时,生态生产用地是其主导景观,生活生产用地的面积占比相对较小。同理,从土地利用类型角度看,公园绿地廊道宽度在 50 m 之后,生活生产用地面积占比快速增加(表 6)。山体廊道宽度达到 60 m 时,生活生产用地面积占比亦

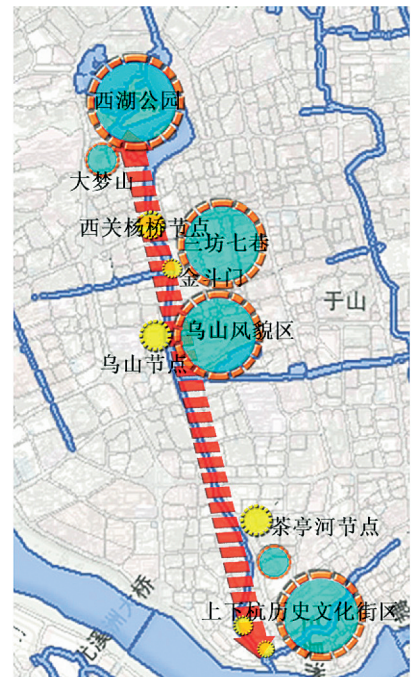


图 8 福州市当前规划廊道
 Fig. 8 Current planning corridors in Fuzhou

逐渐增长(表 7)。综合考虑认为,公园绿地廊道和山体廊道宽度在 30~50 m 和 30~60 m 较为适宜,具有较好的景观空间结构和生态功能。

表 4 滨水廊道土地利用功能类型面积占比

Tab. 4 Land use function type area ratio of waterfront corridor

%

土地利用功能类型	廊道宽度/m										
	5	10	20	30	40	50	60	100	120	160	200
生产生态用地(耕地)	9.33	9.32	8.55	7.95	7.50	7.10	6.75	5.34	5.27	5.90	5.84
生态生产用地(草地、林地)	56.27	55.93	59.11	54.55	57.37	53.15	54.27	47.98	45.58	40.38	35.84
生活生产用地(建设用地、未利用地、道路)	17.78	18.64	18.40	21.59	20.75	24.38	24.87	32.46	35.10	37.98	39.54
生态用地(水体)	16.62	16.10	13.94	15.91	14.39	15.37	15.37	14.22	14.06	15.74	18.78

表 5 道路廊道土地利用功能类型面积占比

Tab. 5 Land use function type area ratio of road corridor

%

土地利用功能类型	廊道宽度/m										
	5	10	20	30	40	50	60	100	120	160	200
生产生态用地(耕地)	2.33	2.75	2.57	2.26	2.36	2.19	1.99	1.96	1.72	1.46	1.33
生态生产用地(草地、林地)	42.79	42.20	47.06	42.39	38.73	38.27	33.96	26.29	24.41	20.58	18.51
生活生产用地(建设用地、未利用地、道路)	45.58	45.87	43.01	48.77	51.55	52.71	57.99	65.40	67.60	71.29	73.55
生态用地(水体)	9.30	9.17	7.35	6.58	7.36	6.83	6.06	6.35	6.28	6.66	6.61

表 6 公园绿地廊道土地利用功能类型面积占比

Tab. 6 Land use function type area ratio of park green space corridor

%

土地利用功能类型	廊道宽度/m										
	5	10	20	30	40	50	60	100	120	160	200
生产生态用地(耕地)	6.28	6.28	5.52	6.28	5.57	6.28	6.39	6.38	6.35	5.87	5.71
生态生产用地(草地、林地)	67.15	67.15	68.51	65.31	65.52	63.26	62.26	57.29	55.24	50.56	46.68
生活生产用地(建设用地、未利用地、道路)	25.52	25.52	25.09	27.43	28.12	29.52	29.88	34.73	36.59	41.72	45.99
生态用地(水体)	1.05	1.05	0.89	0.97	0.80	0.95	1.47	1.60	1.81	1.84	1.63

