

中国科技核心期刊  
中国林业核心期刊

ISSN 1671-3168  
CN 53-1172/S

# 林业调查规划

FOREST INVENTORY AND PLANNING



第39卷 第2期  
Vol.39 No.2

2014 2

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

LINYE DIAOCHA GUIHUA

(双月刊 1976年创刊)

第39卷 第2期 (总第192期) 2014年4月

# Forest Inventory and Planning

(Bimonthly, Started in 1976)

Vol. 39 No. 2 (Sum No. 192) Apr. 2014

主办单位 云南省林业调查规划院  
西南地区林业信息中心

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

## 《林业调查规划》编辑委员会

主任委员 张子翼

副主任委员 温庆忠

委 员 (按姓氏笔画排序)

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

## Editorial Board of Forest Inventory and Planning

Director of the Board: ZHANG Zi-yi

Associate Director of the Board: WEN Qing-zhong,

## Members:

Wang Wei-bin, SI Zhi-chao, Ai Jian-lin, XU Yi-qi,  
LV Shu-ying, HUA Chao-lang, YUN Xin-hua, WU Xia,  
ZHANG Qing, ZHANG Zheng-Quan, ZHANG Liang-shi,  
LI Dong, LI Jian-you, LI Chun-yan, ZHOU Yuan, ZHOU Xiao-ping,  
YANG Jian-xiang, XU hui, ZHANG Zi-yi, SHI Hua-yun,  
HU Zong-hua, QIU Xin-xuan, TAO Jin, PENG Hua,  
WEN Qing-zhong, DONG Jian-chang, WEI Xiao-ping, QU Lin

## 《林业调查规划》编辑部

主 编 张子翼

副 主 编 许易琦

编辑部成员 邓 砚 刘平书 许易琦  
许春霞 罗娅妮 张瑞君

Chief Editor: ZHANG Zi-yi

Associate Editor: XU Yi-qi

Editor: DENG Yan, LIU Ping-shu, XU Yi-qi,  
XU Chun-xia, LUO Ya-ni, ZHANG Rui-jun

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://lydcgh.periodicals.net.cn/

印 刷 昆明锦润印刷有限公司

订 购 处 《林业调查规划》编辑部

## 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

E-mail: ynfip@vip.163.com

http://lydcgh.periodicals.net.cn/

Printed by: Kunming Jinrun Printing Co., Ltd.

国际标准刊号 ISSN 1671-3168

国内统一刊号 CN 53-1172/S

广告经营许可证号 5300004000093

国内定价 20.00元

ISSN 1671-3168

CN 53-1172/S

Ad. Licence: 5300004000093

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

# 林业调查规划

第39卷 第2期

(总第192期)

2014年4月

## 目次

### ●森林经理

- 基于随机森林的大姚县 TM 遥感影像分类研究 ..... 王栋,岳彩荣,田传召,等(1)  
陕西森林功能分区研究 ..... 王得军(6)  
基于 ModelBuilder 的林业专题图境界线自动提取方法 ..... 李元杰(11)  
陆良县林地功能分区保护利用措施探讨 ..... 高永坤,宋永权(14)  
Excel 在导线测量计算中的应用 ..... 何如伟(17)

### ●研究与探索

- 腾冲县天然林景观格局垂直梯度分析 ..... 王天灿,舒相才,黄维金,等(23)  
我国木莲属植物研究进展 ..... 付建生,董文渊,刘兴东,等(31)  
紫茎泽兰对冬樱花苗期生长的影响研究 ..... 何银忠,何冬梅,王有兵,等(34)  
三江口国有林场凋落物持水性研究 ..... 宁斌(39)

### ●“3S”技术

- 基于 GIS 的云南高黎贡山南段景观变化特征分析 ..... 朱春梅,岳彩荣(43)  
AutoCAD 配合 ArcGIS 在建设项目使用林地现状图制作中的应用 ..... 蒋大勇(48)  
基于支持向量机的宜良县遥感分类与土地覆盖变化研究 ..... 范怀刚,岳彩荣,王栋(51)

### ●森林资源管理

- 普洱市生态公益林建设现状及存在问题分析 ..... 袁亚飞(57)  
富源县林地保护面临的困难与对策 ..... 解恒泽,许靳(61)

### ●林火研究

- 禄丰县“4·23”森林火灾航空扑救经验及启示 ..... 陈宏刚,许秋玲,吴昊,等(65)  
云南森林航空消防存在的问题及对策 ..... 杨林,忠永此理,毛建君(69)

### ●生物多样性

- 维西县哺乳动物区系调查 ..... 扎史其,陈新文,敬凯,等(73)  
神农架国家级自然保护区夏季鸟类群落多样性 ..... 章波,杨敬元,刘鲲,等(78)

### ●生态建设

- 云南十八连山省级自然保护区雨雪冰冻灾害区植被修复技术 ..... 杨忠兴(88)  
以生态恢复为导向的鄱江流域大英段植物景观规划 ..... 冯美文,牟江(92)  
乐昌市岩溶地区石漠化综合治理项目初步效益分析 ..... 罗丹,刘飞鹏(98)

### ●土壤研究

- 鄂尔多斯矿区不同土地利用方式土壤理化性质研究 ..... 徐华清,黄锦楼,王永荣,等(102)  
头塘小流域不同植被类型对土壤物理性质的影响 ..... 肖龙山(108)  
水肥效应对核桃定植后生长的影响研究 ..... 温联明,李若娟,刘英杰(113)

### ●林分改造

- 秃杉人工林施肥效应试验初报 ..... 岳元彦(117)  
云南甜龙竹低产林改造复壮效果及效益分析 ..... 张琦芬,朱正明,李梅,等(121)  
楚雄州油茶低产林改造技术试验效果初报 ..... 施庭有,钱迎新,段福文(124)

### ●论坛

- 云南省林业社会化服务体系现状及发展对策 ..... 张立春(129)  
合成孔径雷达技术在林业中的应用综述 ..... 肖虹雁,岳彩荣(132)  
景谷县云南松毛虫发生现状与应对措施 ..... 刀黎荣,舒成伟,聂艳丽(138)

### ●森林培育

- 毛乌素沙地樟子松套笼造林效果 ..... 叶竹林,曹槌翊,韩海祥,等(143)  
腾冲县秃杉人工林立地条件与林分生长关系分析 ..... 吉灵波,许彦红,李骄,等(147)

### ●园林规划

- 贵州万山长寿湖国家湿地公园规划构思 ..... 蒲应春,曾辉,张志平(155)  
针对昆明市 PM2.5 与 PM10 的绿地规划研究 ..... 杨旭(158)

- 新疆喀纳斯湖 ..... 张子翼摄(封面)  
热带水果—菠萝蜜 ..... 许易琦摄(封底)

## Contents

### ● Forest Management

- Classification of TM Remote Sensing Image Based on Random Forests of Dayao County ..... WANG Dong, et al ( 1 )  
 Forest Function Division of Shaanxi Province ..... WANG De-Jun ( 6 )  
 Automatic Extraction Method of Forestry Thematic Map Boundary Line Based on ModelBuilder ..... LI Yuan-jie ( 11 )  
 Protection and Utilization Measures of Woodland Function Zoning in Luliang County ..... GAO Yong-kun, et al ( 14 )  
 Application of Excel in Traverse Survey Calculation ..... HE Ru-wei ( 17 )

### ● Research and Exploration

- Vertical Gradient Analysis on Natural Forest Landscape Pattern in Tengchong County ..... WANG Tian-can, et al ( 23 )  
 Research Advances on Manglietia in China ..... FU Jian-sheng, et al ( 31 )  
 Effects of *Eupatorium adenophorum* on Growth of *Cerasus Cerasoides* Seedlings ..... HE Yin-zhong, et al ( 34 )  
 Water Holding Capacity of Litter in Sanjiangkou State-owned Forest Farm ..... NING Bin ( 39 )

### ● “3S” Technology

- Characteristics of Landscape Change Based on GIS Techniques in Southern Section Gaoligong Mountain  
 ..... ZHU Chun-mei, et al ( 43 )  
 Application of AutoCAD Combined with ArcGIS on Situation Map of Occupied Woodland Projects ..... JIANG Da-yong ( 48 )  
 Remote Sensing Classification and Land Use Change Based on Support Vector Machine ..... FAN Huai-gang, et al ( 51 )

### ● Forest Resource management

- Current Situation and Problems Analysis on Ecological Public Welfare Forests Construction in Puer City ..... YUAN Ya-fei ( 57 )  
 Difficulties and Countermeasures of Forest Protection in Fuyuan County ..... XIE Hen-ze, et al ( 61 )

### ● Forest Fire Research

- Yunnan Lufeng “4 · 23” Forest Fire Aviation Fighting Experience and Its Inspiration ..... CHEN Hong-gang, et al ( 65 )  
 Existing Problems and Countermeasures of Yunnan Aviation Forest Fire Control ..... YANG Lin, et al ( 69 )

### ● Bio-Diversity

- Investigation of Mammal Fauna in Weixi County ..... ZHA Shi-qi, et al ( 73 )  
 Diversity of Bird Communities in summer in Shennongjia National Nature Reserve ..... ZHANG Bo, et al ( 78 )

### ● Ecological Construction

- Vegetation Restoration Techniques in the Ice Rain-stricken Areas of Provincial Level Shibilianshan Nature Reserve in  
 Yunnan Province ..... YANG Zhong-xing ( 88 )  
 Ecological Restoration Oriented Planning for Plant Landscape of Daying Section of Qi River ..... FENG Mei-wen, et al ( 92 )  
 Initial Benefit Analysis on Comprehensive Treatment of Rock  
 Desertification in Calcareous Rock Region of Lechang City ..... LUO Dan, et al ( 98 )

### ● Soil Properties Research

- Effects of Land Use on Soil Physico-chemical Properties in Erdos Mine Area ..... XU Hua-qing, et al ( 102 )  
 Effect of Different Vegetation Types on Soil Physical Properties in Toutang Small Watershed ..... XIAO Long-shan ( 103 )  
 Effect of Water and Fertilizer on the Growth of Walnut Field Planting ..... WEN Lian-ming, et al ( 113 )

### ● Forest Stand Improvement

- Preliminary Report of Fertilization Effect on *Taiwania flousiana* Plantation ..... YUE Yuan-yan ( 117 )  
 Improved Effect of Low-yield *Dendrocalamus Giganteus* Forest and Its Benefit Analysis in Yunnan Province  
 ..... ZHANG Qi-fen, et al ( 121 )  
 Preliminary Result of Low-yield *Camellia Oleifera* Forest Improvement Technology Test in Chuxiong ..... SHI Ting-you, et al ( 124 )

### ● Forum

- Status of Forestry Socialization Service System and Development Countermeasures in Yunnan Province ..... ZHANG Li-chun, ( 129 )  
 Review of Synthetic Aperture Radar Application in Forestry ..... XIAO Hong-yan, et al ( 132 )  
 Occurrence Status of *Dentrolimus Punctatus* and Its Strategy in Jinggu County ..... DAO Li-rong, et al ( 138 )

### ● Forest Cultivation

- Effects of Cage Plantation Technology on *Pinus Sylvestris* Afforestation in Maowusu Sandy Land ..... YE Zhu-Lin, et al ( 143 )  
 Relation Analysis of Site Condition and Forest Stand Growth in *Taiwania Flousiana* Plantation of Tengchong County  
 ..... JI Ling-bo, et al ( 147 )

### ● Garden Planning

- Planning Concepts of Wanshan Changshou Lake National Wetland Park in Guizhou Province ..... PO Ying-chun, et al ( 155 )  
 Green Space System Planning for PM2.5 and PM10 in Kunming ..... YANG Xu ( 158 )

- Xinjiang Kanas Lake ..... Photographed By ZHANG Zi-yi ( Front cover )  
 Tropical Fruit-*Artocarpus heterophyllus* ..... Photographed By XU Yi-qi ( Back cover )

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2014.02.001

## 基于随机森林的大姚县 TM 遥感影像分类研究

王 栋,岳彩荣,田传召,范怀刚,王跃辉  
(西南林业大学林学院,云南 昆明 650224)

**摘要:**随机森林(Random Forest)是一种组合多棵决策树分类器的新的分类算法。以楚雄州大姚县为例,采用 Landsat-TM 数据,通过最大似然、支持向量机、随机森林 3 种分类器进行分类对比研究。结果表明,支持向量机和随机森林的分类精度明显优于最大似然法,两者分类精度相差不大;在分类时间上,最大似然法明显比随机森林和支持向量机快,支持向量机最慢。综合分析,随机森林算法表现更优,它在保证分类精度的前提下,也能保证一定的时间效率,更适宜实际生产应用。

**关键词:**随机森林;遥感影像;分类精度;大姚县

中图分类号:S771.8 文献标识码:A 文章编号:1671-3168(2014)04-0001-05

### Classification of TM Remote Sensing Image Based on Random Forests of Dayao County

WANG Dong, YUE Cai-rong, TIAN Chuan-zhao, FAN Huai-gang, WANG Yue-hui  
(Forestry College, Southwest Forestry University, Kunming 650224, China)

**Abstract:** Random Forest is a new classification algorithm, which is combined with a classifier of multiple decision trees. By using Landsat-TM data of Dayao County, Chuxiong Province, and taking three classification methods including maximum likelihood, support vector machine and random forest, the superiority of random forest classifier are analyzed. The results show that the classification precision of support vector machine and random forest classification is obviously superior to the maximum likelihood, and they have little difference in the precision. At the classified time, maximum likelihood is significantly faster than random forests and support vector machine, and support vector machine is the slowest one. According to comprehensive analysis, random forest method is the best one, it does not only ensure the classified precision, but also guarantee efficiency; it is more suitable for actual production applications.

**Key words:** random forests; remote sensing image; classification; precision assessment; Dayao County

遥感影像分类是遥感信息提取的重要手段,是目前遥感技术中的热点研究内容<sup>[1]</sup>。遥感影像分类实际上就是将图像中每个像元点或每块区域根据其在不同波段的光谱特征、空间结构特征或其他信

息,按照某种规则划分为不同的类别<sup>[2]</sup>。因此,分类方法是遥感影像分类研究的重要内容之一。研究<sup>[3-5]</sup>表明,没有哪一种分类方法或分类器能够在各种情况下都作为最佳分类器,选择和分类实施都

收稿日期:2013-12-23.

基金项目:国家自然科学基金(31260156);亚太森林网络(APFNET/2011/PA004);西南林业大学科技创新基金(1339)。

作者简介:王 栋(1987-),男,黑龙江大庆人,硕士研究生。主要从事地理信息系统的应用研究。

通信作者:岳彩荣(1964-),男,云南建水人,教授,博士生导师。从事遥感与 GIS 的教学与研究。

需要首先针对研究区域和研究目标进行大量试验和比较,在此基础上选择最有效的分类方法。遥感数据分类的精度决定于分类过程的各个环节,包括分类特征选择和提取、适当的数据先验知识以及合适的分类方法等<sup>[5]</sup>。所以,选择合适的分类方法能够有效提高分类结果的精度。

目前的分类方法有很多,包括最小距离法、最大似然法等传统分类方法和支持向量机、神经网络和随机森林等机器学习分类方法。随机森林(Random Forests)算法是 Breiman 等人在 2001 年提出的一种基于分类与回归决策树(Classification And Regression Tree, CART)的组合算法。随机森林中的每一棵决策树依赖于一个由训练确定的参数组成的随机向量,通过为每棵树用 Bagging 方法生成有独立同分布的训练样本集并在它们上训练,森林中生成的树的参数随机向量也是独立同分布的<sup>[6]</sup>。相比于其他分类器,随机森林在遥感影像分类中能够获得较好的精度和较快的速度<sup>[7]</sup>。本研究以楚雄州大姚县为例,基于大姚县 2006 年 Landsat TM 数据和小班外业调查数据,分别采用最大似然、支持向量机、随机森林 3 种分类器进行分类研究,通过对比分析 3 种分类器的分类结果,研究随机森林分类算法的优越性。

### 1 研究方法简介

#### 1.1 随机森林分类算法原理

随机森林(Random Forest, RF)是一类专门为决策树分类器设计的组合方法。它组合多棵决策树作出的预测,其中每棵树都是基于随机向量的一个独立集合的值产生的,如图 1 所示<sup>[8]</sup>。

随机森林使用决策树装袋,首先通过随机从原训练数据 D 中有放回地选取 t 个样本(每次约有 1/3 的样本未被抽中),生成原样本集的 2/3 大小的训练样本集 {D<sub>t</sub>, t=1, 2, ..., t-1, t},再针对每个训练样本集创建 t 个随机变量 {T<sub>t</sub>, t=1, 2, ..., t-1, t} 控制所有决策树。于是,训练数据 D<sub>t</sub> 和随机变量 T<sub>t</sub> 生成第 t 棵决策树,相当于产生一个分类器 h(X, T<sub>t</sub>),其中 X 是一个输入变量。

由于生成决策树的时候,随机有放回抽取样本集的过程是独立的,所以其中 {T<sub>t</sub>, t=1, 2, ..., t-1, t} 是一组独立且具有相同分布的随机向量序列。也正是因为训练过程是相互独立的,所以通过并行方法生成每个决策树可以实现效率的提高。生成所有的决策树之后,用多数投票的方法对所有决策树的分

类结果进行综合,然后得出最终结果。

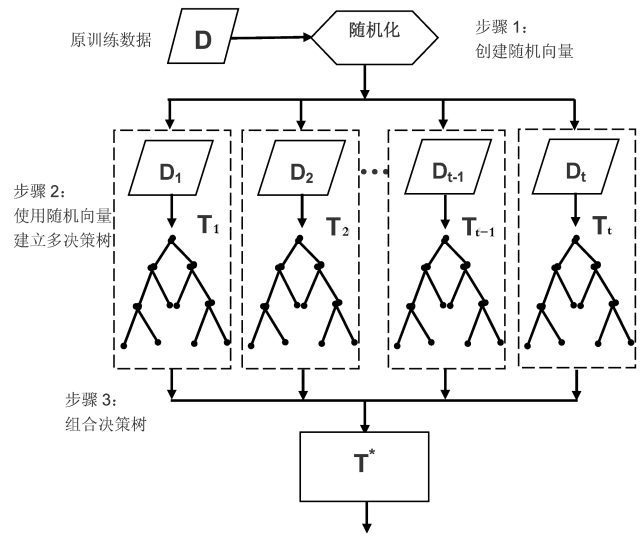


图 1 随机森林

Fig. 1 Random forests

#### 1.2 支持向量机分类算法原理

支持向量机(Support Vector Machine, SVM)是由 Vapnik V 等<sup>[9]</sup>提出来的建立在统计学习理论的 VC 维理论和结构风险最小原理基础上的一种机器学习方法。支持向量机的基本思想是首先通过非线性变换将输入空间变换到一个高维空间,使样本线性可分;然后在线性可分的情况下求取最优分类面,而这种非线性变换是通过适当的内积实现的<sup>[10]</sup>。基本理论的数学描述为:在条件

$$\begin{cases} y_i [(\omega \cdot x_i) + b] \geq 1 - \xi_i & (i = 1, 2, \dots, l) \\ \xi_i \geq 0 \end{cases} \quad (1)$$

的约束下,求函数

$$\phi(\omega, \xi) = \frac{1}{2}(\omega, \omega) + C(\sum_{i=1}^n \xi_i) \quad (2)$$

的极小值。通过求其对偶问题,归结为一个二次函数极值问题,即在约束条件

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^l y_i a_i = 0 \\ 0 \leq a_i \leq c \end{cases} \quad (i = 1, 2, \dots, l) \quad (3)$$

下求解函数

$$W(a) = \sum_{j=1}^l a_j - \frac{1}{2} \sum_{i,j=1}^l a_i a_j y_i y_j k(x_i - x_j)$$

最大值。

求解上述问题后得到的最优分类判别函数为

$$f(x) = \text{sgn} \left\{ \sum_{i=1}^l a_i y_i k(x_i \cdot x) + b \right\} \quad (5)$$

支持向量机的关键在于选择恰当的核函数,采用不同的核函数将导致不同的算法。常用的核函数有线性核函数,多项式核函数,径向基核函数,Sigmoid 核函数和复合核函数。研究<sup>[11]</sup>表明,径向基核函数的分类精度最高。

### 1.3 最大似然法分类算法原理

最大似然分类法(Maximum Likelihood Classifier, MLC)是经常采用的监督分类方法之一,是通过求出每个像素对于各类别的似然度,将该像素分到似然度最大的类别中去的方法。最大似然法假定训练区地物的光谱特征和自然界大部分随机现象一样,近似服从正态分布,利用训练区可求出均值、方差以及协方差等特征参数,从而求出总体的先验概率密度函数<sup>[12]</sup>。最后,根据函数对影像进行判别分类。

## 2 研究数据的获取与处理

### 2.1 研究数据的获取

本研究所用遥感影像数据为 2006 年 11 月 18 日 Landsat 5 卫星专题成像仪(Thematic Mapper, TM)获取的数据。Landsat 5 卫星是美国于 1984 年 3 月 1 日发射的光学对地观测卫星,卫星所获得的影像是当前在全球应用最为广泛的卫星遥感信息源。其 TM 传感器有 7 个波段,其中 TM1~TM5, TM7 共 6 个波段的分辨率为 30 m,远红外波段的 TM6 分辨率为 120 m。研究所用的影像范围为 25°3'42.63"N~26°3'27.50"N, 100°3'2.51"E~101°1'7.89"E(图 2),辅助数据为森林资源调查小班数据。

采用的软件平台是 ENVI 4.8 和 EnMAP-Box(Environmental Mapping and Analysis Program)插件。EnMAP-Box 是一个采用 IDL 语言设计开发的包含随机森林算法和支持向量机的插件,用于对遥感影像的自动分类。

### 2.2 数据处理

首先,根据常用的分类系统与大姚县小班数据的实际情况,将土地覆盖利用分为 6 个类别——农地、针叶林、阔叶林、灌木林、建筑用地和水域。利用 ArcGIS 从小班数据中分别提取这 6 个类别的图斑。然后,对影像提取植被归一化指数 NDVI 和影像的 6 个波段合成,这样可以较好地地区分植被与非植被,有助于影像的分类。

然后,依据已提取出的小班数据,建立分类的训

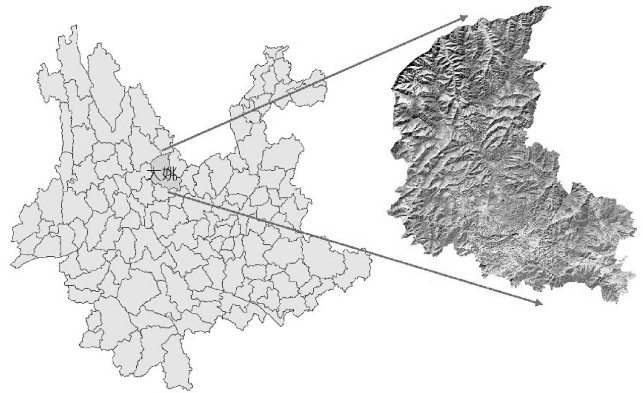


图 2 研究区合成图像(R:5,G:4,B:3)的位置

Fig. 2 Composite image in the study area  
(R: 5, 4 G, and B: 3)

练样本数据。建立过程主要靠目视解译,利用影像的 Band 5、NDVI、Band 3 合成 RGB 显示为模拟真彩色图像,可以更好地解译地物类别。由于每一类别在影像中的地物特征不同,根据地物显示的不同类型将每一类地物的兴趣区分为对应类别。农地对应分为农地粉、农地紫和农地绿 3 类;针叶林对应分为针叶林深绿和针叶林浅绿 2 类,阔叶林同针叶林一样分为 2 类;灌木林对应分为灌木林粉、灌木林绿;建筑用地为建筑用地深紫;水域为水域蓝。依据小班数据对应影像绘制多边形感兴趣区,最终建立训练样本(图 3)。



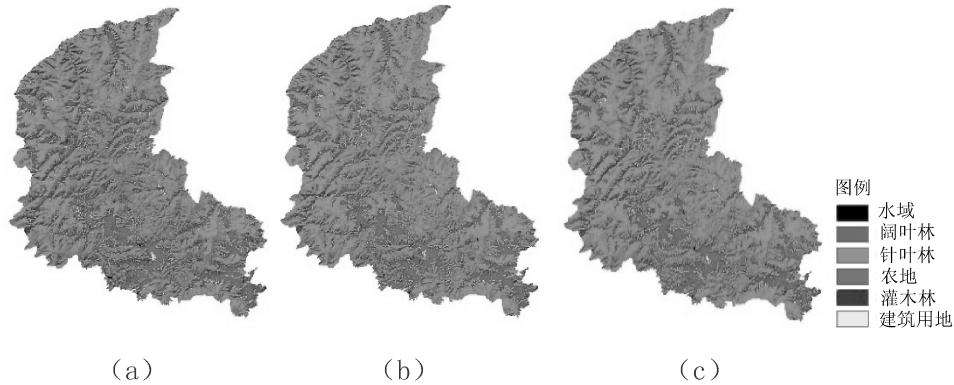
图 3 训练样本

Fig. 3 Training sample

基于建立的训练样本分别采用最大似然法(MLC)、支持向量机(SVM)和随机森林(RF)分类器对所研究区的 TM 影像进行土地利用分类。最大似然法采用 ENVI 中的最大似然分类器对影像进行

分类,分类结果如图 4(a)。支持向量机采用 EnMAP-Box 插件对影像进行分类,首先,通过训练样地进行核函数的  $\gamma$  和 C 值的参数寻优,结果分别为 0.1 和 10。然后,根据计算出的参数值对影像分类,分类结果如图 4(b)。随机森林同样采用 EnMAP-

Box 插件进行分类,其中只有分类树数目一个参数。通过对结果的分析比较,当分类树数目为 100 时,分类结果相对稳定,所以按照分析选择 100 进行分类,分类结果如图 4(c)。



(a)最大似然分类器;(b)支持向量机分类器;(c)随机森林分类器

图 4 单个分类器的分类结果

Fig. 4 Classification of a single classifier

从图 4 中可以看出,各分类器的分类结果总体差别不大,但是各个类别之间的分类差别较大,主要是农地与灌木林、针叶林与阔叶林,以及城镇与灌木林的区分方面。

### 3 结果与精度评价分析

基于之前提取出的各个地类的小班数据,随机选取部分作为检验分类结果的真实样本数据,分别对 3 种方法的分类结果建立混淆矩阵进行精度检验,计算出 3 种分类器的总体精度和 Kappa 系数(表 1)。同时,统计 3 种分类器的分类结果,各地类面积,用以评价 3 种分类器对各地类的分类效果(表 2)。

表 1 3 种分类器的总体分类精度和 Kappa 系数

Tab. 1 Three overall classification accuracy and Kappa coefficient of classifier

分类方法	MLC	SVM	RF
分类精度/%	66.12	75.69	75.39
Kappa	0.5665	0.675	0.6732

从表 1 中可以看出,整体分类结果,支持向量机的分类总体精度和 Kappa 系数最高,支持向量机的整体分类效果最好。随机森林的精度相对支持向量

表 2 3 种分类器分类结果的各地类面积

Tab. 2 Three classifier classification results of each type of area m<sup>2</sup>

地类	MLC	SVM	RF
水域	11975400	11144700	11709900
阔叶林	595328400	375492600	426258900
针叶林	2041491600	2396144700	2347138800
农地	587979000	638614800	747175500
灌木林	734066100	582130800	476730000
建筑用地	57963600	25502400	19881000

机较低,但是仅相差 0.3%。最大似然在 3 种分类方法中效果相对最差。从表 2 可以看出,水域的分类结果相差不多,但是在图 4 中,3 种方法对于较大的湖泊分类效果较好,而对于较窄河流的区分都不是很好;在阔叶林和针叶林的区分上,随机森林的分类效果表现相对更优,最大似然分类结果存在针叶林漏分的现象;随机森林对于农地和灌木林的分类效果相对更接近实际数值,支持向量机和最大似然都存在农地错分为灌木林类别;最大似然的分类结果在建筑用地上存在明显过分类现象,而随机森林则存在漏分现象,支持向量机的分类结果相对较好。

对比各分类器的分类速度,随机森林在分类树



数目为 100 的情况下分类时间为 285 s,而最大似然分类仅用了 14 s,支持向量机分类时间最长,为 1 972 s。最大似然分类虽然分类精度相对最差,但是分类速度是最快的;支持向量机分类的总体精度最高,但是分类时间却是最大似然的约 141 倍;随机森林的总体精度比最大似然的高 9.27%,分类时间是最大似然的约 20 倍。

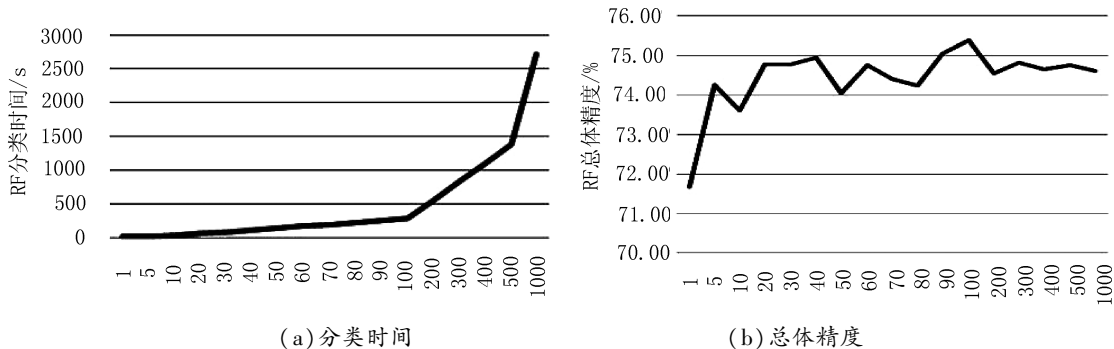


图 5 随机森林的分类时间和总体精度变化

Fig. 5 Classification of the random forest time and the overall accuracy

图 5(a)中,分类所用时间随着分类树数目的增加而增加;图 5(b)显示分类总体精度在分类树的数目为 100 时最高,整体没有明显的规律。在数目小于 100 时,分类总体精度很不稳定。而在超过 100 时,分类时间大幅增加的同时,精度却相对减少,但变化幅度不大。所以,从整体角度来看,随机森林相对于最大似然法和支持向量机的分类效果较好。

#### 4 结语

随机森林算法是目前比较流行的一种数据挖掘算法,由于其性能表现较好,被广泛应用于各个领域。研究表明,最大似然法分类方法在分类速度上有较好优势,但是精度相对较低;支持向量机在分类速度上相对最慢,但分类精度高;随机森林综合表现优秀,它在保证分类精度的前提下,也能保证一定的时间效率,更适宜实际生产应用。同时,对于随机森林分类树的数目选择,如何能在保证分类精度的同时提高分类速度,还有待进一步地研究和探讨。

#### 参考文献:

[1] 贾坤,李强子,田亦陈,等. 遥感影像分类方法研究进展[J]. 光谱学与光谱分析,2011,31(10):2618-2623.  
[2] ZHAO Ying-shi, et al(赵英时,等). The Principles and Methods for Analysis and Application of Remote Sensing

根据随机森林的定义可以得知,分类树的数目对于分类结果的总体精度会有一些影响。所以,将随机森林分类器的分类树数目选择为 1,测试分类时间约为 19 s,同时分类精度下降到 71.67%。

为了研究其变化规律,分别试验分类树数目从小到大时,分类所用的时间及分类结果的总体精度如图 5 所示。

(遥感应用分析原理与方法). Beijing: Science Press(北京:科学出版社),2003.

[3] 陈绍杰,单丹丹,赵卫常. 土地覆盖遥感分类方法的比较与分析[J]. 辽宁工程技术大学学报:自然科学版,2010,29(4):567-570.  
[4] 史泽鹏,马友华,王玉佳,等. 遥感影像土地利用/覆盖分类方法研究进展[J]. 中国农学通报,2012,28(12):273-278.  
[5] 柏延臣,王劲峰. 结合多分类器的遥感数据专题分类方法研究[J]. 遥感学报,2005,9(5):555-563.  
[6] Breiman, L. Random Forests[J]. Machine learning, 2001, 45(1):5-32.  
[7] 刘毅,杜培军,郑辉,等. 基于随机森林的国产小卫星遥感影像分类研究[J]. 测绘科学,2012,37(4):194-196.  
[8] Pang-Ning Tan, Michael Steinbach, Vipin Kumar(范明,范宏建等译). Introduction to Data Mining(数据挖掘导论)[M]. 北京:人民邮电出版社,2006:178-179.  
[9] V. Vapnik. The Nature of Statistical Learning Theory[M]. New York:Springer-Vedag, 1995.  
[10] 潘屹峰,黄晶. 基于 SVM 和 Random Forest 的高光谱遥感影像分类[J]. 华东科技,2012,10:27-29.  
[11] 谭琨,杜培军. 基于支持向量机的高光谱影像分类[J]. 红外与毫米波学报,2008,27(2):123-128.  
[12] 梅安新,彭望球,秦其明,等. 遥感导论[M]. 北京:高等教育出版社,2001:198-199.

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2014.02.002

## 陕西森林功能分区研究

王得军

(国家林业局西北林业调查规划设计院,陕西 西安 710048)

**摘要:**依据区域地带性的气候、土壤和森林植被类型相对一致,地形地貌与自然地理区划相对一致,森林生态服务功能相对一致为条件,以县级行政区为单元,结合全国林业区划,将陕西省森林划分为陕北毛乌素沙地防风固沙林区,陕北黄土丘陵沟壑水土保持林区,黄龙山桥山水源涵养林区,渭北黄土高原水土保持林区等 10 个分区,并阐述其区域特点、功能定位、发展布局和保护利用措施。

**关键词:**森林;功能分区;区域特点;功能定位;发展布局;水土保持;水源涵养;陕西省

中图分类号:S757.43 文献标识码:A 文章编号:1671-3168(2014)04-0006-05

## Forest Function Division of Shaanxi Province

WANG De-Jun

(Northwest Institute of Forest Inventory and Planning, State Forestry Administration, Xi'an 710048, China)

**Abstract:** Based on the relative consistency of climate, soil, and vegetation type, the relative consistency of geography and natural geographic division, the relative consistency of forest ecosystem service function, taking county as a unit, combined with the national forestry division, the forest of Shaanxi Province was divided into ten function divisions including Northern Shaanxi Maowushu sandland wind-break forest area, soil and water conservation forest area of Northern Shaanxi loess Hills, Huanglong mountain water conservation forest area, Weibei loess plateau forests area, etc. its regional characteristics, functional orientation, development layout, protection and utilization measures were introduced in this paper.

**Key words:** forest; functional area; regional characteristics; functional orientation; development layout; soil and water conservation; water conservation; Shaanxi Province

陕西地处内陆腹地,地理坐标为东经 105°29'~111°15'、北纬 31°42'~39°35',以桥山、秦岭为界,北部为陕北黄土高原、中部为关中平原、南部为秦巴山地,从南到北自然条件差异很大,尤其是热量和水分表现出明显的规律性递减趋势,形成了湿润的北亚热带、半湿润的暖温带和比较干旱的温带等不同气候带,相应地出现温带草原带、暖温带落叶阔叶林带、亚热带常绿阔叶林带植被。研究自然地理与森

林功能分区对于保护陕西的森林和生态环境有着重要的意义。

### 1 分区依据

森林功能分区以地理区位、地形地貌、森林生态服务功能、林业发展布局 and 森林保护利用措施为主导因子,揭示主导因子区域分布的相似性及差异性

收稿日期:2014-03-03.

作者简介:王得军(1968-),男,甘肃靖远人,高级工程师。主要从事林业调查规划设计和森林资源监测等工作。

规律<sup>[1]</sup>,突出森林功能的整体性和系统性<sup>[2]</sup>,探索森林与地形、地貌、气候之间的关系,研究区域性森林的空间结构和地理分布特征。主要依据有:区域地带性的气候、土壤和森林植被类型相对一致<sup>[3]</sup>,区域地形地貌与自然地理区划相对一致,区域森林生态服务功能相对一致比。

## 2 分区方法

森林功能分区是以森林为对象的林地利用分区,以县级行政区为单元<sup>[4]</sup>,结合全国林业区划,遵循森林分区与林业发展相适宜、生态主导功能和生态产品相结合、森林保护和生态建设相协调、主导因子相似性和差异性相对比,依据可持续发展、生态经济、循环经济、自然地理、景观生态等理论,根据生态系统类型、生态环境敏感性、生态服务功能重要性等特征的空间分异性进行森林功能分区。以构建森林生态、林业产业、森林文化三大体系,把森林的生态、社会和经济三大效益和综合服务功能整体协调统一,促进森林生态系统整体良性循环,为生态环境保护与建设规划、林业产业布局提供科学依据。同时,突出森林对区域经济社会发展的生态支撑和保障作用,体现不同区域森林的差异性和互补性<sup>[5]</sup>,体现不同区域的自然条件、社会经济状况以及经济社会发展对森林生态产品的不同需求。

## 3 分区结果

根据陕西森林功能分区确定的主导因子和主导因子区域分布的相似性及差异性,把全省森林划分为 10 个功能区。

### 3.1 陕北毛乌素沙地防风固沙林区

区域范围:本区位于陕西最北部,毛乌素沙地南缘。地理坐标为东经 107°15'00"~110°51'44",北纬 36°48'52"~39°28'48",东西长约 295 km,南北宽约 295 km。包括榆林市北部的榆阳区、神木县、府谷县、横山县、靖边县、定边县 6 个县(区),101 个乡镇(镇),林地 166.24 万  $\text{hm}^2$ ,占全省林地面积的 13.53%。

区域特点:本区属毛乌素沙地南缘,沙地面积大且集中连片。区内北部为风沙滩地,多形成固定、半固定和流动沙丘(地),地势平坦,沙丘绵延;南部为丘陵沟壑区,是陕北黄土高原的最北部;该区沙化土地 137.91 万  $\text{hm}^2$ ,占总面积的 48.1%,是陕西沙尘暴多发区,植被特征为干旱草原类型,灌草资源丰

富,林木资源贫乏,森林覆盖率 34.97%。

功能定位:北部防风固沙,南部水土保持为本区主体功能,水源涵养(定边县、靖边县内陆河流水源地)为其辅助功能。

发展布局:以生态公益林建设为重点,北部主要营造防风固沙林,中部及河流两岸主要营造农田防护林,南部以水土保持林为主。商品林以经济林为主。

保护利用措施:①严格保护高原荒漠区林地;②恢复森林草原生态系统,结合资源优势发展沙产业基地和沙区经济林基地。

### 3.2 陕北黄土丘陵沟壑水土保持林区

区域范围:本区位于陕西北部。地理坐标为东经 107°40'12"~111°15'00",北纬 36°16'30"~39°35'00"。行政区域涉及榆林、延安 2 个市,15 个县(区),210 个乡镇(镇),林地 180.56 万  $\text{hm}^2$ ,占全省林地面积的 14.70%。

区域特点:地貌特征为黄土丘陵沟壑地貌,西部是梁状丘陵,中部为梁峁状丘陵,东部为峁状丘陵,森林覆盖率 11.11%;该区域水土流失严重,土壤侵蚀模数 10 000~30 000  $\text{t}/\text{km}^2 \cdot \text{a}$ ,土壤侵蚀程度为极强~剧烈。

功能定位:该区是黄河中游水土流失最为严重的地段,也是全国水土保持的重点地区,因此,水土保持为本区主体功能,提供经济林产品为辅助功能。

发展布局:以生态公益林为重点,以营造水土保持林为主,商品林以经济林(果树林)为主;产业发展以第一产业为主,积极发展第二产业,辅助发展第三产业。

保护利用措施:①保护森林草原,加大天然林资源保护力度;②恢复退化林地植被。

### 3.3 黄龙山桥山水源涵养林区

区域范围:本区位于陕北梁山山脉的崂山、黄龙山和子午岭的桥山地区,通称黄桥林区。地理坐标为东经 108°11'36"~110°36'20",北纬 34°56'00"~36°46'00"。西连甘肃省,东临黄河与山西省为界,北靠陕北黄土丘陵沟壑水土保持林区,南与渭北黄土高原水土保持林区、关中平原绿化林区接壤。行政区域共涉及 4 个市,13 个县(区、市),82 个乡镇(镇),林地 165.85 万  $\text{hm}^2$ ,占全省林地面积的 13.50%。

区域特点:地貌特征为土石丘陵地貌,植被特征为落叶阔叶林为主的天然次生林,属黄龙山、桥山林区所在地,林地面积占 84.70%,森林覆盖率 58.60%。

功能定位:该区域是陕西黄土高原上森林植被保存最好的地区,水源涵养和生物多样性维持功能重要,生态重要性高,生态环境亚脆弱。因此,本区功能定位是水源涵养、保护黄土高原落叶阔叶林生态系统及生物多样性为主体功能,保持水土、提供少量一般用材林为辅助功能。

发展布局:以生态公益林建设为重点,以水源涵养林为主,兼特用林(自然保护区);商品林以经济林(果树林)为主,其次发展一般用材林;产业发展以第一产业为主,大力发展为第三产业,其次为第二产业。

保护利用措施:①严格保护生物多样性丰富区域尤其是自然保护区和生态脆弱区域林地;②以水源涵养、保护黄土高原落叶阔叶林生态系统及生物多样性为主要功能。

### 3.4 渭北黄土高原水土保持林区

区域范围:本区位于陕西关中平原北部,地理坐标为东经 $106^{\circ}47'50''\sim 109^{\circ}45'50''$ ,北纬 $34^{\circ}33'30''\sim 36^{\circ}06'00''$ 。西以秦岭北坡关山水源涵养林区为界,东与黄龙县、澄城县相邻,北靠甘肃及黄龙山桥山林区,南与关中平原接壤。东西长约 277 km,南北宽约 167 km。共涉及 5 个市,15 个县(区),157 个乡镇,林地 59.76 万  $\text{hm}^2$ ,占全省林地面积的 4.86%。

区域特点:地貌特征为黄土高原,植被特征为人工植被为主的落叶阔叶林,林地面积占 53.96%,森林覆盖率 27.94%。本区地处黄土高原南部,黄土塬面积较大,黄土覆盖深厚,气候条件适宜,是苹果、梨的最佳适生区,经济林果种类多,区域果品产业经济效益好。

生态定位:地处黄土高原,土壤结构疏松,塬边、沟坡水土流失严重,保持水土功能重要,生态重要性较高,生态环境较脆弱。因此,水土保持为主要功能,提高经济林产品供给和少量一般用材林为辅助功能。

发展布局:以生态公益林为重点,公益林以水土保持林为主,兼农田林网防护林;商品林以经济林(果树林)为主,其次为一般用材林;产业发展布局以第一产业为主,其次为第二产业,兼顾第三产业。

保护利用措施:①保护好现有森林资源;②恢复森林植被、治理水土流失。

### 3.5 关中平原绿化林区

区域范围:本区位于陕西中部,地理坐标为东经 $107^{\circ}04'00''\sim 110^{\circ}24'00''$ ,北纬 $34^{\circ}00'00''\sim 35^{\circ}26'18''$ 。

西与宝鸡市陈仓区相邻,东与山西、河南省为界,北靠渭北黄土高原区、黄龙山桥山水源涵养一般用材林区,南接秦岭北坡关山水源涵养风景林区。东西长约 316 km,南北宽约 173 km。行政区域共涉及 5 个市(区),37 个县(区、市),451 个乡镇,林地 38.03 万  $\text{hm}^2$ ,占全省林地面积的 3.10%。

区域特点:地貌特征为渭河阶地、黄土台塬;气候类型为南暖温带气候,降雨量 500~720 mm;植被全部为人工植被;森林覆盖率 9.46%。

功能定位:本区自然、经济条件优越,人口稠密,城镇集中,是全国重点旅游区之一,以绿化、美化、环境保护为主体功能,农田防护、提供经济林产品和用材为辅助功能。

发展布局:以发展商品林为重点,公益林主要以风景林,环境保护林为主,其次营造农田防护林,护路、护岸林;商品林以发展经济林(果树林)为主,其次为短轮伐期工业原料林(纸浆林)和速生丰产用材林;产业发展布局以第一产业为主,其次为第二、三产业。

保护利用措施:①以平原绿化、美化为重点,积极发展速生丰产用材林、工业原料林和特色经济林;扩大苗木、花卉规模,增加品种、提高质量;加快农田林网建设和湿地保护工作。②大力营造风景林 and 环境保护林,保护好湿地,维护生态平衡,保障区域水资源安全。

### 3.6 秦岭北坡关山水源涵养林区

区域范围:本区位于陕西关中平原南部,秦岭山脉北坡。地理坐标为东经 $106^{\circ}18'50''\sim 110^{\circ}25'40''$ ,北纬 $33^{\circ}42'00''\sim 35^{\circ}06'06''$ 。西邻甘肃,东接河南,北靠关中平原,南依秦岭山脉,与秦岭南坡林区接壤,东西长约 370 km,南北宽约 161 km。行政区域共涉及 3 个市,13 个县(区、市),75 个乡镇,林地 183.99 万  $\text{hm}^2$ ,占全省林地面积的 6.84%。

区域特点:地貌特征为秦岭北坡石质山地,海拔 800~3 000 m,土壤垂直带谱明显;植被特征为以天然次生林为主的落叶阔叶林,森林资源分布垂直带谱明显;林地面积占 78.72%,非林地面积占 21.28%;森林覆盖率 58.89%;气候特征为南暖温带湿润气候,降雨量 700~1 000 mm。

功能定位:区域生态重要性高,生态环境脆弱。因此,水源涵养、生物多样性保护为主体功能,保持水土、一般用材林(主要在关山地区)为辅助功能。

发展布局:以生态公益林为重点,公益林以水源涵养林为主,兼特用林(风景林、自然保护区);商

品林以经济林(果树林)为主;产业发展布局以第三产业为主,第一、二产业为辅。

保护利用措施:①保护和恢复现有森林生态系统和保护湿地;②严格保护江河源头区及生物多样性富集区等高保护价值区域林地。

### 3.7 秦岭南坡水源涵养用材林区

区域范围:本区位于秦岭南坡中西部中高山地区,北以秦岭主脊为界与秦岭北坡关山林区相连,东邻河南省,南与秦巴低山丘陵为邻,西接甘肃。地理坐标为东经  $106^{\circ}25' \sim 111^{\circ}02'$ ,北纬  $33^{\circ}06' \sim 34^{\circ}48'$ ,东西长约 526 km,南北宽约 150 km。行政区域包括宝鸡、安康、汉中、商洛 4 市中的凤县、太白、略阳、留坝、佛坪、宁陕、柞水、镇安、洛南、商州、丹凤、山阳、商南等 13 个区县的全部,城固、洋县、勉县等 3 县的部分,共 237 个乡镇(林场),林地 284.35 万  $\text{hm}^2$ ,占全省林地面积的 23.15%。

区域特点:地貌特征为秦岭中高山土石山区,气候特征为暖温带湿润气候区,植被特征为落叶阔叶林,有原始林分布,森林资源分布集中,森林覆盖率 72.21%。

功能定位:属汉江、嘉陵江、丹江、洛河流域,是众多一级支流的源头区,是陕西省森林资源集中分布区,亦是我国南水北调中线工程丹江水库的水源地,水源涵养功能极重要;更是生物多样性集中分布区及全球 25 个生物多样性热点地区之一,生物多样性维持功能及水源涵养功能极重要。区域生态重要性高,生态环境脆弱。

功能定位为:水源涵养、保护生物多样性为主体功能,水土保持、提供经济林产品、用材为其辅助功能。

发展布局:以公益林建设为重点,适当发展商品林。公益林建设以水源涵养林、自然保护区林为主;商品林建设以发展经济林、速生丰产林和一般用材林为主,适当兼顾薪炭林。发展第一产业为主,其次发展第三产业,辅助发展第二产业。

保护利用措施:①保护秦岭山区生态脆弱区林地;②保护和恢复现有森林生态系统。

### 3.8 秦巴低山丘陵经济用材林区

区域范围:本区位于秦岭南坡、巴山北坡低山丘陵地区,北接秦岭南坡水源涵养用材林区,东邻湖北,西连甘肃,南界大体沿巴山北坡海拔 900 m 左右等高线与巴山水源涵养林区相连。地理坐标为东经  $105^{\circ}29' \sim 110^{\circ}12'$ ,北纬  $32^{\circ}18' \sim 33^{\circ}20'$ 。东西长约 433 km,南北宽约 151 km。行政区域包括汉中、安

康两市中的石泉、汉阴、汉滨、旬阳、白河等 5 县(区)的全部,宁强、勉县、汉台、城固、洋县、西乡、南郑、平利、岚皋、紫阳等 10 县(区)的部分,共 226 个乡镇(林场),林地 152.52 万  $\text{hm}^2$ ,占全省林地面积的 12.42%。

区域特点:地貌特征为秦岭南坡、巴山北坡低山丘陵区域,气候属北亚热带季风气候,温暖湿润,水热资源丰富,是陕西气候条件较好的地区之一。年降水量 800~1 200 mm;植被特征为北亚热带常绿阔叶树的针阔混交林带,代表树种有马尾松、杉木、棕榈、油桐、油茶、柑桔等,森林覆盖率 53.34%。

功能定位:本区属汉江流域,汉江及众多支流的中游,是我国南水北调中线工程丹江水库的水源地,水源涵养功能极重要,水土流失较严重,土壤侵蚀敏感。区域生态重要性较高,生态环境较脆弱。水源涵养、水土保持为主体功能,用材、提供经济林产品为辅助功能。

发展布局:以公益林建设为重点,适当发展商品林。公益林主要为水源涵养林;商品林主要发展一般用材林、经济林、速生丰产林和短轮伐期工业原料林,兼顾薪炭林。发展以第一产业为主,其次为第二、三产业。

保护利用措施:①保护和恢复现有森林生态系统;②在低山丘陵区发展优质丰产用材林、珍贵树种大径级材、工业原料林基地、经济林地、建设商品林生产基地。

### 3.9 汉中盆地绿化林区

区域范围:本区位于汉江冲积平原,被秦巴低山丘陵水源涵养林区环抱。地理坐标为东经  $106^{\circ}25' \sim 107^{\circ}48'$ ,北纬  $32^{\circ}42' \sim 33^{\circ}18'$ 。东西长约 117 km,南北宽约 56 km。行政区域包括汉中的勉县、汉台、城固、洋县、南郑等 5 县(区)的部分,共 67 个乡镇(林场),林地 8.97 万  $\text{hm}^2$ ,占全省林地面积的 0.73%。

区域特点:地貌特征为汉江冲积平原,河谷阶地,一般海拔 500~600 m;气候属北亚热带湿润气候。年均温  $14.1 \sim 14.6^{\circ}\text{C}$ ,年降水量 800~900 mm。夏无酷暑,冬无严寒,四季长青。呈北亚热带植被特征,人工植被占绝对优势,森林覆盖率 30.17%。

功能定位:本区城镇密集,人口稠密,生态环境稳定,生态重要性一般,水环境敏感。根据其特征,本区功能定位为:绿化、美化、环境保护和护岸为主体功能,用材、提供经济林产品为其辅助功能。

发展布局:以发展经济用材兼用林为主。公益

林建设以盆地周边水土保持林、汉江及其支流护岸林为重点;商品林主要发展经济林、速生丰产林和短轮伐期工业原料林。发展以第二产业为主,其次发展第一、三产业。

保护利用措施:①改善人居环境;②加快农田林网建设;③保护好区内湿地资源;④加强城市生态建设;⑤保护好现有森林资源。

### 3.10 巴山中山水源涵养林区

区域范围:本区位于陕西最南部,西北接秦巴低山丘陵水源涵养林区,西、南与四川省、重庆市为邻,东与湖北省相连。地理坐标为东经  $106^{\circ}13' \sim 109^{\circ}38'$ ,北纬  $31^{\circ}42' \sim 32^{\circ}55'$ ,东西长约 325 km,南北宽约 140 km。行政区域包括汉中、安康两市的镇巴、镇坪两县全部,宁强、西乡、南郑、平利、岚皋、紫阳等 6 县的部分,共 77 个乡镇(林场),林地 88.20 万  $\text{hm}^2$ ,占全省林地面积的 7.18%。

区域特点:本区地貌特征为巴山中山、石质山区,气候属北亚热带湿润气候,植被为含常绿阔叶林的落叶阔叶林,具有亚热带植物分布特征。森林覆盖率 61.79%。

功能定位:根据生态区位重要,生态敏感、脆弱的区域特征,将本区功能定位为:水源涵养、保护生物多样性为主体功能,水土保持、用材和提供经济林产品为辅助功能。

发展布局:以公益林建设为重点,适当发展商品林。公益林主要为水源涵养林;商品林主要包括经济林、一般用材林和薪炭林。发展以第一产业为主,

大力发展第三产业,其次发展第二产业。

保护利用措施:①严格保护现有林地;②保护和恢复现有森林生态系统;③加强农田耕作管理,控制农药、化肥的使用量及结构,鼓励绿色农产品生产,维护农田生态平衡。

## 4 结语

森林是宝贵的自然财富,是生态系统的重要组成部分,森林功能分区科学地对森林进行了保护利用功能的划分,能够指导林业生产,帮助人们认识自然地理与森林功能的关系,帮助人们在认识森林功能的同时提高保护森林的意识,具有重要的意义。

## 参考文献:

- [1] 吴后建,但新球,舒勇,等. 湖南省湿地保护生态区划及分区保护对策[J]. 中南林业调查规划,2013,32(2):32-38.
- [2] 陈宏伟,郭立群,李江,等. 云南热区的森林地理分区及其评述[J]. 西北林学院学报,2007,2(2):62-71.
- [3] 郭兴会. 云南混农林业的类型和分区[J]. 林业调查规划设计,1999,24(1):15-18.
- [4] 谭伟福. 广西林业地理分区及评述[J]. 广西林业科学,2012,41(3):225-228.
- [5] 范志浩,姜灿荣. 西藏林地功能分区及差别化保护利用探讨[J]. 中南林业调查规划,2012,31(1):10-12.
- [6] 陕西省林业发展区划[Z].
- [7] 陕西省林地保护利用规划(2010~2020年)[Z].
- [8] 陕西省土地利用规划(2006~2020年)[Z].

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2014.02.003

## 基于 ModelBuilder 的林业专题图境界线自动提取方法

李元杰

(云南省林业调查规划院,云南 昆明 650051)

**摘要:**境界线是林业专题图的重要组成部分,以前境界线的提取需要复杂的过程,并且存在很多问题。文章阐述利用 ArcGIS 中的 ModelBuilder 工具,以差级擦除的方法建立林业专题图自动提取境界线模型的原理及方法,以提高境界线提取效率和正确率,实现林业专题图制作自动化。

**关键词:**境界线;ModelBuilder;林业专题图;提取模型

中图分类号:S758.61 文献标识码:A 文章编号:1671-3168(2014)04-0011-03

## Automatic Extraction Method of Forestry Thematic Map Boundary Line Based on ModelBuilder

LI Yuan-jie

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

**Abstract:** The boundary line is important part of forestry thematic maps; former boundary line extraction method requires a complex process with many problems. In order to improve boundary line extraction efficiency and accuracy, and achieve the automatic forestry thematic map making. This paper describes the principles and methods of automatically extracted forestry thematic maps boundary line by using ModelBuilder tools of ArcGIS and grading erasure method.

**Key words:** boundary line; ModelBuilder; forestry thematic maps; extraction model

林业专题图是运用地图编绘基本法则结合林业的专业要求,直观展示森林资源调查、林业规划设计、林业科学研究等成果的图面材料。它是林业宏观决策、林区开发建设、组织造林育林、森林资源管理、森林保护等工作的重要依据。而境界线是林业专题图的地理要素基础之一,能够在地图上起到控制作用,反映制图对象相对的地理位置,以及反映制图对象与地理环境之间的联系。

境界线是由国界、行政界线和专业界线构成。国界和行政界线在林业专题图上表示国家法定的版图范围和行政管辖范围,专用界线是根据专题研究

工作需要确定的研究区专业划界线,如自然保护区界、林场界、林班界、小班界等。境界线因结构复杂,普通绘制境界线的方法存在边界与面矢量不符、线条结构逻辑混乱和派生数据淤积等问题。

利用 ArcGIS 中的 ModelBuilder 工具建立自动提线模型能够做到林业境界线结构清楚,逻辑关系完整,线条与图班边界一致,且中间数据能自动清理。另外,ModelBuilder 建模采用视图化方法,较为直观。以下介绍怎样利用 ModelBuilder 工具制作自动提取林业专题图境界线模型。

收稿日期:2013-09-18.

作者简介:李元杰(1986-),男,云南昆明人,助理工程师。从事林业地理信息系统工作。

## 1 工具 ModelBuilder(模型构建器)介绍

模型构建器是 ArcGIS 提供的构造地理处理 workflow 和脚本的图形化建模工具,它加速复杂地理处理模型的设计和实施,也集成了 3D、空间分析、地理统计等多种空间处理工具。使用构建器可以简化复杂空间处理模型的设计和实施,可以运用直观的图形语言将具体的建模过程表达出来。简单的模型包括模型输入、输出分析或者处理工具 3 方面内容,复杂的分析过程可以由一系列简单模型组合而成。使用模型生成器构建的模型可以自动执行所定义的操作功能。当模型经过检验和执行无误后即可被保存,可以重复使用。模型的建立和应用有很大的灵活性,而且能够实现多用户的共享。

模型基本由 3 部分组成:输入数据、输出数据和空间处理工具。空间处理工具包括 ArcToolBox 中所有的工具集,也可以是模型、脚本定制的工具或者其它系统工具。输入数据和输出数据的类型多种多样,可以是栅格数据或者矢量数据等。建模由脚本编写和连接,连接是模型中一个不可或缺的元素。连接指定了数据与操作之间的关系,因此符合条件的要素才能被连接。只有将各种要素有机地连接起来,才能组成一个完整的图形模型。

## 2 林业专题图境界线结构

根据 LY/T1821—2009《中华人民共和国林业行业标准林业地图图式》,林业专题图境界线包括国界、省级行政区界线、地级行政区界线、县级行政区界线和乡镇级界线等。以县级林业专题图为例,其境界线包括县级行政区界线、乡镇级界线、村级界线、林班界线和小班界线。因为线层图形会彼此覆盖,在遇到同一条线互相重叠时必须以级别更高的线条为主(图 1)。

## 3 技术方法或路线

### 3.1 融合(Dissolve)和要素转线(Feature To Line)

将同一个字段中相同属性的所有图班融合成一个图班,并保留其相同属性的字段。创建包含通过以下方式生成的线的要素类:将面边界转换为线、分割线、面或在 2 要素的相交处对 2 要素进行分割。如果输入线、面边界在除起始折点和结束折点之外的其他位置相接、相交或重叠,则它们将在相交处分割;每条分割线都会变成一个输出线要素。如果输

入线或面边界未与另一个要素相交,则仍将以完整形状输出为线要素。



图 1 林业专题图境界线(以县级为例)结构

Fig. 1 Forestry thematic map boundary line (in the county as an example) structure

### 3.2 添加字段、计算字段(Add Field、Calculate Field)

添加字段是向要素表添加新的字段。计算字段是为要素表计算字段的值。

### 3.3 擦除(Erase)

通过将输入要素与擦除要素相叠加来创建要素类。只将输入要素处于擦除要素外部边界之外的部分复制到输出要素类型。将与擦除要素几何重叠的输入要素几何移除。擦除要素可以为点、线、面,只要输入要素的要素类型等级与之相同或较低。面擦除要素可用于擦除输入要素中的面、线或点;线擦除要素可用于擦除输入要素中的线或点;点擦除要素仅用于擦除输入要素中的点。

### 3.4 合并(Merge)

将数据类型相同的多个输入数据集合并为新的单个输出数据集。此工具可以合并点、线或面要素类或表。使用追加工具可将输入数据集合并到现有数据集。使用该工具可将多个源中的数据集合并到新的单个输出数据集。

## 4 模型建立方法

### 4.1 境界线提取核心方法

将区域内小班矢量图层按不同行政级别用融合工具处理后,生成不同行政级别的融合面层图形。把最高级行政级别的融合图层做要素转线处理后,得到最高行政级别界线。将其他行政级别图层利用要素转线工具生成所有低级别的线条,但这里所说的低级别的线条并不是纯粹的单一行政级别线条,而是本行政级别加上以上所有行政级别的线条,这时可以将低级别的线条用相邻高一级别的线条做擦



除处理后得到纯粹的低一行政级别境界线。以此类推,可以获得所有级别的线条,把不同级别的线条做合并处理后得到完整境界线。

例如,将全县小班面层做县级别的融合,得到县级别融合面层,再用全县小班面层做乡镇级别的融合后得到乡镇级别融合图层,把县级别融合面层做要素转线处理后得到县级行政区界线,把乡镇级别融合面层做要素转线处理后得到乡镇级界线加上县级行政区界线,这时,把乡镇级界线加上县级行政区界线用县级行政区界线做擦除处理后,得到纯粹的乡镇级界线。而用村级融合后转线生成村级界线加

上乡镇级界线加上县级行政区界线,再把这个线层用乡镇级融合矢量生成的线层做擦除,得到单一村级界线。

### 4.2 境界线自动提取模型

以提取县级林业专题图所需境界线为例,首先制作模型实现县级林业专题图境界线的自动提取;再将所有的中间过程图层设置成中间数据,把不同级别线条加上相同结构的字段,赋予不同值作区分;最后,把不同级别线条做合并处理后得到一个纯粹的县级境界线图层(图 2)。

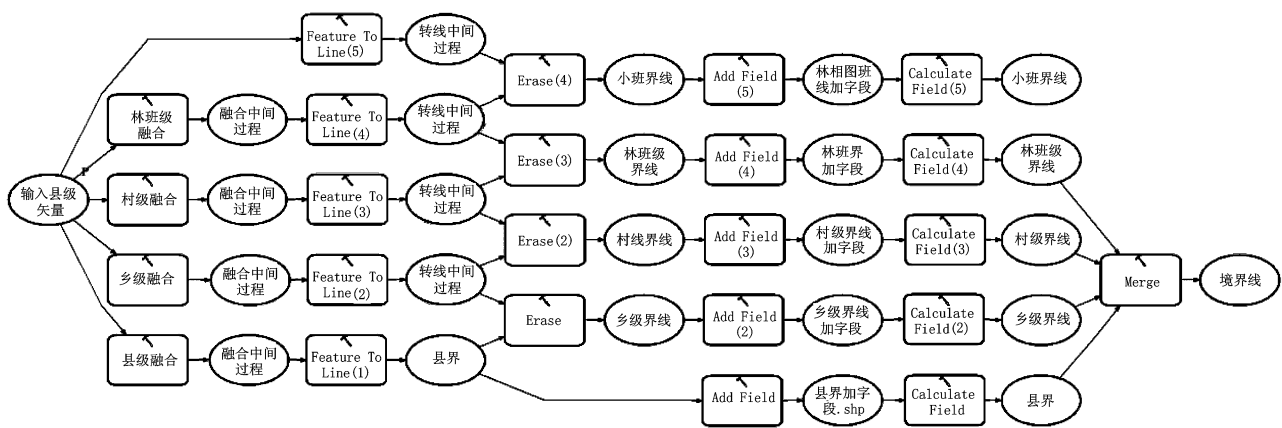


图 2 林业专题图境界线自动提取模型

Fig. 2 Forestry thematic map boundary line automatic extraction model

## 5 结语

利用 ArcGIS 中的 ModelBuilder 工具制作模型,以直观的图形语言把具体的建模过程表达出来,实现提取线条的自动化,工具制作模型能解决大量数据的批量处理问题,可以把结果图层直接加入显示列表后应用图层文件用于出图。ModelBuilder 工具制作的模型保存成工具箱后,共享到其它计算机中,可实现模型工具的共享,还可以将模型导出成 Py-

thon 脚本语言,以方便在编程中调用。

## 参考文献:

[1] 卢双珍. 林业地图编制理论、方法与实践[M]. 昆明: 云南出版集团公司云南科技出版社, 2008.

[2] 王冰. ArcGIS ModelBuilder 在规划编制成果建库中的应用[EB/OL]. <http://www.cpisn.cn/jsyj/ghxx/2013/2/4/143.shtml>.

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2014.02.004

## 陆良县林地功能分区保护利用措施探讨

高永坤<sup>1</sup>, 宋永全<sup>2</sup>

(1. 陆良县林业局, 云南 陆良 655600; 2. 云南省林业调查规划院, 云南 昆明 650051)

**摘要:**根据陆良县森林资源现状以及生态建设和林业产业发展布局, 将陆良县林地划分为 4 个功能区, 阐述各功能区范围及特点, 提出各功能区的保护利用措施。

**关键词:**林地功能分区; 保护利用措施; 陆良县

中图分类号: S76; F301.24 文献标识码: A 文章编号: 1671-3168(2014)04-0014-03

## Protection and Utilization Measures of Woodland Function Zoning in Luliang County

GAO Yong-kun<sup>1</sup>, SONG Yong-quan<sup>2</sup>

(1. Forestry Bureau of Luliang County, Luliang, Yunnan 655600, China;  
2 Forest Forestry Inventory and Planning, Kunming 650051, China)

**Abstract:** According to forest resources and ecological status, and the ecological construction and development layout of forestry industry of Luliang County, woodland was divided into four functional areas. The scope and characteristics of each functional area was elaborated, and protection measures of each functional area were proposed in this paper.

**Key words:** woodland function zoning; protection and utilization measures; Luliang County

### 1 概况

陆良县位于云南省东部, 曲靖市南部。地处北纬 24°44'~25°18', 东经 103°23'~104°02'。全县国土总面积 1 989.59 km<sup>2</sup>, 总人口 67.2 万人, 辖中枢镇、马街镇、三岔河镇、板桥镇、芳华镇、小百户镇、大莫古镇、召夸镇、活水乡、龙海乡及华侨管理区共 10 个乡镇、1 个管理区。

陆良县地处乌蒙山南部延伸带。境内三面环山, 东有龙海山, 西有牛头山, 北有竹子山, 最高海拔在龙海山(2 687.6 m)。山脉中部是平坦开阔的陆良坝区, 略呈三角形, 自东北向西南伸展, 面积达 772 km<sup>2</sup>, 占全县总面积的 38.8%, 是云南省第一大

坝子。整个地势呈北高南低走势, 最低点是大莫古镇的回辉哨村, 海拔 1 640 m。南盘江从中迂回过境, 形成高原、山地、丘陵、盆地相间的地貌, 是滇东北较典型的岩溶地貌之一。

陆良县属北亚热带高原季风气候类型, 冬干夏湿气候区。气候特点是终年温和, 冬无严寒, 夏无酷暑, 春暖干旱, 秋凉湿润, 降水集中, 干湿分明。陆良县境内河流属南盘江水系, 南盘江是珠江流域西江水系的主流, 发源于沾益县马雄山, 流经沾益、麒麟区, 经响水坝流入陆良县。在陆良县境内呈东北—西南斜向贯穿陆良坝区中部 27.3 km, 于发峨哨村委会的小跌水村出境流入宜良县。陆良县属滇中高原北亚热带植被区, 属泛北极区, 中国—喜马拉雅植

收稿日期: 2014-02-24.

作者简介: 高永坤(1970-)男, 云南陆良人, 工程师。主要从事林政资源管理工作。

物亚区。

## 2 林地功能分区

### 2.1 林地分区方法

以省级林地保护利用规划的主导功能区为指导,参考各类调查统计资料,并结合必要的补充调查,分析区域间的差异性和区域内的一致性。根据区域生态重要性等级和生态脆弱性等级确定生态区位等级,具体方法参照《生态公益林建设规划设计通则》(GB/T 18337.2-2001)执行。根据森林资源规划设计调查成果和木材及非木材产品供需统计资料,分析林地生产力现状、林业产业规模、林产品需求的满足程度,以及区域优势和发展潜力。在以上分析的基础上,按照主导功能和利用方向,将林地划分为地域上连片、主导功能相对一致的若干个功能区,提出林地保护利用的方向和途径。

### 2.2 林地功能分区的原则

林地利用区域布局是在保持行政区域基本完整和地域连片的基础上,根据自然条件、生产条件和社会经济发展水平的相似性,林地经营历史、发展方向和经营措施的相对一致性,作出林地利用的区域划分与分工,旨在因地制宜地发挥区域优势,科学安排各区域林地的利用方向。由此,采用如下技术路线进行林地利用区域布局。

1)根据国民经济与社会发展的要求,特别是生态体系建设、土地利用规划、城镇化及工业化发展、农业及农村现代化建设等对林地利用带来的作用和影响,作出具有全局性和长远战略意义的区域布局。

2)以地形地貌状况、林地利用方向这 2 个因素为区域布局的主导因子,根据主导因子区域分布的相似性及差异性,将陆良县林地区分成若干个区域。

3)尽量保持镇(乡)级区域的完整性并在地域上连片。某些区块虽与周边地区自然社会及林地利用方向差别较大,但因区块面积不大,尚不足以形成规模时,则就近并入相邻区域。

### 2.3 林地功能分区

按照林地功能分区原则,根据云南省林地保护利用规划,陆良县属于滇东北生态脆弱区植被恢复与水土保持治理区。结合《陆良县林业区划》、《陆良县生态文明示范工程试点实施规划(2011~2015年)》和《陆良县林业发展“十二五”规划》,将陆良县划分为西部水源涵养林功能区(I分区)、中南部水土保持林、速生丰产林及核桃产业发展功能区(II分区)、中部防护林及特色经济林功能区(III分

区)、东部石漠化治理功能区(IV分区)4个功能区。各功能区面积详见表 1。

表 1 林地按功能分区面积统计

分区	总面积	林地	非林地
合计	198959.00	77509.00	121450.00
西部水源涵养林功能区(I分区)	45957.18	34512.94	11444.24
中南部水土保持林、速生丰产林及核桃产业发展功能区(II分区)	61887.22	2813.95	59073.27
中部防护林及特色经济林功能区(III分区)	29227.38	8001.19	21226.19
东部石漠化治理功能区(IV分区)	61887.22	32180.92	29706.30

## 3 功能区分布范围及特点

### 3.1 西部水源涵养林功能区

#### 3.1.1 区域范围

包括板桥镇的大桥、马长湖、马军堡、马军营等 4 个村委会;芳华镇的板田、乘民、芳华、高黎树、龙潭、雨补等 6 个村(居)委会;小百户镇的北山、炒铁、老母、芦山、罗贡、普乐、上坝、双官堡、天花、兴仁、永清、中坝等 12 个村委会;中枢镇的环城社区。

#### 3.1.2 区域特点

本区属边远山区,土层瘠薄,森林植被退化为低矮的灌木丛,是国家重点生态公益林保护工程和水源涵养林基地建设的重点区域,区域内河流、水库众多,县城居民生产生活、工业及县内中西部人畜饮水、农田灌溉等用水的水源区,其生态地位十分重要。本区要严格保护好现有森林资源,宜在水库周围和南盘江沿岸通过采取封山育林、荒山造林及退耕还林等措施恢复森林植被,建设水源涵养林,在生态环境脆弱地区发展水土保持林,并在自然及交通条件好的区域适度发展用材林及核桃等木本油料林。

### 3.2 中南部水土保持林、速生丰产林及核桃产业发展功能区

#### 3.2.1 区域范围

包括大莫古镇的阿油堡、爰位、大地、大莫古、发峨哨、甘河、烂泥沟、麻舍所、挪岩、新村、太平哨等 11 个村(居)委会;小百户镇的北山、炒铁、罗贡、普乐、小百户、兴隆、兴仁、永清、中坝等 9 个村(居)

委会。

### 3.2.2 区域特点

本区位于陆良坝子中南部,属丘陵区,地势相对平坦,土层深厚,灌溉条件差,沟壑纵横,地形破碎,森林植被覆盖度低,植物类型单一,多为人工林,近年发展和规划发展大面积核桃等木本油料林和速生丰产林,是云新核桃产业示范园区。本区域林地功能以恢复森林植被、保持水土为主,宜发展速生丰产林及核桃产业。

### 3.3 中部防护林及特色经济林功能区

#### 3.3.1 区域范围

包括板桥镇的全部;马街镇、三岔河镇、中枢镇及华侨管理区的全部;大莫古镇嘎古村委会;芳华镇的芳华、龙潭、戚家山、狮子口、双合、雍家等 6 个村(居)委会。

#### 3.3.2 区域特点

本区域地处陆良县中部,分布在南盘江两岸,区内地势平坦,土壤深厚肥沃,是农作物的主产区,森林资源较少。本区林地功能以保护生态环境为主,严格保护现有四旁绿化成果,加大南盘江两岸防护林及农田防护林建设,发展以水果为主的特色经济林。

### 3.4 东部石漠化治理功能区

#### 3.4.1 区域范围

包括活水乡、龙海乡、召夸镇的全部;板桥镇的百塔、河东堡、洪武、后所、马长湖、马军营、鱼塘等 7 个村委会;马街镇的大龙潭、杜旗堡、黄官营、前所、泉丰、汤官箐等 6 个村(居)委会;三岔河镇的白岩、大坝、大嘴子、刘良、罗依、寺脚等 6 个村委会。

#### 3.4.2 区域特点

本区域地处陆良县东部,属边远山区半山区,区域内多属岩溶区,石漠化程度严重,水资源缺乏,森林植被覆盖度低,且分布不均,是陆良县国家重点生态公益林保护工程和水土保持林基地建设的重点区域。林地功能以恢复森林植被、保持水土为主,通过封山育林、荒山造林等措施,重点建设水土保持林,适度发展以核桃为主的食用原料林。

## 4 林地功能分区保护利用措施

通过划分林地功能区,对各功能区林地保护利用实行分区施策,对不同森林类型、不同森林经营主体,实行不同的管理方式,促进林业生态和林业产业的协调发展。

表 2 林地功能区按乡(镇)面积统计

Tab. 2 Statistics of woodland areas by the township

统计单位	总计	林地功能分区				hm <sup>2</sup>
		西部水源涵养林功能区	中部防护林及特色经济林功能区	中南部水土保持林、速生丰产林及核桃产业发展功能区	东部石漠化治理功能区	
全县	77509.00	34512.94	2813.95	8001.19	32180.92	
板桥镇	5476.28	2503.33	253.65		2719.30	
大莫古镇	4624.77	158.97	153.38	4312.42		
芳华镇	11262.81	9559.06	1703.75			
华侨农场	25.63		25.63			
活水乡	10021.11				10021.11	
龙海乡	7151.59				7151.59	
马街镇	3206.17		205.99		3000.18	
三岔河镇	3011.87		12.58		2999.29	
小百户镇	25729.48	22028.79	11.92	3688.77		
召夸镇	6289.45				6289.45	
中枢镇	709.84	262.79	447.05			

### 4.1 西部水源涵养林功能区

本区域是陆良县国家重点生态公益林保护工程和水源涵养林基地建设的重点区域。县城居民生产生活、工业用水及县内中西部人畜饮水、农田灌溉等都受这一区域水源涵养状况以及地下开采径流的影响,其生态地位十分重要。严格保护现有的森林资源,以恢复植被和保护水源涵养林为目标,大力营造水源涵养林。实行封山育林,恢复和扩大森林植被,充分发挥水源涵养功能;促进沼气池建设和太阳能等能源建设;实行林粮间作,降低山区农民对森林资源的消耗;将退耕还林与农田水利建设和小流域治理相结合,改扩建蓄水坝,植树造林护坡;打造以“牛头山”为主的森林生态旅游产业;发展以核桃为主的木本食品及油料产业。

### 4.2 中南部水土保持林、速生丰产林及核桃产业发展功能区

本区域是陆良县的主要工业区,也是主要经济作物的主产区。以恢复植被,保持水土为目标,大力营造速生丰产林和经济林果;加快抓好工业园区环境绿化,降低对环境的污染;促进沼气池建设和太阳能等能源建设;实行林粮间作;将农田水利建设与小

(下转第 22 页)

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2014.02.005

## Excel 在导线测量计算中的应用

何如伟

(石屏县采伐林场,云南 石屏 662201)

**摘要:**阐述电子表格软件 Excel 在罗盘仪闭合导线测量、极坐标导线测量、测绳丈量中的数据输入、角度格式转换、平差及面积计算等方法及步骤,并列出了相应函数和公式。结果认为,用 Excel 处理数据具有直观、美观,易于输入和修改,工作效率高,便于导入 CAD 或 GIS 软件环境等优点。

**关键词:**Excel 应用;闭合导线测量;测绳丈量;极坐标导线测量;函数

中图分类号:S771.1;TP39 文献标识码:A 文章编号:1671-3168(2014)04-0017-06

## Application of Excel in Traverse Survey Calculation

HE Ru-wei

(Forest Logging Farm of Shiping County, Shiping, Yunnan 662201, China)

**Abstract:** This paper introduces the methods and process of Excel software in compass closed traverse measurement, polar coordinate traverse measurement, measuring data input, angle format conversion and area calculation, therefore, lists the corresponding functions and formulas. Results show that using Excel processing data has advantage of intuition, artistic, easy to enter and modify, high efficiency, easy to import CAD or GIS software environment and so on.

**Key words:** Excel application; closed traverse measurement; rope measuring; polar coordinates traverse; function

随着科学技术的发展,测量定位仪器从罗盘仪、经纬仪发展到了全站仪、GPS 到 RTK-GPS,制图也从过去繁琐的手工作图过渡到了用电子计算机软件如 Photoshop、Auto CAD、Arc GIS、MapGIS 等制图。

在林业上,由于行业条件限制,罗盘仪和皮尺丈量在小面积测量中还在应用。利用电子表格函数编写的工作表具有直观明朗、易于修改、美观、减少劳动强度和容易在电脑上作图的优点。笔者用电子表格(Excel)对闭合导线、极坐标、多边形丈量程序进行了尝试编写,可用增多笔记本电脑进行野外实时计算。

### 1 Excel 在闭合导线测量中的应用

#### 1.1 闭合导线测量数据

以图 1 所示的导线测量记录数据为例。闭合导线总长 200.78 m,导线闭合差 1.183 m,测量精度为 1/169。平差后的测量面积为 2 573 m<sup>2</sup>,各测站点的平差后的坐标如表 1 所示。按表 1 中的坐标,用 Auto CAD 或 ArcMap 软件绘制平面图后添加坐标系和测站标杆(图 2)。

#### 1.2 计算表的编制与应用

计算结果如图 3 所示。

收稿日期:2013-09-30.

