






中南林业科技大学

学位论文原创性声明

本人郑重声明：所呈交的论文是本人在导师的指导下独立进行研究所取得的研究成果。除了文中特别加以标注引用的内容外，本论文不包含任何其他个人或集体已经发表或撰写的成果作品，也不包含为获得中南林学院或其他教育机构的学位或证书所使用过的材料。对本文的研究做出重要贡献的个人和集体，均已在文中以明确方式表明。本人完全意识到本声明的法律后果由本人承担。

作者签名： 

2008 年 6 月 12 日

中南林业科技大学

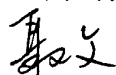
学位论文授权使用授权书

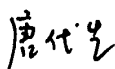
本学位论文作者完全了解学校有关保留、使用学位论文的规定，同意学校保留并向国家有关部门或机构送交论文的复印件或电子版，允许论文被查阅或借阅。本人授权中南林学院可以将本学位论文的全部或部分内容编入有关数据库进行检索，可以采用影印、缩印或扫描等复制手段保存和汇编本学位论文。

本学位论文属于：

- 1、 保密 ，在年解密后适用本授权书。
- 2、 不保密 。

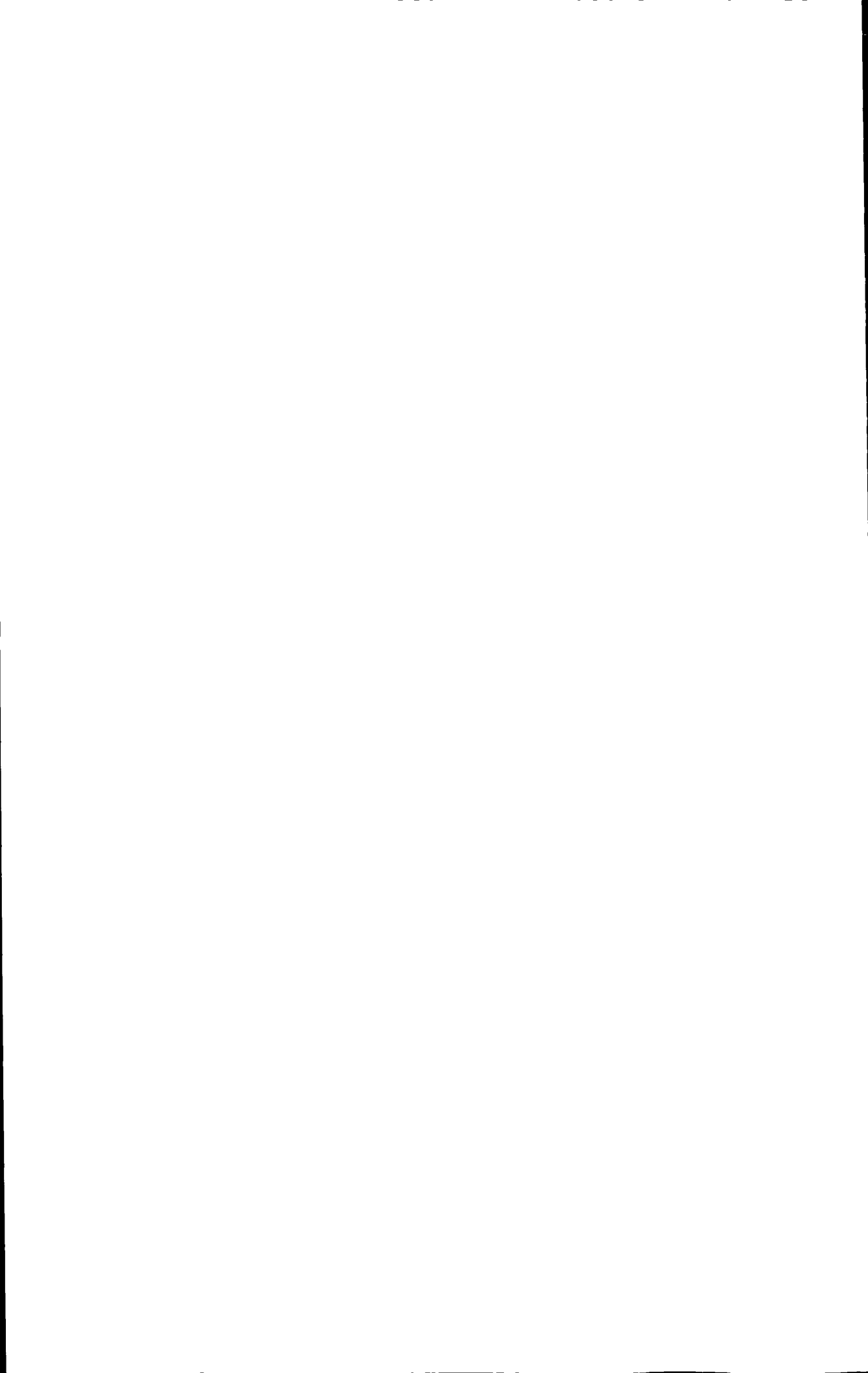
(请您在以上相应方框打“√”)

作者签名： 

导师签名： 

2008 年 6 月 12 日

2008 年 6 月 12 日



摘要

南方红豆杉 (*Taxus chinensis* var. *mairei*) 属红豆杉科 (Taxaceae) 高大乔木, 是我国特有的第三纪孑遗植物, 木材优良, 树形优美, 含高效天然抗癌植物——紫杉醇, 为我国一级保护珍稀树种。南方红豆杉主要分布于黄河以南大部分地区: 云南东北部和东南部、贵州中部和东部、四川西部、重庆南部、广西北部、湖南、陕西南部、河南西部、山西东南部、浙江、广东北部、江西、福建等省的山地。由于人们过度砍伐开采, 南方红豆杉野生资源破坏严重, 濒临灭绝。

本文以湖南阳明山自然保护区南方红豆杉林为研究对象, 应用森林经理学和森林生态学的方法, 对其林分结构进行研究。研究的主要内容包括: 通过实地考察, 摸清南方红豆杉资源地理分布; 分析保护区内南方红豆杉林分结构与空间结构特征; 提出南方红豆杉濒危原因, 并结合阳明山自然保护区当前社会经济情况及经营管理现状, 针对南方红豆杉林保护现状及存在的问题, 提出了科学保护对策和建议。研究所得的主要结论如下:

(1) 南方红豆杉主要分布于保护区内的一漂漕、二漂漕、三漂漕以及北江冲一带 (见附录 A), 海拔 700-1100m。所在地离人居住地较偏远, 植被保存较好。一漂漕、二漂漕、三漂漕一带, 南方红豆杉多与毛竹混生; 北江冲一带, 南方红豆杉散生于针阔叶混交林内。全区南方红豆杉分布范围之广, 结实良好, 最大胸径达 60 多 cm^2 , 有几处形成群落, 面积达 590hm^2 , 另有南方红豆杉零星分布的面积 3500hm^2 。

(2) 阳明山南方红豆杉林按树种组成, 划分为两种类型, 即南方红豆杉-毛竹混交林, 南方红豆杉-针阔叶树种混交林; 对南方红豆杉林分直径分布进行分析和数学模型进行拟合, 研究表明两种类型树木直径分布曲线均呈不规则单山峰状曲线, 应用 weibull 分布函数拟合反映该种类型的直径分布并与予以 x^2 检验, 效果比较理想, 部分标准地不服从韦布尔分布的原因可能是由于林分内存在部分个体较为高大的保留木, 使其林分结构规律被打乱所致; 从年龄结构来看, 南方红豆杉-毛竹混交林内南方红豆杉种群呈稳定型, 南方红豆杉-针阔叶混交林内南方红豆杉种群呈增长型。两种类型的南方红豆杉种群都呈现稳步增大的趋势, 幼苗储备丰富, 但幼树数量较之相对较少。

(3) 南方红豆杉-毛竹混交林各个树木种群除杉木、毛竹属于均匀分布外, 均属于聚集分布。南方红豆杉-针阔叶树种混交林种群分布与此大致相似, 但南



方红豆杉接近于随机分布,杉木呈均匀分布,其余均属于聚集分布。这与当地存在大量毛竹林以及人工杉木林的现象相符合;利用树冠光竞争高度,根据实地南方红豆杉生长情况,将南方红豆杉-毛竹混交林和南方红豆杉-针阔叶混交林军划分为三个林层,统计数据显示,南方红豆杉占据林层的中下层,还存在一定数量的保留木。

(4) 南方红豆杉濒危原因初步探讨,研究表明南方红豆杉种子产量少、种子萌发率和籽苗成活率较低、种群竞争力较弱以及对生境要求的特殊性导致了野生南方红豆杉资源有限,过度的人为干扰破坏则是南方红豆杉种群濒危的另一个重要原因。

针对保护区南方红豆杉保护现状及经营管理存在问题,提出建议:加强林业管理政策,健全林业管理措施,大力宣传南方红豆杉的药用价值及相关的科普知识,明确南方红豆杉分布区域,设置专人管护;调整南方红豆杉林分结构,适度稀疏南方红豆杉-毛竹混交林内大径阶树木枝叶和不良木,改善光照条件,增加营养面积,提高更新保存率,控制林地内毛竹生长扩张,提高林分物种多样性。在南方红豆杉-针阔叶混交林内,通过合理的人为干预来促进红豆杉的天然更新,同时加强管护措施,禁止任何经营性活动,不断提高林分质量;做好就地保护,对集中分布区划建南方红豆杉保护区域,对散生成龄树建立保护点,鼓励阳明山当地有关执行单位组织建立当地的种苗繁育基地,营造人工南方红豆杉原料林。

关键词: 阳明山自然保护区; 南方红豆杉; 林分结构; 濒危机制



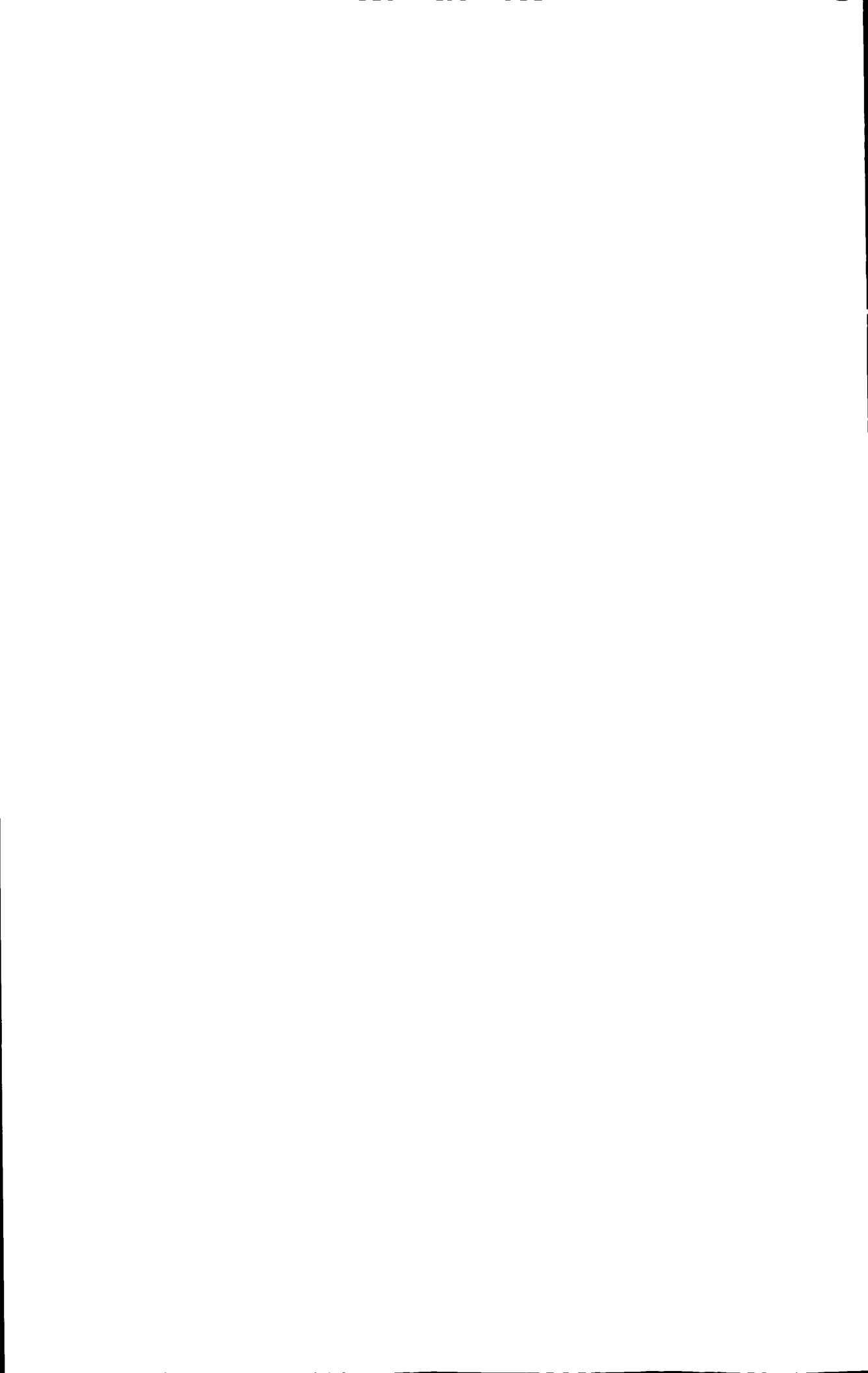
ABSTRACT

Taxus chinensis var. *mairei*, belonging to Taxaceae, is one of the state-protected one-grade rare and endangered plant. Its timber is fine and the sharp is graceful, in addition, it contains highly effective natural anti-cancer plant- paclitaxel. It is mainly distributed in the most part of southern yellow river: northern and southern Yunnan, middle and east Guizhou, western Sichuan, northern Guangxi, Hunan, southern Shanxi, western Henan, Zhejiang, northern Guangdong, Jiangxi and Fujian etc. Due to the over-cut of *Taxus chinensis* var. *mairei*, it is damaged seriously and on verge of being extinct.

Taxus chinensis var. *mairei* in Yangmingshan National Nature Reserve is study material for this article. Forest structures were studied by using forest management and forest ecology. The research contents including as follows: through field studies, understanding the geographical distribution of *Taxus chinensis* var. *mairei*; Analyzing the forest structure and space structure features; Given endangered reason and complied with the Socio-economic status and management of yangmingshan national nature reserve, some suggestions and strategies were discussed for protecting the rare species based on the situation of *Taxus chinensis* var. *mairei* in the field. The mainly conclusions are following:

(1) *Taxus chinensis* var. *mairei* mainly distributed in a protected area of Yiluocao, Erluocao, Sanluocao, as well as along the Beijiang chong (see Appendix A), elevation is 700-1100 m. The vegetation location is away from the neighbourhood and it is preserved fairly good. Along Yiluocao, Erluocao, Sanluocao, Most *Taxus chinensis* var. *mairei* mixed with bamboo. along the BeijiangChong, *Taxus chinensis* var. *mairei*. scattered needles and broad-leaved forest. In the region, its distribution scope was broad and the fruit was good, the largest diameter was more than 60 cm². There were several communities which area reach to 590 hm², other *Taxus chinensis* var. *mairei* sporadic distribution were 3500 hm².

(2) According to tree species composition of *Taxus chinensis* var. *mairei* forest in Yangmingshan, two forest land types are divided into, that is, *Taxus chinensis*

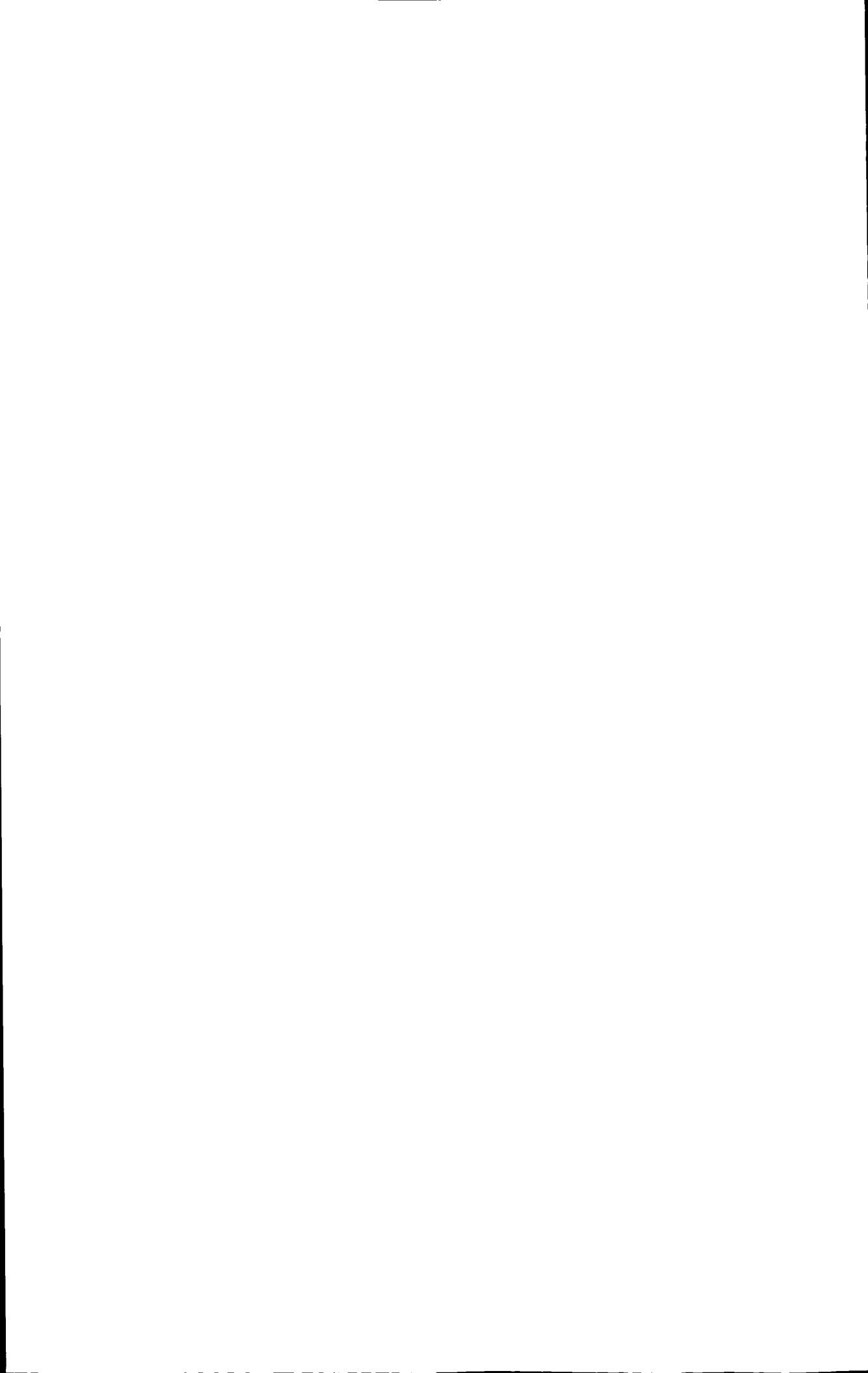


var. *mairei* - *Phyllostachys pubescens* community and *Taxus chinensis* var. *mairei* - needles broad-leaved mixed community; After *Taxus chinensis* var. *mairei* diameter distribution analysis and mathematical model fitting, the research showed that the diameter distribution curve of two types are irregular single - mountain - shaped curve. weibull distribution reflected the type of diameter distribution and χ^2 checked it, the results were quite satisfactory, Some sample plots didn't obey Weibull distribution, which might be due to the existence of some tall reservative wood that caused the disruption of forest structure; Judging from age structure, the *chinensis* var. *mairei* species were stable in *Taxus chinensis* var. *mairei*-*Phyllostachys pubescens* community but increase in the latter. The *chinensis* var. *mairei* species of two forest land types were steadily increase, the storage of young seedlings were rich but relatively small comparing the quantity of young plant.