表 7 山体廊道土地利用功能类型面积占比

Tab. 7 Land use function type area ratio of mountain corridor

%

土地利用功能类型	廊道宽度/m										
	5	10	20	30	40	50	60	100	120	160	200
生产生态用地(耕地)	1.63	2.95	2.72	2.94	2.41	2.34	2.41	2.25	2.28	2.36	2.26
生态生产用地(草地、林地)	80.22	78.23	79.73	78.13	78.60	77.65	75.68	71.39	70.12	66.97	64.64
生活生产用地(建设用地、未利用地、道路)	14.63	15.65	14.22	15.63	15.53	16.53	18.21	22.11	23.34	26.15	28.48
生态用地(水体)	3.52	3.17	3.33	3.31	3.46	3.48	3.69	4.24	4.26	4.52	4.62

5 结论与讨论

本文依据城市土地利用类型和生态系统服务价

值确定研究区的景观阻力值,构建了“节点(源)—背景—联系”的历史文化景观廊道。其结果与当前福州市的规划发展情况基本吻合,MCR 构建的历史

景观廊道中源点联系强度大的主要分布在西湖历史文化风貌区、三坊七巷历史文化街区、上下杭历史文化街区周边。通过最小费用路径模型、重力模型构建并筛选的廊道与当前规划的廊道基本重合。当前福州市规划的廊道多以通勤廊道为主(绿化带、交通道路两侧构建廊道),主要考虑到居民出行的便捷性、廊道的成本值等原因。因此,在今后的绿道规划中应注重整合历史街区的全面发展,使其形成整体的网络布局。

在现有城市土地紧张情况下,探讨适宜廊道宽度的建设显得尤为重要。由于廊道宽度受多因素的影响^[25],本文尝试运用“三生用地”分类划分土地利用类型的方法对适宜廊道宽度进行判定,认为靠近滨水、交通道路、公园绿地和山体区域的廊道宽度分别设置为 30~60 m、5~20 m、30~50 m 和 30~60 m 较为适宜。

总的来说,历史文化景观廊道能够串联起各个历史街区,作为历史文化传播的线性空间,使其在空间上形成整体,能够保持历史文化名城的传统格局。同时能够联系城市绿地的大、中、小斑块,使城市绿地具有良好的连接度和多元化。本文构建的历史文化景观廊道适宜宽度的判定,充实了历史文化街区整体空间保护形式。

参考文献:

- [1] 肖竞,曹珂. 历史街区保护研究评述、技术方法与关键问题[J]. 城市规划学刊,2017(3):110-118.
- [2] 俞孔坚,奚雪松,李迪华,等. 中国国家线性文化遗产网络构建[J]. 人文地理,2009(3):11-16.
- [3] 滕明君,周志翔,王鹏程,等. 基于结构设计与管理绿色廊道功能类型及其规划设计重点[J]. 生态学报,2010,30(6):1604-1614.
- [4] FORMAN R T T, GODRON M. Landscape Ecology[M]// The ecology of woodland creation. Chichester: Wiley, 1995.
- [5] AHERN J. Greenways as a planning strategy[J]. Landscape & Urban Planning, 1995, 33(1-3):131-155.
- [6] 李方正,梁佩斯,李雄,等. 多尺度绿道网络布局特征及选线量化体系建构[J]. 城市发展研究,2017,24(7):17-24.
- [7] 邬建国. Metapopulation(复合种群)究竟是什么[J]. 植物生态学报,2000,24(1):123-126.
- [8] 许从宝,李青晓,田晨,等. 城乡规划领域廊道相关研究述评[J]. 规划师,2017,33(4):5-11.
- [9] FORMAN R T T. Some general principles of landscape and regional ecology[J]. Landscape Ecology, 1995, 10(3):133-142.
- [10] 宗跃光. 城市景观生态规划中的廊道效应研究——以北京市区为例[J]. 生态学报,1999,19(2):145-150.
- [11] 车生泉. 城市绿色廊道研究[J]. 城市规划,2001(11):44-48.
- [12] 邱海莲,由亚男. 旅游廊道概念界定[J]. 旅游论坛,2015(4):26-30.
- [13] 秦小萍,魏民. 中国绿道与美国 Greenway 的比较研究[J]. 中国园林,2013(4):119-124.
- [14] 张鸽娟,马慧洁,徐娅,等. 西安老城区文化生态复合型绿道网络的构建研究[J]. 西安建筑科技大学学报(自然科学版),2017,49(1):105-110.
- [15] 梁洁. 城乡规划遗产廊道研究信息统计分析[J]. 规划师,2013(S2):272-276.
- [16] 崔翀,周庆,杨敏行. 历史文化景观廊道构建——以佛山禅城古镇为例[J]. 现代城市研究,2014(1):70-78.
- [17] 吴晓松,王珏晗,吴虑. 南粤古驿道驱动乡村转型发展研究——以西京古道韶关乳源-乐昌段为例[J]. 南方建筑,2017(6):25-30.
- [18] 汪芳,蒋春燕,卫然,等. 文化景观安全格局:概念和框架[J]. 地理研究,2017(10):1834-1842.
- [19] 林大地. 福州市城市绿道网规划布局研究[J]. 福建建筑,2013(7):120-122.
- [20] KNAAPEN J P, SCHEFFER M, HARMS B. Estimating habitat isolation in landscape planning[J]. Landscape & Urban Planning, 1992, 23(1):1-16.
- [21] 路晓,王金满,李新风,等. 基于最小费用路径的土地整治生态网络构建[J]. 水土保持通报,2017,37(4):143-149.
- [22] 胡喜生,洪伟,吴承祯. 土地生态系统服务功能价值动态估算模型的改进与应用——以福州市为例[J]. 资源科学,2013,35(1):30-41.
- [23] 刘欣嵘,尹海伟,徐建刚,等. 基于 MCR 的洛阳市多功能复合型绿道网络构建研究[J]. 现代城市研究,2018(1):126-131.
- [24] 陈浩,姜佳丽,许乙青. 丘陵地区城市道路网与水系的共生策略[J]. 规划师,2014,30(11):42-48.
- [25] 黄艺,陈晖,黄志基,等. 利用廊道网络构建城市绿地生态系统——以东营市西城区为例[J]. 应用生态学报,2006,17(9):1683-1687.