作者简介:何如伟(1963-),男,云南石屏人,工程师。从事营造林规划设计工作。

表 1 罗盘仪闭合导线各测站坐标

Tab. 1 Compass closed traverse each station coordinates m

测站	平差坐标		CAD 绘图坐标
	X	Y	X,Y
0-0	0	0	0
0-1	143.98	29.94	14.98,29.94
1-2	43.27	44.07	43.27,44.07
2-3	58.87	36.36	58.87,36.36
3-4	68.67	22.20	68.67,22.20
4-5	65.64	1.18	65.64,1.18
5-6	54.24	-9.84	54.24,-9.84
6-7	35.71	-2.29	35.71,-2.29
7-8	21.40	-13.90	21.40,-13.90
8-0	0	0	0,0

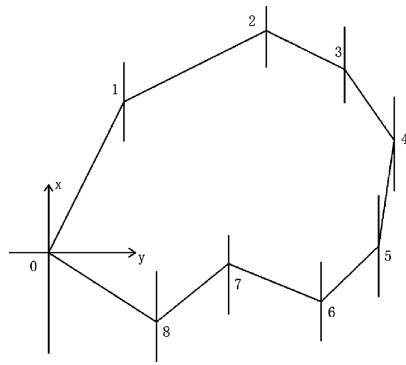


图 2 平面图

Fig. 2 Plan figure

	A	B	C	D
1	测站	斜距	竖角	磁方位角
2	0-0	0	0	0
3	0-1	34	8°	26° 40'
4	1-2	31.8	0°	63° 20'
5	2-3	17.5	5°	116° 00'
6	3-4	17.8	15°	145° 00'
7	4-5	22.5	20°	188° 00'
8	5-6	17	22°	228° 00'
9	6-7	20.5	13°	292° 30'
10	7-8	18.5	8°	231° 00'
11	8-0	25.5	0°	303° 20'

图 1 导线测量记录界面

Fig. 1 Traverse recording interface

1.2.1 输入数据方法

1) 首先考虑是视距测量或是斜距测量。斜距测量需要皮尺或测绳以及花杆, 视距测量只要水准尺(又称塔尺)。所以在输入数据项增加 B 列“斜距 0 视距 1”。斜距测量时输入 0, 转入视距测量输入 1。上述测量全部测站是斜距测量, 所以在 B 列都输入 0。

2) 在 D 列竖角与 E 列磁方位角中, 以小数形式代表角度单位, 小数点前整数单位为度, 小数点后两位代表分, 如 25°30'45" 用 25.3045 代表。所以把图 1 测量记录输入图 3 表中时应把角度输入变换为小数形式输入。

1.2.2 计算结果编制

1) 把观测角以度分秒为单位的格式转换为以度为单位的格式

在 Excel 里, 不能对以度分秒为单位的数据直接进行加减计算, 必须把度分秒的 60 进制转换为 10 进制, 所以在磁方位角 F8 单元格中输入公式“=INT(F8)+(INT(F8\*100)-INT(F8)\*100)/60+(F8\*10000-INT(F8\*100)\*100)/3600”, 回车, 然后用鼠标选中 F9 单元格, 按住右下角十字柄向下拖曳, 就把 E 列中所有的观测角以度分秒为单位的格式转换成了以度为单位的格式。同理, 在竖角 G8 单元格输入公式“=INT(D8)+(INT(D8\*100)-INT(D8)\*100)/60+(D8\*10000-INT(D8\*100)\*100)/3600, 将单元格复制到 G16, 就把单元格 D8~D16 的竖角从度分秒的小数格式转换为以度为单位的格式了。公式第一段 INT(F8), 是取整数部分“度”, 第二段 (INT(F8\*100)-INT(F8)\*100)/60 是把小数点后两位“分”除以 60 化成小数部分“度”, 第三段 (F8\*10000-INT(F8\*100)\*100)/3600, 是把小数点后三四位“秒”除以 3600 化成小数部分“度”。

2) 水平距

在单元格 H8 中输入“=IF(B8=0, ROUND(C8 \* COS(RADIANS(G8)), 2), IF(B8=1, ROUND(C8 \* (COS(RADIANS(G8))^2), 2))), 回车。把这个公式复制到 H9:H16, 并在单元格 H6 中输入求和公式 SUM(H8:H16), 就得到了各测站的水平距和合计水平距, 采用逻辑函数和反余弦函数对视距或斜距测量进行选择。

3) 测量坐标

在单元格 J8 输入 X 坐标公式“=ROUND(H8

罗盘仪闭合导线测量计算表															
输入数据								计算结果							
测站	斜距D (米)	竖角	磁方位角	磁方位角	竖角	水平距 (米)	平差后水平距 (米)	测量坐标 (米)		平差坐标 (米)		测量面积 (亩)	CAD绘图坐标 (米)	平差后面积 (亩)	
视距1	K	度.分秒	度.分秒	A(°)	C(°)	D		X	Y	X平	Y平				
合计	—	205.1	—	—	—	—	200.78	200.78	0.79	0.88	0	0	3.84	—	3.86
0-0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.98	0,0	0.97
0-1	0	34	8	26.4	26.67	8	33.67	33.43	15.11	30.09	14.93	29.94	1.47	14.93,29.94	1.45
1-2	0	31.8	0	63.2	63.33	0	31.8	31.62	43.53	44.36	43.27	44.07	0.7	43.27,44.07	0.69
2-3	0	17.5	5	116	116	5	17.43	17.4	59.2	36.72	58.87	36.36	0.12	58.87,36.36	0.11
3-4	0	17.8	15	145	145	15	17.19	17.22	69.06	22.64	68.67	22.2	-0.02	68.67,22.2	-0.01
4-5	0	22.5	20	183	183	20	21.14	21.24	66.12	1.71	65.64	1.18	0.21	65.64,1.18	0.22
5-6	0	17	22	226	226	22	15.76	15.86	54.78	-9.24	54.24	-9.84	0.04	54.24,-9.84	0.06
6-7	0	20.5	13	292.3	292.5	13	19.97	20.01	36.33	-1.6	35.71	-2.29	0.35	35.71,-2.29	0.37
7-8	0	18.5	8	231	231	8	18.32	18.43	22.09	-13.13	21.4	-13.9	-0.01	21.4,-13.9	0
8-0	0	25.5	0	303.2	303.3	0	25.5	25.52	0.79	0.88	0	0	0	0,0	0

图 3 计算结果界面

Fig. 3 Calculations interface

\* SIN(RADIANS(F8)),2),回车。把这个公式复制到 J9:J16,并在合计单元格 J6 中输入 X 坐标的闭合差“=J16”。X 坐标等于磁方位角 F8:F16 的正弦函数与水平距 H8:H16 的积。同理,用反余弦函数在单元格 K8 中输入 Y 坐标公式“=ROUND(H8 \* COS(RADIANS(F8)),2),并复制到 K16。K6 中输入 Y 坐标的闭合差“=K16”。

4) 测量面积

按测量坐标计算面积公式:

$$M = 1/2 \sum_{i=1}^n x_i (Y_{i+1} - Y_{i-1})$$

闭合导线图形面积是按以原点测站和后 2 个测站组成 n 个三角形的面积合计而得,面积原理通过纵横坐标增量相加减后底乘高除以 2 而来。在初值测站 N7 输入公式“=ROUND(0.5 \* K8 \* (J9-J7)/666.7,2)”,回车,选中单元格 N7,右下角出现十字光标时按住鼠标左键往下拖拽,把公式复制到 N16 单元格,同时,在 N6 单元格输入面积合计公式“ABS(ROUND(SUM(N7:N16),2))”。由于地磁影响造成测量绘图纵横坐标与数学平面纵横直角坐标方向相反,所以为了后续绘图方便,有意对计算表里的纵横坐标进行了颠倒。即 J 列 X 坐标相当于面积公式里的 Y 坐标,K 列 Y 坐标相当于面积公式里的 X 坐标。因为坐标在 I 象限以外是负数,故引用绝对值函数“ABS”。

5) 闭合差

在 P3 单元格输入公式“=ROUND((K6^2+J6^2)^0.5,3)”。导线闭合差按勾股定理等于测量坐标 X 和 Y 的平方和再开平方。

6) 测量精度

导线测量精度 M3 单元格“=1/INT(H6/P3)”。即导线总长 H6 除以导线闭合差 P3 后取整为分母,以 1 为分子的分数。一般闭合导线测量精度在 1/100 以上,重要导线在 1/200 以上。

7) 平差坐标

在 L8 单元格中输入公式“=ROUND(J8-(J6/\$H\$6)\*(SUBTOTAL(9,\$H\$7:H8)),2)”,回车。把公式下拖复制到 L16 单元格后,各测站平差后的 X 坐标就跃然纸上。同理,在 M8 单元格输入公式“=ROUND(K8-(K6/\$H\$6)\*(SUBTOTAL(9,\$H\$7:H8)),2)”,回车后,重选 M8 把公式复制到 M16 单元格,也计算出各测站平差后的 Y 坐标。用公式  $X = X_i - f_x/L * D_i$  说明如下: X→调整闭合差后的坐标;  $X_i$ →i 测站的 X 坐标;  $f_x$ →测量坐标 X 的闭合差; L→导线总长;  $D_i$ →i 测站到第 1 测站的水平距离。

8) 平差后的水平距离

在 I8 单元格中输入公式“=ROUND((M8^2+L8^2)^0.5,2)”,复制到 I9~I16 即得各测站平差后的水平距离。

9) 平差后的面积

在 P7 单元格输入“=ROUND(0.5 \* M8 \* (L9 -L7)/ 666.7,2)”,复制到 P8:P16 后,到合计行 P6 单元格填入“=ABS(ROUND(SUM (P7:P16),2))”,得到调整闭合差后的面积。

10) CAD 绘图坐标

把横纵坐标用英文逗号隔开就形成了“CAD 绘图坐标(m)”,如在 O7 内输入“=L7&","&M7”。将其整列复制到 CAD 多段线输入状态下,就自动绘制了以上图 2 的闭合导线平面图。若把“平差坐标(m)”2 列复制在新建工作表并添加序号后,进入 ArcMap10.0 (坐标系无带号状态)文件→添加数据→添加 XY 数据窗口就形成了各测站坐标点,事件点转点,点转线后也可形成图 2 的闭合导线平面图。在绘图软件上能查出各测站的水平距、坐标、总面积。

2 Excel 在极坐标导线测量中的应用

2.1 极坐标导线测量数据

以图 4 所示的极坐标测量记录数据为例,将表 4 中的坐标,用 AutoCAD 或 ArcMap 软件绘制罗盘仪极坐标导线平面图后添加坐标系和测站标杆,如图 5。

2.2 极坐标计算表的编制与应用

2.2.1 输入数据方法

将数据输入 Excel 后,计算结果如图 6 所示。图 6 中,数据项的竖角和磁方位角以小数形式输入。整数部分表示度,小数后两位表示分,小数后三四位表示秒。全部测站为斜距测量,故在 B 列选 0。

2.2.2 计算结果编制

与前述闭合导线计算表内输入法相同,在“十进制竖角”F5 单元格输入公式“=INT(D5)+(INT(D5 \* 100)-INT(D5) \* 100)/60+(D5 \* 10000-INT(D5 \* 100) \* 100)/3600,回车;又在“十进制磁方位角”H5 单元格输入公式“=INT(E5)+(INT(E5 \* 100)-INT(E5) \* 100)/60+(E5 \* 10000-INT(E5 \* 100) \* 100)/3600,回车。分别复制公式到 F6:F11 和 E6:E11 两列单元格。水平距 G5 单元格输入公式“=IF(B5=0,ROUND(C5 \* COS(RADIANS(D5)),2),IF(B5=1,ROUND(C5 \* (COS(RADIANS(D5))^2),2))),并复制到 G6:G11 列。X 坐标列 I5 单元格输入“=ROUND(G5 \* SIN(RADIANS(H5)),2),回车;Y 坐标列 J5 单元格输入“=ROUND(G5 \* COS(RADIANS(H5)),2),回车。

	A	B	C	D	E
1	测站	视距选1	斜距	竖角	磁方位角
2		斜距选0	(米)	度.分秒	度.分秒
3	0-1	0	33	5	311
4	0-2	0	17.7	0	21.3
5	0-3	0	9.7	10	107
6	0-4	0	21.8	6	206
7	0-5	0	34	0	247
8	0-6	0	31.8	15	280
9	0-1	0	33	5	311

图 4 极坐标导线测量记录界面

Fig. 4 Recording interface measuring by polar coordinate traverse

表 2 极坐标测量各测站坐标

Tab. 2 Each station coordinates measuring by polar coordinate

测站	X 坐标	Y 坐标	CAD 绘图坐标
0-1	-24.81	21.56	-24.81,21.56
0-2	6.49	16.47	6.49,16.47
0-3	9.13	-2.79	9.13,-2.79
0-4	-9.50	-19.49	-9.50,-19.49
0-5	-31.30	-13.28	-31.30,-13.28
0-6	-30.25	5.33	-30.25,5.33
0-1	-24.81	21.56	-24.81,21.56

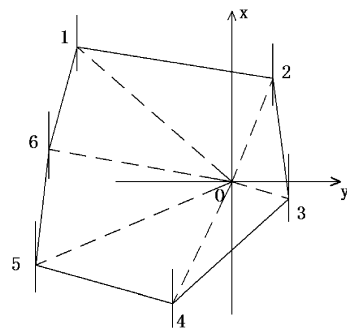


图 5 极坐标导线测量平面图

Fig. 5 Plan diagram measuring by polar coordinate traverse

分别选中 I5 和 J5 单元格,下拖复制公式到 I6:I11 和 J6:J11 单元格。在 2 列坐标之间用公式添加英文逗号形成“CAD 绘图坐标”,如在 K5 内输入“=I5&","&J5”。在面积 L6 单元格输入公式“=ABS(0.5 \* G5 \* G6 \* SIN(RADIANS(ABS(E6-E5))))”,



极坐标测量记录计算表												
输入数据					计算结果							备注
测站	视距边1 斜距边0 (米)	斜距 (米)	竖角 度.分秒	磁方位角 度.分秒	十进制 竖角	水平距 (米)	十进制 磁方位角	X坐标 (米)	Y坐标 (米)	CAD绘图坐标 (米)	面积 (亩)	
0-1	0	33	5	311	5	32.87	311	-24.81	21.56	-24.81, 21.56	合计1.87亩	角度输入
0-2	0	17.7	0	21.3	0	17.7	21.5	6.49	16.47	6.49, 16.47	273.87331	入表示:
0-3	0	9.7	10	107	10	9.55	107	9.13	-2.79	9.13, -2.79	84.279595	21.3表示
0-4	0	21.8	6	206	6	21.68	206	-9.5	-19.49	-9.5, -19.49	102.24747	21度30分
0-5	0	34	0	247	0	34	247	-31.3	-13.28	-31.3, -13.28	241.79712	
0-6	0	31.8	15	280	15	30.72	280	-30.25	5.33	-30.25, 5.33	284.43229	
0-1	0	33	5	311	5	32.87	311	-24.81	21.56	-24.81, 21.56	260.03407	

图 6 计算结果界面  
Fig. 6 Results in interface

回车后下拉复制到 L7:L11 单元格。最后在“面积(亩)”L5 合计内输入公式“=“合计”&ROUND(SUBTOTAL(9, L6:L11)/667, 2)&”亩”, 回车后就算出了总面积。极坐标面积计算公式:  $S = 1/2 bc \sin A$ , 累加各三角形面积即得。注:bc 指三角形任意两边, A 指两磁方位角的夹角。已知三角形任意两边及其夹角求面积。

### 3 Excel 在测绳丈量中的应用

不规则的林地可以以三角形、矩形、梯形划整为零, 现地敲桩画好草图和做好记录。测绳丈量记录结果表如图 7 所示; 根据记录用 Autocad 软件绘图如图 8 所示。坡地丈量时用测高器、水准或目估竖角, 在图 9 的 Excel 表中添加 M7 列(斜距)、N7 列(竖角)、O7 列(水平距), 在 O7 用公式  $ROUND(M7 * \cos(\text{RADIANS}(N7)))$  计算出水平距再输入本程序表。根据丈量三角形三边、矩形长宽、梯形上下底高的记录分别进行带入 Excel 输入函数计算。

测绳丈量后 Excel 计算表如图 9 所示。

在实地用测绳丈量前, 先粗略估计一下用什么形状测量, 用临时木桩、土块、石头等把转角点插上或支砌, 在书本上做好块的编号和画好草图, 然后用测绳丈量做好如图 7 中 A1 到 F18 的记录。丈量完毕后, 根据记录建立如图 9 的 Excel 计算表。

在图 9 的计算表 B7 到 B13 单元格, 点击 Excel 窗口工具数据→有效性→设置→允许下拉菜单三角按钮后选择→系列, 在来源下框中输入图形名称, 中

间用英文逗号隔开, 确定。这样点击黑三角按钮选择所需计算的图形, 在右边 C7:CJ13 单元格填上相对应的距离。在 K7 单元格输入公式“=IF(B7=”按三边求三角形面积”, ROUND(SQRT(((C7+D7

序号	形状	名称	代码	距离(米)	面积
1	菱形	边长	BC	14	0.29亩
2	三角形	边长	A BC	18.47m	0.1亩
3	梯形	上底	CD	9.5	0.78亩
4	梯形	下底	SD KJ	18.5	
5	梯形	高	XD CG	29.5	
6	三角形	边长	H JM	21.63	0.13亩
7	三角形	边长	A CD	19	
8	三角形	边长	B DE	10.2	0.48
9	三角形	边长	C CE	25.55	
10	三角形	边长	D CG	29.5	0.1亩
11	三角形	边长	H NE	21.58	
12	三角形	边长	A EF	14.45	0.72亩
13	三角形	边长	B FG	13.95	
14	三角形	边长	C EG	26.77	2.60亩
15	平行四	边长	BC HI	30	
16	边形	边长	BK GO	16	
17	累计				

图 7 丈量记录界面  
Fig. 7 Measurement recording interface

+E7)/2) \* ((C7+D7+E7)/2-C7) \* ((C7+D7+E7)/2-D7) \* ((C7+D7+E7)/2-E7))/10000 \* 15, 2), IF(B7=”按矩形求面积”, ROUND(F7 \* G7/10000 \* 15, 2), ROUND(IF(B7=”按梯形求面积”, (H7+I7) \* J7/2)/10000 \* 15, 2))), 回车。把公式复制到 K8: K13 单元格, 这样各分割块的面积就算出来了。最后在 K6 单元格输入“=SUM

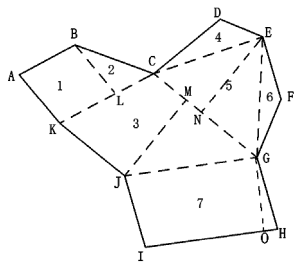


图 8 丈量平面图

Fig. 8 Measurement plan

用测绳丈量面积程序表										
(单位:米)										
序号	图形名称	三角形三边长			矩形、平行四边形		梯形			面积
		边长	边长	边长	长(底)	宽(高)	上底	下底	高	
		A	B	C	L	K	S	X	H	亩
1	合计									2.60
2	按三边求三角形面积	18.5	14	9.5						0.29
3	按梯形求面积						18.5	29.5	21.63	0.78
4	按三边求三角形面积	19	10.2	25.6						0.13
5	按梯形求面积						29.5		21.58	0.48
6	按三边求三角形面积	14.5	14	26.8						0.10
7	按矩形求面积				30	16				0.72

图 9 丈量计算界面

Fig. 9 Measure calculated interface

(K7:K13),合计面积就出来了。

### 4 结语

应用 Excel 编制导线测量计算表,突出了电子表格所见即所得、美观、快捷、大众化应用的风格,一旦把计算表做好,则一劳永逸,自然形成了一个带有函数公式的模板程序。若以后工作中测站较多,增加行数把公式和相关数据选中下拉复制便可。通过复制“CAD 绘图坐标(m)”,在 AutoCAD 选择“多段线”工具输入,就可一步到位自动画出平面图形。也可把坐标复制到另外一张工作表,在 ArcMap10.0 文件→添加数据→添加 XY 数据,把坐标点添加成事件点,再把事件点转点新建直线连接也可形成平面图。在测量时若把关键点用 GPS 定点后,在计算表坐标内再加上 GPS 坐标,就可把平面图落实在地形图上。

### 参考文献:

[1] 舒明灿. CASIO fx-180,3600 程序集[Z]. 贵州省林业调查规划院,1985.  
 [2] Explorer 联机网络[OL].

(上接第 16 页)

流域治理相结合,改扩建蓄水坝,植树造林护坡;打造云新核桃产业示范园区;打造湿地生态旅游区;打造绿色环保工业园区;建设城市垃圾、工业废弃物处理的环保产业区。

### 4.3 中部防护林及特色经济林功能区

本区域分布在南盘江两岸,特点是地势平坦、土层深厚肥沃、土壤质地好、灌溉条件优越,是陆良县的主要农业生产基地,民间传统的手工业生产区,全县 65%以上的人口居住在这一区域。严格保护现有的四旁绿化成果,加快村庄、道路、河堤的绿化步伐,营造速生丰产特色经济林,抓好绿化苗圃地的规范化建设,大力发展沼气、太阳能等生态建设;打造白水塘万亩湿地保护建设工程,打造湿地生态旅游区;发展以水果为主的特色经济林产业。

### 4.4 东部石漠化治理功能区

本区域的特点是石漠化程度严重,岩溶渗透性强,地下水位低,蓄水保水性差,森林植被覆盖低,植物类型单一,人工造林难度大且保存率低,每逢降雨,便形成水土流失。由于该区域生态地位的特殊

性,决定其是陆良县国家重点生态公益林保护工程和水土保持林基地建设的重点区域。实行封山育林,恢复和扩大森林植被;发展沼气池建设和太阳能、风能建设;实行林粮间作;采取工程治理和生物治理相结合,梯田化建设、植树造林护坡;积极培育退耕还林后续产业,巩固和扩大退耕还林成果。打造以“五峰山国家级森林公园”为主的森林生态旅游产业;建设绿色环保的风力发电产业;发展以核桃为主的木本食品及油料产业。

### 参考文献:

[1] 陆良县林业局区划办公室. 陆良县林业区划[M]. 陆良:云南省建总公司印刷所,1989.  
 [2] 云南省林业调查规划院. 陆良县林地保护利用规划(2010~2020 年)[Z]. 2013.  
 [3] 国家林业局. 全国林地保护利用规划纲要(2010~2020 年)[S]. 2010.  
 [4] 国家林业局. 县级林地保护利用规划编制技术规程[S]. 2010.

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2014.02.006

## 腾冲县天然林景观格局垂直梯度分析

王天灿<sup>1</sup>, 舒相才<sup>2</sup>, 黄维金<sup>2</sup>, 龚成朝<sup>2</sup>

( 1. 高黎贡山国家级自然保护区保山管理局腾冲分局, 云南 腾冲 679100; 2. 腾冲县林业局, 云南 腾冲 679100 )

**摘要:**基于腾冲县 1:50 000 数字化地形图和森林资源二类调查小班图层, 利用 Arcmap 10.0 处理矢量数据、Fragstats 4.1 计算景观格局指数、Excel 进行数据统计和图表制作, 将腾冲县天然林景观分为 29 个海拔带, 选择景观面积、类型面积、面积比例和斑块丰富度 4 个景观格局指数对天然林景观的垂直梯度变化进行了分析。结果表明:景观面积随海拔梯度先增大后减小, 中等海拔梯度天然林面积大, 低海拔和高海拔梯度天然林面积小; 不同海拔梯度天然林的主要森林类型不同, 海拔 2 900 m 以下和 3 300 m 以上变化较缓和, 2 901~3 300 m 范围内变化较剧烈; 不同海拔梯度的优势森林类型不同, 海拔 1 400 m 以下是云南松林, 1 401~3 100 m 是栎类林, 3 101 m 以上是竹林; 不同森林类型的适宜分布海拔梯度不同; 中等海拔梯度分布的森林类型较多, 低海拔和高海拔分布的森林类型较少; 海拔 2 300 m 以下的天然林受人为干扰比较严重。

**关键词:**天然林; 景观格局; 海拔梯度; 森林类型; 腾冲县

中图分类号:S757.1;Q149 文献标识码:A 文章编号:1671-3168(2014)04-0023-08

## Vertical Gradient Analysis on Natural Forest Landscape Pattern in Tengchong County

WANG Tian-can<sup>1</sup>, SHU Xiang-cai<sup>2</sup>, HUANG Wei-jin<sup>2</sup>, GONG Cheng-chao<sup>2</sup>

(1. Tengchong Sub-bureau, Gaoligongshan National Nature Reserve Administration Baoshan Bureau, Tengchong, Yunnan 679100, China; 2. Forestry Bureau of Tengchong County, Tengchong, Yunnan 679100, China)

**Abstract:** Based on the 1:50 000 digital topographic map of Tengchong County and the sub-compartment coverage of second class investigation on forest resource, using Arcmap processing vector data, Fragstats computing landscape indices, Excel statistical data and charts, the natural landscape of Tengchong County is divided into 29 elevation belts, select the four landscape indices of landscape area, the type of area, area ratio and plaque richness for vertical gradient natural landscape analysis. The results showed that: landscape area increases first and then decreases with elevation gradient increases, middle-elevation gradient natural forest area is large, while low-altitude and high-altitude gradient natural forest area are small; major forest types of natural forests at different altitudes are different. It changes moderate at altitude 2900 m or less and 3300 m above but more intense within 2901~3300m range. The advantage forest types of different altitudes are different. Yunnan pine is below elevation of 1400m, oak forest is be-

收稿日期:2013-11-25.

作者简介:王天灿(1968-),男,工程师。主要从事生物多样性及自然保护工作。Email:wangtc-7@126.com

通信作者:舒相才(1973-),男,工程师。主要从事森林资源调查、培育和林业项目管理工作。Email:yntc\_sxc@139.com

tween elevation 1401~3100m, and bamboo above 3101m. The appropriate distribution altitude gradients of different types of forest are different. Forest types distribute with moderate elevation gradient are more than at low-elevation and high altitude. The natural forest at altitude less than 2300m is affected more seriously by human disturbance.

**Key words:** natural forest; landscape pattern; elevation gradient; forest types; Tengchong County

天然林又称自然林,分原始林和次生林<sup>[1]</sup>,是由天然下种、人工促进天然更新或萌芽形成的森林,其特点是环境适应力强,森林结构分布较稳定,但生长时间长,地带性植被比较脆弱<sup>[1]</sup>。天然林是我国森林资源的主体<sup>[2-3]</sup>,是森林生物有机体与无机环境之间密切联系的综合体,是自然界十分广泛和复杂的能量转移与物质循环的功能系统<sup>[2]</sup>,是自然界中功能最完善的资源库、基因库、蓄水库、贮碳库和能源库<sup>[4]</sup>,在保障生态安全、维护生态平衡、提高环境质量、保持水土、涵养水源、防止荒漠化、保持生物多样性、促进经济社会可持续发展等方面有着人工林无可替代的作用。地形因子通过影响光、热、水、土的分布状况,间接影响着植被的分布<sup>[5]</sup>,喻庆国等<sup>[6-8]</sup>对云南糯扎渡自然保护区植被分布的研究表明,高程、坡向对植被分布具有重要影响。岳刚<sup>[5]</sup>、郭烁<sup>[9]</sup>、郭晋平<sup>[10]</sup>、孔繁花<sup>[11]</sup>的研究也表明,山地类型、海拔、坡向、坡位、坡度等地形因子是森林景观镶嵌格局的控制因素,其中海拔是影响森林垂直分布的主要原因。陆地生态系统中海拔高度的变化会带来局部地区生境的变化,从而形成植物群落的垂直性分布,这是形成陆地植物多样性的一个重要原因<sup>[12]</sup>。植物群落的垂直分布导致了天然林的垂直分布。

景观格局是由自然或人为形成的,一系列大小、形状各异,排列不同的景观要素共同作用的结果,是各种复杂的物理、生物和社会因子相互作用的结果<sup>[13]</sup>。腾冲县最低海拔 930 m,最高海拔 3 780 m,高差达 2 850 m<sup>[14]</sup>,自然植被从低到高依次为沟谷季风常绿阔叶林、山地季风常绿阔叶林、亚热带湿性常绿阔叶林和亚热带针叶林、云南铁杉林、冷杉林、亚高山灌丛草地<sup>[14]</sup>,天然林随海拔高度变化的现象十分明显。物种多样性的海拔梯度格局及其影响因子是物种多样性保护的基本问题,一直备受生态学家关注<sup>[15]</sup>。研究天然林景观格局的垂直梯度,目的在于掌握天然林沿海拔梯度的分布规律,为制定适宜的天然林保护与管理策略,加强生物多样性保护提供科学依据。

## 1 研究区概况

腾冲县位于云南省西南部,高黎贡山西麓,地处东经 98°05'~98°46',北纬 24°38'~25°52',境内最高峰海拔 3 780 m,最低海拔 930 m,高差达 2 850 m,年均温 14.7℃,年均降雨量 1 425.4 mm,年均相对湿度为 79%,年日照时间 2 176 h<sup>[14]</sup>。全县总面积为 570 088 hm<sup>2</sup>,其中林业用地 440 572.86 hm<sup>2</sup>(有林地 401 673.15 hm<sup>2</sup>),非林地 129 534.57 hm<sup>2</sup>,森林覆盖率 70.7%。天然分布的森林树种主要有云南松、华山松、铁杉、冷杉、旱冬瓜、桦木、栎类以及其它多种阔叶树。腾冲县生物多样性极为丰富,约有高等植物 2 000 多种(含未采集植物),野生动物有兽类 7 目 21 科、鸟类 14 目 42 科、昆虫 11 目 80 科,被称为“哺乳动物祖先诞生分化的发源地”、“雀界雉类和鸟类的乐园”、“原始动物得以保存的避难所”<sup>[14]</sup>。

## 2 研究数据与方法

### 2.1 研究数据

主要以腾冲县 1:5 000 数字化地形图和 2006 年腾冲县森林资源规划设计调查小班图层为依据。

### 2.2 研究方法

#### 2.2.1 森林类型划分

景观要素是景观生态学研究的基本单元,对景观要素的划分是进行景观结构和功能研究的基础。森林景观类型的划分应以森林景观的外在特征为依据,这些景观特征因子包括:①景观的尺度;②景观嵌块体特征;③基质的形状、大小和色调<sup>[16]</sup>。本研究基于森林资源二类调查数据,以地类、优势树种(组)为主要依据,把腾冲县天然林景观划分为 11 种森林类型:针阔混交林、云南松林、华山松林、铁杉林、冷杉林、栎类林、旱冬瓜林、硬阔林、软阔林、其它阔叶林、竹林。

#### 2.2.2 高程带划分

通常情况下,在山区,海拔每升高 100 m,年均温约下降 0.5~0.6℃,一般以高差 100m 来划分高

程梯度<sup>[6,8]</sup>。本研究以 100 m 为基数带,结合腾冲县海拔高差的实际情况,把 930~1 000 m 和 3 701~3 780 m 分别划分为一带,把腾冲县海拔梯度划分为 29 带,详见表 1 所示。

表 1 海拔梯度划分结果

海拔梯度	海拔范围	海拔梯度	海拔范围	海拔梯度	海拔范围
1	930~1000	11	1901~2000	21	2901~3000
2	1001~1100	12	2001~2100	22	3001~3100
3	1101~1200	13	2101~2200	23	3101~3200
4	1201~1300	14	2201~2300	24	3201~3300
5	1301~1400	15	2301~2400	25	3301~3400
6	1401~1500	16	2401~2500	26	3401~3500
7	1501~1600	17	2501~2600	27	3501~3600
8	1601~1700	18	2601~2700	28	3601~3700
9	1701~1800	19	2701~2800	29	3701~3780
10	1801~1900	20	2801~2900		

### 2.2.3 矢量数据处理

1) 在 Arcmap 中加载 2006 年森林资源二类调查小班图层,从中提取出天然林小班,按景观要素分类方法进行赋值,再把景观要素分类相同的相邻小班合并,转换成 ArcGRID 格式的天然林景观图。

2) 在 Arcmap 中加载数字地形图,生成不规则三角网(TIN),然后转换成 ArcGRID 格式的 DEM。

3) 按上述梯度划分方法,利用重分类功能生成 29 个海拔带的分带图。

4) 把海拔带分带图与天然林景观图叠加分割,制成按 29 个海拔带的天然林景观图,并根据腾冲实际和研究目标选择景观面积(TA)、类型面积(CA)、面积比例(PLAND)、斑块丰富度(PR)4 个景观格局指数,导入 Fragstats 4.1 景观格局分析软件分别计算各海拔带的景观格局指数,在 Excel 中进行统计分析和制图。

## 3 结果与分析

### 3.1 景观面积高程梯度分析

各高程带分森林类型面积计算结果见表 2、表 3,在 Excel 中绘制天然林景观面积和不同森林类型面积比例的高程梯度变化图如图 1。

#### 3.1.1 景观面积组成情况

从表 2、表 3 可以看出,腾冲县天然林总面积为

336 464.91hm<sup>2</sup>,按面积比例从大到小依次是栎类林(37.46%)>其它阔叶林(24.05%)>云南松林(16.56%)>针阔混交林(9.6%)>旱冬瓜林(5.88%)>硬阔林(2.57%)>竹林(2.09%)>冷杉林(0.72%)>软阔林(0.4%)>华山松林(0.34%)>铁杉林(0.33%)。栎类林、其它阔叶林、云南松林总面积为 262 656.36 hm<sup>2</sup>,占腾冲县天然林总面积的 78.07%,是组成天然林的主体,这与天然林分布状况基本一致。由于森林资源规划设计调查对树种分类要求不高,按树种组分类后,栎类林、其它阔叶林的树种比较复杂,适宜生长的环境也较为广泛,因此这 2 类森林连片面积大、分布范围较广,在 1 梯度(901~1 000 m)到 27 梯度(3 501~3 600 m)均有分布,因此面积比例最大,云南松林虽然仅分布在 1 梯度到 22 梯度(3 001~3 100 m)之间,但它是腾冲县中低海拔地区分布最广泛的暖性针叶林,在中低海拔地带面积比例也很大。

#### 3.1.2 景观面积垂直梯度分析

从图 1(a)看出,腾冲县天然林景观面积随着高程梯度的增加先增大后减小,是一条左偏的正态分布曲线,峰值出现在 12 梯度(2 001~2 100 m),这主要是由于行政界线的影响,低海拔地带国土面积较小,而高海拔地带多处于山体上部,国土面积也较小所致。

#### 3.1.3 景观面积组成的垂直梯度分析

从表 2、表 3 可以看出,面积大于 10%的森林类型,1~6 梯度(1 500 m 以下)有云南松林、栎类林、其它阔叶林、针阔混交林,7~13 梯度(1 501~2 200 m)有云南松林、栎类林、其它阔叶林,14~17 梯度(2 201~2 600 m)有栎类林、其它阔叶林,18~20 梯度(2 601~2 900 m)有栎类林、其它阔叶林、针阔混交林,21 梯度(2 901~3 000 m)有栎类林、其它阔叶林、针阔混交林、硬阔林,22 梯度(3 001~3 100 m)有栎类林、其它阔叶林、针阔混交林、硬阔林、竹林,23 梯度(3 101~3 200 m)有栎类林、其它阔叶林、针阔混交林、硬阔林、竹林、冷杉林,24 梯度(3 201~3 300 m)有针阔混交林、硬阔林、竹林、冷杉林,25~27 梯度(3 301~3 600 m)有竹林、冷杉林,28~29 梯度(3 601~3 780 m)仅有竹林。

#### 3.1.4 优势森林类型的垂直梯度分析

从表 2、表 3 可以看出,不同海拔梯度上优势森林类型不同,1~5 梯度(1 400 m 以下)是云南松林,6~16 梯度(1 501~2 500 m)是栎类林,17 梯度(2 501~2 600 m)是其它阔叶林,18~22 梯度(2 601

表 2 栎类林、其它阔叶林、云南松林、针阔混交林、旱冬瓜林面积

Tab. 2 Area of oak forest, other broad-leaved forest, Yunnan pine forest, mixed needle forest and *Alnus nepalensis* forest  $\text{hm}^2$

高程梯度	合计	栎类林	其它阔叶林	云南松林	针阔混交林	旱冬瓜林
1	90.63	9.63	14.49	52.74	13.77	
2	607.70	77.49	142.57	290.79	84.43	12.42
3	1330.08	220.24	353.09	530.38	168.05	58.05
4	2463.14	449.57	585.84	1015.66	312.25	83.44
5	5592.97	1472.19	1328.56	1687.43	924.6	145.27
6	8580.40	3136.9	2014.76	2005.13	1169.16	222.86
7	14776.54	5559.16	3136.3	4347.13	1361.06	264.26
8	17160.15	6467.03	3678.49	4432.09	1682.32	560.29
9	22878.98	7424.76	4662.87	7167.04	2107.62	1033.55
10	29128.18	9288.82	6348.21	8563.95	2556.15	1828.76
11	32732.47	11505.61	6478.63	8140.31	3145.81	2880.68
12	34057.02	13240.15	6775.37	6708.49	3110.89	3631.07
13	32353.09	14413.08	7584.17	4355.59	2470.37	2891.30
14	28105.06	13206.5	7662.65	2475.65	1953.79	2130.10
15	21713.38	9887.17	6765.11	1461.79	1412.37	1481.06
16	16946.57	6916.51	5986.84	1097.92	1074.74	1009.34
17	13549.71	4965.14	4970.78	771.31	1091.03	680.90
18	11514.37	4479.03	3874.70	405.99	1292.84	373.89
19	10454.48	4316.48	3037.84	152.28	1382.4	254.54
20	9061.12	3744.96	2193.05	35.82	1461.97	165.97
21	7318.17	2593.72	1482.38	8.37	1430.73	62.82
22	5910.29	1674.07	1019.57	1.62	1116.41	18.72
23	4069.40	774.93	528.87		650.15	5.13
24	2578.28	184.15	184.33		270.93	
25	1928.17	29.97	80.82		55.09	
26	1055.70	4.59	15.66		10.35	
27	396.00	0.09	0.99			
28	105.57					
29	7.29					
合计	336464.91	126041.94	80906.94	55707.48	32309.28	19794.42

~3 100 m) 是栎类林, 23~29 梯度(3 101 m 以上) 是竹林。在腾冲, 其它阔叶林与栎类林的分布范围相近, 但其它阔叶林一般都比栎类林要少, 17 梯度其它阔叶林的比例仅比栎类林多 0.05%, 极可能是数据处理中的误差, 可以认为 6~22 梯度的优势森林类型均为栎类林, 这样更符合腾冲县天然林的特征。

### 3.2 各森林类型面积比例的垂直梯度分析

#### 3.2.1 栎类林的垂直梯度分析

从表 2 和图 1(b) 可以看出, 栎类林面积为

126 041.94  $\text{hm}^2$ , 分布在 1~27 梯度(3 600 m 以下) 面积比例随海拔梯度的变化呈波浪形, 在 8、14、20 处分别出现 3 个峰值, 最大值出现在 14 梯度(2 201~2 300 m, 46.99%), 几乎占该梯度的一半, 在 6~21 梯度(1 401~3 000 m) 比例均在 30% 以上, 总面积 121 145.04  $\text{hm}^2$ , 占栎类林面积的 96.11%, 这说明该梯度范围是栎类林的适宜分布范围, 这主要是因为向下云南松林较多, 向上铁杉、冷杉、竹林面积较大, 压缩了栎类林的分布范围。

表 3 硬阔林、竹林、冷杉林、软阔林、华山松林、铁杉林面积

Tab. 3 Area Hard broad forest, fir forest, bamboo forest, soft broad forest, bamboo forest, Huashan pine, hemlock forest  $hm^2$

高程 梯度	硬阔林	竹林	冷杉林	软阔林	华山松林	铁杉林
1						
2						
3				0.27		
4	9.00			7.38		
5	6.21			28.71		
6	8.46	0.81		22.32		
7	68.94	2.88		33.21	3.60	
8	174.24	4.95		155.79	4.95	
9	177.93	2.97		180.45	121.79	
10	133.74	1.35		200.61	206.59	
11	205.92	1.44		158.67	215.40	
12	285.57	3.60		157.77	144.11	
13	320.67	14.49		127.17	176.25	
14	370.62	56.7		115.11	133.94	
15	467.01	77.67		74.43	86.41	0.36
16	640.89	118.80		40.32	51.85	9.36
17	779.40	203.04		17.01	12.87	58.23
18	834.21	150.03	2.61	0.72		100.35
19	856.35	249.21	25.47			179.91
20	822.96	340.92	67.14			228.33
21	784.44	559.35	184.59	1.35		210.42
22	739.08	719.10	406.35	2.79		212.58
23	526.77	969.93	508.23	11.07		94.32
24	293.94	1150.38	479.07	1.26		14.22
25	114.57	1207.71	440.01			
26	21.78	745.38	257.94			
27		345.33	49.59			
28		99.54	6.03			
29		7.29				
合计	8642.70	7032.87	2427.03	1336.41	1157.76	1108.08

3.2.2 其它阔叶林的垂直梯度分析

从表 2 和图 1(c) 可以看出,其它阔叶林面积 80 906.94  $hm^2$ ,分布在 1~27 梯度(3 600 m 以下),面积比例随海拔梯度的升高先增加。14 梯度以下,在 15%~28%之间波动,然后随海拔梯度先增加后减少,峰值现出在 17 梯度(2 501 ~ 2 600 m,

36.69%)。3~14 梯度的海拔范围是 1 101~2 300 m,是居民点最多、人为干扰最严重的海拔梯度范围,由于其它阔叶林经济价值较低,毁坏得比栎类林更严重,导致其面积比例在 3~14 梯度波动较大。如果没有人为干扰,该梯度范围的其它阔叶林面积应该在 25%以上,因此,3~19 梯度(1 101~2 800 m)应该是其它阔叶林适宜分布的海拔范围,该区域其它阔叶林面积达 75 244.21  $hm^2$ ,占其它阔叶林面积的 93%。

3.2.3 云南松林的垂直梯度分析

从表 2 和图 1(d) 可以看出,云南松林峰值出现在 1 梯度,在 1、2 梯度面积比例超过 45%,除 3~12 梯度(1 101~2 100 m)在 19%~42%间波动外,总体呈随海拔升高而下降的趋势,在 23 梯度(含 23 梯度)以上没有分布。云南松林是腾冲县分布最广泛的暖性针叶林,分布在海拔 3 100 m 以下,在 2 100 m 以下面积比例在 19%以上,在 13 梯度(2 101~2 200 m)急剧下降,仅为 13.46%,说明云南松在腾冲县的适宜分布范围是 2 100 m 以下,与其它阔叶林一样,在 1 101~2 100 m 范围内受人为干扰比较严重,导致面积比例波动较大。

3.2.4 针阔混交林的垂直梯度分析

从表 2 和图 1(e) 可以看出,针阔混交林的面积比例曲线先随海拔升高而降低,但波动较大,在 16 梯度现出转折,随海拔升高出现上升趋势,21 梯度后又下降,在 1~8 梯度和 18~24 梯度均超过 10%,在 21 梯度最大,达 19.55%,27 梯度以上没有分布。中低海拔地带是云南松的适生区域,由云南松与阔叶树种形成的针阔混交林较多。随云南松的减少,这种混交林也逐渐减少,高海拔地带不是云南松的适生区域,云南松很少形成纯林,加之高海拔地带铁杉、冷杉等树种与阔叶树种形成新的针阔混交林,导致针阔混交林比例上升。由于低海拔地带人为干扰也比较严重,因此针阔混交林的比例波动较大。

3.2.5 旱冬瓜林的垂直梯度分析

从表 2 和图 1(f) 可以看出,旱冬瓜林分布在 2~23 梯度,面积比例均在 11%以下,2~9 梯度在 5%以下波动,10~17 梯度超过 5%,12 梯度达到最大值(10.66%)。旱冬瓜林是镶嵌分布在其它森林类型中的落叶阔叶林,在腾冲县分布在海拔 3 200 m 以下地区。20 世纪 90 年代以来,由于旱冬瓜市场价值较高,已受到严重的破坏,但从其它面积比例变化曲线上还是可以看见,10~17 梯度(1 801~2 600 m)

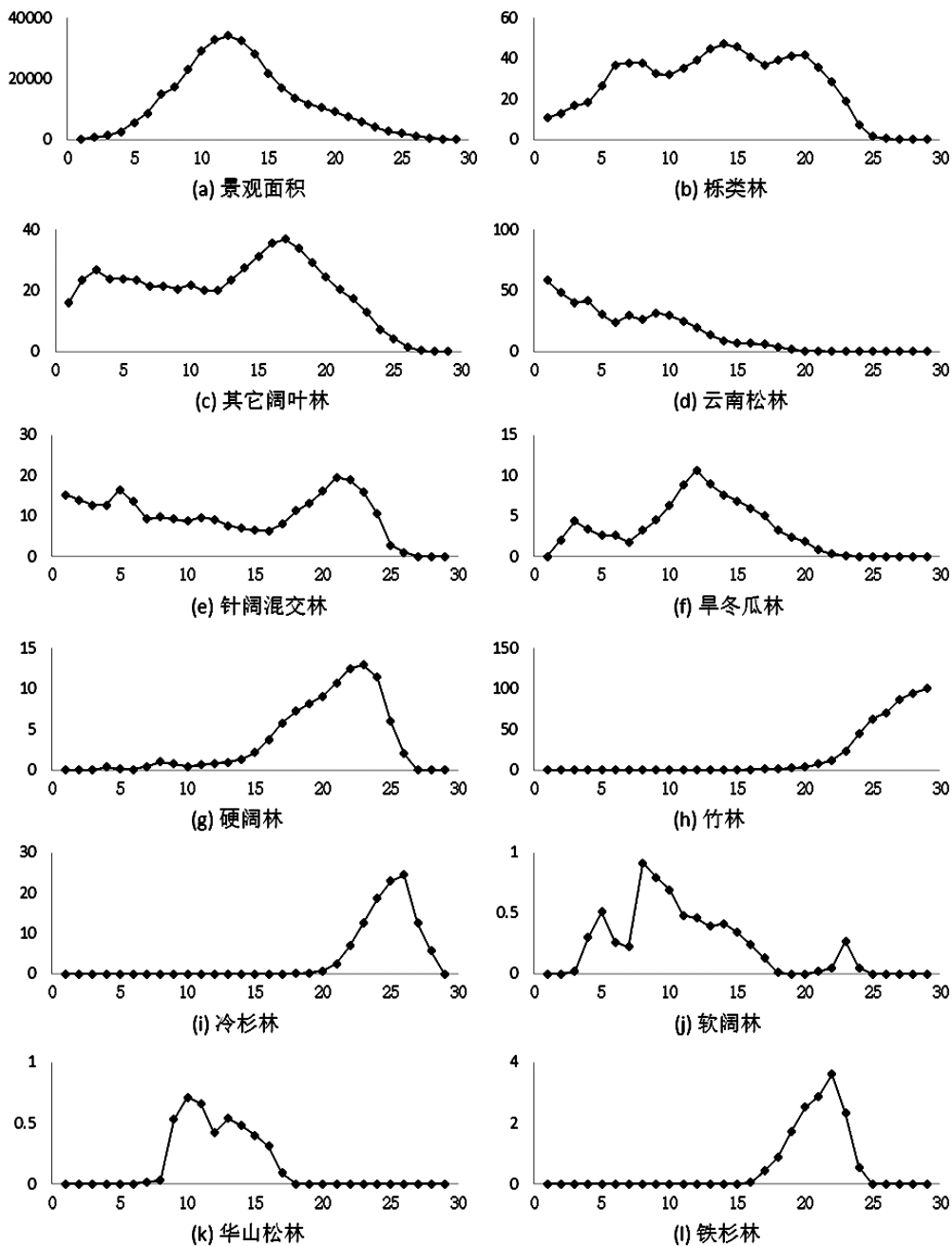


图 1 景观面积和森林类型面积比例高程梯度变化

Fig. 1 Proportion gradient change of landscape area and forest type area

是其适生范围,还残存着较大比例的天然旱冬瓜林。

3.2.6 硬阔林的垂直梯度分析

从表 3 和图 2(g)可以看出,硬阔林分布在 4~26 梯度,先随海拔升高而增加,在 13 梯度以下有所波动,峰值出现在 23 梯度(12.94%),17~25 梯度均超过 5%。说明其适生范围在 2 501~3 400 m,在其它梯度分布较少,13 梯度以下受人为干扰较严重。

3.2.7 竹林的垂直梯度分析

从表 3 和图 2(h)可以看出,竹林分布在 6~29 梯度,随海拔的升高面积比例增加,在 18 梯度以下有所波动,24 梯度以下开始超过 40%,29 梯度则为 100%。中低海拔地带,由于乔木树种占优势,竹类一般只在林冠下生长,不能形成竹林。随着海拔的升高,乔木树种逐渐减少,竹类逐渐成为优势树种,占据林地上层形成竹林。海拔 3 201 m 以上是竹林



的适生范围,竹林成为该梯度天然林最重要的组成部分。

### 3.2.8 冷杉林和铁杉林的垂直梯度分析

从表 3 和图 2(i,j)可以看出,冷杉林分布在 18~28 梯度(2 601~3 700 m),随海拔的升高先增加后降低,峰值出现在 26 梯度(24.43%)。23~27 梯度超过 10%,总面积为 1 734.84 hm<sup>2</sup>,占冷杉林总面积的 71.48%,是冷杉林的适宜分布范围。铁杉林分布在 16~24 梯度(2 401~3 300 m),在该海拔范围的面积比例在 0.06%~3.6%,随海拔梯度的升高面积比例先增加后减小,峰值出现在 22 梯度(3 001~3 100 m,3.6%)。20~23 梯度面积比例大于 2%,总面积为 745.65 hm<sup>2</sup>,占铁杉林总面积的 67.29%,是铁杉林的适宜分布范围。冷杉林和铁杉林是腾冲县高海拔地带分布的温性针叶林,铁杉林分布的海拔较冷杉林稍低。由于它们分布在海拔较高的山体中上部,大部分属于自然保护区和国有林,集体林中几乎没有铁杉林和冷杉林,因此它们受到的人为干扰较小。

### 3.2.9 软阔林和华山松林的垂直梯度分析

从表 3 和图 1(k,l)可以看出,软阔林和华山松林均属于面积比较小的森林类型,面积比例在所有海拔梯度上均不足 1%。软阔林分布在 3~24 梯度(1 101~3 300 m),华山松林分布在 7~17 梯度(1 501~2 600 m),软阔林在 2 200 m 以下波动较大,华山松林在 2 200 m 以下也有一定波动,说明 2 200 m 以下人为干扰比较严重。

### 3.3 景观丰度的垂直梯度分析

利用 Fragstats 4.1 计算的斑块丰富度在 Excel 中制成图 2。

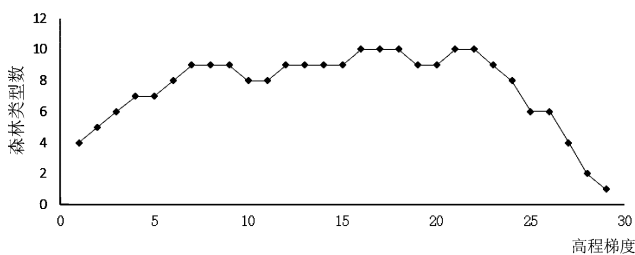


图 2 景观丰富度随高程梯度变化情况

Fig. 2 Changes landscape richness along with the elevation gradient

从图 2 可以看出,景观丰富度总体上遵循随海拔梯度升高先升高后降低的趋势,16、17、18、21、22

梯度森林类型最多,达 10 类;7、8、9、12、13、14、15、19、20、23 梯度有 9 个森林类型;6、24 梯度有 8 个森林类型;4、5 梯度有 7 个森林类型;3、25、26 梯度有 6 个森林类型;2 梯度有 5 个森林类型;1、27 梯度有 4 个森林类型;28 梯度有 2 个森林类型;29 梯度有 1 个森林类型。6~24 梯度(1 401~3 300 m)森林类型较丰富,总体上符合中等海拔高度上生物多样性较丰富的规律。

## 4 结论

1) 景观面积随海拔梯度先增大后减小,中等海拔梯度天然林面积大,低海拔和高海拔梯度天然林面积小。由于腾冲地势呈马蹄形,北部较宽阔,南部较窄,导致南部低海拔地带面积较小,而高海拔地带则由于山体较高,山体中上部被山谷切割,高海拔面积较小,而中等海拔梯度的面积较大。

2) 不同海拔梯度天然林的主要森林类型不同,海拔 2 900 m 以下和 3 300 m 以上变化趋于缓和,2 901~3 300 m 范围内变化较剧烈,每个梯度都有变化。1 500 m 以下以云南松林、栎类林、其它阔叶林、针阔混交林为主,1 501~2 200 m 以云南松林、栎类林、其它阔叶林为主,2 201~2 600 m 以栎类林、其它阔叶林为主,2 601~2 900 m 以栎类林、其它阔叶林、针阔混交林为主,2 901~3 000 m 以栎类林、其它阔叶林、针阔混交林、硬阔林为主,3 001~3 100 m 以栎类林、其它阔叶林、针阔混交林、硬阔林、竹林为主,3 101~3 200 m 以栎类林、其它阔叶林、针阔混交林、硬阔林、竹林、冷杉林为主,3 201~3 300 m 以针阔混交林、硬阔林、竹林、冷杉林为主,3 301~3 600 m 以竹林、冷杉林为主,3 601 m 以上以竹林为主。

3) 不同海拔梯度的优势森林类型不同,海拔 1 400 m 以下的优势森林类型是云南松林,1 401~3 100 m 的优势森林类型是栎类林,3 101 m 以上的优势森林类型是竹林。

4) 不同森林类型适宜分布的海拔梯度不同:栎类林和其它阔叶林分布在 3 600 m 以下,栎类林适宜分布的范围是 1 401~3 000 m,其它阔叶林适宜分布的范围是 1 101~2 800 m;云南松林分布在 3 100 m 以下,适宜分布范围是 2 100 m 以下。针阔混交林分布在 3 500 m 以下。1 500 m 以上分布的是云南松针阔混交林;1 501~2 400 m 分布有云南松针阔混交林、华山松针阔混交林;2 401~2 600 m 分布有云南松针阔混交林、华山松针阔混交林、铁

杉针阔混交林;2 601~3 100 m 分布有云南松针阔混交林、冷杉针阔混交林、铁杉针阔混交林;3 101~3 300 m 分布有冷杉针阔混交林、铁杉针阔混交林;3 301 m 以上分布的是冷杉针阔混交林。早冬瓜林分布在 1 001~3 200 m,主要呈镶嵌分布,适宜分布范围是 1 801~2 600 m。硬阔林分布在 1 201~3 500 m,适宜分布范围是 2 501~3 400 m。竹林分布在 1 401 m 以上,适宜分布范围是 3 201 m 以上。冷杉林分布范围是 2 601~3 700 m,适宜分布范围是 3 101~3 600 m;铁杉林的分布范围是 2 401~3 300 m,适宜分布范围是 2 801~3 200 m;软阔林的分布范围是 1 101~3 300 m,适宜分布范围是 1 601~2 600 m;华山松林的分布范围是 1 501~2 600 m,适宜分布范围是 1 701~2 500 m。

5)中等海拔梯度分布的森林类型较多。1 400 m 以下和 3 301 m 以上分布的森林类型较少,1 400 m 以上分布有针阔混交林、云南松林、栎类林、早冬瓜林、软阔林、硬阔林、其它阔叶林 7 种森林类型,3 301 m 以上分布有针阔混交林、冷杉林、栎类林、硬阔林、其它阔叶林、竹林 6 种森林类型,1 401~3 300 m 分布有针阔混交林、云南松林、栎类林、早冬瓜林、软阔林、硬阔林、其它阔叶林、华山松林、冷杉林、铁杉林、竹林 11 种森林类型。

6)海拔 2 300 m 以下的天然林受人为干扰比较严重。栎类林、其它阔叶林、云南松林、针阔混交林、早冬瓜林、硬阔林、竹林在海拔 2 300 m 以下面积比例均有不同程度的波动,规律性不明确,而 2 300 m 以下又是居民点分布的主要区域,人们开垦耕地和采集木材、薪柴、其它林产品而对这一区域的森林产生了较大的干扰。

### 参考文献:

- [1] 王德水. 闽北重点林区天然林分类经营对策探析[J]. 江西林业科技,2011(6):47-49.
- [2] 马茹. 天然林保护与林权改革[J]. 山西水土保持科技,2010(3):30-31.
- [3] 何东进,吴景贤,谢益林,等. 中国天然林保护与可持续经营问题与对策[J]. 福建林学院学报,2007(2):186-192.
- [4] 张会儒. 天然林动态时空分析评价技术[M]. 北京:中国林业出版社,2006:1-23.
- [5] 岳刚,杨华,亢新刚,等. 长白山天然林景观地形分异格局的研究[J]. 中南林业科技大学学报,2012(9):114-118.
- [6] 喻庆国,亢新刚,曹顺伟,等. 云南糯扎渡自然保护区植被空间分异研究[J]. 西北林学院学报,2007(2):9-14.
- [7] 喻庆国,亢新刚,曹顺伟,等. 云南糯扎渡自然保护区植被沿坡向空间分异研究[J]. 福建林业科技,2007(1):9-13,23.
- [8] 喻庆国,曹顺伟,邓喜庆,等. 云南糯扎渡自然保护区植被垂直分布研究[J]. 林业科技开发,2006(4):47-50.
- [9] 郭砾,余世孝,夏北成,等. 地形对山地森林景观格局多尺度效应[J]. 山地学报,2006(2):150-155.
- [10] 郭晋平,王俊田,李世光. 关帝山林区景观要素沿环境梯度分布趋势的研究[J]. 植物生态学报,2000(2):135-140.
- [11] 孔繁花,李秀珍,尹海伟,等. 地形对大兴安岭北坡林火迹地森林景观格局影响的梯度分析[J]. 生态学报,2004(9):1863-1870,2092.
- [12] 段文军,王金叶. 猫儿山自然保护区森林群落垂直格局与主导因素分析[J]. 生态环境学报,2013(4):563-566.
- [13] 张馨艺. 景观生态学中景观格局指数的研究[J]. 黑龙江科技信息,2013(4):271.
- [14] 腾冲县志编纂委员会. 腾冲县志[M]. 北京:中华书局,1995:49-108.
- [15] 苏建荣,刘万德,张炜银,等. 西藏色季拉山西坡种子植物多样性垂直分布[J]. 林业科学,2011(3):12-19.
- [16] 黎良财,杨胜天,李耀强,等. 珠江上游融江流域森林景观格局现状及分析[J]. 西北林学院学报,2012(5):26-31,216.

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2014.02.007

## 我国木莲属植物研究进展

付建生,董文渊,刘兴东,赵敏燕  
(西南林业大学,云南昆明 650224)

**摘要:**综述中国木莲属植物在其遗传多样性、生殖生物学、种群生态学以及苗木培育及生长特性、引种造林、化学成分等方面的研究成果和进展,对今后的研究方向进行了展望,认为今后应采取措施着重在资源保护利用、引种驯化和生态适应性等方面进行研究。

**关键词:**木莲属植物;种质资源;研究进展

中图分类号:S792.159 文献标识码:A 文章编号:1671-3168(2014)04-0031-03

## Research Advances on Manglietia in China

FU Jian-sheng, DONG Wen-yuan, LIU Xing-dong, ZHAO Min-yan  
(Southwest Forestry University, Kunming 650224, China)

**Abstract:** This paper summarized the research result and progress of Manglietia plant, from aspects of genetic diversity, the reproductive biology, the population ecology, seedling cultivation, the introduction experiment and chemistry element. The prospects of future research have been carried out. It was proposed that resource utilization, variety introduction and domestication, and ecological adaptability of Manglietia plant should be consider as future research trends.

**Key words:** manglietia plant; germplasm resources; research progress

木莲属 (*Manglietia*) 植物是现存木兰科 (Magnoliaceae) 中最原始的类群,我国有该属植物 22 种,主要分布在南部和西南部地区<sup>[1]</sup>。论文综述了木莲属植物的研究进展,为合理开发利用保护其物种多样性提供理论和实践依据。

### 1 遗传多样性研究

遗传多样性分析是保护和开发利用资源的重要内容,20 世纪 80 年代以来,国内学者对木莲属植物遗传多样性研究较多。何敬胜、廖文芳、李因刚等分别对巴东木莲 (*M. patungensis*)、乳源木莲 (*M. Yuyuanensis*)、大果木莲 (*M. grandis*) 的遗传多样性进行了研究<sup>[2-4]</sup>;汤子春等分别对巴东木莲染色体

计数、个体等位酶遗传变异的空间结构、RAPD 稳定反应体系进行了研究;毛云玲等建立了大果木莲稳定而高效的 ISSR 反应体系<sup>[5-7]</sup>。

### 2 生殖生物学研究

关于木莲属植物生殖生物学研究主要涉及开花结实、雌雄配子体发育、花粉形态及花器数量、种子胚胎发育等超微结构领域。易宏等报道了永顺落叶木莲 (*M. deciduas*) 开花结实物候学特征;付玉嫔等研究了中缅木莲 (*M. hookeri*)、大果木莲的花部结构;刘国勇等分别取巴东木莲花蕾、聚合雌蕊柱头分离提取蛋白,探索了开花前后其表达蛋白的差异。潘跃芝对红花木莲 (*M. insignis*) 的花器官大、小孢

收稿日期:2013-12-03.

作者简介:付建生(1971-),男,湖南洞口人,副教授。主要从事森林培育学的教学科研工作。Email:fjsbamboo@163.com。

子发生及雌、雄配子体形成和胚胎发育过程进行了研究,表明在其大、小孢子及雌、雄配子体形成过程中未见异常现象;何子灿、孟爱平等分别对巴东木莲及其近缘种乳源木莲、红花木莲的花粉母细胞减数分裂过程和核型进行了比较研究,说明木莲属植物核型比较稳定;鲁元学探讨了红花木莲、巴东木莲种子休眠的生理及萌发特性,结果表明,巴东木莲种胚发育不完全可能是种子休眠的主要原因,胚乳中萌发抑制物是影响胚萌发的重要因素<sup>[8-13]</sup>。

### 3 生态学研究

#### 3.1 光合特性研究

曹永慧、谢安德等分别建立了乳源木莲叶面积动态预测模型和 2 a 生灰木莲(*M. glanca*)叶面积回归方程;马小英等对红花木莲、香木莲、木莲、乳源木莲的光合生理特性进行了研究<sup>[14]</sup>。

#### 3.2 群落特征研究

陈存及等对乳源木莲群落的空间分布格局及生物多样性、生态位、种间竞争进行了研究,结果表明,乳源木莲种群属随机分布,物种比较丰富;李晓东等对巴东木莲的分布生境、群落特征及优势树种组成进行了分析,结果表明,巴东木莲群落物种组成丰富,区系成分复杂,种群结构稳定,呈集群分布<sup>[15-16]</sup>。

#### 3.3 生物量及抗逆性研究

周光益等分析了海南木莲人工林生物量及其估算模型;陈存及等研究了乳源木莲苗期生物量积累过程及不同生长时期干物质在各器官的分配规律;李俊贞等对 46 a 生灰木莲人工林的生物量和生产力进行测定,并建立灰木莲各器官生物量估测模型。朱惜晨等对桂南木莲、红花木莲、乳源木莲等进行引种育苗研究,结果表明,其苗木易遭受寒害程度为:桂南木莲<红花木莲<乳源木莲;许涵等应用溶液喷洒法,研究不同 pH 值模拟酸雨对乳源木莲的影响<sup>[17-19]</sup>。

### 4 苗木培育及生长特性研究

#### 4.1 苗木培育研究

黄运平等分别以巴东木莲 3、4、7 和 20 a 生母树进行嫩枝扦插繁殖,结果表明,最高生根率达 83.3%,枝条生根能力随母树年龄增大而下降;王春梅、包绍红等探讨了红花木莲的育苗繁殖技术,表明直接点播在营养袋的出苗率为 70%,场圃出苗率为

60%,并提出了优良品系选育标准与繁育方法;方乐金等以乳源木莲和红花木莲天然群体种子为材料,研究其苗期动态生命过程,并探讨了遗传品质、环境因子和种子千粒重、生活力对其幼苗存活率的影响<sup>[20-21]</sup>。金国庆等对乳源木莲开展轻型基质容器育苗试验,结果表明,乳源木莲苗木早期生长较慢,在 7 种试验基质中纯泥炭土轻型基质最适合其生长;蔡道雄等以 5 种基质配比处理进行灰木莲容器育苗试验,结果表明,以黄心土 50%+松皮粉 25%+表土 25%处理的苗木质量和造林效果最好<sup>[22]</sup>。

#### 4.2 生长特性研究

钟荣等通过对毛桃木莲 1 a 生播种苗的苗高生长规律进行研究,用 Logistic 方程拟合其苗高生长模型,为制定科学合理的育苗技术提供依据;朱祥锦的研究表明,红花木莲 1 a 生苗高、地径生长出现 2 个高峰期;刘春霞等探讨了乳源木莲苗高年生长曲线;李因刚等利用乳源木莲主要分布区 12 个种源开展苗期遗传测定,系统研究了苗木叶片形态、根系特征和干物质积累等性状的种源遗传差异;林文景对乳源木莲 1 a 生播种苗用主分量法进行分级,结合苗木生产实际,将苗木分为 3 个等级;杨卫等对大果木莲天然林林地土壤理化性质及其枝叶的磷含量进行了研究,为其人工培育提供了理论依据;王忠平揭示了 9 a 生乳源木莲树高、胸径、冠幅、材积等生长规律;李生等对 17 a 生杉木和乳源木莲混交林中的乳源木莲冠层特性与材积生长进行相关分析;韦善华等探讨 46 a 生灰木莲人工林生长和林分分布规律,为合理保护和培育灰木莲人工林提供参考<sup>[23-28]</sup>。

#### 4.3 引种造林研究

陈东华、詹步清、刘国武、廖国华等分别开展了乳源木莲人工造林试验及杉莲混交造林的生长情况调查,结果表明,乳源木莲适应性强,育苗造林容易成功,具有早期速生的特点,树干通直圆满,病虫害较少,杉木与乳源木莲混交能够促进生长,不同间伐措施和间伐期对混交林中的乳源木莲生长及树冠形状有显著影响,用植物生长调节剂 GGR 6 号处理乳源木莲蘸根造林,可提高造林成活率,修枝可以缓解分叉现象的发生,提高木材质量;林文革等将乳源木莲与白花泡桐以 8:1 星状混交,表明 2 个树种是很好的混交组合;杨耀海等分析了灰木莲在云南的引种表现,并总结栽培管理技术措施<sup>[29-32]</sup>。

### 5 化学成分研究

邱以祥等研究表明,木莲种子油中含有 16 种人

体必需的氨基酸,其中含量超过 1 mg/100 ml 的有 9 种,占人体必需 18 种氨基酸的 88.8%;毕和平等采用水蒸气法测定海南木莲枝叶中挥发油、总三萜酸及生物碱含量,共鉴定出 49 种化合物,占挥发油总量的 99.99%,总三萜酸含量分别为 1.95% 和 0.47%,生物碱的含量为 0.179%;台海川等对傣药中木莲树皮中厚朴酚的含量进行了测定<sup>[33-35]</sup>。

## 6 讨论和建议

我国是木莲属植物分布中心,但许多种类已面临濒危状态。国内学者对其遗传多样性、生殖生物学、种群生态学、引种育苗造林等方面进行了研究,并取得了大量成果,但长期以来木莲属研究的种类仅限于巴东木莲、乳源木莲、红花木莲、灰木莲、海南木莲、木莲等少数几种,在其资源开发利用、优良品种选育等方面还有待于深入研究。今后应采取有效措施着重在资源保护利用、引种驯化和生态适应性等方面进行研究,扩大其研究领域及栽培应用范围,不断丰富我国木莲属植物种质资源。

## 参考文献:

- [1] 王淑华,周兰英,张旭,等. 木莲属植物濒危现状及保护策略[J]. 北方园艺,2010(1):225-228.
- [2] 何敬胜,黄宏文. 巴东木莲等位酶的遗传多样性[J]. 武汉植物学研究,2003,21(6):544-54.
- [3] 廖文芳,夏念和,邓云飞,等. 华木莲的遗传多样性研究[J]. 云南植物研究,2004,26(1):58-64.
- [4] 李因刚,周志春,范辉华,等. 乳源木莲种源遗传多样性和遗传分化[J]. 林业科学研究,2008,21(4):582-586.
- [5] 汤子春,李雪萍,陈发菊,等. 濒危植物巴东木莲 RAPD 扩增反应体系的建立[J]. 福建林业科技,2006,33(1):20-23.
- [6] 魏小玲,曹福祥,陈建. 海南木莲基因组 DNA 提取及 ISSR 反应体系的优化[J]. 中南林业科技大学学报,2010,30(5):91-96.
- [7] 毛云玲,陈少瑜,韩燕,等. 珍稀濒危植物大果木莲 IS-SR-PCR 反应体系的建立[J]. 安徽农业科学,2009,37(31):15163-15166.
- [8] 易宏,侯伯鑫,陈家法,等. 永顺县落叶木莲花的形态学研究[J]. 湖南农业大学学报:自然科学版,2006,32(6):612-616.
- [9] 付玉嫔,陈少瑜,吴涛. 濒危植物大果木莲与中缅木莲的花部特征及繁育系统比较[J]. 东北林业大学学报,2010,38(4):6-10.
- [10] 刘国勇,梁宏伟,陈发菊. 巴东木莲雌蕊柱头蛋白的提取与双向电泳分离[J]. 江西农业大学学报,2009,31(3):393-396.
- [11] 潘跃芝,龚洵,梁汉若. 濒危植物红花木莲小孢子发生及雄配子体发育的研究[J]. 云南植物研究,2001,23(1):85-90.
- [12] 陈发菊,梁宏伟,王旭. 濒危植物巴东木莲种子休眠与萌发特性的研究[J]. 生物多样性,2007,15(5):492-499.
- [13] 何子灿,李晓东,李建强. 濒危植物巴东木莲花粉母细胞减数分裂观察[J]. 植物分类学报,2005,43(6):526-532.
- [14] 马小英,焦根林. 2 种木莲光合生理特性研究及光响应校正模型的应用[J]. 安徽农业科学,2009,37(29):14488-14491.
- [15] 陈存及,曹永慧,董建文,等. 乳源木莲天然林优势种群结构与空间格局[J]. 福建林学院学报,2001,21(3):207-211.
- [16] 李晓东,黄宏文,李作洲,等. 濒危植物巴东木莲的分布及保护策略[J]. 武汉植物学研究,2004,22(5):421-427.
- [17] 周光益,曾庆波,林明献,等. 海南木莲人工林生物量及养分分配[J]. 林业科学研究,1997,10(5):453-457.
- [18] 陈存及,刘春霞,陈长雄,等. 乳源木莲苗木生物量的研究[J]. 福建林学院学报,2004,24(2):107-110.
- [19] 李俊贞,秦武明,覃毓,等. 灰木莲人工林生物量和生产力的研究[J]. 福建林业科技,2011,38(1):1-5.
- [20] 黄运平,张安民,谭鉴锡. 巴东木莲简易扦插繁殖技术研究[J]. 林业科技,1998,23(3):10-11.
- [21] 方乐金,吴汝章. 乳源木莲与红花木莲苗期动态生命表[J]. 林业科学,2004,40(5):213-216.
- [22] 金国庆,周志春,胡红宝,等. 3 种乡土阔叶树种容器育苗技术研究[J]. 林业科学研究,2005,18(4):387-392.
- [23] 钟荣,郭赋英,徐志文,等. 毛桃木莲 1 a 生播种苗的年生生长规律及育苗技术研究[J]. 江西林业科技,2008(5):18-20.
- [24] 李因刚,周志春,金国庆. 乳源木莲苗生长和形态的地理种源分化[J]. 林业科学研究,2007,20(1):35-39.
- [25] 杨卫,司马永康,徐涛. 大果木莲天然林地土壤特性及其枝叶磷含量的研究[J]. 西部林业科学,2006,35(2):53-56.
- [26] 王冠玉,黄宝灵,唐天,等. 灰木莲等 5 种林地春季土壤微生物数量和土壤酶活性的分析[J]. 安徽农业科学,2010,38(28):15696-15699.

(下转第 38 页)

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2014.02.008

## 紫茎泽兰对冬樱花苗期生长的影响研究

何银忠,何冬梅,王有兵,严毅,肖艳琼  
(昆明市海口林场,云南昆明 650114)

**摘要:**在昆明市海口林场采用冬樱花作为供试树种,研究紫茎泽兰堆沤基质对冬樱花苗期生长的影响。结果表明,紫茎泽兰基质对冬樱花苗期生长存在抑制作用,但是不影响种子的萌发,自种子萌发以后就开始抑制生长,幼苗阶段抑制作用更明显,地径和苗高生长速率与红壤基质在 0.01 显著性水平上达到了极显著水平。在紫茎泽兰基质上施 N 肥效果与红壤基质上相反。

**关键词:**紫茎泽兰;冬樱花;苗木生长;育苗基质;生长抑制

中图分类号:S765;S723.1 文献标识码:A 文章编号:1671-3168(2014)04-0034-05

### Effects of *Eupatorium adenophorum* on Growth of *Cerasus Cerasoides* Seedlings

HE Yin-zhong, HE Dong-mei, WANG You-bing, YAN Yi, XIAO Yan-qiong  
(Haikou Forest Farm of Kunming, Kunming 650114, China)

**Abstract:** In the Haikou forest farm, *Cerasus Cerasoides* was selected as experimental variety, the effects of *Eupatorium adenophorum* on the seedling growth of *Cerasus Cerasoides* in different substrate were carried out. The results indicated that the growth process of *Cerasus Cerasoides* in the seedling stage was inhibition in *Eupatorium adenophorum* substrate, especially after germination but did not affect the seed germination, the seedling height and ground diameter growth rate in *Eupatorium adenophorum* substrate were up to extremely significant level with red soil substrate in the 0.01 level. The effect of N fertilizing was opposite in *Eupatorium adenophorum* substrate and red soil substrate.

**Key words:** *Eupatorium adenophorum*; *Cerasus Cerasoides*; seedling growth; seedling substrate; growth inhibition

紫茎泽兰(*Eupatorium adenophorum* Spreng.)属菊科泽兰属多年生草本植物或亚灌木,原产于中美洲的墨西哥和哥斯达黎加,大约于 19 世纪 40 年代从中缅边境通过自然扩散传入我国云南省,现已在云贵川、两广、西藏、台湾等地区分布,并以每年 60 km 的速度向东北方向扩散,是外来入侵物种中危害最为严重的植物之一<sup>[1-4]</sup>。冬樱花(*Cerasus Cera-*

*soides* D. DonKon.)属蔷薇科樱属植物,是云南特有的乡土树种,又称红花高盆樱桃、冬海棠,是我国野生樱花资源中唯一可在冬季观赏的樱花珍品<sup>[5-6]</sup>。

云南省是我国紫茎泽兰入侵受害最早的地区,道路两侧、果园、房顶等随处可见,甚至已经严重危害了一些人工林,如柏树林、桉树林、华山松林等。目前,在紫茎泽兰的入侵机制、危害、利用等方面已

收稿日期:2013-11-07.

作者简介:何银忠(1971-),男,云南昆明人,工程师。从事营林规划设计工作。Email:1109905729@qq.com

通信作者:肖艳琼(1973-),女,云南昆明人,助理工程师。从事森林培育及保护工作。Email:1259795723@qq.com

经有大量的研究报道<sup>[7]</sup>。为了探索紫茎泽兰的利用途径,本研究采用将粉碎的紫茎泽兰堆沤后作为播种冬樱花的基质,观察冬樱花苗在紫茎泽兰基质上的生长表现,现将研究结果报道如下。

## 1 试验地概况

试验地位于昆明市海口林场苗圃,102°35'E,24°43'S,海拔 1 925 m,属亚热带季风气候,干湿季分明,年均温 15.4℃,绝对高温 34.4℃,绝对低温 -7.8℃,年相对湿度 74%,年均降水量 993.6 mm,土壤以红壤为主,pH 值为 4.7。

## 2 材料与方法

### 2.1 材料

试验采用 8 cm×12 cm 的黑色育苗杯播种育苗,冬樱花种子来自林场公园,采用当年采摘的种子进行处理(去果肉后选择粒大饱满的种子晾晒,再用水浸泡 4 d)后进行点播,播种基质分红壤和紫茎泽兰 2 种。将紫茎泽兰粉碎处理成糠状,浇水堆沤 7 d 后装杯进行点种育苗。点播时间为 2013 年 5 月 1 日,每杯点播一粒种子,同时开展施肥梯度试验,供试肥料有:N 肥(尿素,含有效 N 46.4%);P 肥(过磷酸钙,含 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 48%);K 肥(硫酸钾,含 K<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 1%),每种肥料分别设 1 g、2 g、4 g 3 个梯度,2 种基质共 18 个处理,代号为 N1、N2、N4、P1、P2、P4、K1、K2、K4,每个处理 20 杯。点播后覆盖遮荫网,待全部发芽后撤除遮荫网,后期进行除杂草及浇水正常管理。

### 2.2 数据调查及分析方法

从 6 月中旬开始,每月中旬采用电子游标卡尺及直尺分别测量冬樱花地径和苗高,地径精确到 0.01 mm,苗高精确到 0.1 cm,测量时间至 10 月中旬,共计测量 5 次。所得数据采用 Excel 和 SPSS 13.0 进行统计分析。

## 3 结果与分析

### 3.1 不同基质上苗木生长情况

通过播种试验发现,冬樱花在播种后 15 d 开始萌发,25 d 时出苗率可达 95% 以上,在紫茎泽兰基质上和红壤基质最终发芽率均为 100%,可见在种子萌发阶段,紫茎泽兰并未抑制冬樱花的萌发。后期 5 个月左右的苗期生长情况见表 1。

从表 1 中可见,在 2 种基质中,苗高增幅均大于

地径增幅,并且红壤基质中地径及苗高生长均快于紫茎泽兰基质,紫茎泽兰基质在苗期生长阶段表现出了一定的抑制作用。N、P、K 3 种肥料中,N 肥的贡献普遍大于其它 2 种,因为冬樱花处于需 N 量较大的阶段,但适当施些 P 肥也有助于苗木的生长。

进一步对各月所测得的地径和苗高进行方差分析(表 2)。

从表 2 可见,在 0.01 显著性水平上,2 种基质中各月份冬樱花的地径和苗高均达到了极显著水平。对各月份的地径和苗高进行了多重比较,结果见表 3,可见在 2 种基质中,较适合冬樱花苗木生长的是红壤,地径和苗高的生长普遍快于紫茎泽兰基质。在红壤中施 1 g N 肥效果最优,其次是施 2 g P 肥,N、P、K 3 种肥料的贡献大小分别为 N>P>K。

### 3.2 不同基质上苗高生长节律

由于在本试验中处理较多,地径变幅相对苗高较小,为了作图能够明确直观地表现苗期生长节律,所以仅选择变幅较大的苗高来展现苗期的生长变化过程。冬樱花苗期的生长节律在 2 种不同育苗基质上的表现见图 1~图 3。

从图 1 中可以看出,在紫茎泽兰基质中,施 N 肥效果较施 P 肥和 K 肥要好,从 7 月份开始,施 N 肥的处理开始快速生长,施 P 肥和 K 肥的处理苗高变化较为缓慢。在紫茎泽兰基质中,随着施 N 量的增加,苗高增长速率会随之加快,这可能与紫茎泽兰基质的营养成分含量有关。

在红壤基质中,各个施肥处理苗高变化趋势基本一致(图 2),最优的 3 种施肥方式依次为 N:1 g、N:2 g、P:4 g,施 N 量的不同所表现处理的效果和紫茎泽兰基质完全相反。6~8 月份为冬樱花的高生长期,8 月份以后开始缓慢生长并且趋于停止。红壤基质中苗高的最终增长量明显高于紫茎泽兰基质,紫茎泽兰表现出了一定的抑制冬樱花生长的作用。

从图 3 可以明显看出,从冬樱花萌发不久,紫茎泽兰基质就开始抑制其生长,在幼苗阶段更为明显,随着苗龄的增长,抑制作用有所减弱,但是和红壤基质相比抑制作用仍较为明显。

## 4 讨论

紫茎泽兰作为一种世界性的恶性杂草,已经被许多研究证明具有很强的化感作用<sup>[8-13]</sup>。紫茎泽兰入侵农田、果园及甘蔗、桑、茶等生长地后快速生长,大量消耗土壤中的 N、P、K 肥等养分,使土壤肥

表 1 不同基质及施肥条件下苗木生长情况

Tab. 1 Growth of *Cerasus Cerasoides* D. DonKon. in different fertilizing amount and substrate

项目	6 月		7 月		8 月		9 月		10 月		
	地径 /mm	苗高 /cm	地径 /mm	苗高 /cm	地径 /mm	苗高 /cm	地径 /mm	苗高 /cm	地径 /mm	苗高 /cm	
紫茎泽兰基质	N1	1.95	12.7	2.12	18.8	2.51	29.6	2.57	37.4	2.98	41.4
	N2	2.03	12.0	2.11	21.6	2.44	31.5	2.48	37.8	2.84	39.9
	N4	2.14	11.7	2.16	23.7	2.39	40.8	3.07	46.0	3.34	47.2
	P1	2.07	12.4	2.16	17.1	2.36	20.3	2.56	21.8	2.71	23.3
	P2	2.02	11.7	2.12	16.3	2.29	19.8	2.40	22.8	2.60	26.3
	P4	1.94	12.2	2.03	16.6	2.17	21.5	2.39	25.9	2.47	29.0
	K1	2.00	11.6	2.12	16.5	2.34	18.7	2.41	19.6	2.59	20.1
	K2	1.97	12.3	2.10	16.7	2.44	18.5	2.44	18.7	2.65	18.9
	K4	2.07	11.4	2.20	16.5	2.36	19.0	2.50	20.2	2.65	20.8
	红壤基质	N1	2.15	11.4	2.25	32.7	2.87	52.8	3.20	57.9	3.58
N2		2.04	11.4	2.16	31.2	2.74	48.9	2.84	54.1	3.28	55.1
N4		2.07	11.3	2.21	27.8	2.51	38.5	2.55	42.7	2.81	42.9
P1		2.11	12.1	2.11	31.0	2.59	41.9	2.82	46.5	3.20	46.8
P2		2.18	12.7	2.31	34.4	2.89	45.6	3.02	49.4	3.41	49.6
P4		2.20	11.6	2.24	36.1	2.79	48.6	3.00	52.8	3.19	53.8
K1		2.08	10.5	2.24	25.4	2.47	33.8	2.82	38.8	3.17	39.6
K2		2.05	11.8	2.42	29.1	2.54	37.3	2.69	40.5	3.10	41.3
K4		2.08	11.5	2.29	25.9	2.54	36.5	2.77	40.6	3.12	40.7

表 2 各月份不同基质间地径和苗高方差分析

Tab. 2 Variance analysis of the seedling height and ground diameter in 6-10 month

月份	指标	方差来源	离差平方和	自由度	均方	F 值
6	地径	组间	1.638	17	0.096	2.394**
	苗高	(下同)	238.367	17	14.022	3.754**
7	地径		5.861	17	0.345	5.127**
	苗高		16682.510	17	981.324	34.522**
8	地径		8.616	17	0.507	4.000**
	苗高		46641.294	17	2743.606	28.661**
9	地径		31.896	17	1.876	8.834**
	苗高		57994.990	17	3411.470	26.938**
10	地径		36.261	17	2.133	5.493**
	苗高		53343.118	17	3137.830	24.844**

注:0.01 的显著性水平。

力下降;同时还与农作物争夺水分和阳光,降低农作物的产量<sup>[14]</sup>。有研究报道,紫茎泽兰入侵 120 d

后,土壤中速效 N、P、K 含量分别下降 56%~96%、46%~53%和 6%~33%,导致土壤肥力严重下降,可耕性受到破坏<sup>[15]</sup>。也有相关研究表明,紫茎泽兰是一种很好的野生有机肥,经过测定,紫茎泽兰含全 N 0.372%,全 P 0.062%,全 K 0.580%<sup>[16-17]</sup>。昆明地区土壤主要以红壤为主,经过土壤养分分析,有机质 3.26%,全 N 0.185%,全 P 0.147%,全 K 1.602%<sup>[18]</sup>。

经过以上对比可见,紫茎泽兰基质的全 N 明显高于红壤基质,但在该基质上冬樱花苗生长过程中还更需要 N,这可能与紫茎泽兰基质中某些有机物质有某种关联关系,紫茎泽兰基质虽然含 N 量高,但是并不能被植物直接利用。另外,可能还与紫茎泽兰粉碎后堆沤时间长短有关,尽可能的延长堆沤时间,让基质中大部分有机质充分分解后再利用,可消除化感作用。

冬樱花是云南的乡土树种,较适应红壤条件,在红壤基质中生长良好。本试验中,紫茎泽兰基质表现出了对冬樱花苗期生长的抑制作用,生长效果不



表 3 地径及苗高的多重比较

Tab. 3 Duncan analysis of the seedling height and ground diameter

项目	6 月		7 月		8 月		9 月		10 月		
	地径 /mm	苗高 /cm	地径 /mm	苗高 /cm	地径 /mm	苗高 /cm	地径 /mm	苗高 /cm	地径 /mm	苗高 /cm	
紫茎泽兰基质	N1	B									
	N2										
	N4							AB		ABC	
	P1										
	P2										
	P4										
	K1										
	K2										
	K4	A									
	红壤基质	N1	A			ABC	AB	A	A	A	A
N2								AB	AB		AB
N4											
P1											
P2		AB	B	AB	AB	A	AB		AB		
P4		AB			A	ABC	AB	AB		AB	
K1											
K2				A							
K4				AB							

注:显著性检验水平  $P < 1\%$  的 Duncan 检验结果,此表仅列出前 3 名。

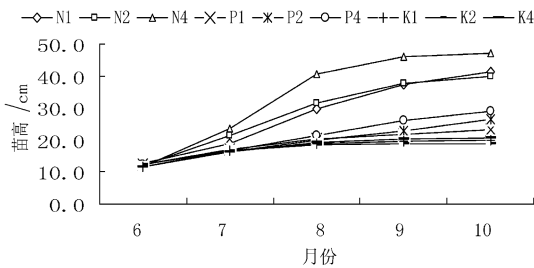


图 1 紫茎泽兰基质中苗高生长过程

Fig. 1 Seedling height changes process in *Eupatorium adenophorum* Spreng. substrate

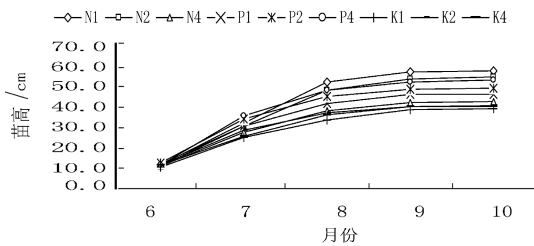


图 2 红壤基质中苗高生长过程

Fig. 2 Seedling height changes process in red soil substrate

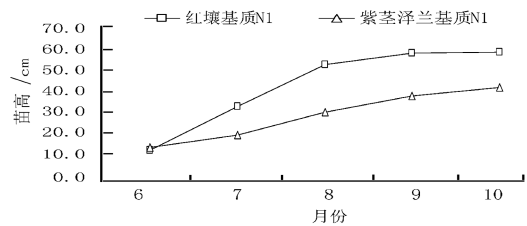


图 3 2 种基质中苗高生长过程

Fig. 3 Seedling height changes process in two substrate

如红壤基质,研究结果与众多研究报道基本一致,但是没有达到利用的目的,下一步可以从堆沤发酵时间长短,有机物质分解动态变化等方面来进行研究,找到一个植物既可以充分吸收养分,又没有抑制作用的发酵阶段,这样才能将紫茎泽兰的有害变有利达到抑制紫茎泽兰传播扩散的作用。

参考文献:

[1] 吕霞,张汉波,张婷,等. 紫茎泽兰根分泌物的化感潜力 [J]. 云南大学学报:自然科学版,2008,30(3):314-317.

- [2] Qiang S. The history and status of the study on crofton weed (*Eupatorium adenophorum* Spreng.) a worst worldwide weed [J]. *Journal of Wuhan Botanical Research*, 1998, 16: 366-372.
- [3] Li ZY, Xie Y. *Invasive Alien Species in China* [M]. China Forestry Publishing House, Beijing, 2002: 163.
- [4] Xiang YX. The distribution, harmfulness and elimination of *Eupatorium adenophorum* Spreng [J]. *Chinese Journal of Weed Science*, 1991(4): 10-11.
- [5] 杨文良, 关文灵, 毛昆明, 等. 冬樱花不同时期播种试验 [J]. 中国园艺文摘, 2010(12): 7-9.
- [6] 段晓梅, 王自辉, 樊国盛. 云南冬樱花的群落特征及地理分布 [J]. 南京林业大学学报: 自然科学版, 2004, 28(6): 83-86.
- [7] 鲁萍, 桑卫国, 马克平. 外来入侵种紫茎泽兰研究进展与展望 [J]. 植物生态学报, 2005, 29(6): 1029-1037.
- [8] Tripathi RS, Singh RS, Rai JPN. Allelopathic potential of *Eupatorium adenophorum* Spreng., a dominant ruderal weed of Meghalaya [J]. *Proceedings of Indian Academy of Sciences*, 1981, 47: 458-465.
- [9] Angiras NN, Singh SD, Singh CM (1989). Allelopathic effects of some weeds on germination and growth of chick-pea (*Cicer ariet*) [J]. *Indian Journal of Weed Science*, 1989, 21: 85-87.
- [10] Zhao GJ, Ma YP. The investigation research on the distribution and harmfulness of *Eupatorium adenophorum* Spreng. in Yunnan Province [J]. *Journal of Weed Science*, 1989, 3(2): 37-40.
- [11] He AJ, Liu LH. Effect of water extract of *Eupatorium adenophorum* Spreng. the germination of several plants [J]. *Chinese Journal of Weed Science*, 1990(4): 35-38.
- [12] Baruah NC, Sarma JC, Sarma S, Sharma RP. Seed germination and growth inhibitory cadinenes from *Eupatorium adenophorum* Spreng. [J]. *Journal of Chemical Ecology*, 1994, 20: 1885-1892.
- [13] 钟声, 段新慧, 奎嘉祥. 紫茎泽兰对 16 种牧草发芽及幼苗生长的化感作用 [J]. 草业学报, 2007, 16(6): 81-87.
- [14] 侯太平, 刘世贵. 有毒植物紫茎泽兰研究进展 [J]. 国外畜牧学—草原与牧草, 1999(4): 6-8.
- [15] 马建列, 白海燕. 入侵生物紫茎泽兰的危害及综合防治 [J]. 农业环境与发展, 2004(4): 33-34.
- [16] 李丽, 张无敌, 尹芳. 紫茎泽兰的各种利用研究 [J]. 农业与技术, 2007, 27(4): 51-54.
- [17] 孙启铭. 野生有机肥料资源紫茎泽兰的利用 [J]. 农业科技通讯, 2002(4): 28.
- [18] 许龙, 阙劲松, 杨晓安, 等. 昆明市植烟土壤养分丰缺状况的初步分析 [C]. 云南省烟草学会, 2004: 132-138.

(上接第 33 页)

- [27] 李生, 曹永慧, 陈存及. 乳源木莲冠层特性与生长的相关性及通径分析 [J]. 南京林业大学学报: 自然科学版, 2005, 29(6): 57-60.
- [28] 韦善华, 覃静, 朱贤良, 等. 南宁地区灰木莲人工林生长规律研究 [J]. 西北林学院学报, 2011, 26(5): 174-178.
- [29] 陈东华. 不同间伐措施对乳源木莲生长的影响 [J]. 亚热带植物科学, 2002, 31(2): 13-17.
- [30] 詹步清. 乳源木莲生长动态初步研究 [J]. 江西农业大学学报: 自然科学版, 2002, 24(2): 255-259.
- [31] 林文革, 童关坤, 周东雄, 等. 乳源木莲与白花泡桐混交造林效应 [J]. 林业科技开发, 2003, 17(2): 25-27.
- [32] 杨耀海, 刘明义, 常森有. 灰木莲引种栽培试验研究 [J]. 西南林学院学报, 2007, 27(3): 29-33.
- [33] 邱以祥, 朱奇彪. 木莲种子油中氨基酸和微量元素成份分析 [J]. 南京林业大学学报, 1994, 18(1): 92-93.
- [34] 毕和平, 李行璐, 刘炜, 等. 酸性染料比色法测定海南木莲中的总生物碱 [J]. 海南师范大学学报: 自然科学版, 2009, 22(2): 160-164.
- [35] 台海川, 林艳芳, 彭霞, 等. RP-HPLC 法测定傣药木莲树皮中厚朴酚的含量 [J]. 中国民族医药杂志, 2010(9): 68-70.