(3) Various tree species of *Taxus chinensis* var. *mairei* - *Phyllostachys pubescens* community all belong to gathered Distribution except *Cunninghamia lanceolata* and *Phyllostachys pubescens*. it was rather similar to the latter mixed forest, but *Taxus chinensis* var. *mairei* in the latter was closer to random distribution, *Cunninghamia lanceolata* was uniform distributed and the rest belong to gathered distribution. Those were accordance with the phenomenon of the local *Phyllostachys pubescens* and artificial *Cunninghamia lanceolata* forest; Using competitive high-crown, two mixed forest were divided into three layers according to the growth of the local *Taxus chinensis* var. *mairei*. The statistics showed that. *Taxus chinensis* var. *mairei* occupy the middle and lower classes, there was also a certain amount of reservative wood.

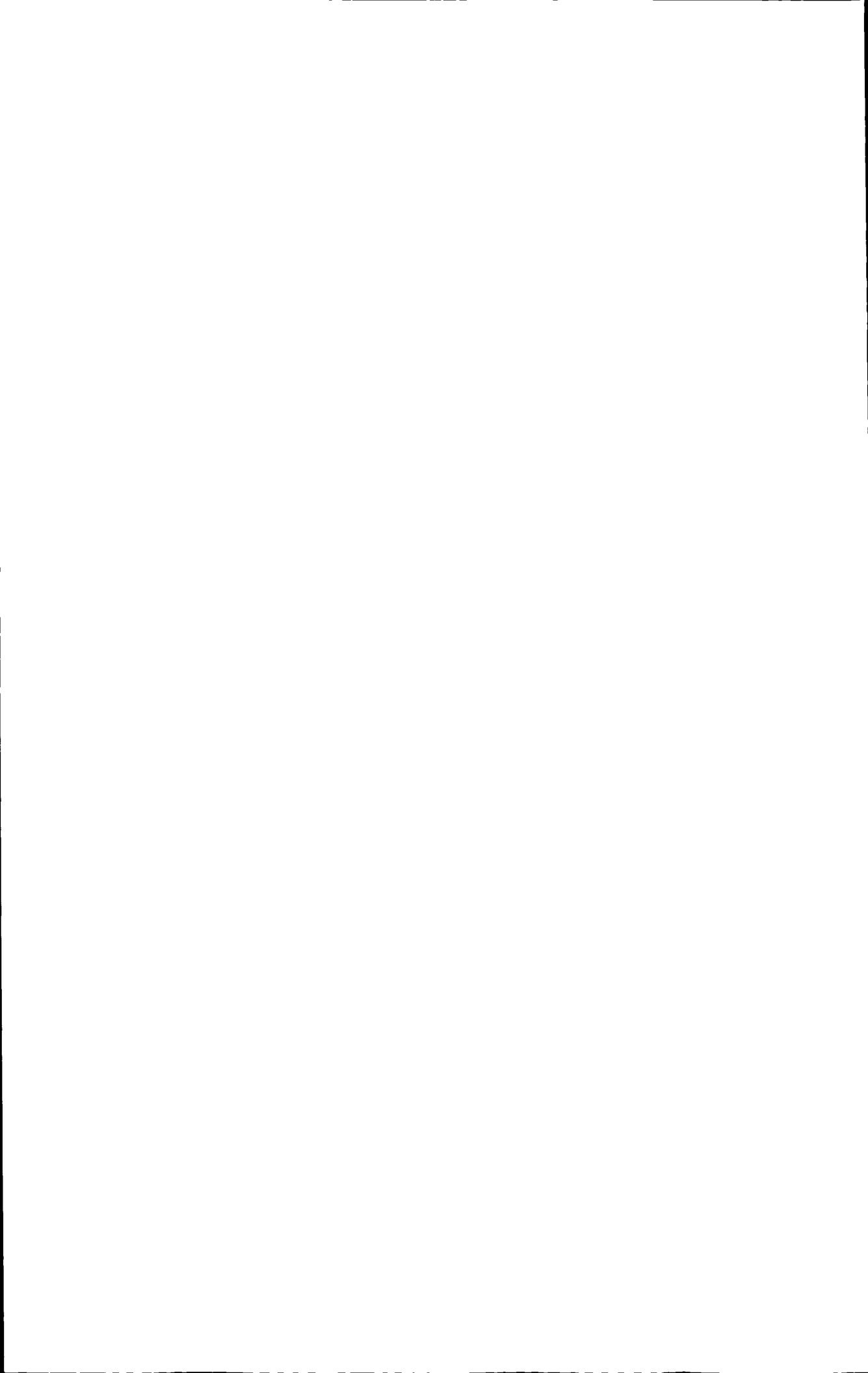
(4) The endangered causes of *T. chinensis* var. *mairei* were analyzed, the results showed that there were some reasons which threatened this species, such as the less seeds, the lower sprouting rate and viability rate, the weaker competition, and the special adaptive to environment. Those causes the limitation of natural *Taxus chinensis* var. *mairei* resources, in addition, the human disturbance was one of the important factors, which threatened this species.

Based on the situation of *Taxus chinensis* var. *mairei* and the problem of the management, some suggestions were discussed as follows: strength the forest management and strategies, improve forestry management measures, provocat the medical value and relative science knowledge of *Taxus chinensis* var. *mairei*, determine its distribution and set personal care; adjust its forest structure ,



sparse the branches of large diameter trees and bad wood moderately in *Taxus chinensis* var. *mairei* - *Phyllostachys pubescens* community, improve light conditions and the nutrient area, increase updated preservation rate, control the growth and expansion of bamboo and expand the Species diversities. Within *Taxus chinensis* var. *mairei* - needles broad-leaved mixed community, through reasonable human intervention to promote the natural regeneration of *Taxus chinensis* var. *mairei*, at the same time, strengthen protection measures to prohibit any business activities and continuously improve the quality of forest; do a good job in situ conservation, built on *Taxus chinensis* var. *mairei* protected areas in concentrative area, establish protected points for scattered mature tree and encourage the local implement organizations to establish the local units of seed-breeding base which create artificial *Taxus chinensis* var. *mairei* forest.

Key Words: yangmingshan National Nature Reserve; *Taxus chinensis* var. *mairei*; stand structure; endangered causes



目 录

摘 要.....	I
ABSTRACT.....	III
1 绪论.....	1
1.1 前言.....	1
1.2 南方红豆杉研究概述.....	1
1.2.1 南方红豆杉资源地理分布与生态环境特征.....	1
1.2.2 南方红豆杉研究进展.....	3
1.3 林分结构相关理论.....	5
1.3.1 树种结构的研究.....	6
1.3.2 树木直径分布的研究.....	8
1.3.3 树高分布的研究.....	8
1.3.4 林龄分布的研究.....	9
1.3.5.空间结构的研究.....	9
2 研究区概况、研究内容及研究技术路线.....	11
2.1 研究地概况.....	11
2.1.1 地理位置.....	11
2.1.2 地形地貌.....	11
2.1.3 气候.....	12
2.1.4 土壤.....	12
2.1.5 水文.....	12
2.1.6 森林资源.....	13
2.2 研究内容、目的与意义.....	13
2.2.1 研究内容.....	13
2.2.2 研究目的与意义.....	14
2.3 技术路线.....	15
3 研究资料收集与数据采集.....	16
3.1 阳明山南方红豆杉资源调查.....	16
3.2 标准地选择与设置.....	17
3.3 标准地调查.....	18
3.4 数据处理与计算.....	19
4 南方红豆杉林分结构研究.....	20



4.1 研究方法.....	20
4.1.1 林分树种组成统计方法.....	20
4.1.2 林分直径结构规律测定分析方法.....	21
4.1.3 林分年龄结构分析方法.....	22
4.2 结果与分析.....	23
4.2.1 林分树种组成.....	23
4.2.2 林分直径结构规律.....	28
4.2.3 林分年龄结构分布与更新.....	34
5 南方红豆杉空间结构研究.....	37
5.1 研究方法.....	37
5.1.1 林分水平结构.....	37
5.1.2 林分垂直结构.....	38
5.2 结果与分析.....	39
5.2.1 水平结构研究.....	39
5.2.2 垂直结构研究.....	41
6 南方红豆杉濒危原因与保护利用.....	47
6.1 濒危原因分析.....	47
6.1.1 南方红豆杉固有生态学特性局限.....	47
6.1.2 社会因素.....	48
6.2 阳明山南方红豆杉保护措施建议.....	48
6.2.1 阳明山自然保护区经营管理存在问题.....	48
6.2.2 加强南方红豆杉保护措施几点建议.....	49
7 结果与讨论.....	51
7.1 结论与总结.....	51
7.2 论文不足与展望.....	52
8 参考文献.....	54
附录 A 湖南阳明山自然保护区南方红豆杉资源分布图.....	60
附录 B 湖南南方红豆杉自然保护区分布图.....	61
附录 C 攻读学位期间的主要学术成果.....	64
致 谢.....	65



1 绪论

1.1 前言

南方红豆杉属红豆杉科高大乔木,是我国特有的第三纪孑遗植物,木材优良,树形优美,含高效天然抗癌植物——紫杉醇,是集材用、观赏及药用的重要的资源植物^[1]。西南地区是我国南方红豆杉资源的主要分布区,东北、华中、华南地区依次次之,其它大部分地区基本没有发现红豆杉分布。

红豆杉树种的生物学特性和生态习性十分特殊,对生态环境要求高,天然更新能力差,种群竞争能力弱,天然分布的种群数量极为有限,形成明显的地理种群隔离,极大制约其种群空间拓展。

南方红豆杉主杆挺拔,枝条舒展稠密,树冠卵形或塔形,是一种极有发展前途的园林观赏树种;且具有侧根发达,耐阴、耐旱、耐寒等特点,可广泛用于营建水土保持林,水源涵养林,是实施天然林保护工程,退耕还林的优良树种之一,特别是其含有的紫杉醇是医学界治疗癌症的有效物质。长期以来南方红豆杉都是砍伐的对象。自 20 世纪 60 年代以来,在四川、云南等地原始森林的大量砍伐和过度利用,在南方红豆杉分布区已很难见到成片高大的乔木。过度利用,导致其适生环境的严重破坏、退化或消失,南方红豆杉种群自然更新困难,资源数量持续下降。

掠夺式的开采,严重的乱砍、滥挖、盗伐、偷挖现象,使南方红豆杉资源遭到了破坏严重。该物种的现存数量越来越少,已处于濒危状态,于 1992 年被国家列为一级国家保护濒危植物。如何保护好天然南方红豆杉资源,实现南方红豆杉资源的可持续利用就显得尤为重要,也是当前需要迫切解决的问题之一。

1.2 南方红豆杉研究概述

1.2.1 南方红豆杉资源地理分布与生态环境特征

南方红豆杉为红豆杉属植物在中国分布最广泛种。红豆杉属于古老的裸子植物,最早化石出现于欧洲的侏罗纪至白垩纪。在我国,最早化石出现于青海的中新世地层,距今约 2500 万年。由于地势与气候的变迁,现代的红豆杉属植物在北半球的分布已呈现不连续的间断分布式样。南方红豆杉主要分布于我国黄河以南广大地区海拔 800—1600m 的山地或溪谷,是亚热带常绿阔叶林、常绿与落叶阔叶混交林的特征种,常与其它阔叶树、竹类以及针叶树混生^{[1][2]},山西是其分

布区的最北界。

南方红豆杉多生长在距居民点较远的中低山地区，海拔多为 500—1800m，最低在安徽南部，海拔 250—720m，在浙江、福建、江西、四川东部和广西分布海拔 600—1500m，贵州、云南 800-1800m，在陕西、甘肃、湖北和湖南（附录 B）分布海拔 1000—1400m，在四川西南部可达 2000 米以上，山西分布海拔 725—965m^[3]。南方红豆杉的耐荫性强，多分布于阴坡、沟谷溪旁山坡中下部水湿条件好的地段。

南方红豆杉在我国的自然分布区绝大多数属亚热带季风气候类型，植被区划跨越暖温带落叶林地带和亚热带常绿阔叶林两个地带。限制南方红豆杉分布的主要气候因子是 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温和生长季节的降水量。在长江流域、南岭山脉山区，夏季炎热多雨，水热同步，是南方红豆杉分布的中心，南方红豆杉生长发育良好。

南方红豆杉分布区的土壤类型主要为山地红壤、山地黄壤、山地黄棕壤、紫色土和山地褐土及棕色森林土。南方红豆杉对土壤的适应能力较强，对土壤种类要求不甚严格，但在肥沃、疏松、排水良好的酸性土壤(PH 值 5.7—6.2)条件下，红豆杉生长旺盛，枝叶繁茂。

南方红豆杉为常绿乔木树种，树高 20m，最高可达 36m，胸径 150cm。最大胸径可达 200cm 以上，树皮灰褐色，纵裂成狭长薄片脱落。大枝开展，小枝互生。

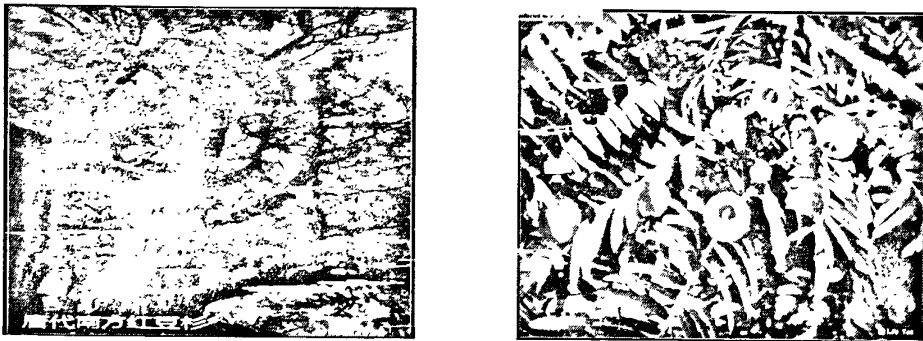


图 1-1 南方红豆杉

Fig1-1 *Taxus chinensis var. mairei*

南方红豆杉为典型阴性树种，生长极为缓慢，寿命可达 500-600a。树高生长初期缓慢，5-35a 为速生期。胸径生长前期较慢，10-30a 为速生期。材积生长前期缓慢，20-40a 为速生期。林木成熟期树龄约需 50-60a^[4]以上。

南方红豆杉常处于林冠下乔木第二、三层，基本无纯林存在，也极少团块分布，在天然林中分布零散，一般情况下分布为小群体，或单株散生在优势种植物树冠林下，适应弱光照，表现为小乔木，在有些地区为优势种，表现为高

大乔木。常生长在北向阴坡,沟谷溪旁,山坡中下部水湿条件好的山地,南方红豆杉为浅根性树种,主根不发达侧根水平展开,扩展面较广,易倒伏;要求土壤不宜过干,但排水良好,一旦遭受淹没,即有枯死的可能。总体而言,对生长环境要求较严。

南方红豆杉是雌雄异株、异花授粉植物。在自然条件下,由于雌雄比例偏小(雌雄比例约为1:9左右^[5])、开花结籽周期较长,南方红豆杉生产率不高。而种子特有的休眠特性以及鸟、鼠类等其它动物对种子的蚕食,造成种子萌发率更低。南方红豆杉在天然生境下依靠种子繁殖扩大种群、拓展生存空间的演替是极其缓慢的。由于南方红豆杉自身固有的生物学和生态学特性决定了其资源的分散性、有限性及发展的难度性,这也正是其珍稀濒危的客观内因^[6]。

1.2.2 南方红豆杉研究进展

红豆杉属植物专题研究,早于1929年Hatfield T.D.曾予发表。1963年,M.C. Wani 和 Monre E. Wall 首次从 *T. brevifolia* 树皮中分离紫杉醇粗提物,拉开了紫杉醇抗癌药物研究序幕^[7]。1969年,美国国家癌症研究中心(NCI)把紫杉醇列入长期研究计划^[8]。1976年,Chadwick L.C.和 R.A.Keen.进行红豆杉属系统学的研究。国外有关红豆杉属植物的研究主要以 *T. brevifolia*、*T. baccata*、*T. canadensis* 和 *T. cuspidata* 为对象进行资源与保护、紫杉醇含量的分析测定、种群生态学、遗传多样性、繁殖生物学、生理生态学等方面的研究^[9]。

我国红豆杉属植物的研究也较广泛。1983年,郑万钧主编的《中国树木志》把我国的红豆杉属植物分为我国产4种1变种,即东北红豆杉(*T. cuspidata*)、红豆杉(*T. chinensis*)、南方红豆杉(*T. chinensis* var. *mairei*)、西藏红豆杉(*T. wallichiana*)和云南红豆杉(*T. yunnanensis*)^[10]。1999年,傅立国等将我国的红豆杉属植物分为3种3变种,即东北红豆杉(*T. cuspidata*)、密叶红豆杉(*T. fuana*)和须弥红豆杉(*T. wallichiana*)3种,把云南红豆杉作为须弥红豆杉的原变种,红豆杉和南方红豆杉作为两个变种,并分别定名为 *T. wallichiana* var. *wallichiana*、*T. wallichiana* var. *chinensis* 和 *T. wallichiana* var. *mairei*^[11]。目前,两种系统均在有关的研究文献中使用。

繁殖技术

对南方红豆杉繁殖培育技术的研究主要集中归纳为种子繁殖与扦插育苗技术的研究。

南方红豆杉的种子具有深休眠特性,自然条件下需经二冬一夏(18个月)才能

萌发。朱念德等研究了南方红豆杉种子胚的发育状况、外种皮的结构以及种子各部分抑制物质的相对活性^[12]。张志权等曾报道新鲜种子内含有对发芽具抑制作用的物质^[13]。许多研究学者对南方红豆杉种子独特的休眠特性进行了研究,在如何打破种子休眠、催芽实验等方面取得了一定的突破^[14]。

扦插育苗技术方面。目前普遍认为:影响南方红豆杉快速生根的关键在于选择插穗、扦插时间、扦插基质、采用适当激素处理、以及加强插后的温、湿度管理。陈鹰翔等研究了不同胸径母株上的穗条,同一胸径不同树冠部位的穗条对成活率的影响^[15]。傅瑞树等的研究结果证实采穗母树、穗条年龄和穗条在树冠上的部位均对扦插生根率造成较大影响^[14]。陈辉等应用单形重心试验设计,对南方红豆杉扦插的 15 种基质的配方进行优化试验。结果显示,供试的 4 种基质材料对促根的作用大小不一,按其对扦插生根影响大小的排列顺序为:黄心土>珍珠岩>壤土>砂土^[16]。费永俊等研究了不同生境对扦插条生长和扦插苗生长的影响,认为扦插后伴种小麦对插条的生长有利,可显著提高生根率^[17]。不同研究者还对扦插前处理穗条的激素类型、激素浓度和处理时间等进行了研究。扦插季节对生根也存在有一定影响,廖文波等的研究结果显示:南方红豆杉的扦插时间以 10-11 月份最合适,生根率达 95%^[14]。聂东铃等对南方红豆杉进行了多因素扦插试验,认为要提高扦插成活率,应选择在秋季扦插。

医药成分与化学提取

来自于南方红豆杉体内的抗癌药物——紫杉醇自 1993 年在美国正式投放市场以来,其世界需求量不断增加。目前已从红豆杉属植物中共分离出各类化学物质 90 多种。

史玉俊从大约 100 篇文献中收集了来自红豆杉属植物的紫杉烷二萜化合物 205 个,并按理论与应用化学国际联盟(IUPAC)规定的碳原子编排顺序,分别给出化学名称,并与美国化学文摘(CA)的编号和命名方法举例对照,以供参考^[18]。徐学民等首次从红豆杉(*Taxus yunnanensis*)的树皮中分得 3 个紫杉烷类化合物。用生物合成的方法得到了新紫杉烷类化合物 Sinenxan A (SIA),为寻找有效抗肿瘤的新型紫杉醇类似物,对 SIA 进行结构修饰,设计合成了 10 个化合物。黄儒珠等对红豆杉种子(种仁)的化学成分进行了分析。

群落学特征

不同学者对不同分布区的南方红豆杉群落结构进行了研究。李先琨等对广西元宝山南方红豆杉群落特征进行了研究,该区南方红豆杉群落为亚热带性质,物种多样性指数接近亚热带地带性代表群落。该群落包含 80 种植物,分属 43 科 64 属。罗文训对福建三明陈大镇南方红豆杉天然林群落进行研究,认为该群落