责任编辑:许易琦
校对:许易琦

《林业调查规划》征稿简则

《林业调查规划》是全国性的林业科技类期刊,大16开本,国内外公开发行人。本刊任务是报道林业和与林业有关的理论及实践研究成果、综合评述等。设有森林经理、“3S”技术、森林资源管理、生物多样性、森林保护、林火研究、生态建设、自然保护区等多个栏目。本刊已被多个期刊数据库全文收录,为中国科技核心期刊和中国林业核心期刊,荣获首届《CAJ-CD规范》执行优秀期刊奖,在云南期刊奖评选中,连续两届荣获“优秀期刊奖”。

1 来稿要求

1.1 文章内容与字数: 要求文稿真实、准确地反映当前林业生产、科研的新成果,内容具有先进性、科学性、实用性。来稿字数以5000~15000字为宜(含图表)。如为基金项目,请注明论文的基金资助名称和项目编号。

1.2 文题: 文题要言简意赅,以不超过20字为宜。

1.3 署名: 第一作者应是稿件的执笔人和修改人,作者之间用逗号“,”隔开。

1.4 单位: 要写全称,并注明所在省(区)、市(县)和邮编。

1.5 摘要和关键词: 摘要内容应完整准确概括论文的实质性内容,包括研究目的、方法、结果和结论等要素,并具有独立性和自明性,不加注释和评论,不用“本文”、“笔者”等主语,字数控制在300字以内。关键词应选择紧扣文章主题、反映文章内容的单词、词组或术语3~8个,中间用分号“;”隔开,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:hm²、m²、dm²、cm²;体积单位:m³、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[C]//编著者.论文集名.出版地:出版单位,出版年:起止页码.④电子文献:[序号]主要责任者.电子文献题名[电子文献及载体类型标识].电子文献的出处或可获得地址,发表日期/引用日期(任选).参考文献类型代码分别为:普通图书[M]、会议录[C]、汇编[G]、报纸[N]、期刊[J]、学位论文[D]、报告[R]、标准[S]、专利[P]、数据库[DB]、计算机程序[CP]、电子公告[EB]。电子文献载体类型标志如下:磁带[MT]、磁盘[DK]、光盘[CD]、联机网络[OL]。对于专著、论文集中析出的文献,其文献类型标识采用[C]//,对于图书中析出的文献采用[M]//,对于其他未说明文献类型的标识采用[Z]。每一参考文献条目的最后均以“.”结束。作者对以上要求如有不明,可参考本刊近期文章或咨询编辑部。投稿前请对稿件认真逐项修改,补充有关内容。