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2014.02.009

## 三江口国有林场凋落物持水性研究

宁 斌

(龙陵县三江口国有林场,云南 龙陵 678300)

**摘要:**对龙陵县三江口国有林场中不同林分类型凋落物的储量、持水量、持水率和吸水速率进行了研究。结果表明:不同林型的凋落物贮备量有所差异,难被微生物降解的云南松林凋落物贮备量最大( $2.66 \text{ kg/m}^2$ ),其次是西南桦林( $2.03 \text{ kg/m}^2$ )、早冬瓜林( $1.97 \text{ kg/m}^2$ ),最小的是栎类林( $1.81 \text{ kg/m}^2$ )。早冬瓜林(落叶阔叶林)的最大持水率最高,其次是西南桦林(落叶阔叶林)和栎类林(落叶阔叶林),云南松林(常绿针叶林)最低。

**关键词:**凋落物;持水量;持水率;吸水率;三江口国有林场

中图分类号:S714.2 文献标识码:A 文章编号:1671-3168(2014)04-0039-04

## Water Holding Capacity of Litter in Sanjiangkou State-owned Forest Farm

NING Bin

(Sanjiangkou State-owned Forest Farm of Longling County, Longling, Yunnan 678300, China)

**Abstract:** Characteristics of litter from different forest types in Sanjiangkou state-owned forest farm of Longling County, including litter amounts, water holding capacity, water holding rate and absorption rate, have been studied. The results show that stockage of forest litter in different forest types is different, the largest stockage of forest litter is *Pinups yunnanensis* forest ( $2.66 \text{ kg/m}^2$ ), followed by *Betula alnoides* ( $2.03 \text{ kg/m}^2$ ) and *Alnus nepalensis* forest ( $1.97 \text{ kg/m}^2$ ), and the least stockage of forest litter is oak forest ( $1.81 \text{ kg/m}^2$ ). By contrast, the largest water holding rate of litter is *A. nepalensis* forest, followed by *B. alnoides* forest and oak, and the least water holding rate is *P. yunnanensis* forest.

**Key words:** forest litter; water holding capacity; water holding rate; water absorption rate; Sanjiangkou state-owned forest farm

生态公益林根据经营目的可划分为水源涵养林、水土保持林、风景林等类型,生态公益林在防灾、减灾、水土保持、涵养水源、维持生态平衡等方面的巨大作用越来越受到重视<sup>[1]</sup>。森林凋落物是指森林生态系统内部由生物组分产生,然后归还到林地表面,作为分解者的物质和能量来源,借以维持生态系统功能的所有有机物质的总称,包括林内乔木和

灌木的枯叶、枯枝、落皮和繁殖器官、野生动物的残骸及代谢产物、林下枯死的草本植物和枯死的树根等,是森林生态系统的重要组成部分<sup>[2-4]</sup>。森林凋落物是森林生态系统的重要组分,凋落物层吸收水分,同时能增加地表的粗糙度,减缓及减少地表径流,增加土壤水分下渗,因此对于水源涵养具有重要作用<sup>[5]</sup>。凋落物层具有较土壤更多更大的孔隙,能

收稿日期:2014-01-13.

作者简介:宁斌(1963-),男,湖南邵东人,工程师。从事公益林管理工作。

够吸持水分,促进下渗,迟滞径流产生时间,减轻径流侵蚀程度,并对土壤水分的补充和植物水分的供应产生影响<sup>[6]</sup>。凋落物层作为森林生态系统中独特的结构层次,不仅对森林土壤发育和改良有重要意义,而且凋落物层的结构疏松、具有良好的透水性和持水能力,在降水过程中起着缓冲器的作用<sup>[7-8]</sup>。一方面削弱雨滴对土壤的直接溅击,另一方面吸收一部分降水,减少了到达土壤表面的降水量,同时由于凋落物层的机械阻拦作用,以大大地减少了地表径流的产生,起到保持水土和涵养水源的作用<sup>[8-10]</sup>。许多学者在不同区域对多种类型森林凋落物水源涵养功能进行了研究,这些研究表明,不同森林类型由于其树种生物学特性与林分结构不同,水源涵养效益存在一定的差异<sup>[11-18]</sup>。笔者对龙陵县三江口国有林场几种生态公益林的凋落物持水特性进行研究,以了解该地不同森林凋落物层水源涵养功能及其变化,为生态公益林的建设、科研和管理提供基础数据。

## 1 林场概况

龙陵县三江口国有林场始建于 1984 年 11 月,属云南省典型的生态公益型林场,也是云南省至今保存最完好的干热河谷类型生态体系之一。主要分布在怒江干热河谷,平均坡度为 30°~35°,最高海拔 3 001.6 m,最低海拔 600 m,属非地带性气候。林场管护总面积为 7 103 hm<sup>2</sup>,森林覆盖率达 85.2%,活立木总蓄积 521 010 m<sup>3</sup>,林地 6 258.3 hm<sup>2</sup>,占林场总面积的 88.1%,非林地 844.7 hm<sup>2</sup>,占林场总面积的 11.9%。公益林 5 585.2 hm<sup>2</sup>(其中:国家级 4 876.7 hm<sup>2</sup>,省级 708.5 hm<sup>2</sup>),占林场总面积的 78.6%。主要树种为云南松、思茅松、栎类等;有速生丰产用材林西南桦和早冬瓜 20 hm<sup>2</sup>、澳洲坚果 23.3 hm<sup>2</sup>、咖啡 26.7 hm<sup>2</sup>、核桃 10 hm<sup>2</sup>。选择云南松林、栎类林、西南桦林、早冬瓜林凋落物研究对象。

## 2 研究方法

2013 年 6 月在各林分中选择面积为 400 m<sup>2</sup> 的样地,3 个重复。在各样地中的四角和中部设置面积为 1 m×1 m 的小样方总共 5 个,调查凋落物鲜质量,带回实验室取部分烘干至恒质量,并计算凋落物含水率。另取各样方的部分凋落物装入网袋后分别浸入水中 0.5、1.0、1.5、2.0、4.0、6.0、8.0、10.0、12.0、16.0 和 20.0 h,捞起并静置 5 min 至凋落物不

滴水时称质量,设 3 个重复,取平均值。各林分的凋落物干质量、凋落物持水量、凋落物持水率和凋落物吸水速率分别按下式计算<sup>[19-20]</sup>:

凋落物持水量/(kg·m<sup>-2</sup>)=凋落物湿质量-凋落物干质量;

凋落物持水率/%=凋落物持水量/凋落物干质量×100%;

凋落物吸水速率/(g·kg<sup>-1</sup>·h<sup>-1</sup>)=凋落物持水量/吸水时间。

## 3 结果与分析

### 3.1 凋落物贮备量

龙陵县三江口国有林场不同树种的凋落物贮备量有所差异,如表 1 所示。云南松林干凋落物最多,达到 2.66 kg/m<sup>2</sup>。云南松林中凋落物的主要组成是松针,由于松针中含有较多的纤维素及其脂类,不宜被微生物降解。且云南松凋落物的含水率均较低,分别是 17.13%和 17.80%,一方面由于凋落的松针含有大量脂类,另一方面由于凋落的松针之间并未形成良好的毛细管间隙,均不利于松针截留雨水,所以其含水量较低。另外几种落叶阔叶林的干凋落物贮备量大小顺序为西南桦林>早冬瓜林>栎类林,分别达 2.03 kg/m<sup>2</sup>、1.97 kg/m<sup>2</sup> 和 1.81 kg/m<sup>2</sup>,其干凋落物均不多,可能是由于本次实验的凋落物采集自盛夏,几种落叶阔叶树种均处于快速蓄水生长季节,加之上一冬季凋落的枯叶已大部分被微生物分解,所以其凋落物较少。而其凋落物含水率大小顺序为早冬瓜林(31.83%)>西南桦(26.45%)>栎类林(24.90%),究其原因可能是早冬瓜生于海拔 500~3 600 m 的湿润坡地或沟谷台地林中,郁闭度较高,地表基本无阳光照射,水分蒸发较少,是当地的水源涵养林,所以其凋落物含水量很高。

表 1 不同林型的生态公益林的凋落物贮备量

Tab. 1 Reserve amount of litter in different forest types of ecological public-welfare forest

森林类型	凋落物鲜重 (kg·m <sup>-2</sup> )	凋落物干重 (kg·m <sup>-2</sup> )	凋落物含水率 /%
早冬瓜林	2.89±0.11	1.97±0.05	31.83±1.02
云南松林	3.21±0.03	2.66±0.14	17.13±0.65
栎类林	2.41±0.32	1.81±0.10	24.90±0.73
西南桦林	2.76±0.12	2.03±0.07	26.45±0.89

### 3.2 凋落物的持水量与浸泡时间的关系

凋落物的持水量与凋落物的质与量和浸泡时间有关,不同林型的凋落物持水量在不同浸泡时间有所差异,如表 2 所示。在相同的浸泡时间内,4 种不同林型的凋落物持水量大小顺序为早冬瓜林>西南桦林>栎类林>云南松林。随着浸泡时间的增加,各种公益林凋落物的持水量持续增加。

表 2 凋落物的持水量与浸泡时间的关系

Tab. 2 Relationships of water holding capacity and immersion time of litter

时间 /h	不同林型凋落物持水量/(kg·m <sup>-2</sup> )			
	早冬瓜林	栎类林	云南松林	西南桦林
0.5	2.11±0.21	1.62±0.11	0.89±0.02	1.63±0.03
1.0	2.63±0.18	2.01±0.22	1.21±0.11	2.12±0.21
2.0	3.21±0.14	2.55±0.31	1.63±0.07	2.80±0.04
4.0	3.83±0.06	3.10±0.14	2.15±0.21	3.49±0.19
6.0	4.39±0.33	3.68±0.08	2.68±0.38	4.01±0.15
8.0	5.14±0.76	4.27±0.15	3.30±0.59	4.74±0.31
10.0	5.74±0.24	4.92±0.21	3.87±0.16	5.28±0.19
12.0	6.15±0.59	5.51±0.13	4.26±0.19	5.53±0.05
16.0	6.44±0.41	5.76±0.05	4.55±0.04	5.87±0.34
20.0	6.50±0.22	5.87±0.10	4.69±0.26	6.18±0.24

由表 2 可知,浸泡时间为 0.5~8 h 时各种凋落物的持水量急速增加,8~12 h 时各种凋落物的持水量缓慢增加,12 h 后增加浸泡时间,各种凋落物的持水量变化很小,可能已经接近饱和。浸泡 20 h

后,早冬瓜林、栎类林、云南松林和西南桦林凋落物持水量分别为 6.50、5.87、4.69 和 6.18 kg/m<sup>2</sup>。

### 3.3 凋落物的持水率和浸泡时间的关系

凋落物的持水率是其持水能力的一个重要方面。凋落物的持水率用凋落物吸收的水分与凋落物干重的比值来表示,该值越大,凋落物的持水能力就越强。凋落物的持水率与凋落物的质与量和浸泡时间有关,实验选取的不同林型凋落物持水率在不同浸泡时间有所差异,如表 3 所示。

由表 3 可知,经不同的浸泡时间后,各种林分的凋落物持水率几乎呈现早冬瓜林>西南桦林>栎类林>云南松林,落叶阔叶林持水率大于常绿针叶林。凋落物持水率在 4 h 内随时间的增加而急速增加,4~10 h 随时间的增加而增加,10 h 后缓慢增加,12 h 后各种凋落物的持水率趋于饱和。趋于饱和后,早冬瓜林、栎类林、云南松林和西南桦林凋落物的持水率分别为 313.54%、254.24%、250.69% 和 163.11%,说明早冬瓜林凋落物有较强的持水能力,早冬瓜在作为速生丰产林树种的同时,也可以作为水源涵养林的造林树种。

### 3.4 凋落物吸水率与浸泡时间的关系

凋落物的持水量、持水率和吸水率均与浸泡时间有关,凋落物的持水量和持水率均随浸泡时间延长而增加,但吸水速度则相反,随浸泡时间的延长而减少(表 4)。

从表 4 可以看出,在浸泡 0.5~6 h 时段内,各种凋落物的吸水率随浸泡时间的增加而急剧下降,6 h 后缓慢下降。因此,林地凋落物调蓄水分功能在降雨后 6 h 内发挥的作用最为突出,而凋落物能在

表 3 凋落物的持水率与浸泡时间的关系

Tab. 3 Relationships of water holding rate and immersion time of litter

时间 /h	不同林型凋落物持水率/%			
	早冬瓜林	栎类林	云南松林	西南桦林
0.5	101.94±7.33	67.84±3.15	47.87±3.02	72.12±4.17
1.0	126.21±2.51	84.75±4.88	63.83±2.37	93.55±6.42
2.0	155.34±11.27	105.93±10.02	85.11±8.71	117.42±10.73
4.0	184.47±1.82	131.36±11.33	111.17±3.62	152.33±10.88
6.0	213.59±4.52	156.78±5.47	143.62±5.38	171.98±2.18
8.0	247.57±5.11	182.2±6.21	175.51±12.49	201.57±5.34
10.0	276.73±12.38	207.63±12.83	207.45±7.80	225.34±12.66
12.0	296.12±9.14	233.05±18.69	228.72±3.45	240.56±11.34
16.0	310.68±6.77	245.76±5.92	244.68±11.69	251.64±1.58
20.0	313.54±6.39	254.24±15.03	250.69±5.33	263.11±9.42

表 4 凋落物的吸水率与浸泡时间的关系

Tab. 4 Relationships of water absorption rate and immersion time of litter

时间 /h	不同林型凋落物持水率/%			
	早冬瓜林	栎类林	云南松林	西南桦林
0.5	4200.00±0.42	3200.00±0.22	1800.00±0.04	3000.00±0.06
1.0	2600.00±0.36	2000.00±0.44	1200.00±0.22	2100.00±0.42
2.0	2133.33±0.28	1666.67±0.62	1066.67±0.14	1866.67±0.08
4.0	1900.00±0.12	1550.00±0.28	1050.00±0.42	1750.00±0.38
6.0	1100.00±0.66	925.00±0.16	675.00±0.76	1000.00±0.30
8.0	850.00±1.52	716.67±0.30	550.00±1.18	783.33±0.62
10.0	712.50±0.48	612.50±0.42	487.50±0.32	662.50±0.38
12.0	610.00±1.18	550.00±0.26	430.00±0.38	550.00±0.10
16.0	533.33±0.82	483.33±0.10	383.33±0.08	491.67±0.68
20.0	406.25±0.44	375.00±0.20	293.75±0.52	387.50±0.48

短时间内快速持水将有利于其涵养水源功能的发挥。经不同的浸泡时间后,各种林分的凋落物吸水率大小呈现出和持水率不同的规律,即早冬瓜林>西南桦林>栎类林>云南松林,落叶阔叶林凋落物吸水率大于常绿针叶林。浸泡 0.5 h 时早冬瓜林、栎类林、云南松林和西南桦林的凋落物吸水率分别是 4 200、3 200、1 800 和 3 000 g/(kg·h),浸泡 20 h 后分别降至 406.25、375.00、293.75 和 387.50 g/(kg·h),几种不同林型的凋落物吸水速率有一定差异。

#### 4 结论

1) 龙陵县三江口林场不同林型的凋落物贮备量有所差异,难被微生物降解的云南松林凋落物贮备量最大,达到 2.66 kg/m<sup>2</sup>,其次是西南桦林和早冬瓜林,最小的是栎类林。

2) 龙陵县三江口林场不同林型的凋落物含水量有所差异,浸泡 20 h 后,凋落物持水量大小顺序为早冬瓜林(6.50 kg/m<sup>2</sup>)>西南桦林(5.87 kg/m<sup>2</sup>)>栎类林(4.69 kg/m<sup>2</sup>)>云南松林(6.18 kg/m<sup>2</sup>)。

3) 龙陵县三江口林场不同林分类型凋落物持水量和吸水速率随时间的动态变化规律基本相似。持水量动态变化规律为:随浸泡时间的增加,持水量持续增加,曲线呈上升趋势,当浸泡 8 h 之后,随着浸泡时间的继续增加,趋势变缓;吸水速率动态变化规律为:吸水速率在 4 h 内变化最快,随着时间的继续增加,吸水逐渐达到饱和。早冬瓜林(落叶阔叶林)的最大持水率最高,其次是西南桦林和栎类林

(落叶阔叶林),最低的是云南松林。

#### 参考文献:

- [1] 韦如萍,薛立.生态公益林建设与可持续发展[J].湖南林业科技,2003,30(3):60-64.
- [2] 林波,刘庆,吴彦,等.森林凋落物研究进展[J].生态学杂志,2004,23(1):60-64.
- [3] 潘开文,何静,吴宁.森林凋落物对林地微生境的影响[J].应用生态学报,2004,15(1):153-158.
- [4] 方华,莫江明.氮沉降对森林凋落物分解的影响[J].生态学报,2006,26(9):3127-3136.
- [5] 彭耀强,薛立,曹鹤,等.3种阔叶林凋落物的持水特性[J].水土保持学报,2006,20(5):189-191,200.
- [6] Putuhenaw M, Cordery I. Estimation of interception capacity of the forests floor [J]. *Journal of Hydrology*, 1996, 180: 283-299.
- [7] Pritchety W L, Fisher R F. *Properties and Management of Forest Soils* [M]. New York: John Wiley&Sons, 1987: 62-68.
- [8] 罗雷,何丙辉.森林凋落物的水分生态效应浅议[J].水土保持科技情报,2005,5:12-16.
- [9] 刘少冲,段文标,陈立新.莲花湖库区几种主要林型水文功能的分析与评价[J].水土保持学报,2007,21(1):79-83.
- [10] 朱金兆,刘建军,朱清科,等.森林凋落物层水文生态功能研究[J].北京林业大学学报,2002,24(5/6):30-34.
- [11] 高志勤.不同毛竹纯林枯落物养分含量和贮量的比较[J].南京林业大学学报:自然科学版,2006,30(3):51-54.

(下转第 47 页)

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2014.02.010

## 基于 GIS 的云南高黎贡山南段景观变化特征分析

朱春梅<sup>1</sup>, 岳彩荣<sup>2</sup>

(1. 云南热带作物职业学院, 云南 普洱 665000; 2. 西南林业大学, 云南 昆明 650224)

**摘要:**以高黎贡山 1974 年 MSS 遥感影像、1987 和 1997 年 TM 遥感影像和 2006 年 IRS 遥感影像以及地形图等相关资料为基础数据,在 GIS 技术支持下,结合景观生态学原理,从景观格局、森林景观动态变化特征方面对云南高黎贡山南段进行了研究。结果显示,研究区景观的破碎程度随时间推移而增大,景观异质性程度降低,土地利用逐渐趋于单一化,土地的开发程度增加,人类对景观的干扰程度加强;各类森林景观交错镶嵌,分布活跃且形状复杂,分化程度高,具有较高的森林景观异质性和丰富的景观多样性。

**关键词:**GIS; 景观生态学; 景观格局; 破碎度; 异质性; 多样性; 高黎贡山南段

中图分类号:S757.1;P208;Q149 文献标识码:A 文章编号:1671-3168(2014)04-0043-05

## Characteristics of Landscape Change Based on GIS Techniques in Southern Section Gaoligong Mountain

ZHU Chun-mei<sup>1</sup>, YUE Cai-rong<sup>2</sup>

(1. Yunnan Vocational College of Tropical Crops, Puer, Yunnan 665000, China;

2. Southwest Forestry University, Kunming 650224, China)

**Abstract:** On the basis of remote sensing images of MSS in 1974, TM of 1987 and 1997, and IRS of 2006, and topography map, supporting with GIS and coupled with landscape ecology theory, of the south Gaoligong Mountain in Yunnan province was researched in landscape patterns and dynamic change characteristics. The results indicated that with time going on, the fragmentation of landscape increased, heterogeneity of landscape decreased, and the land use gradually tended to be simplification. It also implied that with land development speeded up, the interference of the human imposing upon landscape was enhancing. The distribution and structural shape of these landscape spots was complex. In other words, the study area had high heterogeneity and landscape diversity.

**Key words:** GIS; landscape ecology; landscape pattern; fragmentation; heterogeneity; diversity; Gaoligongshan southern section

景观是由多个生态系统构成的异质性地域。景观尺度上的不同过程在形成景观结构时起着决定性的作用<sup>[1]</sup>。高黎贡山自然保护区是世界遗产提名

地范围内最大的自然保护区,一直以来都是研究的热点区域。保护区保存着中国西部亚热带山区完整的生物气候垂直带景观和多种森林生态系统,其生

收稿日期:2013-09-29.

作者简介:朱春梅(1982-),女,讲师。从事遥感与地理信息系统的教学研究。Email:772565709@qq.com

通信作者:岳彩荣(1964-),男,教授。从事遥感与 GIS 的教学研究。Email:cryue@public.km.yn.cn

生物多样性在全国有着举足轻重的地位,具有不可多得科学价值和经济意义。本研究以高黎贡山自然保护区南段为研究区,充分利用各时期遥感影像数据、森林的资源清查图件资料和采伐设计资料,结合野外调查数据,以 GIS 为核心技术,综合空间分析和各种统计方法,研究 1974~2006 年间森林景观变化过程和规律,为森林景观管理和森林经营提供科学依据。

## 1 研究区概况和方法

### 1.1 研究区概况

高黎贡山保护区地处云南省西南边境的保山、腾冲和泸水 3 县市交界处,西部与缅甸接壤,1984 年经国务院批准建立国家级自然保护区。保护区地理位置为北纬 24°56′~26°09′,东经 98°34′~98°50′,保护区南北长 135 km,东西宽约 9 km,呈狭长形,总面积为 123 900 hm<sup>2</sup>。高黎贡山最低海拔 523 m(龙陵县境内),最高海拔为 5 128 m(贡山县境内的嘎阿戈峰)。其中南段处于隆阳区和腾冲县境内的面积为 81 443 hm<sup>2</sup>,为实验区外围局部地段,存在保护区和集体林的林地权属争议<sup>[2]</sup>。

### 1.2 数据来源

1974、1987、1997、2006 年遥感影像图和森林资源二类调查 GIS 成果图。

### 1.3 技术路线

利用研究区 1974 年 MSS 遥感影像、1987 年 TM 遥感影像、1997 年 TM 遥感影像和 2006 年 IRS 遥感影像,以及地形图等相关资料,分别将 4 期遥感图像进行影像到地图(image to map)的几何精校正。在 ENVI 4.3 中按照研究区边界准确切割出研究区域。借助 ArcCatalog 以及 ArcToolbox 模块为校正后的图像定义相应的地理坐标系统。运用景观生态学理论,通过景观参数计算,对森林空间结构基本描述参数进行计算,确定森林空间格局变化特征和规律。

## 2 结果和分析

### 2.1 研究区景观要素的划分

景观分类是景观结构和功能的基础,由于对景观概念的理解和研究目的的不同,目前还没有一个统一的景观分类体系<sup>[3]</sup>。考虑到 TM 图像的分辨率较低,本研究结合森林资源二类调查 GIS 成果图,利用分层分类方法进行分类,将研究区域景观构成要素分为以下几类:农地、居民地、林地、水体、荒山、河

滩和岩石裸露地,其中林地分为常绿阔叶林、针叶林、灌草丛和其它林地。

### 2.2 景观空间格局分析内容和格局指数

FRAGSTATS 软件功能强大,可以计算出 59 个景观指标。这些指标被分为 3 组级别,分别代表了 3 种不同的应用尺度:①斑块级别(patch-level)指标,反映景观中单个拼块的结构特征,也是计算其它景观级别指标的基础;②类型级别(class-level)指标,反映景观中不同拼块类型各自的结构特征;③景观级别(landscape-level)指标,反映景观的整体结构特征。由于许多指标之间具有高度的相关性,只是侧重面各有不同,因而在全面了解每个指标所指征的生态意义及其所反映的景观结构侧重面的前提下,可以依据各自研究的目标和数据的来源与精度来选择合适的指标与尺度<sup>[4-7]</sup>。本研究选取软件中 12 个具有代表性指数:面积(CA/TA)、斑块数(NP)、斑块所占景观面积比例(PLAND)、平均周长、平均面积、景观比例、分维数(FRACT)、破碎度(D)、斑块密度(PD)、景观多样性(SIDI)、优势度(D)、均匀度(E),从景观以及斑块 2 个层次进行了分析。

### 2.3 景观空间格局及动态分析

#### 2.3.1 景观层次的格局指数动态分析

利用 FRAGSTATS 软件,可得到研究区景观层次的格局指数(表 1)。

表 1 景观层次的格局指数

年份	总面积 /hm <sup>2</sup>	斑块数 /个	斑块密度	最大斑块指数	边缘密度	辛普申多样性
1974	36678.96	84	0.2290	63.7077	12.6031	0.5113
1987	36678.96	615	1.6767	67.8376	28.5056	0.4092
1997	36678.96	530	1.4450	59.8372	26.3440	0.4665
2006	36678.96	584	1.5922	66.5992	30.6789	0.4342

景观多样性指数越高,景观的异质性程度越高。以辛普申指数为标准,指数范围为 0~1,越高表明景观越丰富<sup>[8]</sup>。从表 1 中可以看出:研究地区 1974 年的景观多样性较高,斑块密度最低;2006 年的景观斑块密度最高,从景观的斑块密度中可以间接地看出,整体具有较高的异质性。景观斑块边缘密度从 1974 年递增,2006 年的景观斑块边缘密度最高。



## 2.3.2 景观的数量结构特征及其动态分析

面积进行量算, 得到景观类型动态转移矩阵(表 2)。

利用 GIS 矢量数字化方法对各种土地利用类型

表 2 景观数量结构动态特征

Tab. 2 Dynamic characteristics of landscape quantitative configuration

指标	年份	农地	居民地	林地	水体	荒山	河滩	岩石裸露地	合计
斑块数	1974	23	11	10	1	18	13	8	84
	1987	144	183	123	1	141	15	8	615
	1997	79	228	139	1	73	7	3	530
	2006	224	119	160	1	55	14	11	584
斑块比例	1974	27.38	13.10	11.90	1.19	21.43	15.48	9.52	100
	1987	23.41	29.76	20.00	0.16	22.93	2.44	1.30	100
	1997	14.91	43.02	26.23	0.19	13.77	1.32	0.57	100
	2006	38.36	20.38	27.40	0.17	9.42	2.40	1.88	100
平均周长	1974	104.62	268.40	207.36	184.46	81.72	816.60	326.35	265.65
	1987	382.05	595.70	371.54	221.61	525.60	485.09	497.29	480.18
	1997	426.74	655.67	367.99	189.39	493.15	449.48	258.65	517.86
	2006	596.57	477.70	542.14	187.33	680.58	498.44	253.68	555.83
平均面积	1974	333.06	7.55	2404.09	270.63	253.16	3.32	2.99	436.65
	1987	61.8	1.42	217.45	229.05	3.27	4.35	2.33	59.64
	1997	139.01	1.22	175.72	268.02	9.11	5.98	6.09	69.21
	2006	38.80	3.17	163.56	264.24	10.24	4.50	50.09	62.81
斑块面积	1974	7660.44	83.07	24040.89	270.63	4556.79	43.20	23.94	36678.96
	1987	8899.20	259.74	26746.02	229.05	461.07	65.25	18.63	36678.96
	1997	10981.98	278.64	24424.83	268.02	665.37	41.85	18.27	36678.96
	2006	8691.39	377.01	26169.03	264.24	563.31	63.00	550.98	36678.96
景观比例	1974	20.89	0.23	65.54	0.74	12.42	0.12	0.07	100
	1987	24.26	0.71	72.92	0.62	1.26	0.18	0.05	100
	1997	29.94	0.76	66.59	0.73	1.18	0.11	0.05	100
	2006	23.70	1.03	71.35	0.72	1.54	0.17	1.50	100
斑块密度	1974	0.0627	0.0300	0.0273	0.0027	0.0491	0.0354	0.0218	0.2290
	1987	0.3926	0.4989	0.3353	0.0027	0.3844	0.0409	0.0218	1.6767
	1997	0.2154	0.6216	0.3790	0.0027	0.1990	0.0191	0.0082	1.4450
	2006	0.6107	0.3244	0.4362	0.0027	0.1499	0.0382	0.0300	1.5922

研究区域 4 期景观共包括 9 种斑块类型, 1974 年斑块总数为 84 个, 总面积 36 678.96  $\text{hm}^2$ , 斑块平均面积为 436.65  $\text{hm}^2$ 。其中: 林地和农地在景观中占绝对优势, 林地斑块数为 10 个, 占斑块总数的 11.90%, 面积为 24 040.89  $\text{hm}^2$ , 景观比例 65.54%;

农地斑块数为 23 个, 占斑块总数的 27.38%, 面积为 7 660.44  $\text{hm}^2$ , 景观比例 20.89%。其次为荒山、居民地和水体类型, 而岩石裸露地和河滩斑块数目较少, 景观比例较低, 均在 0.07%~0.12%。1987 年斑块总数增加到 615 个, 总面积达 36 678.96  $\text{hm}^2$ , 斑

块平均面积达 59.64 hm<sup>2</sup>。其中,林地和农地在景观中仍然占绝对优势,林地斑块数为 123 个,占斑块总数的 20.00%,面积为 26 746.02 hm<sup>2</sup>,景观比例 72.92%;农地斑块数为 144 个,占斑块总数的 23.41%,面积为 8 899.20 hm<sup>2</sup>,景观比例 24.26%。1997 年斑块总数减少到 530 个,总面积为 36 678.96 hm<sup>2</sup>,斑块平均面积 69.21 hm<sup>2</sup>。其中:林地和农地在景观中仍然占绝对优势,林地斑块数为 139 个,占斑块总数的 26.23%,面积为 24 424.83 hm<sup>2</sup>,景观比例 66.59%;农地斑块数为 79 个,占斑块总数的 14.91%,面积为 10 981.39 hm<sup>2</sup>,景观比例 29.94%。2006 年斑块总数又增加到 584 个,总面积 36 678.96 hm<sup>2</sup>,斑块平均面积为 62.81 hm<sup>2</sup>。其中:林地和农地在景观中仍然占绝对优势,林地斑块数为 160 个,占斑块总数的 37.40%,面积为 26 169.03 hm<sup>2</sup>,景观比例 71.35%;农地斑块数为 224 个,占斑块总数的 38.36%,面积为 8 691.39 hm<sup>2</sup>,景观比例 23.70%。而荒山、居民地、水体、岩石裸露地和河滩类型景观比例仍较低,均在 0.17%~1.03%之间(表 2)。

### 2.3.3 景观分维数、破碎度及其动态分析

对研究区内变化较大的景观类型进行分析。2006 年研究区内 584 个斑块的平均分维数为 1.369,各种景观类型的分维数与研究区平均分维数相差不大,为 1.243 3~1.408 9(表 3),这说明研究区内这几种景观类型受人为干扰程度相当,斑块的几何形状都不规整。从研究区景观图上同样可以看出,各种土地利用景观类型斑块的周边都不规则。原因是研究区内地势起伏较大,坡度>25°的土地面积占研究区面积的 60.02%,坡度在 15°~35°的土地面积较多,占整个研究区面积的 51.46%,影响了研究区各种土地利用景观类型的形成和发展。

各类型景观的破碎度为 0.006 1~0.315 6,景观平均破碎度为 0.015 9。居民地的景观破碎度较高,斑块密度较大,零散分布、面积较小;农地、林地和荒山的景观类型破碎度较低,斑块密度较小、分布较为集中、斑块面积较大(表 3)。

1974~2006 年间,研究区景观平均分维数由 1.274 3 增加到 1.384 3,说明研究区的斑块分布趋于复杂化。林地、农地和居民地的分维值变化较大,荒山受人为干扰最大,分维数值由 1.431 9 减少到 1.243 3(表 3)。

研究区内农地、林地、居民地和荒山的景观破碎度都先增后降低,破碎度均有所变化。整个研究区

表 3 景观分维数、破碎度动态特征

Tab. 3 Dynamic characteristics of landscape fractal dimension and fragmentation

格局指数	年份	农地	林地	居民地	荒山	合计
分维数	1974	1.3663	1.2978	1.1797	1.4319	1.2743
	1987	1.4445	1.4165	1.3639	1.3128	1.3986
	1997	1.4216	1.3613	1.2658	1.3558	1.3690
	2006	1.4089	1.3679	1.3872	1.2433	1.3843
破碎度	1974	0.0030	0.0004	0.1324	0.0040	0.0024
	1987	0.0138	0.0026	0.7046	0.3058	0.0168
	1997	0.0072	0.0057	0.8182	0.1097	0.0145
	2006	0.0258	0.0061	0.3156	0.0976	0.0159

破碎度由 0.002 4 增加到 0.015 9,反映出景观破碎程度随时间的变化在增大。

### 2.3.4 景观多样性、优势度、均匀度及其动态分析

本研究的景观多样性为景观斑块类型多样性,采用多样性、均匀度及优势度 3 个指数进行测度。

研究区景观的最大多样性指数为 2.807 4,而多样性指数较低,为 0.434 2;优势度较高,为 2.004 6。因此,研究区土地利用景观的异质性较低,林地和农地景观占绝对优势,其次是荒山和居民地,而其它景观类型由于数量较少,使研究区的多样性降低。景观的均匀度指数也较低,为 0.506 6(表 4)。

2006 年的景观多样性和均匀度均低于 1974 年,反映出研究区景观异质性程度较高,土地利用逐渐趋于复杂化。2006 年的景观优势度升高,表明基质成分增加,土地的开发程度增加,人类对景观的管理程度加强(表 4)。

## 3 讨论和结论

研究区内土地利用景观空间格局基本构型是以农地和林地为主的景观结构,在研究区 36 678.96 hm<sup>2</sup> 范围内,林地景观和农地景观类型在研究区景观格局中发挥着基质景观要素的作用。经实地调查,研究区外围主要以集体林及农田地为主,受人为活动和环境异质分布格局的共同控制。

研究区内土地开发程度增加,土地利用趋于复杂化。并且荒山和岩石裸露地面积较大,均分布于地势较为陡峭的地方。因此,今后在研究区景观生态规划与建设的过程中,必须运用景观生态学、生态经济学等相关学科知识,从景观生态功能的完整性、

自然条件的内在特征出发,大力开展退耕还林、水土

表 4 景观多样性、均匀度及优势度动态特征

Tab. 4 Dynamic characteristics of landscape diversity, equality and dominance

多样性(H)				优势度(D)				均匀度(E)			
1974年	1978年	1997年	2006年	1974年	1978年	1997年	2006年	1974年	1978年	1997年	2006年
0.5113	0.4092	0.4665	0.4342	1.8816	2.0966	2.0183	2.0046	0.5965	0.4774	0.5442	0.5066

保持工程,引入景观异质性机制,充分利用生态空间,提高景观生态系统生产力及稳定性;节约各种建设用地,控制建设用地斑块盲目扩张,创建环境优美、与自然系统相协调的景观,从而促进景观合理建设和结构的优化,达到人与自然,经济活动与自然过程的协同进化。

需要说明的是,研究区 4 期遥感影像的时间尺度和空间尺度具有一定差异性,4 期遥感图像具有 3 种不同的空间分辨率,导致 4 个时期景观斑块大小和数量缺少可比的前提,在本研究中对此没有加以区分,这在一定程度上会影响分析结果。本研究没有对尺度进行分析研究,而自然现象和过程的空间和时间尺度是紧密相关的,一定空间尺度内的生态实体都有一定的形成演化过程,若能把二者结合起来就能够更为充分地获得研究对象信息,也更有助于把握其规律性,对于研究区尺度分析有待进一步研究。

本研究利用 3S 技术结合景观生态学原理,针对研究区景观动态变化及森林景观动态变化进行了分析研究,并在森林景观现状分布、变化规律和趋势方面取得一些成果,但如何进一步发挥 3S 技术优势,

更好地结合景观生态学原理进行定量分析将是未来努力的方向。

### 参考文献:

- [1] 陈文波,肖笃宁,李秀珍. 景观空间分析的特征和主要内容[J]. 生态学报,2002,22(7):1135-1142.
- [2] 杨维春. 高黎贡山自然保护区(南段)保护管理问题与对策[J]. 林业调查规划,2009,34(6):62-65.
- [3] 肖笃宁,李秀珍. 景观生态学的学科前沿与发展战略[J]. 生态学报,2003,23(8):1615-1621.
- [4] 卢玲. 黑河流域景观结构与景观变化研究[D]. 北京:中国科学院硕士学位论文,1999.
- [5] 甘淑,何大明,党承林. 澜沧江流域云南段景观格局分析[J]. 云南地理环境研究,2003,15(3):33.
- [6] 王玉朝. 三工河流域绿洲景观格局的定量分析[J]. 水土保持学报,2000(9):61-64.
- [7] 陈利顶,傅伯杰. 黄河三角洲地区人类活动对景观结构的影响分析[J]. 生态学报,1996,16(4):337-344.
- [8] 郭晋平. 森林景观生态研究[M]. 北京:北京大学出版社,2001,7.
- [9] 钱乐祥,陈去增. 福建植被景观空间格局及其环境响应特征[J]. 河南大学学报:自然科学版,2000,(4):66-73.
- [12] 周永文,黄文辉,陈红跃,等. 不同人工林分枯落物和土壤持水能力研究[J]. 生态环境,2003,12(4):449-451.
- [13] 任向荣,薛立,曹鹤,等. 3种人工林凋落物的持水特性[J]. 华南农业大学学报,2008,29(3):47-51.
- [14] 李清磊,李林延,李清焱. 几种常见林型枯落物层蓄水功能差别的研究[J]. 黑龙江生态工程职业学院学报,2007,20(5):36-37.
- [15] 杨运振,严朝东,郑潮明,等. 东莞大屏嶂森林公园人工林凋落物的持水特性[J]. 广东林业科技,2009,25(6):76-80.
- [16] 何斌,黄承标,韦家国,等. 不同林龄秃杉人工林凋落物储量及其持水特性[J]. 东北林业大学学报,2009,37(3):44-46.
- [17] 潘紫重,杨文化,曲银鹏. 不同林分类型凋落物的蓄水功能[J]. 东北林业大学学报,2002,30(5):19-21.
- [18] 黄进,张晓勉,张金池. 开化生态公益林主要森林类型水土保持功能综合评价[J]. 水土保持研究,2010,17(3):87-91.
- [19] 薛立,何跃君,屈明. 华南典型人工林凋落物的持水特性[J]. 植物生态学报,2005,29(3):415-421.
- [20] 薛立,梁丽丽,任向荣. 华南典型人工林的土壤物理性质及其水源涵养功能[J]. 土壤通报,2008,39(5):986-989.

(上接第 42 页)

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2014.02.011

# AutoCAD 配合 ArcGIS 在建设项目使用林地 现状图制作中的应用

蒋大勇

(云南省林业调查规划院昆明分院,云南 昆明 650200)

**摘要:**介绍利用 ArcGIS 软件制作建设项目使用林地现状图的流程。以云南曲靖呈钢钢铁有限公司镍铁高炉及烧结配套技改项目使用林地现状图为例,阐述 AutoCAD 矢量图形文件导入 ArcGIS 并校正配位、缩放,dwg 格式文件转换为 shp 格式等一系列制作方法。

**关键词:**建设项目使用林地;林地现状图;ArcGIS;AutoCAD;制作方法

中图分类号:S771.3;P208 文献标识码:A 文章编号:1671-3168(2014)04-0048-03

## Application of AutoCAD Combined with ArcGIS on Situation Map of Occupied Woodland Projects

JIANG Da-yong

(Kunming Branch, Yunnan Institute of Forestry Inventory and Planning, Kunming 650200, China)

**Abstract:** Application of ArcGIS software on situation map developing process of occupied woodland projects is introduced. Taking nickel-iron blast furnace and sintering matching technology renovation projects of Yunnan Qujing Steel Co., Ltd for example, a series of methods of AutoCAD vector graphics files lead-in ArcGIS, further more correction and scaling, and dwg format file converted to shp format have been elaborated in this paper.

**Key words:** occupied woodland projects; woodland situation map; ArcGIS; AutoCAD; making methods

近年来,随着建设项目使用林地项目的逐渐增多,采用何种软件才能制作一套精美而符合制图要求的建设项目使用林地现状图呢?现在编制建设项目使用林地现状图的常用软件有 ArcGIS、AutoCAD、MapGIS 等,按照国家林业局要求提供的数据文件是 shp 格式的数据文件,所以在林业制图上普遍采用 ESRI 公司的 ArcGIS 软件。但是现在建设项目使用林地现状图的原始数据文件大多是其他勘测部门用南方测绘或者是 AutoCAD 软件绘制的 dwg、dxf 格式的矢量图形文件,将其转换为 shp 文件,制作出一

幅满足林业制图规范的使用林地现状图就显得很必要。

### 1 建设项目使用林地现状图的制作流程

在 ArcGIS 中建立一个 mxd 工程文件,添加点线面层后,加入在 AutoCAD 软件中处理好的 dwg、dxf 的数据文件进行转换,再添加图标题,标注、图框、图例等整饰内容,最后根据项目需要生成不同格式的打印文件输出(图 1)。

收稿日期:2013-12-26.

作者简介:蒋大勇(1972-),男,贵州惠水人,助理工程师。从事林业调查规划与林业制图工作。

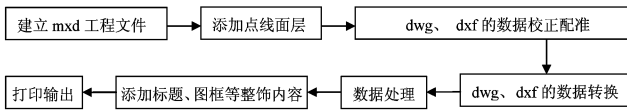


图 1 建设项目使用林地现状图制作流程

Fig. 1 Drawing process of occupied forest land status map

## 2 建设项目使用林地现状图的具体制作方法

现以云南曲靖呈钢钢铁有限公司镍铁高炉及烧结配套技改项目使用林地现状图为例,说明 AutoCAD 如何配合 ArcGIS 编制使用林地现状图的具体方法。

1) 打开 ArcGIS 程序中的 Arcmap, 建立一个空的 mxd 工程文件, 暂命名为“云南曲靖呈钢钢铁有限公司使用林地现状图”。

2) 打开 ArcGIS 程序中的 ArcCatalog, 或者在 Arcmap 窗口下打开目录窗口选项, 在项目名称所在文件夹的路径下新建小班号、小班界、行政界、小班面等图层的 shp 文件, 并根据项目所在地坐标进行空间参考投影设置(图 2)。



图 2 创建小班图层

Fig. 2 Setting up layer of sub-compartment

3) 把创建好的小班号、小班界、小班面等图层的 shp 文件添加进已建好的空 mxd 工程文件中(图 3)。

4) AutoCAD 矢量数据与地形图配准。由于其

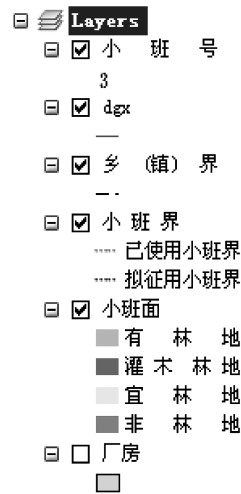


图 3 添加小班点线面等图层

Fig. 3 Layer of point, line and plane of sub-compartment

它勘测部门利用 AutoCAD 软件绘制的矢量图大多不带投影坐标系或者是采用西安 80 坐标系绘制, 而林业用的地形图大多是属于北京 54 坐标系, 因此就存在一个校正配准问题。对于实现西安 80 坐标精确转换到北京 54 坐标需要转换参数, 而目前这些参数是保密的。基于这种情况, 可以现地采取几个有代表性的明显地物点的 GPS 坐标, 然后在 AutoCAD 软件中打开相应的矢量图形, 选中整个图形, 输入采取的 GPS 坐标值, 移动到坐标值位置后另存为一个新的 dwg 文件, 再添加至 Arcmap 即可; 或者在 Arcmap 中使用地理配准中的平移工具拖动到指定位置也可(图 4)。

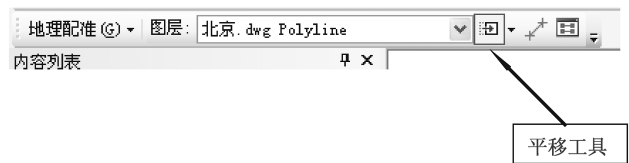


图 4 使用地理配准的平移工具

Fig. 4 Translation tools use geographic registration

在实际工作中, 由于其它勘测部门提供的矢量数据未按一定的比例绘制, 添加到 Arcmap 中时存在与地形图配准不上的问题。对于这种情况, 可以先算出缩放比例, 在 AutoCAD 中先进行缩放, 然后再添加进 Arcmap 中的 mxd 工程文件(图 5)。

5) 加入土地勘测部门的 dwg 文件。由于完整的 dwg 文件加入 Arcmap 中时包括 Annotation、

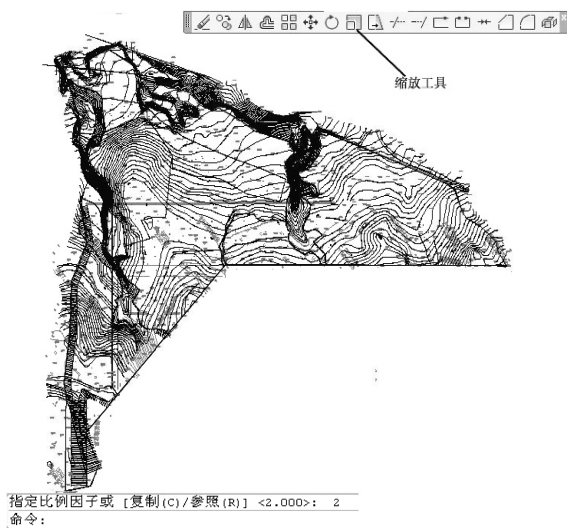


图 5 按比例缩放

Fig. 5 Scaling in proportion

Point、Polyline、Polygon、MultiPatch 等多个文件,根据项目需要,只需添加其中的 Polyline 文件就可以满足制图要求。

6) 进行 dwg 数据到 shp 数据的转换。有文章介绍在 AutoCAD 下利用二次开发语言编写 VBA 代码,读取 dwg 图形属性并写入 dbf 文件,然后利用 GIS 软件通过 shp 图层和属性信息表中的公共字段 Handie 将图形与属性挂接后输出形成 shp 文件。另一种方法是先要建立一个地理数据库,再将 dwg 数据转换成 shp 格式后导入已建好的数据库中。这 2



图 6 从 dwg 到 shp 数据的转换方法

Fig. 6 Conversion method of DWG to SHP data

种方法都比较繁琐。根据多年制图经验,利用 GIS 软件的现有功能可形成一种简便的转换方法,具体转换方法如图 6 所示。

7) 导出数据。形成新生成的 shp 数据图层坐标要先选择数据框,因为先前添加的小班面等图层已经设置好地理坐标系,选择数据框后,新生成的 shp 数据图层就将自动具备地理坐标系(图 7)。



图 7 导出数据

Fig. 7 Export data

8) 进行数据处理。根据外业现地调查手图,在计算机上进行小班区划、剪切、面积求算等一系列数据处理工作。

云南曲靖呈钢钢铁有限公司镍铁高炉及烧结配套技改项目使用林地现状图

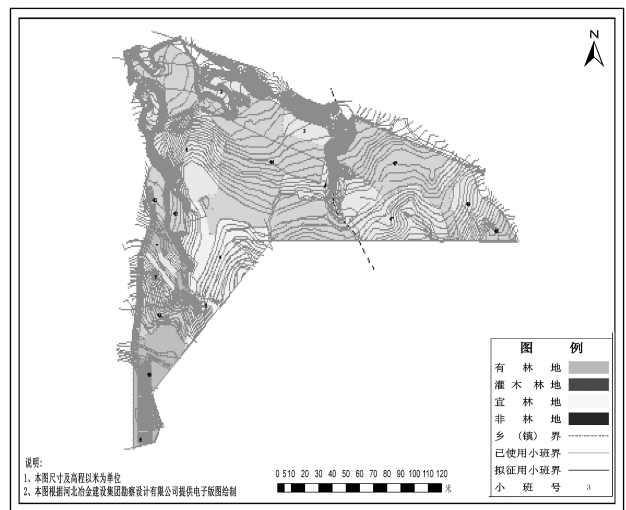


图 8 制作好的建设项目使用林地现状图

Fig. 8 Finished status map of occupied forest land

(下转第 56 页)

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2014.02.012

## 基于支持向量机的宜良县遥感分类与土地覆盖变化研究

范怀刚,岳彩荣,王 栋  
(西南林业大学,云南 昆明 650224)

**摘要:**土地利用/覆盖变化(LUCC)研究是研究土地变化的重要内容,也是全球土地研究的热点。以宜良县 2005 年、2013 年 Landsat TM 影像为数据源,采用支持向量机分类方法,将研究区土地划分为林地、耕地、水域、人工用地、灌草地 5 个地类,提取了宜良县 2 期的土地利用数据并进行了精度验证。最后通过 GIS 叠加分析,统计了宜良县在研究期内的土地利用变化情况。

**关键词:**土地利用变化;支持向量机;遥感分类;宜良县

中图分类号:S771.8 文献标识码:A 文章编号:1671-3168(2014)04-0051-06

### Remote Sensing Classification and Land Use Change Based on Support Vector Machine

FAN Huai-gang, YUE Cai-rong, WANG Dong  
(Southwest Forestry University, Kunming 650224, China)

**Abstract:** Land-Use and Land-Cover Change (LUCC) is an important content of land change research, and a hot topic of global land research. Based on the Landsat TM images of Yiliang County in 2005, 2013, the land type is divided into five types: forest land, agricultural land, water area, artificial land, shrub, and by using support vector machine classification method, the land use data is extracted. Finally, using overlay analysis in GIS, the statistical data of the land use changes during the study period is obtained.

**Key words:** land use change; support vector machines; remote sensing classification; Yiliang County

土地利用变化客观地记录了人类改变地球表面特征空间格局的活动,是人类活动对土地自然属性长期作用的结果,是一个动态变化的过程。土地利用与土地覆盖变化(Land-Use and Land-Cover Change, LUCC),是研究地球变化的重要内容。自 1995 年国际地圈—生物圈计划和国际全球环境变化人文因素计划联合提出“土地利用/覆盖计划”研究项目以来,区域土地利用/覆盖变化便成为全球的研究热点之一<sup>[1]</sup>。传统的土地利用调查研究方法

获得数据的周期长而且精度较差,数据和图件的管理、传输、分析手段落后,无法提供及时、准确、全方位的信息。加上每年土地利用状况都在变化,往往导致耗资巨大的调查结果却难以反映当前土地の利用现状以及变化的信息。运用遥感技术动态、快速获取的地表资料以及 GIS 技术空间管理和模型集成分析功能,对土地利用现状和土地覆被动态变化研究起到了推动作用<sup>[2]</sup>。

本文研究内容来源于亚太森林网络(APFNET)

收稿日期:2014-01-21.

基金项目:亚太森林网络(APFNET/2011/PA004);大湄公河次区域森林变化监测与森林碳制图;国家自然科学基金(31260156)。

作者简介:范怀刚(1988-),男,硕士研究生。主要从事遥感及地理信息系统应用研究。Email:924714165@qq.com

通信作者:岳彩荣(1964-),男,博士,教授,博士生导师。主要从事遥感和 GIS 应用的教学和科研。Email:cryue@163.com

资助的国际合作项目“大湄公河次区域森林覆盖与碳储量遥感制图”的部分研究内容。大湄公河次区域(The Greater Mekong Subregion, 简称GMS)是指湄公河流域的6个国家共7个地区,包括柬埔寨、越南、老挝、缅甸、泰国和我国的云南省及广西壮族自治区。本文的研究内容源于该项目中我国云南省森林覆盖制图的重要研究内容,其中昆明市宜良县是项目研究中的一个试验区。论文以宜良县为例,采用基于支持向量机的遥感分类方法,对宜良县2005年和2013年的TM影像进行土地利用遥感信息提取,并进行精度评价,最终对提取出的宜良县2期土地利用数据进行了土地利用变换分析。

## 1 研究区概况与数据来源

### 1.1 研究区概况

宜良县位于云南省中部,距省会昆明市52 km,属昆明市的近郊县,是昆明市的农业大县,农用地面积大,约76 000 hm<sup>2</sup>,历史上有“滇中粮仓”美誉。宜良县地处东经102°58′~103°28′,北纬23°30′~25°17′,东西最大横距51.5 km,南北最大纵距85.3 km。全县地势北高南低,最高点海拔2 730 m,最低点海拔1 270 m。境内山脉多为东北至西南走向,主要山岭有老爷山、大黑山、土主山、东山、云泉山、竹山等。地形为山地与盆地相间,盆地错落于群山之间。全县面积为1 913.77 km<sup>2</sup>,其中山地占88%,盆地和谷地占11%,水域约占1%<sup>[3]</sup>。

### 1.2 数据来源与处理

#### 1.2.1 TM 影像

TM数据来源于美国地质勘探局(United States Geological Survey,简称USGS)的数据服务平台(<http://glovis.usgs.gov/>),研究区所在区域的TM行列编号为129/43,如图1所示。分别选取了2005年和2013年的TM影像。2005年TM影像为Landsat 5数据,影像获取时间为2005年02月25日;2013年TM影像为Landsat 8数据,影像获取时间为2013年04月20日。

对获取的TM数据采用遥感平台数据处理软件ENVI进行辐射定标、几何校正、裁剪等操作,得到研究区范围的遥感数据。

#### 1.2.2 分类特征提取

特征提取是对若干个原特征或原波段进行某种运算,产生数目相等或数目较少的新特征或新图像<sup>[4]</sup>。常用的特征提取包括主成份变换、纹理特征、植被指数等。

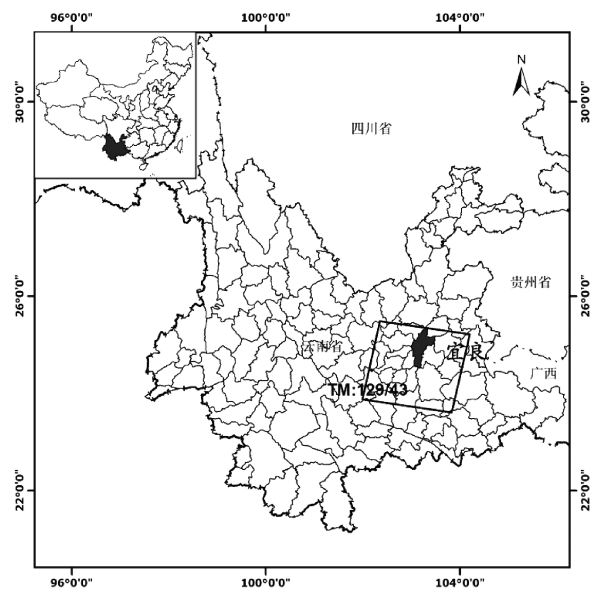


图1 研究区地理位置及TM影像位置示意

Fig. 1 Geographical location and TM images of study area

为了在后期分类中能较好地区分出植被和非植被,以TM影像为数据源,进行波段运算,提取了2期数据的NDVI特征数据(归一化植被指数,对植被和非植被比较敏感)。计算公式为 $NDVI = (NIR - R) / (NIR + R)$ ,其中: $NIR$ 表示近红外波段, $R$ 表示红外波段。

2005年影像分类特征包括除第六波段(热红外波段,分辨率120 m)外的其余1~5,7波段(分辨率30 m)以及NDVI共7个分类特征数据。

2013年影像分类特征包括第1~7波段(分辨率30 m)以及NDVI,共8个分类特征数据。

#### 1.2.3 宜良县森林资源二类调查数据

研究还收集了宜良县2005年森林资源二类调查小班数据,作为遥感分类训练样本数据选取的参考,以及作为分类精度评价的真实参考数据。

## 2 研究方法

### 2.1 土地利用分类系统

2007年8月5日,国家标准化委员会发布了《土地利用现状分类》,标志着我国土地资源分类第一次拥有了全国统一的国家标准。《土地利用现状分类》国家标准采用一级、二级2个层次的分类体系,共分12个一级类、56个二级类。其中一级类包括:耕地、园地、林地、草地、商服用地、工矿仓储用地、住宅用地、公共管理与公共服务用地、特殊用地、交通运输用地、水域及水利设施用地、其他土地。



本文的分类系统建立主要基于《土地利用现状分类》国家标准的一级分类系统,并结合了宜良县实际土地利用情况和遥感数据的可分性,最终确定将研究区的土地利用划分为耕地、林地、水域、灌草地、人工用地,共 5 个地类。

2.2 分类方法

2.2.1 支持向量机原理和特点

支持向量机(Support Vector Machines, SVM)是 Cortes C 和 Vapnik VN 于 1995 年首次提出的,它在解决小样本、非线性及高维模式识别中表现出许多特有的优势<sup>[5]</sup>。SVM 是一种基于统计学习理论的机器学习算法,统计学习与其它学习算法最根本的区别就在于它是一种针对小样本统计估计和预测的学习,其准则是结构风险最小化。SVM 是统计学习中最有效的方法,也是应用最广的方法。研究表明, SVM 在小样本学习、抗噪声性能、学习效率与推广性等方面都优于人工神经网络以及当前其他的机器学习算法<sup>[6-10]</sup>。

SVM 的主要思想是针对两类分类问题,在高维空间中寻找一个超平面作为两类的分割,以保证最小的分类错误率。而且 SVM 一个重要的优点是可以处理线性不可分的情况(图 2)。

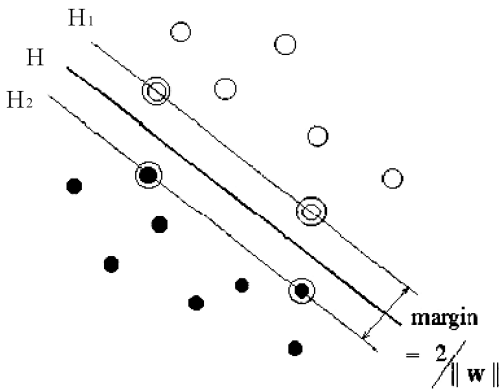


图 2 最优分类面(超平面)示意

Fig. 2 Optimal classification view (hyper-plane)

SVM 的关键在于核函数。低维空间向量集通常难于划分,解决的方法是将它们映射到高维空间。但这个办法带来的困难就是计算复杂度的增加,而核函数正好巧妙地解决了这个问题。也就是说,只要选用适当的核函数,就可以得到高维空间的分类函数。在 SVM 理论中,采用不同的核函数将导致不同的 SVM 算法。常用的核函数有线性核函数、多项

式核函数、径向基核函数、Sigmoid 核函数。对于核函数的核心本质是对参数的选择,常用的参数选取方法有基于网格搜索法、遗传算法、实验法等。本文在研究中采用的核函数为径向基核函数,参数的选取方法使用的是基于网格的搜索法。

2.2.2 训练样本选择

训练样本的选取原则主要考虑各种地类的光谱结构和纹理特征,同时以森林资源二类调查小班数据为基础参考数据,提取出分类系统中 5 个地类的小班数据,以各个地类小班数据的分布情况为参考,手动勾绘选择建立训练样本数据。根据影像形态分布及色调等特征(表 1),将研究区的训练样本分类为林地、耕地 1、耕地 2、水域、人工用地、灌草地,共 6 类。训练样本数量统计见表 2。

表 1 宜良县 TM 影像各类型地物目视解译标志

Tab. 1 Various types of visual interpretation of Yiliang TM images

土地利用类型	影像特征(R:5 波段;G:4 波段;B:3 波段)		
	形态及分布特征	色调特征	典型影像
林地	大面积分布,山体边界明显	深绿色、暗绿色	
耕地 1	呈一定规则状,集中在城镇周边分布	浅绿色	
耕地 2	呈不规则状,分布在河流及山脚区域	粉红色	
水域	大面积或小区块、条带状分布,边界明显	深蓝色、黑色	
人工用地	几何形状特征明显,分布有规律	紫色	
灌草地	面状,块状,条带状,边界清晰	紫红色	

2.2.3 分类过程

在建立好分类用的训练样本数据后,利用 ENVI 下的支持向量机的扩展插件(EnMap)进行参数寻优,基于网格的参数寻参计算过程,搜索计算出支持向量机的 2 个参数 c (惩罚系数)和 gamma (径向基核参数)的最优的取值。在计算之初,通过设定合理的参数搜索范围和搜索步长,能够有效地提高模型的精度。在研究中通过反复试验,将 c 参数的初始范围设定为 1~1 000, g 参数的初始范围设定为 0.01~10,搜索步长为 1.1,得到的参数寻优结果为

表 2 训练样本数据统计

Tab. 2 Training sample statistics

类型	样本数量 (Polygons)	样本面积占研究区 总面积百分比/%
林地	92	0.68
耕地 1	45	0.21
耕地 2	40	0.19
水域	49	0.40
人工用地	68	0.15
灌草地	76	0.20

表 3 精度评价结果

Tab. 3 Accuracy evaluation results

类型	生产精度	用户精度
林地	95.70	93.60
灌草地	70.56	72.52
耕地	87.26	83.46
水域	89.99	92.16
人工用地	73.53	96.18
总体精度:89.39%		Kappa:0.8287

$g=0.41, c=126.5$ 。在得到支持向量机的 2 个参数后,启用监督分类模块下支持向量机分类工具,分别对 2005 年和 2013 年 TM 数据进行分类,结果如图 3 所示。

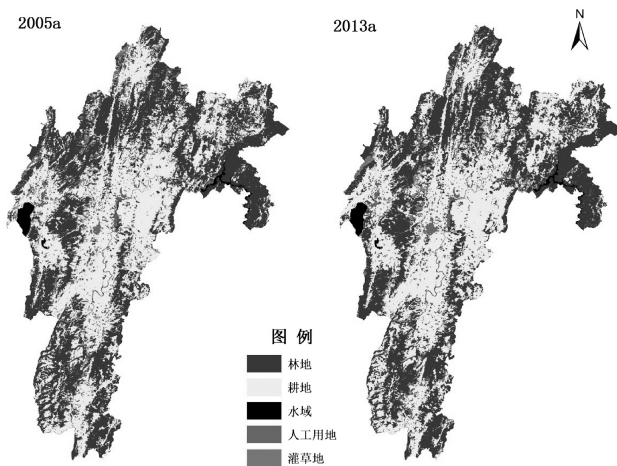


图 3 宜良县 2005 年和 2013 年土地利用分类

Fig. 3 Land use classification of 2005 and 2013 in Yiliang County

### 2.3 精度评价

为了保证精度验证的可靠性,将 2005 年的森林资源二类调查数据作为真实样本数据,与 2005 年 TM 影像的分类结果来进行分类精度验证实验,这样在时效性上保证了精度验证的可靠性。

将宜良县森林资源二类调查数据按照本研究的分类系统归并提取后,用分层随机抽样的方法提取得到 5 个地类一定数量的样本数据,以该数据作为精度验证的真实参考地类样本数据,对分类结果采用混淆矩阵法进行精度评价。评价结果见表 3。

## 3 土地利用与土地覆盖变化分析

### 3.1 土地利用面积整体分析

根据提取出的宜良县 2005 年和 2013 年土地利用数据,分类别统计出各个类别土地利用面积,其结果如表 4 所示。

表 4 土地利用面积统计

Tab. 4 Land use area statistics

土地利用 类型	2005 年		2013 年	
	面积/hm <sup>2</sup>	比例/%	面积/hm <sup>2</sup>	比例/%
林地	85791.17	44.773	85530.45	44.637
灌草地	16210.29	8.460	15455.24	8.066
耕地	83094.97	43.366	83782.27	43.725
水域	3652.64	1.906	3621.40	1.890
人工用地	2863.75	1.495	3223.46	1.682
总计	191612.82	100	191612.82	100

从统计结果中可以看出,2005 年和 2013 年各地类所占的面积比例变化不大,土地利用和变化具有以下几个特点:

1)耕地、人工用地面积有所增加,林地、水域、灌草地的面积较 2005 年都有所减少。林地共减少了 260.72 hm<sup>2</sup>,耕地增加了 687.3 hm<sup>2</sup>,人工用地增加了 359.71 hm<sup>2</sup>。

2)林地和耕地占了该县较大面积比例。2005 年,全县林地和耕地共有 168 886.09 hm<sup>2</sup>,占土地总面积的 88.14%;2013 年,全县的林地和耕地总面积为 169 312.72 hm<sup>2</sup>,占土地总面积的 88.36%,较 2005 年有所增加,增加的面积来自耕地。宜良县历史上就有“滇中粮仓”美誉,所以耕地面积大也符合

宜良县的实际土地利用特点。

### 3.2 土地利用转移矩阵分析

土地利用转移矩阵是刻画土地利用类型之间在一定时段内相互转移的一种有效表达方式<sup>[11]</sup>。通

过利用 ArcGIS 对 2 期影像的分类结果进行空间叠加分析,并对叠加数据进行数据透视表统计,得到 2005~2013 年的土地利用转移矩阵(表 5)。

表 5 土地利用转移矩阵  
Tab.5 Land use transition matrix

2005 年	2013 年					2013 年 总面积
	林地	灌草地	耕地	水域	人工用地	
林地	72736.31	5123.25	7642.22	28.68	0.00	85530.45
灌草地	3495.53	5432.74	6525.41	1.56	0.00	15455.24
耕地	9530.36	5652.26	68551.83	46.71	1.11	83782.27
水域	18.91	1.91	25.48	3575.10	0.00	3621.40
人工用地	10.07	0.13	350.03	0.58	2862.64	3223.46
2005 年总面积	85791.17	16210.29	83094.97	3652.64	2863.75	191612.82

#### 3.2.1 林地转换分析

从转移矩阵表 5 可以看出,2005~2013 年,约有 13 054.86 hm<sup>2</sup> 林地发生转化,主要转变为耕地和灌草地,转化面积分别为 9 530.3 hm<sup>2</sup> 和 3 496 hm<sup>2</sup>。其他地类转化为林地的面积为 12 794.14 hm<sup>2</sup>,主要来源于耕地,此消彼长,因此林地总面积变化不大。

#### 3.2.2 灌草地转换分析

灌草地在研究期内共有 10 777.6 hm<sup>2</sup> 发生转化,主要转化为林地和耕地。其他地类转化到灌草地的面积为 10 022.5 hm<sup>2</sup>,主要来源于耕地,转化了 6 525 hm<sup>2</sup>。

#### 3.2.3 耕地转换分析

研究期内耕地共有 14 543.13 hm<sup>2</sup> 转化为其他用地。从表 5 中可以看出,耕地主要转变为林地和灌草地,转化面积分别为 7 642.2 hm<sup>2</sup> 和 6 525.4 hm<sup>2</sup>,有少部分耕地转化为人工用地,转化面积为 350 hm<sup>2</sup>。其他地类有 15 230.4 hm<sup>2</sup> 转化到耕地,主要来源也是灌木和林地。耕地和灌木、林地之间的相互转化,使耕地面积在研究期内变化不大,但总体上耕地面积大约增加了 687 hm<sup>2</sup>。

#### 3.2.4 水域转换分析

2005~2013 年水域面积总体来说变化较小,只有 78 hm<sup>2</sup> 发生转化,主要转化为耕地。转入的面积也只有 46 hm<sup>2</sup>。总体而言,水域面积呈减少趋势。

#### 3.2.5 人工用地转换分析

从表 5 可以看出,人工用地发生较小面积的转

化,这应该是数据在叠加运算中造成的精度误差,在理论上人工用地不会发生这种转化。其他地类转化到人工用地的面积共有 361 hm<sup>2</sup>,主要来源于耕地。人工用地面积整体有所增加,从 2 期影像对比中

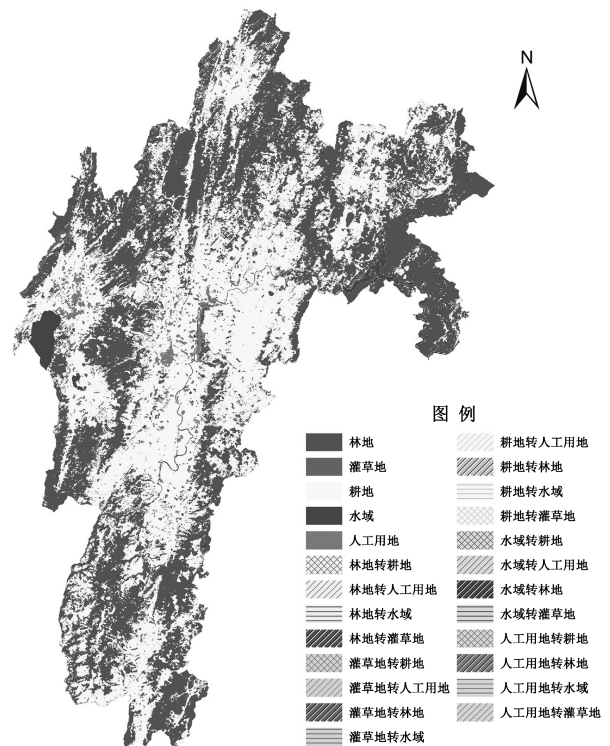


图 4 宜良县 2005~2013 年土地利用变化

Fig.4 Land use changes from 2005 to 2013 in Yiliang County

可以看出,主要来自县城周边建筑用地的增加。

总体上,各地类转换的特点是各地类面积总数变化不大,但地类间的动态转换大,呈现一种动态的平衡。2005~2013年宜良县土地利用变化情况见图4所示。

#### 4 结语

基于2个时相的TM影像数据,采用SVM分类方法提取了宜良县2005年和2013年的土地利用数据,然后基于该数据进行GIS叠加分析运算,统计出了研究期内的土地利用转移矩阵,以此分析了研究期内的土地利用变化情况。从研究结果中可以看出,2005~2013年,宜良县整体上各地类占总体面积的比例改变不大,但地类间的动态转换面积较大,如林地和耕地相互之间的转换在局部地区土地利用/覆盖变化幅度较大,整体上林地面积有所减少,耕地面积有所增加,其他地类变化不大。林地和耕地是宜良县的主要土地利用类型。根据2期数据的统计,林地和耕地共占研究区土地总面积比例均在88%左右。

#### 参考文献:

[1] 李秀彬. 全球环境变化研究的核心领域—土地利用—土地覆盖变化的国际研究动向[J]. 地理学报, 1995, 51(6): 553-558.

- [2] 李丹,张旭亚,孙丽娜. 面向对象的土地利用遥感分类方法研究[J]. 安徽农业科学, 2013, 41(20): 8586-8588.
- [3] 谢长波,袁希平,甘淑,等. 山区县域土地利用垂直分异模型研究—以宜良县为例[J]. 贵州大学学报:自然科学版, 2013, 30(2): 126-130.
- [4] 陈绍杰,单丹丹,赵卫常. 土地覆盖遥感分类方法的比较与分析[J]. 辽宁工程技术大学学报:自然科学版, 2010, 29(4): 567-570.
- [5] 张策,臧淑英,金竺,等. 基于支持向量机的扎龙湿地遥感分类研究[J]. 湿地科学, 2011, 9(3): 263-269.
- [6] VAPNIK V N. 统计学习理论的本质[M]. 北京:清华大学出版社, 2000.
- [7] 边肇祺,张学工. 模式识别(第二版)[M]. 北京:清华大学出版社, 2000.
- [8] PAL M, MATHER P M. *Support Vector Classifiers for Land cover Classification* [M], 2003.
- [9] HUANG Han-pang, LIU Yi-hung. Fuzzy Support Vector Machines for Pattern Recognition and Data Mining [J]. *International Journal of Fuzzy Systems*, 2002, 4(3): 826-835.
- [10] HUANG C, DAVIS L S, TOWNSHEND R G. An Assessment of Support Vector Machines for Land Cover Classification [J]. *International Journal of Remote Sensing*, 2002, 23, 725-749.
- [11] 孟晓乐,於忠祥. 基于GIS技术的土地利用空间结构变化研究[J]. 地理空间信息, 2013, 11(4): 119-121.

(上接第50页)

9)在数据处理完毕后进行图幅整饰工作。考虑到便于文本装订等因素,布局视图纸张设置一般选择A4纸或A3纸。数据框大小一般规格是17 cm×23 cm或23 cm×34 cm,然后根据纸张大小设置比例尺、添加标题、标注、图例、图签等整饰内容,至此一张林地现状图制作完毕(图8)。

#### 3 结语

将AutoCAD dwg格式的文件转换为shp格式进行使用林地现状图的制作,有利于数据格式的统一存档,使以后各种林业项目采用相关数据具有便捷

性,减少了重复劳动,提高了生产效率。

近年来,随使用林地项目的增多,经常需要进行数据转换,但只要充分利用好AutoCAD软件,发掘ArcGIS的制图功能,就可以制作出一套符合林业制图规范的使用林地现状图。随着ESRI公司不断对ArcGIS软件进行升级,将会使林业地图的制作更加简便。

#### 参考文献:

- [1] 林业地图图式(LY/T 1821-2009)[S]. 2009.
- [2] 罗燕彬. ArcGIS在林业标准分幅图编制中的应用[J]. 林业调查规划, 2013(5): 5-9.

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2014.02.013

## 普洱市生态公益林建设现状及存在问题分析

袁亚飞

(普洱市林业局,云南 普洱 665000)

**摘要:**介绍普洱市生态公益林面积、分布、管理机构、制度等情况,分析林农抵触情绪大,管护难度大,公益林区基础设施落后,群众参与管护积极性不高、欠缺激励机制等由公益林补偿标准低而产生的问题。提出提高森林生态效益补偿标准,建立森林生态效益补偿收费制度,建立公益林区非木质产业发展扶持资金,加大基础设施建设投入,建立相应激励机制等建议。

**关键词:**生态公益林;生态效益补偿;补偿标准;激励机制;普洱市

中图分类号:S727.2;F316.24 文献标识码:B 文章编号:1671-3168(2014)04-0057-04

### Current Situation and Problems Analysis on Ecological Public Welfare Forests Construction in Puer City

YUAN Ya-fei

(Forestry Bureau of Puer City, Puer, Yunnan 665000, China)

**Abstract:** Area of ecological public welfare forest, distribution, management institutions and systems in Puer City, Yunnan Province were introduced in this paper. Problems caused by the low standard forest compensation, such as farmers resentment, management and protection difficulty, poor infrastructure in the public forest area, low enthusiasm of the people involved, lack of incentives system and so on. were analyzed. Proposals were made to increase forest ecological benefit compensation standards, establish forest ecological benefit compensation system, set up forest district non-wood industrial development supporting funds, increase infrastructure investment, and establish appropriate incentives system etc.

**Key words:** ecological public welfare forests; ecological benefit compensation; compensation standard; incentives system; Puer City

2000 年以来,国家颁布实施《中华人民共和国森林法实施条例》,以法律形式把 30% 的森林划为生态公益林,建立了相应的森林生态效益补偿政策,并将其纳入国家公共财政预算。2001 年,财政部和国家林业局选择了 11 个省区的 658 个县(单位)和 24 个国家级自然保护区作为生态效益补助的试点,正式拉开了中国实施生态效益补偿政策的序幕<sup>[1]</sup>。2004 年,中央财政拿出 20 亿元人民币,对

0.27 亿  $\text{hm}^2$  的重点公益林进行森林生态效益补偿<sup>[2]</sup>。普洱市在云南省林业厅安排部署下先期纳入国家重点公益林补偿面积 5.27 万  $\text{hm}^2$ ,年补偿基(资)金 380 万元。至 2011 年底,补偿面积扩大到 92.28 万  $\text{hm}^2$ ,年补偿基(资)金 8 170 万元。近 10 年来的生态效益补偿工作实践证明,补偿标准低是困扰做好森林生态效益工作的难点和瓶颈,阻碍了生态公益林的总体发展。

收稿日期:2014-01-08.

作者简介:袁亚飞(1977-),男,云南宣威人,工程师。主要从事森林资源管理、林业调查规划及森林资源评估等工作。

## 1 概况

普洱市国土面积 443.6 万  $\text{hm}^2$ , 山地面积占 98.3%, 是云南省国土面积最大的州市。全市辖 9 县 1 区, 103 个乡镇, 总人口 257.5 万。有无量山及哀牢山 2 个国家级自然保护区, 省级自然保护区 5 个, 县级自然保护区 9 个, 保护区总面积达 14.47 万  $\text{hm}^2$ , 占全市国土面积的 3.19%。物种资源丰富, 有高等植物 5 600 余种, 动物 1 960 余种。全市林业用地面积 327.81 万  $\text{hm}^2$ , 占全市土地总面积的 73.9%。权属为集体的 194.32 万  $\text{hm}^2$ , 占 59.3%; 权属为个人的 28.67 万  $\text{hm}^2$ , 占 8.7%; 权属为其他的 5.22 万  $\text{hm}^2$ , 占 1.6%。森林覆盖率达 68.7%, 活立木总蓄积量 2.68 亿  $\text{m}^3$ 。

## 2 生态公益林管理及补偿现状

### 2.1 公益林结构体系

公益林规模、布局是开展森林分类经营, 实施生态效益补偿的基础。普洱市于 1996 年、2004 年、2008 年、2010 年组织开展了全市森林分类区划试点、两类林区划、重点公益林区划、地方公益林区划和国家级公益林分级区划工作。经过多次区划调整, 2011 年普洱市公益林规模、布局得到不断优化和完善。公益林面积 92.28 万  $\text{hm}^2$ , 占林业用地面积的 28.15%; 按事权等级划分, 国家级公益林 41.01 万  $\text{hm}^2$ , 省级公益林 43.95 万  $\text{hm}^2$ , 市县级公益林 7.31 万  $\text{hm}^2$ , 分别占全市公益林面积的 44.44%、47.63%、7.93%。这些公益林主要分布在江河源头和两岸, 自然保护区、边境线。重要交通干线沿线, 大中型水库周边, 荒漠化和水土流失严重地区及重点水源林、风景林、环境保护林周围。

### 2.2 机构、制度情况

根据国家、省制定的相关管理办法, 结合普洱实际, 普洱市及各县(区)均成立了以政府分管领导为组长, 各相关部门领导为副组长的领导小组, 并在市级及县(区)级林业局抽调人员成立办公室, 配备了办公设备, 落实了人员, 制定了相关的公益林管理办法、资金管理办法、公益林管理办公室职责、制度, 建立了护林员的管护、考核、出勤、巡山等规章制度及管护措施, 确保补偿工作的正常开展。

### 2.3 落实管护任务和责任

管护责任单位一般确定为村民委员会或村民小组。普洱市共落实国家级公益林管护责任单位

1 396 个, 划分责任区 3 038 个, 由当地林业主管部门与责任单位签订管护合同(A) 1 396 份, 由责任单位和管护人员及林权所有者签订管护合同(B) 3 023 份, 由县(区)级人民政府与林权所有者签订禁伐协议 609 份、限伐协议 14 685 份, 落实管护人员 3 023 人, 涉及 3 425 个林班、20 950 个小班。省级公益林共落实管护责任单位 2 279 个, 划分 3 789 个责任区, 签订管护合同(A) 2 279 份, 管护合同(B) 7 636 份, 签订禁伐协议 676 份、限伐协议 56 718 份, 落实管护人员 7 636 人, 涉及 4 897 个林班、27 088 个小班。

## 3 补偿标准低对公益林造成的影响

根据普洱市最新的二类调查数据, 主要树种思茅松面积 139.34 万  $\text{hm}^2$ , 蓄积 1.35 亿  $\text{m}^3$ 。平均蓄积为 97.2  $\text{m}^3/\text{hm}^2$ , 按思茅松现市场原木价 800 元/ $\text{m}^3$  计算, 思茅松原木价可达 46 650 元/ $\text{hm}^2$ 。林地划为公益林后, 对林农每年补偿费为 150 元/ $\text{hm}^2$  (不计省、市级统筹部分), 仅为当地商品林年地租价的 1/2, 经营商品林和公益林利益差距太大。据统计, 若仅考虑森林的营造和管护费用, 生态林的最低营造成本为 3 529.5 元/ $\text{hm}^2$ , 而管护费用至少需要 150 元/ $\text{hm}^2 \cdot \text{a}$ <sup>[3]</sup>。

### 3.1 林农抵触情绪大, 给公益林的稳定埋下隐患

普洱市公益林中, 权属为集体、个人部分的面积为 45.77 万  $\text{hm}^2$ , 其中国家级 17.31 万  $\text{hm}^2$ , 省级 28.46 万  $\text{hm}^2$ 。涉及补偿的农户有 25.8 万户, 平均每户补偿面积 399.15  $\text{hm}^2$ , 补偿资金 259.45 元。在景东县挖萨村, 全村林地 0.73 万  $\text{hm}^2$ , 商品林 0.42 万  $\text{hm}^2$ , 可为农户带来每年 140 万元的收入。巨大的利益差距使得农户对区划公益林抵触情绪较大, 部分林农拒领生态效益补偿资金, 要求退出公益林, 给公益林的稳定造成了影响, 提高补偿标准势在必行。

### 3.2 管护费用低, 管护难度较大

不论是国家级公益林还是省级公益林, 权属为国有的补偿标准为 75 元/ $\text{hm}^2 \cdot \text{a}$ , 权属为集体和个人的为 150 元/ $\text{hm}^2 \cdot \text{a}$  (均包含了省级、市级统筹和补偿费管护费等)。按照当前市场工价, 100 元/d·人, 一个月 3 000 元, 年管护费用为每人 36 000 元。而事实上, 普洱市公益林管护费最高为 19 000 元/ $\text{a} \cdot \text{人}$  (仅指国有林管护人员, 管护面积约 400  $\text{hm}^2$ ), 集体部分管护费更低。有的集体林没有能力聘请专职管护人员, 由村民小组长代为管理, 其管护效果也未

能达到预期效果。

### 3.3 公益林区基础设施建设落后,不利于管护工作的开展

由于补偿标准低,补偿费基本上只够用于林地管护和对林农的补偿,没有更多的剩余资金对公益林区的基础设施进行建设。如,景东县太忠乡林业服务中心,林地面积 1.57 万  $\text{hm}^2$ ,公益林面积 0.36 万  $\text{hm}^2$ 。其中国家级公益林 0.11 万  $\text{hm}^2$ ,省级公益林面积 0.21 万  $\text{hm}^2$ ,市县级公益林 0.04 万  $\text{hm}^2$ 。服务中心办公场所为租用的民房,办公地点狭窄,难以满足工作需要。在人烟稀少的林区,缺少管护哨所,管护人员巡山只能自带干粮,巡护工作十分艰辛。由于资金短缺,没有更多的经费用于宣传牌、宣传册等的制作,宣传力度不够,开展管护工作困难较大。

### 3.4 公益林区群众参与管护的积极性不高

由于补偿标准低,广大林区群众除了被区划为公益林的林农,其他不涉及的基本不参与公益林的管护等相关工作。要管护好公益林,使其发挥应有的效益,必须充分发挥社区的优势,投入必要资金吸纳社区群众参与。长期以来,林农作为最基层的森林经营主体,被动接受安排的多,看到的多是计划、指标、组织、监督、检查等,在森林生态效益补偿实施方案的决策、规划、实施、监测和评估中缺乏实际意义上的参与,不利于今后森林生态效益补偿资金的管理及补偿资金的落实<sup>[4]</sup>。在澜沧县雪林乡南盼村,公益林面积 2 651  $\text{hm}^2$ ,商品林面积 2 281  $\text{hm}^2$ ,全村 867 户,2 897 人。其中涉及公益林的为 489 户,1 655 人。召开村民一事一议会议讨论公益林补偿资金使用方案时,到会的只有涉及公益林的户代表参加。公益林区内发生森林火警,村民打电话至乡镇林业站报告说:“领导,你们的公益林着火了”。可见,在村民的意识里,公益林是林业站的,与他们无关。由于补偿低,林农能得到的利益太少,对参与公益林管护的积极性很低。

### 3.5 欠缺激励机制

普洱市地处云南南部偏远贫困山区,大多数林农经济基础薄弱,寄希望于林权制度改革后能将自已的林地流转变现,改善经济状况,提高生活水平。然而林地被区划成公益林后不能进行商品性采伐,补偿标准又低,加之生态效益补偿缺乏相应的激励机制,导致林农抵触情绪加大,公益林的稳定性及管护效果难以达到预期目的。思茅区万掌山林场林地面积 0.93 万  $\text{hm}^2$ ,国家级公益林面积 0.46 万  $\text{hm}^2$ 。

为鼓励企业管理好国家级公益林,下达专项资金 30 万元用于管护哨所建设,下达 25 万元用于公益林区道路维护。在镇沅县者东镇东沙村及邦海村,下达 30 万元用于两村间公益林区道路维护,既方便了公益林管护,取得了村民的理解支持,也为村民的出行提供了方便。但这些专项资金均是省市县级统筹部分安排的,涉及的面少,不能覆盖整个公益林区,不能解决公益林区存在的普遍问题。江城县康平乡中平村老卫寨村民小组林地面积 200  $\text{hm}^2$ ,营盘山村大草地村民小组林地面积 133.3  $\text{hm}^2$ ,由于补偿标准低,当地村民拒不领取生态效益补偿资金,但这些地方的林地生态区位为重要交通干线两旁,不得不区划为公益林。加之没有有效的激励机制,这一矛盾很难解决。

## 4 对增加森林生态效益补偿资金的建议

### 4.1 提高森林生态效益补偿标准

森林的生态功能是典型的公共产品,作为生态建设重要内容的公益林营造、经营和管理,是典型的公益活动。建议将中央和省级财政补偿标准提高到每年 750 元/ $\text{hm}^2$ <sup>[5]</sup>。在此基础上,根据国家和省财力情况,逐步提高补偿标准,使生态公益林的经营者得到合理的经济补偿。这是社会主义市场经济条件下有效保护森林资源、维护生态环境的重要途径。同时,加大财政转移支付中生态补偿的力度,在资金的安排使用上,应着重向欠发达地区、重要生态功能区、水系源头地区和自然保护区倾斜,优先支持生态环境保护作用明显的区域性、流域性重点项目。

广东省 1994 年在全国率先以立法形式决定对全省森林实行生态公益林、商品林分类经营管理。1998 年,广东省确立了由政府生态公益林经营者的经济损失给予补偿的制度,在《广东省森林保护管理条例》中明确规定,各级政府每年应从地方财政支出中安排不低于 1% 的资金用于造林、育林、护林、生态公益林建设和林业科技教育。1999 年出台了《广东省生态公益林建设管理和效益补偿办法》,规定各级政府每年财政安排的林业资金中,用于生态公益林建设、保护和管理的资金不少于 30%;禁止采伐的公益林,省政府对生态公益林经营者的经济损失给予补偿,由省财政每年补偿 562.5 元/ $\text{hm}^2$ ,不足部分由市、县给予补足<sup>[1]</sup>。建议普洱市也从地方财政支出中安排一定比例的资金用于公益林建设。

#### 4.2 建立森林生态效益补偿收费制度,拓宽森林生态效益补偿基金筹措渠道

除坚持政府主导,努力增加公共财政对生态效益补偿的投入外,按照“谁开发谁保护,谁受益谁补偿”的原则,建立市场经济条件下对森林生态效益补偿的市场化运作机制,制定科学、合理的征收标准,对森林生态效益受益明显单位,如依托公益林景观的旅游部门、水力发电部门、城市自来水部门,从其企业营业收入中提取一定比例的资金用于该区域的生态效益补偿;对环境污染大的行业 and 单位征收生态环境补偿费。建立基于市场经济背景下生态环境建设和保护的激励与约束机制。辽宁省经过省人大立法程序,以正式文件下发,实施征收水资源费,并从水资源费中划出一部分列为扶持水源涵养林和水土保持林建设资金;从 1988 年开始,辽宁省内采矿、造纸工业企业,药材、蚕茧收购企业等和拥有直接开发水资源、自备水工程的企事业单位、机关、团体、部队等征收林业开发建设基金和水资源费,决定从征收的水资源费中每年拿出 1 300 万元用于水源涵养林和水土保持林建设,促进了全省林业的发展。新疆在全区范围征收补偿费已开始实施,规定了森林生态效益补偿基金的征收范围和标准,主要包括机关、团体、企事业单位的职工,按月工资总额的一定比例征收,石油、矿产部门按产量征收,由林业主管部门安排用于生态公益林建设、保护以及野生植物保护。广西壮族自治区每年由财政从水电经费中拨出 100 万元用于水源涵养林和水土保持林建设。陕西耀县规定水利和水保部门每年从征收的水资源费中提取 10% 拨交林业部门用于营造水源涵养林;内蒙古的临河和吉林省的长春等地对受益于防护林的农田征收  $7.5 \sim 15$  元/ $\text{hm}^2 \cdot \text{a}$  的防护林生态补偿费用于农田防护林的抚育管理和更新改造。河北省承德地区是北京、天津水源林区,每年提供引滦入津工程 96.4% 的水源,密云水库 56% 的水源,通过自发协商,北京每年从财政补偿该地区丰宁县 100 万元,天津从财政每年补偿丰宁县 40 万元。四川省的青城山风景区从 20 世纪 80 年代中期,市政府决定从其门票收入中拿出 25% 交给林业部门,用于护林防火,1988 年至 1991 年 11 月底,林业部门从门票收入中共分到 50 万元<sup>[6]</sup>。

#### 4.3 建立公益林区非木质产业发展扶持资金

专项扶持公益林所有者发展林下种养殖业、野生食用菌、森林蔬菜花卉、森林生态旅游等,让广大林农从公益林的经营管护中得到更多的实惠,这符合公益林管理的相关规定,不仅有利于丰富林农的收益渠道,还可以有效助推地方林业经济健康发展。

但要做好以下几点:①一级国家级公益林原则上不得开展生产经营活动,严禁林木采伐行为;②一级国家级公益林以外的其它公益林要在不破坏森林生态系统功能的前提下进行合理利用,鼓励近自然的经济行为,不进行高强度的集约经营活动;③要科学规划,合理布局。对饮用水源区,城镇、村庄环境保护区,生物多样性富集区,生态脆弱区要严格控制,不得规划发展林下经济。江城县三国庄园利用部分企业资金发展了林下蔬菜种植,蔬菜种植技术含量不高,投入少,见效快,收益不错,既保护了公益林,也增加了群众收入。建议建立公益林区非木质产业发展扶持资金,对适合发展非木质产业的公益林区域进行重点扶持。

#### 4.4 加大公益林区基础设施建设投入

公益林大多分布于边远和高寒山区,管护难度极大,需加大管护监测站点、巡护通道、防火设施、森林病虫害防治等基础设施投入,逐步改善公益林管护条件。2005 ~ 2012 年,普洱市共投入资金 1 272.53 万元,组织实施了管护哨所建设、森林抚育和补植补造、公益林林区道路维护、防火通道建设等建设项目,改善了公益林区基础设施,但是目前的这些投入对广大的公益林区基础设施建设来说仍然是杯水车薪。

#### 4.5 建立相应的激励机制

数据表明,通过近 10 年的建设,普洱市公益林的林分质量得到了提高。据 2011 年底调查,全市公益林面积中未成林造林地、无立木林地、荒山只占 0.8%;林分平均蓄积量  $107.7 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ ,明显大于商品林  $89.4 \text{ m}^3/\text{hm}^2$  的平均水平;阔叶林、针阔混交林面积比例为 65.2%,明显大于商品林 43.0% 的比例;近、成、过熟林面积占 33.4%,明显高于商品林 23.7% 的比例。林农为森林生态建设付出了努力和代价,理应建立相应的激励机制,以鼓励和补偿林农为公益林发展作出的贡献。比如鼓励林农在不破坏森林资源的前提下,开发林下非木质林副产品,发展林下种养殖等项目。国家层面应积极鼓励各社会团体、企业及个人以多种方式支持公益林建设,并在苗木、贷款、税费、荣誉等方面给予优待,逐步建立一套公益林建设的激励管理机制,促进公益林事业的顺利发展<sup>[7]</sup>。

#### 参考文献:

- [1] 费世民,彭镇华. 关于森林生态效益补偿问题的探讨[J]. 林业科学,2004(4):171-179.