的主要建群种南方红豆杉正处于旺盛生长阶段,较为稳定^[19]。此外,廖文波等对粤北南方红豆杉植物群落进行了较为详尽的研究,指出该群落以南方红豆杉、红栲、枫香的重要值最高^[20]。刘仁林等对井冈山较大的南方红豆杉天然群落的物种多样性和空间分布格局进行研究,认为该群落的物种多样性在较大的地理范围遵从水平规律和垂直规律,但在较小的区域上主要服从适度干扰规律和生境选择规律^[21]。

在上述研究基础上,李先琨等采用相邻格子样方法取样数据研究了元宝山南方红豆杉种群的空间分布格局及其动态、群落主要树木种群间联结关系。黄玉清等对元宝山南方红豆杉种群结构进行了后续研究。

茹文明、张桂萍等对山西麟河自然保护区内南方红豆杉群落和种群结构进行了调查研究。结果显示:南方红豆杉群落共有维管植物 40 科、51 属、60 种。从年龄结构来看,该种群的幼龄个体十分匮乏,已处于退化的早期阶段。属的区系成分以温带成分占优势,种的区系成分以东亚和中国特有种占优势^{[22][23]}。

1.3 林分结构相关理论

林分结构一直是人们研究的重点问题,但林分结构没有一个统一的概念,胡文力认为林分结构是指一个林分或整个森林经营单位的树种、株数、年龄、径级及林层等构成的类型;李毅^[24]认为林分结构是指林分中树种、株数、胸径、树高等因子的分布状态;孟宪宇^[25]指出,不论是人工林还是天然林,在未遭受严重干扰的情况下,林分内部许多特征因子,如直径、树高、形数、材积、材种、树冠以及复层异龄混交林中的林层、年龄和树种组成等,都具有一定的分布状态,而且表现出较为稳定的结构规律性,称它为林分结构规律。笔者认为林分结构的概念为:林分结构是指一个林分的树种组成、直径分布、年龄分布、树高分布和空间配置。

传统林学中,对林分结构的表达主要是从测树学和森林生态学两个方面加以描述。测树学中的林分结构主要以树种组成、年龄结构、直径结构、树高结构、林层结构、密度和蓄积等指标来描述;在森林生态学的研究中,有许多表示群落特征以及物种在群落中分布、数量特征和种间关系的指标,如多度、频度、重要值、优势度指数、联结指数等,或从空间格局的角度,把种群个体的分布格局类型用随机分布、均匀分布和聚集分布来描述。这些描述主要是林木个体大小特征的表现和群体的分布特征,对林分数量特征和群落结构的表达具有十分重要的意义^[26]。

迄今为止的世界林业发展历史,主要经历了森林的原始利用阶段(19世纪70年代之前)、森林的工业利用阶段(19世纪70年代至20世纪90年代)和森林的可持续利用阶段(20世纪90年代以来)。不同的森林利用阶段与不同的社会经济发展水平相适应,产生不同的经营目标和对林分结构不同的研究重点。原始利用阶段对林分结构的研究较少。其结果是稳定的林分结构大量消失。工业利用阶段对林分结构的研究,主要集中在对人工林密度、胸径的生长和材积量的研究。进入可持续利用阶段,在现代生态学理论的指导下,林分结构的重点发生转移,注重对不同林分结构物种多样性、生态功能和社会效益的研究。大多数国家处在第二个阶段和第三个阶段之间,也就是处在由单纯的追求林业产量到注重森林的多种效益的共同发展与利用。随着时间的推移,人工林暴露出越来越多弊端,树种单一,抗自然灾害性差,造成土地生产力下降,自然结构随大规模的造林而丧失,人工林培育引起森林遗传基因贫乏化^[27]。各国也对林业政策做了相应的调整,提出了新的理论,如美国的“新林业”学说,德国的“近自然林业”理论,我国的沈国舫提出的“生态林业^[28]”,邵青还提出的“林业分工论^[29]”等。传统林学中对于林分结构的研究,主要集中在描述群落的树种组成和空间分布、群落成层性、年龄组成等。下面对这几种林分结构的研究重点的研究方法进行归纳总结。

1.3.1 树种结构的研究

德国在树种结构方面研究较多,经历了一个漫长的思维转变过程。从中世纪片面追求木材产量,大量营造针叶树,形成针叶纯林占绝对优势的局面,到后来大面积针叶纯林弊端逐渐显现出来,如抗风能力差、景观单调、病虫害严重等,于是开始采取近自然林业理论进行树种结构调整。经过多年的努力,阔叶树比例有了大幅度上升,部分地区已达到三分之二,接近于原始森林水平。在树种结构调整中,遵循树种多样化和乡土树种占优势的原则,即使是主要树种在林分中的比例也不能占绝对优势,如主要针叶树种——挪威云杉仅占33%,并认为基本达到了近自然林业的要求。我国长白山地区的原始红松林林内,凡是在红松人工林中存在的病虫害都有分布,但从未泛滥成灾。多次调查后发现,无论是在材积,还是在株数上,红松都占35%左右,即红松与其它树种的比值为50%左右。国庆喜研究发现红松在枯立木中的株数组成比和断面积比也接近于3成。1951—1955年我国曾对红松分布区进行了大规模调查,在小兴安岭南坡的树种结构中,红松占优势,约30%,而长白山只占20%。张广学(1998)认为许多昆虫对农林作物产生的危害实际上是人类不科学的耕作方式、栽培方法、管理技术不当引

起的,利用植物的抗害性自然控制害虫是最根本也是最佳的措施,通过改变植物类型组成利用害虫天敌自然控制害虫便宜、有效且往往有持续效果^[30]。国外也研究证明造成欧洲 Alpine 山区水土保持林不稳定的原因是不合理的林分组成,过于简单的垂直结构和植物组成、森林病虫害和高密度的野生有蹄类动物。提高这一地区林分的稳定性,采取的措施是在挪威云杉中增加落叶松比例,逐渐建立多层次林分结构的小块状林分。张本光(2001)认为,纯林工程就是脆弱的生态工程,必须坚持有三个树种以上、混交林比例各占 1/3 的生态林工程建设,才是可靠的生态工程林^[30]。而且我国林业专家建议,南方杉木林区杉木发展面积以 30%—40%为宜,60%—70%应发展阔叶树,构成针阔混交的树种结构。

由此可见,通过改变林分的树种结构防治病虫害、发展多树种组成的混交林已成为共识,林分病虫害发生状况已经成为检验林分稳定性的重要指标。

树木种类组成在决定森林的类型具有重要意义。它是林分结构的基本因子,也直接影响生物多样性^[31],反映林分的物种种类和林分类型。对树种组成的研究主要有三个方面:

第一,简单描述研究地的物种种类。不同地区,由于所处的位置不同,立地条件也不相同,适宜生存和生长的物种组成也不尽相同。很多研究只是单纯地描述了研究地的物种组成,阐明主要优势种。如黄清麟^[32]分析了福建青冈萌芽林分物种组成,表明福建青冈萌芽林乔木层中树种为福建青冈、罗浮栲、木荷、丝栗栲、马尾松、华杜英等,福建青冈占绝对优势。

第二,物种多样性和丰富度。由于天然林的大量砍伐,森林的物种已经越来越少,如果不对物种多样性进行研究,不提高林分的物种多样性,物种的贫乏将是人类面临的又一难题。随着人类生态意识的增强,对林分多样性的研究也越来越多,方法也不尽相同,主要是通过多样性指数和丰富度来研究的(Nagaike, 2003; LUST, 1998; Manuel R, 1997)。Takuo Nagaike^[33]的研究表明林分结构和景观参数对植物的多样性有很大影响。在日本的中部,调查了自然恢复矮林的植物多样性。林分结构的差异反映了管理的侧重点不同。对于林木来说,物种丰富度主要受相对重要性的影响,这个参数是林分结构的一个参数,它随经营强度的增加而减少。树木物种的多样性和景观参数有相关的关系,包括研究区周围的公路密度。林分结构主要影响不抗扰动森林的下层植物物种和抗扰动的树木物种。因此,物种多样性的影响对于林下植被和林木是不同的。森林经营的影响对林下植被物种多样性的影响更大。

第三,树种的分类方法。用分类方法研究物种的组成,可以判断出该地区的优势树种和地带性植被。应用分类方法可以很好的把复杂的物种组成分成几

类, 以便于进一步分析。分类方法也很多, 最常用的是 TWINSpan (two-way indicator species analysis) 分类法, 还有 DCA (detrended correspondence analysis)、GNMDS (global nonmetric multidimensional scaling) 分类法等。Sari Pitkanen^[34] 在芬兰研究林分结构和地被物的生物多样性之间的关系。基于森林结构、植被丰富度及其不同表达形式, 应用的 DCA (detrended correspondence analysis)、GNMDS (global nonmetric multidimensional scaling) 和 TWINSpan (two-way indicator species analysis) 分类方法对森林进行分类。结果表明不同的分类和聚类方法在研究植被组成和物种多样性的影响因素方面是有效的方法。

1.3.2 树木直径分布的研究

在林分结构的研究中, 无论在理论上还是在实践上, 林分直径分布都是最重要、最基本的林分结构。它是准确评价营林措施、制定主伐年龄的基础, 同时林分内各种大小直径树木的分布状态, 将直接影响树木的高度、干形、材积、材种及树冠等因子的变化。研究直径结构的目的是要找出其分布规律, 从而为林分材种出材量的预测和进行经济评价提供必需的信息。对直径研究主要通过胸径的研究来实现。因研究的目的不同研究的方法也不同。

目前林分树木径级分布的研究方法主要有两个方面, 即分径级做直方图法和应用数学模型。在开始做样地调查时, 大多数研究者就以胸径的大小分开调查。不同的国家和地区, 不同的树种分类的方法不同。直方图可以很直观地反映出不同径阶的分布状况。N. Nishimura^[35] 利用直方图法研究日本温带地区的长绿阔叶林表明, 最主要的树种和最多的 *Castanopsis cuspidata* 和 *sieboldii* 的直径分布呈现双峰。在上层林和下层林垂直层中可以发现其它树种呈单峰分布。用模型反映林分的直径分布是一种有效的方法。直径分布模型与传统的林分模型相比, 可对生长树干的结构有一个更详尽的描述。人们对林分结构分布规律着重研究和寻求合适的概率曲线的静态拟合。如正态、对数正态、p 分布、SB 分布、r 分布、皮尔逊系列分布、Weibull 分布等。其中当前应用最多的是 Weibull 分布。

1.3.3 树高分布的研究

在林分中, 不同树高的林木的分布状态, 称为林分树高分布。在林相整齐的林分中, 仍有林木的高低之别, 并且形成一定的树高结构规律。在同龄纯林中, 一般呈现出接近于该林分平均高的林木株数最多的非对称性的山状曲线。实践证明, 由于 Weibull 分布函数具有较大的灵活性和适用性, 也能较好地拟合树高分

布曲线^[36]。另外,树木高与直径之间存在着密切的相关关系。所以,林分树高分布与直径分布之间也存在一定的关系,当林分直径分布遵从 Weibull 时,树高也遵从 Weibull 分布。还有应用树高与林木株数之间关系来反映树高分布^[37]。

1.3.4 林龄分布的研究

林龄分布在生态学是指年龄结构,林木的年龄结构是指林木株数按年龄分配的状况,它是林木更新过程长短和更新速度快慢的反映。林分的年龄分布是划分林分类型的一个依据—同龄林和异龄林。同时林木的年龄和树高、胸径、生物量、材积和林木的更新状况有很大关系,所以对林龄的研究也应予以重视。Hansorg 指出年龄结构的分析有益于估计斑块入侵的速度,分析不同地理条件对群落发展的影响和有助于理解群落内部的动力学^[38]。林分年龄的确定很困难,特别是对于异龄混交林。关于南方红豆杉年龄结构的研究国内已为数不多,起步也比较晚。如白云庆对小兴安岭红松林的年龄结构进行了研究^[30];董鸣以每木调查法为基本方法,并结合样方法和空间差异代替时间变化法对白云山马尾松种群的年龄结构及动态规律作了深入的研究,把该区马尾松种群年龄结构初步分为四种类型^[30]。伍业钢对长白山自然保护区阔叶红松林的种群年龄结构及更新对象进行了深入研究^[30]。

直方图法是研究年龄分布的比较常用的方法,同时也是很直观的方法。直方图的绘制又有好几种方法,如以年龄或年龄级为横坐标,以株数或株数百分比为纵坐标。用数学函数去拟合直径分布,应用的函数主要有 Weibull 分布和 β 分布。

1.3.5.空间结构的研究

1.3.5.1 林分水平结构研究

林分水平结构是指林木间的配置状况或水平格局,包括树种混交度、林木个体的大小(即直径—树高结构)、林木的分布格局等。按照森林资源清查和森林经理的观点,可以从以下三个方面加以描述林分水平结构:①树种的空间隔离程度,或者说天然林的树种组成和空间配置情况;②林木个体大小分化程度,或者说树种的生长优势程度;③林木个体在水平地面上的分布形式,或者说是种群的空间格局^[39]。

关于树种空间隔离程度的研究有多种方法。林学上常用的混交比,可以说明林分中某一树种所占的株数比例^[40]。树种组成系数是根据树种断面积或蓄积量占林分总量的比例来确定,该数值只能给出树种之间的成分比例,缺乏各树种的

单木空间分布信息,不可能完全反映混交林中树种的空间关系。Fueldner^[41]提出混交度的概念,它可以用来说明混交林中种空间隔离程度,其生物学意义明显。

Gadow 在对混交林的研究中使用了大小分化度的概念。这一指标虽然可释性较好但是大小分化度均值有时容易造成混淆并因此在复制结构时有一定的不确定性。为进一步完善大小分化度,惠刚盈和 Gadow 等^[42]提出了大小比数。大小比数表示大于参照树的相邻木占所考察的所有相邻木总数的比例,它可以包括胸径、树高和冠幅的比较。大小比数同时考虑了参照树与几株相邻木的相对差异,可以明确的表达参照树与相邻木的大小关系,在复制结构的时候不会引起混乱。

对于林木分布格局,惠刚盈和 Gadow^[43]提出了角尺度的概念,对聚集分布随机分布和均匀分布进行判定。

在生态学的研究中,利用种群的空间格局来描述水平空间结构。把种群的内分布型用随机分布、均匀分布和聚集分布描述,分析方法主要运用泊松分布、负二项分布、奈曼分布等离散分布的数学模型进行理论拟合。还可以采用一些分布型指数,如方差均值比即扩散系数(C)、David 和 Moore 丛生指数^[44]、扩散型指数(即 Morisita 指数)^[45]、平均拥挤度指数^[46]、聚块性指数等统计计数分布型指数来判断种群的空间分布格局^{[47][48]}。

1.3.5.2 林分垂直结构研究

林分垂直结构是指森林高度上的层次性,即构成林分的植物个体在垂直空间上的配置方式。这种林冠层的垂直层次,不但能增加森林的自然美感,同时对于林分的很多生态功能和生态过程的进行都有重要的意义。

大部分对林分垂直结构的研究是将林分划分为乔、灌和草三层,该方法易于操作,也比较直观反映林分结构问题。如研究不同林分结构的水土保持功能,结果表明单纯以乔木树种、灌木树种或乔、灌木树种林分结构水土流失严重,以乔灌草配置的多层次生林分结构保持水土较好,其次是灌草种林分结构类型^[49]。

垂直结构的研究还有很多方法,朱教君^[50]引入了分层疏透度的概念,并用透光分层疏透度表征林分的垂直结构,分析了透光分层疏透度在次生林结构研究和次生林的经营理论与技术研究中的应用前景。赵云萍等^[51]利用立木的树种与树高、年龄与树高、径阶与树高的关系分析了长白山林区复层异龄林的垂直结构的动态变化,可清晰的说明林分更新、演替及其群落的稳定性状况。郑景明^[52]等采用目测分层盖度结合无样地点——四分法取样进行林分结构因子调查,设计了一套简便的林分结构指标体系,并对长白山红松阔叶混交林及其次生林进行了林分结构多样性的测定研究。

2 研究区概况、研究内容及研究技术路线

2.1 研究地概况

湖南永州阳明山,历史悠久,是学术界研究的一座名山。早年抗日时期,我国著名植物学家蒋英教授、陈少卿教授在阳明山采集大量标本 1000 余号,至今仍保存在中国科学院华南植物研究所和中科院植物研究所等国内著名的标本室,被植物分类学文献大量引用,根据采集到的标本和野外记载,保护区共有维管植物 219 科、849 属、1917 种。其中蕨类植物 44 科, 104 属, 361 种, 11 变种, 2 变型, 有 43 个湖南新记录种; 种子植物共 175 科、745 属、1543 种(含种下等级), 其中土著植物 166 科、668 属、1397 种, 裸子植物 6 科、16 属、24 种, 被子植物 169 科、729 属、1519 种, 再加上苔藓植物, 则阳明山的高等植物在 2100 种以上。境内存在大批珍稀、濒危野生动植物物种和大片保存完好典型亚热带常绿阔叶林和中山针叶林生态系统, 具有很高的研究、保护和利用价值。1982 年因保护珍贵树种黄杉林, 南方红豆杉林及其生境被批准为湖南省省级自然保护区, 1992 年列为国家森林公园, 2007 年 10 月正式申报晋升为国家级自然保护区, 总面积为 12795 hm²。

2.1.1 地理位置

阳明山属南岭支脉, 位于湖南省双牌县的东北隅, 湘江支流潇水下游, 南近桂林; 东和东南与宁远县接壤; 西临潇水, 西与双牌县茶林乡、麻江乡交界; 北望衡山, 北临永州市芝山区和金洞林场。境内最低海拔为 610m, 最高海拔 1624.6m。地理坐标为: 北纬 26°02'00"~26°06'15", 东经 111°51'36"~111°57'36", 距双牌县城的直线距离为 40km。阳明山林场东西宽 11.7km, 南北长 16km, 总面积 12795hm²。

2.1.2 地形地貌

双牌县地貌经历了五亿多年的沧桑演变, 随着地壳运动, 和南岭山脉一起隆起为陆地, 主山脉由东西向转成南北向。在地质上, 主要为下古界奥陶系变质岩类。花岗岩裸露地表, 构成这一中山山地的主要成土母质。

阳明山自然保护区地处阳明山主峰地带, 由两条东西向转北北西向的主山脉

构成,出现海拔为 1200m 左右的准平面,其中海拔 1200m 以上的面积占区域面积的 16.95%, 1000~1200m 之间的面积占区域面积的 23.15%;地势由东北向西南倾斜。境内最低海拔 610m, 最高海拔 1624.6m。

2.1.3 气候

阳明山位于中亚热带季风湿润气候区,气候垂直变化大。年平均气温 14.2℃, 平均最高气温 19.0℃, 最低气温为 10.3℃; 阳明山雨量丰富, 年均降水量为 1607.5mm, 全年各月均有降水, 以 5 月份最多, 月降水量高达 262.0mm; 12 月份最少, 月降水量为 48.6mm。阳明山由于地形遮蔽和森林覆盖的影响, 日照时间短, 年日照时数少, 坡地年日照时数为 1123.4h, 谷地为 1022.2h, 属少日照地区。境内静风多, 平均风速小, 瞬时风力大。

2.1.4 土壤

阳明山自然保护区的土壤划分为山地草甸土、草甸黄棕壤、山地黄棕壤及山地黄壤。山地草甸土分布在山顶望佛台一带, 海拔 1500m 以上和北坡 1300m 左右的山坳背阴处。草甸黄棕壤零星分布在海拔 1200—1500m 地带, 母岩以花岗岩为主, 伴有少量砂岩, 它是黄棕壤向草甸土过渡类型, 成土特点介于黄棕壤与草甸土之间。山地黄棕壤主要分布在海拔 1050—1500m 地带, 母质多变质砂岩, 在湿凉的生物气候条件下成土, 发生层次明显, 质地适中, 适于林木生长。山地黄壤分布于海拔 800—1050m 处, 母岩以板页岩为主, 在温湿的亚热带生物气候条件下发育的土壤, 心土层呈黄色或灰黄色, 土层比较深厚。土层厚度一般为 30—120cm, 除山顶脊部外, 土壤较肥沃, 适宜林木生长。境内南方红豆杉主要分布于山地山地黄棕壤及山地黄壤。