2 投稿与稿件处理

1) 投稿前,请登录本刊网站(<http://www.yunnanforestry.cn:8099/ch/index.aspx>)认真阅读本刊征稿简则中的各项说明,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。来稿所在当期期刊出版后,本刊将寄赠作者2册期刊。对具创新性、高质量稿件,优先安排发表,并根据创新性水平减、免审稿费和版面费,稿酬从优。

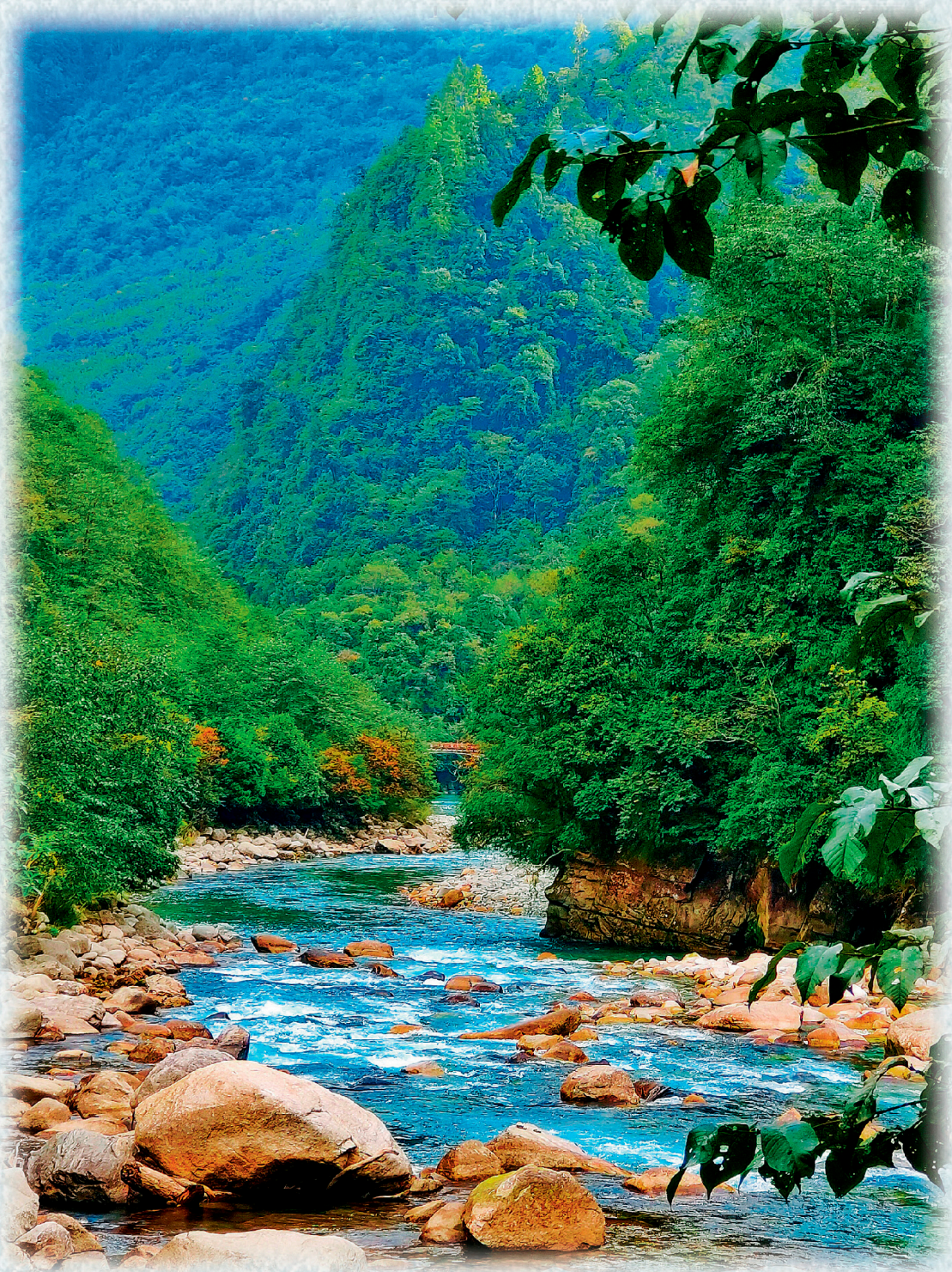
4) 来稿发表后,文章著作权归作者所有,文责自负,其编辑版权属本刊所有。

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。

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”



云南怒江峡谷地貌

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



9 771671 316219