(下转第 64 页)



doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2014.02.014

## 富源县林地保护面临的困难与对策

解恒泽<sup>1</sup>, 许 靳<sup>2</sup>

(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生态分院, 云南 昆明 650031)

**摘要:**根据富源县自然地理条件、林地资源状况以及林地保护利用现状,分析林地保护利用面临的问题主要有生态环境恶化势头仍未得到根本遏制,林地生产力低下,管理形势严峻,煤炭采空区治理难度大等。藉此提出严格保护林地,确保森林面积稳步增加,提高森林资源质量,实施林地分级保护等对策。

**关键词:**林地保护;生态环境;林地“一张图”;分级保护;富源县

中图分类号:S76;F301.24 文献标识码:A 文章编号:1671-3168(2014)04-0061-04

## Difficulties and Countermeasures of Forest Protection in Fuyuan County

XIE Hen-ze<sup>1</sup>, XU Jin<sup>2</sup>

(1. Yunnan Institute of Forest Inventory and Planning, Kunming 650051, China; .  
2. Ecology Branch of Yunnan Institute of Forest Inventory and Planning, Kunming 650031, China)

**Abstract:** According to physiographic conditions, forest resources and status of forest protection and utilization in Fuyuan County N, this paper analyzed the problems of forest protection and utilization such as main trend of ecological deterioration has not been fundamentally curbed, forest productivity is low, the management situation is grim, governance of coal mine exhausted area is difficult. Thereby, countermeasures to strictly protect woodland, steadily increase forest area, improve the quality of forest resource, implement forest land graded protection and so on have been proposed.

**Key words:** forest land protection; ecological environment; woodland “a map”; graded protection; Fuyuan County

林地是国家重要的自然资源和战略资源,是森林赖以生存与发展的根基,是野生动植物栖息繁衍和生物多样性的物质基础,在保障木材及林产品供给、维护国土生态安全中具有核心地位,在应对全球气候变化中具有特殊地位。国务院明确要求“要把林地与耕地放在同等重要的位置,高度重视林地保护”。因此,有效保护和管理林地,并合理利用林地资源,营造一个以森林为主体的良好生态环境,是林业可持续发展的需要。

### 1 概况

富源县位于云贵两省结合部,隶属于云南省曲靖市,地处滇东岩溶高原东部边缘部分,地理位置为东经 103°38'37"~104°49'48"、北纬 25°02'30"~25°58'22",境内 97%是山区,素有“入滇第一关”和“滇黔锁钥”之称,是云南的东大门。地貌主要是以石灰岩为主的中山山地,地势北高南低。森林土壤以红壤为主,气候条件属南温带与北亚热带的交界地

收稿日期:2013-10-09;修回日期:2014-03-10.

作者简介:解恒泽(1966-),男,云南宣威人,工程师。主要从事森林资源规划设计调查工作。

通信作者:许靳(1972-),女,云南南华人,助理工程师。主要从事森林资源规划设计调查工作。

带。处于滇东多雨区,年均温为 13.8℃,年均降水量达 1 093.7 mm,年均日照时间为 1 819.9 h。

全县辖 11 个乡镇、3 个县级国营林场、1 个市级国营林场和 1 个省级自然保护区,国土面积为 325 100 hm<sup>2</sup>,总人口 75 万人。2010 年实现林业总产值近 1.3 亿元。

## 2 林地资源现状

依据《云南省富源县林地保护利用规划(2010~2020 年)》,全县林地面积为 143 372.08 hm<sup>2</sup>,占国土总面积的 44.1%。其中,有林地 70 072.26 hm<sup>2</sup>,疏林地 365.97 hm<sup>2</sup>,灌木林地 50 906.93 hm<sup>2</sup>,未成林造林地 2 579.85 hm<sup>2</sup>,苗圃地 9.05 hm<sup>2</sup>,无立木林地 323.01 hm<sup>2</sup>,宜林地 19 115.01 hm<sup>2</sup>。

全县公益林地 85 163.02 hm<sup>2</sup>,占林地面积的 59.4%。其中,国家级公益林 77 093.00 hm<sup>2</sup>,省级公益林 8 070.02 hm<sup>2</sup>,没有市级和县级公益林;在公益林地中,重点公益林 82 700.00 hm<sup>2</sup>,一般公益林 2 463.02 hm<sup>2</sup>。全县商品林地 58 209.06 hm<sup>2</sup>,占林地面积的 40.6%。其中,重点商品林 20 400.00 hm<sup>2</sup>,一般商品林 37 809.06 hm<sup>2</sup>。

## 3 林地保护利用现状及面临的问题

### 3.1 林地保护利用现状

#### 3.1.1 生态环境建设稳步推进

富源县委、政府提出“生态立县”战略,以林业生态建设为核心,依托国家重点工程,综合治理水土流失和石漠化严重的区域。“十一五”期间完成人工造林 36 733.4 hm<sup>2</sup>,其中:退耕还林工程 2 666.7 hm<sup>2</sup>,荒山造林 1 666.7 hm<sup>2</sup>,巩固退耕还林成果种植业 3 780.0 hm<sup>2</sup>,防护林工程 2 933.3 hm<sup>2</sup>,其它林业工程造林 2 5686.7 hm<sup>2</sup>。使全县生态环境建设得到进一步加强。

根据分类经营、分区施策的管理方针,将生态区位重要的区域划为公益林地加以严格保护。截至 2011 年,全县共划分界定以保护国土生态安全为主的公益林地面积为 85 163.02 hm<sup>2</sup>,其中,国家级公益林地 77 093.00 hm<sup>2</sup>,省级公益林地 8 070.02 hm<sup>2</sup>。国家级公益林和省级公益林建立了森林生态效益补偿制度,通过严格的管护措施,使全县生态区位重要区域的森林和林地得到了有效保护。

#### 3.1.2 生物多样性富聚的区域得到有效保护

十八连山省级自然保护区是富源县生物多样性

最富聚的区域,主要植物有 37 科 92 种,林地 1 164.02 hm<sup>2</sup>,占保护区土地总面积的 89.33%,森林覆盖率 89.12%。十八连山省级自然保护区的建设,使富源县生物多样性富聚区域的森林和林地得到了有效保护。

#### 3.1.3 林业产业发展初见成效

按照“生态建设产业化、产业发展生态化”的发展思路,以森林分类经营为指导,加快森林培育,大力推进特色经济林和木本粮油基地建设,有效开发林下资源,丰富了林产品种类,林产品供给能力稳步提高。“十一五”期间种植木本油料林 20 080.00 hm<sup>2</sup>,发展以杉木为主的速生丰产用材林 10 666.67 hm<sup>2</sup>,以大河紫竹、红花木莲、光皮桦为主的乡土优良树种的育苗基地初步建成,以野生食用菌、银杏叶为主的非木材产业比重逐步加大,以核桃为特色的经济林和产品加工业发展迅速,森林生态旅游、野生动物驯养繁殖、观赏苗木培育等产业蓬勃发展,林业总产值连创新高,2010 年实现林业总产值近 1.3 亿元,是“十五”期末的 2.27 倍。

#### 3.1.4 依法治林不断规范

依据国家和省相关的法律、法规,规范林业执法,并制定相应的制度,林业综合执法大队和森林公安局加大执法力度,依法审核审批建设项目使用林地、林木采伐及木材运输等,严厉打击各种破坏森林资源的违法犯罪行为,案件发生率得到有效降低,案件查处率达 95% 以上。

### 3.2 林地保护利用面临的问题

#### 3.2.1 生态环境恶化的势头没有得到根本遏制

富源县地处岩溶石漠化地区,根据《云南省岩溶地区石漠化监测报告》的统计数据,全县石漠化林地面积达 54 872.40 hm<sup>2</sup>,潜在石漠化林地面积为 66 215.20 hm<sup>2</sup>,集中分布在中安镇、墨红镇、后所镇、老厂镇和十八连山镇等。全县水土流失面积达 157 780.00 hm<sup>2</sup>,占国土总面积的 47.1%。其中,轻度流失 56 280.00 hm<sup>2</sup>、中度及重度流失面积达 101 497.00 hm<sup>2</sup>,平均侵蚀模数 2 651 t/km<sup>2</sup>·a。由于石漠化、水土流失地区的林地土层瘠薄、保水能力差,导致造林和植被恢复困难。

#### 3.2.2 林地质量不高,生产力低下

全县山地面积占国土面积的 97.0%,区域气候、土壤、水肥、热量差异大,且立体气候十分明显。大部分林地坡度大、肥力低、土层薄、生产力低下。全县乔木林的单位面积蓄积仅为 37.7 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>。全县现有森林以中幼林为主、近成熟林少,纯林多、混

交林少, 单层林多、复层林少, 森林资源质量整体不高。

### 3.2.3 林地管理形势严峻

根据《富源县林地保护利用规划(2010~2020)林地需求与补充林地专题报告》, 以及发改局、供电公司、教育局、水务局、铁路建设管理处、住建局、交通运输局、煤炭局等有关局(委、办)14家单位提供的拟建项目计划, 全县规划期内主要建设工程约有362项, 预计用地总规模为12 934.88 hm<sup>2</sup>, 预计使用林地3 066.00 hm<sup>2</sup>。随着全县工业化、城镇化步伐加快, 建设山地城镇、各类工程建设、资源开发项目对土地的需求增加, 需要大量使用林地, 导致林地的供给与使用需求发生矛盾, 给林地管理带来巨大的压力, 加之当前违法使用林地的成本不高, 林地管理形势十分严峻。

全县人口密度为235人/km<sup>2</sup>, 农村人口平均拥有集体林地面积为0.20 hm<sup>2</sup>, 农村人口平均拥有耕地面积为0.22 hm<sup>2</sup>, 人多地少, 加之林农、林牧混杂现象十分突出, 人畜活动极为频繁, 一些地方毁林开垦、蚕食林地的现象仍时有发生。同时, 现有生产能力并取得生产许可证的煤矿矿井168个, 这些矿井大多属于私营, 还有很多无证开采的非法小煤窑, 工矿密集分布, 煤炭开采每年需要消耗大量坑木和木材, 使得矿区周边森林植被破坏严重。

### 3.2.4 煤炭采空区治理难度大

富源县是云南的煤炭资源大县, 含煤面积达1 088 km<sup>2</sup>, 占全县国土总面积的33.5%。由于富源县地方煤矿起步早、规模小、底子薄, 建设不规范, 部分煤矿井下主要巷道仍采用木支护, 煤炭开采易引起地表塌陷; 随着煤矿矿坑排水, 大面积采空区诱发地表开裂、塌陷或山体滑坡; 同时, 煤矿矸石堆积占用大量土地资源, 造成生态破坏, 水土流失。

## 4 林地保护的对策

### 4.1 严格保护林地

林地是生态建设的基础, 必须用于林业发展和生态建设, 不得擅自改变用途; 严格限制林地转为建设用地, 严格控制林地转为其他农用地, 严格保护公益林地。各项工程建设和矿藏开采项目必须依法办理审核审批手续, 应不占或少占林地; 优先安排水利、交通、能源等重点工程项目使用林地指标, 确保重点工程项目依法占用征收征用林地, 严格限制房地产、采矿、采石、取土项目使用林地, 至2020年全

县林地面积不低于144 589 hm<sup>2</sup>。

### 4.2 确保森林面积稳步增加

全县现有森林99 350.27 hm<sup>2</sup>, 通过实施未成林造林地的抚育管理, 对疏林地、其它灌木林进行低效林改造和封山育林, 以及对无立木林地、宜林地进行人工造林等措施, 至2020年森林保有量达到122 326 hm<sup>2</sup>, 确保实现生态立县的战略目标。

### 4.3 提高森林资源质量, 增加森林蓄积量

全县乔木林的单位面积蓄积仅为37.7 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>, 林地生产力低; 林地资源现状中, 疏林地占0.3%、灌木林地占35.5%、未成林造林地占1.8%、宜林地占13.3%、无立木林地占0.2%, 有林地的上升空间较大。疏林地、大部分灌木林地立地条件较好, 宜林地立地条件一般; 通过对疏林地进行低效林改造, 对灌木林地采取封育、补植补造等人工促进措施, 对于宜林地、无立木林地进行人工造林, 对未成林造林地采取封育、抚育、补植补造等措施, 保证其成林; 对有林地进行适当的生态抚育, 人工促进低郁闭森林向高郁闭转化, 维护森林健康, 提高单位面积蓄积生长水平。通过大力实施封育管护、中低产林改造、人工造林等措施, 大部分疏林地、灌木林地可以向有林地转变和演替, 提高森林质量。

### 4.4 实行林地“一张图”管理

林地“一张图”就是利用近期高分辨率的遥感数据、林地落界数据、二类调查资料, 基础地理信息等多资源数据集合, 以林地界线为核心内容, 构建统一的林地资源管理体系的技术平台, 实现林地资源保护利用的“天上看、网上管、地上查”, 从而实现资源动态监管的目标。“一张图”能总揽林地资源的分布格局, 可以从县—乡(镇)—村再到地块的不同范围直观查看各地类、面积、蓄积、起源、树种、森林类别、林种、权属、林地保护等级等林地属性信息, 将林业决策置于可视化的现实场景。

以“一张图”为框架, 通过每年的林地变更调查, 准确反映林地范围的变化、林地内各地类的变化、管理属性的变化, 并获取变化原因。实现林地监管的针对性, 及时发现林地的非正常变化, 通过分析原因, 采取对策, 从而满足政府宏观决策、林业管理和生产经营等多种信息需求, 使林业行政管理目标明确, 提高了占用征收征用林地、森林采伐、营造林核查、国家级公益林管理等动态监管的针对性、时效性和精准度, 实现森林资源监管“一盘棋”。

### 4.5 加强石漠化地区的综合治理

在石漠化地区采取封山育林、人工造林、退耕还

林、农村能源建设等措施,实施石漠化地区的生态修复,配合适当的工程措施,加强对石漠化土地的综合治理,着力培育生态公益林,提高森林的水源涵养能力、水土保持能力;同时,适度发展以核桃、板栗为主的木本粮油林,加大中低产林的抚育和改造力度,逐步提高石漠化地区的森林质量,改善石漠化地区的生态环境。

#### 4.6 实施林地分级保护

I 级保护林地是生态区位极其重要和脆弱的区域,以保护生物多样性、特有自然景观为主要目的,需要特殊保护和严格控制生产活动的区域。全县 I 级保护林地现状面积达 1 164.02 hm<sup>2</sup>,实行全面封禁保护,禁止人为干扰和一切生产性经营活动;严禁各类建设项目占用征收征用林地,改变林地用途;禁止任何采伐活动。

II 级保护林地是重要生态功能调节区内予以保护和限制性经营利用的区域,以生态修复、生态治理、构建生态屏障为主要目的,包括 I 级保护林地外的国家级和省级公益林地、石漠化土地封禁保护区的林地。全县 II 级保护林地现状面积为 83 999.00 hm<sup>2</sup>,实施局部封禁管护,采用人工促进自然修复为主的方式改善林分质量和森林健康状况,保护生物多样性,适度开展经营活动,鼓励和引导森林抚育。适度保障水利、交通、能源等基础设施项目使用林地,限制城镇建设和房地产开发用地,禁止非基础设施建设项目占用征收征用森林;禁止商业性采伐,适度开展抚育、改造和更新。

III 级保护林地是维护区域生态平衡和保障主要林产品生产基地建设的重要区域,主要包括 I、II 级保护林地外的省级、县级规划的速生丰产林、木本粮油基地等重点商品林地。全县 III 级保护林地现状面

积为 20 400.00 hm<sup>2</sup>,在确保生态系统健康和活力不受威胁或损害下,适度进行林产品生产经营,重点商品林地实行集约经营、定向培育,加大营造林科技和经济投入,提高经营水平;适度保障水利、交通、能源等基础设施和城乡建设用地,从严控制商业性经营设施建设用地,限制勘查、开采矿藏和其他项目用地;允许适度经营和更新采伐,重点商品林应按照森林经营方案进行采伐管理。

IV 级保护林地是需予以保护并引导合理、适度利用的区域,包括未纳入 I、II、III 级保护范围的各种林地。全县 IV 级保护林地现状面积达 37 809.06 hm<sup>2</sup>,在法律允许的范围内合理安排各类生产经营活动,大力推进集约经营和农林复合经营,重视木质资源和非木质林产品的开发利用,最大限度地挖掘林地生产力,充分提高林地利用率和经济效益;严格控制林地非法转用和逆转,限制采石取土等用地;建立林业信息服务平台与交易市场,按林木采伐管理办法进行采伐和利用。

#### 参考文献:

- [1] 国家林业局. 全国林地保护利用纲要(2010-2020年)[Z]. 2010.
- [2] 云南省人民政府. 云南省林地保护利用规划(2010-2020年)[Z]. 2012.
- [3] 富源县人民政府. 云南省富源县林地保护利用规划(2010-2020年)[Z]. 2013.
- [4] 富源县林业局. 富源县林地发展十二五规划[Z]. 2010.
- [5] 梁维平,黄志平,黄发. 广西钟山县林地功能分区及差别化管理探讨[J]. 林业调查规划,2013(4):1-4.
- [6] 董文婷. 新疆阿勒泰林场林地保护与利用研究[J]. 林业调查规划,2013(3):51-54.
- [7] 张丽. 浅析我国森林生态效益补偿制度[J]. 环境科学导刊,2011,30(3):27-29.
- [8] 孙昌金,陈晓倩. 中国森林生态效益补偿基金政策剖析[C]//中国环境与发展国际合作委员会林草问题课题组. 生态环境效益补偿政策与国际经验研讨会论文集. 北京:中国林业出版社,2002.
- [9] 李文华,李芬. 森林生态效益补偿的研究现状与展望[J]. 自然科学报,2006(5):678-688.
- [10] 张志云,郭正福. 生态公益林补偿标准的确定[J]. 亚热带资源与环境学报,2010(3):19-25.
- [11] 陈雪莲,周润巧. 广东省森林生态效益补偿制度建立与实践浅析[J]. 中南林业调查规划,2000(1):34-37.
- [12] 谢利玉. 浅论公益林生态效益补偿问题[J]. 世界林业研究,2000(6):70-76.

(上接第 60 页)

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2014.02.015

## 禄丰县“4·23”森林火灾航空扑救经验及启示

陈宏刚,许秋玲,吴昊,白涛

(国家林业局南方航空护林总站,云南昆明 650021)

**摘要:**在 2013 年春季云南省禄丰县发生的“4·23”森林火灾扑救中,同时投入 2 架 Ka-32 直升机和 1 架 As-350 直升机,成功开展机群作业,在火灾扑救中发挥了重要作用,是南方森林航空消防机群灭火的一次典型战例。文章对火灾的地理环境及火情特点等进行分析,应用重点设防、合力堵截,敢于取舍,控制全局,协同作战,聚散结合,逐片消灭的战术,并且组织有序,指挥统一,综合协调,保障到位,侦察充分,进行空中指挥,取得了显著效果。

**关键词:**森林火灾;航空扑救;火情特点;机群灭火;协同作战;聚散结合

中图分类号:S762.6 文献标识码:A 文章编号:1671-3168(2014)04-0065-04

## Lufeng “4·23” Forest Fire Aviation Fighting Experience and Its Inspiration

CHEN Hong-gang, XU Qiu-ling, WU Hao, BAI Tao

(Southern Aerial Forest Fire Protection Station, State Forestry Administration, Kunming 650021, China)

**Abstract:** In the “4·23” forest fire occurred in Lufeng County, Yunnan Province in the spring, 2013, two Ka-32 helicopters and an As-350 helicopters were put into fire fighting, which played an important role. This fire fighting is a typical battle of the Southern Aviation Forest Fire extinguishing fleet. This paper analyzed geographical features of the forest fire, and introduced forest fire fighting experience of focus fortification; join force interception, venture choice, control the situation, well organized, unified command, comprehensive coordination, full reconnaissance, aerial command and so on.

**Key words:** forest fires; aviation fighting; fire characteristics; fleet fire fighting; coordinated operations; meeting and parting combination

### 1 火灾基本情况

云南省禄丰县勤丰镇可里村委会在 2013 年 4 月 23 日 14 时 10 分因当地村民烧地引发森林火灾,火场林分以地盘松为主。火灾发生后,当地立即组织人员实施扑救,火势于当日 19 时左右得到控制,但由于火场山高坡陡、地形复杂,人员无法直接扑

打,余火清理工作十分困难,扑救工作持续至 25 日。

25 日下午,由于火场风力加大,火场东北部发生飞火,飞跃隔离带,林火一度失控,迅速蔓延,形成新的火场。国家森防于当日启动森林火灾应急预案,同时南方航空护林总站组织航空扑救力量,做好支援准备工作。26 日早,3 架直升机到达火场临时起降点,现场补油后投入灭火战斗。至 4 月 28 上午

收稿日期:2013-10-08.

作者简介:陈宏刚(1978-),男,工程师。从事森林航空消防工作。Email:hun963@126.com。

10 时,经军、警、民地空配合历时 4 d 19 h,火灾彻底扑灭。

据统计,此次火灾共投入兵力 2 750 人,消防车 38 辆,各类扑火机具千余件,直升机 3 架,共计飞行 31 架次 45 h 55 min。其中 1 架 AS-350 直升机进行火场指挥及侦察飞行 10 架次 11 h 13 min,2 架 Ka-32 直升机调机及吊桶作业飞行 21 架次 34 h 42 min,洒水 447 桶,共计 1 788 t。

## 2 火场自然及地理环境

2013 年春季,云南省大部地区连续 4 年遭受历

史罕见的严重干旱,长期干旱少雨的极端气候不仅给经济社会发展和民生保障带来巨大困难,还使森林防火工作形势异常严峻,其中“4·23”森林火灾发生地禄丰县为旱情最严重的地区之一。

火场所在地禄丰县位于楚雄州的东部,东与昆明市的富民县、西山区和安宁市接壤,南临玉溪市的易门县,地处 3 市(州)交界处。“4·23”火场位于 102°16'E,25°07'N,海拔为 1 900~2 400 m,属亚热带高原季风性气候,地处滇中腹地,“成昆”铁路经过此地。此区域历来是云南省森林火灾多发地,小火极易成灾,是云南省森林防火工作“金三角”(表 1)。

表 1 云南省森林防火“金三角”地带火场情况

Tab. 1 “Golden Triangle” region status of Yunnan forest fire control

森林火灾	2003 年	2004 年	2006 年	2007 年	2008 年	2012 年	2012 年
火场名	4·7	3·16	3·29	3·31	4·6	3·18	3·28
地点	禄丰县 梁玉坝	禄丰县 勤丰镇	安宁市 阱门口	安宁市 相连村	易门县 朵柏地	易门县 六街	晋宁县 清水河
位置	102°23'E 25°13'N	102°20'E 25°06'N	102°24'E 25°00'N	102°18'E 24°38'N	102°14'E 24°48'N	102°23'E 25°13'N	102°35'E 24°33'N
距“4·23”火场距离	13.7 km	6.5 km	16.8 km	50.1 km	34.1 km	24.3 km	66.4 km

火场区域最高峰九龙山海拔 2 404 m,山脚海拔约 1 900 m,垂直高差约 500 m,火场山体主脉为南北走向,附属山体呈鱼骨状向东、西方向辐射。火场地势西高东低,西部山脚至主山脉平均坡度大于 45°,山势陡峭,山体纵横分布,箐深林密。火场东部山体相对西部稍平缓,跨度大,山势走向复杂,箐沟狭长。火场区域山上植被以地盘松为主,山地坡脚区域为桉树林与农地交错。

## 3 火情特点

### 3.1 火情危急,各级政府及相关部门高度重视

林火发生后,由于特殊的地理位置和极端的气象条件,致使扑救受阻,而且在火情反复过程中出现更加强烈的反扑式蔓延。4 月 25 日,楚雄州委、政府分别向云南省森林防火指挥部、云南省政府汇报火情,相关部门上报国家森防指,请求国家森防指支援扑救工作,国家森防直接向南方航空护林总站下达“跨区调机,就近保障”的航空扑救任务。由于火情危急,由上至下派出任务,保证了出动迅速,同时各种保障上有依托。

### 3.2 火情复杂,极端气象条件使火情多变

该火场起火点为农林交错的林缘地带,由于火

场区域为郁闭度不高的地盘松,加之是旱情严重的地区,致使枯草与密灌交错,林火发生后,火势发展迅猛,且火场风向多次发生变化,复杂的地形地貌加之林火强烈燃烧形成的火场区域内小气候,给扑救工作带来极大难度。

### 3.3 火情危急,逼近村庄和重要设施

火场周边的村寨多为依山而建,村庄被林木环绕,林地和村庄无缓冲过渡带,如林火不尽快控制,将直接威胁到居民点安全。此外,火场所在地禄丰县勤丰营站为铁路的分岔口,是成昆铁路的一个中转站,部分物资集散于此,周围山体分布零星的仓储建筑,如火情继续肆虐发展还将威胁基础设施和仓储物资的安全。

### 3.3 人力扑救难度大,地面常规扑救手段取效慢

火灾发生后,前指针对火情实施直接扑打、开设隔离带和以火攻火等方式进行扑救,由于火场地形复杂,加之风势强,局部火线发展迅速,隔离带多处被突破,以火攻火的点烧战术也因风向变化,取效不明显,甚至有跑火情况发生。

## 4 航空扑救战术应用

飞机到达火场后,根据火场前指作战目标和扑

救策略,在参加扑救过程中依据火场情况先后实施了以下几种战术。

#### 4.1 重点设防,合力堵截

飞机于26日介入扑救工作,由于火场林缘地带当地的仓储设施多处,正受到林火威胁,且山体陡峭,地面人员施救困难,2架Ka-32飞机首先集中力量,以保护仓储设施为扑救重点,采取强攻火头的办法对逼近库区林火实施阻击。2架Ka-32飞机当日共飞行9架次14h54min,洒水174桶,约696t,成功地阻截了林火,解除库区林火威胁。

#### 4.2 敢于取舍,控制全局

27日早,火场整体形势依然严峻,火场区域风向连续发生2次变化,林火有向西部新林区发展的趋势,且火场内部未充分过火的林地出现强劲的反复燃烧的情况,一时火场烟雾弥漫,态势不明朗,扑救工作陷入僵持阶段。经过AS-350侦察,根据火场态势确定灭火飞机的首要任务,堵截林火主要发展方向,控制火势的蔓延,然后对火区完成包围,实现对火场全局的控制。

#### 4.3 协同作战,上下合击

消防飞机进驻火场后,当地指挥部确定了“区域联动、军民协同、地空配合”的组织原则,在调配飞机扑救中,进一步加强地空配合力度。当消防飞机扑救强势火头时,火势能被消防飞机的洒水有效压制,为地面队伍赢得直接扑打清理的战机;在地面队伍扑救一般火线时,当因地形复杂推进困难或火情突变扑救被动时,能及时通过前指调派飞机紧急增援。

#### 4.4 聚散结合,逐片消灭

为更好地发挥2架Ka-32灭火飞机的作用,保证前指战略目标的实现,飞机采用聚散结合的方式开展作业。在对整个火场合围防突破和保护重点目标阶段,2架灭火飞机编队作业,对同一目标合力扑救,保证关键点“打牢、打死”;在对整个火场完成合围后,飞机再根据山势和地形选择突破点对火场分割,然后2机分区域按片、段进行洒水、清理,彻底将火灾扑灭。

### 5 航空扑救经验

#### 5.1 组织有序,指挥统一

参与扑救此次火灾的3架飞机分别来自丽江、保山航站和大理基地,为保证飞机间配合协调,3架飞机由总站调度中心集中调度。由于机群在调入、补给、灭火、侦察和撤离全过程中是在统一组织之

下,使各环节衔接准确,各飞机之间分工明确,指挥、灭火、侦察、火场服务有条不紊,确保灭火安全有序开展。在火灾扑救中,火场前指建立了航空扑救组,负责通报航空侦察情况、参与会商火情、向飞机下达作战任务等,实现任务明确和指挥统一。

#### 5.2 综合协调,保障到位

为保障航空灭火的顺利实施,南方航空护林总站和云南省森林防火指挥部通力合作,就飞行保障事宜与云南民航安监局、云南空管分局、空军、中航油云南分公司等相关单位进行协调,各单位在空域调配、航行指挥、野外补给、通信联络等方面对灭火飞机给予充分的支持和保障,保证了飞行的通顺。此外,在调机前,总站派出工作组加入火场前指,提早分析形势、会商火情、研究方案,充分考虑保障和飞行细节,并连夜勘察临时起降点、落实水源等,为飞行作业做好各项准备。

#### 5.3 现场作业,牢把战机

根据航空灭火方案,灭火机群调入火场附近的临时起降点后就地进行补给,并在野外过夜。临时起降点距火场直线距离不到500m,飞机起飞即可直接投入战斗,不仅节约飞行时间,尤其是每天日出便起飞作业,牢牢把握住灭火的“黄金时段”,消防飞机为扭转火场形势起到关键作用。

#### 5.4 侦察充分,信息先行

在“4·23”火灾扑救过程中,AS-350直升机对火场进行了高密度的连续侦察,平均每隔2~3h便对整个火场侦察一次,全面掌握火场实时态势、发展趋势、突变火情等信息。飞行观察员将火场侦察信息以现场汇报和视频直播方式向火场前指和国家森防指的指挥中心报告,为科学决策和指挥提供可靠的信息。

#### 5.5 手段科技,成效显著

在处置“4·23”森林火灾中,消防飞机在同一火场扑救飞行中执行了吊桶灭火、空中侦察、视频图传、引导作业、空中指挥、载人空视及验收火场等多项任务,是森林航空消防灭火实战中各种手段的集中展示和综合运用。在火场侦察方面,飞行观察员使用了基于GIS系统和GPS技术的航空火场侦察标绘系统,在空中快速形成详细、标准的火情报告,大大提升了火场侦察的效率和准确度。在信息报送方面,应用了地空多媒体图像传输系统、卫星通讯系统以及3G网络等技术手段,及时将火场信息以态势图、照片、视频、报告的形式上报各级指挥部。这些技术手段的应用,为火灾扑救提供了可靠和有力

的技术支持,极大地提高了工作效率,为最终扑灭森林火灾发挥了重要作用。

### 5.6 空中指挥,效果突出

此次火灾的航空扑救属于小空域的机群作业,加之降落点场地条件极差,飞机起降频繁,飞行作业区域狭小,如不加强现场指挥工作,飞行安全无法得到保障。为保证作业的安全,AS-350 直升机承担了机群飞行指挥的任务,并向空管部门随时通报机群的作业情况。在灭火过程中,AS-350 直升机根据前指要求,本着“突出重点、兼顾突变”原则对灭火飞机进行了合理调配,2架 Ka-32 飞机聚散结合、机动灵活地执行灭火任务。此外,指挥机还根据空中实时观察的情况,采用“带路”方式引导灭火飞机对关键点或突变点进行洒水,进一步发挥飞机灭火的准确性和及时性。通过空中指挥,确保了机群飞行安全有序,灭火作业高效得力。

## 6 航空扑救的启示

### 6.1 进一步提升地空配合能力

根据多年来航空灭火的实战经验,加强地空配合是实现快速扑救的最好方法,空中洒水和地面清理相辅相成,缺一不可,能达到事半功倍效果。应及时建立与专业扑火队共同扑救火灾的地空配合方案,加强日常训练,做到协调配合,提升森林火灾扑救能力。

### 6.2 提高临时转场作业的保障能力

虽然在滇中地区组织机群处置森林火灾已有多次,但“4·23”火灾扑救是消防飞机首次在野外进行保障并过夜的战例。通过此次火灾的扑救,认为有必要加强飞机临时转场和野外作业飞行保障能力建设,完善相关工作方案,规范野外起降作业环境标准,建立由森林防火部门、空管单位、航油等部门的应急组织及协调机制。

### 6.3 加强森林航空消防调度指挥能力建设

在“4·23”火灾航空处置过程中,消防飞机的综合处置和指挥属“后台运行”,导致现场协调及飞行保障事项需返回南方总站指挥中心,再由总站与现场或云南省应急办进行协调,导致处置速度慢。此外,多架飞机的飞行组织安排应有统一的指挥,作业数据和侦察资料的处理应在现场及时汇总,因此

应按分级负责的方式建立航空森林消防火场调度指挥体系,以提高效率,保证灭火飞行安全有序。

### 6.4 加强森林航空消防应急预案建设

虽然在森林火灾的扑救中经常会有调集机群处置火灾的实战,但都是临时组织,按一般的工作流程来执行任务,始终未形成规范的机群灭火组织实施的预案或制度,所以,每次执行类似任务时,经常会在配合和保障细节上出现各种问题。另外,个别基层防火指挥部门不了解飞机申请和调用程序,当发生火情需要飞机支援时,存在托关系、找门路的情况,不按正常工作程序申请调机,不仅飞机调用慢,还可能会因此贻误战机。因此,有必要建立操作性强,内容规范完整的森林航空消防应急预案。

### 6.5 根据森林火情特点科学配备灭火飞机

由于各级森林防火部门对飞机的迫切需求,往往认为,在火场扑救中飞机数量越多,载水量越大,可能会对火灾的扑救越有利。通过多次实战,笔者认为,在航空处置中、小型火场时,飞机数量不宜过多,应根据火场实际情况安排合理数量的飞机,过多的飞机在小空域内飞行将无法建立“取水—灭火”的循环圈,且飞行调配难度较大,对飞行安全会有影响;如在机群灭火过程中进行多种机型组合作业,可能会因飞机性能差异的原因导致飞行步调不一致,致使取水和灭火飞行过程中彼此间避让和等待,造成相互干扰,影响灭火效率。此外,在机型的选择上也应充分考虑火场的海拔、地形和水源条件等因素,如在具有高差大,山体切割强烈地形特点的中、小型火场,应选用性能稳定,机动灵活的机型;而在山形平缓、火区面积大、火线较长的火场,则选用载运能力强、速度快的重型灭火飞机。

## 参考文献:

- [1] 陈宏刚. 森林航空消防火场侦察及信息传输系统的建设与应用[J]. 森林防火, 2013(3): 52-54.
- [2] 孔垂柱. 艰难的扑救实践 有益的成功范例—安宁“3·29”重大森林火灾扑救情况报告[J]. 云南林业, 2006, 27(4): 5-7.
- [3] 杜永胜. 强化领导 不断提升森林防火项目建设与管理水平[J]. 森林防火, 2012(1): 1-3.



doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2014.02.016

## 云南森林航空消防存在的问题及对策

杨 林<sup>1</sup>, 忠永此理<sup>2</sup>, 毛建君<sup>1</sup>

(1. 国家林业局南方航空护林总站, 云南 昆明 650021;

2. 云南白马雪山国家级自然保护区管理局德钦分局, 云南 德钦 674500)

**摘要:**介绍云南森林航空消防发展现状。对飞行经费少,航期与防火期不同步,航护飞机性能与云南复杂地理条件不相适应,空域管理限制过多,机场保障能力弱,政府领导对飞机灭火认识不足,地空配合尚未形成系统,滇中无固定基地开展森林航空消防工作等现阶段存在的问题进行分析,藉此提出了积极寻求政策支持,加快建立地空配合协作机制,加快建立南方森林航空消防总调度室等对策及建议。

**关键词:**森林航空消防;地空配合;空域管理;云南省

中图分类号:S762.6 文献标识码:A 文章编号:1671-3168(2014)04-0069-04

## Existing Problems and Countermeasures of Yunnan Aviation Forest Fire Control

YANG Lin<sup>1</sup>, ZHONGYONG Ci-li<sup>2</sup>, MAO Jian-jun<sup>1</sup>

(1. Southern Aerial Forest Fire Protection Station, State Forestry Administration, Kunming 650021, China;

2. Deqin Administration Bureau of Yunnan Baima Snow Mountain National Nature Reserve, Deqin, Yunnan 674500, China)

**Abstract:** This paper introduces the development status of Yunnan aviation forest fire control, and analyzes the existing problems such as lack of funds for flight, incompatible of voyage schedule and fire season, disharmony between aircraft performance and complexity of Yunnan geographic conditions, restriction of airspace management, weak airport security, lack of knowledge of aircraft firefighting, immature air-ground cooperation system. Countermeasures like seeking support, accelerating the establishment of air-ground coordination system and management office of Southern Aviation Forest Fire Control are recommended.

**Key words:** aviation forest fire control; air-ground cooperation; airspace management; Yunnan Province

森林航空消防是一项抢险救灾性质的社会公益性事业,是利用飞机预防和扑救森林火灾的现代化手段,有着地面防扑火无法比拟的优越性和不可替代的作用,具有“机动灵活、快速高效”的空中优势,是森林防火的重要组成部分。南方航空护林总站始建于 1961 年,在国家森防指、国家林业局的直接领

导下,负责上海、江苏、浙江、安徽、福建、江西、山东、河南、湖北、湖南、广东、广西、海南、四川、重庆、贵州、云南、西藏等 18 个省(区、市)的森林航空消防协调管理和组织实施工作<sup>[1]</sup>。云南是全国的重点林区,也是全国生物多样性最富集的地区之一,是中国面向西南的生态安全屏障,生态区位十分重要。

收稿日期:2014-02-12.

作者简介:杨 林(1972-),男,云南昆明人,高级工程师。从事森林航空消防调度指挥和项目建设工作。Email:knyanglin@126.com

云南是边疆少数民族地区,由于地理位置特殊,地形地貌复杂,森林资源丰富,少数民族众多,历来是全国的重点火灾区,森林防火任务十分艰巨。近年来,随着南方航空护林各项事业的不断发展,森林航空消防已成为活跃在云南林区的一支重要森林消防力量,为保护森林资源和促进生态环境建设做出了积极贡献,得到各级党委、政府和社会各界的充分肯定。

## 1 云南森林航空消防现状

南方航空护林总站自 1986 年在云南开展森林航空消防工作以来,已建成普洱、保山、丽江等 3 个航空护林站和大理等 1 个航空护林基地,设有固定航线 37 条,航线总长 1.72 万 km,航护面积达 29 万 km<sup>2</sup>,占云南国土面积的 74.3%,基本覆盖云南全部重点林区。近年来,在云南各级党委、政府和森防指的关心、重视和支持下,在相关通航公司的密切配合下,在全体航护人员的共同努力下,云南的森林航空消防工作有了较快发展,并在森林防火工作中发挥着不可替代的重要作用,已成为云南林区森林防扑火的重要力量。目前,云南的森林航空消防手段已由最初的空中巡逻报警发展到机(索、滑)降灭火、吊桶灭火、机腹洒水灭火、空中指挥灭火、火场急救、火场服务(空投空运)、防火宣传等多种形式。①在航护队伍建设上,总站加强素质教育和培训,形成了一支结构合理、技术过硬、训练有素的专业化航护队伍,队伍素质明显提高。②在飞行经费投入上,总站对云南是最大倾斜,特别是近年来不断加大投入,以 2013 年为例,国家投入南方开航 10 省(区、市)的飞行费为 1.6 亿元,而投入到云南的就达 5 700 多万元,占了总投入的 35%,而云南配套的只有 500 万元左右,只占总投入的 8.8%。③在飞机的配备和使用上,总站每年租用 5~8 架飞机在云南作业,飞行 700~1 000 h,2013 年还安排了 3 架直升机在云南值班,走出了一站多点、机动灵活、能聚能分、集中优势兵力打歼灭战的路子,较好地解决了远距离扑火往返加油难的问题,使飞机能在更大范围发挥作用,解决了战时不够、平时嫌多的矛盾。

近年来,随着森林航空消防事业的不断发展,有力地推动了云南的森林防火工作,全省初步形成了高空有卫星、低空有飞机、地面有了望台的立体监测体系;形成了有线与无线相结合、网络传输为主的信息传输体系;形成了航护飞机、森林部队、地方专业队相结合的扑救体系;形成了以地面指挥为主、地空

配合的火场调度指挥体系。目前,在高海拔林区及中缅边境的林火监测中,在重大火场服务、侦察、灭火和调度指挥中,在山高坡陡、交通不便、人烟稀少的火灾扑救中,在偏远林区卫星热点核实和火场调查中,在突发火灾和紧急情况处置中,在防火宣传中,森林航空护林消防都充分显示了其他手段不可替代的重要作用,主要体现在以下 6 个方面:①空中巡护,及时准确地发现和传递火情,为地方指挥增加一双千里眼,起到了空中移动了望台的作用,弥补地面了望台的盲区和死角,实现早发现、早扑救。②空中火场侦察,并应用多媒体信息传输技术,为火场前指提供快速、准确、直观的火场信息,火场前指依据最新火场态势作出科学合理的部署。③空中直接灭火的实施,使山高坡陡、交通不便的边远林区、重点林区、原始林区和自然保护区发生的火灾得以及时扑救,做到“打早、打小、打了”。④重大火场救援,及时空运、空投物资食品,保障火场后勤供应,并迅速接回伤员,使其得到及时救治。⑤空中防火宣传,不仅引起社会各界对森防工作的重视和支持,也极大地提高林业和防火的社会地位,产生良好的社会舆论,提高全民防火意识。⑥作业机动灵活,即一个基地多个机场作业、流动加油作业和集中优势兵力打歼灭仗,扩大了航护范围,减少了空飞时间,增强了飞机能聚能分的机动灵活性,提高了利用率。据统计,1986~2013 年,总站在云南共租用飞机 152 架,作业飞行 6 305 架次 14 139 h,空中发现和参与处置林火 1 581 起,对 2006 年安宁“3.29”、2012 年易门“3.18”、晋宁“3.28”,2013 年大理“2.6”、禄丰“4.23”等 417 个火场实施了航空直接灭火,其中机降 2 142 人次,索降 118 人次,吊桶洒水 3 592 桶,机腹洒水 44 箱,空运物资 1 720 kg,结合巡护空投防火宣传单 531 万份。

云南是我国的重要林区之一,目前全省林地面积达 2 426.7 万 hm<sup>2</sup>,森林覆盖率达 50%以上,活立木蓄积量超过 17 亿 m<sup>3</sup>,珍稀动植物种类居全国首位。由于云南地处边疆,山高坡陡,地形复杂,经济落后,民族众多,冬春干旱明显,林分质量不高,林农生产生活方式落后,境外边民用火随意,是我国森林火灾多发频发地区之一。近年来,云南的森林航空消防工作在森林火灾的预防和扑救中发挥了十分重要的作用,解决了地面难以解决的困难,特别在扑救较大森林火灾中,机群灭火、空中指挥、信息传输等都显示了极大空中优势。如今,开展航护的市、州政府和防火部门越来越依赖森林航空消防,希望增加

大中型直升机数量,希望防火期与航护期同步。

## 2 云南森林航空消防存在的问题

### 2.1 飞行经费少,航期与防火期不同步

近年来,中央和地方投入的飞行经费虽然大幅度增加,但因增加了开航的省(市),加之国家扶持引进的5架直升机的飞行费占了总站飞行费的75%左右,实际可租用其它灭火飞机的经费很少,在安排飞机及飞行时间上,与实际需要差距较大,包括云南在内的大部分省(区、市)的航期只有防火期的1/3,飞机只能在防火紧要期租用,航期与防火期不能同步,常常出现首尾不能相顾的被动局面,还造成中央与地方的飞行费配套不平衡以及相互制约的被动局面。

### 2.2 航护飞机的性能不适应云南复杂的地理条件

云南地处横断山脉高山峡谷地区,沟壑纵横,地形复杂,气候多变,交通不便,重点林区多分布在这些地区,而这些地区又是火灾预防、发现和扑救最困难的地区,火灾扑救仍然主要依靠人力直接扑打,处于比较原始落后的状态,灭火效率低,安全隐患大;有的火场山高坡陡,又靠近边境,人力无法到达或极难到达,扑救十分困难,迫切需要开展森林航空消防工作,亟需通过大力发展直升机载水灭火等方式提高扑火效率。目前,由于缺少适应高原、山区等特殊地理环境作业的大中型直升机,并受飞机性能的限制,云南的森林航空消防工作只能在条件较好的地区发挥效益,对一些高山峡谷林区实施航空直接灭火以及对火灾进行有效监测存在困难。

### 2.3 空域管理限制明显,机场保障能力弱

目前与抢险救灾飞行的相关法律、法规及标准体系不健全,支持保障政策不完善,空域管理限制明显,机场保障能力弱,与飞行相关的保障部门自成体系,都有各自规定,相互制约和人为因素多,限制了飞机的机动灵活性,影响工作正常开展。尽管近年来有所改变,但人为因素影响较大,要花很大精力去做协调工作。①通航公司任务申请时程序繁琐、复杂,环节多,难度大,有的管理部门和机场甚至为个人私利对通航飞行进行百般挑剔和刁难。②有的机场航班少,航班飞行结束后即可下班回家,有的机场航班流量大,起降频繁,无停机位,都不愿保障森林航空消防飞行,积极性低。③支线机场对森林航空消防飞机放飞标准要求过高,机场安保标准也提高,进出机场手续办理复杂。④支线机场设备落后,指挥调配能力差,对通信盲区和监管盲区实行禁飞,影

响了救灾飞行。

### 2.4 政府领导对飞机灭火期望值过高,决策不科学

目前在云南使用的飞机受航程、天气、温度、海拔、地形地貌等影响很大。发生森林火灾后,会形成局部小气候,瞬息万变,乱流增强,给飞行操纵带来困难。另外,在火场上空烟区里飞行,发动机容易缺氧,会造成动力下降而减载,甚至因窒息而造成坠落。因此,高原(山区)飞行不仅对飞机性能要求高,对飞行员的飞行技术和心理素质也有着极为特殊和严格的要求。有的领导不了解飞机性能,对飞机灭火的期望值过高,认为无论何时何地发生火灾,只要飞机出动就能扑灭;有的领导不了解飞行安全的要求条件,使用飞机决策不科学,致使有的火场因航程远洒下1桶水就得返航加油,有的火场因受地形地貌限制,洒水飞行较高,灭火效果不好,不仅加大飞行安全隐患,领导还不满意,甚至出现个别媒体诋毁飞机灭火的情况;有的领导不了解飞机调用程序,越级申请致使工作被动。

### 2.5 地空配合尚未形成统一整体,缺乏完善的组织实施预案

目前,飞机在参与较大火灾扑救时,存在组织指挥上地空配合不协调的问题,空中、地面各自为政。①有的火场未设专人作为飞机与前指的联络枢纽,空中不掌握前指需求,前指不掌握飞机动态,未根据前指的战略意图和飞机来部署方案及调度指挥飞机灭火。②由于沟通协调和通信联络不畅,未及时互通情况,未提供需空中扑救的火点位置(经纬度),也未安排设置明显标记(红旗等)引导飞机洒水,空中不清楚地面指挥员的扑救意图,时有发生吊灭位置错误的情况,甚至发生飞机奋力扑打点烧的倒火。③飞机洒水降低火势后达到人力可直接扑打时,存在地面无人跟进扑打和清理余火的情况,形成复燃,不仅前功尽弃,还使扑救陷入被动。④有的指挥员在飞机洒水时一再要求降低高度,或要求飞机进入烟区等危险区域洒水,危急飞行安全。⑤在扑救关注度较高的火灾中,对外宣传存在随意性强的情况,各自为政,各宣传各的,宣传报导口径不统一,时有负面效应产生。

### 2.6 无固定航护基地,影响灭火任务的实施

由于昆明机场航班流量大,起降频繁,无停机位,给森林航空消防飞行的航行保障和机场保障带来困难。滇中已连续5年未设立航护基地,省会与总站都在昆明而昆明无航护基地的矛盾一直未能解决,发生一般森林火灾很难顾及,当发生较大火灾需

要直升机支援时,协调难,保障难,临时转场调机的后勤保障也难,影响灭火任务的实施。

### 3 做好森林航空消防工作的对策及建议

#### 3.1 加强对森林航空消防工作的重要性和必要性的认识

森林航空消防是衡量和体现一个国家森防水平高低的重要标志,在火灾的预防和扑救中起着不可替代的重要作用。总站和云南各级党委、政府要充分利用全社会对生态安全高度重视的有利条件,找准森林航空消防在林业建设中所处的位置,使森林航空消防工作与新时期林业的地位相适应。云南是国家重要的生态林区,同时又是火灾的重灾区和多发区,云南森林航空消防工作的开展,为森林防火注入了先进的、科技含量较高的防扑火手段,不仅对及时控制和扑救森林火灾、保护森林资源、维护生物多样性、维持生态平衡、加快林业发展具有十分重要的意义,而且对于促进经济发展和稳定社会都具有十分深远的意义。因此,森林航空消防工作对云南来说是必不可少的,只能加强,不能削弱。同时,各级党委、政府要充分认识到新时期进一步加强森林航空消防工作的重大意义,切实增强紧迫感和责任感,采取更加有力的措施,坚定不移地加强森林航空消防工作。

#### 3.2 准确把握森林航空消防工作面临的新形势

当前,建设生态文明已成为我国现代化建设的战略任务,维护生态安全已成为全球面临的重大课题。森林航空消防是生态文明建设的重要组成部分,是保护森林资源、维护国家生态安全的一支重要力量。随着国家对生态文明建设的重视程度越来越高,森林航空消防工作在生态建设和森林保护中的重要地位会更加突出,森林航空消防工作也必将得到进一步加强。总站和云南各级党委、政府必须抓住机遇,做好工作,加快发展,一定要有长期作战、知难而进的思想准备,一定要有严谨细致、求真务实的工作作风,一定要有脚踏实地、实事求是的科学态度,一定要有勇于创新、善于实践的胆识和谋略,一定要有饱满的精神状态和只争朝夕的拼搏精神,全力做好新时期云南的森林航空消防工作,完成好历史赋予森林航空消防的重大使命。

#### 3.3 积极寻求森林航空消防政策支持

云南的森林航空消防要发展,必须借助国家对生态安全高度重视的东风,抓住国务院已将森林航空消防纳入国家航空应急救援体系以及云南省建设

“森林云南”的战略机遇。①总站要在管理办法上、标准体系上、基础设施和装备建设上、飞机引进上、空域管理上、机场保障上以及经费投入上等积极寻求国家相关政策的支持;在发展战略、指导思想、管理体制、运行机制、保障体系、政策措施上适应林业发展需要,紧跟林业建设步伐,从而带动森林航空消防大发展。②云南各级政府要加大对森林防火的投入力度,高度重视森林航空消防工作,加大飞行费和地面保障经费的配套力度,从政策、制度等各个层面给予积极支持。

#### 3.4 加快建立地空配合协作机制

云南林区自然条件复杂,任何一种扑火手段都无法相互取代。地面力量再强,没有空中配合不行,空中力量再强,没有地面配合也不行。空中和地面防扑火力量,好比车之两轮、鸟之两翼,重视一翼忽视另一翼,靠单翼是很难飞起来的,应当协调配合,形成统一完整的防扑火体系。因此,建议由云南省森林防火指挥部牵头,建立全省森林防火地空配合协作机制,并成立相应的扑火指挥机构。

#### 3.5 稳步推进森林航空消防直升机场建设

根据国家林业局“发展现代林业、建设生态文明、推动科学发展”的林业工作总体思路以及《全国森林防火中长期发展规划》对森林航空消防工作的总体要求,做好丽江、保山、江川直升机场建设项目的实施工作,确保建设质量和进度,力争将丽江、保山、普洱航站建成全功能直升机航站,实现在森林航空消防专用直升机场开展航护业务,从根本上解决森林航空消防飞行保障的关键性问题,既能避免与空军飞行、民航航班发生空域冲突,又能增加航空直接灭火范围,减少护林飞机起飞、降落等待时间,提高灭火直升机快速出击的能力。同时,应以江川直升机场为基地,建立滇中森林航空消防基地,从根本上解决滇中无航护基地的矛盾,弥补滇中森林航空消防空白区域。

#### 3.6 加快建立南方森林航空消防总调度室

抓紧向国家林业局上报“森林航空消防航行指挥保障系统”建设项目,建立南方森林航空消防总调度室,由总调度室统一向空军和民航空管部门申报航护飞行计划,减少申报的中间环节,大大缩短申报时间,为扑救森林火灾赢得战机,从而保障南方森林航空消防飞行安全和飞行灭火作业的顺利开展,从根本上解决制约航护发展的重点难点问题,逐步建立起适合森防实际需要的科学化、标准化、规范化、现代化的航护体系。(下转第 77 页)

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2014.02.017

## 维西县哺乳动物区系调查

扎史其<sup>1</sup>, 陈新文<sup>2</sup>, 敬凯<sup>3</sup>, 胡建生<sup>2</sup>, 杨士剑<sup>3,4</sup>

(1. 白马雪山国家级自然保护区德钦分局, 云南 德钦 674500; 2. 云南大学生命科学学院, 云南 昆明 650500;  
3. 云南师范大学生命科学学院, 云南 昆明 650500; 4. 生物能源持续开发利用教育部工程研究中心, 云南 昆明 650500)

**摘要:**于 2010 年 6~10 月和 2011 年 2~8 月, 对维西县野生哺乳动物进行了野外调查, 调查地点包括塔城镇、攀天阁乡、白济汛乡、叶枝镇、巴迪乡、永春乡、维登乡、保和镇、康普乡等 9 个乡镇。共记录了 55 种哺乳动物, 隶属 8 目、21 科、44 属。其中东洋界种类占全部哺乳动物种数的 67.27%, 古北种占 12.73%, 广布种占 20.00%。其中属国家 I 级保护 5 种, 国家 II 级保护 10 种, 省级保护 2 种, 列入 CITES 附录的 20 种。

**关键词:**哺乳动物; 种类; 区系; 生物多样性; 维西县

中图分类号: S718.521.1 文献标识码: A 文章编号: 1671-3168(2014)04-0073-05

## Investigation of Mammal Fauna in Weixi County

ZHA Shi-qi<sup>1</sup>, CHEN Xin-wen<sup>2</sup>, JING Kai<sup>3</sup>, HU Jian-sheng<sup>2</sup>, YANG Shi-jian<sup>3,4</sup>

(1. Deqin Branch, Administrative Bureau of Baimaxueshan Nature Reserve, Deqing, Yunnan 650021, China;  
2. College of Life Sciences, Yunnan University, Kunming 672700, China; 3. College of Life Sciences, Yunnan Normal University, Kunming 650500, China; 4. Engineering Research Center of Sustainable Development and Utilization of Biomass Energy, Ministry of Education, Kunming 650500, China)

**Abstract:** Field surveys were carried out for the mammal fauna in Deqin County from June to October of 2010 and February to August of 2011. The survey spots were set in 9 townships, including Tacheng, Pantiangge, Baijixun, Yezhi, Badi, Yongchun, Weideng, Baohe, and Kangpu. 55 species of mammals were recorded, which belong to 7 orders, 21 families and 44 genera. The Oriental species was accounted for 67.27% of the total mammals, the Palaearctic species was accounted for to 12.73% and the cosmopolitan species was accounted for 20.00%. There were 5 species of first-class national protected animals, 10 species of second-class national protected animals, and 2 species of provincial protected animals of Yunnan Province. Also there were 20 mammal species listed in the CITES appendixes.

**Key words:** mammal; variety; fauna; biodiversity; Weixi County;

生物多样性编目是保护生物学中的基础性工作, 近年来其重要性越来越被人们所认识。以往的哺乳动物区系调查常常是以自然地域如山脉、岛屿

等为界<sup>[1,2]</sup>, 或是以自然保护区为调查范围<sup>[3-5]</sup>。然而, 野生动物行政主管部门的管辖范围, 却是以地区、市或县的行政边界而划分的。因此, 以行政县为

收稿日期: 2014-02-28.

项目来源: 国家环境保护部“滇西四县生物多样性调查”资助项目(2010B08108)。

作者简介: 扎史其(1963-), 男, 云南德钦人, 工程师。从事自然保护区研究和管理工作的。

通信作者: 杨士剑(1965-), 男, 教授。从事动物学研究工作。

空间单位的生物多样性编目工作,对于加强生物多样性的有效管理有着重要的参考价值<sup>[6,7]</sup>。中国环境保护部于 2010 年制定了《全国动物物种资源调查技术规定(试行)》,并以云南、广西等省为试点开展了以县级行政区为单位的野生动物调查工作。笔者参加了该项目对于云南省滇西北部分县的陆生脊椎动物调查,现就其中维西县哺乳动物区系的调查结果进行初步报道。

## 1 调查区域概况

云南省是生物多样性大省,其气候类型多样,包括热带、亚热带、温带,其生境类型也丰富和复杂,既有高山、亚高山森林、草甸,又有河谷、平原等不同类型。因而,云南省蕴育了丰富的野生动物多样性,为当之无愧的“动物王国”。

维西傈僳族自治县位于东经 98°54′~99°34′,北纬 26°53′~28°02′,地处青藏高原南缘横断山脉的云岭、碧罗雪山亚高山带。居云南省西北隅,迪庆藏族自治州西南端,国土总面积达 4 661 km<sup>2</sup>。

维西地处横断山脉北部中段,属滇西北高中山经向类型,平行岭谷地貌。地势北高南低,地形北窄南宽,略似“L”形展布。主体区域板块为两山(碧罗雪山系、云岭山系)夹一江(澜沧江);两江(金沙江、澜沧江)夹一山(云岭山系);由于褶皱、断裂交错复杂,形态多变,形成重峦叠嶂,余脉支离,沟壑纵横,呈岭谷相间的山地地貌景观。全县平均海拔 2 340 m,县城保和镇海拔 2 320 m。位于县境西北的查布朵嘎峰,海拔 4 800 m,是全县最高点,而位于县境南端的澜沧江与碧玉河交汇处,海拔 1 480 m,是全县最低点。

维西大气候区域属亚热带—温带季风高原山地气候,年均日照时间为 2 103.2 h。境内月均温 1 月最低,为 3.8℃;7 月最高,为 18.5℃,年均降水量为 938.1 mm<sup>[8]</sup>。

## 2 研究方法

### 2.1 调查时间和地点

2010 年 8~10 月,2011 年 3~8 月,对维西县陆生脊椎动物进行了多次野外调查,在该县设置了 25 个调查点,调查样线 34 条,分布于塔城镇、攀天阁乡、白济汛乡、叶枝镇、巴迪乡、永春乡、维登乡、保和镇、康普乡等 9 个乡镇。调查样线的海拔为 1 163~2 930 m,海拔跨越幅度为 1 767 m。

## 2.2 哺乳动物物种调查

### 2.2.1 铗捕法

铗捕法主要适用于地栖性小型哺乳动物。在每个调查点分别设置 3~4 条调查样线,每条样线上布置 30~50 个鼠铗,每条调查样线工作 2~3 d,以采集小型哺乳动物的标本。每个调查地点的调查共放置 300~500 个铗日左右。

### 2.2.2 样线调查法

对于某些较大型的兽类,其活动会留下可以辨别的痕迹,包括足迹和粪便等。记录这些痕迹也能获得动物分布的重要信息。调查期间,每一个调查点设置 3~6 条线路进行调查。调查时请当地有经验的居民做向导,沿调查线路行进以观察和记录哺乳动物活动的痕迹。调查线路尽量经历有代表性的生境类型,每条调查线路长约 3~5 km。

### 2.2.3 访谈法

社区访谈是获得动物分布信息的另一重要途径。对调查地的猎人以及护林员等有经验的人员进行访问,借助哺乳动物彩色图谱等参考资料<sup>[9-10]</sup>,根据受访对象对哺乳类的外部形态、活动和行为习性等描述来进行哺乳动物物种的识别。走访调查有时也可以发现哺乳动物的皮张、角和骨骼等样本。

### 2.2.4 区系分析

哺乳动物分类系统根据前人相关论著确定<sup>[9-12]</sup>,哺乳动物地理区系分析主要参考张荣祖的研究<sup>[13]</sup>。

## 3 结果与分析

### 3.1 维西县哺乳动物分类阶元多样性

本次调查共获得 92 件标本,经鉴定,确认了 12 个哺乳动物物种,另据社区调查获得的动物皮张、骨骼及访谈信息,确定了另外 36 个哺乳动物物种的分布情况,加上查阅文献获得记录的种类,目前维西县分布的哺乳动物确定为 55 种,而其中有 35 种兽类是本次调查所获得的新记录。

维西县的哺乳动物隶属 8 目、21 科、44 属。在各个目当中,以啮齿目和食肉目种类最丰富。其中啮齿目 19 种,食肉目 16 个种。攀鼯目和翼手目是种类最少的目,均只含有 1 个种。另外,以科来计,则以鼠科的种类数量多,含 4 属 10 种;其次是猫科,有 5 属 5 种(表 1)。

### 3.2 新增哺乳动物记录

维西县的哺乳动物,据原有文献记载有 20 种,

表 1 维西县哺乳动物各目、科的属种多样性

Tab. 1 Diversity of genera and species in different orders and families of mammals in Weixi 种

目	科	属数	种数
食虫目	猬科	1	1
	鼯鼠科	4	3
翼手目	蝙蝠科	1	1
攀鼯目	树鼯科	1	1
灵长目	猴科	2	3
食肉目	灵猫科	2	2
	猫科	5	5
	犬科	2	2
	熊科	1	1
	小熊猫科	1	1
	鼬科	5	5
	偶蹄目	洞角科	3
偶蹄目	鹿科	2	2
	麝科	1	2
	猪科	1	1
	啮齿目	松鼠科	3
啮齿目	鼯鼠科	2	3
	仓鼠科	1	3
	鼠科	4	10
兔形目	兔科	1	1
	鼠兔科	1	2
合计		44	55

本次新发现补充的种类为 35 种(表 2)。

3.3 哺乳动物区系

维西县分布的 55 种哺乳动物中:东洋种 37 种,占全部哺乳动物种数的 67.27%;古北种 7 种,占 12.73%;广布种 11 种,占 20.00%。

在中国动物地理区划中,维西县位于东洋界当中的西南区以及西南山地亚区,当地哺乳动物的区系成分与此表现一致。尽管维西县哺乳动物中以东洋种占明显优势,但是广布种和古北种的成分也占有相当的比例。

3.4 哺乳动物保护物种

维西县分布的哺乳动物中有国际及国内保护的物种 22 种。其中,国家和省级保护哺乳动物 17 种,CITES 保护物种 20 种。

在保护物种当中,国内保护的物种包括国家 I 级保护哺乳动物 5 种,国家 II 级保护哺乳动物 10

表 2 维西县分布的哺乳动物物种

Tab. 2 New records of mammals species in Weixi

目	物种
食虫目 INSECTIVORA	中国鼯鼠( <i>Hylomys sinensis</i> )、短尾鼯鼠( <i>Anourosorex squamipes</i> )、灰腹水鼯鼠( <i>Chimarrogale styani</i> )、蹼足鼯鼠( <i>Nectogale elegans</i> )*
攀鼯目 SCANDENTIA	中缅树鼯( <i>Tupaia belangeri</i> )
翼手目 CHIROPTERA	亚洲宽耳蝠( <i>Barbastella leucomelas</i> )*
灵长目 PRIMATES	猕猴( <i>Macaca mulatta</i> )*、滇金丝猴( <i>Rhinopithecus bieti</i> )*
食肉目 CARNIVORA	果子狸( <i>Paguma larvata</i> )、大灵猫( <i>Viverra zibetha</i> )、金钱豹( <i>Panthera pardus</i> )、云豹( <i>Neofelis nebulosa</i> )、云猫( <i>Pardofelis marmorata</i> )、狼( <i>Canis lupus</i> )、赤狐( <i>Vulpes vulpes</i> )、黑熊( <i>Ursus thibetanus</i> )、小熊猫( <i>Ailurus fulgens</i> )、猪獾( <i>Arctonyx collaris</i> )、狗獾( <i>Meles leucurus</i> )、水獭( <i>Lutra lutra</i> )、青鼬( <i>Martes flavigula</i> )、黄鼬( <i>Mustela sibirica</i> )、金猫( <i>Catopuma temminckii</i> )*、豹猫( <i>Prionailurus bengalensis</i> )*
偶蹄目 ARTIODACTYLA	鬘羚( <i>Capricornis sumatraensis</i> )、斑羚( <i>Naemorhedus goral</i> )、岩羊( <i>Pseudois nayaur</i> )、毛冠鹿( <i>Elaphodus cephalophus</i> )、赤鹿( <i>Muntiacus muntjak</i> )、林麝( <i>Moschus berezovskii</i> )、野猪( <i>Sus scrofa</i> )、马麝( <i>Moschus chrysogaster</i> )*
啮齿目 RODENTIA	赤腹松鼠( <i>Callosciurus erythraeus</i> )、隐纹花松鼠( <i>Tamiops swinhoei</i> )、滇鼠( <i>Eothenomys eleusis</i> )、高原姬鼠( <i>Apodemus chevrieri</i> )、澜沧江姬鼠( <i>Apodemus ilex</i> )、屋顶鼠( <i>Rattus rattus</i> )、小家鼠( <i>Mus musculus</i> )、珀氏长吻松鼠( <i>Dremomys pernyi</i> )*、云南鼯鼠( <i>Petaurista yunnanensis</i> )*、棕鼯鼠( <i>Petaurista petaurista</i> )*、复齿鼯鼠( <i>Trogopterus xanthipes</i> )*、玉龙绒鼠( <i>Eothenomys proditor</i> )*、大绒鼠( <i>Eothenomys miletus</i> )*、巢鼠( <i>Micromys minutus</i> )*、大耳姬鼠( <i>Apodemus latronum</i> )*、中华姬鼠( <i>Apodemus draco</i> )、社鼠( <i>Niviventer confucianus</i> )*、灰胸鼠( <i>Rattus nitidus</i> )*、拟家鼠( <i>Rattus pectoris</i> )*
兔形目 LAGOMORPHA	高原兔( <i>Lepus oiostolus</i> )、云南鼠兔( <i>Ochotona forresti</i> )、藏鼠兔( <i>Ochotona thibetana</i> )*

注:标有\*者为原文献记录中维西县分布的种类。

种,省级保护哺乳动物 2 种。CITES 保护物种中,包括 CITES 附录 I 物种 9 种,CITES 附录 II 物种 8 种,CITES 附录 III 物种 3 种(表 3)。

表 3 维西县分布的保护哺乳动物  
Tab. 3 Protected mammal species in Weixi

序号	中文名	拉丁学名	国内保护级别 <sup>a</sup>	CITES 附录 <sup>b</sup>
1	中缅树鼩	<i>Tupaia belangeri</i>		II
2	猕猴	<i>Macaca mulatta</i>	II	II
3	短尾猴	<i>Macaca arctoides</i>	II	II
4	滇金丝猴	<i>Rhinopithecus bieti</i>	I	I
5	果子狸	<i>Paguma larvata</i>		III
6	大灵猫	<i>Viverra zibetha</i>	II	III
7	金猫	<i>Catopuma temminckii</i>	II	I
8	金钱豹	<i>Panthera pardus</i>	I	I
9	云豹	<i>Neofelis nebulosa</i>	I	I
10	云猫	<i>Pardofelis marmorata</i>		II
11	豹猫	<i>Prionailurus bengalensis</i>		II
12	狼	<i>Canis lupus</i>	YN	II
13	黑熊	<i>Ursus thibetanus</i>	II	I
14	小熊猫	<i>Ailurus fulgens</i>	II	I
15	水獭	<i>Lutra lutra</i>	II	I
16	黄鼬	<i>Mustela sibirica</i>		III
17	鬃羚	<i>Capricornis sumatraensis</i>	II	I
18	斑羚	<i>Naemorhedus goral</i>	II	I
19	岩羊	<i>Pseudois nayaur</i>	II	
20	毛冠鹿	<i>Elaphodus cephalophus</i>	YN	
21	林麝	<i>Moschus berezovskii</i>	I	II
22	马麝	<i>Moschus chrysogaster</i>	I	II

注:<sup>a</sup> I—国家 I 级保护动物; II—国家 II 级保护动物; YN—云南省级保护动物;<sup>b</sup> I—CITES 附录 I 物种; II—CITES 附录 II 物种, III—CITES 附录 III 物种。

#### 4 野生动物保护存在的问题

维西县哺乳动物资源丰富,国家级、省级保护物种及 CITES 附录物种达 22 种,其中还有国宝动物滇金丝猴的 3 个种群,具有很大的保护价值。然而,根据笔者调查,维西县野生动物资源管理上主要还存在以下问题:

1) 社区群众不合理地利用森林资源使野生动物及其生境遭到不同程度的威胁和破坏,其中最为严重的破坏方式是不合理的采集薪炭材和非木材林产品。保护区内的社区群众利用森林资源主要用于建房、薪材、架桥、水槽、田地围栏、牛棚、家具和农具、饮食器皿的制作;而采集非木材林产品,包括野生菌类、中药材、蔬菜、果实、花卉、枝叶是目前主要的经济收入来源。掠夺性地利用导致植被破坏、林

线上升、草场退化等不良后果。

2) 野生动物对社区农民的生产和生活造成伤害。最近几年,保护区内时有野生动物对人及牲畜进行攻击,并有伤亡事故发生。由于经费不足,野生动物肇事补偿率低,严重挫伤了群众保护野生动物的积极性。

3) 由于保护区面积大,巡护力量不足,对有些偏远地区管护不到位,还有偷猎现象。

4) 维西县塔城镇滇金丝猴国家公园开园后,由于研究人员、记者和游客的到来,以及管理措施的不完善,物种资源流失的风险依然存在。

#### 5 加强野生动物保护的对策措施

鉴于上述情况,建议采取有力措施,加强对哺乳动物和其他野生动物的保护。

##### 5.1 加强宣传,提高社区群众的保护意识

进一步宣传好国家、省有关自然保护区建设和野生动植物保护的法律法规,增强社区群众的法制意识;结合民族传统文化和宗教信仰,开展崇尚自然的生态伦理道德的宣讲活动;开展中小学校环保知识讲座和儿童夏令营活动,提高青少年的环境保护意识。此外,应制定专项宣传计划,对保护区管理人员、地方政府相关部门和社区群众宣传野生动植物资源流失的风险和后果,提高全民风险防范意识。

##### 5.2 加强监测巡护工作,提高保护管理能力

林业部门与白马雪山自然保护区管理部门加强合作,增加人力财力投入,全面加强对于保护区和其他森林的巡护力度。

##### 5.3 加快建材替代和新型能源建设工作,减少自然资源的消耗

由于保护区及周边社区居民经济贫困,对保护区自然资源依赖较强,没有能力购买替代性建材,特别是房头板的采伐地点已逐年向保护区核心区逼近。必须加快建材替代和新型能源建设工作,减轻对保护区资源的压力。

##### 5.4 关心和扶持社区发展,缓解保护与发展的矛盾

积极争取国家的优惠政策和国内外的资金,改善保护区周边社区群众的生产、生活条件,增加对野生动物肇事损害的补偿力度,进一步推动社区共管工作,提高社区群众参与资源保护和管理的积极性,依靠广大社区群众的力量,搞好保护区的建设和管理,缓解社区对保护区的压力。

##### 5.5 加强对旅游开发的有序管理

重点加强对原始森林、珍稀动植物等自然生态



旅游资源与环境的保护,保证生物多样性的持续发展来营造良好的旅游环境。景区内必须严格控制建设规模,建筑物和构筑物应与森林环境相协调。开发建设和旅游活动应以不破坏原始森林和不损害自然生态环境,以保护珍稀动植物的生存环境为准则。

**致谢:**野外调查及数据分析是在江望高、吴竹刚、朱启顺等同志的协助配合下完成,野外调查工作得到白马雪山国家级自然保护区管理局及维西分局的大力支持和协助,在此一并表示衷心感谢。

### 参考文献:

- [1] 傅必谦,高武,陈卫,等. 百花山兽类区系特征及生态分布[J]. 首都师范大学学报:自然科学版,1994,15(3):83-88.
- [2] 朱曦,曹炜斌,王军. 舟山普陀山岛兽类区系及分布[J]. 浙江林学院学报,2010,27(1):110-115.
- [3] 张泽钧,胡锦矗,杨林. 四川小寨子沟自然保护区兽类区系初报[J]. 四川动物,2003,22(3):173-175.
- [4] 张君,胡锦矗. 四川冶勒自然保护区兽类区系调查[J]. 四川动物,2004,23(2):137-141.
- [5] 温战强,巩会生,李建强,等. 陕西米仓山自然保护区兽类区系研究[J]. 林业资源管理,2008(1):58-64.
- [6] 胡胜兴,鲁永喜,赖光全,等. 柞水县兽类调查报告[J]. 陕西师范大学学报:自然科学版,2003,31(专辑):21-25.
- [7] 师蕾,陈新文,敬凯,等. 云南省德钦县兽类区系调查[J]. 云南师范大学学报:自然科学版,2013,33(5):64-70.
- [8] 维西傈僳族自治县志编纂委员会. 维西傈僳族自治县志[M]. 昆明:云南民族出版社,2007.
- [9] Smith A T,解焱,陈延熹. 中国兽类野外手册[M]. 长沙:湖南教育出版社,2009.
- [10] 潘清华,王应祥,岩崑,等. 中国哺乳动物彩色图鉴[M]. 北京:中国林业出版社,2007.
- [11] 张荣祖. 中国哺乳动物分布[M]. 北京:中国林业出版社,1997.
- [12] 王应祥. 中国哺乳动物种和亚种分类名录与分布大全[M]. 北京:中国林业出版社,2003.
- [13] 张荣祖. 中国动物地理[M]. 北京:科学出版社,1999.

(上接第 72 页)

### 参考文献:

- [1] 中共云南省委,云南省人民政府. 关于加快林业发展建设森林云南的决定[Z]. 2009:1-2.
- [2] 史永林,吴卫红. 我国南方森林航空消防现状及对发展通用航空的建议[C]. 第三届中国林业学术大会森林防火分会场论文集. 福州:中国林学会森林防火专业委员会,2013:257-261.

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2014.02.018

## 神农架国家级自然保护区夏季鸟类群落多样性

章波<sup>1</sup>, 杨敬元<sup>2</sup>, 刘 鲲<sup>2</sup>, 吴法清<sup>1</sup>, 周青春<sup>1</sup>

(1. 华中师范大学生命科学院, 湖北 武汉 430079; 2. 湖北神农架国家级自然保护区管理局, 湖北 十堰 442421)

**摘要:**2011 年 6 月至 2012 年 8 月, 采用样线法对神农架夏季鸟类资源进行了调查。共记录到鸟类 140 种, 隶属于 13 目 38 科, 占湖北省鸟类总数 521 种的 26.87%。其中国家一级保护鸟类 2 种, 国家二级保护鸟类 14 种, 湖北省保护鸟类 28 种, 中国特有种鸟类 14 种。该区鸟类群落总体多样性指数( $H$ )为 3.846, 均匀性指数( $J$ )为 0.785, 优势度( $C$ )为 0.034。 $\beta$ 多样性指数分析表明:阔叶林—针阔混交林的鸟类群落相似性系数( $S$ )最高, 为 0.5526; 阔叶林—水域的鸟类群落相似性系数最低, 为 0.0526。区系组成上, 东洋种 84 种(60.0%), 古北种 42 种(30.0%), 广布种 14 种(10.0%), 鸟类区系以东洋界成分为主。

**关键词:**夏季鸟类; 群落多样性; 区系成分; 群落结构; 神农架自然保护区

中图分类号: S759.9; S718.63; Q16 文献标识码: A 文章编号: 1671-3168(2014)04-0078-010

## Diversity of Bird Communities in summer in Shennongjia National Nature Reserve

ZHANG Bo<sup>1</sup>, YANG Jing-yuan<sup>2</sup>, LIU Kun<sup>2</sup>, WU Fa-qing<sup>1</sup>, ZHOU Qing-chun<sup>1</sup>

(1 College of Life Science, Central China Normal University, Wuhan 430079, China;

2 Hubei Shennongjia National Nature Reserve Authority, Shiyan, Hubei 442421, China)

**Abstract:** The survey of summer birds' resources in Shennongjia National Nature Reserve was carried out using line-transect method from July 2011 to July 2013. A total of 140 bird species was recorded, which belonged to 38 families and 13 orders, accounting for 26.87% of 521 bird species in Hubei Province. Among the bird species recorded, there are 2 species under first-grade state protection, 14 species under second-grade state protection, 28 species under Hubei province protection and 14 national endemic species. The overall diversity index ( $H$ ), evenness ( $J$ ), and predominant index ( $C$ ) of the avian communities were 3.846, 0.785 and 0.034 respectively. The similarity index ( $S$ ) of broad-leaved forest-theropencedrymion avian communities was the highest (0.5526), and broad-leaved forest-water area avian communities was the lowest (0.0526). According to the avifauna, 84, 42 and 14 species were respectively belonged to the Oriental realm, Pala arctic realm and cosmopolitan species, accounting for 60.0%, 30.0% and 10.0% of the total species. The analysis of bird fauna suggests that the East-Asian Group species is dominant.

**Key words:** summer bird; community biodiversity; fauna element; community structure; Shennongjia

收稿日期: 2013-11-21; 修回日期: 2014-01-06.