2.1.5 水文

阳明山山岭受切割甚剧, 沟谷纵横、山地破碎、峰峦起伏。整个地势东高西低, 因地势起伏大, 溪流落差大、流速急, 秤江、黄溪河发源于此。自然保护区共有溪河 39 条, 溪河总长度 161km, 溪河密度 1.4km/km²。浮江河境内流程 15km, 流域面积 91km², 黄江源河境内流程 10km, 流域面积 21km²。境内年均产水 1.75 亿 m³, 地表径流量 0.91 亿 m³。

2.1.6 森林资源

阳明山自然保护区属于华中、华东、华南三大植物区系交汇的倒“T”字型区域的下方,系华南植物区系的北缘。三区植物成分相互渗透,物种丰富。全区现已记录有维管植物 1917 种,隶属 219 科 849 属。

区内有我国保存最好、面积最大的国家二级保护植物——黄杉(*Pseudotsuga sinensis*)群落,群落分布面积 590 hm²,另有散生面积 1100 hm²,形成国内罕见的黄杉群落或以黄杉为主的针阔叶混交林群落;有我国南方分布面积最大的国家一级重点保护植物南方红豆杉(*Taxus wallichiana* var. *mairei*),野生的南方红豆杉分布范围之广、株数之多为湖南所罕见,资源丰富,随处可见;区内的黄山松(*Pinus taiwanensis*)是湖南省分布最集中、资源最多的区域,与黄杉、南方红豆杉共同构成本区中山针叶林或针阔叶混交林的主体。这些珍稀植物群落成为本区的特色之一。

参照《中国植被》的分类原则,阳明山植物群落类可分为 4 个植被型组(即:针叶林、阔叶林、灌木林及灌丛、竹林),27 个群系。

南方红豆杉主要分布于针阔叶混交林和竹林,形成南方红豆杉—针阔叶混交林和南方红豆杉—毛竹混交林两种不同类型。

2.2 研究内容、目的与意义

2.2.1 研究内容

本文的研究内容包括以下三个方面:

(1) 绘制阳明山自然保护区南方红豆杉资源分布图;

本文结合《阳明山自然保护区总体规划》等相关文献,实地考察红豆杉资源分布概况,利用地理信息系统软件 ArcGis9.0 绘制南方红豆杉资源分布图。

(2) 研究阳明山自然保护区南方红豆杉林分结构及空间结构规律;

林分结构——针对阳明山区南方红豆杉-针阔叶混交林和南方红豆杉—毛竹混交林两种类型,调查分析以树种组成、直径分布、林龄等为代表的属性统计特征,研究南方红豆杉林分内部结构规律。

空间结构——运用种群水平空间格局与林层垂直结构作为描述空间结构方法,针对两种林型,研究林分内各单木之间相互空间关系。

(3) 分析南方红豆杉濒危原因与建议保护利用对策。

本次研究将综合南方红豆杉专题研究成果以及目前南方红豆杉资源利用现

状,分析提出南方红豆杉濒危原因。同时,本文还将结合阳明山自然保护区管理情况,提出自己几点建议,探讨南方红豆杉保护及永续利用对策。

2.2.2 研究目的与意义

南方红豆杉树形优美,材质坚硬,水湿不腐,含有治疗癌症有效物质——紫杉醇,是集观赏,药用及材用的重要资源植物。但该物种在自然植被中仅以偶见形式存在,自然繁殖力较低,加之严重的砍伐,现存数量越来越少,濒危灭绝。近年来对不同地区南方红豆杉的研究,越来越受到重视。湖南境内南方红豆杉资源分布不多,而阳明山国家自然保护区丰富的南方红豆杉天然林尤显珍贵,目前南方红豆杉的研究多集中在营养繁殖培育技术、南方红豆杉生物成分医药特性以及群落特征考察性的描述上。而对含有南方红豆杉的森林生境或南方红豆杉较为聚集而成为优势树种的群落或种群进行系统的、全面的分析研究比较少。

在目前南方红豆杉专题研究的基础上,本文从森林生态学与森林经理学两个不同角度,运用林分结构相关理论,测树学相关原理,对阳明山南方红豆杉天然林结构进行系统的、全面的研究,在众多阳明山国家自然保护区相关学术研究中,弥补南方红豆杉专题相关研究的空缺。

本次课题研究,依托于中南林业科技大学阳明山国家自然保护区总体规划项目(2004),以此为契机,对阳明山国家自然保护区南方红豆杉林这一典型性分布地带,进行全面系统的分析与研究。通过实地调查结合各方面资料,摸清阳明山南方红豆杉天然林资源状况、生境和森林结构特征,调查分析以树种组成、直径分布、林龄、空间结构等为代表的属性统计特征,研究南方红豆杉天然林林分结构特征以及空间分布格局,阐明其资源自然消长情况和致濒原因,提出保护好这一珍稀濒危植物的有效措施和对策,为改善南方红豆杉天然林生态系统健康提供理论依据,并促进生态系统的正向演替,逐步恢复,旨在为南方红豆杉野生资源的扩大、营造人工林及可持续利用提供理论基础。

2.3 技术路线

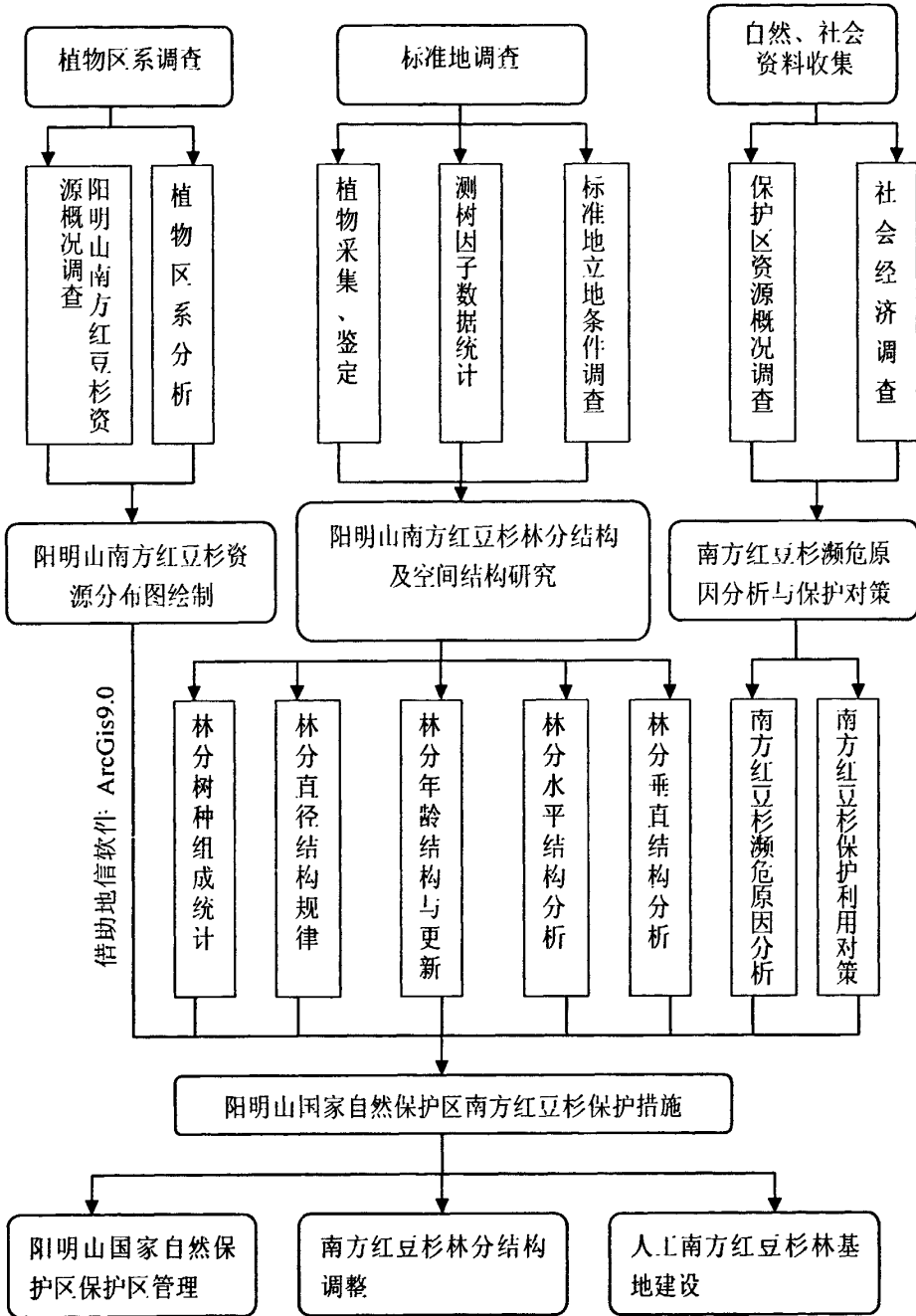


图 2-1 研究技术路线图

Fig2-1 Flow chart of this dissertation

3 研究资料收集与数据采集

本次研究在原始数据采集方面采用野外实地调查和已有成果资料(《阳明山国家自然保护区总体规划》、《阳明山区综合科考报告》等相关文献资料)收集相结合法。

3.1 阳明山南方红豆杉资源调查

2007年6月,作者对阳明山国家自然保护区南方红豆杉资源进行了资源调查,采用样线调查方法,基本摸清该区南方红豆杉林生长、分布概况,借助地理信息系统信软件 ArcGis9.0,结合《阳明山国家自然保护区总体规划图》绘制南方红豆杉资源分布图,见图3-1。

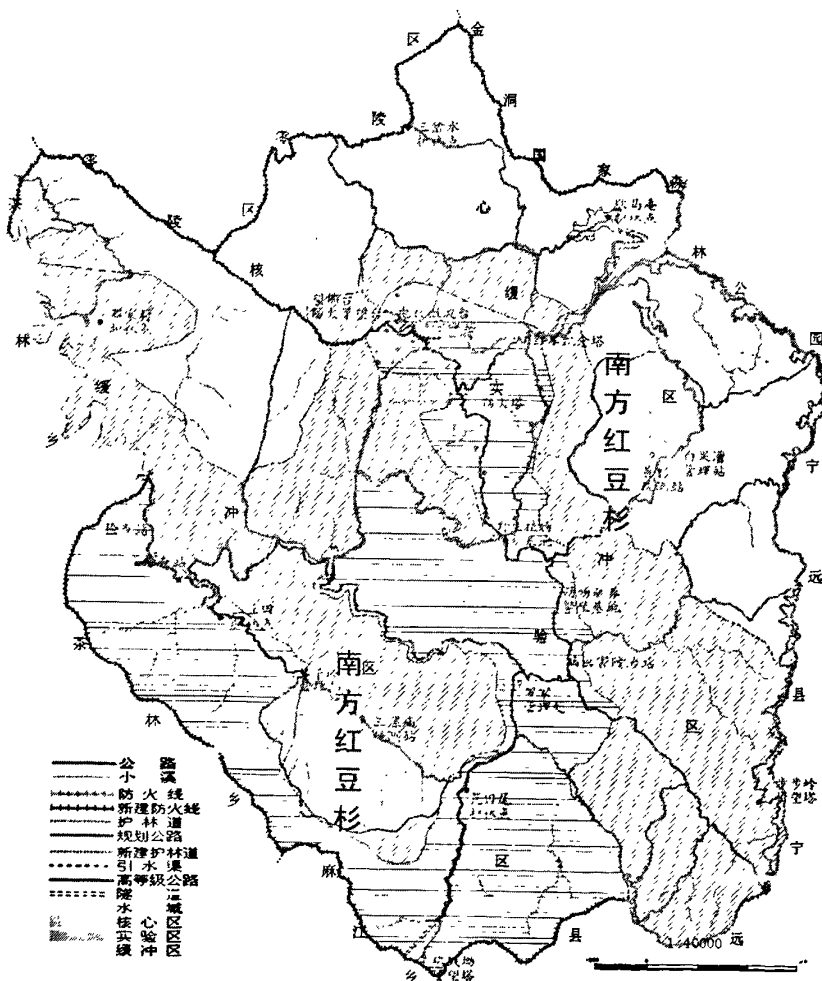


图 3-1 阳明山国家自然保护区南方红豆杉资源分布

Fig3-1 The geographical distribution of *Taxus chinensis* var. *mairei*

in yangmingshan National Nature Reserve

南方红豆杉分布:

阳明山南方红豆杉主要分布于一瀑漕、二瀑漕、三瀑漕以及北江冲一带,海拔 700-1100m, 土壤类型以山地黄壤为主, 相对湿度 78%左右, 成土母质为砂岩风化坡积物, PH 值在 4.6—5.0 之间。两处地域现已划为核心区范围, 所在地离人居住地较偏远, 植被保存较好。一瀑漕、二瀑漕、三瀑漕一带, 南方红豆杉多与毛竹混生, 主要建群树种有: 红楠、甜槠、细叶青冈等; 北江冲一带, 南方红豆杉散生于针阔叶混交林内, 主要建群树种有: 黄杉、杉木、灯台树等。区内南方红豆杉分布范围之广, 结实良好, 有几处形成大面积群落, 最大胸径达 60 多 cm^2 , 株数之多为湖南所罕见。南方红豆杉呈群落分布的面积达 590 hm^2 , 另有南方红豆杉零星分布的面积 3500 hm^2 。

3.2 标准地选择与设置

遵从标准地选择基本要求, 基于资源调查的结果, 结合阳明山当地实际情况, 在一瀑漕、二瀑漕、三瀑漕、北江冲等地设置 8 块临时或固定标准地, 标准地面积为 20×30 m^2 。记录样地海拔、土壤、坡位、母岩、郁闭度。样地地点和部分参数详见表, 图。调查下木、活地被物时, 沿标准地对角线在 4 角各设置一个面积为 5×5 m^2 灌木和幼苗样方; 调查草本和活地被物时面积为 2×2 m^2 。

表 3-1 标准地立地因子表

Table3-1 Ecological factors in sample plots

样地号	地点	海拔/m	坡度	坡向	土壤厚度/cm	土壤类型	郁闭度
1	二瀑漕	900	35	西北	30	山地黄壤	0.85
2	三瀑漕	800	21	西	20	山地黄壤	0.7
3	一瀑漕	785	20	南	33	山地黄壤	0.7
4	三瀑庙观测站	760	18	南	25	山地黄壤	0.6
5	白果漕	920	20	南	33	山地黄壤	0.7
6	北江冲	950	18	南	25	山地黄壤	0.75
7	大坑瀑漕	1050	30	西北	22	山地黄壤	0.7
8	小坑瀑漕	1010	24	西南	30	山地黄壤	0.7

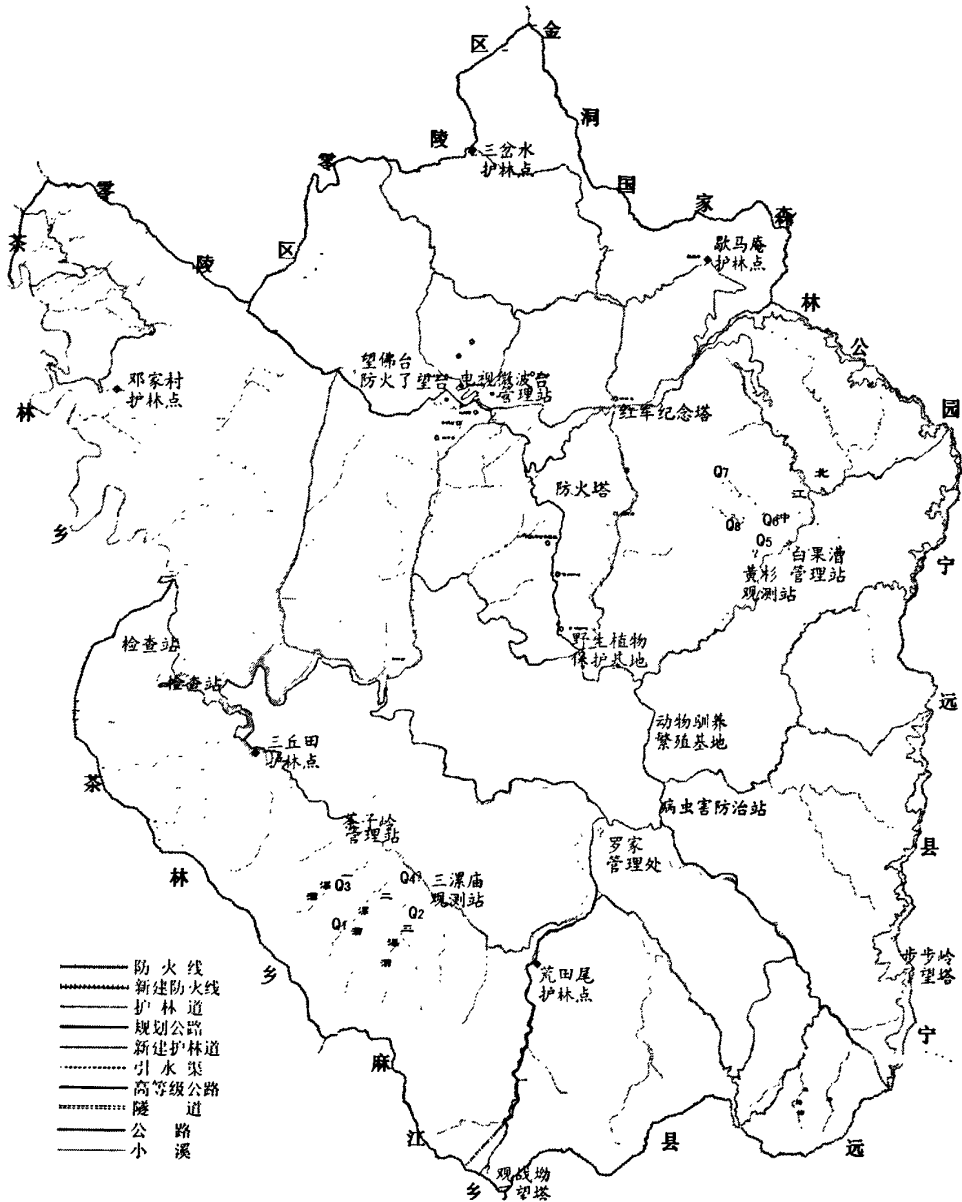


图 3-2 阳明山南方红豆杉样点分布图

Fig3-2 The distribution of *Taxus chinensis* var. *mairei* Sampling Plots in yangmingshan

3.3 标准地调查

林分林木调查：

在标准地中，对胸径大于 3cm 的树木进行检尺，按径阶统计，调查每株乔木树种的种类、高度、胸径、年龄、冠幅、林木分级、病虫害情况、生活力、所在林分层次等诸项因子。

林分更新及地被物调查：

调查标准地内更新株数和树种；记载灌木(5m×5m)和草本(2m×2m)的种类、

平均高度、盖度、多度、生活型、株数等指标。

3.4 数据处理与计算

研究区南方红豆杉资源考察及标准地实测数据成果采用图、表、数据、报告等多种形式。对于资源调查结果，借助地理信息系统软件 ArcGis9.0 绘制南方红豆杉资源分布图及样点分布图；对标准地调查原始数据，采用 Excel 等统计软件处理计算制表，运用测树学对测树因子进行分类，绘制直方形图表和数学模型拟合。

4 南方红豆杉林分结构研究

4.1 研究方法

4.1.1 林分树种组成统计方法

树种组成是林分基本结构的重要部分,是制定经营目标和调整林分结构的重要因子。由于树种不同,生物学特性及生态学特性均不同,即使是相同的树种,因年龄、分布、立地条件等因素的不同,其表现的林分结构差异也较大。研究林分的树种组成结构是树种在自然过程中长期相互选择、相互适应的结果,是林分的结构特征之一。本次研究通过对研究地区的南方红豆杉资源调查,从植物区系、树种组成统计、物种多样性三个方面定性且定量的描述南方红豆杉林树种组成结构特征。