资助项目: 神农架金丝猴保育生物学湖北省重点实验室开放基金(No. 2012snjABD003)。

作者简介: 章波(1987-), 男, 硕士研究生。研究方向为动物生态学。Email: zb2990@126.com

通信作者: 周青春。Email: qingchunzhou@yahoo.com

National Nature Reserve;

神农架自然保护区始建于 1983 年,1986 年 7 月国务院批准神农架保护区为国家级森林和野生动物类型自然保护区。1990 年 12 月加入联合国教科文组织(UNESCO)世界生物圈保护网<sup>[1]</sup>。神农架自然保护区集资源保护、生态旅游和科研教育等多功能于一体,至今仍较好地保存着原始森林的特有风貌。其特殊的地理位置、优越的自然环境和气候条件使得这里的生物多样性非常丰富,素有“物种基因库”、“濒危动植物避难所”之美誉,而保护区内的“白化动物”更是备受学者们的关注。关于神农架地区鸟类资源的研究,除上个世纪有一些研究报道外(薛慕光等,1965;黎德武等,1985;朱兆泉和宋朝枢,1999)<sup>[1-3]</sup>,近十几年鲜有研究报道,张立影等(2012)也只是对神农架保护区的 4 个居民点的鸟类多样性进行了调查报道<sup>[4]</sup>。2011~2013 年,笔者对神农架国家级自然保护区鸟类资源进行了近 2 年的实地调查,调查地点以保护区的 5 个管理所为中心向四周辐射,海拔范围从 700~2 900 m,几乎涵盖了整个神农架自然保护区。本文对神农架自然保护区夏季鸟类的物种组成、区系特点等做了较为详细的叙述,并且分析了其不同生境下的鸟类群落多样性,以期为该地区鸟类资源保护和保护区的发展建设提供科学依据。

## 1 神农架自然保护区概况

湖北神农架国家级自然保护区位于湖北省西北部,其地理坐标为 110°03′05″~110°33′50″E, 31°21′20″~31°36′20″N,是中国西南高山与华中丘陵的过渡地带,属于大巴山脉的延伸部分。总面积 70 467 hm<sup>2</sup>,森林覆盖率 90%以上。神农架保护区内山峰多海拔在 1 500 m 以上,其中 2 500 m 以上的山峰 20 多座,海拔 3 000 m 以上的山峰 6 座,最高峰神农顶海拔 3 105.4 m,是华中地区最高点,故又称“华中第一峰”。该地区气候属于北亚热带和暖温带过渡气候,全年 80%盛行东南风,气温垂直分带明显,海拔每上升 100 m 气温递减 0.54℃;年降水量 800~2 500 mm,随着海拔增高降水量增加;年蒸发量为 500~800 mm,干旱指数为 0.50~0.53,从总体上看属于湿润气候<sup>[1]</sup>。

## 2 研究方法

### 2.1 调查地点及生境划分

调查地点基本涵盖了整个神农架自然保护区,

包括木鱼、阴峪河、小龙潭、瞭望塔、板壁岩、猴子石、坪壑、板桥、下谷、大九湖、彩旗、九冲,海拔范围 700~2 900 m。

根据保护区的植被情况以及海拔,划分出 6 种生境<sup>[1,5,6]</sup>:

1) 针叶林:神农架保护区内组成针叶林的主要乔木树种为松属和冷杉属植物,常见的有巴山冷杉林、华山松林等。在低海拔处针叶林面积狭小,零星分布,在高海拔地带则成林成片。

2) 针阔混交林:常见于海拔 2 000 m 左右,组成的主要树种有巴山冷杉、油松、红桦、山杨等。

3) 阔叶林:包括常绿阔叶林,常绿、落叶阔叶混交林,以及落叶阔叶林。该类生境是神农架保护区内分布最广的生境类型,主要树种有红桦、野漆树、米水青冈等。

4) 灌丛竹林草地:主要包括高海拔地区的箭竹林,高山草甸,高山杜鹃灌丛和香柏灌丛等。

5) 水域:包括河流、水库、水塘、湖泊及其周边的滩涂。

6) 农田村落:包括了水田、旱地以及居民区。

### 2.2 调查方法

2011~2012 年,于每年的 6~8 月进行调查,野外有效调查时间共计 35 d,调查样线共计 25 条。每天的调查时间段为 6:00~9:30 和 14:30~17:30,以 1 km/h 的速度行走,用望远镜观察,鸣声识别,摄影等方式记录样线两侧 25 m 范围内鸟类的种类、数量和生境类型等信息<sup>[7]</sup>。鸟类野外识别参照《中国鸟类野外手册》,鸟类分类系统以《中国鸟类分类与分布名录》(第二版)为准。

另外,走访当地居民、保护局职工、林场人员和社区人员,获取鸟类的物种和数量信息,同时收集保护区执法记录,护林人员的工作记录,以及与神农架保护区和周边地区相关的文献资料,以使本次调查更为详尽可靠。

### 2.3 统计方法和数据处理

#### 2.3.1 鸟类的优势种分析方法

采用频率指数估计法。 $RB \geq 100$  为优势种, $10 \leq RB < 100$  为常见种, $1 \leq RB < 10$  为稀有种, $RB < 1$  为偶见种<sup>[8]</sup>。 $RB$  频率指数公式如下:

$$RB = 100 \frac{d}{D} \times \frac{S}{D}$$

其中, $d$  为遇见某鸟种的天数, $D$  为调查总天数, $S$  为遇见该鸟种的总数量。

### 2.3.2 鸟类多样性分析方法

采用 Shannon-Wiener 指数 ( $H$ )、Pielou 均匀性指数 ( $J$ )、Simpson 优势度指数 ( $C$ ) 对鸟类多样性进行分析<sup>[9-12]</sup>:

$$1) \text{ Shannon-Wiener 指数: } H = -\sum_{i=1}^S (P_i) (\ln P_i)$$

$$2) \text{ Pielou 均匀性指数: } J = H/H_{\max}$$

$$3) \text{ Simpson 优势度指数: } C = \sum_{i=1}^S (N_i/N)^2$$

其中,  $P_i$  为物种的个体数在所有物种个体总数中的比例,  $S$  为物种数,  $H_{\max} = \ln S$ ,  $N_i$  为物种  $i$  的个体数,  $N$  为所有物种的个体总数。

### 2.3.3 群落的相似性分析方法

采用相似性系数进行鸟类群落分析, 其公式为<sup>[9]</sup>:  $S = 2C/(A+B)$ 。

其中,  $A$  为群落 A 的种数,  $B$  为群落 B 的种数,  $C$  为群落 A 和群落 B 共有的种数。

## 3 结果与分析

### 3.1 鸟类多样性

#### 3.1.1 鸟类种类组成

共调查记录到夏季鸟类 140 种、4 953 只, 隶属于 13 目 38 科<sup>[13,14]</sup>, 其中 134 种是实地观察记录到的, 其余 6 种为访问调查所得。其中: 雀形目鸟类

25 科 103 种, 占夏季鸟类总种数的 73.57%; 非雀形目 13 科 37 种, 占 26.43%。各科中记录种类较多的为鸻科 16 种, 画眉科 14 种, 莺科 10 种; 有 15 科仅记录到 1 种, 详见表 1。根据记录到的各种鸟的 RB 值, 划分如下:

1) 优势种: 白鹡鸰 (*Motacilla alba*), 黄臀鹌 (*Pyrrhonotus xanthorrhous*), 短嘴金丝燕 (*Aerodramus brevirostris*), 红尾水鸲 (*Rhyacornis fuliginosa*), 大山雀 (*Parus major*), 褐河乌 (*Cinclus pallasii*) 等 20 种, 占实地观察记录到的鸟类种数的 14.93%。

2) 常见种: 红嘴相思鸟 (*Leiothix lutea*), 大嘴乌鸦 (*Corvus macrorhynchos*), 喜鹊 (*Pica pica*), 松鸦 (*Garrulus glandarius*), 小燕尾 (*Enicurus scouleri*) 等 19 种, 占 14.18%。

3) 稀有种: 眼纹噪鹛 (*Garrulax ocellatus*), 蓝矶鸫 (*Monticola solitarius*), 大鹰鹃 (*Cuculus sparveroides*), 叉尾太阳鸟 (*Aethopyga christinae*) 等 39 种, 占 29.10%。

4) 偶见种: 蓝额红尾鸲 (*Phoenicurus frontalis*), 粉红胸鹑 (*Anthus roseatus*), 黑鸢 (*Milvus migrans*), 远东树莺 (*Cettia canturians*) 等 56 种, 占 41.79%。

表 1 神农架保护区夏季鸟类名录

Tab. 1 Bird checklist of Shennongjia National Nature Reserve in summer

序号	中文名	拉丁名	居留型	地理型	保护级别	数据来源	RB 值	累计数量
—	鸻形目	<b>CICONIIFORMES</b>						
(一)	鹭科	<b>Ardeidae</b>						
001	白鹭	<i>Egretta garzetta</i>	S	O	省级	①	1.469	6
002	池鹭	<i>Ardeola bacchus</i>	S	O		①	1.469	6
二	隼形目	<b>FALCONIFORMES</b>						
(二)	鹰科	<b>Accipitridae</b>						
003	黑鸢	<i>Milvus migrans</i>	R	P	II 级	①②	0.082	1
004	白尾鹞	<i>Circus cyaneus</i>	W	P	II 级	①	0.082	1
005	赤腹鹰	<i>Accipiter soloensis</i>	S	O	II 级	①	0.490	3
006	日本松雀鹰	<i>Accipiter gularis</i>	R	O	II 级	①	0.082	1
007	雀鹰	<i>Accipiter nisus</i>	W	C	II 级	②		
008	苍鹰	<i>Accipiter gentilis</i>	W	P	II 级	①	0.082	1
009	普通鵟	<i>Buteo buteo</i>	W	P	II 级	①	0.082	1
010	白肩雕	<i>Aquila heliaca</i>	W	C	I 级	②		
011	金雕	<i>Aquila chrysaetos</i>	R	P	I 级	②		
三	鸡形目	<b>GALLIFORMES</b>						
(三)	雉科	<b>Phasianidae</b>						
012	灰胸竹鸡	<i>Bambusicola thoracica</i>	R	P	省级、特	①②	0.490	3

续表

序号	中文名	拉丁名	居留型	地理型	保护级别	数据来源	RB 值	累计数量
013	红腹角雉	<i>Tragopan temminckii</i>	R	O	Ⅱ级	①②	0.245	3
014	勺鸡	<i>Pucrasia macrolopha</i>	R	O	Ⅱ级	②		
015	白冠长尾雉	<i>Syrnaticus reevesii</i>	R	O	Ⅱ级、特	①②	0.082	1
016	环颈雉	<i>Phasianus colchicus</i>	R	C	省级	①②	3.265	8
017	红腹锦鸡	<i>Chrysolophus pictus</i>	R	P	Ⅱ级、特	②		
四	鸻形目	<b>Charadriiformes</b>						
(四)	鹬科	<b>Scolopacidae</b>						
018	白腰草鹬	<i>Tringa ochropus</i>	W	P		①	0.163	2
五	鸽形目	<b>COLUMBIFORMES</b>						
(五)	鸠鸽科	<b>Columbidae</b>						
019	山斑鸠	<i>Streptopelia orientalis</i>	R	C		①	82.286	63
020	珠颈斑鸠	<i>Streptopelia chinensis</i>	R	O	省级	①	10.286	18
六	鹃形目	<b>CUCULIFORMES</b>						
(六)	杜鹃科	<b>Cuculidae</b>						
021	红翅凤头鹃	<i>Clamator coromandus</i>	S	O	省级	①	0.082	1
022	大鹰鹃	<i>Cuculus sparverioides</i>	S	O		①	5.878	12
023	大杜鹃	<i>Cuculus canorus</i>	S	C	省级	①	3.673	9
024	噪鹃	<i>Eudynamys scolopacea</i>	S	O			4.082	10
七	鸱形目	<b>STRIGIFORMES</b>						
(七)	鸱鸺科	<b>Strigidae</b>						
025	雕鸮	<i>Bubo bubo</i>	R	P	Ⅱ级	②		
026	黄脚渔鸮	<i>Ketupa flavipes</i>	R	O	Ⅱ级	①	0.082	1
027	灰林鸮	<i>Strix aluco</i>	R	C	Ⅱ级	①	0.082	1
八	夜鹰目	<b>CAPRIMULGIFORMES</b>						
(八)	夜鹰科	<b>Caprimulgidae</b>						
028	普通夜鹰	<i>Caprimulgus indicus</i>	S	O	省级	①	0.082	1
九	雨燕目	<b>APODIFORMES</b>						
(九)	雨燕科	<b>Apodidae</b>						
029	短嘴金丝燕	<i>Aerodramus brevirostris</i>	S	O	省级	①	455.265	507
十	佛法僧目	<b>CORACIIFORMES</b>						
(十)	翠鸟科	<b>Alcedinidae</b>						
030	普通翠鸟	<i>Alcedo atthis</i>	R	C		①	1.306	4
031	冠鱼狗	<i>Megaceryle lugubris</i>	R	C		①	0.082	1
(十一)	佛法僧科	<b>Coraciidae</b>						
032	三宝鸟	<i>Eurystomus orientalis</i>	S	O	省级	①	0.163	2
十一	戴胜目	<b>UPUPIFORMES</b>						
(十二)	戴胜科	<b>Upupidae</b>						
033	戴胜	<i>Upupa epops</i>	S	C	省级	①	0.163	2
十二	鵀形目	<b>PICIFORMES</b>						
(十三)	啄木鸟科	<b>Picidae</b>						
034	斑姬啄木鸟	<i>Picumnus innominatus</i>	R	O	省级	①	0.082	1

续表

序号	中文名	拉丁名	居留型	地理型	保护级别	数据来源	RB 值	累计数量
035	赤胸啄木鸟	<i>Dendrocopos cathpharius</i>	R	O		①	0.980	4
036	大斑啄木鸟	<i>Dendrocopos major</i>	R	P		①	2.041	5
037	灰头绿啄木鸟	<i>Picus canus</i>	R	P	省级	①	0.327	2
十三	雀形目	<b>PASSERIFORMES</b>						
(十四)	百灵科	<b>Alaudidae</b>						
038	小云雀	<i>Alauda gulgula</i>	R	O		①	2.122	13
(十五)	燕科	<b>Hirundinidae</b>						
039	家燕	<i>Hirundo rustica</i>	S	P	省级	①	1.224	15
040	金腰燕	<i>Hirundo daurica</i>	S	C	省级	①	6.122	15
041	烟腹毛脚燕	<i>Delichon dasypus</i>	S	O		①	2.489	30
(十六)	鹑鸽科	<b>Motacillidae</b>						
042	白鹑鸽	<i>Motacilla alba</i>	R	C		①	512.00	224
043	黄头鹑鸽	<i>Motacilla citreola</i>	T	P		①	0.082	1
044	黄鹑鸽	<i>Motacilla flava</i>	T	P		①	3.918	12
045	灰鹑鸽	<i>Motacilla cinerea</i>	T	C		①	324.735	153
046	树鹨	<i>Anthus hodgsoni</i>	W	P		①	9.388	23
047	粉红胸鹨	<i>Anthus roseatus</i>	S	P		①	0.571	7
(十七)	山椒鸟科	<b>Campephagidae</b>						
048	长尾山椒鸟	<i>Pericrocotus ethologus</i>	S	O		①	0.163	2
(十八)	鹎科	<b>Pycnonotidae</b>						
049	领雀嘴鹎	<i>Spizixos semitorques</i>	R	O	特	①	490.286	231
050	黄臀鹎	<i>Pycnonotus xanthorrhous</i>	R	O		①	498.776	235
051	白头鹎	<i>Pycnonotus sinensis</i>	R	O	特	①	0.082	1
052	绿翅短脚鹎	<i>Hypsipetes mcclllandii</i>	R	O		①	52.082	58
053	黑短脚鹎	<i>Hypsipetes leucocephalus</i>	S	O		①	6.367	26
(十九)	伯劳科	<b>Laniidae</b>						
054	虎纹伯劳	<i>Lanius tigrinus</i>	S	P	省级	①	0.082	1
055	红尾伯劳	<i>Lanius cristatus</i>	T	P	省级	①	1.959	8
056	棕背伯劳	<i>Lanius schach</i>	R	O	省级	①	2.286	7
057	灰背伯劳	<i>Lanius tephronotus</i>	R	O		①	7.347	15
(二十)	黄鹂科	<b>Oriolidae</b>						
058	黑枕黄鹂	<i>Oriolus chinensis</i>	S	O	省级	①	0.082	1
(二十一)	卷尾科	<b>Dicruridae</b>						
059	发冠卷尾	<i>Dicrurus hottentottus</i>	S	O	省级	①	0.408	5
(二十二)	鸦科	<b>Corvidae</b>						
060	松鸦	<i>Garrulus glandarius</i>	R	P	省级	①	12.571	22
061	红嘴蓝鹊	<i>Urocissa erythrorhyncha</i>	R	O	省级	①	222.449	109
062	喜鹊	<i>Pica pica</i>	R	P	省级	①	40.408	55
063	星鸦	<i>Nucifraga caryocatactes</i>	R	P		①	5.878	12
064	小嘴乌鸦	<i>Corvus corone</i>	T	O		①	23.673	29
065	大嘴乌鸦	<i>Corvus macrorhynchus</i>	R	P	省级	①	48.000	49

续表

序号	中文名	拉丁名	居留型	地理型	保护级别	数据来源	RB 值	累计数量
066	白颈鸦	<i>Corvus pectoralis</i>	R	O	省级	①	1.306	8
(二十三)	河乌科	<b>Cinclidae</b>						
067	褐河乌	<i>Cinclus pallasii</i>	R	O		①	114.857	67
(二十四)	鸫科	<b>Turdidae</b>						
068	鹊鸲	<i>Copsychus saularis</i>	R	O		①	0.326	2
069	北红尾鸫	<i>Phoenicurus auroreus</i>	W	P		①	238.776	117
070	蓝额红尾鸫	<i>Phoenicurus frontalis</i>	R	O		①	0.816	5
071	红尾水鸫	<i>Rhyacornis fuliginosa</i>	R	O		①	433.469	177
072	白顶溪鸫	<i>Chaimarrornis leucocephalus</i>	R	O		①	0.408	5
073	白尾地鸫	<i>Cinclidium leucurum</i>	R	O		①	0.082	1
074	小燕尾	<i>Enicurus scouleri</i>	R	O		①	14.694	18
075	白额燕尾	<i>Enicurus leschenaulti</i>	R	O		①	4.571	8
076	灰背燕尾	<i>Enicurus schistaceus</i>	R	O		①	0.082	1
077	灰林鸫	<i>Saxicola ferrea</i>	R	O		①	59.265	66
078	栗腹矶鸫	<i>Monticola rufiventris</i>	R	O		①	0.245	3
079	蓝矶鸫	<i>Monticola solitarius</i>	R	C		①	3.673	9
080	紫啸鸫	<i>Myophonus caeruleus</i>	R	O		①	0.163	2
081	灰背鸫	<i>Turdus hortulorum</i>	W	P		①	0.163	2
082	灰头鸫	<i>Turdus rubrocanus</i>	R	O		①	2.939	9
083	斑鸫	<i>Turdus eunomus</i>	W	P		①	0.082	1
(二十五)	鹎科	<b>Muscicapidae</b>						
084	乌鹎	<i>Muscicapa sibirica</i>	T	P		①	0.082	1
085	铜蓝鹎	<i>Eumyias thalassina</i>	S	O		①	5.224	16
086	棕腹大仙鹎	<i>Niltava davidi</i>	S	O	特	①	0.327	2
087	方尾鹎	<i>Culicicapa ceylonensis</i>	S	O		①	4.245	13
(二十六)	画眉科	<b>Timaliidae</b>						
088	黑脸噪鹛	<i>Garrulax perspicillatus</i>	R	O		①	2.612	16
089	白喉噪鹛	<i>Garrulax albogularis</i>	R	O		①	30.286	53
090	眼纹噪鹛	<i>Garrulax ocellatus</i>	R	O		①	3.429	14
091	画眉	<i>Garrulax canorus</i>	R	O	省级、特	①	460.408	235
092	白颊噪鹛	<i>Garrulax sannio</i>	R	O		①	13.714	28
093	橙翅噪鹛	<i>Garrulax elliotii</i>	R	O	特	①	122.449	75
094	棕颈钩嘴鹛	<i>Pomatorhinus ruficollis</i>	R	O		①	6.367	13
095	矛纹草鹛	<i>Babax lanceolatus</i>	R	O		①	198.367	162
096	红嘴相思鸟	<i>Leiothix lutea</i>	R	O	省级	①	75.918	93
097	蓝翅希鹛	<i>Minla cyanouroptera</i>	R	O		①	0.816	10
098	金胸雀鹛	<i>Alcippe chrysotis</i>	R	O		①	0.082	1
099	灰眶雀鹛	<i>Alcippe morrisonia</i>	R	O		①	0.245	3
100	栗耳凤鹛	<i>Yuhina castaniceps</i>	R	O		①	3.429	42
101	白领凤鹛	<i>Yuhina diademata</i>	R	O	特	①	282.122	192
(二十七)	鸦雀科	<b>Paradoxornithidae</b>						
102	红嘴鸦雀	<i>Conostoma oemodium</i>	R	O		①	0.408	5

续表

序号	中文名	拉丁名	居留型	地理型	保护级别	数据来源	RB 值	累计数量
103	三趾鸦雀	<i>Paradoxornis paradoxus</i>	R	O		①	0.163	2
104	白眶鸦雀	<i>Paradoxornis conspicillatus</i>	R	O	特	①	0.082	1
105	棕头鸦雀	<i>Paradoxornis webbianus</i>	R	O	特	①	100.571	112
(二十八)	扇尾莺科	<b>Cisticolidae</b>						
106	纯色山鹡鸰	<i>Prinia inornata</i>	R	O		①	0.082	1
(二十九)	莺科	<b>Sylviidae</b>						
107	远东树莺	<i>Cettia canturians</i>	S	O		①	0.082	1
108	强脚树莺	<i>Cettia fortipes</i>	R	O		①	137.143	84
109	棕褐短翅莺	<i>Bradypterus luteoventris</i>	R	O		①	0.327	4
110	褐柳莺	<i>Phylloscopus fuscatus</i>	T	P		①	0.327	4
111	黄腹柳莺	<i>Phylloscopus affinis</i>	S	O		①	6.351	16
112	黄腰柳莺	<i>Phylloscopus proregulus</i>	W	P		①	0.490	3
113	黄眉柳莺	<i>Phylloscopus inornatus</i>	T	P		①	5.714	14
114	极北柳莺	<i>Phylloscopus borealis</i>	T	P		①	10.204	25
115	乌嘴柳莺	<i>Phylloscopus magnirostris</i>	T	O		①	190.286	111
116	金眶鹟莺	<i>Seicercus burkii</i>	R	O		①	21.306	29
(三十)	绣眼鸟科	<b>Zosteropidae</b>						
117	暗绿绣眼鸟	<i>Zosterops japonicus</i>	S	O		①	42.449	52
(三十一)	长尾山雀科	<b>Aegithalidae</b>						
118	红头长尾山雀	<i>Aegithalos concinnus</i>	R	O		①	1.061	13
(三十二)	山雀科	<b>Paridae</b>						
119	沼泽山雀	<i>Parus palustris</i>	R	P		①	0.163	2
120	煤山雀	<i>Parus ater</i>	R	P		①	3.755	23
121	黄腹山雀	<i>Parus venustulus</i>	R	O	特	①	244.898	200
122	大山雀	<i>Parus major</i>	R	C	省级	①	172.163	111
123	绿背山雀	<i>Parus monticolus</i>	R	O		①	240.653	134
(三十三)	鹎科	<b>Sittidae</b>						
124	普通鹎	<i>Sitta europaea</i>	R	P		①	1.633	5
(三十四)	啄花鸟科	<b>Dicaeidae</b>						
125	红胸啄花鸟	<i>Dicaeum ignipectus</i>	R	O		①	0.082	1
(三十五)	花蜜鸟科	<b>Nectariniidae</b>						
126	蓝喉太阳鸟	<i>Aethopyga gouldiae</i>	R	O	省级	①	5.633	23
127	叉尾太阳鸟	<i>Aethopyga christinae</i>	R	O		①	2.286	7
(三十六)	雀科	<b>Passeridae</b>						
128	山麻雀	<i>Passer rutilans</i>	R	O		①	465.306	228
129	麻雀	<i>Passer montanus</i>	R	P		①	4.571	28
(三十七)	燕雀科	<b>Fringillidae</b>						
130	普通朱雀	<i>Carpodacus erythrinus</i>	R	P		①	20.408	50
131	酒红朱雀	<i>Carpodacus vinaceus</i>	R	O	特	①	21.306	29
132	金翅雀	<i>Carduelis sinica</i>	R	P		①	45.796	51
133	灰头灰雀	<i>Pyrrhula erythaca</i>	R	O		①	3.429	14



续表

序号	中文名	拉丁名	居留型	地理型	保护级别	数据来源	RB 值	累计数量
134	黑尾蜡嘴雀	<i>Eophona migratoria</i>	S	P		①	1.633	20
(三十八)	鸚科	<b>Emberizidae</b>						
135	蓝鸚	<i>Latoucheornis siemsseni</i>	W	O	特	①	0.082	1
136	三道眉草鸚	<i>Emberiza cioides</i>	R	P		①	0.653	4
137	栗耳鸚	<i>Emberiza fucata</i>	R	P		①	0.408	5
138	小鸚	<i>Emberiza pusilla</i>	W	P		①	0.082	1
139	黄眉鸚	<i>Emberiza chrysophrys</i>	W	P		①	0.163	2
140	黄喉鸚	<i>Emberiza elegans</i>	R	P		①	28.653	27

注:居留型:R—留鸟,W—冬候鸟,S—夏候鸟,T—旅鸟;区系:O—东洋种,P—古北种,C—广布种;保护级别:I级—国家一级重点保护种类,II级—国家二级重点保护种类,省级—湖北省保护种类,特—中国特有种;资料来源:①—实地观察记录所得,②—访问调查所得。

### 3.1.2 重要保护鸟类

神农架保护区夏季 140 种鸟类中,有国家级保护动物 16 种,占夏季鸟类种数的 11.43%,其中国家一级保护动物 2 种——白肩雕(*Aquila heliaca*)和金雕(*Aquila chrysaetos*)。国家二级保护动物 14 种,如:白尾鸚(*Circus cyaneus*),白冠长尾雉(*Syrnaticus reevesii*),黄脚渔鸚(*Ketupa flavipes*),灰林鸚(*Strix aluco*)等;湖北省级保护动物 28 种<sup>[15]</sup>,如:三宝鸟(*Eurystomus orientalis*),黑枕黄鸚(*Oriolus chinensis*),蓝喉太阳鸟(*Aethopyga gouldiae*)等,占夏季鸟类种数的 20.00%。中国鸟类特有种 14 种<sup>[16]</sup>,如:棕腹大仙鸚(*Niltava davidi*),蓝鸚(*Latoucheornis siemsseni*),酒红朱雀(*Carpodacus vinaceus*)等,占夏季鸟类种数的 10.00%。

### 3.1.3 区系成分

本次调查发现的夏季鸟类按居留型分析(图 1),留鸟有 89 种,夏候鸟 27 种,冬候鸟 14 种,旅鸟 10 种,分别占夏季鸟类种数的 63.57%,19.29%,10.00%,7.14%。可以看出,神农架保护区夏季鸟类以留鸟居多。

按区系类型分析(图 2),东洋界种鸟类 84 种,占夏季鸟类种数的 60.00%;古北界种鸟类 42 种,占 30.00%;广布种鸟类 14 种,占 10.00%。可见,保护区鸟类区系成分以东洋界种类占优势,古北界、东洋界种类相互渗透。

## 3.2 群落结构

### 3.2.1 不同生境鸟类群落结构特征

不同生境内鸟类群落组成的调查结果(图 3)显示,不同生境间鸟类群落组成具有较大差异性,其中阔叶林鸟类群落的物种数最多,为 99 种(累计数量 3 304 只);其次是针阔混交林鸟类群落,为 53 种

(700 只);之后依次为农田村落 16 种(369 只);灌丛竹林草地 21 种(159 只);水域 15 种(296 只);针叶林 8 种(125 只)。

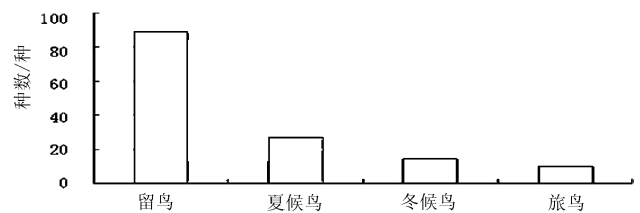


图 1 神农架保护区鸟类居留型

Fig. 1 Birds residence types in Shennongjia National Nature Reserve

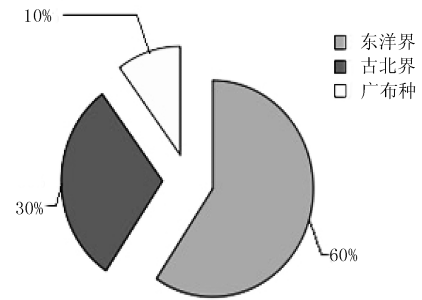


图 2 神农架保护区夏季鸟类区系组成

Fig. 2 Bird fauna of Shennongjia National Nature Reserve in summer

不同鸟类群落的多样性指数和均匀性指数对比分析结果(图 4、图 5)显示,阔叶林的鸟类群落多样性指数  $H$  最高,为 3.598 2;其次是针阔混交林鸟类群落,为 3.299 2;之后依次是灌丛竹林草地 ( $H = 2.494 7$ ),农田村落 ( $H = 2.290 9$ ),针叶林 ( $H = 1.513 1$ ),水域 ( $H = 1.366 7$ )。不同生境的鸟类群

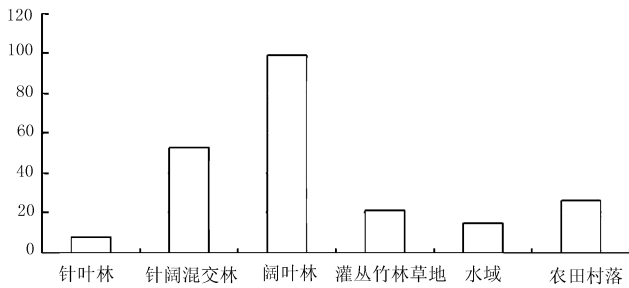


图 3 同生境下的鸟类物种数

Fig. 3 Species of the birds in different habitats

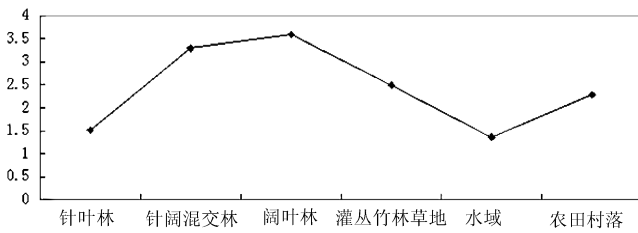


图 4 不同生境内的鸟类多样性指数

Fig. 4 Birds diversity index in different habitats

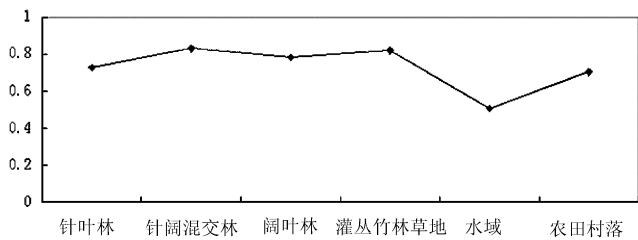


图 5 不同生境内的鸟类均匀性指数

Fig. 5 Birds evenness index in different habitats

落均匀性指数  $J$  由高到低依次为: 针阔混交林 ( $J=0.8310$ ) > 灌丛竹林草地 ( $J=0.8194$ ) > 阔叶林 ( $J$

$=0.7830$ ) > 针叶林 ( $J=0.7277$ ) > 农田村落 ( $J=0.7031$ ) > 水域 ( $J=0.5046$ )。

### 3.2.2 不同生境间鸟类群落的关系

比较 6 种生境间鸟类群落的关系, 相似性系数 ( $S$ ) 由高到低依次为: 阔叶林—针阔混交林 > 农田村落—针阔混交林 > 针阔混交林—灌丛竹林草地 > 农田村落—阔叶林 > 农田村落—针叶林 > 针阔混交林—针叶林 > 水域—农田村落 > 阔叶林—灌丛竹林草地 > 阔叶林—针叶林 > 农田村落—灌丛竹林草地 > 水域—针阔混交林 > 水域—针叶林 > 针叶林—灌丛竹林草地 > 水域—灌丛竹林草地 > 水域—阔叶林。相似性系数  $S$  最高的是阔叶林—针阔混交林 ( $S=0.5526$ ), 最低的是阔叶林—水域 ( $S=0.0526$ ), 详见表 2。

## 4 讨论与建议

此次共调查到神农架保护区夏季鸟类 140 种, 其中有 134 种是实地观察记录到的, 6 种为访问调查所得, 隶属于 13 目 38 科, 占湖北省鸟类 521 种<sup>[17]</sup> 的 26.87%。其中雀形目鸟类 103 种, 占夏季鸟类总种数的 73.57%, 非雀形目 37 种, 占 26.43%; 国家一级保护动物 2 种, 国家二级保护动物 14 种和湖北省级保护动物 28 种, 共计 44 种, 占夏季鸟类总种数的 31.43%。

在区系组成上, 以东洋界种类占优势, 古北界、东洋界种类相互渗透——东洋界种鸟类 84 种, 占夏季鸟类种数的 60.00%; 古北界种鸟类 42 种, 占 30.00%; 广布种鸟类 14 种, 占 10.00%。这一鸟类区系结构特征与该地所处的地理位置是吻合的——神农架自然保护区位于东洋界华中区西部山地高原亚区<sup>[18]</sup>, 是位于东洋界的北缘, 紧靠着古北界<sup>[3]</sup>。

群落的多样性是群落稳定性的一个重要指标,

表 2 不同生境类型间的相似性系数

Tab. 2 Similarity of bird communities of different habitats

	水域	农田村落	阔叶林	针阔混交林	针叶林	灌丛竹林草地
水域	1	0.1951	0.0526	0.0882	0.0870	0.0556
农田村落		1	0.2880	0.4103	0.2353	0.1277
阔叶林			1	0.5526	0.1308	0.1833
针阔混交林				1	0.1967	0.3243
针叶林					1	0.0670
灌丛竹林草地						1

目前 Shannon-Weiner 指数和 Pielou 指数是常用的评价生物群落物种多样性的指数。在本研究中,神农架保护区的夏季鸟类多样性指数为 3.846,均匀度指数为 0.785。鸟类群落的多样性取决于物种数和均匀性指数,物种越多,均匀性指数越高,则群落多样性就越高<sup>[19]</sup>。从图 3 和图 5 可看出,在 6 种生境中,阔叶林和针阔混交林的鸟类群落物种数最高,且均匀性指数也较高,因而在 6 种生境中阔叶林和针阔混交林的鸟类群落多样性较高。这一方面是因为在神农架自然保护区中阔叶林(包括了常绿阔叶林和落叶阔叶林)的分布范围广,垂直分布幅度大<sup>[1,5]</sup>,从而在实地调查时此种生境中记录到的鸟类数量和种数较多;另一方面,针阔混交林中多片层的空间异质性、多群落交错的丰富生境,为鸟类提供了复杂多样的栖息地环境和取食环境,使得其多样性也较高。水域群落的鸟类物种数和均匀性指数都较低,主要是因为其植被和生境较单一,而且保护区内溪流多数落差较大,可供鸟类栖息的滩涂不多。此外,近年来保护区内兴修水电站,使得一些常流性河流变成季节性河流,一些伴水生活的鸟类减少。

在群落相似性分析中,阔叶林与水域的鸟类群落相似性最低,其主要原因是阔叶林与水域的环境差异较大;而阔叶林和针阔混交林的鸟类群落相似性最高,这是因为阔叶林和针阔混交林相邻,且两者有部分植被类型是重叠的,如红桦、山杨、槭树等。

本文只对神农架保护区夏季鸟类进行了介绍与分析,未能全面反映保护区的鸟类资源状况,但从以上分析可以看出,保护区鸟类资源是非常丰富的。这些丰富的鸟类资源与当地良好的自然条件,以及保护区成立以来各种积极保护措施是分不开的。然而,在调查期间发现,少数地点仍存在偷猎现象,野外时有发现置放的夹子和绳套,这会对鸡形目鸟类形成较大威胁。另外,当地开发旅游对鸟类的活动也有一定的干扰,如金丝燕洞被开发成观赏景点后该地短嘴金丝燕数量减少了。因此,笔者认为有必要进一步加强对鸟类群落多样性的保护,建议:①加大执法力度,严厉打击偷猎的违法行为;②在一定的时段关闭某些旅游景点,尤其是鸟类繁殖期间,以此减少人类活动对鸟类的干扰;③加大宣传力度,提高当地群众和游客的环保意识;④对一些重点保护的鸟类进行长期跟踪、调查,或开展专题研究,以便更好地保护鸟类资源,使保护区的人与鸟和谐共处。

## 参考文献:

- [1] 朱兆泉,宋朝枢. 神农架自然保护区科学考察集[M]. 北京:中国林业出版社,1999.
- [2] 薛慕光,江礼荣,刘年瑾,等. 湖北省巴东县鸟类调查报告[J]. 华中师范学院“科学研究论文集”:自然科学版,1965,2:22-40.
- [3] 黎德武,吴发清,何定富,等. 神农架地区的鸟类区系[J]. 华中师范大学学报:自然科学版,1985,17(2):81-89.
- [4] 张立影,朱觅辉,陶旭东,等. 神农架自然保护区居民点鸟类多样性调查[J]. 湖北林业科技,2012,178:52-54.
- [5] 田自强,陈玥,赵常明,等. 中国神农架地区的植被制图及植物群落物种多样性[J]. 生态学报,2004,24(8):1611-1621.
- [6] 赵常明,陈伟烈. 神农架植被及其生物多样性基本特征[C]//. 陈宜瑜. 生物多样性保护与区域可持续发展——第四届全国生物多样性保护与持续利用研讨会论文集. 北京:中国林业出版社,2000:270-280.
- [7] 吴少斌,吴法清,查玉平,等. 网湖湿地自然保护区鸟类初步研究[J]. 华中师范大学学报:自然科学版,2006,40(3):424-432.
- [8] 李颯,于晓平. 云南开远市鸟类多样性[J]. 四川动物,2011,30(3):415-420.
- [9] 楼利高,舒实,吴法清,等. 湖北沙湖湿地自然保护区秋季鸟类物种多样性[J]. 林业调查规划,2008,33(5):53-56.
- [10] 郑师章,吴千红,王海波. 普通生态学[M]. 上海:复旦大学出版社,1994.
- [11] 路纪琪,张改平,刘忠虎. 动物生物学野外实习指导[M]. 郑州:郑州大学出版社,2007.
- [12] 马克平,刘玉明. 生物多样性的测度方法 I:α 多样性的测度方法[J]. 生物多样性,1994,2(4):231-239.
- [13] 郑光美. 中国鸟类分类与分布名录(第二版)[M]. 北京:科学出版社,2011.
- [14] John Mackinnon, Karen Philipps, 何芬奇. 中国鸟类野外手册[M]. 长沙:湖南教育出版社,2000.
- [15] 湖北省林业厅,湖北省水产局,等. 湖北省重点保护野生动物图谱[M]. 武汉:湖北科学技术出版社,1996.
- [16] 雷富民,屈延华,卢汰春,等. 关于中国鸟类特有种名录的核定[J]. 动物分类学报,2002,27(4):857-864.
- [17] 雷进宇,张立影,张叔勇,等. 湖北鸟类种数的新统计[J]. 四川动物,2012,31(6):987-991.
- [18] 张荣祖. 中国动物地理[M]. 北京:科学出版社,1999.
- [19] 罗祖奎,岳峰,王天厚,等. 湖北沙湖冬季鸟类群落特征[J]. 生态学杂志,2009,28(7):1361-1367.

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2014.02.019

# 云南十八连山省级自然保护区雨雪冰冻灾害区植被修复技术

杨忠兴

(云南省林业调查规划院, 云南 昆明 650051)

**摘要:**应用修复生态学理论和植被演替理论,根据保护区现状和植被修复经验,结合恢复原森林生态系统结构、提高林分抗逆性等植被修复目标,提出了重度受害区植被修复模式、中度受害区植被修复模式、重要经济价值树种营建模式、珍贵树种扩繁模式、防火通道景观配置模式等 5 种植被修复技术模式。以及各修复模式的树种选择、混交、整地、配置方式及株行距等。

**关键词:**植被修复;生态恢复;树种选择;修复模式;雨雪冰冻灾害区;十八连山自然保护区

中图分类号:S759.9;S761.3;S718.557 文献标识码:A 文章编号:1671-3168(2014)04-0088-04

## Vegetation Restoration Techniques in the Ice Rain-stricken Areas of Provincial Level Shibilianshan Nature Reserve in Yunnan Province

YANG Zhong-xing

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

**Abstract:** Based on the present situations of the Nature Reserve and the past experience in vegetation restoration along with the targets of forest ecosystem original structures restoration and stress resistance improvement of forest stand, the methodologies of Restoration Ecology and vegetation succession were applied in this study, and five different vegetation restoration technique modes were brought forward, including severe disaster-stricken areas vegetation restoration mode, medium disaster-stricken areas vegetation restoration mode, major economic tree species plantation mode, valuable tree species propagation mode and fire path landscape configuration mode. Further more, specific methods suitable for each model including tree species selecting, woodland trending, configuration and tree density setting were carried out.

**Key words:** vegetation restoration; ecological restoration; tree species selecting; restoration mode; freezing rain and snow disasters; Shibilianshan; Nature Reserve

生态恢复是相对于生态破坏而言的,是指恢复生态系统合理的结构、高效的功能和协调的关系<sup>[1]</sup>。生态恢复是实施可持续发展战略的需要,已成为当今生态学的研究热点之一<sup>[2]</sup>。如何保护现有的自然生态系统,修复、综合整治与恢复退化的生态系统,以及重建可持续发展的自然生态系统,成为亟待解决的重要课题<sup>[3]</sup>。植被修复是生态系统修

复与重建的主要措施,是生态系统健康运转的关键。云南十八连山省级自然保护区华山松(*Pinus armandi*)林受雨雪冰冻灾害后暴发小蠹虫危害,大部分华山松死亡,必须进行植被修复。目前,保护区植被修复实践较少,本研究应用恢复生态学理论、基础生态学理论,根据保护区现状和植被修复经验,结合植被修复目标,探讨保护区植被修复技术和途径,希望对

收稿日期:2013-10-10.

作者简介:杨忠兴(1972-),男,云南景谷人,高级工程师。主要从事林业调查规划和自然保护区研究监测工作。

该保护区植被修复具有实际指导作用,对今后研究保护区植被修复、保护区人工针叶林、成过熟林生态修复具有重要的实践意义。

## 1 研究区概况

云南十八连山省级自然保护区(以下简称保护区)位于云南省曲靖市富源县东南部,十八连山、黄泥河2镇交界处的十八连山山区,总面积1213 hm<sup>2</sup>。保护区于1986年建立,是滇东地区建立较早的保护区之一,是云南野生山茶的种质资源基地。保护区管理范围是十八连山林场经营面积的一部分。1958~1959年,原始森林被采伐,目前已沦为次生林、灌丛和草丛,部分被华山松林替代。华山松于1963~1964年种植,种植面积431.6 hm<sup>2</sup>,占保护区总面积的35.6%,相对于其它保护区来说,人工林所占比例大,而且华山松已达到成熟林,对自然灾害、病虫害的防御能力衰退<sup>[4]</sup>。

2008年2月,受雨雪、冰冻的极端天气影响,雪压和冰冻使部分华山松折枝、断梢,部分林木枯死,使大部分华山松森林健康受到影响,树势减弱,之后相继暴发了次生灾害。2008年10月,该区域华山松林受到松叶蜂危害,导致死亡林木增加;2009年3月中旬又受到低温霜冻影响;2010年华山松小蠹虫爆发,造成大面积华山松死亡<sup>[4]</sup>。据调查,华山松受害总面积431.6 hm<sup>2</sup>,其中重度受害面积171.6 hm<sup>2</sup>、中度受害面积126.7 hm<sup>2</sup>、轻度受害面积133.3 hm<sup>2</sup>。在受灾区内,林下植被丰富,小乔木主要有滇青冈(*Cyclobalanopsis glaucoides*)、滇石栎(*Lithocarpus dealbatus*)、头状四照花(*Dendrobenthamia capitata*)等;灌木主要有云南山茶(*Camellia reticulata*)、油茶(*C. oleifera*)、云南杜鹃(*Rhododendron yunnanense*)、碎米花杜鹃(*R. speciferum*)、炮仗花杜鹃(*R. spinuliferum*)、大白花杜鹃(*R. decorum*)、马缨花(*R. delavayi*)、云南含笑(*Michelia yunnanensis*)、矮杨梅(*Myrica nana*)、卵叶南烛(*Lyonia ovalifolia*)、火棘(*Pyracantha fortuneana*)、箭竹(*Fargesia sp.*)等,种类繁多,且观赏价值高;草本植物主要有白茅(*Imperata cylindrica*)、求米草(*Oplismenus undulatifolius*)、芒萁(*Dicranopteris dichotoma*)、扭黄茅(*Heteropogon contortus*)、西南野古草(*Arundinella hookeri*)、细柄草(*Capillipedium parviflorum*)、紫茎泽兰(*Ageratina adenophora*)、蔗茅(*Erianthus rufipilus*)等;林下植被盖度较高,特别是华山松林郁闭度在0.5以下的林分,林下植被盖度大多在50%~80%。

根据虫害情况,保护区管理所进行了化学药物防治,但效果不好,所以对虫害较严重的地块进行了虫害木清理和生态修复。2010年,清理了虫害木面积57.8 hm<sup>2</sup><sup>[5]</sup>,并对清理区进行了生态修复。目前保护区现有华山松林373.8 hm<sup>2</sup>,其中核心区89.8 hm<sup>2</sup>,实验区283.9 hm<sup>2</sup>。在实验区的华山松林中,重度受害面积113.8 hm<sup>2</sup>,中度受害面积126.7 hm<sup>2</sup>、轻度受害面积43.5 hm<sup>2</sup>,生态修复迫在眉睫。

## 2 生态恢复的必要性

### 2.1 生态地位重要性

保护区是云南野生山茶的种质资源基地,也是富源县森林植被保存较好地区,是纸厂河、扎外河、小老厂河等河流的发源地,发挥着重要的生态服务功能。保护区森林生态服务功能总价值为8244.46万元/a<sup>[6]</sup>。因此,生态地位重要。

### 2.2 恢复生态系统刻不容缓

保护区受灾后,虫害木、枯立木、折枝断梢木较多,森林内部环境恶化,生态系统生产力下降,抗干扰及自我调节能力下降。因此,恢复生态系统刻不容缓。

### 2.3 生态恢复对保护生物多样性意义深远

保护区华山松林虫害严重,如果得不到有效治理,将危及周边华山松林分,危及保护区的物种安全,而且森林火灾隐患、野生动物疫源疫病等潜在威胁很大,影响生物多样性保护。因此,进行生态恢复,对保护生物多样性意义深远。

### 2.4 恢复森林健康

保护区华山松林因受雨雪冰冻灾害影响,森林健康状况下降,从而引发小蠹虫暴发,造成大部分华山松死亡,森林生态系统功能减退、自然恢复力减弱、生态服务功能下降,次生灾害威胁增大。华山松林已成为不健康森林,所以必须进行生态修复,恢复森林健康。

## 3 植被修复依据

### 3.1 植被修复理论依据

#### 1) 修复生态学理论

恢复生态学理论认为,退化生态系统依靠自然恢复或通过人工措施,采用适当的工程方法和植被重建,可恢复退化的生态系统<sup>[7]</sup>,且恢复后的生态系统具有自我维持和自我调节能力。当生态系统受损未超负荷,消除压力和干扰后可通过自然力恢复

生态系统;当生态系统受损超负荷并不可逆时,必须依靠人工措施恢复生态系统<sup>[8]</sup>。

## 2) 植被演替理论

植被演替理论是植被恢复重建的基本理论。植被演替理论认为,只要不是在极端的条件下,经过一定的时间,没有人为的破坏,植被总会按照自然的演替规律而恢复,但通常这个过程太漫长<sup>[9]</sup>。植被恢复的条件可归结为适当的环境、一定的营养(土壤、水分)条件及适生的物种。生态修复一般应遵循从低级到高级、从先锋群落到顶级群落的演替规律。生态位宽的物种具有较强适应性,可作为先锋树种,生态位重叠小的物种适宜作为伴生树种<sup>[8]</sup>。保护区是因雨雪冰冻灾害后暴发小蠹虫而至使华山松死亡,土壤、小乔木、灌木、草本等基本没有受到影响,但乔木植被恢复在短期内难以实现。因此,必须利用人工手段,引入适生的乔木树种,从而使植被得以在短期内恢复。

## 3.2 植被修复区优势

1) 植被修复区雨量充沛,地势较平缓,土壤深厚肥沃,为植被修复提供了良好的自然条件。

2) 植被修复区林下植被丰富,种类繁多,为植被恢复和生物多样性恢复提供了基础条件,能较快改善林分结构,提高森林稳定性和抗逆性。

3) 植被修复区林下植被盖度高,特别是华山松林郁闭度在 0.5 以下的林分,林下植被盖度大多在 50%~80%,能较快实现植被修复和生态恢复。

## 3.3 植被修复实践经验

保护区管理所对部分灾害区进行了植被修复,取得了一定的成功经验,可为下一步植被修复提供借鉴参考。

1) 通过前期的植被修复经验,得出植被修复是防治蛀干害虫危害的根本方法,通过虫害木清理和植被修复,有效清除了虫害,控制了虫害蔓延,生态得到有效恢复。

2) 改变传统的造林模式,优先保护原生植被,做到近自然造林。株行距和林地清理根据地形、地势及原生植被随机调整。在小乔木、灌木较高、较密或坡度较陡的地段,可降低种植密度,反之可适当增加种植密度;在灌丛、草本较高、较密或较平缓的地段,进行穴状清理,反之不清理,直接打塘定植。

3) 植被修复时总体上以保护原生植被为主,人工种植为辅,原生植被与造林树种形成人工、天然块状、带状混交,实现了近自然森林。

4) 植被修复时加强了植被保护,减少了对地表

的破坏,造林后植被盖度在 45% 以上,保护了生态环境。

5) 植被修复区造林苗木生长良好,造林平均成活率达 95%,植被恢复效果较好。

## 4 植被修复技术

### 4.1 修复目标

#### 1) 恢复原森林生态系统结构

以引入当地地带性森林的建群树种为主,保护现有植被,通过人工更新、人工促进天然更新、天然更新等方法,科学配置,营建阔叶混交林,恢复原森林生态系统结构。在人工种植斑块内形成阔叶混交林,人工斑块与原有的小乔木、灌木形成人工、天然混交林,从而构建近自然森林,丰富物种多样性,优化群落结构,增强养分循环能力和土壤肥力,提高林分质量。

#### 2) 提高林分抗逆性

通过树种的本土化选择,修复和重建一个多样的森林景观群落,增强系统功能,提高森林的抗寒、抗雪压、抗病虫害能力,提高林分抗逆性。

### 4.2 修复树种选择

树种选择主要遵循乡土树种、适地适树、有栽培经验、价值较高的树种为原则,有利于提高恢复潜力、速度和林分抗逆性。乡土先锋树种选择川滇桤木(*Alnus ferdinandi-coburgii*)、滇楸(*Catalpa fargesii*)、檫树(*Sassafras tzumu*),顶级群落建群种选择壳斗科的高山栲(*Castanopsis delavayi*)、滇石栎、滇青冈,药用、经济价值较高的树种选择凹叶厚朴(*Magnolia officinalis subsp. biloba*)、银杏(*Ginkgo biloba*)、红花木莲(*Manglietia insignis*)、云南山茶、猕猴桃(*Actinidia chinensis*)等。

### 4.3 修复模式

#### 1) 重度受害区植被修复模式

重度受害区植被修复主要以人工修复为主,加大人工造林树种比重。树种选择以引入先锋树种为主,以顶级群落建群种为辅,并与保留的小乔木、灌木形成人工、天然块状、带状混交,提高人工修复速度和效果。树种选择川滇桤木、滇楸、高山栲、滇石栎;混交方式:川滇桤木×高山栲块状混交,比例为 6:4;川滇桤木×滇石栎块状混交,比例为 6:4;川滇桤木×滇楸块状混交,比例为 7:3。穴状整地,规格为 40 cm×40 cm×40 cm;株行距 2 m×3 m;栽植点按三角形配置;7~9 月造林。

## 2) 中度受害区植被修复模式

中度受害区植被修复主要以人工促进修复为主,人工造林树种比重较小。选择树种以顶级群落建群种为主,先锋树种为辅,并与保留的小乔木、灌木形成人工、天然的株间、行间、块状、带状混交,营建近自然阔叶混交林,模拟自然森林群落的演替过程,构成近自然的景观格局,提升景观效果,提高森林生态系统稳定性。树种选择滇青冈、滇石栎、檫树、川滇栎木;混交方式:滇青冈×檫树块状混交,比例为7:3;滇青冈×川滇栎木块状混交,比例为7:3;滇石栎×川滇栎木块状混交,比例为7:3。穴状整地,规格为40 cm×40 cm×40 cm;株行距3 m×3 m;栽植点按三角形配置;7~9月造林。

## 3) 重要经济价值树种营建模式

该模式主要在立地条件好的中、轻度受害区种植。树种选择猕猴桃、银杏2个树种营造纯林,但在总体上各树种之间形成块状混交,与保留的小乔木、灌木形成人工、天然的块状、带状混交。穴状整地,规格为80 cm×80 cm×80 cm;猕猴桃株行距5 m×6 m,银杏株行距3 m×4 m;栽植点按三角形配置;银杏12月至次年1月造林,猕猴桃7~9月造林。

## 4) 珍贵树种扩繁模式

该模式主要在立地条件好的中、轻度受害区种植。树种选择凹叶厚朴、红花木莲;混交方式:凹叶厚朴×红花木莲块状混交,与保留的小乔木、灌木形成人工、天然的块状、带状混交。穴状整地,规格为60 cm×60 cm×60 cm,株行距3 m×3 m,栽植点按三角形配置;7~9月造林。

## 5) 防火通道景观配置模式

该模式主要在保护区内及周边的防火通道旁种植。树种选择红花木莲、云南山茶;穴状整地,规格为60 cm×60 cm×60 cm;沿公路弃土方种植1行。红花木莲株距5 m,云南山茶在红花木莲中间种植;7~9月造林。

## 4.4 抚育管理

### 4.4.1 封山管护

造林后必须实施有效的封山管护措施,设专人巡护,禁止放牧、采薪、采菌、采挖中草药材等行为,有效预防病虫害、森林火灾、人畜破坏,保护好造林地,保护好生态系统与生境,使苗木正常生长,保证生态修复顺利进行。

### 4.4.2 适时补植

造林后1~3年,结合实际,每年进行一次补植补造,以保证造林成活率和保存率。

### 4.4.3 针对性抚育措施

1) 定植后1~3年,杂草生长较快,造林树种生长较慢,杂草影响造林树种正常生长,需进行适当除草,使目的树种得到较好生长。

2) 对于混交林,只对目的树种单株树冠范围进行抚育,将影响目的树种生长的其它树种、灌木进行修枝、去顶,以防过度遮荫,影响生长;幼林郁闭后,可适当间伐,伐除长势差、过度被遮或受病虫害危害的植株,以保证林分健康,使森林植被向顶级群落演替。

3) 对于人工促进天然更新的造林地块,应及时清理造林树种周围灌木,修剪影响其生长的小乔木、灌木,改善植被生长环境。对于未造林地块,应局部整地、割灌、除草以改善种子萌发条件,间苗、定株,除去过多萌条,促进幼树生长,调整种类组成与密度调控,改善林分结构<sup>[10]</sup>。

4) 对于种植重要经济价值树种的地块,要修剪影响其生长的小乔木,清除周边灌木,其余乔灌木均任其自然竞争。

## 5 结论与讨论

1) 通过植被修复和科学管理,可较快恢复森林生态系统,提高林分抗逆性,丰富物种多样性,优化群落结构,增强系统功能。

2) 保护区前期生态修复取得了一定的效果和经验,但保护区植被修复实践较少,特别是保护区灾害生态修复、保护区人工成过熟林生态修复的相关报道更少。因此,保护区生态修复有待进一步研究。

3) 应重视和加强生态修复的监测与评价工作,定期、定点对生态修复区域进行监测,为评价生态修复效果提供依据,也为今后对生态修复深入研究和推广应用提供实践经验。

**致谢:**在论文写作过程中得到云南省林业调查规划院总工程师温庆忠指导并提出宝贵修改意见,同仁余昌元、宋劲忻、徐吉洪和富源县林业局陈跃、张耀、管旭、张环宇等同志参加了野外调研,在此一并致谢!

## 参考文献:

- [1] 钦佩,安树青,颜京松.生态工程学[M].南京:南京大学出版社,1998.
- [2] 张合平,徐刚标.漓江流域森林植被景观恢复与规划研究[J].广西林业科学,2001,30(4):163-165.

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2014.02.020

# 以生态恢复为导向的鄞江流域大英段植物景观规划

冯美文, 牟江

(四川大学建筑与环境学院, 四川 成都 610000)

**摘要:**流域植被作为基础的自然“本底”,在构建和维护河流生态系统稳定方面有着重要作用。通过对生态恢复定义及模式的探析,以流域植物为主要分析对象,浅析其界定与特征。以鄞江流域大英段生态恢复项目为载体,展开流域植物景观规划研究,阐述总体策略引导下的植物评价及规划。

**关键词:**生态恢复;流域植物;植物景观规划;鄞江流域大英段

中图分类号:S718.5;Q149 文献标识码:A 文章编号:1671-3168(2014)04-0092-06

## Ecological Restoration Oriented Planning for Plant Landscape of Daying Section of Qi River

FENG Mei-wen, MOU Jiang

(Architecture and Environment College of Sichuan University, Chengdu 610000, China)

**Abstract:** River plants as the basic nature elements, plays an important role in building and maintaining the river ecological system stability. By taking river plants as research subjects, the definition of ecological restoration, restoration models and its characteristics are made. Then, taking the Daying section of Qi river as the carrier, a study on the plant landscape planning of the river has been carried out, and the plant evaluation and planning guided by overall strategy also been introduced in this paper.

**Key words:** ecological restoration, river plants, plant landscape planning, Daying section of Qi River

### 1 生态恢复的定义与模式

#### 1.1 生态恢复的定义

生态恢复设计是通过人工设计和恢复措施,在受干扰的生态系统的基础上,恢复或重新建立一个具有自我维持能力的健康的生态系统(包括自然生态系统、人工生态系统和半自然半人工生态系统)<sup>[1]</sup>。

#### 1.2 生态恢复的模式

生态恢复虽然涉及的范围广泛,包括水生生态系统和陆生生态系统两大类,但恢复性设计大多遵循以下模式进行:首先要明确被恢复的对象,并确定

系统边界;之后进行退化景观的诊断分析及生态退化的综合评判,即规划前的生态评价;然后进行实地恢复与重建的优化模式试验与模拟研究,类似战略点模拟试验;最后对成功的恢复重建模式进行示范推广并进行后续的动态监测。

### 2 流域植物的界定与特征

#### 2.1 流域植物的界定

流域植物的类型界定应从河流的纵向和横向 2 个空间结构来探析。在沿河流流向的纵向空间结构中,流域植物被分成五大段,即:河源植被、上游植

收稿日期:2013-12-18.

作者简介:冯美文(1990-),女,四川成都人,硕士研究生。研究方向为风景园林学。



被、中游植被、下游植被、河口植被。而在沿河流中心到岸边高地的横向结构中,流域植物包含了河流内栖息地植被、河漫滩植被及坡地、高地植被;该结构中另一种常见分法为沉水——浮水——挺水——湿生植物。

## 2.2 流域植物的特征

“四维性”是流域植物最主要的特征。这里的“四维”既包含了流域植物的空间结构特征,又包含了其时间景观特征。流域植物的空间结构特征如上述界定中提到的纵向和横向2个方面,在此不赘述。而其时间景观特征可按照时间尺度的长短划分为两类:一类是相对短期的尺度,表现为一年四季的季相变化;另外一类是相对长期的尺度,表现为长时期内先锋植物群落在裸地形成后,相继不断的植物群落演替过程<sup>[2]</sup>。

## 3 鄞江流域大英段概况

鄞江是涪江右岸一级支流,流域面积达2 093 km<sup>2</sup>,全长145 km,其大英段从大英县西北部的象山镇进入,流经象山、蓬莱、隆盛、回马4个乡镇,最终于回马镇的鄞口魏家角汇入涪江(图1)。其总体在大英县境内的干流长度为63 km,集水面积达624.10 km<sup>2</sup>,多年平均流量14.68 m<sup>3</sup>/s。

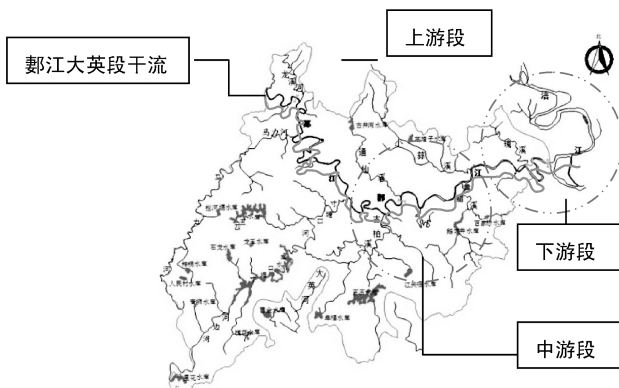


图1 鄞江大英段水系

Fig. 1 Water system of Daying section of Qi river

## 4 植物规划总体策略

### 4.1 目标定位

植物规划目标定位基于总体规划的定位展开,总体规划中将鄞江流域大英段规划为生态河,规划主题为“美丽鄞江”。设计旨在保留和优化鄞江流域

原有功能的基础上,建立起丰富的植物群落,改善两岸土地利用性质,进一步完善其景观空间形态。故植物总体规划的目标即为在恢复鄞江流域原有植被系统的基础上丰富植物种类,提升结构完整等级,以此加强景观引导。

### 4.2 方法构思

植物规划确立以现状植被为恢复基础,故需对现有植物做出评估,而为了提高现状调研效率,首先结合卫星遥感及鄞江水系图,确立出其流经大英区域的基本情况,并按照水流方向以周边用地类型变化为依据,划分出上中下游3段区域(其中上、下游周边用地主要为农、林业类用地;而中游则集中了城镇建设用地)。之后,确定每段区域的景观战略点,并着重针对战略点的植物情况展开评价,给出相应的规划方案及建议。而后,通过“以点带面”的方式,以战略点作为相应区段的试点,展开推广应用,最终实现覆盖大英段的鄞江流域植物生态恢复。

## 5 植物规划景观战略点研究

### 5.1 景观战略点的确定

“战略点”是指那些对维持景观的生态连续性具有战略意义的地段。对于流域景观而言,战略点定位包含以下5类<sup>[3]</sup>——河流交汇处,河流进出水库的位置,点源污染在河流上的排放口位置,河流与其它交通廊道的交汇处,河流退化的源头以及河流中生物不连续地段等。

在鄞江流域大英段的生态恢复项目中,以总体策略为指导,结合“战略点”确立类型,并根据建设单位要求及近期发展需要,在全面踏查比较的基础上,定位战略点,即上游段象山大桥,中游段的城镇工业园区,下游段的老观滩(图2)。

每个战略点的范围大小并不固定,但符合统一的取段原则,即长为沿河流方向800 m;宽为河流本身宽度与两侧缓冲带宽度之和,而缓冲带宽度指河道驳岸边界到以该界限为起始向外延伸15 m这一宽度。

### 5.2 景观战略点的植物评价

#### 5.2.1 植物评价要素

针对鄞江流域大英段景观战略点的植被评价,设置三大要素:

1) 植物多样性要素。植物多样性的评价是植被评价的基础部分,主要从物种丰富度 $S$ (即物种数)、Shannon-Wiener多样性指数( $H$ )、Simpson多样性指数( $D$ )及Simpson均匀度指数( $E$ )这几方面

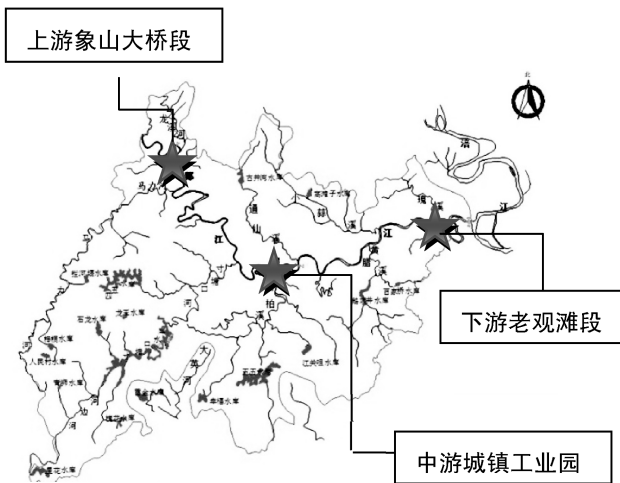


图 2 战略点定位

Fig. 2 Orientation of strategic point

着手研究。

2) 植被结构完整性要素。完整的植被结构指同时具有乔、灌、草 3 层空间结构。而针对完整性的优劣比较,则主要从构成该结构的生态位完善程度展开,定性为“优、良、中、差”四类。

3) 植被覆盖率要素。指植物面积占土地总面积之比,其计算公式为  $P_{植物} = (S_{乔+灌+草} + S_{农田}) / S_{总} \times 100\%$ 。这里的植被覆盖率是针对评价区域来说的,即为缓冲带植被覆盖率。

5.2.2 植物评价方法

针对不同的评价要素运用不同的评价方法。

植物多样性与植被结构完整性的评价主要通过样方进行调研展开,对统计数据整理分析,得到相应评价结果。此次样方的设置方式如下:每个景观战略点均设置 3 个 15 m × 15 m 的大样方,每个 15 m × 15 m 大样方的四角和中心分别设置 5 m × 5 m 的 5 个小样方;而样方调查则分为立木每木调查和小样方的植被调查两大类。

植被覆盖率的评价主要通过遥感图的测算得到,利用相应公式展开计算。

5.2.3 景观战略点的评价结果

1) 上游战略点——象山大桥段(图 3)

植物多样性:该战略点整体植物物种丰富度低,但灌木、草本层略高于乔木层。造成这一现象的原因是飞机播种,鄞江流域大英段曾大面积投种枫杨,为后期枫杨在该区域形成优势种提供了条件,而灌木、草本均为野生植物,丰富度相对较高,但由于数量有限,缺乏优势种,生态功能相对较弱(表 1)。



图 3 象山大桥段红线示意

Fig. 3 Red line of Xiangshan bridge

表 1 象山大桥段植物调研评价

Tab. 1 Plants evaluation of Xiangshan bridge

层次	序号	名称	株数	$P_i = n_i / N$	S	H	D	E
乔木层	1	香椿	12	0.1263	2	0.5072	0.2207	0.4414
	2	枫杨	83	0.8737				
灌木层	1	刚竹	16	0.2581	3	1.5289	0.6395	0.9593
	2	芦竹	17	0.2742				
	3	枸骨木	29	0.4677				
草本层	1	蜈蚣蕨	51	0.2931	3	1.267	0.5272	0.7908
	2	艾蒿	107	0.6149				
	3	蛇莓	16	0.092				

结构完整性:该战略点具备基本完善的植被结构。但乔木层仅包含枫杨、香椿,缺乏次高位植物,未能形成饱满的高位界面,防风固沙性较弱;而中位灌木与低位草本在数量与种类上均无法填补空间结构的缺损。故该战略点无法满足该段小环境的自我调节,总体评价为“中等”完整结构。

植被覆盖率: $P_{植物} = 48.53\%$ 。

2) 中游战略点——城市工业园段(图 4)

植物多样性:该战略点植物整体丰富度为 3 个中最低的,乔灌草丰富度均为 2,无丰富度较高层。造成这一现象的直接原因是工业园区对生态环境造成了直接污染,导致水土质量下降,无法提供植物生长所需营养物质,故整个植物群落多样性都偏低(表 2)。

结构完整性:该战略点具备基本完善的植被结构。但由于乡镇公共空间绿化的滞后,各层次选用植物单一,高位植物层仅增加了女贞,而中位灌木层

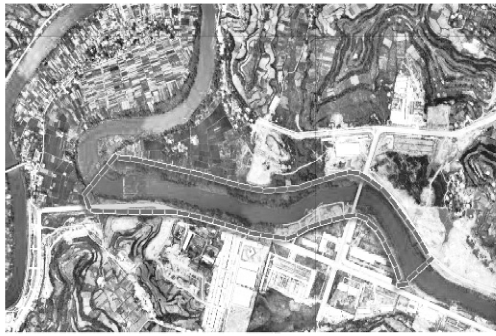


图 4 城市工业园段红线示意  
Fig. 4 Red line of industrial zone

表 2 城市工业园段植物调研评价  
Tab. 2 Plants evaluation of industrial zone

层次	序号	名称	株数	$P_i = n_i/N$	S	H	D	E
乔木层	1	女贞	15	0.4412	2	0.99	0.4931	0.9862
	2	枫杨	19	0.5588				
灌木层	1	多花蔷薇	2	0.087	2	0.4264	0.1589	0.3178
	2	枸骨木	21	0.913				
草本层	1	艾蒿	92	0.6619	2	0.923	0.4476	0.8952
	2	白茅	47	0.3381				

与低位草本层则仅保留现状植物, 整个结构残缺度较大, 无法形成基本界面。该战略点基本不能产生生态恢复效应, 故评价为“差等”完整结构。

植被覆盖率:  $P_{植物} = 45.27\%$ 。

3) 下游战略点——老观滩段(图 5)



图 5 老观滩段红线示意  
Fig. 5 Red line of Laoguan beach

植物多样性: 该战略点整体植物物种丰富度相对较高, 且乔木层丰富度远远高于灌木层、草本层。

这一现象是由于洪水造成的, 由于本次调研是在大英特大洪水后进行的, 又因老观滩地处河湾处, 洪水过境时将两岸中低层(灌木层、草本层)植物大面积破坏, 仅高位乔木得以大量保留(表 3)。

表 3 老观滩段植物调研评价  
Tab. 3 Plants evaluation of Laoguan beach

层次	序号	名称	株数	$P_i = n_i/N$	S	H	D	E
乔木层	1	刺槐	15	0.1056	6	2.2477	0.9598	0.5247
	2	构树	12	0.0845				
	3	香椿	18	0.1268				
	4	苦楝	7	0.0493				
	5	桑树	32	0.2254				
	6	枫杨	58	0.4085				
灌木层	1	多花蔷薇	13	0.3824	2	0.9598	0.4626	0.9452
	2	枸骨木	21	0.6174				
草本层	1	芦苇	27	0.1184	2	0.5247	0.2088	0.4176
	2	白茅	201	0.8816				

结构完整性: 该战略点具备基本完善的植被结构。高位植物层物种多样性较好, 生态型丰富, 且数量充足, 优势种也相对明显, 因此能形成连续的高位植物界面, 起到防风固沙的作用。而中低位植物层均未形成饱满界面, 低位草本层数量虽然丰富, 但多样性欠缺。故该战略点能部分提供小环境的自我调节, 总体评价为“良等”完整结构。

植被覆盖率:  $P_{植物} = 52.43\%$ 。

5.3 景观战略点的植物规划

在总体策略的指导下, 本着“美丽鄞江”的规划目标, 以前期植物评价为依据, 展开有针对性的战略点植物配植, 形成变化与统一相协调的流域植物系统。

5.3.1 立足于战略点植物评价下的规划思考

1) 植物规划时应保留原有重要乡土树种——枫杨, 以其作为联系整个鄞江沿岸主要植物的重要纽带。配植时仅需对枫杨的集中分布做部分疏离, 形成疏密有致的景观结构。

2) 提高植被结构完整度等级。各战略点虽都具有基本的乔灌草结构, 但种类少、数量低, 因此需要丰富各层的植物种类及数量, 引入观赏性较好的乡土树种。

3) 植物配植时, 考虑视觉因素。本项目虽然为生态恢复, 但并不意味无规划地任其野生发展, 需要

通过人为控制,以植物加强视线的限制及引导,避免观赏主体形成压抑沉闷之感。

4)增加水生植物。原始地段几乎没有浮水观赏植物,挺水类植物也寥寥无几,从提高生态效应,丰富景观多样性的角度,应合理补植水生植物。

### 5.3.2 上游战略点——象山大桥段

该段打造的主题为“四季体悟”,以靠近象山大桥处为起始的“春景”,之后每隔 200 m 变换一次季象,在整个象山大桥段 800 m 的全长中完成“春夏秋冬”四季的植物景观变化,构成“春色”“夏景”“秋叶”“冬雪”这 4 个特色景观区。同时,将水生植物独立出来,以其作为串联 4 区的纽带。该区虽有不同季象景观,但并非以四季变化为线索,而是在主要景观节点(如河湾处)进行特别配植。

1)“春色”区:该区以春季观赏植物为主。滨水区引入垂柳,营造出“柳浪闻莺”之感;同时,于其间配植贴梗海棠等春季开花植物,形成一派“花红柳绿”的明快春景。该区背景植物则选取当地乡土植物刚竹,以其秀丽之势、青翠之色,打造出春季清新爽朗的氛围。

2)“夏景”区:该区以夏季观赏植物为主。临水植物大量保留其原有乡土树种枫杨,其花期为 4~5 月,花期时节似串串元宝自然垂落,营造出一片郁郁葱葱的浓郁夏景;其间配植有夏季开花植物紫薇、紫荆,形成“明丽碧天霞”之势。该区背景植物则选用香樟及杜英,以其深绿稳重之感衬托出红花的娇艳,打造出夏季生机盎然之感。

3)“秋叶”区:该区以秋季观赏植物为主。临水植物选用水杉,其作为落叶乔木,秋季会形成一片金黄灿烂之势,并于其间配以红枫,与之相互呼应,形成独特的秋日季相景观。该区的背景植物以桂花为主,以其常绿之色,衬托前景植物的多彩,同时作为秋季开花植物,桂花本身能营造出“丹桂飘香”之感,增加观者的景观体验模式。

4)“冬雪”区:该区以冬季观赏植物为主。临水植物选择水松,这类植物具有独特的审美价值,尤其枝干观赏性强,从而避免了落叶后的枯燥感;另外,其间配以红梅、腊梅等冬季开花植物,为萧条的冬季增添了一丝色彩。其背景树为常绿的马尾松,在衬托前景植物的同时,营造出一种“大雪压青松”的观感。

5)水生植物区:这一区域独立于上述 4 类特色区而存在,对植物的选择主要考虑其水体净化价值,在此基础上,重要节点通过选择多样的水生植物来

体现其结构完整性——如河湾处选用了挺水植物燕子花、香蒲及浮水植物睡莲;而中间的河道则由于宽度限制,仅选用了挺水植物水葱、芦苇等。水生植物在规划时以“远远近近、弯弯曲曲、疏疏密密、断断续续”为原则展开。

### 5.3.3 中游战略点——城镇工业园

作为穿越主城镇的部分,该段的使用率是 3 个战略点中最高的,但植物生态多样性、植物丰富度及植被覆盖率却是最低的。因此,该段面临的问题相较上下游段而言更复杂,处理的方式也与之不同,不再以分段式的植物特色区(即大体块的处理)来表现,而是立足于由城市文脉提炼出的主题,以特色节点为重点打造对象,处理出不同景点的不同植物体验风格。该段打造的主题为“古郡一脉”,通过改造场地原有植物群落、添加雕塑小品,形成有工业烙印的后现代生态型景观。故在植物配植时充分考虑节点本身立意,在此基础上选择合适的植物进行景观氛围的营造,打造出诸如“花海融春”、“曲港汇芳”、“清泉石巷”、“树影清风”、“芦花飞雪”、“碧草连天”这一系列景观节点。

1)“花海融春”、“曲港汇芳”2 个节点位于河道弯曲度相对较大处。均统一选择观花类的植物,如乔木类的樱花、蓝花楹等,灌木类的玉兰、海棠等,草本类的葱兰、鼠尾草等。尤其注重草本及灌木层的规划,通过设计流畅的观花类色带营造出流动感强、多彩绚烂的景观,呼应“花海”、“汇芳”的主题。

2)“清泉石巷”、“树影清风”2 个节点位于河道两侧的游憩步道。“清泉石巷”为营造出清幽之感,大量使用竹类植物,并配以少量腊梅,营造出“疏影横斜水清浅,暗香浮动月黄昏”的氛围;“树影清风”则选用高大乔木为基本配植素材,同时点缀观花类灌木,以保证视线的通透性,形成河风贯林之感。

3)“芦花飞雪”、“碧草连天”2 个节点位于滨河处,主要指河面景色。“芦花飞雪”段大量采用芦苇作为挺水植物,打造出衰草瑟瑟、芦花纷飞的诗意景观;“碧草连天”则大量使用诸如鸢尾、水葱之类的挺水植物,形成芳草萋萋的视觉感官。

### 5.3.4 下游战略点——老观滩段

该段打造的主题为“绚烂感知”,通过选取不同色彩的植物,集中营造出变化的色块,以更好地表现植物本身多彩的色相。整个区段,每 260 m 变化一次主体色彩,因此整个老观滩段被分为 3 种主色调,即“葱青”“赤金”“赫赤”,以此展开形成三大特色景观区,并通过“绿沉”这一色调的植物作为纽带串

联三区,形成苍翠沉稳的背景植物层。该段同样将水生植物独立出来进行处理,形成单独的水生植物区即“影色”。这一区域的植物选取各种不同色相,营造出一条“绚烂”的水生植物带,以此呼应区域植物主题。

1)“葱青”区:“葱青”指淡淡的青绿色,为万物生长初始之色。因此这一区域临水植物以嫩绿的垂柳为主,营造出“万条垂下绿丝绦”之感,并大量保留原有桑树,以其新绿之色,营造出“葱青”之势。同时,于其间配植白玉兰、垂丝海棠、芙蓉等,引入部分明快色彩。其背景植物则选取当地乡土植物刚竹,并配合油松,以竹之秀丽、松之苍劲,勾勒出一片青翠之底,衬托出前景的活泼。

2)“赤金”区:“赤金”为足金之色。该区植物配植时大量选用千层金,其作为彩叶植物,取其金黄之色,凸显“赤金”特点。同时,部分选用银杏及梧桐这类随季象变换色彩的树种,以其秋季呈现态势呼应主题,其间则配植明黄色观花类植物腊梅,增强不同季象的游赏性。该区域背景植物选用金桂及云杉,以这两种常绿植物呈现出的深绿稳重之感衬托前景的明丽,营造出整体的“叠翠流金”之感。

3)“赫赤”区:“赫赤”指如火般的赤色。该区域大量引入红枫,以其火红之色,紧扣“赫赤”主题,临水植物则选用水杉,其秋季会呈现一片泛金锈红之势,与红枫相互呼应,营造出“赫赤”的“热烈旺盛”。园路两侧则配植碧桃、红瑞木这类红叶植物,来提升季象景观特色。该区域的背景植物以杜英、马尾松为主,其色深沉稳重,适合衬托前景植物的热烈,并

且杜英新叶呈朱红色,也与该区主题相扣。

4)“影色”区:这一区域独立于上述三大区域而存在,却承担着联系的功能。其利用水本身的镜像性使各色植物在水中的镜像交错重叠,增加了景观的诗意。故该区域对水生植物的选择种类力求精简,仅在河湾处做适当丰富。整个区域选用香蒲和芦苇作为主要挺水类植物,部分河面拓宽处配以适当睡莲。同时,规划中强调“留白”,以保证留出部分水面作为投影媒介反射天光云影。

## 6 结语

在生态环境日益恶化的今天,人们开始将生态学原理应用到景观规划中,提出了许多生态规划的设计方法,而生态恢复则作为其中针对性、解决力最强的途径,被广泛运用于解决诸如流域污染,荒漠化等环境问题。在此主要通过鄞江流域大英段的植物景观规划,来展示一种生态恢复的处理模式,以期开展关于流域生态恢复更深入的探讨,为今后类似设计提供依据。

## 参考文献:

- [1] 陈波,包志毅.生态恢复设计在城市景观规划中的应用[J].中国园林,2003(07):44-47.
- [2] 严雪丹.“自然人本”下的万泉河流域植被景观恢复性规划[D].中南林业科技大学,2013.
- [3] 岳隽,王仰麟,彭建.城市河流的景观生态学研究:概念框架[J].生态学报,2005,25(06):1422-1428.
- [4] 陈莎莎.试论矿区的植被恢复和水土保持[J].福建水土保持,2001,13(4):27-29.
- [5] 云南省林业调查规划院.云南十八连山省级自然保护区总体规划(2012~2020年)[Z].2012.
- [6] 云南省林业调查规划院昆明分院.云南十八连山省级自然保护区小蠹虫虫害林木清理和恢复方案[Z].2010.
- [7] 喻理飞,朱守谦,祝小科,等.退化喀斯特森林恢复评价和修复技术[J].贵州科学,2002,20(1):7-12.
- [8] 周惠荣.滇池流域采矿废弃地生态修复技术[J].林业调查规划,2012,37(1):72-77.
- [9] 温庆忠.废弃石灰岩矿山植被恢复方法探讨[J].林业资源管理,2008(1):108-111.
- [10] 国家林业局.受损森林生态系统恢复技术要点[EB/OL].国家林业局网,2008.
- [11] 云南省林业厅.云南省自然保护区森林生态服务功能评估报告(2010)[R].2011.

(上接第91页)

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2014.02.021

## 乐昌市岩溶地区石漠化综合治理项目初步效益分析

罗丹<sup>1</sup>, 刘飞鹏<sup>2</sup>

(1. 广东省岭南综合勘察设计院, 广东 广州 510520; 2. 广东省林业调查规划院, 广东 广州 510520)

**摘要:**介绍乐昌市岩溶地区石漠化面积、分布、程度等情况。阐述石漠化综合治理采取的“农、林、水”工程集成统筹模式,流域综合治理模式,管护、监测结合模式,循环经济产业模式,以及采取的具体措施。对治理效益进行分析,认为通过 2008~2010 年石漠化的综合治理,森林植被结构改善,涵养水源能力增加,释氧及碳汇效益增加,发展了经济作物种植,兴修了水利,改善了人居环境,增加了就业机会。文中对其中一些效益进行了计算量化。

**关键词:**岩溶地区;石漠化;综合治理;效益分析;乐昌市

中图分类号:S718.516;P931.3;F224.5 文献标识码:A 文章编号:1671-3168(2014)04-0098-04

## Initial Benefit Analysis on Comprehensive Treatment of Rock Desertification in Calcareous Rock Region of Lechang City

LUO Dan<sup>1</sup>, LIU Fei-peng<sup>2</sup>

(1. Lingnan Comprehensive Surveying and Designing Institute of Guangdong Province, Guangzhou 510520, China;

2. Guangdong Forestry Survey and Planning Institute, Guangzhou 510520, China)

**Abstract:** This paper introduces rocky desertification area, distribution and extent status and so on in Calcareous Rock Region of Lechang City. Furthermore, elaborates the comprehensive treatment of rocky desertification including "agriculture, forestry, water" project co-ordination integrated mode, watershed comprehensive governance model, protection and monitoring combining mode, and circular economy mode, also put forward specific measures. Benefit analysis of comprehensive treatment from 2008 to 2010 shows: forest vegetation structure is improving, the water conservation ability is enhancing, oxygen releasing and carbon sequestration benefits are increasing, human living environment is improving, employment opportunities is increasing and so on. Some benefits have also been calculated and quantified in this paper.

**Key words:** Calcareous rock region; rocky desertification; comprehensive treatment; benefit analysis; Lechang city

石漠化概指在热带、亚热带湿润、半湿润气候条件和岩溶极其发育的自然背景下,受人为活动干扰,使地表植被遭受破坏,导致土壤严重流失,基岩大面

积裸露或砾石堆积的土地退化现象<sup>[1]</sup>。石漠化是岩溶地区土地退化的极端形式<sup>[2]</sup>。为改善生态环境,实现社会的可持续发展,2008 年国家发展和改

收稿日期:2014-03-10.

作者简介:罗丹(1983-),女,广东广州人,工程师。从事林业调查规划工作。

通信作者:刘飞鹏。

革委在全国挑选 100 个石漠化县进行综合治理试点工程,其中乐昌市作为广东省唯一的试点县,率先展开了石漠化综合治理。

## 1 概况

乐昌市地处广东省最北端,与湖南省交界,地处东经 112°51′~113°34′,北纬 24°57′~25°31′,总面积为 2 391 km<sup>2</sup>,有“广东北大门”之称。全市山地占 72%,丘陵占 13.5%,盆地平原占 14.5%,森林覆盖率为 71.8%,南岭山脉从东南到西北纵贯全市,西部以喀斯特山地为主,岩溶地貌发育典型。

岩溶地貌主要分布在西北部沙坪、秀水、梅花、云岩、庆云、白石、黄圃、坪石 8 个乡镇,而岩溶面积占土地面积 90%的地区集中在辽思河小流域及梅花小流域。根据 2005 年广东省第一次石漠化监测结果,乐昌市岩溶面积达 7.96 万 hm<sup>2</sup>,占全市土地总面积的 32.9%,其中石漠化土地 2.68 万 hm<sup>2</sup>,占岩溶面积的 33.7%;潜在石漠化土地 4.77 万 hm<sup>2</sup>,占岩溶面积的 60%;非石漠化土地 0.52 万 hm<sup>2</sup>,占岩溶面积的 6.5%。

## 2 项目实施

乐昌市石漠化面积大、程度高,石漠化导致水土流失加剧、耕地资源减少、经济发展受限,石漠化地区生态退化,人地矛盾突出,长期以来,能源结构单一,加上地处粤北高寒山区,交通不便,基础设施建设滞后,“三农”问题十分突出。根据乐昌市石漠化现状特点,因地制宜,提出石漠化综合治理技术方案及治理模式。

### 2.1 技术方案

以可持续发展理论、系统学理论、生态学理论为基础,植被恢复与重建为主线,水土保持为核心,辅以小型水利、农村、能源、扶贫开发等其他工程措施,把生态建设与经济发展相结合,改善区域经济,做到可持续发展;根据区域的植被状况、水文及气候特点,以小流域治理为重点,将山、水、田、园、路统一规划,综合治理,实行统一保护、利用和开发,形成多目标、多层次、多功能、高效益的综合治理体系。

### 2.2 治理模式

#### 2.2.1 “农、林、水”工程集成统筹模式

石漠化综合治理工程是一项系统工程,涉及到林业、水利、农业(扶贫)几个部门,打破了以往的行业界限,各行业工程相辅相成,综合治理,形成统一

的工程建设合力,治理效果明显。

#### 2.2.2 流域综合治理模式

石漠化涉及的范围广,治理任务重,但治理的资金有限,突出小流域综合治理的模式可解决此种矛盾。小流域范围有限,集中资金统筹规划设计,把林业项目、水利项目、农业项目集中在小流域范围内实施建设,治理效果显著。

#### 2.2.3 管护、监测相结合模式

治理是手段,管护是重点,监测为治理提供依据,监测的数据才能体现治理的效果。三者相结合,相辅相成,互相影响,最终才能体现石漠化综合治理的成效。

#### 2.2.4 循环经济产业工程模式

挑选人均耕地少、生态条件较为恶劣的自然村为试点。以一个自然村为单位,以集体+个人的形式种一片果(烟草、油茶)、建一个场(养鸡、猪)、修一个池(沼气池)的试点工程。每个试点目标是养 50 头猪、1 000 只鸡、种植 6.67 hm<sup>2</sup> 水晶梨(烟草、油茶)、建设一个 200 m<sup>3</sup> 的沼气池。此模式在石漠化地区建设周期短、效果显著,低碳、环保。

### 2.3 项目措施

根据“突出小流域综合治理特点”的原则,主要选择岩溶土地分布集中地区辽思河小流域的沙坪镇、秀水镇和梅花小流域的梅花镇等地进行了 3 年的石漠化综合治理。辽思河上游的沙坪镇,山高坡陡,岩石裸露率高,土层浅薄,采取封山育林措施恢复森林植被;中下游河谷地带的秀水镇,山地尚存有少量土层,采取人工营造林和封山育林相结合的林业措施;针对流域内的坡耕地和年久失修的农田水利设施,布置坡改梯工程、村头田头蓄水池,维修水渠、加固山塘水坝等;并补助蔬菜种植基地建设项目,以帮助地方产业开发。梅花镇以低丘地形为主,土壤条件好,交通相对便利,采取以人工营造防护林和经济林为主的林业措施,并补助资金,扶持无公害蔬菜种植基地和发展养殖项目。具体项目治理措施见表 1。

## 3 效益分析

### 3.1 综合治理项目实施前后石漠化变化情况

依据岩溶区基岩裸露度、植被综合盖度及植被类型等的不同,将岩溶区土地分为石漠化土地、潜在石漠化土地和非石漠化土地<sup>[3]</sup>;依据基岩裸露度、植被类型、植被综合盖度和土层厚度等石漠化评定因子,将石漠化土地分为轻度石漠化、中度石漠化、

强度石漠化和极强度石漠化<sup>[4]</sup>。

根据广东省岩溶地区第二次石漠化监测报告结果<sup>[5]</sup>(表 2),乐昌市岩溶地区石漠化面积治理后比治理前减少 4 543.1 hm<sup>2</sup>(16.97%)。其中:轻度石漠化面积减少 1 216 hm<sup>2</sup>(12.67%);中度石漠化面

积减少 1 906.4 hm<sup>2</sup>(16.58%);强度石漠化面积减少 1 423.2 hm<sup>2</sup>(25.21%)。潜在石漠化面积增加 2 380.7 hm<sup>2</sup>(4.99%);非石漠化面积增加 2 162.4 hm<sup>2</sup>(41.71%)。

表 1 乐昌市岩溶地区石漠化综合治理项目措施

Tab. 1 Lechang karst rocky desertification area project measures

实施地点	项目措施			
	林业工程	水利工程	农村能源工程	农业扶贫工程
2008 年 沙坪镇、秀水镇	封山育林 1250.8 hm <sup>2</sup> , 人工造林 406 hm <sup>2</sup> , 四旁绿化 239.16 hm <sup>2</sup> (种植乡土、珍贵树种 2.82 万株)。	建设引水渠 20 km、灌溉渠 15 km、蓄水池 50 座(60 m <sup>3</sup> /座)。	建沼气池 95 座, 节柴灶 2810 座。	种植金银花 148 hm <sup>2</sup>
2009 年 梅花镇、沙坪镇	封山育林 2031.5 hm <sup>2</sup> , 人工造林 390.1 hm <sup>2</sup> , 四旁绿化 561 hm <sup>2</sup> (种植乡土、珍贵树种 6.68 万株)。	建设引水渠 11.6km(40 cm×40 cm)、蓄水池 50 座(50 m <sup>3</sup> /座)。	建设沼气池 180 座。	建立黄烟种植基地 33 个, 种植黄烟 1000 hm <sup>2</sup> 。
2010 年 白石镇、庆云镇、云岩镇	封山育林 3389 hm <sup>2</sup> , 人工造林 448 hm <sup>2</sup> 。	建设引水渠 7.7 km、蓄水池 65 座(20~50 m <sup>3</sup> /座)。		种植油茶 617 hm <sup>2</sup> 。

表 2 综合治理项目实施前后石漠化情况对比

Tab. 2 Comprehensive management rocky contrast to the situation before and after the implementation of the project hm<sup>2</sup>

监测时间点	合计	石漠化面积					潜在石漠化面积	非石漠化面积
		小计	轻度石漠化	中度石漠化	强度石漠化	极强度石漠化		
治理前	79662.9	26758.9	9592.6	11496.4	5646.2	23.7	47719.3	5184.7
治理后	79662.9	22215.8	8377.0	9590.0	4223.0	25.8	50100.0	7347.1

### 3.2 生态效益分析

乐昌市石漠化综合治理项目实施 3 年来,共封山育林 6 671.3 hm<sup>2</sup>、人工造林 1 244.1 hm<sup>2</sup>、实施四旁绿化工程 800.16 hm<sup>2</sup>,增加有林地面积超过 8 715.56 hm<sup>2</sup>。项目实施后,森林覆盖率和林草盖度明显增大,对恢复生态平衡和改善生态状况发挥重要作用,带来显著的生态效益。

#### 3.2.1 改善森林植被结构,提高生态多样性

石漠化山地通过实施全面封山育林,使不同植被发挥天然更新能力,最大限度地利用岩溶地区特有的小生境,合理地利用自我更新演替,形成岩溶地区特有的森林群落,保护了森林中的野生动植物。根据海南省森林野生生物保护效益 112.2 元/(hm<sup>2</sup>·a)及黑龙江省森林野生生物保护效益 108.60 元/(hm<sup>2</sup>·a)<sup>[6]</sup>,得出广东省森林野生生物保护效益大

约为 110.40 元/(hm<sup>2</sup>·a),由此推算石漠化治理后增加森林野生生物保护效益为 96.2 万元/(hm<sup>2</sup>·a)。

#### 3.2.2 涵养水源

随着林草植被增加,森林涵养水源功能增强,缓解了岩溶地区的缺水矛盾。涵养水源效益包括土壤蓄水和枯落物贮水,森林土壤蓄水量比无林地土壤单位蓄水量多 99 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup><sup>[7]</sup>。森林枯落物层贮水量人工造林按阔叶林 23.3 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>、封山育林按针阔混交林 14.9 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup> 计<sup>[8]</sup>,增加的森林蓄水量为 1 009 874.1 m<sup>3</sup>。按广东省水利工程投资 3.00 元/m<sup>3</sup> 库容计算,乐昌市石漠化项目实施后森林涵养水源经济效益为 303.0 万元。

#### 3.2.3 释放氧气效益

随着林草植被质量提高和盖度增加,植物通过光合作用大量吸收空气中的二氧化碳,释放出更多



的氧气。释放氧气的效益评价计算公式<sup>[9]</sup>:森林放氧效益价值(元) $V_{\text{氧}}=Mdp(1+C)K$ , $M$ 为森林年生长量( $\text{m}^3$ ), $d$ 为木材绝干比重( $\text{t}/\text{m}^3$ ), $p$ 为工业制氧价格(0.71元/ $\text{m}^3$ ), $C$ 为根、枝年生长量占木材生长量的比重, $K$ 为每年产1t干物质排放的氧气。根据广东省森林资源与生态状况综合检测报告(2012年度)数据,森林年平均生长量 $50.1\text{ m}^3/\text{hm}^2$ , $d$ 值取0.45, $C$ 值取1/4,计算出项目实施后的放氧效益为1474.0万元。

### 3.2.4 碳汇效益

根据森林碳储量的计算公式<sup>[10,11]</sup> $C=0.348\times V+78.8\times S$ ,其中 $C$ 为森林的碳储量, $V$ 为活立木的蓄积量, $S$ 为森林面积。由此推算出一年的碳储量是686803t。按2013年底广州碳排放权交易所碳交易价格60元/t计,碳汇效益是4120.8万元。

### 3.2.5 减轻水灾旱灾效益

项目实施后,植被覆盖度增加,涵养水源能力增强,产生减轻水灾和旱灾效益。根据估算,单位面积森林减轻水旱灾害效益为65元/ $(\text{hm}^2\cdot\text{a})$ <sup>[12]</sup>,则项目实施后森林减轻水旱灾害效益增加55.7万元。

## 3.3 经济效益分析

治理石漠化关键还在于治贫,只有让农民真正从石漠化治理中得到实惠,才能调动当地人民参与石漠化治理的积极性。

### 3.3.1 大力发展经济作物

1)推广种植金银花。在沙坪和秀水2镇种植金银花148 $\text{hm}^2$ ,产值达10.5万元/ $\text{hm}^2$ 以上。

2)推广种植油茶。在梅花、沙坪、白石、庆云、云岩这5个乡镇人工造林种植油茶617 $\text{hm}^2$ ,预计3年后油茶开始挂果,5年后可形成规模产业,产值9万元/ $\text{hm}^2$ 。

3)推广种植黄烟。在梅花、沙坪、白石、庆云、云岩、秀水等6个乡镇建立黄烟种植基地33个,种植黄烟1000 $\text{hm}^2$ ,户均增收达10320元以上。

### 3.3.2 兴修水利建设,减少旱涝灾害,确保粮食和经济作物的经济效益

乐昌市2008~2010年石漠化综合治理投入347.9万元,维修引水渠39.3km、灌溉渠15km,新增和改善灌溉面积近400 $\text{hm}^2$ ,灌区受益人数达27860人,人均增收628.6元;投入323.3万元,建蓄水池165个,解决了2.2万人的生活用水问题。

## 3.4 社会效益分析

项目的实施对改善项目区的生态环境、增加就业机会、农村产业结构调整、新农村建设等起着积极

作用,社会效益显著。

### 3.4.1 改善项目区生态环境

项目区林草植被的盖度和质量环境有显著提高,生态状况明显改善;配套的小型水利水保工程的实施,区内洪水、干旱等自然灾害将得到有效控制,水源涵养能力将得到提高,农村的饮用水问题将会得到一定程度的改善。

### 3.4.2 增加就业机会

工程实施期间需要大量的劳动力从事林木种植、抚育、森林保护、水利水保工程修建,从而增加了大量的就业机会。

### 3.4.3 生态移民使环境改善

为加快改善石灰岩山区农民的生活条件,减轻石灰岩地区人口压力,将部分生活困难、生活条件恶劣、交通不便利地区的农民迁移到南部的乐城、廊田、长来、北乡等乡镇,按人口分给耕地和山地,帮助移民安居乐业。全市共实施生态移民3400户,15500多人。生态移民缓解了石漠化山区的人口与资源环境的矛盾,降低了人为对生态的破坏,同时移民户在生产生活条件好的地区发展了生产、增加了收入。

### 3.4.4 推动农村产业结构调整和新农村建设

工程实施有利于推进农村种植结构调整,加快农民脱贫致富步伐,提高农民生活水平;有利于岩溶地区社会经济的发展,提高民众文化科学素质,有利于构建和谐社会主义新农村;工程配套实施农村能源工程,有利于改善农村能源结构,减少森林资源消耗,使经济发展和环境保护进入良性循环发展的轨道。

## 4 结语

乐昌市石漠化综合治理项目启动实施,经过2008~2010年的治理,2011年第二次石漠化监测成果与2005年监测成果相比,石漠化面积减少了16.97%,生态、经济和社会效益明显,为石漠化试点区改善生态环境和农民增产增收带来良好的社会效益,为建设社会主义新农村,建设和谐社会发挥了巨大的推进作用。

## 参考文献:

[1] 熊康宁,黎平,周忠发,等.喀斯特石漠化的遥感GIS典型研究—以贵州省为例[M].北京:地质出版社,2002.

(下转第107页)

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2014.02.022

## 鄂尔多斯矿区不同土地利用方式土壤理化性质研究

徐华清<sup>1,2</sup>, 黄锦楼<sup>2</sup>, 王永荣<sup>3</sup>, 杨水平<sup>1</sup>, 陈玉碧<sup>2</sup>

(1. 西南大学资源环境学院, 重庆 400716; 2. 中国科学院生态环境研究中心城市与区域生态国家重点实验室, 北京 100085; 3. 伊金霍洛旗新技术开发中心, 内蒙古 鄂尔多斯 017200)

**摘要:** 以内蒙古伊金霍洛旗东部水蚀沟壑地带矿区为研究对象, 分析 5 种不同土地利用方式以及矿区不同复垦年限对土壤理化性质的影响。结果表明, 废弃农用地和公路附近裸露地沙粒含量高于其他利用方式, 土壤沙质特征明显。受施肥等人为因素的影响, 农用地在土壤粒级组成、持水性能、有机质和全 N、全 P、全 K 含量等方面都具有较好的特性, 与原生景观草地相比, 农用地中的有效 P 和速效 K 含量减少了 50%。公路附近裸露地的有机质、有效 P 和速效 K 养分含量显著高于其他土地。不同复垦年限的煤矿复垦土地土壤养分含量都较低, 表明单纯使用自然恢复的方法很难恢复土壤的性状。

**关键词:** 土地利用方式; 土壤理化性质; 土壤养分; 鄂尔多斯矿区

中图分类号: S714.2; F301.2 文献标识码: A 文章编号: 1671-3168(2014)04-0102-06

## Effects of Land Use on Soil Physico-chemical Properties in Erdos Mine Area

XU Hua-qing<sup>1,2</sup>, HUANG Jin-lou<sup>2</sup>, WANG Yong-rong<sup>3</sup>, YANG Shui-ping<sup>1</sup>, CHEN Yu-bi<sup>2</sup>

(1. College of Resource and Environment, Southwest China University, Chongqing 400715, China; 2. State Key Laboratory of Urban and Regional Ecology, Research Center of Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100085, China; 3. Yinjinhuo New Technology Development Center, Erdos, Inner Mongolia 017200, China )

**Abstract:** Taking Yijinhuo mining in Erdos as an example, we studied the effects of five different land use patterns and reclamation of mining in different time on soil physical and chemical properties. The results show that subsidence area abandoned cropland and near highways bare cropland content more sands than other land use types, land desertification phenomenon is obviously serious. Agricultural cropland has good quantity of soil particle-size fractions, water holding capacity, organic matter, TN, TP and TK under fertilization and other factors' influence. The content of AP and AK were decreased by 50% in agricultural land compared to nature grassland. Content of organic matter, AP and AK in the soil of the bare cropland near highways were consistently higher than the other four land-use types. Soil nutrient content of different restoration times were all low, which indicates that it is difficult to restore the soil mere use of natural methods.

**Key words:** land use method; soil physic-chemical property; soil nutrient; Erdos mining area

收稿日期: 2014-01-16.

基金项目: 国家自然科学基金重点项目(71033005); 中央高校基本科研业务费专项资金资助(SWU2014011)。

作者简介: 徐华清(1987-), 男(满族), 辽宁凤城人, 硕士研究生。研究方向: 森林生态学。Email: 434877581@qq.com

通信作者: 杨水平(1966-), 男, 博士, 副教授。Email: yang-sp@163.com

土地利用变化可以影响土壤的性质,进而改变土地的生产力,最终造成土壤质量的变化,使得土壤环境发生变迁<sup>[1-2]</sup>。通过对现有文献的阅读和总结可以得出:土地利用方式对土壤物理性质以及土壤有机质和氮磷钾养分等化学状况的分布产生影响<sup>[3-6]</sup>。鄂尔多斯高原伊金霍洛旗的矿区位于干旱半干旱生态脆弱地带,近年来,受人类活动影响,该区土地利用发生了很大变化。新中国成立以来,3次大规模开荒以及近 10 年间煤炭资源的不合理开发,导致生态问题凸显,表现为荒漠化、盐碱化加剧,可利用土地锐减<sup>[7-8]</sup>;草地退化严重,承载力急剧下降,生态系统敏感,自然灾害频发<sup>[9-10]</sup>。本研究通过对这一特殊环境中二者关系的分析,评价农牧交错带矿区的土地利用变化对土地环境的影响,为提出合理的土地利用方式和改进技术手段提供科学依据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 研究区概况

伊金霍洛旗位于鄂尔多斯高原东部,地处北方

农牧交错带<sup>[11]</sup>,自然条件和人文要素(尤其是土地利用)均表现为过渡和波动的特点,生态系统亦具有脆弱性和敏感性。该区年均降水量 350 mm,但降水分布不均,主要集中在 7~10 月,约占全年降水的 60%~70%;年均蒸发量 2 000~3 000 mm,远高于年均降水量。植被以稀疏低矮的沙生植被和灌丛植被为主。实验调查区域位于伊金霍洛旗东部水蚀沟壑区域,地形高低起伏,梁地、低洼地、沙地相间分布。风沙土、粗骨土面积最广,风沙活动较强烈。目前,鄂尔多斯地区的自然生态环境已变为一个极端受损的生态系统,是我国荒漠化十分严重的地区。

### 1.2 样地调查与设置

通过实地走访调研,以主要土地利用格局为基准,兼顾坡度、坡向等地形因素,选取原生景观草地、农用地、废弃农用地、公路附近裸露地、煤矿复垦土地 5 类主要土地利用类型进行研究。其中,煤矿复垦土地选择复垦 4 年的土壤,其属于本地区复垦一定年限的土地,具有复垦土地土壤特征的代表性。样地详情见表 1 所示。

表 1 样地详细情况  
Tab. 1 Sample plot details

编号	土地利用类型	调查地点	经纬度		海拔 /m	坡度 /°	土地利用状况
1	原生景观草地	布尔台格乡	39°28.883N	109°57.989E	1396	18	沙生植被、灌丛植被分布广泛
2	农用地	布尔台格乡	39°28.911N	109°57.843E	1394	4	种植当地传统作物玉米和山杏
3	废弃农用地	纳林陶亥镇	39°29.630N	110°12.685E	1319	6	原为种植玉米田地,废弃后长满杂草
4	公路附近裸露地	纳林陶亥镇	39°28.507N	110°09.991E	1281	10	矿区公路附近土壤覆盖有一层 6~20 cm 厚度煤灰,植物稀少
5	煤矿复垦 4 年土地	纳林陶亥镇	39°29.126N	110°16.849E	1309	6	杂草自然修复,少量土地种植玉米

### 1.3 土样采集和处理

实验于 2013 年 5 月农作物播种前,对矿区的这 5 种主要利用类型土地使用网格随机取样的方法采集土壤样品,并在和复垦 4 年土地相同的煤矿复垦区域采集复垦 1 年、2 年和 3 年的 3 种年份土样,每个点 3 次重复,采样深度为 0~20 cm。对同一处样地采集到的土样在去除植物根系和石块后进行充分混合,将混合后的土样装入铝盒及自封袋,放入样品箱中带回实验室进行物理和化学性质的测定和分

析。对土壤容重采用容积为 100 cm<sup>3</sup> 的环刀采集土样进行测定。回到实验室后,对土样进行自然风干、烘干、磨细、过筛处理。土壤的机械组成采用激光粒度分析仪(Mastersizer 2000 型)进行测定;土壤 pH 值采用酸度计法(水土比 2.5:1)<sup>[12]</sup>;土壤有机质含量采用重铬酸钾法;土壤全氮采用凯氏定氮法;土壤全磷采用氢氧化钠碱熔—钼锑抗比色法;土壤有效磷采用碳酸氢钠浸提—钼锑抗比色法;土壤全钾和速效钾采用火焰光度计法<sup>[13]</sup>。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同土地利用类型土壤物理性质

#### 2.1.1 土壤含水量和容重

不同土地利用类型土壤含水量、容重见表 2 所示。

表 2 不同土地利用类型土壤含水量、容重

Tab. 2 Soil moisture content, volume-weight in different land use types

土地利用类型	含水量 /%	容重 /(g·cm <sup>-3</sup> )
原生景观草地	14.44±1.18	1.66±0.05
农用地	18.81±0.16	1.51±0.11
废弃农用地	16.57±1.62	1.62±0.14
公路附近裸露地	5.99±1.63	1.27±0.14
煤矿复垦 4 年土地	17.12±1.27	1.76±0.08

注:表中含水量和容重数据均为均值±标准差

从表 2 可知,土壤水分含量最小的是公路附近裸露地,只有 5.99%,最大的是农用地,为 18.81%,次之的是煤矿复垦土地,为 17.12%,从小到大了 214.02%;容重最小的是公路附近裸露地,为 1.27 g/cm<sup>3</sup>,明显小于其他土地利用类型的容重,最大的达 1.76 g/cm<sup>3</sup>,由小到大提高了 27.84%。公

路附近裸露地的含水量和容重都小于其他 4 种土地利用类型;受到人为扰动的农用地、废弃农用地含水量分别高于原生草地 30.26%、14.75%,土壤容重与原生草地相比,减少了 9.04%、2.41%。

#### 2.1.2 土壤粒度

不同土地利用类型土壤机械组成变化见表 3 所示。

从表 3 可以看出,本区域土壤沙质特征明显,土壤机械组成的变化通过砂粘比变为公路附近裸露地>煤矿复垦土地>原生景观草地>废弃农用地>农用地;经过人为科学管理的农用地土壤砂粘比(18.56)最小,土壤砂粒比重减少,粘粒的比重有一定的上升;公路附近裸露地的粉粘土含量最少,粒径在 0.02~0.2 mm 粒度的土壤含量最大。

### 2.2 不同土地利用类型土壤化学性质

#### 2.2.1 土壤 pH 值和有机质含量

不同土地利用类型土壤化学性质变化见表 4。

从表 4 中可以看出,公路附近裸露地的土壤碱性最低、有机质含量最高,其碱化程度明显得到了减弱。不同土地利用类型下,原生景观草地的 pH 值最高,本地区无人为扰动的土壤碱性增强,土壤性状在单纯自然条件影响下进一步恶化;受到人为扰动的土壤碱性都有一定程度的弱化。有机质含量由 15.75 分别升高到 17.49 和 18.88,说明草地在开垦

表 3 不同土地利用类型土壤机械组成变化(体积比)

Tab. 3 Soil mechanical composition changes in different land use types (volume ratio)

土地利用类型	<0.002 mm	0.002~ 0.02 mm	0.02~ 0.2 mm	0.2~ 2 mm	0.02~ 2 mm	<0.02 mm	砂粘比
原生景观草地	0.03	4.17	54.54	41.26	95.80	4.20	22.82
农用地	0.08	5.03	69.41	25.48	94.89	5.11	18.56
废弃农用地	0.16	4.09	43.21	52.54	95.75	4.25	22.53
公路附近裸露地	0.02	2.53	75.71	21.74	97.45	2.55	38.21
煤矿复垦 4 年土地	0.05	2.73	40.13	56.63	96.77	3.23	29.95

表 4 不同土地利用类型土壤化学性质变化

Tab. 4 Soil chemical properties change in different land use types

土地利用类型	pH 值	有机质 /(g·kg <sup>-1</sup> )	全 N /(g·kg <sup>-1</sup> )	全 P /(g·kg <sup>-1</sup> )	有效 P /(mg·kg <sup>-1</sup> )	全 K /(g·kg <sup>-1</sup> )	速效 K /(mg·kg <sup>-1</sup> )
原生景观草地	8.34	15.75	0.32	0.09	0.49	1.15	48.42
农用地	8.24	18.88	0.79	0.14	0.31	2.35	45.75
废弃农用地	8.21	17.49	0.76	0.18	1.49	1.46	68.59
公路附近裸露地	7.19	43.53	0.39	0.14	0.22	0.65	32.99
煤矿复垦 4 年土地	8.07	11.68	0.17	0.10	0.95	1.16	32.19

为农田后,有机质含量得到了提高,这可能是因为在种植过程中施用有机肥和无机肥后,土壤中存留了少量肥料所致。

### 2.2.2 土壤 N、P、K 含量

从土壤全量养分含量变化来看,受不同土地利用方式的影响,本地区土壤全量 N、P、K 养分含量较低(表 4),分别在 0.17~0.79 g/kg、0.09~0.18 g/kg 和 0.65~2.35 g/kg 间变化。土壤全 N 含量农用地最大,煤矿复垦土地最小,后者比前者降低了 78.48%;全 P 含量最高的是农用地,最低的是煤矿复垦土地,后者比前者降低了 44.43%;全 K 含量农用地最高,公路附近裸露地最低,后者比前者降低了 72.34%。分析结果表明,矿区复垦土地的土壤全量养分含量明显低于其他各类型土地,从土壤肥力指标来看,土壤退化已经比较严重。农用地和废弃后的农用地中都残留有一定量的有机肥和无机肥,提高了养分含量。

在土地利用方式的影响下,公路附近裸露地的有效 P 和速效 K 含量均明显高于其他土地利用类型;土壤有效 P 含量最低的是农用地;土壤速效 K 含量最低的是煤矿复垦地。煤矿复垦土地只有有效 P 含量一项较高,其速效 K 含量最少,进一步表明了矿区复垦土地的土壤在单纯依靠自然修复的过程中,退化现象明显。相比于 N、P 养分的含量,全 K 和速效 K 含量较为丰富。

## 2.3 不同复垦年限对土壤理化性质的影响

### 2.3.1 对土壤物理性质的影响

不同复垦年限土壤物理性质见表 5。

从表 5 可以看出,土壤的保水性随着复垦时间的增加有少量的提高,复垦 1 年土壤的容重  $1.52 \text{ g/cm}^3 < 1.66 \text{ g/cm}^3$  (原生景观草地),从第二年开始,容重都要大于原生草原土壤的容重。土壤粒度中,砂粒的含量随着时间的增加呈现增长的趋势,土壤砂粘比逐渐提高,土壤机械组成逐渐恶化。

### 2.3.2 对土壤化学性质的影响

煤矿复垦土地经过 4 年自然恢复的复垦过程中,土壤的酸碱性在复垦第二年有明显的降低,但从第三年开始,土壤的碱性又开始逐渐提高;煤矿复垦土地的土壤有机质含量随着年份的增加逐渐减少(表 6);各年限复垦土壤养分含量中全 P 和有效 P 的含量高于原生景观草地,全 K 的含量在复垦第四年才恢复到原生景观草地的含量,其他养分含量仍然低于原生景观草地的含量,其中全 N 的含量出现逐渐降低的趋势。

## 3 讨论

### 3.1 不同土地利用类型对土壤物理性质的影响

土壤含水量、土壤容重和土壤粒度等几个方面是反应土壤物理性质的主要指标<sup>[14-15]</sup>。公路附近

表 5 不同复垦年限土壤物理性质

Tab. 5 Soil physical properties of different reclamation years

土壤复垦年限	含水量 /%	容重 /( $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ )	0.02~2 mm 粒度 /%	<0.02 mm 粒度 /%	砂粘比 /%
煤矿复垦 1 年土地	16.65±1.96	1.52±0.24	93.82	6.18	15.18
煤矿复垦 2 年土地	16.85±0.62	1.68±0.11	94.18	5.82	16.18
煤矿复垦 3 年土地	17.35±1.24	1.74±0.06	95.07	4.93	19.28
煤矿复垦 4 年土地	17.12±1.27	1.76±0.08	96.77	3.23	29.95

注:表中含水量和容重数据均为均值±标准差

表 6 不同复垦年限土壤化学性质

Tab. 6 Soil chemical properties of different reclamation years

土壤复垦年限	pH 值	有机质 /( $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ )	全 N ( $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ )	全 P /( $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ )	有效 P /( $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ )	全 K /( $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ )	速效 K /( $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ )
煤矿复垦 1 年土地	8.11	21.85	0.21	0.14	0.60	1.02	24.60
煤矿复垦 2 年土地	7.43	13.82	0.26	0.17	0.66	0.75	22.71
煤矿复垦 3 年土地	7.92	12.39	0.18	0.11	1.05	0.89	22.20
煤矿复垦 4 年土地	8.39	10.27	0.17	0.10	0.95	1.16	32.19

裸露地土壤的含水量最小、容重最小、土壤砂粘比最大,因此公路附近裸露土壤的物理性质受到了很大的破坏。这是由于本地区属于鄂尔多斯地区重要的煤炭产地,密布着大量的井工和露天煤矿,大量的运煤货车经过,使得公路两旁的土壤表层覆盖了大量粒径在 0.02~0.2mm 的不易分解的煤渣、煤灰。

由于本地蒸发量大,导致保水性差的土壤表层很难蓄积水分,同时大量的井下采矿使得地下水水位深度逐年下降,水分条件成为本类型土地无法生长植物的主要原因。

农用地和废弃农用地因为经过人为科学的种植管理,土壤物理性质得到了一定程度的恢复,土壤含水量提高、土壤砂粘比降低。煤矿复垦土地土层结构在采矿期间受到破坏,其土壤机械组成发生了变化,在复垦过程中经过几年的自然修复,除了土壤含水量有一定的改善外,其他物理性状仍然没有恢复到正常情况<sup>[16]</sup>。通过与农用地、废弃农用地的砂粘比进行比较,同样进行自然恢复的废弃农用地砂粘比 22.53>18.56(原生景观草地),说明在经过剧烈的人为扰动后,土壤自身调节功能遭到破坏,单纯依靠自然条件,不进行人为的科学管护,很难在短期内得到有效的恢复,土壤会有继续风蚀沙化的风险。

### 3.2 不同土地利用类型对土壤化学性质的影响

公路附近裸露地的 pH 值最低主要是由于公路常年通过大量运输煤炭的卡车,造成了公路两旁的土地表层覆盖有一层 8~20 cm 厚的煤灰,煤灰中含有大量的硫化物,混合到原有土壤中后,对土壤的碱性起到了一定的中和作用,同时土壤中增加的大量有机质也可能与土壤中混合有大量的煤灰、煤渣有直接关系。由于道路两旁土地长时间裸露,地表覆盖度降低,加上本地区蒸发量大的特点,会造成地下盐分离子在地表快速积聚的危害。

土壤有机质含量主要是由植被的归还量和分解速率来决定的<sup>[17]</sup>,农用地和废弃农用地虽然表层植被覆盖度小于原生草原,但其有机质含量高于原生草原土壤,这与本地农田多使用农家肥有密切关系。农家肥中含有丰富的微生物、动植物残体和其分泌物,这为土壤提供了大量的碳,而过量的有机残体会逐渐积累,这也就形成了两类土壤高有机质含量的特征。农用地和废弃农用地的全量 N、P、K 含量高于其他利用类型土地,可能也是因为施用农家肥的原因,同时土壤高有机质含量对提高土壤中其他养分含量也会发挥重要的影响<sup>[18]</sup>。但在对农田进行科学耕种的过程中加剧了土壤扰动,清除杂草降低

了土地植被覆盖度,在加剧水土流失的同时,也使得土壤中有有效 P 和速效 K 等速效养分的流失<sup>[19-20]</sup>。煤矿复垦土地各种养分含量都较少,则是因为通过自然界缓慢恢复复垦土地的方法导致地表植被覆盖度低、植被结构简单,植物凋落物较少,水土流失严重,并且凋落物分解和吸收也是一个长时间的过程,这些共同导致了矿区复垦一定年份的土地土壤性状恢复效果不明显。

### 3.3 不同的土地复垦时间对土壤理化性质的影响

复垦土地的土壤机械组成的恶化现象明显,主要是因为复垦后只是通过自然修复的方法来恢复土壤的物理性状,恢复进程缓慢。表层少量的植被分布,无法通过植被凋落物来提高土壤有机质含量,无法对土壤机构进行间接的改善,而且很难起到防风固沙的作用,这些导致表层土壤受到风蚀以及水分缺失所造成的盐碱化的影响,土壤风蚀沙化的现象逐渐突出。这说明矿区初期的复垦过程中,由于自然恢复是个缓慢的过程,造成了其土壤在复垦前 4 年发生退化。随着时间的发展,地表植被覆盖逐渐增加,土壤结构有所改善,自然恢复的过程不断加快,初期的土壤退化现象会得到修复<sup>[21]</sup>,但达到这一效果的时间还需要进一步地观察。

有机质含量的逐渐减少主要原因是新构建的土壤结构在加大水土流失的同时,也分解和流失了大量的有机质;地表植被随着年份的增加而不断增加,在这个初期植物生长过程中,植物大量地吸收土壤中的养分,而植被返还给土壤的碳素较少,凋落物中的有机质不断地分解以满足植物的正常生长,不会蓄积在土壤中。土壤全 P 和有效 P 数量高于原生景观草地中的数量,可能的原因是由于矿区复垦过程中覆盖在表层的土壤,其全 P 和有效 P 含量高于原生景观草地,在复垦的过程中,全 P 的含量也在不断地减少,而有效 P 的含量略有提高。当地在对矿区土地进行复垦的过程中过分地依靠自然修复的手段,造成了复垦前期土壤养分含量一直处于缺少的状态。

## 4 结论

鄂尔多斯高原伊金霍洛旗东部的丘陵沟壑地带中,土地利用类型对土壤理化性质影响效果显著。区域内原生景观草地具有一定的土壤养分保持能力,但从物理性质上看也有沙化的趋势;农用地由于小环境的改善,只受到了轻度风蚀,土壤沙化过程得到了显著延缓;公路附近裸露土地表层覆盖了一层

粉煤灰,空隙大、保水性差、风蚀作用最明显,这一类具有大量有效养分的土壤需要提高利用效率。建议调整土地利用结构,运用科学的人为管理手段有效地降低土壤恶化的可能,通过一定的技术手段对现有不同土地利用类型土壤进行治理,可以为矿区生态环境和当地的可持续发展提供一定的帮助和参考。

### 参考文献:

- [1] 焦燕,赵江红,徐柱. 内蒙古农牧交错带土地利用对土壤性质的影响[J]. 草业学报, 2009, 17(2): 234-238.
- [2] Houghton R A, Skole D L, Nobre C A, et al. Annual fluxes or carbon from deforestation and Regrowth in Brazilian Amazon[J]. *Nature*, 2000, 403: 301-304.
- [3] 蒲玉琳,谢德体,屈明,等. 渝西丘陵区土地利用方式、景观位置对土壤养分的影响[J]. 水土保持学报, 2010, 24(5): 35-39.
- [4] 王军,傅伯杰,邱扬,等. 黄土高原小流域土壤养分的空间异质性[J]. 生态学报, 2002, 22(8): 1173-1178.
- [5] 刘任涛,赵哈林. 科尔沁沙地土地利用变化对土壤特性的影响[J]. 生态环境学报, 2010, 19(9): 2079-2084.
- [6] 张容娟,布乃顺,崔军,等. 土地利用对崇明岛围垦区土壤有机碳库和土壤呼吸的影响[J]. 生态学报, 2010, 30(24): 6698-6706.
- [7] 杨梅焕. 毛乌素沙地东南缘沙漠化演变机制与植物的耐胁迫性研究[D]. 西北大学, 2010.
- [8] 刘韵,李金霞,包玉海. 鄂尔多斯高原西部土地荒漠化动态分析——以鄂托克旗为例[J]. 内蒙古农业大学学报, 2011, 32(4): 80-87.
- [9] 郑华伟,张文秀. 甘孜州草地退化的社会经济驱动力研究——以理塘县为例[J]. 资源开发与市场, 2008, 24(12): 36-40.
- [10] William H S, James F R, . Biological Feedbacks in Global Desertification[J]. *Science*, 1990, 247: 1043-1048.
- [11] 罗承平,薛纪瑜. 中国北方农牧交错带生态环境脆弱性及其成因分析[J]. 干旱区资源与环境, 1995, 9(1): 1-7.
- [12] 孙嘉,王海燕,丁国栋,等. 不同密度华北落叶松人工林土壤理化性质研究[J]. 林业资源管理, 2011(1): 62-66.
- [13] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000.
- [14] 苏正安,张建辉,聂小军,等. 紫色土坡耕地土壤物理性质空间变异对土壤侵蚀的响应[J]. 农业工程学报, 2009, 25(5): 54-60.
- [15] 苗武,史正涛,常龙芳. 松花坝水源区不同林分土壤特性及其水源涵养功能[J]. 林业调查规划, 2013, 38(1): 70-76.
- [16] 吴祥云,张黎,丁玉荣,等. 科尔沁沙地农牧交错带土地利用方式对土壤特性的影响[J]. 生态学报, 2006, 20(4): 116-119.
- [17] 徐秋芳,徐建明,姜培坤. 集约经营毛竹林土壤活性有机碳库研究[J]. 水土保持学报, 2003, 17(4): 151-171.
- [18] 王清奎,汪思龙,高洪,等. 土地利用方式对土壤有机质的影响[J]. 生态学杂志, 2005, 24(4): 360-363.
- [19] 赵锦梅,张德罡,刘长仲,等. 祁连山东段高寒地区土地利用方式对土壤性状的影响[J]. 生态学报, 2012, 32(2): 548-556.
- [20] Emadi M, Baghernejad M, Memarian H R. Effect of land-use change on soil fertility characteristics within water-stable aggregates of two cultivated soils in northern Iran [J]. *Land Use Policy*, 2009, 26(2): 452-457.
- [21] 杨玉海,陈亚宁,李卫红,等. 准噶尔盆地西北缘新垦绿洲土地利用对土壤养分变化的影响[J]. 中国沙漠, 2008, 28(1): 94-100.

(上接第 101 页)

- [2] 王世杰. 喀斯特石漠化—中国西南最严重的生态地质环境问题[J]. 矿物岩石地球化学通报, 2003, 22(2): 120-125.
- [3] 国家林业局. 岩溶地区石漠化监测技术规定(2011年修订)[Z]. 2011.
- [4] 广东省林业局. 广东省岩溶地区石漠化监测实施细则[Z]. 2011.
- [5] 广东省林业局. 广东省岩溶地区石漠化监测报告[R]. 2012.
- [6] 朗奎建,李长胜,殷有,等. 林业生态工程 10 种森林生态效益计量理论和方法[J]. 东北林业大学学报, 2000, 28(1): 1-6.
- [7] 马秀芳,林媚珍,谢双喜. 广东省森林效益计量及经济评价, 2006, 25(5): 408-411.
- [8] 潘军. 黔东南州森林效益计量及经济评价[J]. 林业调查规划, 2006, 31(2): 62-66.
- [9] 邓宏海. 森林生态效能经济评价理论和方法[J]. 林业科学, 1985, 21(1): 62-67.
- [10] 张坤. 森林碳汇计量和核查方法研究[D]. 北京林业大学, 2007: 14.
- [11] 康凯丽. 基于区域森林碳汇能力的我国碳汇林业发展研究[D]. 北京林业大学, 2012: 15-17.
- [12] 朗奎健. 用宏观分析的方法研究森林减轻水旱灾效益的计量评价[J]. 林业资源管理, 1999(4): 49-51.

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2014.02.023

## 头塘小流域不同植被类型对土壤物理性质的影响

肖龙山

(云南省林业调查规划院昆明分院,云南 昆明 650200)

**摘要:**研究区域位于云南省东北部会泽县城东郊的头塘小流域,属金沙江支流牛栏江水系上游。以自然植被针叶混交林地为参照,与针叶人工纯林地、阔叶人工纯林地、针叶人工混交林地进行比较,分析不同植被类型土壤物理性状的差异和动态过程,以及土壤物理特性变化与人为干预影响之间的关系。结果表明,阔叶林和混交林对土壤性状的恢复作用大于纯林,华山松对土壤环境的恢复作用大于云南松,且与林龄正相关。

**关键词:**植被类型;土壤物理性质;孔性;孔隙度;容重;水分特征;头塘小流域

中图分类号:S718.54;S714.2 文献标识码:A 文章编号:1671-3168(2014)04-0108-05

## Effect of Different Vegetation Types on Soil Physical Properties in Toutang Small Watershed

XIAO Long-shan

(Kunming Branch, Yunnan Institute of Forest Inventory and Planning, Ecosystem, Kunming 650200, China)

**Abstract:** The study area is located in Toutang small watershed, Huize in the northeast of Yunnan, which belongs to upstream of Niulan River, a tributary of Jinsha River system. Taking natural vegetation of coniferous forest land as a reference, compared with artificial pure coniferous woodland, artificial pure broadleaf woodland, artificial mixed coniferous land, the differences in soil physical properties and dynamic process of different vegetation types, as well as the relationship between human intervention and changes of the soil physical characteristics were analyzed. The results showed that the role of broadleaf mixed forests in soil properties restoration was greater than pure forest, the role of *Pinus armandi* in the soil environment restoration was greater than Yunnan pine, and positively correlated with stand age.

**Key words:** vegetation type; soil physical properties; porosity; porosity degree; volume weight; moisture characteristics; Tautong Small Watershed

土壤(soil)是由固体、液体和气体组成的三相复合系统,是岩石圈表面能够生长动物、植物、微生物的疏松表层,是陆生生物生活的基质,是生态系统中生物部分和无机环境部分相互作用的产物,是生态系统中物质与能量交换的重要场所<sup>[2]</sup>。

土壤在发生和发展过程中产生的一系列物理现

象和性质,可概括分为一般物理性质、水分性质、热量性质和物理机械性质。土壤物理性质主要包括土壤颗粒大小组合比例和排列方式、土壤水分的保持和移动、热量传输和转化、土壤空气状况、土壤力学性质及其变化,以及土壤磁学性质和放射性等。常用来评价土壤物理性质的指标主要有土壤容重、土

收稿日期:2013-09-17.

作者简介:肖龙山(1978-),男,湖南祁东人,工程师。主要研究方向:林业调查,园林规划。



壤孔性、土壤水分特征等。<sup>[4,6]</sup>

## 1 研究区概况

研究区位于云南省东北部会泽县城东郊的头塘小流域,属金沙江支流牛栏江水系上游,地理坐标为东经 103°03′~103°55′,北纬 25°48′~27°04′,东经 103°24′,北纬 26°27′。流域面积为 3.98 hm<sup>2</sup>。最高海拔 4 017.3 m,最低海拔 695 m,相对高差 3 322.3 m。平均坡度为 26.77°。该区域地处乌蒙山系主峰地段,滇东高原与黔西高原结合部,是中生代第三纪以来的夷平面(也称准平面),由近代强烈隆起的各种外力作用改造形成。气候属于滇中高原与滇东北湿润气候区的过渡带,具备春季升温快和秋季降温快的云南北部高原气候的特点。夏、秋季常受赤道海洋的西南季风和来自热带海洋的东南季风影响,阴雨天多,雨量充沛;冬季盛行大陆季风气候,雨量稀少,雨、旱季分明,降雨主要集中在 6~10 月。

## 2 研究技术与方法

采用空间代替时间的方法,利用宏观研究与微观研究相结合的手段,对头塘小流域退化山地不同植被类型经营模式的土壤物理特性进行研究。

在对研究区域进行全面勘察的基础上,以样点估算法和目测估计法相结合的手段选取不同植被类型各自具有代表性地段,设置面积为 20 m × 20 m 的标准样地 3 个,各样地按“X”型布设 5 个采样点,每点挖取 2 个层次的土壤剖面,每个剖面深度 0~40 cm,分 0~20 cm、20~40 cm 2 层进行取样,用环刀采取原状土样品,以测定鲜土含水量、土壤容重、总孔隙度、毛管孔隙度、非毛管孔隙度等土壤物理性质<sup>[1,3,6]</sup>。

采用选取参照物进行对比研究的方法,以及野外研究与室内分析相结合的方法,根据典型性原则和代表性原则,在头塘小流域选取立地条件(海拔、坡位、坡度、坡向、母质、土壤等)基本一致的云南松(*Pinus yunnanensis*),华山松(*Pinus armandi*)次生演替林,15 a 生滇杨(*Populus yunnanensis*)人工纯林,17 a 生云南松人工纯林,20 a 生华山松人工纯林,云南松、华山松、混交林等作为研究对象,以人为干扰程度最小的云南松、华山松次生演替林作为参照。通过野外调查采样、室内样品分析以及数据处理,从时间和空间上了解该流域不同植被类型对土壤物理特性的影响。

## 3 结果与分析

### 3.1 不同植被类型土壤孔性的空间变化

土壤由固体土粒和粒间孔隙组成,粒间孔隙储存水分和空气。所谓土壤孔性就是指能够反映土壤孔隙总容积的大小,孔隙的搭配及孔隙在各土层中的分布状况等的综合特性。当土壤孔性良好时,土壤既能储蓄足够的水分供植物生长利用,也能保持良好的通气性以满足植物的呼吸作用<sup>[4,6]</sup>。

对不同植被类型土壤孔性状况(表 1)的方差分析表明:不同植被类型的土壤容重、总孔隙度、毛管孔隙度、非毛管孔隙度在总体水平上差异显著。云南松、华山松次生演替林的土壤容重、总孔隙度、非毛管孔隙度上下层差异显著,毛管孔隙度上下层无显著差异,说明云南松、华山松次生演替林表层生物作用对土壤孔性产生明显影响,显著改善了土壤的孔性状况,形成了利于植物生长发育的良好生态环境;17 a 生云南松人工纯林土壤上下层的孔性状况无显著差异,说明 17 a 生云南松人工纯林表层生物作用对土壤孔性的作用不明显,未改善土壤的孔性状况,云南松林地还没有形成有利于植物生长发育的良好生态环境;20 a 生华山松人工纯林的土壤上下层容重和总孔隙度差异显著,毛管孔隙度和非毛管孔隙度的上下层差异不显著;15 a 生滇杨人工纯林和 20 a 生华山松人工纯林比较,15 a 生滇杨人工纯林的土壤容重比 20 a 生华山松人工纯林的土壤容重小,而孔隙度均比 20 a 生华山松人工纯林大,这是由于容重和孔隙度受土壤质地的影响所成的 15 a 生滇杨人工纯林的质地为黏土,而 20 a 生华山松人工纯林属于壤土;云南松、华山松人工混交林的孔性变化和 17 a 生云南松人工纯林一样,都是土壤容重、总孔隙度、毛管孔隙度、非毛管孔隙度上下层无显著差异,但云南松、华山松人工混交林的土壤容重比云南松、华山松次生演替林大,比云南松、华山松次生演替林小,孔隙度比云南松、华山松次生演替林小,这可能是由于云南松、华山松人工混交林的土壤质地是砂壤土的原因;15 a 生滇杨人工纯林的土壤上下层容重、总孔隙度、非毛管孔隙度均差异显著,毛管孔隙度无显著差异,且容重大于云南松、华山松次生演替林,3 种孔隙度都小于云南松、华山松次生演替林,说明这种经营模式的孔性状况较山云南松、华山松次生演替林差,植被对土壤孔性状况的改善作用不如云南松、华山松次生演替林,这可能和滇杨人工林的土壤属于黏土,还有林龄及离居民区

表 1 不同阶段和不同经营模式的土壤孔性状况

Tab. 1 Status of soil porosity under different vegetation types

植被类型	土层 /cm	容重 /( $g \cdot cm^{-3}$ )	总孔隙度 /%	毛管孔隙度 /%	非毛管孔隙度 /%
SF	0~20	1.214Ee	56.071Aa	41.391Aa	14.680 BbCede
	20~40	1.355AaBbCc	43.807CcD	35.457Bbc	8.571CDe
PY	0~20	1.316AaBbCc	44.140CcD	35.313Bbc	8.827 CDe
	20~40	1.383AaBbCc	45.826CcD	36.993Bc	8.533 CDe
PA	0~20	1.268Cc	48.484Cc	36.146Bc	12.338BbCc
	20~40	1.373Aa	40.687Ed	36.503Bc	8.436 CDe
PYA	0~20	1.239Dd	62.508Bb	44.567AaBb	17.941Aa
	20~40	1.362ABb	52.451De	41.198AaBbc	11.253BCc
PYD	0~20	1.221BbCc	52.284CcD	37.823BC	14.462BbCede
	20~40	1.386Aa	45.409Ed	36.822BC	8.493 CDe
F 值	0~20	40.322**	35.590**	3.080**	30.295**
	20~40	48.961**	41.431**	7.907**	39.781**

注:SF—云南松、华山松次生林;PY—17 a 生云南松人工纯林;PA—20 a 生华山松人工纯林;PYA—云南松、华山松人工混交林;PYD—15 a 生滇杨人工纯林; \*\*表示  $\alpha < 0.01$  水平上差异显著; \*表示  $\alpha < 0.05$  水平上差异显著,下同。

太近有关。

不同植被类型的土壤下层孔性状况差异不大,容重值 1.355~1.386,总孔隙度、毛管孔隙度、非毛管孔隙度除云南松、华山松混交林偏高外,其余 4 种植被类型均无显著差异,这说明不同植被类型的土壤具有同源母质特性和一致的成土过程。

从土壤容重同土壤松紧度的关系来看,土壤容重越小,表明土壤越疏松,结构性越好;反之,则表示土壤紧实而且缺乏团粒结构。不同植被类型土壤表层容重的变化趋势为(图 1):云南松、华山松次生演替林<15 a 生滇杨人工纯林<云南松、华山松人工混交林<20 a 生华山松人工纯林<17 a 生云南松人工纯林;0~40 cm 的土壤容重的垂直分布规律与土壤有机质均为上层小于下层,上层土壤孔隙多于

下层土壤,上层土壤比下层更疏松,结构性也更好,另一方面也清楚表明了植物对土壤表层的深刻作用。

研究结果显示:云南松、华山松次生演替林土壤的上下层容重分别比其他 4 种植被类型的土壤上下层容重小,并且云南松、华山松次生演替林土壤容重的垂直空间差异比其他模式的土壤上下层容重差异大,这不仅说明了云南松、华山松次生演替林的土壤最疏松,结构性最好,也说明了表层生物作用对云南松、华山松次生演替林土壤容重的改良作用较大;15 a 生滇杨人工纯林的土壤容重仅次于云南松、华山松次生演替林,说明了阔叶林对土壤的改良效果比针叶林要显著;云南松、华山松人工混交林的土壤容重仅次于 15 a 生滇杨人工纯林,比 17 a 生云南松人工纯林和 20 a 生华山松人工纯林的土壤容重要小很多,这跟云南松、华山松人工混交林的土壤质地为砂壤土有很大关系,但也说明了针叶混交林对土壤的改良作用要优于针叶纯林。

不同植被类型土壤孔隙度变化情况如图 2 所示。由图 2 可以看出,不同植被类型的土壤表层总孔隙度、毛管孔隙度和非毛管孔隙度的变化趋势均为:云南松、华山松人工混交林>云南松、华山松次生演替林>15 a 生滇杨人工纯林>20 a 生华山松人工纯林>17 a 生云南松人工纯林。该变化趋势与土壤表层的容重变化不一致。从 0~40 cm 的垂直空间变化规律来看,不同植被类型土壤孔隙度垂直空

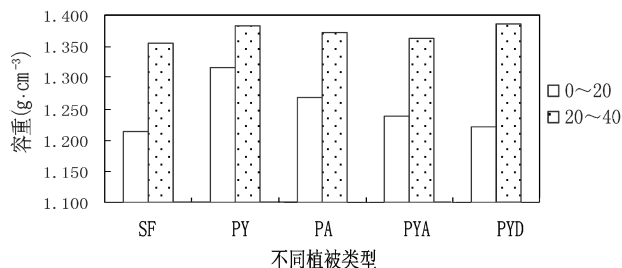


图 1 不同植被类型土壤容重变化

Fig. 1 Changes of soil unit weight under different vegetation type

间变化规律与土壤容重相反,都是上层孔隙度大于下层孔隙度;不同植被类型的土壤毛管孔隙度除云南松、华山松次生演替林上层稍大一点外,其他 4 种植被类型土壤毛管孔隙度上下层均无显著差异。

研究结果显示:云南松、华山松次生演替林的土壤上下层总孔隙度和毛管孔隙度都分别比其他 4 种植被类型大,并且云南松、华山松次生演替林土壤上下层总孔隙度和毛管孔隙度差异显著,说明云南松、华山松次生演替林的土壤孔性状况最好,孔隙搭配合理,既保水也通气,而且土壤表层的生物对土壤孔性状况的改善作用明显;15 a 生滇杨人工纯林、20 a 生华山松人工纯林和云南松、华山松人工混交林土壤总孔隙度和非毛管孔隙度的垂直空间差异显著,其中 20 a 生华山松人工纯林的土壤孔隙度最小,云南松、华山松人工混交林的土壤孔隙度大于云南松、华山松次生演替林,这是由于 20 a 生华山松人工纯林和云南松、华山松人工混交林受到各自土壤容重和土壤质地的影响,使土壤孔性状况发生改变所导致的;17 a 生云南松人工纯林土壤孔隙度在垂直空间上的差异均不显著,这个跟云南松林地的立地条件和土壤表层植被群落组成简单,植被种类较少有关。

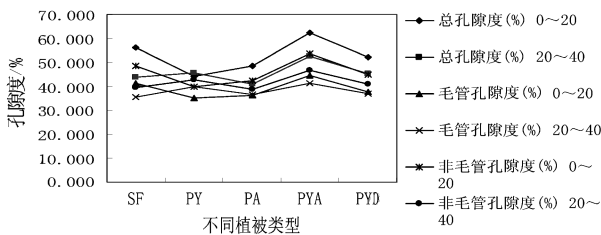


图 2 不同植被类型土壤孔隙度变化

Fig. 2 Changes of soil porosity under different vegetation types

### 3.2 不同植被类型土壤水分特征空间变化

通过 SPSS 软件对不同植被类型的土壤水分特征进行方差分析(表 2),结果显示:不同植被类型间的土壤水分特征,即鲜土水含量、饱和水、毛管水和吸湿系数在总体上达极显著差异;不同植被类型的土壤表层水分特征具有不同的变化趋势。表层土壤鲜土水的变化趋势为云南松、华山松次生演替林>15 a 生滇杨人工纯林>20 a 生华山松人工纯林>云南松、华山松人工混交林>17 a 生云南松人工纯林;表层土壤饱和水和田间水的变化趋势均为:云南松、华山松次生演替林>15 a 生滇杨人工纯林>20 a 生

华山松人工纯林>17 a 生云南松人工纯林>云南松、华山松人工混交林;表层土壤吸湿系数变化趋势为云南松、华山松次生演替林>15 a 生滇杨人工纯林>17 a 生云南松人工纯林>云南松、华山松人工混交林>20 a 生华山松人工纯林。

17 a 生云南松人工纯林、20 a 生华山松人工纯林、云南松、华山松人工混交林的土壤上下层鲜土水和毛管水差异显著;土壤饱和水除了 17 a 生云南松人工纯林的上下层无显著差异外,其他 4 种植被类型的土壤饱和水上下层差异显著;云南松、华山松次生演替林和 20 a 生华山松人工纯林的土壤上下层吸湿系数差异显著,云南松、华山松人工混交林和 15 a 生滇杨人工纯林的土壤吸湿系数上下层无显著差异。

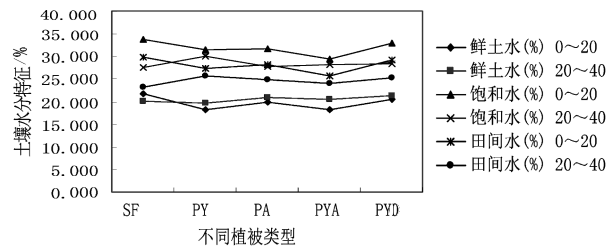


图 3 不同植被类型土壤水分特征变化

Fig. 3 Changes of soil moisture characteristics under different vegetation types

由图 3 可知:不同植被类型的土壤上下层水分特征变化规律均为鲜土水<毛管水<饱和水,饱和水和毛管水含量的垂直空间变化与吸湿系数一样都是表层大于下层,这也符合土壤孔隙度的变化规律;除了云南松、华山松人工混交林外,其他 4 种植被类型的土壤饱和水垂直空间差异最大,即全容水量差异最大;17 a 生云南松人工纯林的鲜土水含量最低,云南松、华山松人工混交林的土壤饱和水、田间水和吸湿系数最低,说明研究区域的原始植被被破坏后所形成的不同植被类型的土壤水分特征出现了不同程度的退化,尤其是土壤饱和水和毛管水的表层含量衰减程度最大,说明人为干扰对土壤表层水分特征的影响较大。

## 4 结论与讨论

通过对不同植被类型的土壤物理特性分析发现:

- 1) 研究区域的原始植被被破坏后,土壤物理特

表 2 不同阶段和不同经营模式的土壤水分特征

Tab. 2 Characteristics of soil moisture under different vegetation types

植被类型	土层 /cm	鲜土水 /%	饱和水 /%	田间水 /%	吸湿系数 /%
SF	0~20	21.708Cc	33.855Aa	29.794Bb	3.074Bb
	20~40	20.024Ccd	27.544CDdE	23.224Aa	1.925Aa
PY	0~20	18.201Ee	30.499Dde	27.292CcD	2.580Dde
	20~40	19.764Bbd	30.076CDdEe	25.768DdE	2.178EeFf
PA	0~20	19.912Bb	31.765 DdEe	28.249Cc	2.285DdEeFf
	20~40	20.879CcDd	27.711CcD	24.788DdE	2.040DdEeFf
PYA	0~20	18.148Ee	29.479Ee	25.658DdE	2.397DdEeFf
	20~40	20.552De	28.127CcD	24.034DdE	1.771Aa
PYD	0~20	20.603De	32.897Bb	29.168cBbc	3.050Bb
	20~40	21.248CcD	28.400Cc	25.249DdE	3.175BbCc
F 值	0~20	72.976 **	44.891 **	23.627 **	22.534 **
	20~40	69.009 **	46.052 **	24.781 **	20.333 **

性也呈现出不同程度的退化。不同植被类型土壤物理特性恢复趋势为 15 a 生滇杨人工纯林>云南松、华山松人工混交林>20 a 生华山松人工纯林>17 a 生云南松人工纯林。其中 17 a 生云南松人工纯林的土壤退化严重,对林下土壤养分的积累作用微小,对土壤物理性质的改良作用也甚小。由此可见阔叶林和混交林对土壤的恢复作用大于纯林。

2)通过对 2 种不同林分的针叶人工纯林土壤理化性状的研究,以及与云南松、华山松次生演替林和云南松、华山松人工混交林的对比研究,发现 20 a 生华山松人工纯林对土壤理化性状的恢复作用虽然不如云南松、华山松次生演替林和云南松、华山松人工混交林,但是土壤物理特性也呈现出 20 a 生华山松人工纯林优于 17 a 生云南松人工纯林的趋势,表

明华山松对土壤环境的恢复作用优于云南松,且林龄对这种恢复作用有一定的影响。

#### 参考文献:

- [1] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京:中国农业出版社,2000.
- [2] 北京林业大学. 土壤学(上册)[M]. 北京:中国林业出版社,2001.
- [3] 格日乐,姚云峰. 土地退化防治综述[J]. 内蒙古林学院学报:自然科学版,1998,20(2):47-53.
- [4] 李天杰. 土壤环境学[M]. 北京:高等教育出版社,1996:284-296.
- [5] 孙向阳. 土壤学[M]. 北京:中国林业出版社,2006.
- [6] 中国科学院南京土壤研究所. 土壤理化分析[M]. 上海:上海科学出版社,1978.

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2014.02.024

## 水肥效应对核桃定植后生长的影响研究

温联明<sup>1</sup>, 李若娟<sup>2</sup>, 刘英杰<sup>2</sup>

(1. 昭阳区林业局, 云南 昭阳 657000; 2. 云南林业职业技术学院, 云南 昆明 650224)

**摘要:**就核桃定植时和定植后施肥量和灌水量对核桃树生长的影响进行研究。在土壤肥力相同的条件下,通过连续 4 年不同的施肥量、灌水量对比试验,结果表明,株施尿素 50 g+磷肥 20 g+钾肥 20 g+浇水 40 kg,每年 3 月和 10 月各浇水追肥 1 次,其树高、地径和冠幅生长量明显高于对照,在处理后期(第四年)施肥量的增加要视水分状况而定,否则会抑制核桃树生长。

**关键词:**核桃;施肥量;灌水量;生长量

中图分类号:S792.13;F714.8;S758.52 文献标识码:A 文章编号:1671-3168(2014)04-0113-04

## Effect of Water and Fertilizer on the Growth of Walnut Field Planting

WEN Lian-ming<sup>1</sup>, LI Ruo-juan<sup>2</sup>, LIU Ying-jie<sup>2</sup>

(1. Zhaoyang District Forestry Bureau, Zhaoyang, Yunnan 657000, China;

2. Yunnan Forestry Vocational Technical college, Kunming 650224, China)

**Abstract:** The effects of fertilizer amount and irrigation amount on walnut growth before and after field planting was analyzed in this paper. Under the same conditions of soil fertility, by four consecutive years contrast test of different fertilization and irrigation, it is concluded that: the tree height, ground diameter and crown growth were significantly higher than the control by watering and fertilizer individual plant with urea 50 g+p 20 g+k 20 g+water 40 kg in March and October every year. The increase of fertilizer rate (4 years) in the late processing depends on the moisture condition, otherwise it will inhibit the growth of trees.

**Key words:** walnut; fertilizer amount; irrigation amount, growth amount

昭阳区低山丘陵区是生产核桃的适宜区域。截至 2012 年底,昭阳区通过林业产业结构调整,已种植核桃 31 142.6 hm<sup>2</sup>,每年仍以 667~2 000 hm<sup>2</sup> 的规模递增。国内对核桃配套栽培的研究很多,主要集中在核桃的栽培技术<sup>[1,2]</sup>,包括核桃种质资源与开发利用、优良品种的引种驯化栽培方面<sup>[3]</sup>,以及施肥种类及施肥技术方面<sup>[4-7]</sup>。另外,在嫁接繁殖方面也有一定研究<sup>[8]</sup>。但在核桃生产中,缺乏水肥管理的量化指标致使本区核桃生长出现参差不

齐,林相差异较大的问题。因此,研究水肥的耦合对核桃生长量及丰产优质具有重要意义。本次在水分管理与施肥方面仅对灌水量、灌水次数、施肥量和施肥次数等指标对核桃地径、冠幅、树高和当年生长高度等进行探讨,拟对核桃的合理施肥、灌水量化指标提供理论依据。

### 1 试验地概况

试验地位于昭阳区苏家院镇顺山村民委员会陈

收稿日期:2014-01-23.

作者简介:温联明(1971-),男,工程师。主要从事森林培育工作。

通信作者:刘英杰(1961-),教授。主要从事林业教育及科研工作。

家营,面积 20.7 hm<sup>2</sup>。相对中心坐标为东经 103°31′31″,北纬 27°17′06″,属滇东北低山丘陵地带。海拔 1 960~2 000 m,年均温 13.7℃,最冷月均温 2.1℃,极端最低温-13.3℃,全年日照时间 1 960 h,年降雨量 750~1 000 mm,相对湿度为 74%,年均无霜期 260 d,≥10℃的活动积温 3 217℃以上。土壤为玄武岩发育而成的红黄壤,中性至微酸性,土层深厚,肥力中等;螺马河水库位于试验地西北端约 0.5km 处,水源较为方便。

## 2 试验材料与方法

### 2.1 试验时间

2009~2012 年,每年 3 月底芽萌动前后和 10 月底落叶前共进行 2 次施肥,结合灌水进行对比试验,2013 年 5 月中旬调查核桃树生长量。

### 2.2 试验材料

采用的核桃苗全部为云南省林业科学院专家种间杂交育成的云新云林品种,经昭阳区林业局中心苗圃引进培育 2 年,苗高>40 cm、地径>1.2 cm,达

DB53/062-2006 标准的 I 级嫁接苗。

### 2.3 试验方法

2008 年 12 月鱼鳞坑整地,规格为 1 m×1 m×1 m,按 5 m×6 m 株行距定植。栽植苗木前每穴施农家肥 10kg、磷肥 0.5 kg,与表土拌匀后回塘植苗。苗木定植后每穴浇水 20 kg,再用 1 m×1 m 的地膜覆盖树盘。

试验设计为大田试验,随机区组设计,3 次重复。试验处理设 A1、A2 和 A3 共 3 个试验区,面积均为 1 hm<sup>2</sup>。A1 试验区 2009 年株均施尿素 50 g+磷肥 20 g+钾肥 20 g+浇水 40 kg,每年 3 月和 10 月各浇水追肥 1 次,次年起每年每次分别增施各品种化肥 5 g,灌水 10 kg;A2 试验区 2009 年株均施尿素 20g+磷肥 10 g+钾肥 10 g+浇水 20 kg,每年浇水追肥 2 次,次年起每年每次增施各品种化肥 2 g,灌水 5 kg;A3 试验区不追肥浇水,用作对照。各试验区除肥水按照试验要求处理外,其他管理技术保持一致。具体处理见表 1。

表 1 各年度株均追施尿素、磷肥、钾肥及灌水量

Tab.1 Individual plant topdressing of urea, phosphate, potash and irrigation amount in each year

试验区	处理	2009 年 3 月底及 10 月底	2010 年 3 月底及 10 月底	2011 年 3 月底及 10 月底	2012 年 3 月底及 10 月底
A1	尿素+磷肥+钾肥+灌水量	50g +20g+20g+40kg	55g+25g+25g+50kg	60g+30g+30g+60 kg	65g+35g+35g+70 kg
A2	尿素+磷肥+钾肥+灌水量	20g+10g+10g+20 kg	22g+12g+12g+25 kg	24g+14 g+14 g+30 kg	26g+16g+16g+35 kg
A3	尿素+磷肥+钾肥+灌水量	0	0	0	0

### 2.4 指标测定

2013 年 5 月中旬在 3 个试验区内进行机械布点,每个试验区随机、连续对 22 株核桃树实测树高、当年树木生长高度、地径或接口处直径、东西向和南北向冠幅。

### 2.5 统计分析

对原始数据进行标准化处理后,用 DPS 软件,采用 LSD 法进行方差分析。

## 3 结果与分析

### 3.1 施肥灌水对核桃树高生长量的影响

从图 1 可以看出,3 种试验处理对核桃树高生长量有显著影响。A1 试验区核桃树高生长量最大,其均值达 286.16 cm;其次是 A2 试验区,树高生长

量均值达 199.82 cm;A3 试验区(CK)相对最小,树高生长量均值达 173.91 cm;A1 试验区、A2 试验区、A2 试验区树高生长量之间差异显著(p<0.05)(表 2)。

### 3.2 施肥灌水对处理后期当年树高生长量的影响

从图 2 可以看出,3 种试验处理对核桃处理后期,当年树高生长量有显著的影响。A1 试验区核桃树当年树高生长量最大,其均值达 107.36 cm;其次是 A3 试验区,当年树高生长量均值达 66.5 cm;A2 试验区(CK)相对最小,当年树高生长量均值达 43.27 cm;A1 试验区、A2 试验区、A3 试验区当年树高生长量之间差异显著(p<0.05)(表 3)。

### 3.3 施肥灌水对核桃地径生长量的影响

从图 3 可以看出,3 种试验处理对核桃地径(接口直径)生长量有显著影响。A1 试验区核桃地径

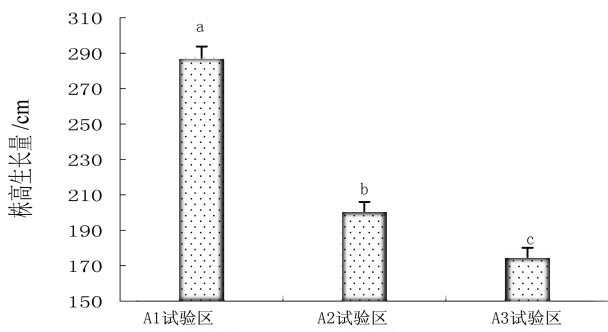


图 1 不同试验区核桃树高生长量

Fig. 1 Comparison of walnut trees height growth at different test areas

表 2 不同试验区核桃树高生长量方差分析

Tab. 2 Variance analysis of walnut tree height growth in different test area

变异来源	平方和	自由度	均方	F 值	显著水平
处理间	152057.6	2	76028.79	60.114	0.0000
处理内	79678.36	63	1264.736		
总变异	231735.9	65			

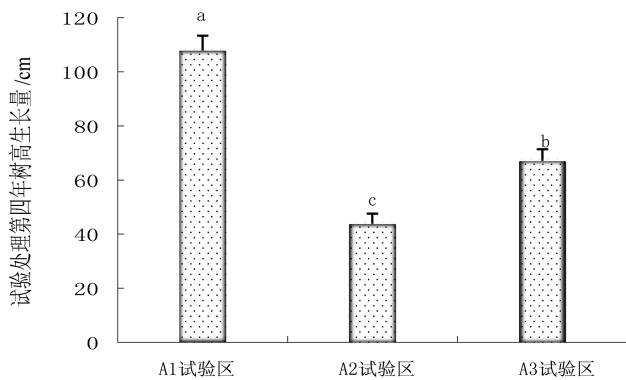


图 2 不同试验区处理后期当年树高生长量

Fig. 2 Comparison of walnut trees height growth later treatment period at different test area in same year

表 3 不同试验区处理后期当年树高生长量方差分析

Tab. 3 Variance analysis of walnut trees height growth later treatment period at different test area in same year

平方和	自由度	均方	F 值	显著水平
46324.5758	2	23162.2879	31.868	0.0000
45788.9545	63	726.8088		
92113.5303	65			

生长量最大,其均值达 7.009 cm;其次是 A2 试验区,地径生长量均值达 5.905 cm;A3 试验区(CK)相对最小,地径生长量均值达 4.527 cm;A1 试验区、A2 试验区、A3 试验区地径生长量之间差异显著( $p < 0.05$ )(表 4)。

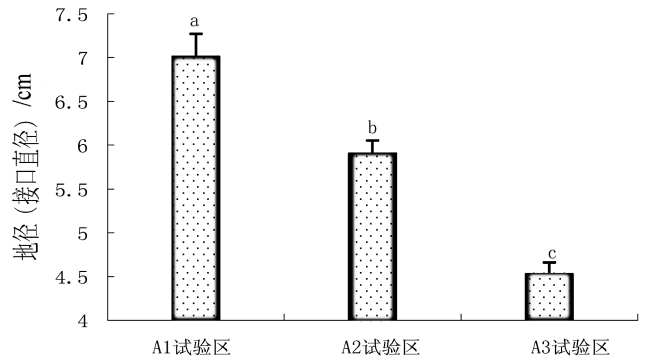


图 3 不同试验区核桃树地径生长量

Fig. 3 Comparison of walnut trees ground diameter growth at different test areas

表 4 不同试验区核桃树地径生长量方差分析

Tab. 4 Variance analysis of walnut trees ground diameter growth at different test area

变异来源	平方和	自由度	均方	F 值	显著水平
处理间	68.0264	2	34.0132	37.053	0.0000
处理内	57.8314	63	0.918		
总变异	125.8577	65			

### 3.4 施肥灌水对核桃冠幅生长量的影响

从图 4 可以看出,3 种试验处理对核桃冠幅生长量有显著影响。A1 试验区核桃冠幅生长量最大,其均值达 178.0 cm;其次是 A2 试验区,冠幅生长量均值达 127.9 cm;A3 试验区(CK)相对最小,冠幅生长量均值达 95.5 cm;A1 试验区、A2 试验区、A3 试验区冠幅生长量之间差异显著( $p < 0.05$ )(表 5)。

表 5 不同试验区核桃树冠幅生长量方差分析

Tab. 5 Variance analysis of walnut trees crown width at different test area

变异来源	平方和	自由度	均方	F 值	显著水平
处理间	76115.39	2	38057.7	37.589	0.0000
处理内	63784.73	63	1012.456		
总变异	139900.1	65			

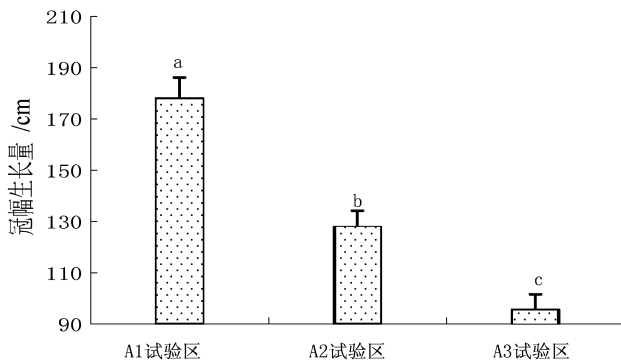


图 4 不同试验区核桃树冠幅生长量

Fig. 4 Comparison of walnut trees crown width growth at different test areas

#### 4 小结

核桃既是优良的用材树种,又是珍贵的食用干果和油料树种,是世界著名的四大坚果之一。其果实营养丰富,脂肪含量一般在 60% 以上,其中不饱和脂肪酸 90% 左右,还含有多种氨基酸和磷、铁、锰、锌等人体必需的矿质元素等营养物质,具有很高的营养、医疗、保健价值,因而受到国内外消费者的青睐。中国是世界核桃原产地之一,分布广泛,其面积和产量均居世界首位<sup>[1]</sup>。但由于长期粗放经营,普遍存在单位面积产量低、品质差的问题,在国际市场上缺乏竞争力。加强核桃肥水管理是提高我国核桃产量与质量的关键环节。本文通过采用小区试验,得出在 A1 试验区,即株均施尿素 50g+磷肥 20 g+钾肥 20 g+浇水 40 kg,每年 3 月和 10 月各浇水追

肥 1 次,次年起每年每次分别增施各品种化肥 5 g,灌水 10 kg 处理下,无论树高、地径和冠幅生长量均明显地高于 A3 试验对照区;而在处理后期(第四年),浇水量的减少,而施肥量的增加,使当年的树高生长量在 A2 试验区明显降低,甚至低于对照。因此,在大田实际施肥中,施肥量的增加也要视水分状况而定,否则会使核桃树生长受到抑制。

#### 参考文献:

- [1] 李保国,齐国辉. 绿色优质薄皮核桃生产[M]. 北京:中国农业出版社,2005.
- [2] 方大月. 美国薄壳山核桃高产栽培技术[J]. 现代农业科技, 2012(13): 100-101.
- [3] 生静雅,臧旭,周蓓蓓,等. 淮北地区薄壳山核桃良种波尼引种及栽培要点[J]. 江苏农业科学, 2011, 39(6): 237-238.
- [4] 李彦慧,李保国,郭素萍,等. 早实核桃幼树施肥效果研究[J]. 河北农业大学学报, 2006, 29(1): 9-11.
- [5] 陈彦军. 薄皮核桃施肥技术[J]. 现代农业科技, 2011(6): 148,150.
- [6] 李仙兰,杨云广,张雁东,等. 大理州核桃林不同绿色肥料施肥效果试验研究[J]. 中南林业调查规划, 2012, 31(2): 50-56.
- [7] 肖良俊,王曼,宁德鲁,等. 配方施肥对美国山核桃树体生长的影响[J]. 西部林业科学, 2012, 41(3): 98-101.
- [8] 马婷,陈宏伟,熊新武,等. 不同施肥处理对美国山核桃嫁接苗生长的影响[J]. 安徽农业科学, 2012, 40(02): 871-872, 971.
- [9] 邹耀湘,梁智,张计峰,等. 核桃氮磷钾和微肥配合施用效果研究[J]. 新疆农业科技, 2009(3): 59-60.



doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2014.02.025

## 秃杉人工林施肥效应试验初报

岳元彦

(腾冲县林业局林业技术推广站,云南 腾冲 679100)

**摘要:**采用不同肥料种类和施肥剂量对秃杉人工林进行施肥对比试验。观测胸径、树高和蓄积生长量,分析不同肥料种类和施肥剂量对秃杉人工幼龄林高、粗和蓄积生长量的效应。试验结果表明,合理的施肥措施对秃杉人工林生长有明显促进作用,与对照相比,年高生长增加 34%,粗生长增加 26%,蓄积生长增加 35%。

**关键词:**秃杉人工林;施肥效应;肥料种类;施肥量;秃杉生长

中图分类号:S791.27;S714.8 文献标识码:A 文章编号:1671-3168(2014)04-0117-04

### Preliminary Report of Fertilization Effect on *Taiwania flousiana* Plantation

YUE Yuan-yan

(Forestry Technology Extension Station, Forestry Bureau of Tengchong County, Tengchong, Yunnan 679100, China)

**Abstract:** Fertilization comparison test with different types of fertilizers and fertilizer dose was carried on *Taiwania flousiana* plantations. Observing DBH, tree height and volume, effects of different fertilizers types and fertilization doses on high, thick and volume growth of young *Taiwania flousiana* plantations also was analyzed. Experimental results show that reasonable fertilization on *Taiwania flousiana* plantations has played significant role in promoting growth. The height-growth, thickness growth and volume growth increased by 34%, 26% and 35% respectively compared with the control.

**Key words:** *Taiwania flousiana* plantations; fertilization effect; fertilizers; fertilization; *Taiwania flousiana* growth

秃杉(*Taiwania flousiana*)是国家一级保护植物,是滇西的主要造林树种,对秃杉人工林施肥方面的研究较少。为探索秃杉人工林对不同种类肥料的效应,提高秃杉人工林的经营水平,为秃杉林地施肥提供科学依据,2011~2013年对秃杉幼林分别进行了不同肥料、不同剂量组合的对比试验,现将试验结果初报如下。

#### 1 试验地概况

试验地位于腾冲县曲石镇双龙村委会,海拔 1 840~1 880 m,坡度 8°~15°,坡向南。年均温 14.7℃,≥10℃年积温 4 647℃,1月最冷,均温 7.7℃,8月最热,均温 19.8℃,最热极点 30.5℃,最冷极点-4.2℃,年均无霜期 234 d,年降水量 1 465

收稿日期:2014-01-06.

作者简介:岳元彦(1965-),男,云南腾冲人,工程师。主要从事林业技术推广及种苗管理工作。Email: 846312749qq.com

mm,平均日照 2 176 h。土壤为黄壤,质地中壤,土层 70~80 cm。土壤测定状况:pH 值 5.44,有机质 55.0 g/kg,水解氮 221.0 mg/kg,全氮 0.30%,全磷 0.11%,全钾 0.35%,速效磷 24.1 mg/kg,速效钾 62 mg/kg,速效钙 48 mg/kg,速效镁 2.8 mg/kg,速效铁 212 mg/kg,速效锌 2.0 mg/kg,速效铜 8.8 mg/kg,速效锰 1.9 mg/kg,速效硼 1.2 mg/kg,有机质、水解氮和速效铁含量较高,速效镁、速效锌、速效锰、速效硼含量较低。

## 2 试验方法

采用不同的肥料组合处理(表 1),每小区 10

表 1 试验处理

Tab. 1 Experimental treatments

处理	肥料
A	尿素 200 g
B	复合肥 200 g(含 N15%, P15%, K15%)
C	尿素 100 g+磷酸二氢钾 30 g+硫酸锌 15 g+硫酸锰 20 g+硼砂 10 g+硫酸铜 5 g
D	复合肥 200 g+硫酸锌 15 g+硫酸锰 20 g+硼砂 10 g+硫酸铜 5 g
E	尿素 100 g+复合肥 100 g+硫酸锌 15 g+硫酸锰 20 g+硼砂 10 g+硫酸铜 5 g
F	尿素 100 g+复合肥 100 g+硫酸锌 30 g+硫酸锰 40 g+硼砂 20 g+硫酸铜 10 g
G	对照(不施)

表 2 树高和胸径测量值

Tab. 2 Measurements of tree height and DBH

处理	测量时间	项目	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	2011年3月	树高	538	560	565	533	499	480	524	450	495	460
		胸径	12.5	11.2	12.3	13.4	10.2	12	13.1	11	10.2	8.9
	2013年3月	树高	640	670	740	720	650	600	770	590	690	630
		胸径	16.7	15	15.8	17	13.6	16.5	17.1	15.3	13.9	12.9
B	2011年3月	树高	674	646	580	768	570	624	570	551	636	484
		胸径	16	13.5	13.4	16.1	13.5	17.3	11.3	11.8	16.4	11.5
	2013年3月	树高	870	780	730	900	720	810	710	700	830	690
		胸径	19.4	17	16.6	21	17.1	22.2	15.1	15.8	22	15.1
C	2011年3月	树高	500	704	586	620	552	526	555	642	605	550
		胸径	12.3	13.7	12.9	10.7	12.7	10.6	10.6	14.2	11	9.8
	2013年3月	树高	700	900	800	800	750	660	730	850	840	760
		胸径	15.1	17.6	16.5	14.1	16.3	14.4	14.2	19.4	15.1	13.7
D	2011年3月	树高	614	567	525	547	630	546	725	467	592	653
		胸径	13.8	12.1	10.7	9.1	12.1	10.9	16.8	10.8	9.5	11.5
	2013年3月	树高	770	660	650	720	830	690	990	560	780	980
		胸径	17.6	16	14	11.7	15.6	14.3	21.4	14.7	12.6	14.7
E	2011年3月	树高	547	587	586	627	624	603	586	624	547	490
		胸径	11.8	13.2	12.4	11.7	11.9	10.4	12.5	12	11.2	9.3
	2013年3月	树高	730	730	740	800	800	790	830	820	910	750
		胸径	14.8	17.1	16	15.4	15.6	13.8	16.2	16.2	14	12.5
F	2011年3月	树高	646	550	540	567	448	533	492	614	554	536
		胸径	13.8	14	11.8	12	10.3	11.3	9	12.7	10.2	12
	2013年3月	树高	930	660	670	840	550	680	650	740	700	750
		胸径	17.1	18.9	15.8	15	14	15.2	12	17.8	14.2	16
G	2011年3月	树高	801	577	590	642	554	726	568	447	589	588
		胸径	18.8	16.5	12	16.2	11.5	17.9	12	9.5	12.5	11.9
	2013年3月	树高	940	700	740	820	680	890	750	500	740	760
		胸径	22.8	20	14.4	19.3	14	22	15	12.9	16.4	15.7

表 3 不同处理对秃杉高生长的影响

Tab. 3 Impact of different treatments on height growth of *Taiwania flousiana*

处理	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Σ	$\bar{y}$
A	102	110	175	187	151	120	246	140	195	170	1596	159.6
B	226	164	180	162	180	216	170	179	224	236	1937	193.7
C	250	246	260	225	248	184	225	248	285	260	2431	243.1
D	156	93	125	173	200	144	265	93	188	327	1764	176.4
E	213	173	184	203	216	227	274	226	393	290	2399	239.9
F	284	110	130	273	102	147	158	126	146	214	1690	169
G	139	123	150	178	126	164	182	53	151	172	1438	143.8

株,完全随机区组设计,分别于 2011 年和 2012 年 5 月各施肥 1 次,施肥方法采用环状施肥,施肥深度 30~40 cm,分别于 2011 年 3 月和 2013 年 3 月测量树高和胸径(表 2)。

### 3 结果与分析

#### 3.1 不同肥料对秃杉树高生长的影响

不同肥料处理对秃杉树高生长影响的数据整理见表 3,方差分析结果见表 4,  $LSR_a$  检验结果见表 5。

表 4 方差分析结果

Tab. 4 Variance analysis results

差异源	SS	df	MS	F	$F_{0.05}$	$F_{0.01}$
组间	90050	6	15008	5.564**	2.246	3.103
组内	169946	63	2697.6			
总计	259996	69				

表 4 方差分析结果表明,处理差异极明显。表 5  $LSR_a$  检验说明处理 C 对秃杉高生长的促进作用最优,C 和 E 比较 A、G 对照对高生长有极明显效果,对 D、F 效果明显,其它处理间效果不明显。

表 5  $LSR_a$  值的计算结果

Tab. 5  $LSR_a$  value results

P	$q_{0.05}$	$q_{0.01}$	$LSR_{0.05}$	$LSR_{0.01}$
2	2.83	3.76	46.48	61.76
3	3.40	4.28	55.84	70.30
4	3.74	4.60	61.43	75.55
5	3.98	4.82	65.37	79.16
6	4.16	4.99	68.32	81.96
7	4.31	5.13	70.79	84.26

#### 3.2 不同肥料对秃杉粗生长的影响

将胸径折算成胸高断面面积,数据处理见表 6,方差分析结果见表 7,  $LSR_a$  检验结果见表 8。

表 7 方差分析结果表明,处理差异明显。表 8  $LSR_a$  检验说明处理 B 除了与处理 C 外,比较其它施肥种类对秃杉粗生长有明显效果,其它处理间效果均不明显。

#### 3.3 不同肥料对秃杉蓄积生长的影响

采用公式  $V = 0.000058777042D^{1.9699831} H^{0.8964157}$  计算秃杉蓄积,得出各处理的蓄积增长见表 9,方

表 6 不同处理对秃杉粗生长的影响

Tab. 6 Impact of different treatments on thick growth of *Taiwania flousiana*

处理	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Σ	$\bar{y}$
A	96.3	78.2	77.6	87	63.6	100	94.9	88.8	69.7	68.6	824.7	82.5
B	94.5	83.8	75	141.8	86.9	152	78.8	87.1	168.9	75.2	1044	104.4
C	59.9	95.4	82.7	65.5	82	75.3	69.8	138.1	84	72	824.8	82.5
D	94.1	86.1	63.3	42.5	76.1	67.6	138	77.4	53.8	65.8	764.9	76.5
E	62.3	92.8	80.7	78	79.9	64.6	83	93	55.4	55.1	744.9	74.5
F	80.1	126.6	87.1	63.6	71.3	81.2	49.5	122.6	76.7	88	846.5	84.6
G	113	85.3	40.8	56.9	40	94.7	52.4	60.1	75.8	70.2	689.3	68.9

表 7 方差分析结果

Tab. 7 Variance analysis results

差异源	SS	df	MS	F	F <sub>0.05</sub>	F <sub>0.01</sub>
组间	7667.98	6	1277.997	2.272*	2.246	3.103
组内	35432.96	63	562.428			
总计	43100.94	69				

差分析结果见表 10, LSR<sub>a</sub> 检验结果见表 11。

表 10 方差分析结果表明, 处理差异极明显。表 11 LSR<sub>a</sub> 检验说明, 处理 B 除了与处理 C 外, 比较其它施肥种类对秃杉蓄积生长有极明显效果, 其它处理间效果均不明显。

表 8 LSR<sub>a</sub> 值的计算结果

Tab. 8 LSR<sub>a</sub> value results

P	q <sub>0.05</sub>	q <sub>0.01</sub>	LSR <sub>0.05</sub>	LSR <sub>0.01</sub>
2	2.83	3.76	21.22	28.20
3	3.40	4.28	25.50	32.10
4	3.74	4.60	28.05	34.50
5	3.98	4.82	29.85	36.15
6	4.16	4.99	31.20	37.42
7	4.31	5.13	32.32	38.47

#### 4 结论

1) 施肥对秃杉人工林生长有明显的促进作用,

表 9 不同处理对秃杉蓄积生长的影响

Tab. 9 Impact of different treatments on volume growth of *Taiwania flousiana*

处理	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Σ	$\bar{y}$
A	0.0411	0.035	0.0424	0.0481	0.0297	0.0411	0.0572	0.0368	0.0353	0.0301	0.3966	0.0397
B	0.07	0.055	0.0499	0.0953	0.0547	0.1025	0.046	0.0504	0.1102	0.0476	0.6815	0.0682
C	0.0452	0.074	0.0615	0.0459	0.0577	0.0427	0.0452	0.0934	0.0603	0.0471	0.5728	0.0573
D	0.0516	0.0373	0.0291	0.023	0.0462	0.033	0.1017	0.0293	0.0301	0.0518	0.4332	0.0433
E	0.0382	0.0509	0.0455	0.0466	0.0489	0.0393	0.056	0.0561	0.0479	0.034	0.4633	0.0463
F	0.0614	0.0553	0.04	0.0449	0.0269	0.0385	0.0235	0.0582	0.0362	0.0489	0.4338	0.0434
G	0.0756	0.0464	0.0254	0.0438	0.022	0.0658	0.0323	0.0194	0.0405	0.0393	0.4105	0.0411

表 10 方差分析结果

Tab. 10 Variance analysis results

差异源	SS	df	MS	F	F <sub>0.05</sub>	F <sub>0.01</sub>
组间	0.00655	6	0.001093	77011**	2.246	3.103
组内	0.01823	63	0.00029			
总计	0.024777	69				

表 11 LSR<sub>a</sub> 值的计算结果

Tab. 11 LSR<sub>a</sub> value results

P	q <sub>0.05</sub>	q <sub>0.01</sub>	LSR <sub>0.05</sub>	LSR <sub>0.01</sub>
2	2.83	3.76	0.0152	0.0202
3	3.40	4.28	0.0183	0.0230
4	3.74	4.60	0.0201	0.0247
5	3.98	4.82	0.0214	0.0259
6	4.16	4.99	0.0224	0.0268
7	4.31	5.13	0.0232	0.0276

只要施肥合理, 可比不施肥的秃杉年高生长增加

34%, 粗生长增加 26%, 蓄积生长增加 35%, 采取施肥措施可缩短秃杉人工林的培育周期, 提高土地利用效率, 增加经济效益。

2) 每株施尿素 100 g+磷酸二氢钾 30 g+硫酸锌 15 g+硫酸锰 20 g+硼砂 10 g+硫酸铜 5 g 和每株施尿素 100 g+复合肥 100 g+硫酸锌 15 g+硫酸锰 20 g+硼砂 10 g+硫酸铜 5 g, 对秃杉的高生长效果好。每株施复合肥 200 g(含 N15%, P15%, K15%) 对秃杉粗生长和蓄积生长效果明显。

#### 参考文献:

[1] 韩汉鹏. 试验统计引论[M]. 北京: 中国林业出版社, 2006.  
 [2] 陶国祥. 秃杉生长规律的研究[J]. 林业调查规划, 2001, 26(3): 1-7.  
 [3] 陶国祥. 秃杉根系的研究[J]. 贵州林业科技, 2001, 29(3): 36-41.  
 [4] 何斌, 黄恒川, 曹明, 黄承标, 等. 秃杉人工林微量元素含量、积累与分配特征[J]. 南京林业大学学报: 自然科学版, 2009, 33(1): 26-30.