研究地植物区系成分

按吴征镒的《中国种子植物属的分布区类型》,将南方红豆杉林群落总属数划分为 15 个地理分布区类型^[53]。

树种组成统计与重要值计算

根据外业调查数表资料,统计南方红豆杉林各林木树种的种类、数量、冠幅及出现频率计算出各个相对多度、相对优势度、相对频度和重要值,以便于分析整个南方红豆杉林树种种类和组成比例(本文所指为林分内树种株数比例)。其计算公式为:

重要值 $IV = [\text{相对多度} + \text{相对频度} + \text{相对优势度 (相对基盖度)}] / 300 \times 100\%$ (4—1)

- ① 相对多度 = 单个种的多度 / 所有种的多度之和;
- ② 单个种的多度 = 某一个种的个体数 / 同一立地类型所有种个体数之和;
- ③ 相对优势度 = 单个种的优势度 / 同一立地类型的所有种的总优势度;
- ④ 单个种的优势度 = 同一立地类型某个种所占的面积 / 同一立地类型所之和;
- ⑤ 相对频度 = 某一个种的频度 / 所有种的频度之和;
- ⑥ 单个种的频度 = 有该种出现的小班数 / 同一立地类型所有的小班数。

物种多样性

物种多样性是反映植物群落中的物种数目、个体数量及其均匀程度的综合数量指标,物种多样性的变化对植被群落的组成和结构具有综合指标意义^[54-62]。

自物种多样性的概念和物种多样性指数的概念提出后,已有许多群落物种多样性的测度方法相继问世。林分层次上物种多样性研究属于群落多样性研究的范畴,主要集中对林分乔木树种的数量研究。

许多学者曾分别提出了衡量物种多样性指标的计算方法,常用的有 Simpson 指数值 D 、Shannon-Wiener 指数值 H' 、群落均匀度指数值 R 及种间相遇率指数值 PIE ^[63-67]。本文采用物种多样性指数,群落均匀度,种间相遇率等物种多样性指标来测定和分析南方红豆杉林的物种多样性。

Simpson指数(D'):

$$D' = 1 - \sum_{i=1}^s \left[\frac{n_i(n_i-1)}{N(N-1)} \right] = 1 - \sum_{i=1}^s P_i^2 \quad (4-2)$$

其中 n_i 为第 i 种植物的个体数, s 为物种总数, N 为标准地个体总数。

Shannon-Wiener多样性指数(H):

$$H = - \sum_{i=1}^s P_i \ln P_i \quad (4-3)$$

$$\text{上式可以转换为: } SW = 3.3219 \left(\lg N - \frac{1}{N} \sum_{i=1}^s n_i \lg n_i \right)$$

P_i 为第 i 物种的个体数占有所有物种个体数的比例, $P_i = n_i/N$, 其中 3.3219 是从 \log_{10} 到 \log_2 的转化系数。 N 为标准地个体总数, n_i 是第 i 种的个体数, S 是物种数。

种间相遇率指数(PIE):

$$PIE = \sum_{i=1}^s \left[\frac{n_i}{N} \right] \left[\frac{N-n_i}{N-1} \right] \quad (4-4)$$

N 为标准地个体总数, n_i 是第 i 种的个体数, S 是物种数。

Pielou 均匀度指数(J):

$$J = H / \ln S \quad (4-5)$$

H 为 Shannon-wiener 多样性指数, S 为物种数。

4.1.2 林分直径结构规律测定分析方法

林分直径结构反映了各径级木的株数分布,其规律性很早就受到林学家们的关注^[68]。近年来拟合直径结构的分布函数很多,常见的有正态分布, χ^2 数分布, weibull 分布, β 分布, Γ 分布等分布函数^[69-72]。在众多的直径分布规律的研究中,含有三参数的 weibull 分布函数应用最广泛。如用 Weibull 分布来描述油

松林^[25]、日本落叶松^[73]、马尾松^[74]、刺槐阔叶人工林、杉木等^[75-77]，均取得了很好的效果。本文针对调查区南方红豆杉林直径分布曲线类型变化复杂的特点，选择适用性强，灵活性大，使用方便，既有较好拟合效果，又有较高精度的分布模型：weibull 分布进行拟合并进行 χ^2 检验。

Weibull 分布 (weibull distribution)

三参数韦布尔分布的密度函数为：

$$f(x) = \begin{cases} 0 & x \leq a \\ \frac{c}{b} \left(\frac{x-a}{b} \right)^{c-1} e^{-\left(\frac{x-a}{b}\right)^c} & x > a, b > 0, c > 0 \end{cases} \quad (4-6)$$

式中： a ——位置参数（直径分布最小径阶下限值）；

b ——尺度参数；

x ——径阶中值；

c ——形状参数。

在式（2—6）中，当参数 $a=0$ 时，则为两参数 weibull 分布密度函数。当 $a=0$ ， $c=1$ 时，（2—6）式则为负指数分布函数。

$$\text{即 } f(x) = \frac{1}{b} e^{-\frac{x}{b}} \quad x \geq 0, b > 0 \quad (4-7)$$

当 $a=0$ ， $c < 1$ 时，（4—6）式为反 J 型分布函数； $1 < c < 3.6$ 时，（4—6）式为具有正偏的山状曲线的密度函数； $c=3.6$ 时，weibull 分布近似于正态分布； $c > 3.6$ 时，分布曲线由正偏逐渐移向左偏。 $c=2$ 时，（4—6）则为 x^2 分布的特殊情况，即 Rayleigh 分布；当 $c \rightarrow \infty$ 时，变单点分布。

在 weibull 分布密度函数的参数中，其形状参数 c 尤为重要， c 取不同的数值其分布曲线形状类型即不同。由此可以看出，weibull 分布密度函数具有较大的灵活性和适应性，即能较好地拟合不同偏度、峰度的单峰山状曲线，又能拟合反 J 型递减曲线^[25]。

4.1.3 林分年龄结构分析方法

林分年龄是指林木株数按年龄分配的状况，直接反映林木更新过程长短和更

新速度快慢,同时林木的年龄和树高、胸径、生物量、材积和林木的更新状况有很大关系^[30]。在群落学研究中,年龄结构(Age structure)通常指种群的各个体的年龄分布状况。针对南方红豆杉这一珍贵树木林地资源,本文采用种群年龄结构研究方法,掌握不同林龄阶段分布与林下幼苗更新情况,确定南方红豆杉种群年龄结构现状,预测未来群落演替趋势。

树木生长周期长,不可能追踪所有的个体命运,因此,只能通过现实不同年龄段的个体数量来推测种群时间上的动态过程。南方红豆杉为国家一级保护植物,不能用生长锥测定每一个体年龄,又无解析木,故本文采用“空间代替时间”——径级结构代替年龄结构的方法^[78-81],分析南方红豆杉的种群年龄结构。统计标准地各树种不同龄级的立木株数,计算各龄级株数百分数。以株数百分数为纵轴,以龄级为横轴,绘制年龄结构直方图。对于种群大小结构立木级的划分标准^[82-84],根据南方红豆杉种群生活史特点和研究目的划分为5级(由于南方红豆杉属于珍稀植物,研究地南方红豆杉个体都比较小,为减少对研究对象数量的遗漏,本文起测径设置为3cm):I级幼苗($H < 100\text{cm}$)、II级幼树,胸径($\text{DBH} < 3\text{cm}$)、III级立木($3\text{cm} \leq \text{DBH} < 12\text{cm}$)、IV级立木($12\text{cm} \leq \text{DBH} < 20\text{cm}$)、V级立木($20\text{cm} \leq \text{DBH}$)^[3]。

4.2 结果与分析

4.2.1 林分树种组成

4.2.1.1 南方红豆杉林植物区系组成

从8个标准地的4800m²面积中统计得出研究区南方红豆杉林植物区系组成共有46科61属73种,其中蕨类植物2科2属,裸子植物4科5属,双子叶植物37科51属,单子叶植物2科3属。含属最多的科为壳斗科(Fagaceae)有4属,含3属的科有蔷薇科(Rosaceae)、马鞭草科(Verbenaceae)、山茶科(Theaceae)、樟科(Lauraceae)。按吴征镒的《中国种子植物属的分布区类型》,可将61属划分为15个地理分布区类型(表4-1),根据表2统计结果,该群落区系温带成分略占一定的优势,热带属与温带属分布相差不明显,说明该地区系组成的丰富性和复杂性,具有从中亚热带南部亚地带向北部亚地带过渡的特征^[85]。

表 4-1 阳明山南方红豆杉植物林植物区系组成统计

Table4-1 The statistics of areal-types of seed plant genera in the community of *Taxus chinensis* var. *mairei* in yangmingshan mountain

分布区类型	属数	占总属数百分比/%	
1.世界分布	3	5.0	2-7
2.泛热带分布	11	18.1	热
3.热带亚洲至热带南美间断分布	2	3.2	带
4.旧世界热带分布	2	3.2	成
5.热带亚洲至热带大洋洲分布	1	1.6	分
6.热带亚洲至热带非洲分布	1	1.6	44.1%
7.热带亚洲分布	10	16.4	
8.北温带分布	10	16.4	8-14
9.东亚及北美间断分布	11	18.1	温
10.旧世界北温带分布	-	-	带
11.温带亚洲分布	1	1.6	成
12.地中海、西亚至中亚分布	-	-	分
13.中亚分布	-	-	45.9%
14.东亚分布	6	9.8	
15.中国特有分布	3	5.0	
合计	61	100%	100%

4.2.1.2 树种组成

南方红豆杉林地内树种组成种类共 73 种。含种数最多为壳斗科(9 种), 次为山茶科(5 种)、马鞭草科(4 种), 林木种类 38 种, 其中针叶乔木 5 种, 阔叶乔木 33 种; 常绿的 21 种(其中 5 种为针叶乔木), 落叶 17 种。重要值见表 4-2。从表 3.1-2 中看出, 南方红豆杉林主要伴生树种: 毛竹 (*Phyllostachys heterocycla* cv. *pubescens*)、杉木 (*Cunninghamia lanceolata*)、甜槠 (*Castanopsis eyrei*)、青冈栎 (*Cyclobalanopsis glauca*)、细叶青冈 (*Cyclobalanopsis myrsinaefolia*)、灯台树 (*Botrocaryum comtroversum*)、红楠 (*Machilus thunbergii*)、拟赤杨 (*Alniphyllum fortunei*)、南酸枣 (*Choerospondias axillaris*) 等。

灌木有 21 种, 全为阔叶树, 其中常绿的 10 种, 落叶的 11 种。主要有大青 (*Clerodendrum cyrtophyllum*)、杜鹃花 (*Rhododendron simsii Planch.*)、山茶 (*Camellia japonica L.*)、细枝柃 (*Eurya loquiana Dunn.*)、中国绣球 (*Hydrangea chinensis Maxim.*)、胡颓子 (*Elaeagnus pungens Thunb.*) 等, 其他灌木数量不多, 零星分布。

草本层的种类有 9 种, 其中蕨类植物 2 种、单子叶植物 2 种, 双子叶植物 4 种。以淡竹叶、海金沙、翠云草种类占优势, 为南方红豆杉群落中数量最多的草本。藤本植物 5 种: 大血藤、南蛇藤 (*Celastrus orbiculatus*)、东亚五味子 (*Schisandra elongata*)、显齿蛇葡萄 (*Ampelopsis grossedentata*)、乌莓 (*Cayratia japonica*)。群落中幼树、幼苗的种类组成有 8 种, 主要为已有乔木层植物的组成种类, 最常见为南方红豆杉、红楠、甜槠、黄杉、青冈栎。

表 4-2 阳明山南方红豆杉林树种统计

Table 4-2 The important values of species Of arborous layer in The community of *Taxus chinensis* var. *maire* in Yang Ming shan mountain

种名	多 度	相对多 度/%	相对频度 /%	相对优势 度/%	重要值
南方红豆杉 <i>Taxus chinensis</i> var. <i>maire</i>	123	23.34	9.64	24.24	19.07
锥栗 <i>Castanea henryi</i>	3	0.57	1.20	0.53	0.77
杉木 <i>Cunninghamia lanceolata</i> .	17	3.23	8.43	3.89	5.18
中华槭 <i>Acer sinense</i>	8	1.52	2.41	1.00	1.64
红楠 <i>Machilus thunbergii</i> .	19	3.61	4.82	2.67	3.70
甜槠 <i>Castanopsis eyrei</i> .	21	3.98	7.23	11.90	7.71
伯乐树 <i>Bretschneidera sinensis</i>	9	1.71	2.41	0.78	1.63
秃瓣杜英 <i>Elaeocarpus glabripetalus</i> .	11	2.09	2.41	1.85	2.12
拟赤杨 <i>Alniphyllum fortunei</i>	14	2.66	6.02	1.02	3.23
细叶青冈 <i>Cyclobalanopsis myrsinaefolia</i> .	12	2.28	3.61	4.51	3.47
细齿稠李 <i>Padus obtusata</i>	3	0.57	1.20	1.86	1.21
大叶冬青 <i>Ilex latifolia</i> .	4	0.76	2.41	0.56	1.24
栲树 <i>Castanopsis fargesii</i> .	6	1.14	2.41	3.59	2.38
青冈栎 <i>Cyclobalanopsis glauca</i> .	10	1.90	4.82	1.08	2.60
五裂槭 <i>Acer oliverianum</i>	8	1.52	3.61	2.87	2.67

续表

种名	多 度	相对多 度/%	相对频度 /%	相对优势 度/%	重要值
黄柏 <i>Phellodendron chinense</i>	6	1.14	2.41	0.85	1.47
灯台树 <i>Botrocaryum comtroversum</i>	13	2.47	4.82	2.77	3.35
苦槠 <i>Castanopsis sclerophylla</i>	6	1.14	2.41	0.90	1.48
薄叶润楠 <i>Machilus leptophylla.</i>	4	0.76	2.41	0.61	1.26
南酸枣 <i>Choerospondias axillaris</i>	9	1.71	4.82	1.25	2.59
拐枣 <i>Hovenia acerba.</i>	4	0.76	2.41	0.30	1.16
三尖杉 <i>Cephalotaxus fortunei.</i>	6	1.14	2.41	2.01	1.85
合欢 <i>Albizia julibrissin.</i>	1	0.19	1.20	0.13	0.51
黄山松 <i>Pinus taiwanensis.</i>	7	1.33	2.41	1.58	1.77
黄杉 <i>Pseudotsuga sinensis</i>	16	3.04	4.82	3.60	3.82
毛竹 <i>Phyllostachys pubescens</i>	182	34.54	4.82	22.88	20.74
樱桃 <i>Cerasus pseudocerasus</i>	5	0.95	2.41	0.77	1.37
合计	527	100	100	100	100

由野外调查数据统计,阳明山自然保护区内南方红豆杉林可分为南方红豆杉-毛竹混交林和南方红豆杉-针阔叶混交林两种类型。林分内树种组成状况如图 4-1 和图 4-2 所示。

研究南方红豆杉-毛竹混交林的树种组成时,由于竹类的特殊性,本文并没有将毛竹纳入树种组成,单独分析处理。林内毛竹株数数量占全林分株数的 47%,占据绝对优势,而南方红豆杉,由图 4-1 显示,占除去毛竹株数总数的 44%。针叶树种只有杉木和南方红豆杉;阔叶树种种类较多,主要有:甜槠、红楠、细叶青冈、秃瓣杜英、拟赤杨等,株数比例分别为 7%、12%、6%、5%、4%,物种丰富。

南方红豆杉-针阔叶混交林的树种组成,由图 4-2 所示,南方红豆杉占全林分株数的 23%,针叶树和阔叶树所占比例成分相当,林中针叶树种除南方红豆杉以外,还有黄杉、三尖杉、杉木和黄山松,株数比例分别为:11%、4%、8%、5%。阔叶树的种类主要有黄槩、灯台树、南酸枣、青冈栎、甜槠等。与南方红豆杉-毛竹林相比,南方红豆杉-针阔叶混交林株数比例较为均匀。

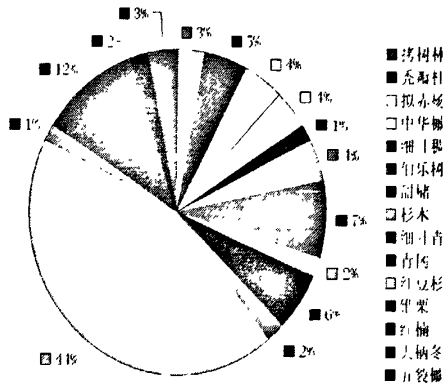


图 4-1 南方红豆杉-毛竹混交林树种组成分布

Fig.4-1 Distribution of tree composition in *Taxus chinensis var. mairei* - *Phyllostachys pubescens* community

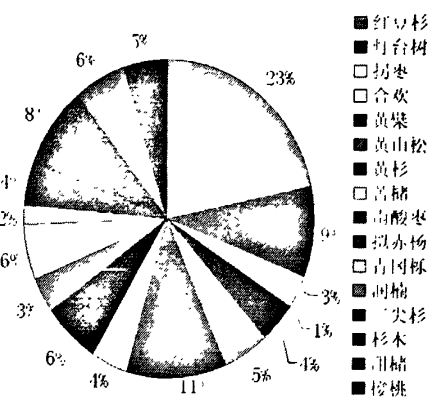


图 4-2 南方红豆杉-针阔叶混交林树种组成分布

Fig.4-2 Distribution of tree composition in *Taxus chinensis var. mairei* - needles broad-leaved Species community

4.2.1.3 物种多样性特征分析

8 个标准地的总体物种多样性分析结果见 (表 4-3)。其结果表明, 不同标准样地表现出来不同的物种多样性, 均匀性。其整体趋势符合随海拔降低而群落物种多样性上升的情况, 但两种林型相比较, 南方红豆杉-毛竹混交林多样性整体较低, 可能是由于竹根的结构特点抑制了其他物种个体的繁殖和盖度的增加, 同时人为干扰大大降低了群落物种多样性; 8 块南方红豆杉林乔木层物种多样性指数中, 1 号样地与 2 号样地的多样性较小, 乔木种数分别有 11 种与 8 种, 其它样地物种多样性都较大, 乔木层树种平均为 16 种; 南方红豆杉-毛竹混交林与南方红豆杉-针阔叶混交林相比, 乔木层均匀度 Pielou 均匀度指数(J)较低, 而生态优势度(Simpson 指数与 Shannon-Wiener 多样性指数)却较高, 说明了该林型乔木层主要为少数种群所控制, 这与实际调查中“毛竹”、“南方红豆杉”绝对占优势的景观相符合。

表 4-3 南方红豆杉群落各样地乔木层多样性指数

Table4-3 The biodiversity indexes of arborous layer of *Taxus chinensis var. mairei* community in sample plots

样地号	海拔/m	多样性指数/% Simpson (D)	多样性指数/% Shannon (H)	种间机遇率 指数(PIE)	Pielou 均匀度 指数(J)
Q1	900	0.72	1.81	0.74	0.72
Q2	800	0.47	0.67	0.48	0.49
Q3	785	0.86	2.18	0.87	0.93
Q4	760	0.87	2.19	0.90	0.92

续表

样地号	海拔/m	多样性指数/% Simpson (D)	多样性指数/% Shannon (H)	种间机遇率 指数(PIE)	Pielou均匀度 指数(J)
Q5	920	0.9	2.29	0.89	0.82
Q6	950	0.89	2.37	0.89	0.85
Q7	1050	0.88	2.26	0.90	0.82
Q8	1010	0.86	2.08	0.87	0.75

4.2.2 林分直径结构规律

林木的胸高直径是描述林木特征的最基本的测树因子,而林分的直径分布规律则是反映林分结构的重要指标之一,林分内的树木并不是杂乱无章地生长,在一定比较稳定的结构规律^[86]。树木之间由于遗传特性和所处的具体立地条件等的不同,常常在它们在大小、形状等各方面产生某些差异,而这些差异在正常情况下会相当稳定地遵循一定的规律,研究南方红豆杉林直径结构规律意在探讨与揭示这些规律,并使之对南方红豆杉林这一珍贵树种类型的森林经营和森林调查具有重要重要意义。

无论在理论上还是在实践上,林分直径分布是最重要、最基本的林分结构。因为林分内各种大小直径的树木分配状态,将直接影响树木的树高、干形、材积及树冠等因子的变化^[25]。为了使阳明山自然保护区南方红豆杉林这一宝贵资源得以更好的保存,所以本文研究其直径结构规律,为调整林分结构,构建健康的森林生态体系提供科学依据。

4.2.2.1 直径分布

南方红豆杉-毛竹混交林直径分布

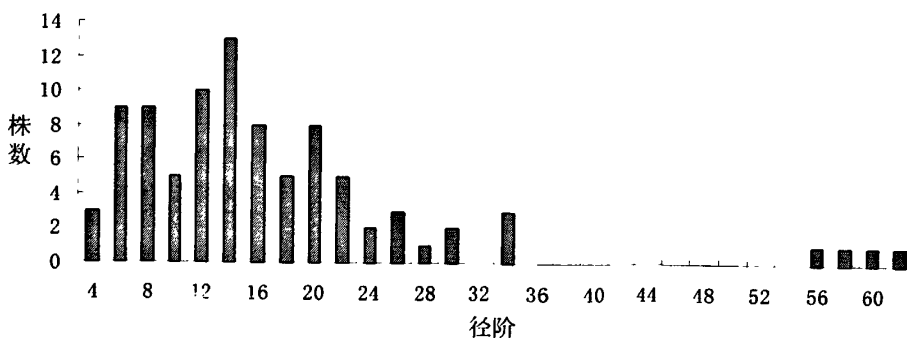


图 4-3 南方红豆杉-毛竹混交林南方红豆杉径阶一株树分布

Fig4-3 The quantity distribution with diameter of *Taxus chinensis* var. *mairei* in *Taxus chinensis*

var.mairei - Phyllostachys pubescens community.