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2014.02.026

## 云南甜龙竹低产林改造复壮效果及效益分析

张琦芬,朱正明,李梅,孟青  
(新平县林业局,云南 新平 653400)

**摘要:**在新平县古城低产林改造复壮示范林及县城南面山钟楼背后示范林内设置样地观测系列复壮技术产生的效果,分析相应经济效益。结果表明:对云南甜龙竹低产竹林采取疏伐老秆、伐桩清理、施肥抚育措施,发笋量比对照提高 20% 以上;采取扒晒、除蔸、施肥等抚育措施,每年可收益 17 928 元/hm<sup>2</sup>;采取灌水、施肥等抚育措施,每年可收益 52 860 元/hm<sup>2</sup>,竹林效益得到极大提高;未进行抚育的竹林发笋量很少。

**关键词:**云南甜龙竹;低产林改造;复壮技术;抚育措施;效益分析

中图分类号:S795;S756.5 文献标识码:A 文章编号:1671-3168(2014)04-0121-03

### Improved Effect of Low-yield *Dendrocalamus Giganteus* Forest and Its Benefit Analysis in Yunnan Province

ZHANG Qi-fen, ZHU Zheng-ming, LI Mei, MENG Qing  
(Forestry Bureau of Xinping County, Xinping, Yunnan 653400, China)

**Abstract:** In order to observe improved effect and economic benefit of the low-yield *Dendrocalamus Giganteus* forest, sample plot is set up in demonstration forest of Xinping county at the south mountain behind the clock tower. Results shows that: by taking tending measures such as thinning old stalks, flat stumping, fertilization, bamboo shoots amounts of low-yield *Dendrocalamus Giganteus* forest is increased by 20% compared with the control; by taking tending measures of drying in the sun, flat stump, fertilization, economic benefit is up to 17 928 yuan/hm<sup>2</sup> annually; by taking tending measures of irrigation and fertilization, economic benefit is up to 52 860 yuan/hm<sup>2</sup> annually. Benefit of *Dendrocalamus Giganteus* has been greatly improved; the amount of bamboo shoots is little without tending.

**Key words:** *Dendrocalamus Giganteus*; low-yield forest improvement; rejuvenation technology; tending measures; benefit analysis

截至 2011 年,新平县竹子总面积 17 366.7 hm<sup>2</sup>,实现产值 4 550 万元(其中竹材产量 10 万 t,产值 3 800 万元,笋产量 750 t,产值 750 万元)。然而,在已投产的竹林中,约有 3 333.3 hm<sup>2</sup> 由于立地条件相对较差,加之经营管理不善,发笋量、成竹量,秆高、秆径生长量明显降低,导致竹笋、竹材产量大

幅度下降,林分退化,形成低产林。实施云南甜龙竹、龙竹低产林改造复壮技术,遏制竹子林分进一步退化,对改善林分生长状况,提高单位面积笋、材产量,最大限度发挥竹林生态、经济和社会三大效益具有十分重要的意义。

竹林退化的原因主要是多年的经营管理不善,

收稿日期:2013-11-18.

项目来源:云南省省级林业科技推广项目,合同编号:[2011]TSYN06 号。

作者简介:张琦芬(1971-),女,云南新平人,工程师。从事森林培育工作。

致使竹林长势越来越弱造成的。主要有以下几个方面:①母竹留养不合理,留养数量少、质量差,留养时间过迟;老竹保留过多,没有及时更新。②病虫害危害竹林,没有积极进行防治。③干旱缺水,没有灌溉条件。④缺乏抚育措施,不松土,土壤板结,竹林荒芜,杂草灌木丛生,老竹苑充塞林地。⑤不施肥或施肥过少,土壤缺少养分。⑥母竹采伐过量,或过量挖笋。

## 1 云南甜龙竹退笋及发笋成竹规律

### 1.1 退笋原因分析

1) 养分不足。表现:出现停长,笋箨枯萎,竹稍枯萎死亡。

2) 水分不足。表现:笋停长,笋箨枯萎。

3) 气温下降。表现:笋箨变褐枯萎,整个秆基芽眼饱满,是个活体。

4) 虫害损伤。表现:虫害损伤竹笋,但芽眼还活着,整个笋苑未完全死亡。

### 1.2 发笋来源

丛生竹的秆基两侧交互着多数大型芽,可萌笋成竹。芽眼的大小和萌发能力与其着生位置和年龄有关。一般分布在秆基中下部的芽眼充实饱满,生活力强,萌发早、出笋数量和质量好,着生于秆基上部的芽眼较小,抽笋数量和质量较差<sup>[1]</sup>。发笋来源分类:

1) 留养母竹秆基芽眼发笋。1~2 a 生母竹秆基芽眼萌笋成竹较强。

2) 砍笋后留下的秆基芽眼发笋。采笋高度决定发笋数量。砍笋后留得高,秆基下部头目芽、二目芽发笋量大;留得低,发笋量小。采用砍笋方式采笋,留下秆基下部头目芽、二目芽发笋,半年后,每个竹苑芽眼会萌笋成竹。

3) 气温下降导致的退笋。整个秆基是个活体,秆基芽眼发笋成竹。

4) 虫害损伤退笋秆基芽眼发笋。1 a 生秆基芽眼发笋力强,2 a 生秆基芽眼发笋力次之,3 a 生秆基芽眼发笋较弱,部分笋眼处于腐败死亡状态。发笋部位影响笋材质量。留土发笋,笋体质量好,成竹率高;露地发笋,退笋死亡较多、竹秆质量差,且容易倒伏。

## 2 试验地概况

试验地位于新平县东南至西南面山,海拔

1 600 ~ 1 650 m, 年均温 17.4℃, 最热月均温 21.8℃, 极端最低温 - 2.7℃,  $\geq 10^\circ\text{C}$  积温为 6 341℃, 年降雨量 946.6 mm; 缓坡台地, 成土母质为砂质母岩, 土壤为山地厚层中壤质红壤。据测定, 土壤 pH 值 5.2, 速效钾 12.6 ug/g, 速效磷 2.73 ug/g, 有机质 2.72%, 水解氮 9.9 mg/100 g 土。

## 3 试验材料与方法

### 3.1 疏伐老秆、伐桩清理、施肥抚育试验

在古城 16.7 hm<sup>2</sup> 低产林改造复壮技术示范林内设置观测样地 3 组, 在县城南面山钟楼背后 27 hm<sup>2</sup> 示范林内设置样地 1 组。根据竹丛大小和密度, 采伐竹丛 4 a 生以上老竹秆, 择伐 3 a 生竹, 采伐量应不超过生长量。保持合理的竹丛秆龄结构。材用竹林竹丛的秆龄结构比例: 1~4 a 生竹秆比例均接近 25%; 笋用竹林的竹丛秆龄结构比例: 1 a 生竹秆 40%~45%, 2 a 生竹秆 45%~50%, 3 a 生竹秆应少于 10%。疏伐原则: 砍小留大、砍老留嫩、砍弱留强、砍密留疏。疏伐老竹秆, 用油锯锯除伐桩。每年 5 月底 6 月初, 采用块状松土方式以竹丛外缘竹秆为边线的 2 m 半径内进行松土, 深翻 30~50 cm, 对大的土堡进行碎袋处理, 对裸露竹苑进行培土。在离竹丛外沿 1 m 处挖环状施肥沟, 深 20 cm、宽 30 cm, 将复合肥均匀撒施于施肥沟中, 肥料配比 N:P:K=5:4:1, 每丛施 2.5 kg。施肥后用土覆盖, 并做好中间低四周高的树盘, 做好死物覆盖, 厚度不低于 5 cm。

### 3.2 扒晒、除苑、施肥抚育试验

试验地点: 新平县城东南面。扒晒是指在每年笋芽萌动前将竹丛表土挖开, 使竹头和笋头暴露, 让所有笋目能够接受光照的一种刺激处理<sup>[2]</sup>。3 月底 4 月初用锄头扒开竹苑周围的土, 露出竹苑芽眼, 让笋芽接受光、热的刺激, 促进提早发笋; 用锄头挖除或用斧头劈除无发笋能力的竹苑。5 月份将竹丛周围的竹叶覆盖于竹苑周围, 撒施尿素, 1 kg/丛, 然后覆土, 将竹苑覆盖。8 月下旬在竹丛周围开施肥沟, 施肥沟宽、深 0.40 m, 均匀施入复合肥 2 kg/丛, 施肥后覆土。

### 3.3 灌水、施肥试验

试验地点: 新平县竹类示范基地。分别对龙竹、云南甜龙竹竹丛进行浇水试验。竹丛秆龄分布: 每年东、西、南、北 4 个方位各留 1 个新竹, 1 a 生、2 a 生、3 a 生竹秆各 4 秆, 竹丛密度 225 丛/hm<sup>2</sup>。根据

气候情况,2~6 月对试验竹丛浇水,每丛浇水 150 kg,半个月 1 次。每年施肥 2 次,5 月份施尿素 1 kg/丛,9 月份施有机复合肥 2 kg/丛。撒施,施肥后竹茼覆土。

**3.4 试验调查分析方法**

设置试验样地,对样地内竹丛秆龄结构进行观测,每年进行发笋量、采笋量、成竹质量、笋材产量、产值的观测调查。

**4 试验结果**

**4.1 疏伐老秆、伐桩清理、施肥抚育试验结果**

疏伐老秆、伐桩清理、施肥抚育样地发笋量明显高于对照样地。对照样地出现没有发笋的竹丛(表 1)。

**表 1 疏伐老秆、伐桩清理、施肥抚育试验发笋率**

Tab. 1 Thinning old straw, stumps cleaning, shoots rate of fertilization tending test

地点	样地号	2012 年	比对照提高	2013 年	比对照提高
		发笋数 /头	发笋率 /%	发笋数 /头	发笋率 /%
钟楼后面	I	86	56.4	84	27.3
	对照	55		66	
古城基地	I	76	100	83	186
	对照	38		29	
古城基地	II	69	245	53	35.9
	对照	20		39	
古城基地	III	149	52	97	70.1
	对照	98		57	

**4.2 扒晒、除茼、施肥抚育试验结果**

采取每年每丛留中期笋 6 笋成竹,每年每丛采笋 10 头,1 kg/头,竹丛密度 240 丛/hm<sup>2</sup>,笋产量 2 400 kg/hm<sup>2</sup>,产值 14 400 元/hm<sup>2</sup>(6 元/kg);每年每丛可采 4 a 生竹材 6 秆(秆径 8 cm,20 kg/秆),竹材产量 28 800 kg/hm<sup>2</sup>,产值 7 776 元/hm<sup>2</sup>(0.27 元/kg);笋材产值合计 22 176 元/hm<sup>2</sup>(表 2)。

**4.3 灌水、施肥试验结果**

龙竹 4 月下旬开始发笋,通过采笋,采笋后笋茼芽眼发笋,采笋期延迟到 11 月下旬,采笋 100 余头,产量 100 kg,立秋后有退笋迹象;云南甜龙竹 5 月下旬开始发笋,通过采笋,采笋后笋茼芽眼发笋,采笋期延迟到 12 月上旬,采笋 67 余头,产量 67 kg,立秋后没有退笋迹象,竹笋质量稳定。竹丛密度 225 丛。龙竹笋产量 22 500 kg/hm<sup>2</sup>,产值 67 500 元/hm<sup>2</sup>(3 元/kg);每年每丛可采 4 a 生竹材 4 秆,竹材产量 27 000 kg/hm<sup>2</sup>,产值 7 290 元/hm<sup>2</sup>(0.27 元/kg)。笋材产值合计 74 790 元/hm<sup>2</sup>。云南甜龙竹笋产量 15 075 kg/hm<sup>2</sup>,产值 60 300 元/hm<sup>2</sup>(4 元/kg);每年每丛可采 4 a 生竹材 4 秆,竹材产量 18 000 kg/hm<sup>2</sup>,产值 4 860 元/hm<sup>2</sup>(0.27 元/kg)。笋材产值合计 86 472 元/hm<sup>2</sup>(表 3)。

**4.4 未进行抚育管理的样地观测结果**

对多年未进行抚育管理的竹林地进行定点抽查观测:建兴二级电站笋,2006 年种植,2012 年发笋成竹量 405 秆/hm<sup>2</sup>,平均秆径 5 cm,竹材产量 2 430 kg/hm<sup>2</sup>,产值 656.1 元/hm<sup>2</sup>;2013 年发笋成竹量 99 秆/hm<sup>2</sup>,平均秆径 5.5cm,竹材产量 792 kg/hm<sup>2</sup>,产值 213.84 元/hm<sup>2</sup>。新平县城东南面砖厂旁:2003 年

**表 2 扒晒、除茼、施肥抚育试验效益分析**

Tab. 2 Benefit analysis of shine upon, cutting stump and fertilization tending test

kg · hm<sup>-2</sup>,元 · hm<sup>-2</sup>

竹笋产量	竹笋产值	竹材产量	竹材产值	笋、材产值	化肥成本	施肥工费	扒晒、除茼工用	管护成本	利润
2400	14400	28800	7776	22176	2304	576	1368	4248	17928

**表 3 灌水、施肥抚育试验效益分析**

Tab. 3 Benefit analysis of irrigation, and fertilization tending test

kg · hm<sup>-2</sup>,元 · hm<sup>-2</sup>

竹种	竹笋产量	竹笋产值	竹材产量	竹材产值	笋、材产值	化肥成本	施肥工费	灌水费用	管护成本	利润
云南甜龙竹	15075	60300	18000	4860	65160	2160	540	9600	12300	52860
龙竹	22500	67500	27000	7290	74790	2160	540	9600	12300	62490

(下转第 128 页)

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2014.02.027

## 楚雄州油茶低产林改造技术试验效果初报

施庭有, 钱迎新, 段福文

(楚雄州林业科学研究所, 云南 楚雄 675005)

**摘要:**2010~2012年,对楚雄市鹿城镇大东村委会小坝冲的6.67 hm<sup>2</sup>油茶低产林采用清除杂木、垦复土壤、林地套种与间作、合理施肥、旱季灌水、整枝修剪、伐密补稀及高枝换接这8项技术措施进行改造试验。结果表明,参试油茶的树高、地径、冠幅均逐年增加,单位面积产油量增幅达215%,单位面积的平均冠幅产果量增幅达151%,平均单果重、平均单果籽重及籽粒数分别比实施前提高34.26%、34.94%、42.11%。

**关键词:**油茶;低产林改造;高枝换接;产果量;产油量;楚雄州

中图分类号:S794.4;S756.5 文献标识码:A 文章编号:1671-3168(2014)04-0124-05

### Preliminary Result of Low-yield *Camellia Oleifera* Forest Improvement Technology Test in Chuxiong

SHI Ting-you, QIAN Ying-xin, DUAN Fu-wen

(Forestry Research Institute of Chuxiong, Chuxiong, Yunnan 675005, China)

**Abstract:** From 2010 to 2012, improvement technology test was taken on 6.67 hm<sup>2</sup> low-yield *Camellia oleifera* forest at the Dadong administrative village of Lucheng Town in Chuxiong City, by using 8 technical measures such as clearing weed trees, reclaiming soil, forest land interplanting and intercropping, rational fertilization, dry season irrigation, pruning, cutting dense to fill sparse and high branch grafting. Results showed that the tree height, diameter, crown were increasing year by year, fruit production and oil production increased by 215%, the average crown fruit production per unit area increased by 151%, average fruit weight, average fruit seed weight, and seeds number increased respectively by 34.26%, 34.94%, 42.11% than control.

**Key words:** *Camellia oleifera*; low-yield forest improvement; high branches grafting; fruit production; oil production; Chuxiong Prefecture

油茶低产林改造就是通过开展现代集约化经营管理技术,对现有低产劣质的油茶林分开展林地清理、密度调整、修枝整形、垦复深挖、蓄水保肥、合理施肥、病虫害防治等技术措施,使之变为高产林分的过程。楚雄州于20世纪70年代末80年代初引种过普通油茶(*Camellia oleifera* Adel.),由于受当时历

史条件的限制,油茶造林是采用种子繁殖的实生苗或种子直播造林,由于受各种因素的影响,长期的粗放经营和管理缺乏,现存的油茶林多为老弱残次林,尤其是许多土层较薄,坡度较大的林分,植株的长势明显更弱。另外受新一轮桉树热的影响,油茶树与桉树混生,但生长明显处于劣势的情况时有发生,面

收稿日期:2014-01-22.

作者简介:施庭有(1962-),男,云南楚雄人,高级工程师。主要从事营造林及林业科研推广工作。



积不断出现萎缩,据 2009 年底至 2010 年初调查,楚雄州现存油茶林 172 hm<sup>2</sup>, 21.5 万株,大部分群众对油茶林习惯于用传统的生产方式,视油茶林为天赐之物,不抚不育,现存的油茶林已成为与杂灌木混生的低产林分。

相比湖南、广西、贵州及云南省的文山州来说,楚雄州虽然不是普通油茶的最适发展地区,但从人工林目前保留下来的资源状况看,油茶林对环境及抗人为干扰的能力很强。另外,根据楚雄州油茶产业发展规划,到 2020 年将达到 6.67 万 hm<sup>2</sup> 的规模,对科学栽培油茶提出了更高要求。从 2010 年开始,楚雄州林科所对位于楚雄市鹿城镇大东村委会的 6.67 hm<sup>2</sup> 油茶低产林实施改造,旨在为低产油茶林改造提供技术示范,促进油茶产业发展。

## 1 试验地概况

试验地位于楚雄市鹿城镇大东村委会小坝冲,

距楚雄城区 8 km,公路可直达。属北亚热带季风气候,冬无严寒,夏无酷暑,干湿季分明,雨热同季,日照充足,霜期较短,年均温 15.6℃,≥10℃ 的年积温 4 954.5℃,极端最高温 33.4℃,极端最低温-3.4℃,全年日照时间 2 422.2 h,年降雨量 822.4 mm。

试验地油茶林为 1981 年从广南县引进白花油茶实生种子,通过人工造林保存下来,种植密度为 2 m×3 m;海拔 1 880~1 920 m,半阳坡,坡度 6°~15°;微酸性红壤,土层厚度 60 cm 以上;试验地面积为 6.67 hm<sup>2</sup>。由于长期无人管理,土壤板结、养分不足,林内杂木(云南松、桉树等)丛生,处于自生自长的半野生状况。改造前,对所选地块设置样地进行本底调查(表 1),平均密度为 1 665 株/m<sup>2</sup>,平均产果量 1 545 kg/m<sup>2</sup>,平均产油量 105 kg/hm<sup>2</sup>,平均冠幅产果量 0.45 kg/m<sup>2</sup>。

表 1 试验林地本底状况

Tab. 1 Test woodland background conditions

株行距	土壤类型	土层厚度	pH 值	坡向	坡位	坡度	植被
2 m×3 m	沙壤	30~60 cm	5.5	西	中	<5	蓝桉、云南松、棠梨、小石积、荀子、紫荆泽兰、乌饭、野坝子、禾本科杂草等

## 2 改造技术措施及方法

试验地采用的技术措施是对油茶低产林分实施清除杂木、垦复土壤、林地套种与间作、合理施肥、旱季灌水、整枝修剪、伐密补稀及高枝换接等 8 项技术措施,在林地内设置 2 块观测样地。

### 2.1 林地管理

#### 2.1.1 清除杂木

2010 年 12 月,对试验地内散生的蓝桉、云南松、棠梨、小石积、荀子、紫茎泽兰、乌饭等乔灌木进行全面伐除,对油茶老、残、病株进行清理。

#### 2.1.2 垦复土壤

冬季垦复于 2010 年及 2011 年的 12 月份用小型旋耕机对林地全面垦复一次,深度 30 cm,垦复树体周围时尽量以不伤及油茶根系为宜;夏季垦复于 2011 年及 2012 年 7 月结合对林内套种作物的松锄进行。

#### 2.1.3 林地套种与间作

冬季进行土壤全垦后,在油茶林地内套种间作蓝花籽、绿肥等作物,夏季间种辣椒、姜、黄豆、土豆

等农作物,以抑制林内杂草的生长,耕抚结合,改善土壤结构,提高油茶林地的经济效益。

#### 2.1.4 合理施肥

2011 年及 2012 年,结合冬季垦复,在树体周围各施一次基肥,每株施农家肥 10 kg;4 月结合灌水施尿素 300 g/株;6~8 月结合松土、除草施复合肥施 500 g/株;6~7 月每月对叶面喷施 2 次 0.2% 磷酸二氢钾溶液。

#### 2.1.5 旱季灌水

由于林地内有水源灌溉条件,于每年的春季对油茶树浇透水 2 次。

### 2.2 树体管理技术

#### 2.2.1 整枝修剪

2010 年 12 至 2011 年 1 月,对油茶树逐株进行修剪,剪除油茶树下部萌生较多徒长枝、萌生枝,下脚枝、交叉重叠枝、内膛细弱枝及病虫枝,通过修枝亮脚等一系列的修剪措施,改善树体的透光条件;春、夏季根据各树势条件,及时修剪过密枝、徒长枝、下垂枝,促进主、次侧枝生长,形成树冠紧凑、枝间距合理、枝数适量的半圆形或伞形树冠。

### 2.2.2 伐密补稀

由于多年缺乏管理,油茶林存在多代并存、稀密不均的情况。根据林分状况,在 2011 年 6 月对影响林分透光度的二代油茶树进行疏除,对少部分达不到 2 m×3 m 株行距标准的进行移植补种。

### 2.3 高枝换接

由于楚雄州选择出的优树尚未经过良种认定,高枝换冠的接穗从文山州广南县引进,2011 年在春季(3~4 月)和夏季(6~7 月)各进行了一次高枝换冠改良试验,试验株数为 200 头,每次 100 头。高枝换接主要是用引进的白花油茶优树穗条对林内生长较弱、结实较差的单株进行高枝换接改良,每株选择 2~3 个分枝角度适当、干直光滑的枝将距地高度 40~80 cm 的枝剪去,采用“插皮接法”进行嫁接,接后套袋遮荫。

### 2.4 生长与产量观测

#### 2.4.1 观测样地设置与样株、样果的选择

为了对油茶低产林改造的效果进行科学评价,于 2010 年 7 月(改造前)根据油茶生长状况及立地条件,在试验区域内设立观测样地 2 块,进行立地条件、林地基本情况调查。每块样地面积 667 m<sup>2</sup>,在每块样地内选 3 行,每行内选 5 株观测样株,定株定时进行连年生长及产量观测(采用样株全采统计);示范地鲜果总产量根据样株的单株平均产果量与油茶株数推算得出;果实指示观测是从每株全采的果实中随机抽取 20 样果,实测 20 个样果的果重、籽重及籽数,并计算鲜果出籽率。高枝换接改良的成活率与保存率采用全部调查统计法。

#### 2.4.2 观测指标及观测时间

##### 1) 样地立地条件调查

调查坡向、坡位、坡度、植被、土壤类型、土层厚度、土壤 pH 值等,调查时间为 2010 年 7 月。

##### 2) 样株生长指标观测

调查树高、地径、冠幅、结果量、一级枝长度、一级枝基径、二级枝长、二级基径。每块样地调查 15 株样株,观测时间为 2010~2012 年果实成熟期(9~10 月)。

##### 3) 果实的采摘及果实指标观测

果实采摘的时间为每年的 9~10 月。以单株果实裂果数达 30% 时开始采收,20 个样果的果重、籽重及籽数随采随测。

##### 4) 高枝换接改良的成活率与保存率观测

成活率调查于嫁接后 60 d 进行,保存率调查于嫁接后 12 个月进行。采用全部调查法。

## 3 结果与分析

### 3.1 树体生长量

项目实施后,示范地油茶树体长势良好,树高、地径、冠幅逐年增加,分别比实施前增加 7.0%、36.4%、22.1%;一级枝长及基径分别比实施前增加 11.6%、18.9%;二级枝长及基径分别比实施前增加 18.8%、36.8%(表 2,图 1)。

表 2 油茶生长量

Tab. 2 *Camellia oleifera* growth amount

观测指标	2010 年 (实施前)	2011 年 (实施 1 年)	2012 年 (实施 2 年)	平均 增幅 /%
树高/m	2.28	2.45	2.48	7.0
地径/cm	4.60	5.95	6.60	36.4
冠幅/m <sup>2</sup>	2.90	3.38	3.70	22.1
一级枝长/m	2.02	2.18	2.33	11.6
一级枝基径/cm	3.49	3.66	4.64	18.9
二级枝长/m	1.52	1.63	1.98	18.8
二级枝基径/cm	2.08	2.44	3.25	36.8

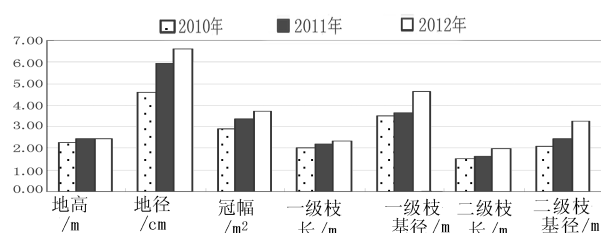


图 1 油茶改造前后生长量对比

Fig. 1 Comparison of *camellia oleifera* growth amount before and after the transformation

### 3.2 油茶果产量

通过实施各技术措施后,示范林鲜果产量有了大幅度提高,实施 2 年的平均总产果量由 2010 年(实施前)的 10.3 t 增加到实施后的年平均 32.45 t,增幅达 215%。单位面积的平均冠幅产量由 2010 年(实施前)的 0.45 kg/m<sup>2</sup> 增加到 1.13 kg/m<sup>2</sup>,增幅达 151%。产油量由 2010 年(实施前)的 105.0 kg/hm<sup>2</sup> 增加到 331.5 kg/hm<sup>2</sup>(按 6.8% 的果油率换算,

2010 年实测示范基地单株果油率平均为 6.8%), 增幅达 215%(表 3,图 2,图 3)。

表 3 油茶产量

Tab. 3 Production of *Camellia oleifera*

观测指标	2010 年 (实施前)	2011 年 (实施 1 年)	2012 年 (实施 2 年)	实施 后的 平均值	平均 增幅 /%
鲜果总产量 /t	10.30	18.60	46.30	32.45	215
产油量 /(kg·hm <sup>-2</sup> )	105.00	190.50	472.50	331.50	215
单位冠幅产量 /(kg·m <sup>-2</sup> )	0.45	0.69	1.56	1.13	151

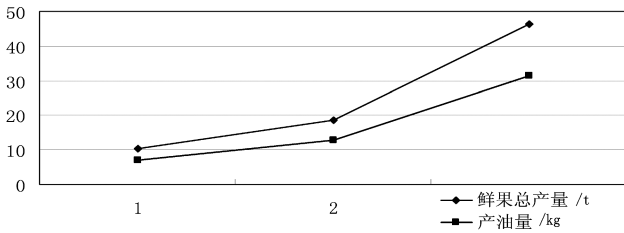


图 2 油茶年度产果量及产油量

Fig. 2 Fruit production and oil yield of *Camellia oleifera*

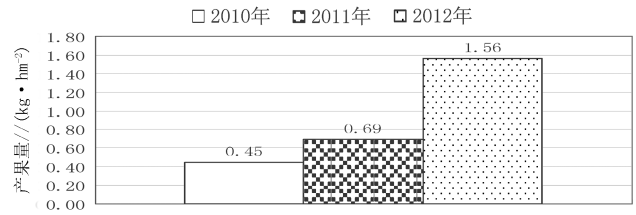


图 3 单位面积冠幅产果量

Fig. 3 Fruit production per unit area of crown

### 3.3 油茶果指标

在采取技术措施前后,实测样地各观测样株 20 个样果的果重、鲜籽重、籽粒数,项目实施后的年平均指标均有提高,2010~2012 年平均单果重分别为 13.6g、18.07g、18.45g,平均单果籽重分别为 5.38g、7.57g、6.95g,平均单果籽粒数分别为 2.3 粒、3.1 粒、3.4 粒,3 项指标分别比实施前提高了 34.26%、34.94%、42.11%(表 4)。分别对鲜果重、鲜籽重、籽粒数等观测指标进行了方差分析(表 5),结果表明,改造技术实施前后鲜果重、鲜籽重、籽粒数存在显著差异,尤其是鲜果重存在极显著差异。

### 3.4 高枝换接改良的效果

高枝换接试验结果,春节嫁接成活率为 0,夏

表 4 油茶果指标

Tab. 4 Index of *Camellia oleifera* fruit

样株号	2010 年			2011 年			2012 年		
	果重/g	籽重/g	籽数/粒	果重/g	籽重/g	籽数/粒	果重/g	籽重/g	籽数/粒
1	230	100	51	260	110	65	305	125	74
2	420	140	62	410	160	92	460	165	97
3	220	90	44	230	90	41	305	120	52
4	370	140	80	380	140	43	400	125	76
5	300	120	43	410	250	67	425	150	72
6	230	110	56	350	120	38	310	120	48
7	210	70	47	350	120	55	365	125	65
8	140	50	26	210	90	42	280	105	57
9	320	130	63	410	140	125	505	170	115
10	320	130	37	260	120	52	280	120	69
11	350	140	40	360	150	47	400	145	50
12	270	100	29	320	130	46	385	150	52
13	30	25	9	600	2580	96	385	165	70
14	300	150	58	390	190	70	345	160	64
15	370	120	39	480	180	56	385	140	47
平均单果	13.6	5.38	2.28	18.07	7.57	3.12	18.45	6.95	3.36

表 5 各年度果实指标方差分析  
Tab. 5 Variance analysis of fruit index in each year

差异源	自由度	均方			F 值			F0.05	F0.01
		果重	籽重	籽数	果重	籽重	籽数		
年度间	2	43620.556	7601.667	1925.622	5.35 **	4.86 *	4.56 *	3.22	5.15
误差	43	8145.794	1563.730	422.746					
总计	45								

季嫁接成活率较高,达 70%。由于管理措施到位,2012 年 9 月调查结果,嫁接株成活后的保存率达 100%。

2011 年 9 月观测,有一个接穗成活即算该嫁接头成活,成活 71 头 140 枝,成活率为 70%。

2012 年 8 月调查,保存 71 头 125 枝,保存率达 100%,成活并保存下来的接穗已有部分现花蕾。

#### 4 小结

在实施油茶低产林改造之前,有必要开展林分的本底调查,分析造成油茶林低产的原因。对由于林地、树体管理缺失造成的低产,主要采取的技术措施是清除杂木、垦复土壤、林地套种与间作、合理施肥、旱季灌水、整枝修剪、伐密补稀,对于品种劣质混杂造成的低产,还应实施高枝换接改良技术。项目

于 2010 年 7 月开展实施,截至 2012 年底,油茶果产量增加了 3 倍,由 2010 年的 10.3 t 增加到 2012 年的 46.3 t。可见,只要措施得当,油茶低产林可在 2~3 年内变为高产林。

高枝换接改良技术示范表明,嫁接时间选择春季嫁接成活率极低,几乎为 0,而夏季嫁接的成活率达 70%左右。因此,对于品种劣质、立地条件适合的低产林区,高枝换接改良切不可选择在春季,而应在夏季进行。

#### 参考文献:

- [1] 余江帆. 油茶低产林改造[M]. 北京:中国林业出版社,2010.
- [2] 曾亚军. 贵州油茶主产区茶林低产原因浅析[J]. 贵州林业科技,2011,39(1):54-56.

(上接第 123 页)

种植,2012 年发笋成竹量 151 秆/hm<sup>2</sup>,平均秆径 7.3 cm,竹材产量 2 416 kg/hm<sup>2</sup>,产值 652.3 元/hm<sup>2</sup>;2013 年发笋成竹量 144 秆/hm<sup>2</sup>,平均秆径 7.09 cm,竹材产量 2 160 kg/hm<sup>2</sup>,产值 583.2 元/hm<sup>2</sup>。

#### 5 结论

1)通过疏伐老秆、伐桩清理、施肥抚育,可提高发笋率 20%以上。

2)采取扒晒竹笋、施肥抚育措施能促进发笋能力进而提高经济效益。每年在春季扒晒新竹笋,挖除老残竹笋,5 月份施肥培土覆盖新竹笋,8 月下旬施肥覆土,可提高竹林发笋能力,保证竹笋质量,每年可收益 17 928 元/hm<sup>2</sup>。

3)灌水、施肥。干旱季节(2~5 月)在有条件的地方进行灌水,可促进提早发笋,增加发笋量,提高单位面积经济收入——每年云南甜龙竹可收益 52 860 元/hm<sup>2</sup>,龙竹可收益 62 490 元/hm<sup>2</sup>。

4)未进行抚育管理的竹林,发笋量非常小,必

须进行改造。

#### 6 建议

为保证竹丛具有发笋来源的新竹或竹笋,对新造竹林地进行施肥抚育;对低产竹林、老竹林进行疏伐老秆、伐桩清理、施肥抚育的改造;对连片成竹林进行竹笋扒晒、挖除老残竹笋,释放发笋空间、灌溉,施肥抚育,并做好病虫害防治工作,促进发笋,提高笋材质量、产量、产值。丛生竹竹丛发笋不可能全部笋都长成竹子,存在退笋现象,最好的经营模式就是每丛留下 7~8 个壮笋养成新竹,保证发笋来源,培养质量好的竹材,其余笋全部采除利用。

#### 参考文献:

- [1] 陈其兵. 丛生竹集约化培育模式技术[M]. 北京:中国林业出版社,2009:5.
- [2] 徐学军. 竹笋安全生产技术指南[M]. 北京:中国农业出版社,2011:57.

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2014.02.028

## 云南省林业社会化服务体系现状及发展对策

张立春

(漾濞县林业局,云南 漾濞 672500)

**摘要:**健全林业社会化服务体系对巩固集体林权制度改革成果具有重要意义。基于对云南省林业社会化服务体系现状的分析,对云南省林业社会化服务体系建设的现状提出了 4 点对策:进一步推进林权管理体系建设,进一步加快林农专业合作社建设,进一步加大金融支持力度,进一步加大科技服务能力建设。

**关键词:**林业社会化服务体系;林权管理体系;集体林权制度改革;产权交易;林权抵押贷款;林农专业合作社

中图分类号:S7;F316.23 文献标识码:B 文章编号:1671-3168(2014)04-0129-03

## Status of Forestry Socialization Service System and Development Countermeasures in Yunnan Province

ZHANG Li-chun

(Forestry Bureau of Yangbi County, Rangbi, Yunnan 6572500, China)

**Abstract:** Perfecting forestry socialization service system is of great significance to consolidate the achievement of collective forest right system reform. Based on the analysis of the present situation of forestry socialization service system in Yunnan Province, four countermeasures have been put forward: promote the construction of management system of forest right; accelerate the construction of farmers' specialized cooperatives; increase financial support; increase the scientific and technological service ability construction.

**Key words:** forestry social service system; forest rights management system; collective forest right system reform; property transactions; forest right mortgage loan; farmers' specialized cooperatives

2005 年,云南省启动集体林权制度主体改革,至 2010 年 7 月,云南省委、省政府召开了“深化集体林权制度改革总结表彰大会暨林业产业发展大会”,云南省集体林权制度主体改革基本完成。主体改革期间,全省应确权集体林地 1 820 万  $\text{hm}^2$ ,已确权 1 800 万  $\text{hm}^2$ ,98% 以上的集体山林确权到农户,农户对山林有了自主权。农户成为经营主体后,发展林业产业的积极性极大提高,但林农在经营过程中,

由于个体分散、知识水平有限以及信息闭塞等原因,在选择适合的林木品种、管好林地以及做好林产品销售等方面存在着问题,农户在林木的产前、产中、产后均遇到发展瓶颈,因此,加强林业社会化服务,健全林业社会化服务体系,对于巩固集体林权制度主体改革成果,建设美丽乡村,实现林业现代化具有重要意义。

收稿日期:2013-12-11.

作者简介:张立春(1972-),男,云南漾濞人,助理工程师。主要负责森林资源管理。

## 1 林业社会化服务体系

林业社会化服务是从农业社会化服务演变而来的概念,是指为林业发展提供产前、产中和产后服务的服务组织和活动的组合<sup>[1]</sup>。林业社会化服务体系是主要通过技术指导、技术服务、政策咨询、营销协作、联系政府等职责完成对林业的社会化服务。林业社会化服务体系建设的必然要求,是促进林改后林业各生产要素能顺利地流动、切实实现林产品的价值增值、提高林业经济效益、增加林农收入的可靠保障<sup>[2]</sup>。

## 2 林业社会化服务体系现状

### 2.1 林业产权交易机构

2011年11月,云南省林业厅与省工业投资控股集团有限公司签署战略合作协议,依托云南产权交易所有限公司成立了林权交易中心,通过专业的林业资源资产交易平台,在全省范围内开展林权交易<sup>[3]</sup>。同时,通过在州(市)、县(市、区)建立了林权管理服务中心,建立以管理、交易及服务为主的林权管理体系,实现对林权的规范管理。截至2013年底,全省已建立林权管理服务中心139个,其中州市级10个,县级129个,覆盖率达100%,基本实现了对林权登记、林权档案信息、业务协同办理、林业资源共享等的有效管理。

### 2.2 林业社会化服务机构

林业社会化服务机构主要有林农专业合作社、林业产业协会及森林资源资产评估中介机构。

#### 2.2.1 云南省林农专业合作社发展迅速

截至2013年底,全省在工商注册登记的林农专业合作社3000多个,涉及经济林果、木本油料、野生动物驯养繁殖、林下中药材、野生食用菌、竹笋、花卉苗木、木材加工等产业,经营内容从种植培育到产品流通与加工等领域均有开发。云南省政府先后出台了《关于推进林农专业合作社的意见》、《云南省林农专业合作社省级示范社认定和管理办法》,开展了林农专业合作社省级示范社创建活动,加快了林农专业合作社的建设。

#### 2.2.2 林业行业协会纽带作用明显

林业行业协会是林业社会化服务的重要机构,经过多年发展,成立了云南省林业产业协会、云南省观赏苗木协会、云南省核桃产业协会及云南省竹藤产业协会等多家省级协会组织,普洱市、大理州成立了州市产业协会,德宏州成立了石斛产业协会。各

类产业协会在政策咨询、信息服务、科技推广及行业自律方面充分发挥作用,成为联系林业企业与政府的有效纽带。

### 2.2.3 森林资源资产评估体系建立

2010年10月,省林业厅、财政厅、人民银行昆明中心支行、云南银监局出台《云南省森林资源资产评估管理暂行办法》,对森林资源资产评估进行规范管理,开展了森林资源资产评估咨询人员培训。截至2013年,全省经财政部门批准成立的森林资源资产评估机构69家;林业调查规划资质单位136个;经中国资产评估协会和国家林业局培训合格的森林资源资产评估咨询人员815人,森林资源资产评估体系逐步建立。

### 2.3 林业科技服务

截至2013年,全省累计实施林业科技推广项目343项,其中国家级81项,省级262项。开展实用新技术培训75.65万人次,营造示范林8.33万 $\text{hm}^2$ ,辐射带动24.33万 $\text{hm}^2$ ,良种推广面积达80万 $\text{hm}^2$ ;全省13个州市、17个县(市、区)设立了林业科学研究所,16个州市、104个县(市、区)设立了林业技术推广站,林业科研和技术推广服务网络基本形成<sup>[4]</sup>。

### 2.4 林权抵押贷款

云南省政府重视林权抵押贷款工作,相继出台了《关于改善金融服务支持林业发展和集体林权制度改革的实施意见》、《云南银行业林权抵押贷款管理暂行办法》、《加快推进林权抵押贷款工作意见的通知》等文件,明确了相关政策措施,推进林权抵押贷款工作顺利开展。2008年以来,云南省林权抵押贷款总量持续增加。截至2013年9月,全省林权抵押贷款余额130亿元,比2008年末增加了115亿元,2008~2012年林权抵押贷款余额年均增长67.64%,自2010年以来一直位居全国第一。全省办理林权抵押贷款业务的银行业金融机构达17家,涉及政策性银行、国有商业银行、股份制商业银行、地方法人金融机构等。林权抵押贷款涉及的农户和企业数分别为13000多户和600多家,受益农户和企业的持续增加,不断激活了农村林业产业资源,盘活了林业资本,促进了森林资源优势转化为现实经济,有效地推动了云南省林业产业的快速发展<sup>[5]</sup>。

### 2.5 森林保险

据统计,截至2013年,云南森林火灾保险已覆

盖全省16个州市,野生动物公众责任保险试点由3个州市扩大到7个州市。

### 3 发展对策

#### 3.1 进一步推进林权管理体系建设

推进林权管理服务中心建设工作,实现省、州、县三级联网,完成全省林权流转及林产业的网络化、数字化管理,加强制度化、专业化、信息化建设,提升林业社会化服务水平。依托已建立的省级林权交易平台,以县级林权管理服务中心为载体,搭建覆盖全省、面向全国林权交易平台,实现林权网络化交易。通过林权交易平台保障公平交易,解决信息不对称问题,维护林权交易相关人的合法权益,保障林权所有者依法、自愿、有偿地对森林经营权和林木所有权进行公平交易。

#### 3.2 进一步加快林农专业合作社建设

扶持发展林业专业合作组织,积极引导林农采取自愿联合、入股分红、委托经营、有偿转让、集中管护等方式,组建林农专业合作社,实行规模化、集约化经营,继续开展林农专业合作社省级示范社创建活动,树立一批可学可推的典型示范社,发挥示范引领作用,提高林农的组织化、规模化、标准化、集约化经营,提高林业产业抵御市场风险的能力。

#### 3.3 进一步加大金融支持力度

加强与金融、保险等部门协调,规范引入社会资本,建立多层次、多渠道的林业投融资体系。开发适合林业特点的信贷产品,健全林权抵押贷款制度,拓

展林业融资渠道,开办林权抵押贷款、林农小额信用贷款和林区农民联保贷款等业务。深入推进森林火灾保险和野生动物肇事公众责任险,不断拓展保险范围,完善定勘与理赔机制,增强林农和林业企业抵御、抗击灾害风险的能力。

#### 3.4 进一步加大科技服务能力建设

围绕制约林业发展的关键技术问题,加强技术研究,提升林业科技创新能力。特别要重点突破广大林农广泛种植的核桃、油茶等特色经济林,林下药材、石斛等森林生态食品的专攻技术深度研发。加快县级林业技术推广重点站和标准站建设,积极推广木本油料丰产增产、中幼林增效、果材兼用林营造等技术,培训各级林业技术人员及林农,以提高科技服务林农能力。

#### 参考文献:

- [1] 钟艳,谷梅. 林业社会化服务体系的问题与对策探讨[J]. 绿色中国,2005(8):47-48.
- [2] 冷清波. 江西省集体林权制度改革及配套服务体系建设研究[M]. 北京:气象出版社,2009.
- [3] 武建雷. 云南林权交易中心挂牌[J]. 云南林业,2011(6):16.
- [4] 侯新华. 抓住机遇 锐意进取 为全面提升林业发展水平提供科技支撑. [EB/OL]. <http://www.ynly.gov.cn>. [2013-02-21]
- [5] 刘健伟. 云南省林权抵押贷款业务呈现5个主要特点. [EB/OL]. <http://www.ynly.gov.cn/8415/8552/8553/93305.html>. [2013-11-28]

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2014.02.029

## 合成孔径雷达技术在林业中的应用综述

肖虹雁,岳彩荣

(西南林业大学林学院,云南 昆明 650224)

**摘要:**近年来合成孔径雷达(SAR)技术得到快速发展,它通过飞行平台的向前运动来实现合成孔径。它的穿透特性使它获取的影像基本不受云、雾的影响,而且能够透过地表和植被获取地表以下信息。最初用于军事上探测空中和地面的运动目标,后来逐渐应用到农业、林业、地质、环境、水文、灾害、测绘等领域。文中主要介绍合成孔径雷达技术的特点及其在森林资源调查、森林分类、自然灾害监测、森林蓄积量和生物量估测、土地利用分类、土壤水份估测等林业中的应用现状,对合成孔径雷达技术在林业中的应用前景进行了展望。

**关键词:**合成孔径雷达技术;林业应用;遥感技术

中图分类号:S75;TN95 文献标识码:B 文章编号:1671-3168(2014)04-0132-04

## Review of Synthetic Aperture Radar Application in Forestry

XIAO Hong-yan, YUE Cai-rong

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

**Abstract:** In recent years, synthetic aperture radar (SAR) has been rapidly developed, which realizes synthetic aperture through the forward movement of the flying platform. Its penetrating characters are not affected by cloud or fog to obtain images and penetrate the surface of the earth and vegetations to get information below the earth. Originally, it is used in military to detect air and ground moving targets and then gradually applied to agriculture, forestry, geology, environment, hydrology, disasters, surveying and mapping and so on. This paper introduces the characteristics of SAR, and its application status in forest resources survey, forest classification, natural disaster monitoring, forest volume and biomass estimation, land use classification and soil moisture estimation etc., Future SAR application in forestry sector has been prospected.

**Key words:** synthetic aperture radar; forestry; application; remote sensing technology

合成孔径雷达(Synthetic Aperture Radar, SAR)是一项微波遥感技术,主要通过多普勒波束锐化和脉冲压缩获得观测目标沿传感器运动方向和视线方向上的二维高分辨率斜距影像<sup>[1-2]</sup>。它的主要特点

是能够获取高分辨率影像且不受天气状况的影响,同时大幅面对地观测,它工作于微波波段,在这个范围内,对植物及地表有一定的穿透能力,这些特点使得它在林业应用上有巨大的优势。

收稿日期:2013-12-02.

基金项目:国家自然科学基金(31260156)。

作者简介:肖虹雁(1989-),女,福建三明人,硕士研究生。主要研究方向:资源与环境遥感。Email:742929194@qq.com

通信作者:岳彩荣(1964-),男,云南建水人,博士,教授,博士生导师。从事遥感与GIS的教学与研究。Email:cryue@163.com 或 cryue@126.com



20 世纪 50 年代初, Carl Wiley 对发展 SAR 原理做出了的重大贡献, 他提出了用频率分析方法改善雷达分辨率。20 世纪 70 年代初, 利用单波段真实孔径雷达 (SLAR) 在北美和热带地区就进行了森林调查和制图研究<sup>[3-5]</sup>。随着生产实践的需要, 有关合成孔径雷达技术的星载卫星得到迅猛发展。2006 年 1 月, 日本宇宙航空研究开发机构 (JAXA) 研制的 ALOS 卫星发射成功。2007 年 12 月, 加拿大空间局和 MacDonalD Dettwiler (MDA) 在 RADAR SAT-1 卫星的基础上发射了第二代地球观测卫星 RADAR-SAT-2。2007 年 6 月, 意大利国防部 (MOD) 和意大利空间局 (ASI) 共同资助, 阿莱尼亚航天公司负责研制的地球观测卫星 COSMO-SkyMed 1 发射成功; 2007 年 12 月, COSMO-SkyMed 2 卫星发射成功; 2008 年 10 月, COSMO-SkyMed 3 卫星也发射成功; COSMO-SkyMed 整个卫星星座由 4 颗 X 波段 SAR 卫星组成的, 发射任务已于 2009 年底前完成。2007 年 6 月, 德国发射了一颗专门用来获取雷达影像的卫星——TerraSAR-X 卫星, 该卫星已于 2008 年 1 月正常投入运行。2010 年 6 月, 其姊妹星“陆地合孔径雷达附加数字高程测量-X” (TanDEM-X) 卫星也发射升空, 与 TerraSAR-X 编队飞行。从最初应用于军事上探测空中和地面的运动目标到逐渐应用到林业工作中, 合成孔径雷达的应用范围得到极大扩展, 并取得了突破性进展。

## 1 SAR 的特点及应用领域

### 1.1 SAR 的特点

SAR 的工作原理: 当合成孔径雷达对地球表面扫描时, 雷达波束到达地面, 经反射和后向散射返回的地磁波被雷达接收。接收后的信号经过数字化处理变成数字资料, 这些数字资料包含着被探测点的斜率和粗糙度信息。每个探测点的数据代表一个像素, 许多像素合成一个二维图像。

1) 多参数 (多频段、多极化和多视角) 合成孔径雷达系统: 当合成孔径雷达发射不同波段、不同极化的电磁波和电磁波以不同入射角照射地物时, 合成孔径雷达会接收到不同地物微波散射信息。

2) 聚束合成孔径雷达: 采用聚束技术, 雷达的天线波束可以始终锁定某一区域, 实现小区域成像, 得到比带状合成孔径雷达更高的分辨率。

3) 超宽带合成孔径雷达: 这是将超宽带技术与合成孔径技术相结合, 使其同时具有很高的距离分辨率和方位分辨率。

4) 极化干涉合成孔径雷达: 既具有极化 SAR 的特点又具有干涉 SAR 的特点——干涉 SAR 获取目标能力和极化 SAR 对不同散射机理的分辨能力。

### 1.2 应用领域

由于合成孔径雷达 (SAR) 工作波段在微波波段 (1 mm~1 m), 即使在黑夜也能正常工作, 它发射的微波可以穿透云层, 因而不受恶劣天气的影响。这种全天候、全天时和高分辨率的观测优势是可见光和红外传感器及其它微波传感器所没有的。目前广泛应用于军事侦察、海洋和沿海区域观测、监测雨林地区的伐木情况、测量风、云以及在地球表面移动的物体的速度、监测地表形变、农作物种类监测等。近年来, 国内外研究学者相继开展了 SAR 在林业上的应用研究, 从 SAR 数据中成功提取了各种森林参数, 如位置、树高、树干和叶面积指数、森林蓄积量和森林生物量等。这推动了 SAR 在林业上更广泛的应用。

## 2 合成孔径雷达技术在林业上的应用

在林业中, 合成孔径雷达技术能提供丰富的植被和土壤信息以及在提高估测植被树高、森林蓄积量和森林生物量等精度方面极具优势, 同时在目标三维特征提取、监测地表形变上有极大潜力, 利用其高分辨率影像, 对林业中森林资源调查、森林分类、森林自然灾害监测、森林蓄积量和生物量估测、土地利用分类、土壤水分估测有着重要作用。

### 2.1 森林资源调查

SAR 技术与其他遥感技术相比具有显著优势, 因此利用 TerraSAR-X 影像探测森林植被的特征, 帮助识别林种、森林灾害、林密度、年龄、健康情况等, 并加快林区图像更新速度, 监测采伐活动, 在某些地区 SAR 甚至是唯一的信息源<sup>[6]</sup>。目前, 在森林资源调查方面利用欧空局的 TerraSAR-X 数据已进行了区域林木覆盖率调查、主要树种的分布情况调查、林业生产状况 (林分质量、林木蓄积等) 调查, 以及林区基础设施建设和森林资源控制 (评估资源损失和资源变化的动态监测) 等<sup>[7]</sup>。

2005 年 Neff 等<sup>[8]</sup> 利用 SAR 干涉技术对热带森林植被进行高度测量, 利用 SAR 地表干涉表面模型 (P 波段) 的后向散射信息, 得到较高的植被精确度达 89%。相比一般估计植被高度的方法, 精度较大。在进行反演植被参数时, 可以利用单基线极化干涉 SAR 技术, 然而结果不理想——植被高度往往被低估, 主要原因是观测数据的最小地体幅度比影

响冠层或地表有效相位中心的估计。考虑到单基线极化干涉 SAR 技术反演植被参数方法的这一缺陷,陈曦等<sup>[9]</sup>通过增加另一个基线的极化干涉 SAR 数据,适当改进双基线极化干涉 SAR 技术的方法,有效地降低植被参数估计的动态偏差,最后验证得出双基线方法的结果在植被区域上要比单基线方法约高出 2 m,反演的树高结果更接近模拟落叶林的 8 m 树高。由此可知,通过极化干涉 SAR 技术,由单基线到双基线的技术改进,可以提高树高反演精度。

## 2.2 森林分类

森林的滥砍滥伐和退化加速了全球气候变暖和生物多样性的减少,因此掌握大尺度上的森林现状及其随时间的变化是一项紧迫任务。SAR 技术可以有效监测森林资源,不受云、雨天气影响获取所需数据。Radarsat SAR、ERS-1/2、TanDEM-X 和 Envisat ASAR 等卫星能进行大幅面对地观测、提供大尺度的高分辨率雷达图像,从而高效地绘制森林分类图,为森林分类提供依据。

因此,大多数研究利用 Envisat ASAR 数据的多时相、多模式的强度信息进行小区域森林分类识别方面的应用。田昕等<sup>[10]</sup>利用 ERS-1/2 串行数据相干模型,采用 MODIS VCF 产品提供全球亚像元的林地冠层盖度信息(分辨率为 500m)进行训练的方法,从而确定了冬季 HH 和 HV 极化比值为最佳分类特征影像,因此冬季是森林和非森林分类数据获取的最佳时间。同时提出了利用单次成像的 Envisat ASAR HH 和 HV 极化数据进行森林制图的面向对象的分类方法,进行中国东北森林和非森林制图,取得了满意的分类精度。由于 ENVISAT ASAR 数据具有多时相、多入射角时的后向散射强度特点,许多学者通过研究,分析了使用其数据来进行森林制图的可行性,并进行了初步试验,结果表明,通过使用 ENVISAT ASAR 数据进行森林制图是非常有潜力的<sup>[11-16]</sup>。

Michael Schlund 等<sup>[17]</sup>在卡里曼丹中部利用 TanDEM-X 数据、野外数据和航空相片作为参考数据,通过类定义、特征提取及分割、特征选择、疏林和封禁林的特征分析、分类及精确分析等方法,得出干涉相干获得 2 种类型的最大距离,是区分疏林和封禁林的唯一特征,由此可知,通过 TanDEM-X 数据的干涉相干性能区分不同的森林类型。

## 2.3 森林自然灾害监测

将遥感技术应用于灾害预警监测评估领域,SAR 是一种有效的技术手段。极化干涉 SAR 是极

化 SAR 和干涉 SAR 的融合,更具独特的优势,对定量化 SAR 遥感应用<sup>[18]</sup>及灾害损失评估具有重要意义。如可利用极化干涉 SAR 数据进行植被生物量异常信息提取的灾前预警——植被损失监测的灾中监测——植被损失评估的灾后评估。

Sherman, W. R. 等<sup>[19]</sup>研究了干涉 SAR 对监测森林火灾损失的适用性。通过获得森林火灾前、后的 JERS-1 干涉数据对,产生试验区的多视强度图和相干图,与没有受损的森林相比,火灾受损森林的强度和相干性发生变化。结果表明,火灾发生后强度有所下降,但变化不足以清楚地阐明和提取受损森林。另一方面,在火灾后受损区域与强度相比相干性显著增加,能更容易解释和提取受损区域。最后实验研究支持干涉 SAR 能有效地检测和监测由于森林火灾和森林砍伐导致的土地覆盖变化。

## 2.4 森林蓄积量和生物量估测

森林生物量是森林很重要的特征数据,微波遥感具有的穿透特性能对植被的树干和枝发生作用,特别是在多云雨雾的热带、亚热带地区及高纬度地区的森林,而可见光和红外遥感受到了极大的限制、同时在受到自然条件限制而不能进行生物量估测时起到主要作用,能够快速实现森林生物量估算和监测工作。目前已证实 SAR 后向散射强度对森林生物量的敏感性——树干和大树的枝对雷达波段都是强反射体,所以 SAR 技术在森林生物量估测方面具有极大潜力。

Harrell 等<sup>[20]</sup>使用来自 SIR-C 系统的 C 和 L 波段多极化雷达影像,建立逐步多元线性回归方程,以不同通道的后向散射系数作为自变量,总生物量作为因变量,估测生物量。在某种程度上,SAR 影像可以用来进行生物量估算,但在不受人类影响的情况下,开展天然混交林的生物量估算更具挑战性。在芬兰,天然林位于中间地带,使得生物量估计复杂化,机载激光扫描在这一区域被认为是生产相对准确的生物量估计的唯一可用方法。Karjalainen Mika 等<sup>[21]</sup>通过使用 ALOS PALSAR 的细光束偏振和双偏振图像对天然林的森林生物量进行估计,使用回归模型估计得出双极化  $R^2$  为 0.53 和四极化  $R^2$  为 0.72。Erik Naesset 等<sup>[22]</sup>通过把 LiDAR 和 InSAR 作为辅助数据对挪威北方森林进行模型辅助区域森林生物量估算。他们在 960 km<sup>2</sup> 挪威北方森林地区基于分层概率抽样选出 201 块调查样地,对于整个研究区,地上总生物量估算分别为 116.0, 101.2 和 111.3 mg/hm<sup>2</sup>,相应的标准差估计为 3.7, 1.6 和

3.2 mg/hm<sup>2</sup>。而在林分中 LiDAR 和 InSAR 的均方根误差分别为 17.1 ~ 17.3 mg/hm<sup>2</sup> 和 42.6 ~ 53.2 mg/hm<sup>2</sup>, 得出的结论是在研究遥感技术用更小的估计误差而不是基于实地抽样调查来实现生物量估计。Svein Solberg 等<sup>[23]</sup> 在挪威南部以云杉为主的森林中用 InSAR 数据监测云杉蓄积量和生物量, 研究目的是描述如何从 InSAR 高度估计准确的蓄积量和生物量同时测试它们之间是否是曲线关系。他们选择 28 个林分建立 192 个 250 m<sup>2</sup> 的圆形样地, 并用差分 GPS 准确定位。最后得出 InSAR 高度与蓄积量和地上生物量成正比, InSAR 高度每增加 1 m, 相应地蓄积量增加 23 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>, 生物量增加 14 t/hm<sup>2</sup>。在样地中均方根误差值为 43% ~ 44%, 在林分中均方根误差为 19% ~ 20%。

森林生物量是森林生态系统最基本的数量特征, 它既能表明森林的经营水平和开发利用价值, 又能反映森林及其所在环境物质循环和能量流动上的复杂关系。因此, 对森林生物量准确估算十分必要。而随着 SAR 和基于 SAR 数据的森林生物量反演技术的发展以及 SAR 森林生物量估测技术将逐渐趋于成熟, 将在区域和全球森林生物量估测和全球生态系统的研究上发挥愈来愈重要的作用。

## 2.5 土地利用分类

由于相位干涉相干技术 (Interferometric Coherence) 发现相位信息具有很强的规律性, 存在很广泛的遥感应应用潜力。InSAR 不仅可以用来获取地表高程信息, 同时其所包含的地表物体间影像相关信息也可以应用在土地利用等传统遥感应应用领域<sup>[24-27]</sup>。

凌飞龙等<sup>[28]</sup> 提出了一种适合福建省特殊环境的 SAR 图像和光学图像相结合的土地覆盖/利用分类方法。他们利用欧空局的 ERS-1/2 和 ENVISAT ASAR 卫星数据, 以福建漳州地区进行了试验, 分别对 SAR 图像的后向散射强度信息和相位信息进行了分析, 并对适合土地分类的合适数据的选取进行了探讨。

TM Kuplich 等<sup>[29]</sup> 用 ERS-1 SAR 和 TM 影像来研究土地利用分类, 他们对 TM 和 SAR 影像进行配准同时使用主成分转换, 使用最大似然法进行分类, Kappa 系数表明, 当对过滤后的 SAR 和 TM 影像主成分提取城市、草场和森林时, 显著提高了分类结果。这说明 SAR 影像有利于土地利用分类的提取。

## 2.6 土壤水分估测

微波波长相对较长, 它的穿透特性能够穿透植被, 并对土壤具有一定的穿透能力。土壤水分是植

物生长发育的基本条件, 因此土壤水分估测是一值得关注的问题。而传统的测量土壤水分的方法在野外的实际操作和后续的数据处理过程都是相当繁琐复杂, 给农业、林业生产以及生态环境预警带来了诸多不便。同时, 低频波段 SAR 数据的后向散射系数对土壤含水量非常敏感<sup>[30-35]</sup>。因此, SAR 技术飞速发展在实际的土壤水分监测中具有广泛的应用前景。

曾远文等<sup>[36]</sup> 基于光学数据获取植被含水量信息, 利用“水-云”模型去除植被覆盖对土壤后向散射的影响, 运用去除地形和植被影响的后向散射系数, 结合现有的土壤水介电模型, 计算得出研究区的土壤表层水分信息。Jagdhuber, T. 等<sup>[37]</sup> 利用多角度极化分解在低植被覆盖区进行土壤水分估测。多角度观测多样性进一步增加了土壤水分反演的空间信息, 使反演率升高同时使反演性能稳定。包含所有测试点的各种作物类型, 估计验证与地面测量土壤水分相反, 均方根误差水平在 6 ~ 8 vol. %。

## 3 结语

### 3.1 存在的不足

虽然 SAR 技术快速发展, 但在林业研究中仍存在不足之处:

1) SAR 图像数据斑点噪声大, 较之其他来源的噪声更难以有效地去除且严重干扰了地物信息的提取与 SAR 图像的应用效果, 噪声严重时, 甚至可导致信息的消失<sup>[38]</sup>。

2) SAR 影像因其特殊的机理和影像特点为与光学遥感影像迥异, 对于 SAR 雷达遥感, 地物波谱特性主要表现为地物在雷达系统参数和环境变量条件下具有不同的雷达后向散射特性。而侧视成像的几何特性导致雷达影像中的阴影、透视收缩、顶底倒置为影像解译带来困难。

3) 在利用 InSAR 测定树木高度的过程中包含一定的不确定性——由于体散射影响, 测高结果偏差较大, 同时相位展开是非常重要的步骤。

4) 多源信息的有机融合研究, 富集多种遥感信息能提高 SAR 的森林生物量与生产力估算以及森林监测, 但必须克服不同传感器提供的海量数据进行快速、有效地信息关联和复合, 这是一个值得深入研究的课题。

5) 由于商业化高分辨率 SAR 数据还未能免费且价格比较昂贵, 对于林业研究方面, 成本较高, 这严重地限制了 SAR 技术在林业中的广泛应用。

### 3.2 未来展望

经过近年来的发展,合成孔径雷达技术与系统从单波段、单极化已逐步发展到多波段、全极化 SAR、干涉 SAR 遥感<sup>[39]</sup>,到极化干涉 SAR 把 SAR 遥感应用推向高潮,期望实现从高分辨率定性成像到精确高分辨率定量测量的转变。同时在信号处理上发展到数字实时处理、工作体制向多频多极化发展、工作模式形式多样以及成像维数上已到三维高程信息的获取,变化显著。

高分辨率 SAR 数据所包含的地表物体间相关信息可应用到土地利用分类中同时可用于提高土地利用分类的精度和分类可靠性,而 SAR 工作体制向多极化发展,因此利用 SAR 系统极化信息对提高土地利用分类精度将是今后工作方向之一。同时与传统方法相比,在保持较高模拟精度的前提下,进行大范围森林场景 SAR 遥感数据模拟,成像维数从二维发展到三维,增强立体感。因而 POLINSAR 技术具有很强的生命力,可以应用于地表植被高度估计、高精度 DEM 提取、地物分类和参数反演、生物量监测等,都是未来需要继续研究的方向。

最后,与传统遥感技术相比,作为一个新兴的技术——雷达技术,利用其优势,为林业遥感信息源的获取以及研究林业应用方面带来了新的前景。

### 参考文献:

- [1] Brown W M. Synthetic aperture radar[J]. *IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems*, 1967, 3(2): 217-229.
- [2] Wiley C A. Synthetic aperture radar[J]. *IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems*, 1985, 21(3): 440-443.
- [3] 廖静娟. 成像雷达在森林生态研究中的应用[J]. *遥感技术与应用*, 1998, 13(2): 57-62.
- [4] 朱晓铃. Envisat ASAR 数据处理及其在农林资源监测上的应用[D]. 福州大学, 2005.
- [5] 杨永恬, 李增元. 基于 ALOS PALSAR 双极化模式数据的森林覆盖识别方法研究[J]. *安徽农业科学*, 2010, 38(18): 9840-9844.
- [6] 梁源川. TerraSAR-X 在热带森林资源监测管理中的应用[C]// 高分辨率卫星 SAR 技术与应用专题研讨会, 杭州, 2008.
- [7] 巨文珍, 王新杰. 合成孔径雷达技术在林业中的应用[J]. *世界林业研究*, 2009, 22(5): 40-45.
- [8] Neeff T, Durra. L V, Santos. J R, et al. Tropical forest measurement by interferometric height modeling and P-band radar backscatter[J]. *Forest Science*, 2005, 51(6): 585-594.
- [9] 陈曦, 张红, 王超. 等. 双基线极化干涉合成孔径雷达的植被参数提取[J]. *电子与信息学报*, 2008, 30(12).
- [10] 田昕, 李增元, 陈尔学, 等. 基于 ERS-1/2 和 Envisat ASAR 数据的大区域森林制图研究[J]. *北京林业大学学报*, 2013, 35(1): 7-15.
- [11] Julien L'Hermitte, Thuy Le Toan, Manuela Grippa. Monitoring the Siberian boreal forest using ENVISAT/ASAR data: First analysis results[R], *IEEE International Geoscience And Remote Sensing Symposium*, 2005.
- [12] Andrea Wiesmann, Urs Wegmuller, Thuy Le Toan. Use of ENVISAT ASAR Wide-Swath Mode Data over Siberia for large area land cover mapping, parameter retrieval, and change detection[R], *IEEE International Geoscience And Remote Sensing Symposium*, 2005.
- [13] P. Lohmann, M. Tavakkoli, U. Wissmann. Environmental Mapping Using ENVISAT ASAR Data, <http://www.ipi.uni-hannover.de/html/publikationen/2005/workshop/055-lohmann.pdf>.
- [14] David G. Goodenough, Hao Chen, Andrew Dyk. Multi-temporal Evaluation with ASAR of Boreal Forests[R], *IEEE International Geoscience And Remote Sensing Symposium*, 2005.
- [15] Chinatsu YONEZAWA, Nobuhiro TOMIYAMA, Takao YAMAKOSHI. Land Surface Observation Using Multi-polarization ENVISAT ASAR Data[R], *IEEE International Geoscience And Remote Sensing Symposium*, 2004.
- [16] Zengyuan Li, Yong Pang, Erxue Chen, Forest Mapping Using ENVISAT and ERS SAR Data in Northeast of China[J], *IEEE International Geoscience And Remote Sensing Symposium*, 2005.
- [17] Schlund, M., et al., Importance of bistatic SAR features from TanDEM-X for forest mapping and monitoring, *Remote Sensing of Environment* (2013), <http://dx.doi.org/10.1016/j.rse.2013.08.024>.
- [18] 郭华东, 李新武, 王长林. 极化干涉雷达遥感机制及作用[J]. *遥感学报*, 2002, 6(6): 401-405.
- [19] Sherman W. R., Penick M. A., Harris F. C. VRFire: an Immersive Visualization Experience for Wildfire Spread Analysis[J], *Virtual Reality Conference*, 2007: 243-246.
- [20] Harrell P A, Kasischke E S, BourgeauChavez L L, et al., Evaluation of approaches to estimating aboveground biomass in southern pine forests using SIR-C data[J]. *Remote Sensing of Environment*, 1997, 59(2): 223-233.
- [21] Mika Karjalainen, Ulla Pyysalo, Kirsi Karila, et al. Forest biomass estimation using ALOS PALSAR images in challenging natural forest area in Finland[J]. *Island of*

- Rhodes. 2008.
- [22] Erik Naesset. Model-assisted regional forest biomass estimation using LiDAR and InSAR as auxiliary data: A case study from a boreal forest area[J], *Remote Sensing of Environment*, 2011, 115:3599-3614.
- [23] Solberg, S. . Monitoring spruce volume and biomass with InSAR data from TanDEM-X[J], *Remote Sensing of Environment*, 2013, 139 :60-67.
- [24] U. Wegmüller, C. Werner. Retrieval of vegetation parameters with SAR interferometry[R], *IEEE Trans. Geosci. Remote Sensing*, 1997, 35(1) :18-24.
- [25] Andy. Zmuda, “ESA-China cooperation report: Analysis of Land Use and Urban Change Detection Using GIS and Remote Sensing, 1999.
- [26] Marcus E. Engdahl and Juha M. Hyyppä, “Land-Cover Classification Using Multitemporal ERS-1/2 InSAR Data”, *IEEE TRANSACTIONS ON GEOSCIENCE AND REMOTE SENSING*, 2003, 41(7).
- [27] Grey W. M. F, Luckman A. J. , Using SAR interferometric phase coherence to detect urban change[R], *Proc. of RSS99 Earth Observation From Data to Information*, University of Wales, 1999, ( r5 ):457-464.
- [28] 凌飞龙,汪小钦,陈亨霖. SAR 图像土地覆盖/利用分类方法研究 [ C ]//“科学合理用地,推进海西建设”——福建省土地学会 2006 年学术年会论文集,2006.
- [29] TM Kuplich. The study of ERS-1 SAR and Landsat TM synergism for land use classification [ J ]. *International Journal of Remote Sensing*, 2000, 21:2101-2111.
- [30] 张俊荣,王丽巍,张德海. 植被和土壤的微波介电常数 [ J ]. *遥感技术与应用*, 1995, 10(3) :40-50.
- [31] 高峰,王介民,孙成权,等. 微波遥感土壤湿度研究进展 [ J ]. *遥感技术与应用*, 2001, 16(2) :97-102.
- [32] 钟若飞,郭华东,王为民. 被动微波遥感反演土壤水分进展研究 [ J ]. *遥感技术与应用*, 2005, 20(1) :49-57.
- [33] 董彦芳,孙国清,庞勇. 基于 Envisat ASAR 数据的水稻检测 [ J ]. *中国科学(D 辑)*, 2005, 35(7) :682-689.
- [34] Dong Y F, Sun G Q, Pang Y. Monitoring of Ricecroop Using Envisat ASAR Data [ J ]. *Science in China (Series D) : Earth Sciences*, 2006, 49(7) :755-763.
- [35] 周鹏,丁建丽,高婷婷. C 波段多极化 SAR 反演土壤水分研究 [ J ]. *新疆农业科学*, 2010, 47(7) :1416-1420.
- [36] 曾远文,陈浮,雷少刚,等. 基于雷达和光学影像监测土壤表层水分 [ J ]. *江苏农业科学*, 2012, 40(2) :320-323.
- [37] Jagdhuber, T. , Soil Moisture Estimation Under Low Vegetation Cover Using a Multi-Angular Polarimetric Decomposition [ R ]. *Geoscience and Remote Sensing, IEEE Transactions on Volume*, 2013, 51:2201-2215.
- [38] 吴一戎,朱敏慧. 合成孔径雷达技术的发展现状与趋势 [ J ]. *遥感技术与应用*, 2000, 15(2) :121-123.
- [39] Thomas Flynn, Mark Tabb, Richard Carande. Direct estimation of vegetation parameters from covariance data in polarimetric SAR Interferometry [ R ]. *IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium and the 24<sup>th</sup> Canadian Symposium on Remote Sensing*, June 24-28, 2002, Toronto Canada. *IGARSS'2002*, (3) :1908-1910.

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2014.02.030

## 景谷县云南松毛虫发生现状与应对措施

刀黎荣<sup>1</sup>, 舒成伟<sup>2</sup>, 聂艳丽<sup>3</sup>

(1. 景谷县林业局林业有害生物防治检疫站, 云南 景谷 666400; 2. 景谷县林业技术推广中心, 云南 景谷 666400;  
3. 云南省林业技术推广总站, 云南 昆明 650224)

**摘要:**介绍云南松毛虫在景谷县发生范围、面积、周期、程度等现状,对气候、海拔、立地条件、林分结构、虫源、天敌等与松毛虫发生相关的因子进行分析,探讨森林质量差,抵御灾害能力弱,社会参与度不高,气候异常,经费投入不足,林改后林农防治能力不足,技术手段落后等云南松毛虫防治中面临的困难和问题。藉此,提出了实行政府主导,加强林分抚育,提高林分健康水平,加强监测、预报,实行分类施策,分区治理等应对措施。

**关键词:**云南松毛虫;发生因子;灾害防治;应对措施;景谷县

中图分类号:S791.257;S763.3 文献标识码:A 文章编号:1671-3168(2014)04-0138-05

## Occurrence Status of *Dentrolimus Punctatus* and Its Strategy in Jinggu County

DAO Li-rong<sup>1</sup>, SHU Cheng-wei<sup>2</sup>, NIE Yan-li<sup>3</sup>

(1. Jinggu Quarantine Station of Forest Pest Management, Jinggu, Yunnan 666400, China; 2. Jinggu Forestry Technology Extension Center, Jinggu, Yunnan 666400, China; 3. Yunnan Forestry Technology Extension Center, Kunming 650204, China)

**Abstract:** This paper introduces the status of *Dentrolimus Punctatus* from aspects of occurrence scope, area, period and degree etc., in Jinggu County, analyzes the factors associated to occurrence of *Dentrolimus Punctatu* including climate, altitude, site conditions, forest structure, insect, and other natural enemies. The prevention status quo of *Dentrolimus Punctatu* such as poor forest quality, weak ability to withstand disasters, low social participation, climate anomalies, insufficient funding, lack of prevention ability of farmers, prevention techniques lag behind and so on also have been put forward. Whereby strategies to put into practice of government-leading, strengthen forest stand tending, improve forest health, strengthen the monitoring and forecasting, implemented by classification, zoning management and others measures were proposed.

**Key words:** *Dentrolimus Punctatu*; occurrence factor; disaster prevention; correspond countermeasure; Jinggu County

云南松毛虫(*Dentrolimus houi Lajonquiere*), 在 云南省主要分布于昆明、昭通、玉溪、曲靖、红河、文

收稿日期:2014-01-21.