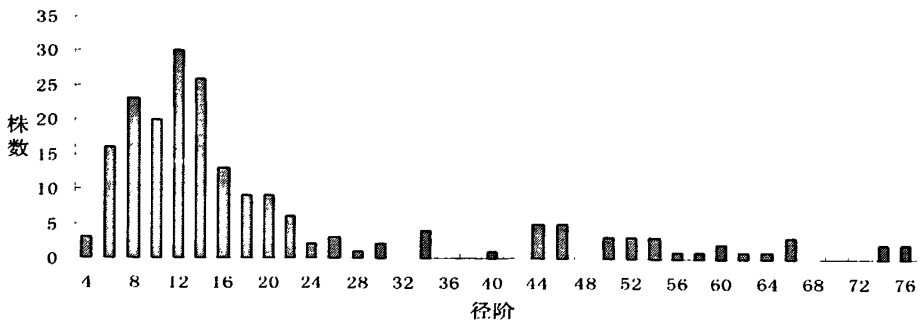


图 4-4 南方红豆杉-毛竹混交林林分径阶—株树分布

Fig4-4 The quantity distribution with diameter in *Taxus chinensis var.mairei -*

Phyllostachys pubescens community.

经统计分析整理得出，南方红豆杉-毛竹混交林全林分径阶以及南方红豆杉种群径阶株数分布情况，如图 4-3 和图 4-4 所示。

由图中可以看出，保护区内南方红豆杉-毛竹混交林林分径阶呈单峰山状曲线。林分内小径阶和中等径阶林木株数比例偏高，且大径阶林木缺失现象严重，相邻径阶之间树木株数变动比较明显，呈现出多代林结构特点，具有明显的异龄特征。上面现象与 T.W.Daniel 对异龄林直径的研究结论相一致^[87]。结合南方红豆杉种群林木径阶分布情况可以看出，林分内出现部分大径阶林木，主要集中在胸径 56-70cm 处。原因可归结于解放前后林分经历人为或灾害原因而存在的保留林木后来经历多次更新高潮而生长形成这样的林分状况，形成了一个更新波，同时造成某些林分径阶的缺失。

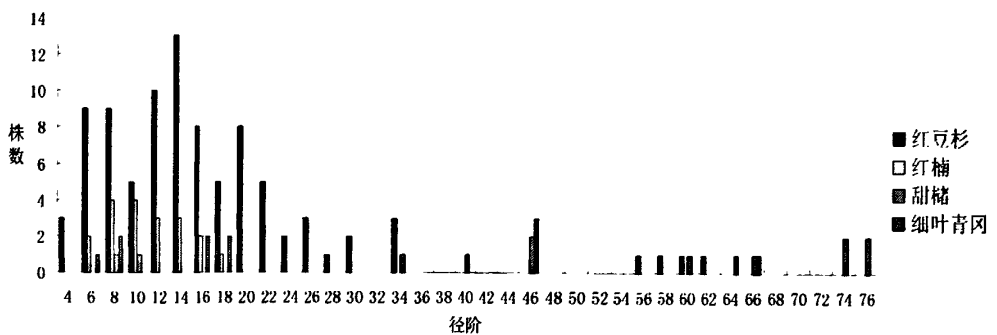


图 4-5 南方红豆杉-毛竹混交林各树种径阶—株树分布

Fig4-5 The quantity distribution with diameter of tree in *Taxus chinensis var.mairei-*

Phyllostachys pubescens community

为了方便直观地了解南方红豆杉-毛竹混交林的各树种的直径分布和生长状况，下面对林分内株树数量较大的树种进行分析。图 4-5 为南方红豆杉-毛竹混交林中主要树种的株数分布图，可以看出红楠主要分布 6-18cm，株数最多分布在 8cm、10cm，而甜槠和细叶青冈全径阶都有分布，但存在径阶缺失现象，中等径阶分布较少，还存有部分较大径阶林木，最大胸径可达 76cm，应属与南方红豆杉一起存活下来的保留木。由此看来，红楠具有较为明显的生长优势，随着林分内林木的生长，红楠将成为主要的伴生树种。

南方红豆杉-针阔叶树混交林

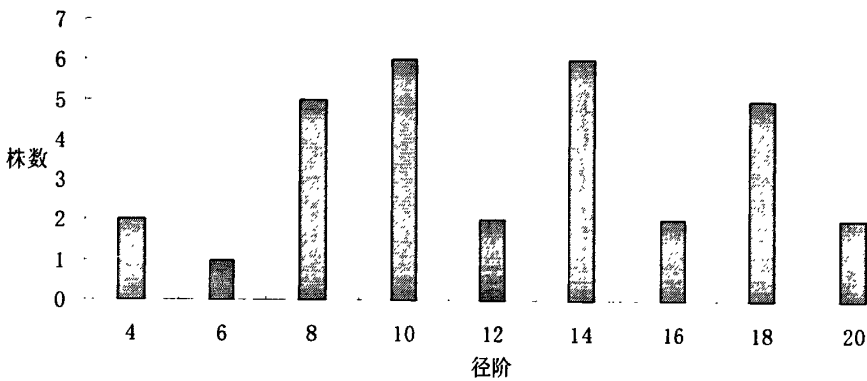


图 4-6 南方红豆杉-针阔叶树混交林南方红豆杉径阶—株树分布

Fig4-6 The quantity distribution with diameter of *Taxus chinensis* var. *mairei* in *Taxus chinensis* var. *mairei* -needles broad-leaved mixed community.

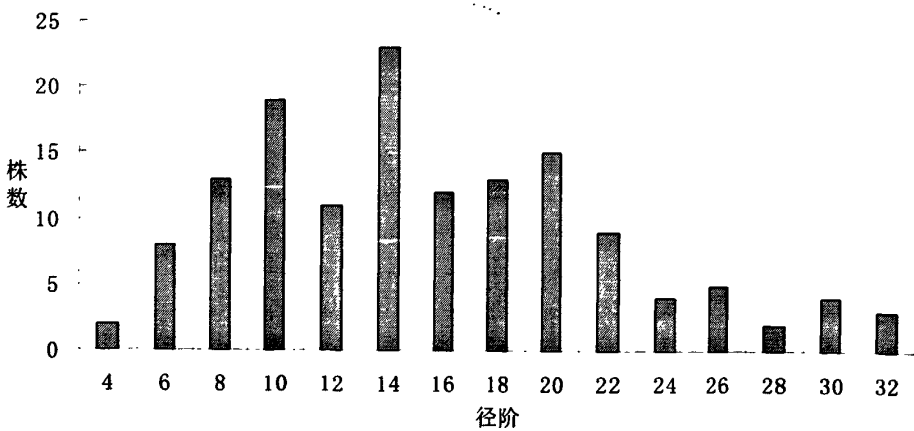


图 4-7 南方红豆杉-针阔叶树混交林林分径阶—株树分布

Fig4-7 The quantity distribution with diameter in *Taxus chinensis* var. *mairei* - needles broad-leaved mixed community.

通过对南方红豆杉-针阔叶混交林的野外调查数据统计分析，得出图 4-6

和图 4-7 所示的径阶—株数分布图。

由图可以看出，南方红豆杉-针阔叶混交林径阶分布同样呈不规则单峰山状曲线，同时具有双峰山状曲线的一些特征。这两种曲线分布都属于复层异龄林径阶分布常见的现象。林分直径分布呈双峰山状曲线的，具有明显层次的复层异龄；林冠层次不齐整的异龄林分，则呈不规则的山状曲线。与南方红豆杉-毛竹混交林相比，南方红豆杉-针阔叶混交林径阶分布较为集中，株数分布在 4-32cm 内，由此可以说明，南方红豆杉-针阔叶混交林生长形成时期较晚，林相更加整齐，而林层更加明显。处于 12cm、16cm、18cm 径阶分布的林木株数较相邻径阶变化较大，数量减小。这一现象可能与林分内存明显的砍伐痕迹，受到一定的人为干扰相关。

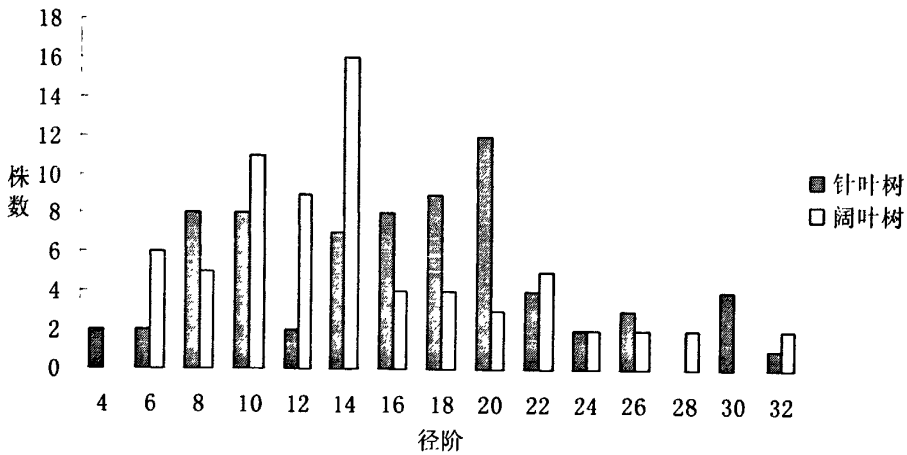


图 4-8 南方红豆杉-针阔叶混交林针阔叶树种径阶—株数分布

Fig 4-8 The quantity distribution with diameter of coniferous tree

and broad-leaved tree in *Taxus chinensis* var. *mairei*-needles broad-leaved mixed community.

研究南方红豆杉-针阔叶混交林针阔叶树种成分径阶分布，得出（如图 4-8 所示）：阔叶树种径阶分布最多的主要集中在 10cm-14cm 处，而且在小径阶株数分布大于针叶树种，针叶树种径阶分布最多的主要集中在 16cm-20cm。可以看出随着林木的生长，阔叶树种存在一定的优势。

4.2.2.2 直径分布模型拟合

利用 Weibull 分布函数拟合南方红豆杉直径分布，拟合时参数 a 定为林分直径最小径阶下限值，对于 b 、 c 两参数的求解方法采用西洋正久提出的模型法^[88]。各标准地参数求解和拟合效果 如表 4-4、图 4-9 和图 4-10 所示。

表 4-4 标准地号参数求解

Table4-4 Values of parameters based on serial numbers of sample plots

样地号	a 值	b 值	c 值
1	3	36.682472	1.1213993
2	5	13.126301	1.2551061
3	3	27.400795	1.1661738
4	3	47.254992	1.0816722
5	5	13.270162	1.8766443
6	3	14.184179	2.1187715
7	5	12.505958	2.0319213
8	3	13.216325	1.9430075

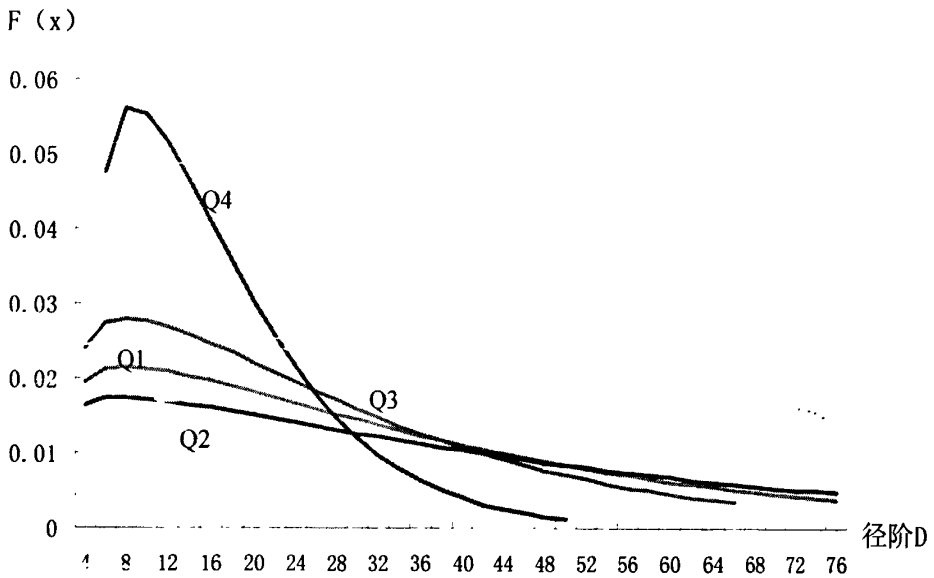


图4-9 南方红豆杉-毛竹混交林weibull函数拟合直径分布曲线

Fig4-9 Curves of Weibull distribution function of *Taxus chinensis* var. *mairei*-*Phyllostachys pubescens*. Community

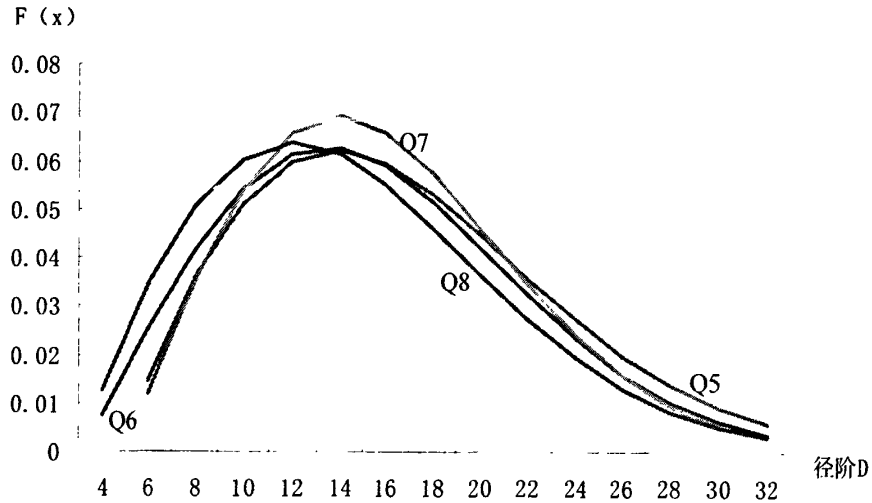


图4-10 南方红豆杉-针阔叶混交林weibull函数
拟合直径分布曲线

Fig4-10 Curves of Weibull distribution function of *Taxus chinensis* var. *mairei*-
needles broad-leaved mixed Community

对各个标准地拟合曲线进行 χ^2 检验，检查拟合情况，结果见表 4-5。

表 4-5 各标准地的 χ^2 检验的描述性统计量和检验结果

Table4-5 Descriptive Statistics and Test Statistics with χ^2 based on sample Plots

样地号	样本数	均值	标准差	卡方值	自由度	渐近显著性水 平	显著性
Q1	37	1.27	0.652	9.459	2	0.009	/
Q2	37	1.38	0.492	2.189	1	0.139	*
Q3	32	1.81	1.030	15.500	4	0.004	/
Q4	23	1.39	1.373	5.043	4	0.283	*
Q5	14	2.21	1.311	1.714	4	0.788	*
Q6	15	2.87	1.807	3.800	5	0.579	*
Q7	13	2.54	1.561	4.077	5	0.538	*
Q8	15	2.33	1.633	3.000	5	0.700	*

注：1.在 0.05 水平上检验， $\chi^2_{0.05}=5.991$ ；

2. “*”表示显著；“/”表示不显著。

表 4-5 可以看出，除 1 号和 3 号标准地，其余 6 块均服从韦布尔分布，拟合效果较为理想，而 1 号和 3 号标准地均属于南方红豆杉-毛竹混交林，分析出现其不服从韦布尔分布的原因：是由于林分内存在部分个体较为高大的保留木，使其林分结构规律被打乱所致。

4.2.3 林分年龄结构分布与更新

林分年龄结构的研究应该是林分结构研究不可忽视的一部分,它是指林木株数按年龄分配的状况,直接反映林木更新过程长短和更新速度快慢,同时林木的年龄和树高、胸径、生物量、材积和林木的更新状况有很大关系。林分年龄的确定很困难,特别是对于异龄混交林。因而对年龄分布研究比较少,也比较晚。

4.2.3.1 林分年龄结构

表 4-6 南方红豆杉种群径级结构

Table4-6 Ratio of size-class structure on the *Taxus chinensis* var. *mairei* population

龄级	I	II	III	IV	V
M	40	49	35	32	25
Z	19	22	13	16	3

M: 南方红豆杉-毛竹混交林

Z: 南方红豆杉-针阔叶混交林

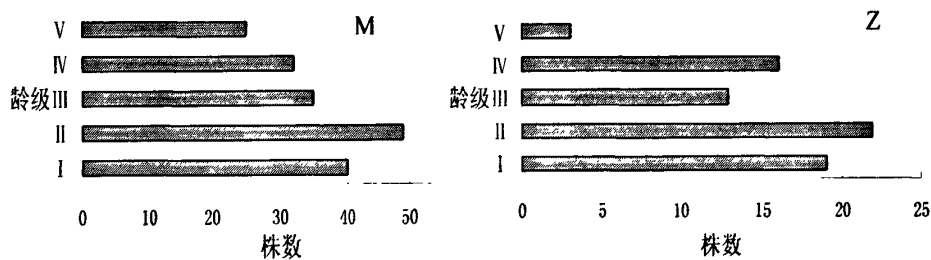


图 4-11 南方红豆杉种群龄级结构

Fig4-11 Age-class structure of *Taxus chinensis* var. *mairei* population

从南方红豆杉种群龄级结构图(图 4-11)来看,南方红豆杉种群在两种不同类型的林地呈现出不同的年龄结构。

南方红豆杉-毛竹混交林内南方红豆杉种群呈稳定型。大小结构大致呈下宽上窄的金字塔型,种群各阶段发育良好。幼苗储备丰富,占到个体总数的 23%,幼树占到个体总数的 27.35%,两者之和占据了总数的一半以上。表现出较强的更新能力,呈稳定增长趋势;南方红豆杉-针阔叶混交林内南方红豆杉种群呈增长型。V 级立木较南方红豆杉-毛竹混交林要少,占个体总数的 4.12%。各龄级立木株数分布呈波浪状,符合南方红豆杉更新规律情况,林内拥有更多的幼苗、

幼树，株数占到个体总数的 57.43%，处于个体总数绝对优势。

从种群的径级结构来看，两种不同类型的南方红豆杉林内的南方红豆杉都呈现稳步增大的趋势，幼苗储备丰富，但幼树数量较之相对较少，这有可能是由于毛竹特殊的根部结构，抑制了周边植物幼苗的生长以及一定人为干扰导致了南方红豆杉幼苗的减少^[89]。

4.2.3.2 林分更新

森林更新状况的好坏，是关系到生态系统稳定性的一个关键因素。天然更新能力的强弱，影响着森林植物群落结构的格局和演替趋势。南方红豆杉林林下更新以起测径（D=3cm）以下为研究对象，包括幼苗、幼树。

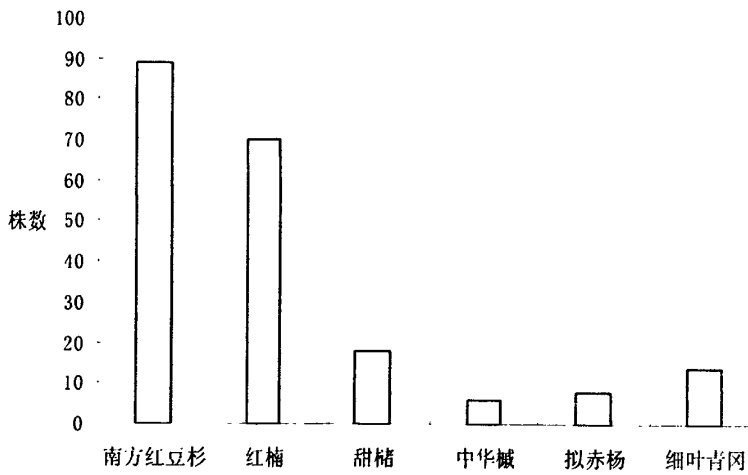


图 4-12 南方红豆杉-毛竹混交林林分更新状况

Fig4-12 The regeneration of *Taxus chinensis* var. *mairei* - *Phyllostachys pubescens* community.