项目来源:中央财政林业科技推广示范资金跨区域重点项目[2013]TK79号。

作者简介:刀黎荣(1972-),男,云南景谷人,工程师。主要从事森林培育研究。

通信作者:聂艳丽(1974-),女,黑龙江七台河人,副研究员。从事林业技术与推广工作。Email:nieyanli@163.com

山、普洱、景洪、临沧、大理、丽江、保山、德宏等 13 个州、市,在普洱市主要分布于景谷、景东、镇沅、思茅、墨江、澜沧等县(区)。云南松毛虫是景谷县松林主要的历史性害虫之一,常与思茅松毛虫(*Dendrolimus kikuchii matsumura*)混合发生危害,连续多年十分猖獗,直接威胁着景谷县松林的生长和生态安全。近 10 年来,全县发生总面积达 10 万  $\text{hm}^2$ ,年均发生 1 万  $\text{hm}^2$ ,平均每年造成直接经济损失 200 万元以上。松毛虫的大发生,严重危害了全县 42.7 万  $\text{hm}^2$  思茅松林、生态旅游景观和造林绿化成果,影响了林产化工、人造板、松香等林产工业的生存和发展<sup>[1]</sup>。

## 1 发生现状和特点

### 1.1 发生普遍,周期性成灾明显

云南松毛虫在景谷县一年发生 2 代,以卵和 2~

3 龄幼虫同时越冬,越冬幼虫于翌年 5 月中旬在树上,少数在树皮缝及杂灌木上结茧化蛹,6 月下旬出现成虫,7 月中旬孵化出现第一代幼虫,9 月中旬老熟,开始化蛹,10 月中旬第一代成虫羽化,一部分卵于 12 月中旬孵化为第二代幼虫,一部分卵与幼虫同时越冬,成虫羽化即交尾产卵。成虫有趋光性,初孵化幼虫有群集性,受惊后纷纷吐丝下坠,3~4 龄幼虫则弹跳坠地。主要为害思茅松,常与思茅松毛虫混合发生于海拔 1 000~1 500 m 的思茅松林中。思茅松林一旦受其危害,轻者影响树势生长,减少木材的生长量和松脂产量,重者成片枯黄,甚至死亡。松毛虫在景谷县发生危害过程中,猖獗危害呈明显的同期性,2004~2013 年的 10 年中出现了 3 次高峰,平均 3.5 年出现一次(表 1)。

表 1 景谷县各年度松毛虫发生情况

Tab. 1 Annual occurrence statistics of *Dendrolimus Punctatus* in Jinggu County

	万 $\text{hm}^2$										
年度	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	合计
发生面积	0.97	2.01	1.02	0.55	1.31	0.42	0.71	1.21	0.99	0.83	10.01
防治面积	0.88	1.84	0.92	0.52	1.19	0.41	0.62	1.11	0.90	0.81	9.19

### 1.2 发生面积稳中有降,总体危害仍然突出

松毛虫发生最严重是 2005 年,约 2.01 万  $\text{hm}^2$ ,发生比较轻的是 2009 年,约 0.42 万  $\text{hm}^2$ 。近年来,对松毛虫危害的严重性的认识逐步提高,林农、林木经营者加大了预防和治理力度,于 2009~2010 年和 2011~2013 年分别在松毛虫危害区开展实施松毛虫综合治理工程,从而有效控制了松毛虫的扩散和蔓延,严重发生趋势得到了进一步控制,发生面积趋于稳定,但与其它主要害虫(小蠹虫、松叶蜂等)相比,发生危害面积居高不下,仍然比较突出。

### 1.3 发生区有所转移

20 世纪 90 年代主要集中在公路沿线、城镇面山、村寨附近的松林发生,自从景谷县实施两类林分类经营管理以来,公路沿线、城镇面山、重点区域、重点地段、村寨附近松林得到很好保护,人为活动减少,生态条件得以改善,松毛虫发生危害呈下降趋势。相反,比较边远地区河谷地带松林,由于干旱,土壤薄、采脂等因素降低林分质量,松毛虫发生相当突出,成了虫源基地,常灾区、重灾区,如边江乡崑里村、半坡乡芒温村、民乐镇嘎胡村和大河边村等边远林区。

## 2 发生因子分析

松毛虫发生或猖獗成灾与周围环境条件密切关系,气候、海拔、立地条件、林分结构、天敌等<sup>[2]</sup>因子不仅影响松毛虫的生殖潜能,而且更影响其生存潜能。

### 2.1 气候

气候因子主要包括温度、湿度、降水、光和风等,这些因子对松毛虫各有特殊的作用方式。但在自然界中,它们对松毛虫并不孤立地产生影响,而是在相互作用的综合状态下发生作用。松毛虫的最适温度为 28℃,但这并不是个体生长发育最快的温度,而是指对生殖最有利的温度。

景谷县属低纬度高海拔地带的南亚热带季风气候,主要受西南风的影响和控制,气候类型多样,具有“一山分四季,一日分四季,一日有冬夏,干湿季分明”的气候特点,多年平均气温 20.1℃,日均温  $\geq 10^\circ\text{C}$  的年活动积温为 7 360.9℃,夏季时间长达 164 d,年降雨量 1 354 mm,5~10 月为雨季,11 月到次年 4 月为干季,气温较偏高,日照充足,如加上当年湿度偏低,晴热干旱,便有利于松毛虫的生长发

育,容易造成危害猖獗,暴发成灾。反之,气温较低,日照不足,持续的天数比较长,松毛虫幼虫死亡率高,成虫平均产卵量也低,这样就不会造成危害。所以,温度的过低、过高和持续时间的长短对松毛虫的生长发育、繁殖等有着重要影响。

## 2.2 地势海拔

不同的海拔随着气候条件的变化,明显地影响到寄主植物和害虫种类的分布,以及害虫种群数量的变动,所以,海拔高度与松毛虫的发生发展有着较大的关系。

景谷县是个山区县,山区面积占 95%。由于植被种类的组成和分布,受海拔的影响有明显的垂直变化,从而影响松毛虫种群的分布。在海拔 1 800 m 以上的地区,低温多湿,地广人稀,人为活动少,以思茅松和栎类针阔混交林及常绿阔叶林植被为主,结构合理,不适宜松毛虫的生长发育,一般不会发生灾害。海拔 1 500~1 800 m 地区,松林分布多,植被丰富,地被物厚,针阔混交,林相复杂,森林生态系统相对稳定,生物多样性程度高,天敌资源丰富,松毛虫发生数量一般不大,发生面积较小,危害不会十分严重。海拔 1 000~1 500 m 地区,松林分布多,纯林面积大,纯林化程度高,相对高差小,地势开阔,植被相对单一,人为活动频繁,植被破坏严重,是松毛虫主要发生区、重灾区。海拔 1 000 m 以下地区,以常绿阔叶林为优势,思茅松分布少,不利于松毛虫生长发育,一般也不会发生灾害。

## 2.3 立地条件

山地类型不同,如大、小山峦叠置、正负地形交错,导致环境条件的多样化。随着山势的高差、坡位、坡向、坡度等地形因子的变化,则环境更为复杂。不同的立地条件下,甚至在很短的距离内就出现气候、土壤和植被的差异,不仅影响松毛虫的种群分布,甚至影响松毛虫的生长发育<sup>[3,4]</sup>。在景谷,从松毛虫分布的密度看,一般西坡高于东坡,阳坡高于阴坡,特别是虫源地和松毛虫初期、征兆期更明显。

## 2.4 林分结构

松毛虫不是在任何林分内都能猖獗成灾,只能在环境条件对松毛虫发生极为有利的林分内首先形成虫源地,经过增殖、蔓延、逐步猖獗成灾。因此,林分结构对松毛虫的发生发展有着十分密切的关系。

树种比较单一,地被物稀少,林分结构单调,食物链简单,生态系统对害虫的自然控制能力差,这样松毛虫便容易猖獗成灾。而混交林,尤其复式多层的针阔混交林,郁闭度高,林内光照弱,湿度大,不利

于松毛虫的生长发育,同时,混交林中树种复杂,昆虫种类多,中间寄主多,蜜源植物丰富,利于天敌昆虫的繁衍生息,形成了较为稳定的系统,增强了松毛虫种群的自控潜能。一般纯林,10 a 生幼林郁闭度 0.5 以下的发生重,郁闭度 0.7 以上的成林受害轻;松毛虫种群数量的消长与食料的丰欠有直接关系,松林受害愈重,其雌雄性比,蛹重和产卵量则显著降低,产生增代的比例愈少。景谷县是思茅松适生区,纯林面积大,全县思茅松面积约 42.7 万  $\text{hm}^2$ ,松毛虫常年成灾,自 1998 年营造思茅松人工林以来,目前面积达 8 万  $\text{hm}^2$ ,并不断增加,纯林化程度进一步提高,存在松毛虫猖獗的隐患。

## 2.5 虫源

松毛虫的大量发生是其种群逐步增殖结果,当种群数量达成一定的积累时,便暴发成灾造成危害。上年度(上代)发生危害程度和防治效果直接影响下年度(下代)的发生,如果上代虫口密度大、虫情级数高,种群增殖就有较高的虫口基数,积累速度就快,再加上预防措施不到位,就极易造成大面积发生。一些发生严重的区域或周边区域,往往就是大暴发的虫源地。景谷县由于山高坡陡,地形复杂,尽管采取了积极防治措施,并投入较大的人力、物力、财力和技术,但由于部分乡(镇)的边远林区防治不能全面顾及,防治不彻底,形成了虫源地。

## 2.6 天敌

天敌对抑制松毛虫的大发生起着很重要的作用,但随森林环境条件的差异而有所不同。景谷地处亚热带,生物资源丰富,松毛虫天敌主要有鸟类、寄生蜂类、寄生蝇类、捕食性昆虫等,卵期有黑卵蜂、平腹小蜂,幼虫蛹期有黑胸姬蜂、小红小茧蜂、松毛虫黑点瘤姬蜂、伞裙寄蝇、家蚕追寄蝇以及大山雀、杜鹃、画眉等鸟类对松毛虫各虫态均有取食,其他还有蚂蚁、螳螂、胡蜂等。近年来,景谷县随着林产工业的不断发展,一些良好的森林生态系统必将受到破坏,从而逐渐减少天敌的种类和数量,天敌自然控制的效果差,助长了松毛虫的大发生。

## 3 存在的主要问题

林业生物灾害(松毛虫)的危害性不像水灾、火灾、震灾等那样来得激烈,在一瞬间就能造成明显可见的、惨烈的、直接危及人类生命安全的危害,也不像农作物生物灾害那样直接危害经济与财产安全。因此,会导致人们对林业生物灾害发生、危害的严重性以及对于生物灾害预防、治理的重要性认识不足,致



使林业生物灾害防治管理工作仍然处在“小灾无人问,大灾忙一阵”的被动局面。

### 3.1 森林质量差,抵御灾害能力弱

近年来,随着林业事业不断发展,景谷县林产业不断壮大,由于天然林过度采伐利用,并形成大量的天然次生林、灌木林和人工林,林龄结构低龄化现象明显,仅幼林龄和中林龄就占各龄组中总面积的60%左右,人工林面积逐年增大。由于人工林树种单一,林龄偏小,结构简单,生物多样性程度比较低,地力衰退严重,抗逆性和抵御有害生物侵害的能力差,极易受到松毛虫的侵袭和严重危害。

### 3.2 广大群众认知程度低,关注少,社会参与度不高

森林不仅能提供给人类直接的物质需求和经济收益,更重要的是能为整个社会提供良好的生存环境。但人们却疏忽了对森林的热爱、关心、理解和保护。松毛虫防治工作有很强的社会性,其开展需要全社会的大力支持。首先是由于人们对松毛虫的危害性、防治工作的重要性认识不足,对广大群众宣传、教育不到位,再加上重培育轻保护、重除治轻预防的管理方式还未得到明显改观,造林设计多未考虑生物灾害防治需求,造林验收没有防治部门参与,病虫害木清理采伐指标得不到保证,人们对防治知识、防治政策缺乏了解,认知度不高、支持力度不大,参与意识不强,难以形成群防群治的工作局面。其次是表现在人们对松毛虫危害预防工作缺少必要的参与和支持,只有在大发生时才引起发生区的群众注意,但不一定积极参与灾害的救治。由于没有形成社会化防治服务机制,一旦发生松毛虫灾害,以“仓促应战”形式应对松毛虫灾害治理,致使反应速度相对滞后,应对成本相对较高,防治效果往往不够理想。

### 3.3 异常的气候条件为松毛虫的发生发展提供了条件

近几十年来,由于春季持续低温干旱,夏季又持续高温干燥天气,从而使树干失水严重,树势衰弱,削弱了抵御病虫害的能力,破坏了森林生态环境原有的平衡,导致森林健康水平下降,给松毛虫的发生发展提供了适宜的生长发育、繁殖条件,并在短期内剧增,迅速暴发成灾蔓延。

### 3.4 林改后防治工作面临的问题

一项重大制度改革在破解主要矛盾的同时,常又隐藏着一些新的矛盾和问题<sup>[5]</sup>。集体林权制度改革后,景谷林业有害生物(松毛虫)防治工作存在的矛盾和问题,主要表现是在灾害面前单个林农经

营风险大、抗灾力量弱、防治成本高的“三难”问题普遍存在,因缺少适用的大型防治器械和技术,林农“有心管,无力防”的情况有可能使松毛虫发生危害的情况进一步加剧;加之林农个体防治意识和防治能力的差距较大,在一片林地中就容易出现你防我不防、我治他不治、互相观望和等、靠、看现象,造成交叉感染,错失最佳时期,导致无灾变小灾,小灾变大灾。

### 3.5 防治投入不足,渠道不稳定

投入是林业有害生物防治的基本保证。林业生物灾害防治具有高度的系统性、严格的技术性和救灾的时效性<sup>[6]</sup>。景谷县松毛虫防治资金主要是政府投入,群众多是以非资金的劳动力投入,直接投入资金很少,其他形式的投入都很少。所以,投资渠道比较单一,社会投入严重不足。在县政府投入中,主要是育林基金。如果育林基金和上级救灾资金投入方式发生改变,林业有害生物防治就失去了投入的主渠道。近几年,每年投入防治经费100~150万元,虽然防治经费有所提高,但相对景谷县59.6万hm<sup>2</sup>的森林面积和每年平均发生1~1.3万hm<sup>2</sup>松毛虫危害的面积而言,目前的投入是远远不够的,再加上物价上涨等因素,防治成本成倍增加。所以,防治投入有限,就延误了防治时机,导致松毛虫严重发生。

### 3.6 防治基础设施薄弱,技术手段落后

①景谷县林业生物灾害防治减灾整体水平尽管已经有了很大提高,但与繁重的防治任务相比,设备设施数量不足、专业装备严重缺乏,设备老化陈旧,专业人员比例小,变动频繁的情况比较严重。②监测调查技术落后,都以地面人工调查为主,这样既费时费工,又影响了基础数据的准确性,致使预报准确率不高。③科研和推广经费不足,成果转化率高,制约了防治科技水平的提高。

## 4 主要应对措施

### 4.1 强化行政干预,实行政府主导

林业有害生物防治工作是一项基础公益事业和国家危机管理,具有公共物品和经济外部性的特征。其防治效益主要是为社会服务,防治工程也需要全社会的广泛参与。因此,强化行政干预,实行政府主导,分级负责,并按照属地管理原则,把林业灾害防治工作的要求如“成灾率”指标纳入各级政府任期目标管理责任制,明确各级政府的林业生物灾害(松毛虫)防治责任。同时要把“无公害防治”、

“测报准确率”和“种苗产地检疫率”的考核指标纳入乡镇林业主管部门的目标考核内容,建立科学的防治质量评价指标体系,从而实行防治目标责任制度,提高防治成效。强化防治工作的市场运作模式,积极推进社会化防治,引导、鼓励和支持不同所有制的经济组织,以专业公司、专业队、专业户、森林医院、树木医生等形式承担松毛虫防治和业务咨询,逐步向专业化、市场化过渡<sup>[7]</sup>。

#### 4.2 以营造林为基础,加强抚育,提高林分抗逆能力

从营造林设计开始,把有害生物防治纳入造林绿化的全过程,按照适地适树原则,坚持乔、灌相结合,积极营造混交林,加强生态调控,保障林分健康<sup>[8]</sup>。在松毛虫常灾区有计划地实行封山育林,合理采脂,减少人为活动干扰,促进松林生态环境的恢复和形成,提高林分郁闭度,增加植被多度和生物总量,丰富松林内生物群落。通过人工促进阔叶林树种更新、改造思茅松纯林和残次林、防火林带建设等多种形式,提高针、阔混交林比例,形成多树种、多层次、有利于天敌生息繁衍、生物物种复杂、相对平衡的森林生态系统,提高松林生态自控能力和抵御病虫害的能力。

#### 4.3 加强监测调查,准确预报,提高防治决策水平

健全和完善测报网络体系,加强测报员队伍建设,各乡镇林业服务中心、林业企业必须有测报人员,建立县—乡—村三级监测网络<sup>[9]</sup>。①设立标准地,适时对松毛虫开展调查和系统观察,及时掌握虫情变化动态,做好预测预报工作,为开展防治工作提供科学依据;②利用春季越冬代松毛虫抗病力弱,温度高的有利条件,人工施放松毛虫病毒、灭幼脲;③雨季湿度大,有利于森得保、林得保、森绿粉剂浸染流行,采取人工喷洒森得保、林得保、森绿粉剂等,提高松毛虫感染率和死亡率。

#### 4.4 划分发生类型,实行分类施策,分区治理

为了对松毛虫进行经济有效的综合治理,根据近 10 多年的虫情发生情况,结合地形地貌、林相、气候和植被等因子,将全县 10 个乡镇的 42.7 万多公顷的松林划分为常发区、偶发区和保护区。重点对常发区进行治理,永平镇、威远镇、民乐镇、益智乡属低热河谷地带,也是松毛虫常年发生危害地区,所以被列为重点治理对象。在此基础上,及时开展松毛虫工程治理的各项防治技术措施,依照不同发生类型,实行分类施策,加强营林、生防、化防和其他措施的综合协调,有计划、有重点地控制松毛虫危害,把松毛虫工程治理工作引向可持续控制的道路。重点

是抓好林业重点工程区、风景区、城镇面山、交通沿线,重点公益林、自然保护区等重点区域。

#### 4.5 保护天敌,招引益鸟

景谷县气候温和,植物种类繁多,为天敌昆虫的寄居繁殖提供了有利的条件。在林内,通过挂置鸟箱,招引大山雀等益鸟进箱育雏,提高林内鸟类种群和数量,对松林内捕食性、寄生性天敌等加以保护利用。结合爱鸟宣传活动,深入林区,向广大群众宣传保护天敌的重要性和必要性。在开展防治中,尽量少用和不用化学农药,利用生物型药剂和“生物导弹”技术防治松毛虫,以免杀伤天敌。

#### 4.6 资金到位,是松毛虫工程治理的重要保障

林业有害生物防治经费历来是森防部门最关心、最难办、最迫切的问题。建立完善多途径的松毛虫防治融资和筹资机制,尽快将松毛虫监测预报和防治等费用纳入财政预算,并建立重大疫情和突发灾害应急储备基金制度,进一步将公益林松毛虫的预防和重大危险性病虫害的治理以各级政府投入为主,商品林松毛虫的防治以经营者投入为主的投入机制落实好。林改后,林业有害生物(松毛虫)防治实行“谁经营、谁防治”的责任制度,但由于发生病虫害的林区分多为生态公益林,林农没有防治意识,加之经济收入低,不愿意自己花钱防治,即使是集体林、自留山,林农也不愿意自己花钱买药防治,为此,要以“严格控制,积极除治,确保生态安全”为原则,早做准备,积极主动向省、市上级业务主管部门及县委政府及时通报松毛虫发生情况和防治措施,多方筹措防治资金,使松毛虫防治工作得以顺利开展,防止松毛虫暴发成灾。

#### 4.7 加大宣传力度,营造氛围

宣传报道是加强林业有害生物防治工作的重要任务。只有把林业有害生物防治工作的重要性、艰巨性和紧迫性更好地宣传出去,才能更加引起各级领导的重视和群众的理解、支持和广泛参与。要通过充分利用电视、网络和抓住“知识产权”、“防灾减灾日”、“科技宣传周”机遇的同时,发放宣传材料,开展形式多样的宣传<sup>[10]</sup>。通过宣传,现在部分林农的防治意识有所提高,愿意自己购药防治,有的还希望国家给予部分资金补助,自己购买防治器械进行防治。

## 5 结束语

松毛虫危害的发生与森林质量、生态区位、气候因子和立地条件等多种因素有着密切关系。要以预

(下转第 146 页)

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2014.02.031

## 毛乌素沙地樟子松套笼造林效果

叶竹林<sup>1</sup>, 曹捷翊<sup>2</sup>, 韩海祥<sup>3</sup>, 唐翠平<sup>4</sup>, 郭峰<sup>4</sup>, 袁思安<sup>4</sup>

(1. 横山县治沙绿化办, 陕西 横山 719100; 2. 横山县林业局, 陕西 横山 719100; 3. 横山县人民政府, 陕西 横山 719100; 4. 西南林业大学, 云南 昆明 650224)

**摘要:**针对毛乌素沙地造林的多重环境胁迫, 横山县推广套笼造林技术, 文章以樟子松为例分析其应用效果。结果表明, 套笼可以改善土壤水分状况、减轻风蚀沙埋危害、阻挡人畜干扰等作用, 从而显著提高造林保存率, 促进林木生长, 加速林分郁闭进程, 还可有效增加植物种类, 促进生物结皮形成。

**关键词:**套笼造林; 保存率; 生长量; 樟子松; 毛乌素沙地

中图分类号: S791.253; S725 文献标识码: A 文章编号: 1671-3168(2014)04-0143-04

## Effects of Cage Plantation Technology on *Pinus Sylvestris* Afforestation in Maowusu Sandy Land

YE Zhu-Lin<sup>1</sup>, CAO Jian-yi<sup>2</sup>, HAN Hai-yang<sup>3</sup>, TANG Cui-ping<sup>4</sup>, GUO-Feng<sup>4</sup>, YUAN Si-an<sup>4</sup>

(1. Desert Controlling and Greening Office, Hengshan, Shaanxi 719100, China; 2. Forestry Bureau of Hengshan, Hengshan, Shaanxi 719100, China; 3. People's Government of Hengshan County, Hengshan, Shaanxi 719100, China; 4. Southwest Forestry University, Kunming 650224, China)

**Abstract:** In view of multiple environmental stresses for maowusu sandy land afforestation, Hengshan County promoted cage afforestation technology. Taking *Pinus sylvestris* as an example, application effect was analyzed. The results showed that the set of cage could improve soil moisture conditions, relieve the harms of wind erosion and sand burring and stop people and animal interference etc, so as to improve survival rate, promote the growth of trees, and speed the process of forest canopy closure, also effectively increase plant species, promote biological crust formation.

**Key words:** cage plantation; survival rate; growth volume; *Pinus sylvestris*; Maowusu sandy land

榆林毛乌素沙地处于干旱、半干旱气候区, 地带性植被属于干草原或荒漠草原, 水分极度匮乏, 风沙危害严重, 土壤盐碱化程度很高<sup>[1-3]</sup>, 因此植物种类稀少, 尤其缺乏用于大面积造林的常绿树种, 从而导致冬春季的风沙危害难以得到有效控制。樟子松 (*Pinus sylvestris* var. *mongolica*) 对环境的适应性很强, 耐旱、耐寒、耐瘠薄, 在风积沙土、砾质粗沙土、沙

壤土、粘质盐碱地上都能生长; 侧根特别发达, 在表土中能够发育强大的水平根系网, 固土、抗风沙能力强<sup>[4-11]</sup>; 是防风固沙造林的先锋树种, 已经成为“三北”地区营造用材林、防护林和城乡绿化的主要树种, 在“三北”地区生态环境建设中具有重要的作用<sup>[12-16]</sup>。榆林市于 20 世纪 70 年代末建立了樟子松种子园, 专门进行樟子松的引种栽培与推广工作。

收稿日期: 2013-12-18.

作者简介: 叶竹林(1963-), 男, 陕西横山人, 高级工程师。主要从事营林、林业技术推广和治沙绿化工作。

历经 40 年的引种试验和造林推广,证明樟子松在榆林毛乌素沙区生长良好,为优良的造林树种<sup>[17-20]</sup>。但是,由于自然环境恶劣,在大面积推广樟子松造林过程中仍存在较大困难,例如风沙侵害、水分流失严重、动物危害等<sup>[21]</sup>。一方面,林地充沛的热量、强烈的光照,加速了土壤表面和植物体内水分的散失。另一方面,该地区以风沙土、盐碱土为主,土壤中沙粒含量大于粘粒,有机质含量仅 0.55%<sup>[1]</sup>。土壤可塑性差、结构疏松、漏水漏肥、风蚀严重、升温散热快,从而降低了水分的利用效率。而且,该区地带性植被为荒漠草原,是啮齿动物的聚居地,树木常常遭受野兔等啮齿动物的危害。林业部门为了解决这些造林困难,采取了多种营林措施,如在林地内搭设障蔽防治风沙、浇水覆膜防止水分蒸发、涂羊血或药剂防止动物危害等。近几年来积极推广应用“套笼造林”技术,但关于其作用和效果尚无报道。为此,本文在总结套笼造林技术要点的基础上,分析套笼造林的多重防护作用及其对造林效果的提升作用。

## 1 研究区概况

研究区位于陕西省榆林市横山县西北部毛乌素沙漠的延伸区,地处东经 108°56′~110°02′,北纬 37°22′~38°14′,海拔 980~1 534 m;属暖温带半干旱气候,冬长夏短,日温差较大,春季多风沙。年均温 8.6℃,年均降水量 397.4 mm,多集中在 7、8、9 三个月;地貌主要为流动、半固定或固定沙地,流动沙地多为新月型沙丘和新月型沙丘链,固定、半固定沙地多为格状沙丘,相对高差 3~8 m;土壤以风沙土为主,地下水位 2~20 m。天然植被主要有沙地柏(*Sabina vulgaris*)、沙蒿(*Artemisia ordosica*)、沙米(*Agriophyllum squarrosum*)、沙竹(*Phyllostachys propinqua*)等;人工植被有紫穗槐(*Amorpha fruticosa*)、沙柳(*Salix psammophila*)、沙棘(*Hippophae rhamnides*)、花棒(*Hedysarum scoparium*)、踏郎(*Hedysarum laeve*)、柠条(*Caragana korshinskii*)、沙打旺(*Astragalus adsurgens*)、小叶杨(*Populus simonii*)、旱柳(*Salix matsudana*)、油松(*Pinus tabulaeformis*)等。由于沙地基质松散不稳定,地带性植被不能发育,地带性植物种类不多。沙丘间低湿滩地上,形成了非地带性的草甸、盐生草甸、沼泽草甸、草本草甸及沼泽化灌丛等多种植被类型<sup>[1]</sup>。

## 2 研究方法

试验采用单因素对比设计,分为套笼与不套笼

2 个处理,每个小区造林面积不小于 1 000 m<sup>2</sup>,重复 3 次。试验于 2002 年春季开始,2009 年秋季进行调查,历经 8 个生长季。生长量测定采用“每木检尺法”,即逐株测定树高、地径、冠幅生长量,同时目测记载树干弯曲度、风倒角度、根系裸露程度、沙埋深度;生物量测定采用“平均标准木法”,其中地上分不同器官,地下进行全挖;含水率测定采用“烘箱法”;土壤含水率测定也采用“烘箱法”,取样深度 30~50 cm,每个样地重复取样 3 次。

## 3 结果与分析

### 3.1 套笼造林技术要点

所谓套笼,就是对栽植后的每棵樟子松幼苗上套以特制的笼。笼用沙柳枝条编制而成,规格为上口直径 20~30 cm、下口直径 30~40 cm、高 50~60 cm,并在下口留 3 个长 10 cm 的腿脚。套笼时,用铁锹将笼的腿脚扎实入土,使笼子牢固直立地面。为了提高樟子松的成活率,将下列措施单独、部分或全部与套笼技术相结合:搭设沙障,以作物秸秆为材料搭设 2 m×2 m 的网格状障蔽;大坑换土,栽植时用黄绵土替换坑穴内的沙土;壮苗深栽,选择优质壮苗进行深穴栽,栽植穴的规格为 60 cm×60 cm×60 cm;浇水覆膜,定植樟子松时浇足水,然后覆上一层薄膜;营造混交林,樟子松与紫穗槐进行带状混交,混交比为 1:4。

### 3.2 樟子松存活与生长对套笼的响应

套笼处理的造林保存率以及树高、地径、冠幅生长量比不套笼的分别提高 39.02%、55.03%、33.72%、38.0% (表 1)。差异显著性检验结果显示,套笼处理的造林保存率、林木生长量显著高于不套笼处理。由此表明,套笼措施可显著提高造林保存率、林木生长量,加速郁闭成林。

表 1 套笼对樟子松存活率及生长量的影响

Tab. 1 Effect of cage setting on survival rate and growth of *Pinus sylvestris*

处理方式	树高/m	地径/cm	冠幅/m	保存率/%
套笼	1.71	4.93	1.15	89.0
不套笼	1.23	3.18	0.86	51.0
提高/%	39.02	55.03	33.72	38.0

### 3.3 樟子松生物量投资与分配对套笼的响应

差异显著性检验结果显示,套笼处理的总生物

量以及地上和地下的生物量投资(积累)均显著高于不套笼处理。由此表明,生物量投资(积累)大小取决于是否套笼,套笼能显著提高种群总生物量及地上、地下的生物量投资。

表 2 套笼与不套笼的生物量分配比较分析

Tab. 2 Comparative analysis of biomass allocation between cage setting and the control %

处理方式	地上	树干	枝条	叶片	地下
套笼	75.55	40.19	21.03	14.33	24.45
不套笼	73.03	38.66	20.74	13.62	26.97

由表 2 可见,套笼处理的地上生物量分配略高于不套笼,而不套笼处理的地下生物量分配略高于套笼。在地上生物量的再分配中,虽说 2 个处理的生物量比例均按照树干、枝条、叶片的顺序依次降低,但套笼处理树干的生物量分配明显高于不套笼。由此表明,在套笼的情况下,樟子松将更多的生物量分配于地上构件的生长发育;不套笼的情况下,樟子松将更多的生物量分配于地下构件(根系)的生长发育。

### 3.4 樟子松林分特征对套笼的响应

套笼处理的土壤含水率、群落郁闭度、植物种类、生物结皮厚度高于不套笼,而动物危害、树干弯曲、根系裸露程度及风倒角度、沙埋深度低于不套笼。由此表明,套笼措施具有改善土壤水分状况、阻挡动物危害、减轻风蚀沙埋的作用,同时可以促进群落和生物结皮发育(表 3)。

## 4 结论与讨论

由上述研究结果不难看出,套笼造林具有多重功效,包括改善土壤水分、减轻风蚀沙埋、阻挡动物危害等作用,从而显著提高造林保存率、促进林木生长量、加速林分郁闭进程,同时可有效增加植物种类,促进生物结皮形成。究其原因,套笼至少可以获得以下 4 个方面的益处:①毛乌素沙地年日照时间高达 2 800 h,且日照百分率在 64%以上,更为严重的是沙面温度最高时可达 70℃。套笼通过遮挡阳光降低局部温度,从而减轻土壤和树体水分的无效散失。②毛乌素沙地年均风沙日数 81 d,风力强劲、沙暴频繁,尤其春季风沙危害与干旱胁迫同时发生,对苗木的存活与生长造成极大威胁。套笼不仅可以降低风速,而且可以有效拦截风沙流移动,从而减轻

表 3 套笼对樟子松林分特征的影响

Tab. 3 Impact of cage setting on the characteristics of *Pinus sylvestris* stands

林地特征	套笼	不套笼
土壤含水率	6.89%	4.36%
动物危害程度	弱	中
郁闭度	>59%	<38%
植物种类	10 种	5 种
树干弯曲度	小	大
风倒角度	<5°	>10°
根系裸露程度	<8 cm	>10 cm
沙埋深度	<18 cm	>25 cm
生物结皮厚度	>0.8 mm	<0.5 mm

风蚀沙埋对苗木造成的危害。③毛乌素沙地家畜、野生动物较多而食物相对较少,幼嫩的树木枝叶和根系往往成为取食的主要对象。另一方面,人畜践踏不仅损害林木,而且破坏林地的生物结皮。套笼不仅可以阻挡动物取食幼苗、幼树,而且可以阻挡人畜践踏。④由于套笼可以改善林地水分状况,减轻风蚀沙埋对苗木造成的危害,阻止动物和人为干扰,因此促进了林下植物以及沙结皮的发育,可加速森林群落环境以及沙地森林生态系统的形成。

从另一方面看,套笼与不套笼的造林效果差异也反映了樟子松种群对不同环境条件的生态应对策略变化。这种生态应对策略的改变通过植物的可塑性调节来实现,即生物量投资与分配格局的调节。套笼使环境条件得到改善,种群加大对各个构件的生物量投资,为其存活、生长提供了更多的物质和能量。同时,种群将更多的生物量分配于地上构件的生长发育,从而提高了植株存活与生长的概率。在未套笼的不利环境条件下,种群不仅降低了对各个构件的生物量投资,而且将更多的生物量分配于地下构件(根系)的生长发育,以便获取更多的地下环境资源,从而使植株的存活与生长受到限制。

### 参考文献:

- [1] 榆林地区农业计划委员会. 陕西省榆林地区农业区划 [Z]. 1987.
- [2] 彭茹燕,张慧芝,哈斯,等. 陕北风沙区景观格局分析 [J]. 干旱研究,2005,22(1):51-56.
- [3] 任德存. 走进榆林[M]. 西安:陕西旅游出版社,2005.
- [4] 郑万钧. 中国树木志(第 1 卷)[M]. 北京:中国林业出

- 出版社,1983.
- [5] 华北树木志编写组. 华北树木志[M]. 北京:中国林业出版社,1984.
- [6] Zhu J J, Fan Z P, Zeng D H, et al. Comparison of stand structure and growth between plantation and natural forests of *pinus sylvestris* var. *mongolica* on sandy land [J]. *J. For. Res.* 2003, 14(2):103-111.
- [7] Wang L H, Huang R F. Afforestation of *pinus sylvestris* var. *mongolica* in chian[J]. *Sand Dune Res.* 1996, 43(2):36-40.
- [8] 李胜功. 樟子松沙地适应性的初步研究[J]. 中国沙漠, 1994, 14(1):60-67.
- [9] 雷泽勇, 张学丽, 周凤艳. 沙地樟子松抗旱性的研究[J]. 林业科技通讯, 1996(1):6-8.
- [10] 白玉花. 樟子松[J]. 内蒙古林业, 1995(11):24-25.
- [11] 彭镇华. 樟子松[J]. 中国城市林业, 2004, 2(2):55-57.
- [12] 张锦春, 赵明. 建立樟子松农田防护林可行性分析[J]. 甘肃林业科技, 2000, 25(1):24-27.
- [13] 李爱德, 汪杰, 赵明, 等. 樟子松在河西农田防护林上的应用前景[J]. 防护林科技, 2001(1):50-52.
- [14] 曾德慧, 尤文忠, 范志平, 等. 樟子松人工固沙林天然更新障碍因子分析[J]. 应用生态学报, 2002, 13(3):257-261.
- [15] 李宏印, 刘明国. 樟子松人工固沙林发展现状[J]. 辽宁林业科技, 2003(5):35-36, 39.
- [16] 唐麓君. 治沙造林工程学[M]. 北京:中国林业出版社, 2005.
- [17] 高崇华, 李志忠, 付强. 毛乌素沙地引种樟子松调查报告[J]. 内蒙古林业科技, 1996(1):29-32.
- [18] 赵玉林, 任巧燕, 吴永宏, 等. 榆林沙区樟子松种子园建立及经营技术[J]. 陕西林业科技, 2006(2):87-88.
- [19] 张琴艳. 榆林沙地樟子松的引种和荒沙造林技术[J]. 安徽农学通报, 2007, 13(7):91-92.
- [20] 符亚儒, 麻保林, 王子玲, 等. 陕北风沙区 4 种乡土树种适应干旱环境的特性及利用前景[J]. 中国沙漠, 2005, 23(3):386-390.
- [21] 王晓. 陕西榆林生态环境建设有关问题探讨[J]. 水土保持研究, 2003, 10(4):278-279.

(上接第 142 页)

防为主要目标, 创造不利于松毛虫发生而有利于松林及有益生物生长繁殖发育的环境条件。森林经营要混交, 发生基地要改造, 抗虫树种要推广, 因林制宜, 扬长避短。通过采取措施, 调整森林生态系统内各组分之间的关系, 促进生态平衡, 逐步把松林控制在有虫不成灾的水平。要多以提高森林自身健康水平、改善森林生态环境为基础, 开展森林健康状况监测, 通过营林措施恢复森林健康, 同时辅以生物防治和抗性育种等措施来降低和控制林内病虫害种群数量, 提高森林的抗病虫能力, 防止松毛虫大面积暴发成灾。

#### 参考文献:

- [1] 云南景谷傣族彝族自治县志编纂委员会. 景谷傣族彝族自治县志[M]. 成都:四川辞书出版社, 1993.
- [2] 谢大洋. 福建马尾松毛虫发生特点及主要因子分析[J]. 中国森林病虫, 2003, 22(3):12-14.
- [3] 陈昌洁. 松毛虫综合管理[M]. 北京:中国林业出版社, 1990.
- [4] 中南林学院. 南方森林病虫害治理[M]. 长沙:湖南师范大学出版社, 1992.
- [5] 胡满花, 叶霖, 梅灿, 等. 集体林权改革对平江林业有害生物防控的影响[J]. 湖南林业科技, 2011, 38(1):75-77.
- [6] 朱丽娟, 宋红平, 廖建江. 林业有害生物防治存在的主要问题与对策[J]. 绿色科技, 2013(4):47-79.
- [7] 国家林业局森林病虫害防治总站. 中国林业生物灾害防治战略[M]. 北京:中国林业出版社, 2009.
- [8] 闫峻. 我国林业生物灾害管理的经济学分析与对策研究[D]. 北京林业大学, 2008.
- [9] 吴秀丽, 吴涛, 刘羿. 国内外森林健康经营综述[J]. 世界林业研究, 2011, 24(4):7-12.
- [10] 刘宏屏. 全面推动林改后林业有害生物防治机制创新[J]. 云南林业, 2009, 30(2):48-49.

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2014.02.032

## 腾冲县秃杉人工林立地条件与林分生长关系分析

吉灵波,许彦红,李 骄,雷 阳,梁 丽,郭文静  
(西南林业大学林学院,云南 昆明 650224)

**摘要:**根据样地调查数据,采用方差分析法、显著性分析和多重比较分析法,分析不同坡向、坡位、坡度、土壤等立地因子下的秃杉人工林树高、胸径平均生长量状况。结果表明:不同坡向、坡位、土壤厚度对秃杉人工林林分生长均有显著影响;影响秃杉人工林林分生长的最主要立地因子为坡位、坡向和土壤厚度;秃杉最适生的立地条件为坡下部、阴坡、土壤深厚。

**关键词:**秃杉人工林;林分生长;土壤厚度;坡向;坡位;方差分析

中图分类号:S791.27;S724;S758.52 文献标识码:A 文章编号:1671-3168(2014)04-0147-08

### Relation Analysis of Site Condition and Forest Stand Growth in *Taiwania Flousiana* Plantation of Tengchong County

Ji Ling-bo, XU YAN-hong, LI Jiao, LEI Yang, LIANG Li, GUO Wen-jing  
(College of forestry, Southwest Forestry University, Kunming 650224, China)

**Abstract:** According to sample-plot survey date, and using methods of variance analysis, significance analysis and multiple comparisons, the effects of site conditions including slope aspect, slope position, gradient, soil etc on the growth status of tree height, DBH have been analyzed. The results show that: different aspect, slope position and soil thickness have significant influence on the growth of *Taiwania flousiana* plantation. The optimum site conditions for *Taiwania flousiana* plantation are considered as downhill, shady slope, deep soil.

**Key words:** *Taiwania flousiana* plantation; forest stand growth; soil thickness; slope aspect; slope position; variance analysis

秃杉 (*Taiwania flousiana* Gaussen) 属杉科台湾杉属,是我国特有的世界珍稀植物,起源古老,为第三纪古热带植物区系的孑遗树种,被列入国家一级保护,天然分布于我国湖北省西南部、贵州省东南部及云南省西部,垂直分布海拔为 800~2 500 m<sup>[1]</sup>。秃杉具有生态适应性较强、树形高大挺拔、生长快、出材率高、材质优良、树叶繁茂、树形优美和单位面积蓄积量高等优点,有很高的经济价值和观赏价值。

为了发掘这一宝贵资源,我国各地从 20 世纪 70 年代末以来相继开展了该树种的引种试验研究。同时,随着秃杉人工林引种成功和经营规模不断扩大,有关秃杉林的相关研究也日益增多<sup>[2-9]</sup>。由于秃杉的生长对立地环境条件的反应十分敏感,不同的立地类型影响林分的生长,研究秃杉林分生长和立地条件之间的关系,为秃杉造林立地分类和立地质量评价积累基础资料,也为生产中秃杉适生立地选择

收稿日期:2013-11-28.

基金项目:国家林业公益性行业科研专项(201104053)资助。

作者简介:吉灵波(1990-),男,硕士研究生。研究方向:森林测计。Email:584798769@qq.com

通信作者:许彦红(1964-),男,副教授。研究方向:森林测计和森林资源经营管理与评价。Email:xyh@swfu.edu.cn

及制定营林措施提供参考依据。

## 1 研究区概况

腾冲县位于云南省西南部,属云南高原滇西峡谷区,地处横断山脉南端,高黎贡山山脉南段西侧较开阔的边缘地带。其地理位置为东经  $98^{\circ}05' \sim 98^{\circ}46'$ ,北纬  $24^{\circ}38' \sim 25^{\circ}52'$ ,总面积  $5\,692.8\text{ km}^2$ 。境内最高海拔  $3\,780.2\text{ m}$ ,最低海拔  $930\text{ m}$ 。境内岭谷相间,山高坡陡,山脉多呈南北走向。地势北高南低,东西两侧高,中部宽谷盆地较低,呈马蹄形向南敞开。境内有龙川江、大盈江、槟榔江三大水系。腾冲县属西南季风湿润气候,具有明显的低纬度山地季风气候特点。中部年均温  $14.17^{\circ}\text{C}$ ,年积温  $4\,647^{\circ}\text{C}$ ,年均日照时间  $2\,176\text{ h}$ ,年降水量  $1\,424 \sim 2\,251\text{ mm}$ 。森林土壤以黄红壤、黄壤、黄棕壤为主

## 2 资料收集及研究方法

### 2.1 样地设置

2012年3月~2013年7月,在腾冲县高黎贡山国家级自然保护区天台山实验区、曲石乡、候桥镇、中和乡等地的秃杉人工林中,充分考虑坡向、坡度、坡位、土壤等立地因子,采用典型选样的方法选设样地。样地形状为方形、长方形;样地面积按照要求进行设置,以保证标准地内有一定的株数,其面积为  $20\text{ m} \times 20\text{ m} \sim 20\text{ m} \times 30\text{ m}$ 。

### 2.2 调查内容及方法

采用典型样地调查法进行外业调查收集数据。对样地内的所有秃杉进行每木检尺,调查胸径、树高、年龄等因子,并分别详细调查记载海拔、坡度、坡向、坡位、土壤等立地因子以及灌木和草本的种类、盖度和高度等。共调查样地 62 块。

### 2.3 分析方法

计算各样地秃杉的胸径和树高平均生长量,并将各个样地按坡位(上部、中部、下部)、坡向(阳坡、半阴半阳坡、阴坡)、坡度级(平缓坡、斜坡、陡坡)、土壤厚度(薄、中、厚)等因子进行分类统计与数据整理。由于样地年龄的差异,将 62 块样地以 5 年一个龄级分成 6 个年龄段<sup>[10]</sup>(表 1),再应用 SPSS 软件进行方差分析及 LSD 多重比较<sup>[11]</sup>,判别在不同年龄段内由于立地因子的水平差异对林木生长影响的差异性及其程度,以评价不同立地因子在各个不同生长时期对人工林生长的影响<sup>[12]</sup>。

由于本次调查的立地因子中有非数量化因子,

为了便于分析,根据因子变化幅度以及对林木生长的影响,将各立地因子进行分级评分处理。其标准见表 2。

表 1 标准地龄级分类

Tab. 1 Classification of standard land age

	6~ 10 a (I)	11~ 15 a (II)	16~ 20 a (III)	21~ 25 a (IV)	26~ 30 a (V)	31~ 35 a (VI)
样地数	9	17	9	9	9	9
胸径平均生长量	1.412	1.53	1.37	1.30	1.23	1.23
树高平均生长量	0.72	0.76	0.73	0.67	0.69	0.62

表 2 各调查因子分级、评分

Tab. 2 Grading and score of the investigation factor

调查因子	一级		二级		三级	
	标准	评分	标准	评分	标准	评分
土壤厚度	薄 < 40 cm	1	中 41 ~ 80 cm	2	厚 > 80 cm	3
坡位	上	1	中	2	下	3
坡向	阳坡	1	半阴半阳坡	2	阴坡	3
坡度	陡 $\geq 25^{\circ}$	1	斜 $15^{\circ} \sim 25^{\circ}$	2	平缓 $\leq 15^{\circ}$	3
坡型	凸	1	平	2	凹	3

## 3 结果与分析

### 3.1 土壤厚度对林分生长的影响

土壤是林木生存的基础。本次研究所调查的样地土壤类型大致相同,而土壤厚度对土壤的保湿、保肥等能力影响巨大。土层较厚,则土壤中的养分和含水率较高,利于林木根系扩展,促进林分生长发育。

从表 3 的方差分析中可以看出,在各个年龄段不同土壤厚度对秃杉林分生长影响达到显著水平 ( $\alpha=0.05$ )。从表 4 的多重比较分析可以看出:在秃杉速生初期即 6~15 a 内,薄土层与中、厚土层对胸径及树高的生长有明显差异,而中、厚层土壤之间对胸径和树高的生长无明显差异;随着树木年龄的增长,不同土壤厚度对林木生长的影响都具有明显的差异;胸径、树高平均生长量随着土壤厚度变薄而减小,表明土层深厚更能促进林分的生长;而在 6~15 a 这个速生阶段,林木平均生长量最大。



表 3 各年龄段不同土壤厚度对胸径、树高生长影响分析

Tab. 3 Impact analysis of different soil thickness on DBH, height growth in each period

年龄段	因子	平方和	Df	均方	F	Sig	年龄段	因子	平方和	Df	均方	F	Sig		
I	胸径	组间	0.262	2	0.131	11.457	0.006	II	胸径	组间	0.17	2	0.085	5.564	0.016
		组内	0.080	7	0.011		组内			0.229	15	0.015			
		总数	0.342	9			总数			0.399	17				
	树高	组间	0.074	2	0.037	5.099	0.043		树高	组间	0.108	2	0.054	6.907	0.007
		组内	0.051	7	0.007		组内			0.117	15	0.008			
		总数	0.124	9			总数			0.225	17				
III	胸径	组间	0.045	2	0.022	6.673	0.024	IV	胸径	组间	0.167	2	0.084	25.553	0.001
		组内	0.023	7	0.003		组内			0.023	7	0.003			
		总数	0.068	9			总数			0.190	9				
	树高	组间	0.037	2	0.018	13.843	0.004		树高	组间	0.050	2	0.025	10.435	0.008
		组内	0.009	7	0.001		组内			0.017	7	0.002			
		总数	0.046	9			总数			0.067	9				
V	胸径	组间	0.146	2	0.073	42.689	0.000	VI	胸径	组间	0.042	2	0.021	5.544	0.036
		组内	0.012	7	0.002		组内			0.026	7	0.004			
		总数	0.158	9			总数			0.068	9				
	树高	组间	0.031	2	0.015	8.294	0.014		树高	组间	0.026	2	0.013	9.152	0.011
		组内	0.013	7	0.002		组内			0.010	7	0.001			
		总数	0.044	9			总数			0.035	9				

表 4 土壤厚度对林分生长影响及多重比较

Tab. 4 Effects and multiple comparisons of soil thickness on forest stand

年龄段	土壤厚度	胸径		树高		年龄段	土壤厚度	胸径		树高	
		平均	LSD	平均	LSD			平均	LSD	平均	LSD
6~10 a	1	1.247	a	0.623	a	11~15 a	1	1.363	a	0.614	a
	2	1.323	b	0.677	b		2	1.529	b	0.799	b
	3	1.610	b	0.820	b		3	1.610	b	0.802	b
	平均	1.415		0.718			平均	1.533		0.759	
16~20 a	1	1.292	a	0.663	a	21~25 a	1	1.150	a	0.565	a
	2	1.365	b	0.693	b		2	1.275	b	0.672	b
	3	1.463	c	0.810	c		3	1.480	c	0.747	c
	平均	1.373		0.719			平均	1.299		0.662	
26~30 a	1	1.067	a	0.611	a	31~35 a	1	1.167	a	0.565	a
	2	1.251	b	0.715	b		2	1.243	b	0.642	b
	3	1.377	c	0.747	c		3	1.322	b	0.683	b
	平均	1.233		0.693			平均	1.236		0.624	

### 3.2 不同坡位对林分生长的影响

坡位是一个重要的地形因子,由于海拔落差、重力等作用造成在同一地域上的土壤肥力、水分、阳光等因子的不同分配,从而对同一地域的林木生长造成不同的影响。从表 5 中可以看出,在各个年龄段中,不同坡位对林分生长的影响均达到显著水平,说明从幼龄林到成过熟林,坡位都是影响秃杉林分生长的一个重要的立地因子。从表 6 的多重比较可以看出,在 11~30 年龄段,不同坡位对秃杉胸径、树高的生长都有显著影响。胸径、树高的年平均生长量随坡位自上而下呈递增趋势。由于山坡下部地势相对于上、中部较低,日照相对短、风力较弱,故而蒸发量小,湿度大。而且由于坡积、堆积的作用,使得土壤的水肥都从山坡上部往下部汇集,造成山坡下部较上中部土壤深厚肥沃、水湿条件好,对秃杉的生长更加有利。

### 3.3 不同坡向对林分生长的影响

从表 7 中可以看出,在各个年龄段中,不同坡向对林分生长的影响达到显著水平。表 8 显示,不同年龄段秃杉在阴坡、阳坡生长均有显著差异。阴坡

相对于阳坡光照时间较短,蒸发量小,故而土壤湿度大,热容量和导热率增大,能保持土壤温度,使土壤温度日变化小,也更能调节秃杉生长发育所需要的水分,而阳坡则反之。在 6~35 a 期间,阳坡和半阴半阳坡对胸径生长无明显影响,而在 16~30 a 期间,不同坡向对树高生长均有显著影响。

### 3.4 不同坡度对林木生长的影响

坡度不同造成太阳入射角度不同,从而获得的太阳辐射能量有差别,气温、土温及生态因子也随之发生变化。从表 9、表 10 中可以看出,只有 11~25 a 间,不同的坡度对秃杉林木的生长产生了显著影响;而在 25~35 a 间却不受影响(显著分析及多重比较均不列出,下同);在 6~10 a 间,坡度的变化对于胸径的生长没有产生显著影响,对树高的生长却产生了显著影响,说明秃杉在生长初期树高的生长优于胸径的生长;在中龄林阶段,林分郁闭度高,林木生长迅速,枝叶越来越茂盛,从而需要更多的养分及更严格的水肥条件,此时坡度的差异造成水肥条件的不同,进而对林分的生长有很大的影响。

表 5 各年龄段不同坡位对胸径、树高生长影响分析

Tab. 5 Impact analysis of different slope positions on DBH, height growth in each period

年龄段	因子	平方和	Df	均方	F	Sig	年龄段	因子	平方和	Df	均方	F	Sig		
I	胸径	组间	0.264	2	0.132	11.762	0.006	II	胸径	组间	0.237	2	0.119	11.007	0.001
		组内	0.079	7	0.011		组内			0.162	15	0.011			
		总数	0.342	9			总数			0.399	17				
	树高	组间	0.074	2	0.037	5.099	0.043		树高	组间	0.123	2	0.061	8.955	0.003
		组内	0.051	7	0.007		组内			0.103	15	0.007			
		总数	0.124	9			总数			0.225	17				
III	胸径	组间	0.056	2	0.027	14.732	0.003	IV	胸径	组间	0.127	2	0.064	7.094	0.021
		组内	0.013	7	0.002		组内			0.063	7	0.009			
		总数	0.068	9			总数			0.190	9				
	树高	组间	0.041	2	0.021	28.082	0.000		树高	组间	0.047	2	0.024	8.372	0.014
		组内	0.005	7	0.001		组内			0.020	7	0.003			
		总数	0.046	9			总数			0.067	9				
V	胸径	组间	0.126	2	0.063	13.601	0.004	VI	胸径	组间	0.053	2	0.027	12.035	0.005
		组内	0.032	7	0.005		组内			0.015	7	0.001			
		总数	0.158	9			总数			0.068	9				
	树高	组间	0.033	2	0.017	11.209	0.007		树高	组间	0.028	2	0.014	13.554	0.004
		组内	0.010	7	0.001		组内			0.007	7	0.002			
		总数	0.044	9			总数			0.035	9				

表 6 不同坡位对林分生长影响及多重比较  
Tab. 6 Effects and multiple comparisons of slope positions on forest stand

年龄段	坡位	胸径		树高		年龄段	坡位	胸径		树高	
		平均	LSD	平均	LSD			平均	LSD	平均	LSD
6~10 a	1	1.243	a	0.623	a	11~15 a	1	1.437	a	0.688	a
	2	1.327	a	0.677	a		2	1.617	b	0.830	b
	3	1.610	c	0.820	c		3	1.760	c	0.903	c
	平均	1.415		0.718			平均	1.533		0.759	
16~20 a	1	1.250	a	0.635	a	21~25 a	1	1.150	a	0.582	a
	2	1.367	b	0.698	b		2	1.320	b	0.664	b
	3	1.463	c	0.810	c		3	1.470	c	0.780	c
	平均	1.373		0.719			平均	1.299		0.662	
26~30 a	1	1.067	a	0.611	a	31~35 a	1	1.150	a	0.573	a
	2	1.269	b	0.700	b		2	1.258	b	0.597	a
	3	1.332	c	0.7500	c		3	1.311	c	0.688	c
	平均	1.233		0.693			平均	1.236		0.624	

表 7 各年龄段不同坡向对胸径、树高生长影响分析  
Tab. 7 Impact analysis of different aspect on DBH, height growth in each period

年龄段	因子	平方和	Df	均方	F	Sig	年龄段	因子	平方和	Df	均方	F	Sig		
I	胸径	组间	0.275	2	0.137	14.222	0.003	II	胸径	组间	0.193	2	0.097	7.049	0.007
		组内	0.068	7	0.010		组内			0.206	15	0.014			
		总数	0.342	9			总数			0.398	17				
	树高	组间	0.087	2	0.043	8.109	0.015		树高	组间	0.088	2	0.044	4.779	0.025
		组内	0.037	7	0.005		组内			0.138	15	0.009			
		总数	0.124	9			总数			0.225	17				
III	胸径	组间	0.041	2	0.021	5.414	0.038	IV	胸径	组间	0.144	2	0.072	10.849	0.007
		组内	0.027	7	0.004		组内			0.046	7	0.007			
		总数	0.068	9			总数			0.190	9				
	树高	组间	0.038	2	0.019	16.901	0.002		树高	组间	0.053	2	0.026	12.877	0.005
		组内	0.008	7	0.001		组内			0.014	7	0.002			
		总数	0.046	9			总数			0.067	9				
V	胸径	组间	0.138	2	0.069	24.564	0.001	VI	胸径	组间	0.040	2	0.020	4.780	0.049
		组内	0.020	7			组内			0.029	7	0.004			
		总数	0.158	9			总数			0.068	9				
	树高	组间	0.037	2	0.018	18.162	0.002		树高	组间	0.028	2	0.014	13.279	0.004
		组内	0.007	7	0.001		组内			0.007	7	0.001			
		总数	0.044	9			总数			0.035	9				

表 8 不同坡向对林分生长影响及多重比较

Tab. 8 Effects and multiple comparisons of different aspect on forest stand

年龄段	坡向	胸径		树高		年龄段	坡向	胸径		树高	
		平均	LSD	平均	LSD			平均	LSD	平均	LSD
6~10 a	1	1.223	a	0.593	a	11~15 a	1	1.446	a	0.700	a
	2	1.385	a	0.725	a		2	1.550	a	0.776	a
	3	1.647	c	0.833	c		3	1.672	c	0.853	c
	平均	1.415		0.718			平均	1.533		0.759	
16~20 a	1	1.300	a	0.657	a	21~25 a	1	1.150	a	0.565	a
	2	1.359	a	0.698	b		2	1.267	a	0.656	b
	3	1.463	c	0.810	c		3	1.435	c	0.740	c
	平均	1.373		0.719			平均	1.299		0.662	
26~30 a	1	1.067	a	0.611	a	31~35 a	1	1.168	a	0.570	a
	2	1.259	b	0.700	b		2	1.204	a	0.591	a
	3	1.366	c	0.7667	c		3	1.311	c	0.688	c
	平均	1.233		0.693			平均	1.236		0.624	

表 9 各年龄段不同坡度对胸径、树高生长影响分析

Tab. 9 Impact analysis of different gradient on DBH, height growth in each period

年龄段	因子	平方和	Df	均方	F	Sig	年龄段	因子	平方和	Df	均方	F	Sig		
I	胸径	组间	0.170	2	0.085	3.433	0.091	II	胸径	组间	0.251	2	0.125	12.681	0.001
		组内	0.173	7	0.025		组内			0.148	15	0.010			
		总数	0.342	9			总数			0.399	17				
	树高	组间	0.075	2	0.038	5.347	0.039		树高	组间	0.099	2	0.050	5.893	0.013
		组内	0.049	7	0.007		组内			0.126	15	0.008			
		总数	0.124	9			总数			0.225	17				
III	胸径	组间	0.042	2	0.021	5.750	0.033	IV	胸径	组间	0.119	2	0.060	5.864	0.032
		组内	0.026	7	0.004		组内			0.071	7	0.010			
		总数	0.068	9			总数			0.190	9				
	树高	组间	0.027	2	0.013	4.880	0.047		树高	组间	0.054	2	0.027	14.658	0.003
		组内	0.019	7	0.003		组内			0.013	7	0.002			
		总数	0.046	9			总数			0.067	9				

### 3.5 不同坡形对林分生长的影响

从表 11、表 12 中可以看出：在调查的 6 个年龄段中，仅有 6~10 a、11~15 a 及 16~20 a 这 3 个年龄段的生长受到了坡形的显著影响，因为水肥在重力作用下从凸坡向下迁移，并沿途经过截留吸附与下渗，而在平地、缓坡地、凹坡地带形成水肥富集地带，而凸坡则水肥逐渐贫瘠，且凸坡风力强劲，蒸发大而消散快，水分储蓄不足<sup>[13]</sup>，对处在速生阶段的秃杉

生长影响巨大。在 6~10 a 这个阶段，坡度的变化并没有对秃杉的胸径生长造成太大的影响，而不同坡形造成的影响则较大。

### 4 结论

1) 在立地因子中，土壤、坡向、坡位和坡度等因子的不同，林木的生长也随之不同。从秃杉生长各个年龄段的分析可以看出：土壤厚度、坡向、坡位这

表 10 不同坡度对林分生长影响及多重比较

Tab. 10 Effects and multiple comparisons of gradient on forest stand

年龄段	坡度	胸径		树高		年龄段	坡度	胸径		树高	
		平均	LSD	平均	LSD			平均	LSD	平均	LSD
6~10 a	1	1.450	a	0.650	a	11~15 a	1	1.372	a	0.660	a
	2	1.220	a	0.620	a		2	1.547	a	0.760	a
	3	1.518	a	0.804	c		3	1.635	c	0.826	c
	平均	1.415		0.718			平均	1.533		0.759	
16~20 a	1	1.295	a	0.660	a	21~25 a	1	1.125	a	0.780*	a
	2	1.405	b	0.733	a		2	1.300	a	0.662	b
	3	1.443	c	0.783	c		3	1.470	c	0.548	c
	平均	1.373		0.719			平均	1.299		0.662	

表 11 不同年龄段坡形对胸径、树高生长影响分析

Tab. 11 Impact analysis of different slope forms on DBH, height growth in each period

年龄段	因子	平方和	Df	均方	F	Sig	年龄段	因子	平方和	Df	均方	F	Sig		
I	胸径	组间	0.204	2	0.102	5.135	0.042	II	胸径	组间	0.071	4.147	0.037	0.071	4.147
		组内	0.139	7	0.020		组内			0.017		0.017			
		总数	0.342	9			总数								
	树高	组间	0.079	2	0.039	6.070	0.030		树高	组间	0.06	8.509	0.003	0.06	8.509
		组内	0.045	7	0.006		组内			0.007		0.007			
		总数	0.124	9			总数								
III	胸径	组间	0.055	2	0.027	14.732	0.003	IV	胸径	组间	0.001	10	0.001	0.001	0.001
		组内	0.013	7	0.002		组内								
		总数	0.068	9			总数								
	树高	组间	0.039	2	0.019	18.483	0.002		树高	组间					
		组内	0.007	7	0.001		组内								
		总数	0.046	9			总数								

3 个立地因子是影响秃杉生长最为重要的立地因子,均对秃杉的生长造成了显著影响。且从胸径、树高的平均生长量对比中看出,在各个年龄段,秃杉在土壤深厚、下坡位、阴坡的生长较其他同立地条件的不同位置要好。而坡形和坡度只是在秃杉的生长初期和中期造成了显著影响,待林分成熟后就不再对秃杉的生长造成大的影响;在秃杉幼龄林、中龄林阶段,在平缓坡、凹形坡生长的秃杉均比同立地条件的不同位置生长要好。

2) 秃杉的生长对于坡位的变化最为敏感。从各个立地因子对胸径、树高的影响差异可以看出,树高生长较胸径生长对于立地因子的变化更敏感。秃

杉生长过程中,树高的生长对光照的敏感程度比胸径生长要高。秃杉的树高生长先于胸径的生长,且秃杉的速生阶段时间较长,适合培育大径材<sup>[14]</sup>。

3) 在营林过程中,按照生物生长的自然规律进行管理,可以达到事半功倍的效果。根据本次研究结果,秃杉人工林造林地最优的立地因子组合为:坡向为阴坡、坡位为下部、坡度小于 15°、土壤厚度较厚的地块。采取适当的初植密度、及时抚育和间伐,科学控制立木密度等措施,可以使秃杉达到速生、丰产的效果。造林时可考虑到坡位的影响,在中上部坡位可适当与一些喜阳、抗旱的树种如桉木等进行混交造林<sup>[15]</sup>。

表 12 不同坡形对林分生长影响及多重比较

Tab. 12 Effects and multiple comparisons of different slope forms on forest stand

年龄段	坡形	胸径		树高		年龄段	坡形	胸径		树高	
		平均	LSD	平均	LSD			平均	LSD	平均	LSD
6~10 a	1	1.223	a	0.593	a	11~15 a	1	1.37	a	0.604	a
	2	1.403	b	0.723	b		2	1.506	a	0.74	b
	3	1.568	c	0.801	c		3	1.617	c	0.834	c
	平均	1.415		0.718			平均	1.533		0.759	
16~20 a	1	1.25	a	0.645	a	21~25 a	1				
	2	1.367	b	0.694	a		2				
	3	1.463	c	0.81	c		3				
	平均	1.373		0.719			平均				

参考文献:

[1] 王挺良. 秃杉[M]. 北京:中国林业出版社,1995:4-6.

[2] 陶国祥. 秃杉生长规律的研究[J]. 林业调查规划, 2001,26(3):1-8.

[3] 刘佩云. 秃杉大径级用材林抚育采伐技术的研究[J]. 林业科技,2011,36(2):39-40.

[4] 陈元品. 秃杉与杉木、木荷混交林林分生长初步研究[J]. 福建林业科技,2008,35(1):219-221.

[5] 钱建新. 秃杉抚育间伐初步研究[J]. 福建林业科技, 2009,36(2):235-237.

[6] 刘毅,易咏梅. 秃杉生物量及其生长规律研究[J]. 湖北林业科技,2006(4):23-25.

[7] 陈建新,王明怀,曾令山. 秃杉人工林生长过程[J]. 广东林业科技,2007,23(1):71-75.

[8] 谢文雷. 秃杉人工林密度管理技术研究[J]. 防护林科技,2004(5):23-25.

[9] 胡兴宜,宋从文,张家来. 湖北省秃杉立地类型划分及立地质量评价[J]. 江西农业大学学报,2004,26(4):532-535.

[10] 孟宪宇. 测树学[M]. 北京:中国林业出版社,2008:48-49.

[11] 高祥宝,董寒青. 数据分析与 SPSS 应用[M]. 北京:清华大学出版社,2007:98-338.

[12] 张燕平,赵粉侠,刘秀贤,等. 干热河谷印楝生长与立地条件关系[J]. 林业科学研究,2005,18(1):74-79.

[13] 何亚平,费世民,蔡小虎,等. 坡形因素对麻疯树人工林个体与群体生物量配置的影响[J]. 四川林业科技, 2011,32(6):1-10.

[14] 陶国祥. 秃杉[M]. 昆明:云南科技出版社,2001:120-122.

[15] 肖石海. 秃杉混交林生产力研究[J]. 林业科技开发, 2006,20(2):45-46.

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2014.02.033

## 贵州万山长寿湖国家湿地公园规划构思

蒲应春<sup>1</sup>, 曾辉<sup>1</sup>, 张志平<sup>2</sup>

(1. 贵州省林业调查规划院, 贵州 贵阳 550003; 2. 万山区林业局, 贵州 万山 554200)

**摘要:**介绍贵州省铜仁市万山长寿湖湿地公园动植物资源、景观资源等概况。按保护优先、科学恢复、合理利用、持续发展的方针,塑造“湿地里的长寿福地,闹市中的世外桃源”的公园形象,将公园分为 5 个功能区,对各功能区的规划目标、建设思路、主要建设项目及规模作了说明。

**关键词:**长寿湖湿地公园;规划目标;建设思路;功能分区;项目布局

中图分类号:S759.91;X52 文献标识码:A 文章编号:1671-3168(2014)04-0155-03

## Planning Concepts of Wanshan Changshou Lake National Wetland Park in Guizhou Province

PO Ying-chun<sup>1</sup>, ZENG Hui<sup>1</sup>, ZHANG Zhi-ping<sup>2</sup>

(1. Forest Inventory and Planning Institute of Guizhou Province, Guiyang 550003, China;

2. Forestry Bureau Wanshan District, Wanshan, Guizhou 554200, China)

**Abstract:** This paper introduces the resources status of flora, fauna and landscape in Wanshan Changshou Lake National Wetland Park, Tongren City, Guizhou Province. According to the principle of conservation priorities, scientific restoration, rational use and sustainable development, the park image of the “a place of happiness and longevity in wetland, ideal world in downtown” are formed. The park will be divided into five functional areas, the planning objectives construction concepts, major construction projects and the scale of each functional area are described in this paper.

**Key words:** Changshou Lake Wetland Park; planning objectives; construction concepts; function zoning; projects layout

湿地是地球之肾、淡水之源、生态之基,在维护生态平衡、应对气候变化、促进经济社会可持续发展等方面发挥着不可替代的重要作用。贵州地处长江、珠江上游,是“两江”上游重要的生态屏障,生态区位十分重要。长寿湖湿地位于贵州省铜仁市西南城郊,地处万山区境内,水系属洞庭湖入湖四大水系之一的沅江水系,为沅江上游重要支流,因此,依托长寿湖建设国家湿地公园,是维持长江上游水生态安全的重要实践。

### 1 基本情况

#### 1.1 地理位置

贵州万山长寿湖国家湿地公园(以下简称长寿湖湿地公园)位于贵州省铜仁市万山区,距铜仁市区 10.2 km,距万山新城区不足 5 km,素有“长寿福地、世外桃源”的美誉,是铜仁市民公认的“南郊花园”。公园呈西南沿东北走向带状分布于山川河谷之间,地理坐标为东经 109°05′46″~109°08′48″、北

收稿日期:2013-11-28.

作者简介:蒲应春(1979-),男,工程师。从事风景园林规划设计工作。

纬 27°37'15"~27°39'38", 规划面积为 480.12 hm<sup>2</sup>。

### 1.2 资源条件

#### 1.2.1 湿地资源

公园境内的长寿湖、龙生水库、太阳冲水库及天然河流相互串联形成了湿地的主体;湿地面积为 158.72 hm<sup>2</sup>,湿地率为 33.1%;包括河流湿地和人工湿地 2 种湿地类,包含永久性河流、库塘及稻田等多个湿地型。公园水源补给方式为综合补给,主要河流为木杉河;境内无工业污染源,水质达到中二类水标准以上。

#### 1.2.2 生物资源

##### 1) 植物资源

公园地处山川台地与河谷深切地带,得天独厚的自然环境孕育了丰富的植物资源。境内分布有维管植物 107 科、248 属、321 种;其中,蕨类植物 14 科、21 属、30 种;种子植物 93 科、227 属、291 种;分布有针叶林、阔叶林、灌草丛及水生植被等多种植被类型。

##### 2) 动物资源

公园优良的生态环境,为野生动物提供了良好的栖息场所。境内分布有脊椎动物 143 种,其中鱼类 27 种、兽类 24 种,鸟类 61 种,爬行类 17 种,两栖类 14 种。分布有大鲵、鸳鸯、穿山甲等国家二级保护野生动物 10 种。

#### 1.2.3 景观资源

湿地公园中有河流湿地及微型的库塘湿地,也有经过千百年种植形成的稻田湿地,湿地类型多样。河流湿地又深藏于小型的峡谷中,湿地景观丰富,形成了“谷中藏水、曲径通幽、细瀑飞溅、既刚且柔”的自然风光;尤其是在公园西南部长寿村一带,山青水秀、鸟翔人和、宛如世外桃源,人们在这里过着与世无争、安谧恬静的生活,在这人间仙境中自由呼吸、延年益寿。据统计,50 年来,这个仅 800 余人的村子已出现 37 位百岁老人,因此被国家老龄委挂牌认定为“贵州长寿第一村”。为此,常有游客慕名前来探寻长寿的奥秘。

## 2 总体思路

### 2.1 指导思想

以科学发展观统领全局,以国家关于湿地保护,湿地合理利用、生态旅游等法律法规为依据,认真贯彻执行国家湿地公园“保护优先、科学恢复、合理利

用、持续发展”的总方针。依托得天独厚的自然环境及区位优势,深度挖掘当地具有的长寿文化、民俗文化及农耕文化等多元文化,着力塑造“湿地里的长寿福地,闹市中的世外桃源”的公园形象,从而实现人与湿地和谐共融。

### 2.2 性质定位

以长寿湖保护湿地生态系统和流域水生态安全为重点,以民俗文化、农耕文化为依托,以长寿文化为特色,打造集湿地保护与修复、科普宣教、湿地休闲和文化体验为一体的城郊型国家湿地公园。

### 2.3 建设目标

充分利用长寿湖湿地公园的自然条件,构建稳定的湿地生态环境,使之成为沅江上游重要支流的水质保育示范区、库塘湿地水质恢复实验区及长寿文化体验区,最终将湿地公园建成物种丰富、生态结构稳定、宣教功能凸显、具有典型喀斯特河谷湿地特点的国家湿地公园。

## 3 功能分区与布局

### 3.1 功能分区

根据《国家湿地公园总体规划导则(试行)》,结合公园资源属性、特征和管理需要,坚持自然、人文单元相对完整的原则,将长寿湖湿地公园划分为保育区、恢复重建区、宣教展示区、合理利用区和管理服务区 5 个功能区(图 1、表 1)。

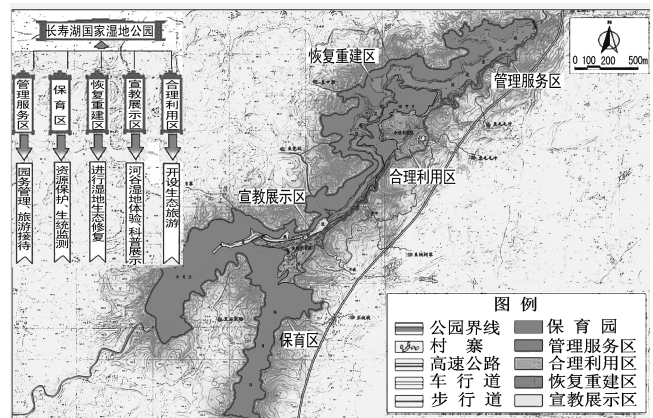


图 1 湿地公园功能分区

Fig. 1 Wetland function zoning

### 3.2 项目布局

根据长寿湖湿地公园功能定位,结合湿地保护及生态旅游的需要,确定各功能区规划目标、建设思路、主要建设项目及规模(表 2)。



表 1 长寿湖湿地公园分区一览

Tab. 1 General Survey of Changshou Lake Wetland zoning				
功能区名称	面积 /hm <sup>2</sup>	比例 /%	分布区域	功能属性
保育区	314.38	65.6	位于公园北部和西南部	生态环境较好,针对动植物和湿地生态系统开展湿地监测与研究
恢复重建区	85.64	17.8	位于公园中东部	采用近自然方式进行湿地生态修复,形成结构完整的湿地生态系统
宣教展示区	10.68	2.2	位于公园西南部峡谷观光走廊一带	湿地形态完整,谷底平坦,是开展湿地科普宣教的理想场所。
合理利用区	67.45	14.0	位于河流南岸,沿通村公路呈带状分布	是公园人为活动相对集中的区域,具备开设生态旅游的基本条件。
管理服务区	1.97	0.4	位于公园东南面入口处	背山面水、地势平坦、交通方便,建设条件良好

表 2 长寿湖湿地公园项目布局一览

Tab. 2 Project layout List of Changshou Lake Wetland Park			
功能区	规划目标	建设思路	主要建设项目及规模
保育区	全面维护喀斯特森林与河谷湿地相融合的复合生态系统完整性	以保护水源水质为核心,保护动物栖息地及生物多样性为重点,积极开展科研监测活动,为长寿湖湿地保护保育提供基础资料和实验数据。	水文、水质监测点各 1 处,湿地监测点 4 处,气象监测点 1 处,科研监测样地 3 个,水源涵养林保护 150 hm <sup>2</sup>
恢复重建区	采用生态修复措施修复湿地生态系统	拆除龙生水库下游网箱养殖点,利用沿岸弃营建滩涂沼泽,对面山植被进行恢复。	拆除网箱近 100 个,沿岸植被恢复 35 hm <sup>2</sup> ,滩涂沼泽恢复 3 hm <sup>2</sup>
宣教展示区	成为展示湿地生态系统,湿地科普宣教“活教材”	该区是典型的喀斯特河谷湿地,生态敏感度较高。规划尽量减少对湿地环境的干扰和破坏。开展科普宣教活动。	小型水力发电科普园 1 处,河谷湿地宣教走廊 1.2 km,湿地污水净化点 3 处

续表

功能区	规划目标	建设思路	主要建设项目及规模
合理利用区	建成“梵天净土,桃源铜仁”旅游圈中的长寿文化体验地	挖掘公园特有的长寿文化、民俗文化及农耕文化等多元文化,以桃、竹、松等有长寿寓意的植物为基调,着力塑造“湿地里的长寿福地、闹市区的市外桃源”这一公园形象。	猕猴苑 1 hm <sup>2</sup> ,梯田观光园 10.5 hm <sup>2</sup> ,生态果园 1.5 hm <sup>2</sup> ,掠影长廊 250 m,长寿村村庄整治 1 处,长寿长乐园 4 hm <sup>2</sup> ,蟠桃园 3 hm <sup>2</sup>
管理服务区	对公园进行科学有效地管理和保护,为游客提供优质高效便捷的服务。	公园距城区较近,仅设管理站及游客服务中心。为减少对环境的影响,组织所有外来车辆在此停放,进入公园则乘用电瓶车。	游客服务中心 1500 m <sup>2</sup> (内设应急救援中心 200 m <sup>2</sup> ),生态停车场 3000 m <sup>2</sup>

#### 4 结语

长寿湖湿地公园是我国高原与丘陵交汇处典型的森林与湿地融为一体的湿地公园,具有较高的生态、经济、科研及美学价值。公园建设是万山区建设黔东南林新城及全国资源枯竭型城市转型示范区的需要,是万山区生态文明建设的具体实践。公园建设将对维持区域物种繁衍、保护生物多样性具有特殊效能,对保护沅江水源安全具有极其重要的现实意义。公园建成后将成为“梵天净土,桃源铜仁”旅游圈中的长寿文化体验基地,成为铜仁市乃至全省、全国的又一张生态名片。

#### 参考文献:

- [1] 国家湿地公园总体规划导则(林湿综字[2010]7号)[Z]. 2010.
- [2] 贵州省铜仁市旅游发展总体规划(2004~2020年)[Z]. 2004.
- [3] 资源枯竭型城市贵州万山特区转型规划(2010-2020年)[Z]. 2010.
- [4] 张玉钧,刘国强. 湿地公园规划方法与案例分析[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2012.

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2014.02.034

## 针对昆明市 PM<sub>2.5</sub> 与 PM<sub>10</sub> 的绿地规划研究

杨 旭

(昆明理工大学,云南 昆明 650500)

**摘要:**随着目前昆明市城市化进程的快速发展,PM<sub>2.5</sub> 和 PM<sub>10</sub> 颗粒污染物的治理已成为社会各界主要关注的问题,针对昆明市颗粒污染物的区域、来源及季节分布状况,从绿地总体规划布局、各种类型绿地植物配置方面提出了相应对策与建议。

**关键词:**PM<sub>2.5</sub>;PM<sub>10</sub>;绿地系统规划;昆明市

中图分类号:S731.2 文献标识码:A 文章编号:1671-3168(2014)04-0158-03

## Green Space System Planning for PM<sub>2.5</sub> and PM<sub>10</sub> in Kunming

YANG Xu

(Kunming University of Science and Technology, Kunming 650500, China)

**Abstract:** With the current rapid development of Kunming urbanization, the governance of particulate pollutants of PM<sub>2.5</sub> and PM<sub>10</sub> has become a major concern of the community. In view of particle pollution from aspects of area, source and seasonal distribution in Kunming, the corresponding countermeasures and suggestions including green plants overall layout, various types of green plants configuration also have been put forward.

**Key words:** PM<sub>2.5</sub>; PM<sub>10</sub>; green space system planning; Kunming City

近年来,随着城镇化进程的加快,在城市规划建设与改造过程中产生大量以 PM<sub>2.5</sub>、PM<sub>10</sub> 细颗粒物为典型代表的区域大气复合污染已经成为人们高度关注和迫切需要解决的重大环境问题。近期环保部表示,今年将在全国 116 个城市建成 440 余个国家空气监测点,督促国家重点监控企业污染物排放监测信息公开,并且京津冀等地 PM<sub>2.5</sub> 将纳入考核目标。PM<sub>2.5</sub> 是指大气中直径 $\leq 2.5\mu\text{m}$ 的颗粒物,也称为可入肺颗粒物。它的直径还不到人的头发丝粗细的 1/20;通常把空气动力学当量直径 $\leq 10\mu\text{m}$ 的颗粒物称为 PM<sub>10</sub>(particulate matter < 10 $\mu\text{m}$ ),又称为可吸入颗粒物或飘尘。有些颗粒物因粒径大或颜色黑可以为肉眼所见,比如烟尘。有些则小到需

使用电子显微镜才可观察到。中国国家环保总局 1996 年颁布修订的《环境空气质量标准(GB3095-1996)》中,将飘尘改称为可吸入颗粒物,作为正式大气环境质量标准。颗粒物的直径越小,进入呼吸道的部位越深。10 $\mu\text{m}$  直径的颗粒物通常沉积在上呼吸道,5 $\mu\text{m}$  直径的可进入呼吸道的深部,直径 2 $\mu\text{m}$  以下的可 100% 深入到细支气管和肺泡。这些细颗粒物对人体健康的影响主要包括:增加发病率和死亡率;危害呼吸系统和心血管系统;改变肺功能及其结构;改变免疫功能;增加癌患,如肺癌等<sup>[1]</sup>。

目前,针对 PM<sub>2.5</sub>、PM<sub>10</sub> 细颗粒污染物的污染源,昆明市环保局先后制定了《昆明市确保环境空气质量达百分之百优良等级行动计划》、《昆明市

收稿日期:2013-11-27.

作者简介:杨旭(1982-),男,讲师。从事城市规划与设计(景观设计方向)工作。Email:1256116976@qq.com

高污染燃料禁燃区管理规定》、《昆明市机动车排气污染防治条例》等一系列政策、法规,以防治颗粒物污染为重点,从扬尘污染、煤烟型污染、工业污染、机动车尾气污染控制 4 个方面着手,持续开展确保环境质量的综合整治行动。本文试图从污染物的扩散过程出发,通过进一步利用城市绿地系统规划来完善 PM<sub>2.5</sub> 与 PM<sub>10</sub> 细颗粒污染物的治理对策,为昆明建设具有时代特色的节约型园林城市提供有益的参考。

## 1 现状问题分析

### 1.1 自然环境条件

昆明市位于滇东高原中部昆明盆地内,城区位置约为北纬 25°02',东经 102°43',海拔 1 890 m;地势北高南低,三面环山,南濒滇池。气候属北亚热带低纬高原季风气候,具干、湿季分明的气候特点,年均温 14.5℃,年均降水量 1 031 mm;5~10 月为雨季,降水量占全年的 85%左右,11 月至次年 4 月为旱季,降水量仅占全年的 15%;相对湿度最大为夏季 7~8 月,近 80%,最小为春季 3~4 月,不足 60%;全年主导风向为西南风,年均风速为 2.1 m/s,年内风速春季最高,夏季最低。

### 1.2 主要问题分析

根据近年来杨树平<sup>[2]</sup>就昆明市大气理想及实际环境容量进行了核定研究,以及《中国统计年鉴》部分数据<sup>[3]</sup>,昆明市环保局提供或发布的相关数据,以空气质量指标、空气质量等级、空气污染指数为依据,就昆明市近 8 年来环境空气质量变化特征和趋势进行分析,可以得出如下结论:

1) 昆明市主要空气污染物包括二氧化硫、二氧化氮、PM<sub>10</sub> 以及 PM<sub>2.5</sub> 等,由于地理上昆明是气候温暖的南方城市,生活污染源、各类工业污染源及交通运输污染源在年内各季无明显差异,故导致主要污染物季节变化的主要原因是该地区气象条件的季节变化。

2) 一年中季节性变化主要分为 2 个阶段。每年 5~10 月主要污染物量曲线基本呈“V”字型,由于温暖湿润的夏季风和雨季多雨的天气影响,污染物受到丰沛降水的冲刷稀释和季风的扩散作用而浓度下降,期间最低值一般为 7 月,空气质量状况为优良。另一个阶段为每年 11 月至次年 4 月,在此期间由于气候干燥,少云天气多,市区辐射逆温发生频率高,大气常处于稳定状态,抑制湍流的发展,不利于

空气污染物的稀释与扩散,加上受到东北干燥寒风的影响,常伴有浮尘扬沙,因而污染物数值相对较高,期间最低值一般在 2 月。

3) PM<sub>2.5</sub> 与 PM<sub>10</sub> 主要来自于人为排放,包括一次排放和二次转化生成。一次排放主要来自燃烧过程及粉尘、扬尘。二次转化由二氧化硫、氨、氮氧化物和挥发性有机物等气态前体物在大气中通过化学反应生成。近年来开展对昆明市的环境空气质量监测表明,从空气污染指数(API)来看,主要污染物是 PM<sub>10</sub>、SO<sub>2</sub>、NO<sub>2</sub> 等;从空气质量指数(AQI)来看,首要污染物将转变为 PM<sub>2.5</sub>、O<sub>3</sub> 及 NO<sub>2</sub>。目前统计表明,从昆明市 2012 年 12 月 21 日首次发布空气质量 PM<sub>2.5</sub> 数值看,6 个监测点中,金鼎山、东风广场、关上、龙泉镇、碧鸡广场、西山森林公园首要污染物均有 PM<sub>2.5</sub> 与 PM<sub>10</sub>,其中约 49% 来源于城市扬尘,25% 来源于汽车尾气,16% 来源于工业排放,10% 来源于生活源及第三产业燃煤、燃油等<sup>[4]</sup>。

## 2 绿地规划中相关治理研究与对策

### 2.1 绿地系统的总体规划与布局

从昆明市来看,其 PM<sub>10</sub> 和 PM<sub>2.5</sub> 浓度分布呈圈层状分布,中心建成区浓度最高,主城外围的都市发展区次之,向南呈贡新区、滇池以及郊区最低。绿地景观格局优化策略必须围绕这些相应的地区展开,根据不同的环境质量水平分别制定相应的控制目标及对策,可通过增加绿地斑块平均面积,建设和保护大面积的绿地斑块,增强绿地的降污效应;结合昆明市绿地规划布局,在昆明市外围的“一圈”(即主城外部的生态敏感区),通过发展滨水绿化、生态林、生态农田、游憩绿地,营造主城外围连续的生态背景,种植形成防护绿带,且防风林与入射风夹角在 30°~60°。另外采用大规格苗、形成一定的林分高,林分结构以疏透度中等为宜,可以保障较好的防护效果。市区绿环东部特别是东北部绿地以常绿防风且滞尘效果植物为主,可以在冬季有效控制干旱的粉尘等带来的 PM<sub>10</sub> 和 PM<sub>2.5</sub> 污染。可选用的造林树种有广玉兰、泡桐、二球悬铃木、毛白杨、圆柏、丁香、榆叶梅、构树、三角枫、女贞、大叶黄杨、刺槐、桂花、滇楸、木槿、栀子花、腊梅、龙柏、黄槐等,常绿与落叶树种植比例按照 8:2 左右配置为宜。

由于昆明市常年盛行西南风,西南位置滇池是天然的开阔空间并可以给穿越的西南风加湿,在布局上应当利用好西南向楔形及带状绿地,使其具有杀菌、加湿、净化气流的作用,从而降低 PM<sub>10</sub> 和

PM<sub>2.5</sub> 浓度。具体植物配置结构上,应多以“品”字形和“井”字形为主,适当的延缓风速。可选用的杀菌类植物有月桂、缅桂花、茉莉花、蓝桉、大叶桉、香樟、天竺桂、杜英、桧柏、侧柏、黄栌、雪松、女贞、臭椿、虎尾兰、龙舌兰、晚香玉、除虫菊、野菊花、紫茉莉、兰花、丁香、苍术、薄荷等,这类绿叶植物大多能分泌出一种杀灭细菌、病毒、真菌的挥发性物质。同时,加强外围绿地斑块系统的建设,结合“八片九园、珠落玉盘”的格局(八片:西山森林公园与草海公园、棋盘山森林公园与郊野公园、青山森林公园与西北沙河、长虫山森林公园、黑龙潭公园、金殿公园与呼马山片、凤凰山、果林水库,九园:翠湖公园、昆明动物园、大观公园、云南民族村、南市公园、蹉跎公园、白沙河休闲公园、北市公园、普吉公园),总体上通过绿地系统规划形成“环、带、廊、楔”的结构,同时优化植物配置结构和比例,达到最佳效果。

## 2.2 绿地系统的分类规划

公园与附属绿地作为区域绿地的核心,不仅在游憩观赏形象上起着主导作用,在改善局部小区域气候生态上也有很大的亮点,布局上结合“环、带、廊、楔”的结构,形成各自的特色,与昆明绿地规划一轴(盘龙江绿化景观轴)相融合,在植物配置上应当以涵养水分和产生空气负离子植物为主。涵养水分植物可以通过蒸腾作用增加空气湿度形成降雨,从而稀释空气中 PM<sub>10</sub> 和 PM<sub>2.5</sub> 以及其他污染物含量,尤其是在昆明冬季干燥时期,可以改良干燥扬尘状况。主要植物有华山松、云南松、稠李、紫丁香、广玉兰、毛白杨、滇楸、油杉、云杉、旱柳、榆树、滇朴、胡桃楸等。简单地说,空气负离子就是空气中的各种分子在特殊情况下从别处获得电子而带电,此时空气分子就成为空气负离子。医学界有人认为负氧离子可经过呼吸道或皮肤刺激引起神经反射,影响人体全身各系统,能促进新陈代谢,预防流感及增强机体抗病能力。由于 PM<sub>10</sub> 和 PM<sub>2.5</sub> 等污染物多为带正电荷的微粒,当空气中负离子的浓度较高时能及时互相吸附而消除,所以营造产生空气负离子的植物就有了很大意义。其中可以帮助产生空气负离子的植物有雪松、云南松、圆柏、龙柏、五针松、黄金菊、油杉、云杉、冷杉、银星秋海棠、橡皮树、桂花、鹅掌柴、吊兰等。

昆明道路绿地系统规划重点以“一轴两环,四篱五线”为主,现有路网中,东西向、南北向、西南—

东北走向的主干道及区干道较多,道路通风状况良好;穿越城区的大观河、西坝河为东北至西南走向,盘龙江、金汁河为南北走向,纵横交错的天然河道也有利于通风。绿化植物配置上应重点增加高架立体交通系统的垂直绿化,可选用的植物有常春藤、爬山虎、五叶地锦、凌霄、常春油麻藤、炮仗花、地被月季、三角梅、天门冬、佛甲草、垂盆草等。另外,有利消除颗粒污染物的绿地植物配置群落模式有道路侧分带采用香樟—红叶石楠—紫薇—金叶女贞—地被植物(麦冬);道路两侧采用栎树—夹竹桃—红花檵木—海桐—地被植物(马尼拉草)配置模式<sup>[5]</sup>;工业绿地设计规划中,由于有许多工业企业处在都市发展区,应注意保护其现有的山水资源,进一步凸显四大绿楔对其的生态优化功能,在一些开发区以及产业园周边进行生态隔离带建设,以减轻其对区域环境的污染。主要植物种类可选取臭椿、广玉兰、忍冬、香樟、滇润楠、旱柳、卫矛、夹竹桃、白蜡、月季、海桐、棕榈、悬铃木、银桦、丁香、银杏等。

## 3 结语

针对昆明市 PM<sub>2.5</sub> 与 PM<sub>10</sub> 的绿地系统规划,在总体布局上应当结合昆明气候特点,运用“环、带、廊、楔”结构,同时优化植物配置种类、结构和比例,各种绿地从空间梯度上点、线、面结合形成一个系统,无论从经济、社会、生态上都可以解决现实存在的问题,结合当前昆明发展和未来需求状况,具有广泛探讨和应用的前景。

## 参考文献:

- [1] Gotschi T, Oglesby L, Mathys P, et al. Comparison of black smoke and PM<sub>2.5</sub> levels in indoor and outdoor environments of four European cities [J]. Environ. Sci. Technol., 2002, 36: 1191-1197.
- [2] 杨树平. 昆明城市大气环境容量核定研究[D]. 昆明: 昆明理工大学, 2007.
- [3] 中华人民共和国国家统计局. 中国统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2003-2007.
- [4] 殷丽萍. 开展 PM<sub>2.5</sub> 监测对昆明市环境空气质量影响的探讨[J]. 环境科学导刊, 2013, 32(3): 46-49.
- [5] 张纪林, 张冠一, 李淑琴. 一种降低 PM<sub>2.5</sub> 的城市道路绿化配置模式[P]. 中国: 201210352629.

# 《林业调查规划》投稿指南

《林业调查规划》是全国性的林业科技类期刊,大16开本,国内外公开发行。本刊任务是报道林业和与林业有关的理论及实践研究成果、综合评述等。设有森林经理、“3S”技术、森林资源管理、生物多样性、森林保护、林火研究、生态建设、自然保护区等多个栏目。本刊已被多个期刊数据库全文收录,为中国科技核心期刊和中国林业核心期刊,荣获首届《CAJ-CD规范》执行优秀期刊奖。

## 1 来稿要求

**1.1 文章内容与字数:** 要求文稿真实、准确地反映当前林业生产、科研的新成果,内容具有先进性、科学性、实用性。来稿字数以4 000~8 000字为宜(含图表)。如为基金项目,请注明论文的基金资助名称和项目编号。

**1.2 文题:** 文题要言简意赅,以不超过20字为宜。

**1.3 署名:** 作者署名不超过5人,第一作者应是稿件的执笔人和修改人,作者之间用逗号“,”隔开。

**1.4 单位:** 要写全称,并注明所在省(区)、市(县)和邮编。

**1.5 摘要和关键词:** 摘要内容应完整准确概括论文的实质性内容,包括研究目的、方法、结论等要素,并具有独立性和自明性,不加注释和评论,不用“本文”、“笔者”等主语,字数控制在200字以内。关键词应选择紧扣文章主题、反映文章内容的单词、词组或术语3~8个,中间用分号“;”隔开,最后一个词不加标号。

**1.6 正文:** 正文中的各层次标题用阿拉伯数字连续编写,如1;1.1;1.1.1;2;2.1……,顶格书写,层次划分不超过3级。

**1.7 图和表:** 应有自明性,切忌与文字表述重复。插图要求用计算

机绘制,图序和图题应标在图的下方;采用三线表设计,不要表墙,表中参数应标明量和单位符号。

**1.8 量、单位和符号:** 请使用法定计量单位,量名称及符号、单位、数字等应符合国家标准,书写要规范,外文字母和符号必须注明大小写、正斜体及上下角标。例如:长度单位:km、m、cm、mm;面积单位:hm<sup>2</sup>、m<sup>2</sup>、dm<sup>2</sup>、cm<sup>2</sup>;体积单位:m<sup>3</sup>、l、ml;质量单位:t、kg、g、mg;时间单位:a、d、h、min、s。

**1.9 数字的写法:** 凡是可以使用阿拉伯数字且很得体的地方,均应使用阿拉伯数字;公历世纪、年代、年、月、日均用阿拉伯数字。年代不能简写。

**1.10 参考文献:** 只列出作者直接阅读过并已公开发表的主要文献,未发表的著作、论文集、内部资料不列入参考文献范围。采用顺序编码制,即按文中出现的顺序连续编号,并用阿拉伯数字加方括号标于文中适当位置的右上角,并与文末参考文献序号对应一致。著录格式如下:①期刊:[序号]

作者(3人以上须满足3人后加等)。篇名[J]。刊名,年,卷(期);起止页码。②图书:[序号]作者。书名[M]。出版地:出版单位,出版年;起止页码。③论文集:[序号]作者。篇名[A]。编著者。论文集名[C]。出版地:出版单位,出版年;起止页码。④电子文献:[序号]主要责任者。电子文献题名[电子文献及载体类型标识]。电子文献的出处或可获得地址,发表日期/引用日期(任选)。参考文献类型代码分别为:普通图书[M]、会议录[C]、汇编[G]、报纸[N]、期刊[J]、学位论文[D]、报告[R]、标准[S]、专利[P]、数据库[DB]、计算机程序[CP]、电子公告[EB]。电子文献载体类型标志如下:磁带[MT]、磁盘[DK]、光盘[CD]、联机网络[OL]。对于专著、论文集中析出的文献,其文献类型标识采用[A],对于其他未说明文献类型的标识采用[Z]。每一参考文献条目的最后均以“.”结束。

作者对以上要求如有不明,可参考本刊近期文章或咨询编辑部。投稿前请对稿件认真逐项修改,补充有关内容。

## 2 投稿与稿件处理

1)投稿前,请登录本刊网站(<http://www.yunnanforestry.cn:8099/ch/index.aspx>)认真阅读本刊投稿指南中的各项说明,投稿后请电话告知编辑部以便查对。

2)本刊实行严格的审稿制度,稿件送相关专家审阅,并由编委会讨论定稿。来稿请勿一稿多投。编辑部收稿后将在10日内通知作者审稿结果。

3)来稿一经刊用,将按规定收取专家审稿费,根据论文所占版面情况收取论文发表费,并付给作者稿酬。具体数额以本刊所发通知为准。另外,来稿所在当期期刊出版后,本刊将寄赠作者2册。对具创新性、高质量稿件,优先安排发表,并根据创新性水平减、免审稿费和版面费,稿酬从优。

4)来稿发表后,文章著作权归作者所有,文责自负,其编辑版权属本刊所有。

5)为拓宽学术交流渠道,本刊已加入“中国期刊全文数据库”和“数字化期刊群”等期刊数据库,作者著作权使用费与本刊稿酬一次性给付,不再另行发放。作者如不同意文章入编,投稿时敬请说明。

6)本刊编辑部保留对来稿进行必要的文字修改、删节的权利,如作者不允许修改,请在来稿中注明。

7)编辑部地址:650051,云南省昆明市盘龙区人民东路289号,云南省林业调查规划院《林业调查规划》编辑部(电话:0871-63318347;Email:ynfip@vip.163.com;传真:0871-63318347)。

2009年第三届云南期刊奖评选中荣获“优秀期刊奖”  
2012年第四届云南期刊奖评选中荣获“优秀期刊奖”



热带水果—菠萝蜜

国内定价：10.00元（全年60.00元）  
Price (abroad): 5.00 dollars (30.00 dollars yearly)

广告经营许可证号：5300004000093

ISSN 1671-3168