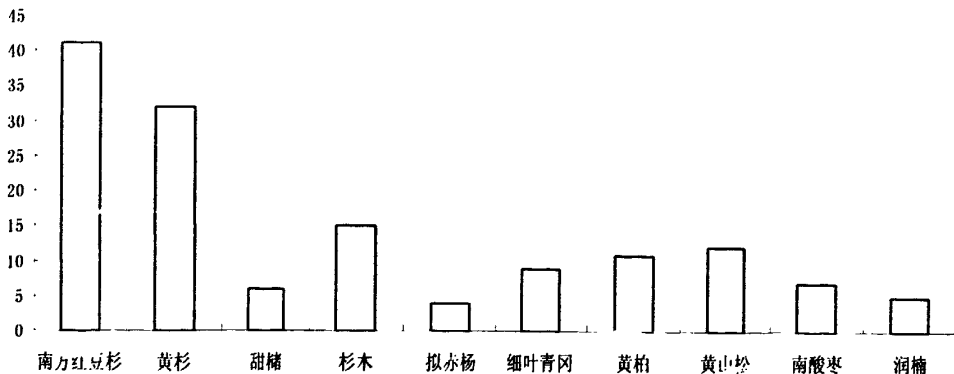


图 4-13 南方红豆杉-针阔叶混交林林分更新状况

Fig4-13 The regeneration of *Taxus chinensis* var. *mairei* - needles broad-leaved mixed community

分析各标准样地林下更新的调查数据,比较得知,在南方红豆杉-毛竹混交林和南方红豆杉-针阔叶混交林中,林下更新情况差异很大,见图 4-12 和图 4-13。从更新调查结果显示,南方红豆杉-毛竹混交林下,主要更新的树种有南方红豆杉、红楠、甜槠、细叶青冈、中华槭、拟赤杨,其中南方红豆杉和红楠更新比例最多占总株数的 43.41%和 34.15%,其他四种更新比例分别为: 8.78%、2.92%、3.91%、6.83%。这说明随着时间的推移,红楠将推进混交林演替的进程,成为主要的伴生树种;南方红豆杉-针阔叶混交林更新,从树木种类来说,主要为阔叶树,但从更新比例来看,则以针叶树为主。更新的针叶树为南方红豆杉、黄杉、杉木和黄山松,其中南方红豆杉和黄杉更新株数比例最多为 28.87%和 22.53%,更新的阔叶树主要有黄槿、甜槠、南酸枣、润楠、细叶青冈和拟赤杨等,更新比例分别为 7.74%、4.22%、4.92%、3.52%、6.43%和 2.81%。由此可知,当针叶树幼树进入林层后,将促进林分中针阔叶树种比例机构的转变。

影响林分更新数量多少和质量好坏的限制因素很多,南方红豆杉幼苗、幼树时期喜好阳光,在荫庇的林下更新不易,一般在林缘或林中空地光照充足的地段更新较好,枯枝落叶层厚、杂草丛生的地段,因为光照不足,种子不易接触到土壤,更新一般较差。结合南方红豆杉自身的生态学特征,对这一珍稀树种,应该从长远角度,去预见它的更新趋势,做到能够更好的调节林分组成比例,达到理想的混交状态。

5 南方红豆杉空间结构研究

5.1 研究方法

空间结构是指林分中林木在林地上的分布格局及其属性在空间上的排列,也就是林木之间树种、大小、分布等空间关系。林分的空间结构包括水平结构和垂直结构。林分水平结构是指林木间的配置状况或水平格局;而垂直结构是指林分的林层结构。

5.1.1 林分水平结构

林分空间分布格局可以从森林生态学和测树学两个方面来描述,在传统林学中林分水平结构研究包括林木的分布格局、树种混交度、林木个体的大小即(直径—树高结构)等。目前的测度方法有:混交度、大小比数和角尺度,侧重于从单木的角度表达林分在某一时刻的空间信息。在森林生态学中,利用种群空间分布格局来描述群落中,某一种群个体在其生存空间内相对静止的散布形式。它反映了种群个体在水平空间上彼此间的相互关系以及在群落中所处的位置关系,更侧重于整个种群的水平结构情况。是种的生物学特性对其生存的环境条件在特定时期适应和选择的结果。本文研究对象为南方红豆杉珍稀树种,目的还在于对其种群在林地中生长分布情况的研究,本次研究将采取种群空间分布格局进行研究与分析。

种群个体空间分布格局指的是种群个体在水平空间的配置状况,或在水平空间上的分布状态,或者说在水平空间内个体彼此间的关系。群落内一个种群的分布格局,一般可分为四个类型:A、随机分布;B、集群分布;C、均匀分布;D、嵌式分布。本次研究将运用以下聚集度指标进行分析:扩散系数(C),聚集度指标即从生指数(I),扩散指数(I_d),聚块性指数(M^*/\bar{X}),Cassie R.M.指数(C_A)。

(1). 扩散系数(C)

$$C = S^2 / \bar{X} \quad (5-1)$$

S^2 为种群多度方差, \bar{X} 为种群多度平均值(以下同)。 $C > 1$, 则为聚集分布; $C < 1$, 则为均匀分布; $C \approx 1$, 则为随机分布。

(2). 丛生指数(I)

$$I = S^2/\bar{X} - 1 \quad (5-2)$$

$I > 0$, 则为聚集分布; $I < 0$, 则为均匀分布; $I \approx 0$, 则为随机分布。

(3). 扩散指数(I_d)

$$I_d = n(\sum_{i=1}^n X_i^2 - N)/[N(N-1)] \quad (5-3)$$

$\sum_{i=1}^n X_i^2$, 为每个小样方的种群个体数的平方和 n 为小样方总数, N 为全部样方内总株数。 $I_d > 1$, 则为聚集分布; $I_d < 1$, 则为均匀分布; $I_d \approx 1$, 则为随机分布。扩散指数的随机分布偏离度用F检验法进行显著性检验。

(4). 聚块性指数(M^*/\bar{X})

$$M^*/\bar{X} = (\sum_{i=1}^n X_i^2 / \sum_{i=1}^n X_i - 1) / \bar{X} \quad (5-4)$$

M^* : 为群落平均拥挤度 $\sum_{i=1}^n X_i^2$; 为每个小样方的种群个体数的平方和 $\sum_{i=1}^n X_i$ 。为每个小样方的种群个体数的和 $M^*/\bar{X} > 1$, 则为聚集分布; $M^*/\bar{X} < 1$, 则为均匀分布; $M^*/\bar{X} \approx 1$, 则为随机分布。

(5). Cassie R.M.指数(C_A)

$$C_A = (S^2 - \bar{X}) / \bar{X}^2 \quad (5-5)$$

$C_A > 0$, 则为聚集分布; $C_A < 0$, 则为均匀分布; $C_A \approx 0$, 则为随机分布。

5.1.2 林分垂直结构

垂直结构是指群落在空间中的垂直分化或成层现象。林分的垂直结构是指林分高度上的层次性, 即构成林分的植物个体在垂直空间上配置方式^{[52][90]}。这种林冠层的垂直层次, 对森林的生态功能和生态过程具有重要意义, 有利于更充分有效地摄取和利用环境资源。垂直分层在林分内部形成了光、温度等生态因子的异质性分布, 从而影响下层灌木、草本及地被物等生物的生长, 对生物多样性具有重要指示意义。

研究林分垂直结构的主要目的, 旨在探求林分垂直结构的组建机制, 并进而模拟这种机制改善更为合理的植物群落垂直结构, 通过人类的经营活动将建造结

构复杂、产品丰富、高效能的森林植物群落^[9]。

林层划分法,即将林分的乔木层划分为主林层和次林层,对林分的垂直结构的定量描述和变化规律的研究具有重要的理论和现实意义。本文采用前人林层划分法研究阳明山自然保护区南方红豆杉林的垂直结构特征。

5.2 结果与分析

5.2.1 水平结构研究

运用扩散系数(C),聚集度指标即丛生指数(I),扩散指数(I_0),聚块性指数(M^*/\bar{X}),Cassie R.M.指数(C_A)五个聚集度指标分别对南方红豆杉群落主要种群的水平结构进行分析,结果见表5-1

表5-1 南方红豆杉-毛竹混交林种群空间分布格局

Table5-1 Spatial Distribution Patterns of *Taxus chinensis* var. *mairei* - *Phyllostachys pubescens* Community.

树种	扩散系数 (C)	丛生指数 (I)	扩散指数 (I_0)	聚块性指数 $\bar{X}(M^*/\bar{X})$	Cassie R.M. 指数(C_A)	结果
南方红豆杉	5.91	4.91	1.03	1.02	0.21	聚集分布
锥栗	3.67	2.67	1.33	0.89	3.56	聚集分布
杉木	2.20	1.20	0.80	0.64	0.96	均匀分布
中华槭	8.01	7.00	1.71	1.51	3.5	聚集分布
红楠	6.05	5.04	1.17	1.11	1.06	聚集分布
甜槠	6.00	5.00	1.27	1.17	1.67	聚集分布
伯乐树	9.22	8.22	1.78	1.58	3.65	聚集分布
秃瓣杜英	12.64	11.64	1.96	1.79	4.23	聚集分布
拟赤杨	5.67	4.67	1.33	1.19	2.07	聚集分布
细叶青冈	3.34	2.34	1.03	0.95	0.78	聚集分布
细叶稠李	7.79	6.78	2.51	1.80	7.75	聚集分布
大柄冬青	5.38	4.38	1.39	1.08	3.90	聚集分布
栲树	7.33	6.33	1.86	1.56	4.22	聚集分布
五裂槭	4.73	3.73	1.09	0.96	1.75	聚集分布
毛竹	2.04	1.04	0.88	0.87	0.02	均匀分布

通过对种群(偶见种或只有一株的种未计算在内, 以下同)聚集度指标的计算, 从表 5-1 结果可以看出, 南方红豆杉-毛竹混交林多数种群属于聚集分布, 符合天然林种群分布情况, C、I 指标以及 I_0 、 M^*/X 、 C_A 指标判断结果基本一致, 只在少数种群出现异同, 如杉木、毛竹 C、I 指标呈现聚集分布, 而 I_0 、 M^*/X 指标呈现均匀分布。这可能是由于标准样地个数较少, 只有 4 个, 故计算的 C、I、 C_A 值变化较大。对于空间聚集度指标的判定应该综合 5 个指标的判断结果, 考虑到以上原因, 这里主要以 I_0 、 M^*/X 指标计算的结果为判别依据(以下同)。结果表明, 南方红豆杉-毛竹混交林内, 除了毛竹、杉木以外, 其它种群都呈聚集分布状况。这与当地存在大量毛竹林以及人工杉木林的现象相符合。

表 5-2 南方红豆杉-针阔叶混交林种群空间分布格局
Table 5-2 Spatial Distribution Patterns of *Taxus chinensis* var. *mairei* -
needles broad-leaved mixed Community

树种	扩散系数(C)	丛生指数(I)	扩散指数(I_0)	聚块性指数($\bar{X}(M^*/X)$)	Cassie R.M. 指数(C_A)	结果
南方红豆杉	2.16	1.16	0.97	0.94	0.94	随机分布
杉木	0.84	-0.15	0.82	0.75	-0.04	均匀分布
黄柏	6	5	1.6	1.33	3.33	聚集分布
灯台树	4.53	3.53	1.13	1.04	1.08	聚集分布
苦槠	7.07	6.07	2.62	1.87	6.93	聚集分布
润楠	4.61	3.61	1.46	1.13	3.20	聚集分布
樱桃	3.85	2.85	1.14	0.97	1.63	聚集分布
南酸枣	3.88	2.88	1.11	0.98	1.28	聚集分布
拐枣	3.67	2.67	1.33	0.89	3.56	聚集分布
三尖杉	3.85	2.85	1.14	0.98	1.63	聚集分布
黄杉	3.5	2.5	1.03	0.96	0.62	聚集分布
拟赤杨	7.29	6.29	1.71	1.46	3.59	聚集分布
黄山松	7.28	6.28	1.71	1.47	3.59	聚集分布
甜槠	6.56	5.56	1.44	1.28	2.46	聚集分布
青冈栎	8	7	1.71	1.5	3.5	聚集分布

南方红豆杉-针阔叶混交林种群空间分布格局, 见表 5-2。该林分各聚集度指

标与南方红豆杉-毛竹混交林的各聚集度指标基本相似。林内除南方红豆杉种群的 $I_g=0.97$ 、 $M^*/X=0.94$ ，这里判断其接近于随机分布，杉木呈均匀分布外，其它种呈聚集分布。统计结果与实际调查结果相近。

5.2.2 垂直结构研究

5.2.2.1 林层划分

林层的划分不仅有利于经营管理，而且有利于林分调查、研究林分特征及其变化规律等更能充分的了解研究对象的垂直结构，为林分的结构调整提供更多的信息。

根据前人研究的林层划分结论^[52]，以及研究地区南方红豆杉-毛竹混交林和南方红豆杉-常绿阔叶树种混交林树高分布特征，利用树冠光竞争高度来划分垂直层次结构。

按优势树种组成不同，阳明山自然保护区内南方红豆杉林群落可划分为南方红豆杉-毛竹混交林，南方红豆杉-阔叶树混交林两种类型。依据树冠光竞争高度法将南方红豆杉-毛竹混交林划分为三层，即以 14.5m 以上，8-14.5m 和 8m 以下，分别称其为上林层、中林层和下林层；而南方红豆杉-针阔叶混交林则划分为：13m 以上，7.5-13m 和 7.5m 三层。

5.2.2.2 林层结构分析

表 5-3 南方红豆杉-毛竹混交林乔木层立木分析

Table 5-3 Trees of arbor layer analysis of *Taxus chinensis* var. *mairei* -

Phyllostachys pubescens community.

植物名称	株数	树高/m		胸径/cm		枝下高/m
		平均	最高	平均	最大	
南方红豆杉	92	8.3	18.1	16.75	62.0	1.8
锥栗	3	6.5	7.0	14.0	14.5	4.0
杉木	5	7.92	14.2	11.68	14.2	3.3
中华槭	8	7.5	8.5	9.95	10.1	1.7

续表

植物名称	株数	树高/m		胸径/cm		枝下高/m
		平均	最高	平均	最大	
红楠	19	6.85	9.5	11.2	18.0	3.1
甜槠	15	14.6	22.0	50.6	76.0	5.0
伯乐树	9	9.25	12	6.9	10	5.0
秃瓣杜英	11	7.45	11.5	13.4	18	2.7
拟赤杨	9	9.62	11.0	8.98	12.0	5.7
细叶青冈	12	14.5	20.0	29.9	65.0	4.7
细叶稠李	3	18.5	19.5	49.3	50.2	8.0
大柄冬青	3	12.0	13.0	14.9	15.3	4.0
栲树	6	21.8	23.1	47.65	52.3	10.5
青冈栎	2	21.2	22.3	43.1	43.3	7.0
五裂槭	8	14.7	22.0	28.5	54.2	5.3
毛竹	182	14.3	17.3	10.0	16.0	—

表 5-4 南方红豆杉-毛竹混交林各林层树种株数比例

Table 5-4 Species proportion of *Taxus chinensis* var. *mairei* -*Phyllostachys pubescens* community

树种	林层/100%		
	下层 (<8)	中层 (14.5—8)	上层 (≥14.5)
南方红豆杉	24.88	17.07	2.93
锥栗	1.46	0	0
杉木	0	2.44	0
中华槭	1.95	1.95	0
红楠	6.34	2.93	0
甜槠	0.49	1.95	4.88
伯乐树	0	4.39	0
秃瓣杜英	3.42	1.95	0

续表

树种	林层/100%		
	下层 (<8)	中层 (14.5—8)	上层 (≥14.5)
拟赤杨	0	4.39	0
细叶青冈	1.46	0	4.39
细叶稠李	0	0	1.46
大柄冬青	0	1.46	0
栲树	0	0	2.93
青冈栎	0	0	0.98
五裂槭	1.95	0	1.95
合计	41.95	38.53	19.52

南方红豆杉-毛竹混交林, 乔木层主要树种: 南方红豆杉、毛竹、红楠、甜槠、秃瓣杜英(*Elaeocarpus glabripetalus.*)、细叶青冈、拟赤杨等, 建群树种南方红豆杉、毛竹优势明显, 群落一般高度 7-15 m, 乔木层立木情况及各林层树种株树比例见表 5-3 和表 5-4。

林分内下林层占 41.95%, 中林层占 38.53%, 其中南方红豆杉下林层占 24.88%、中林层占 17.07%, 由此可见, 南方红豆杉占据林分内中下林层绝对的优势, 在林分的上层则仅有 2.93%。这可能与自身的生态特性有关, 适应弱光照, 对温度、光照、湿度的要求较严, 需要有上层高大乔木的庇护, 而处于林分上层的多为存活的保留木, 个体较大, 胸径最大 62.0cm, 树高 18.2cm。除去南方红豆杉之外, 下林层红楠、秃瓣杜英也较多, 红楠占 6.34%, 其次为秃瓣杜英占 3.42%。中林层则还有伯乐树、拟赤杨、红楠, 株数比例分别为: 4.39%、4.39%、2.93%。林分上层主要树种为甜槠、细叶青冈、南方红豆杉、栲树。以甜槠、细叶青冈最多占 4.88%和 4.39%, 占据林层上部大部分空间, 同样它们也属于存活的保留木。林层平均胸径 45-55 cm, 最大 76 cm, 树高 14.5-21.8 m, 最高 23.1 m。

林层下的灌木层一般高度 1-3 m, 主要有大青、青灰叶下珠(*Phyllanthus glaucus*)、锐尖山香园(*Turpinia arguta*)、含笑(*Michelia figo*)、楸木(*Aralia elata*)、少花桂(*Cinnamomum pauciflorum*), 盖度 20%, 密度较小, 伴生于乔木之下, 很

少成片分布, 草本植物有夜香牛、淡叶竹、莎草科以及蕨类的一些种类, 层外植物有南蛇藤、显齿蛇葡萄, 有攀援树干的现象。群落中毛竹盖度较大, 且均匀分布, 抑制了多数灌木、草本层数量与种类的繁殖及盖度的增加。

表 5-5 南方红豆杉-针阔叶树混交林乔木层立木分析

Table 5-5 Trees of arbor layer analysis table of *Taxus chinensis* var. *mairei* - needles broad-leaved mixed community

植物名称	株数	树高/m		胸径/cm		枝下高/m
		平均	最高	平均	最大	
南方红豆杉	31	6.27	10.0	12.49	20.5	1.6
杉木	12	14.15	23.0	20.92	31.0	3.2
黄柏	6	6.95	8.0	11.3	12.0	6.2
灯台树	13	10.28	14.5	16.97	27.2	2.7
苦槠	6	9.12	10.0	11.96	16.0	2.1
润楠	4	6.89	8.0	12.2	14.0	2.0
樱桃	5	8.05	8.5	12.19	14.1	3.5
南酸枣	9	7.57	9.5	11.02	14.5	4.5
拐枣	4	5.25	5.5	5.95	6.4	3.2
三尖杉	6	15.16	16.0	26.67	30.0	1.9
合欢	1	5.5	5.5	10.0	10.0	2.0
黄杉	16	12.43	16.0	17.92	24.1	5.3
拟赤杨	5	15.21	18.0	18.62	20.0	3.8
黄山松	7	11.43	16.1	17.95	22.2	6.3
甜槠	9	9.95	14.0	20.89	32.0	4.1
青冈栎	8	6.87	9.0	17.31	24.1	2.3

表 5-6 南方红豆杉-针阔叶树混交林各林层树种株数比例

Table 5-6 Species proportion of *Taxus chinensis* var. *mairei* -
needles broad-leaved mixed Community .

树种	林层/100%		
	下层 (<7.5)	中层 (7.5—13)	上层 (≥13)
南方红豆杉	17.6	4.22	0
杉木	2.91	5.83	0
黄柏	2.91	1.41	0
灯台树	4.24	0.7	4.22
苦槠	0	4.22	0
润楠	2.11	0.7	0
樱桃	1.14	2.11	0
南酸枣	2.81	3.52	0
拐枣	2.81	0	0
三尖杉	0	0	4.22
合欢	0.7	0	0
黄杉	0.7	6.33	4.22
拟赤杨	0.7	0	2.81
黄山松	0.7	3.52	0.7
甜槠	1.41	4.92	0
青冈栎	4.2	1.41	0
合计	44.94	38.89	16.17

与南方红豆杉-毛竹混交林相比,南方红豆杉-针阔叶树混交林林相更加整齐,林层更明显,郁闭度 0.7 左右,由表 5-5 和表 5-6 可知,南方红豆杉全部集中于中下林层,上林层没有分布,而且所占比例相对减小。树木平均胸径 12.49cm,最大 20.5m,平均树高为 6.27cm,最高 10m,处于乔木层的中下层,受阳光及温度等条件的限制,平均枝下高 1.6 m,自然整枝不良,出材率不高。

下林层主要树种有:南方红豆杉、灯台树、青冈栎。南方红豆杉最多占 17.6%,其次灯台树占 4.24%、青冈栎最少占 4.2%。中林层主要为针叶树种,有黄杉、

杉木、南方红豆杉、黄山松，株数比例分别为：6.33%、5.83%、4.22%、3.52%，阔叶树则主要为甜槠、苦槠、南酸枣，株数比例分别为：4.92%、4.22%、3.52%。上林层树种较少，在这一层主要有黄杉、三尖杉、灯台树，其株数比例基本相同为4.22%。

从整体观察来看，南方红豆杉-针阔叶树混交林虽然以常绿阔叶树种种数为多，从树种所占林层比例分析，则以常绿针叶层片为主。针叶树种占据了林层的中上林层。林内灌木层一般高1.5-3.5m，盖度20%，主要有腊瓣花(*Corylopsis sinensis*)、尖连蕊茶(*Camellia cuspidata*)、杜鹃花、胡颓子、大青。草本层一般高度20-30cm，盖度90%，主要有海金沙、莎草、狗脊蕨、里白、夜香牛、翠云草、淡叶竹，多数地段由淡竹叶、夜香牛、翠云草构成，有时成片分布，有时则斑块状分布，这里要说明，由于群落地段处于山体阴坡面，且在溪水旁边，所以整个群落长势良好，植物种类丰富，灌草层盖度大。

6 南方红豆杉濒危原因与保护利用

6.1 濒危原因分析

6.1.1 南方红豆杉固有生态学特性局限

(1) 特殊的生物学特性

南方红豆杉为雌雄异株、异花授粉^[6]植物。在自然条件下,由于雌雄比例偏小(雌雄比例约为 1:9 左右)、开花结籽周期较长,南方红豆杉生产率不高。而种子特有的休眠特性^{[4][92]}以及鸟、鼠类等其它动物对种子的蚕食,造成种子萌发率^[93]更低。

(2) 较弱的种群竞争力

南方红豆杉幼苗抗逆性较差,成活率低,生长缓慢,与其它种群幼苗竞争处于不利地位。同时南方红豆杉与其他植物在对光和空间的争夺中,由于南方红豆杉为典型的阴性树种,表现出不利的生物特性。南方红豆杉常生长在阴坡、半阴坡及沟谷的针叶林、针阔叶混交林及落叶阔叶林中,其多处于中层林冠。

南方红豆杉一般以天然散生形式和以混生、复层、异龄为主要存在特征。在群落生境的构建中,往往处于被动适应的地位,在对空间的利用无论是地上还是地下都不占优势,一旦竞争力较强的物种种群数量增加时,剧烈的种间竞争,将导致南方红豆杉种群数量的下降,最后彻底在原生境中消失^[14]。

以上这些都表现出南方红豆杉固有的生物学特性,而这些特性让南方红豆杉在群落生境中处于一种不利的地位,从而抑制局限了南方红豆杉的生长。

(3) 苛刻的生境要求

在生态学特性上,南方红豆杉表现为典型的阴性树种,对气候的变化范围,特别是对温度、光照、湿度的要求较严,对森林类型的选择以及层间植物的搭配也较为特殊,需要有上层高大乔木庇护^[94]。另外,南方红豆杉对海拔、坡位、坡向的因素变化也较为敏感,在特定的海拔和山体中下部阴坡水湿条件良好的环境生长较好;否则生长不良、幼苗及幼龄树苗的成活率很低,植株将面临死亡^[95]。

无论是从生物学还是生态学角度来讲,南方红豆杉固有的特性导致了其的发展分布的局限,成为其濒临灭绝的重要原因之一。

6.1.2 社会因素

南方红豆杉由于自身固有的生物生态学特性限制其生长发育以及分布,使其野生资源有限,而社会人为行为因素则直接导致南方红豆杉濒临灭绝的危险。

(1) 过度砍伐开采

红豆杉是常绿乔木,高达到 26m。其主杆挺拔,枝条舒展稠密,树冠卵形或塔形,是一种极有发展前途的园林观赏树种;且具有侧根发达,耐阴、耐旱、耐寒等特点,可广泛用于营建水土保持林,水源涵养林,是实施天然林保护工程,退耕还林的优良树种之一,特别是其含有的紫杉醇是医学界治疗癌症的有效物质。长期以来南方红豆杉都是砍伐的对象,20 世纪 60 年代以来对原始森林的过度砍伐,使红豆杉的资源锐减,特别是 20 世纪 80 年代末 90 年代初以来,受欧美“紫杉醇热”的影响,国际的热点、政府的重视以及新闻媒介的大肆宣传,使中国出现了前所未有的红豆杉资源开发热潮,使得南方红豆杉现存资源已很少。人类对森林的过度利用,导致其适生环境的严重破坏、退化或消失。南方红豆杉种群自然更新困难,种群数量持续下降^[96-98]。

(2) 森林环境破坏

南方红豆杉分布的林分常常是森林采伐的对象,虽然南方红豆杉并非采伐的目的树种,但因采伐方式落后,对环境的破坏较大,采伐导致生态环境的改变而影响到南方红豆杉的生存,如森林上层树种被采伐后,原林层下的南方红豆杉表现出生长不良、枯黄、干死等现象。

6.2 阳明山南方红豆杉保护措施建议

6.2.1 阳明山自然保护区经营管理存在问题

阳明山自然保护区自建立以来,在自然资源保护、宣传教育、科学考察、制止乱砍滥伐、乱捕滥猎、乱采乱挖方面做了大量的工作,取得了显著的成效,森林植被逐年恢复,生物种群明显回升。但也存在一些问题:由于历年人为活动和生产经营活动,对原有天然阔叶林破坏较大,天然阔叶林的面积逐年向腹地缩小并被分割,区内植被已由天然阔叶混交林逐渐向人工针叶纯林和楠竹林转化,植被由复杂到简单演化,黄杉、南方红豆杉等国家珍稀植物以及其生境自然也受到破坏。对于区内丰富的野生动植物资源保护与开发的矛盾成为了保护区亟待解决的首要问题。

阳明山自然保护区管理机构, 硬件设施条件差, 科研设备、仪器少, 科研资金短缺, 专业人才缺乏, 加上对南方红豆杉并没有提高到一个较高层次的认识, 无法开展对南方红豆杉资源的专题研究。

保护区工作人员待遇低, 工作、生活条件艰苦, 影响工作的积极性, 职工文化水平低, 缺乏专门的动、植物保护专业的人才。现有职工(林农)也缺乏必要的生态、环保知识, 对现有人员的岗位培训和技术培训欠缺, 领导干部缺乏先进、科学的林业管理观念, 导致保护区经营管理制度的不完善, 无法正确的执行林业管理措施。

6.2.2 加强南方红豆杉保护措施几点建议

6.2.2.1 加强南方红豆杉资源保护宣传和管理

首先, 阳明山自然保护区应加强林业管理政策, 健全林业管理措施, 各级部门要强化林政管理职责, 完善管理措施。为了有效地保护和合理开发利用红豆杉资源, 各级领导要高度重视, 必须认真学习贯彻国务院颁布的《森林法》、《野生药材资源管理办法》以及有关文件精神, 加大宣传力度, 以点带面, 普及保护南方红豆杉的科学知识, 宣传南方红豆杉的药用价值及相关的科普知识, 使当地群众和护林员、林区工人以及林管人员能充分认识红豆杉资源保护意义, 自觉爱护这一宝贵资源。

其次, 对南方红豆杉集中分布区要设专人管护。阳明山自然保护区南方红豆杉林分布广泛, 但多为散生, 群落集中分布较少, 林分界限不明显, 当地村民对南方红豆杉这一珍稀植物认识不足, 且烧柴又全依赖于山上, 他们在砍柴时很容易误砍南方红豆杉幼树, 降低林分下层更新。为确保南方红豆杉林不被破坏, 建议, 首先应明确南方红豆杉林区域界限, 挂警告牌明示, 禁止非法采种、采穗和各种破坏资源行为, 实行专人管护。

6.2.2.2 调整南方红豆杉林分结构

针对南方红豆杉林分空间特征, 进行结构调整, 创造更好的生长条件。在南方红豆杉-毛竹混交林内, 存在不少大径阶的保留木, 造成林下过于荫蔽, 可通过适度采摘枝叶改善光照条件, 增加营养面积, 为中林层和下林层南方红豆杉生长创造良好的条件, 特别是为更新幼苗增加光照条件, 提高更新保存率^[99]。同时控制林地内毛竹生长扩张, 增加林下灌、草层物种丰富度, 提高林分物种多

样性。

南方红豆杉-针阔叶混交林,林相比较为整齐,针阔叶树种比列相当,林下物种丰富,但南方红豆杉数量较少。由于南方红豆杉萌发能力强,对于此类型地段,可进行严格封育,通过合理的人为干预来促进红豆杉的天然更新,同时加强管护措施,禁止任何经营性活动,不断提高林分质量。

6.2.2.3 就地培养人工南方红豆杉林

摸清阳明山自然保护区南方红豆杉资源分布,认真做好就地保护和迁地保护工作,强化红豆杉野生资源的保护,有效地保护红豆杉的天然野生环境,使其能稳定生存。对保护区内零散分布或处于公路两旁受人为破坏和影响较大的红豆杉中、成龄树应建立保护点。而对远离公路未受破坏的红豆杉分布区地段应划建禁伐(采)区,并加强该林区的森林防火和森林保护。对于环境已经遭到极大破坏、生境难以恢复的,实行迁地保护。在分布相对集中的区域建立专门保护区和红豆杉定位研究站。

在保护的同时,阳明山当地有关执行单位应该组织地、合理的采集南方红豆杉的种子和穗条,通过扦插、播种等手段,大量繁殖优质苗木,在当地建立种苗繁育基地,以扩大种群所量,变野生为家植,形成规模化生产,营造人工南方红豆杉原料林^{[100][101]}。

7 结果与讨论

7.1 结论与总结

本次研究以阳明山自然保护区南方红豆杉林为对象,依据 8 块标准样地的野外调查数据和相关资料,摸清保护区内南方红豆杉资源分布,从林分的树种组成、直径结构、年龄结构与更新、空间结构等多个方面着重探讨了阳明山自然保护区南方红豆杉林分结构,并初步探讨南方红豆杉濒危原因,结合保护区经营管理现状提出建议,得出以下结论:

(1) 南方红豆杉主要分布于保护区内的一漂漕、二漂漕、三漂漕以及北江冲一带(见附录 A),海拔 700-1100m。所在地离人居住地较偏远,植被保存较好。一漂漕、二漂漕、三漂漕一带,南方红豆杉多与毛竹混生;北江冲一带,南方红豆杉散生于针阔叶混交林内。全区南方红豆杉分布范围之广,结实良好,最大胸径达 60 多 cm^2 ,有几处形成群落,面积达 590hm^2 ,另有南方红豆杉零星分布的面积 3500hm^2 。

(2) 阳明山南方红豆杉林按树种组成,划分为两种类型,即南方红豆杉-毛竹混交林,南方红豆杉-针阔叶树种混交林;对南方红豆杉林分直径分布进行分析和数学模型进行拟合,研究表明两种类型树木直径分布曲线均呈不规则单山峰状曲线,应用 weibull 分布函数拟合反映该种类型的直径分布并与予以 χ^2 检验,效果比较理想,部分标准地不服从韦布尔分布的原因可能是由于林分内存在部分个体较为高大的保留木,使其林分结构规律被打乱所致;从年龄结构来看,南方红豆杉-毛竹混交林内南方红豆杉种群呈稳定型,南方红豆杉-针阔叶混交林内南方红豆杉种群呈增长型。两种类型的南方红豆杉种群都呈现稳步增大的趋势,幼苗储备丰富,但幼树数量较之相对较少。

(3) 南方红豆杉-毛竹混交林各个树木种群除杉木、毛竹属于均匀分布外,均属于聚集分布。南方红豆杉-针阔叶树种混交林种群分布与此大致相似,但南方红豆杉接近于随机分布,杉木呈均匀分布,其余均属于聚集分布。这与当地存在大量毛竹林以及人工杉木林的现象相符合;利用树冠光竞争高度,根据实地南方红豆杉生长情况,将南方红豆杉-毛竹混交林和南方红豆杉-针阔叶混交林军划分为三个林层,统计数据显示,南方红豆杉占据林层的中下层,还存在一定数量

的保留木。

(4) 南方红豆杉濒危原因初步探讨, 研究表明南方红豆杉种子产量少、种子萌发率和籽苗成活率较低、种群竞争力较弱以及对生境要求的特殊性导致了野生南方红豆杉资源有限, 过度的人为干扰破坏则是南方红豆杉种群濒危的另一个重要原因。

针对保护区南方红豆杉保护现状及经营管理存在问题, 提出建议: 加强林业管理政策, 健全林业管理措施, 大力宣传南方红豆杉的药用价值及相关的科普知识, 明确南方红豆杉分布区域, 设置专人管护; 调整南方红豆杉林分结构, 适度稀疏南方红豆杉-毛竹混交林内大径阶树木枝叶和不良木, 改善光照条件, 增加营养面积, 提高更新保存率, 控制林地内毛竹生长扩张, 提高林分物种多样性。在南方红豆杉-针阔叶混交林内, 通过合理的人为干预来促进红豆杉的天然更新, 同时加强管护措施, 禁止任何经营性活动, 不断提高林分质量; 做好就地保护, 对集中分布区划建南方红豆杉保护区域, 对散生成龄树建立保护点, 鼓励阳明山当地有关执行单位组织建立当地的种苗繁育基地, 营造人工南方红豆杉原料林。

7.2 论文不足与展望

在本次课题研究过程中, 存在一些不足, 有待进一步探讨与解决。

1. 由于调查时间和精力有限, 本文只在阳明山自然保护区内的一漈漈、二漈漈、三漈漈以及北江冲一带选取了典型标准地作为研究的对象, 设置的标准地少, 只能初步探索阳明山自然保护区南方红豆杉林的结构特点, 数据资料的欠缺, 必定带来一些研究上的偏差, 因此在今后的研究中需要进一步完善, 为南方红豆杉的经营管理提供更加准确的科学依据。

2. 森林生态系统的复杂性、不确定性决定了林分结构研究的复杂而漫长的过程。单从森林经理学的角度研究林分结构不够全面。在今后的研究中建议充实调查内容, 与森林生态学、森林保护学、土壤学等学科结合起来, 对南方红豆杉林有更加深入的研究。

3. 除了树种组成、年龄结构以及树木空间结构的研究, 本文缺少对树高结构规律、林分密度等方面的研究, 以期更为全面、系统的研究。

4. 南方红豆杉林分结构的研究应该和生产紧密结合。

林分结构的分析无论在理论研究上或实践应用上均有重要意义。特别是针对南方红豆杉这样的珍稀树种, 深入的研究其林分内部潜在的布局和关系, 优化南方红豆杉林分结构, 能有效保护南方红豆杉野生种群的数量。同时在南方红豆杉

重点分布区和集中分布区建立南方红豆杉自然保护区,就地建立人工南方红豆杉原料林,根据南方红豆杉人工林的开发利用价值,即珍贵用材、提取抗癌药用原料和庭园观赏,确定不同的经营目标和相应配套的经营模式^[102],通过人工栽培与快速繁殖技术,强化优良品种,扩大南方红豆杉种质资源,实现南方红豆杉的永续利用。

8 参考文献

- [1] 廖文波, 张志权, 苏志堯. 抗癌植物南方红豆杉保护生物学价值的评价(一)[J]. 生态科学. 1996, 15(2): 17-20.
- [2] 郑万钧, 傅立国. 中国植物志(第七卷)[M]. 北京: 科学出版社. 1978, 438.
- [3] 茹文明. 濒危植物南方红豆杉生态学研究[D]. 太原: 山西大学. 2006.
- [4] 史忠礼, 周菊华, 王子卿. 南方红豆杉种子休眠的研究[J]. 湘江林业科技. 1991, 11(5): 1-6.
- [5] 傅瑞树, 朱建华, 黄琦等. 南方红豆杉扦插繁殖和离体培养研究现状[J]. 武夷科学. 2003, 19: 293-298.
- [6] 傅瑞树, 朱建华. 福建省南方红豆杉资源保护与可持续利用探讨[J]. 福建林业科技. 2003, 30(1): 53-56.
- [7] Wani M C, H L Taylor, Wall ME. plant antitumor agents. VI. The isolation and structure of taxol, a novel antitumor agent from *Taxus brevifolia*. J. Am Chem Soc, 1971, 93: 2325-2327.
- [8] Cragg, G. M., S. A. Scherpartz, M. Sufmess, and M. R. Grever. The Taxol supply crisis. New NCI policies for handling the large-scale production of novel natural product anticancer and anti-HIV agents. J. of Natural Products. 1993, 56(10): 1657-1668.
- [9] 苏建荣. 云南红豆杉种群生态学研究[D]. 北京: 中国林业科学研究院. 2006.
- [10] 郑万钧. 中国树木志(一) [M]. 中国林业出版社. 1983: 386-391.
- [11] Fu, L. K., Li, N. & R. R. Mill. Taxaceae. In: Wu, Z. Y. & P. H. Raven (eds.). Flora of China. Beijing: Science Press & St. Louis: Missouri Botanical Garden Press, 1999, 89-96.
- [12] 朱念德, 刘蔚秋, 伍建军等. 影响南方红豆杉种子萌发因素的研究[J]. 中山大学学报(自然科学版). 1999, 38(2): 75-79.
- [13] 张志权, 廖文波, 钟翎等. 南方红豆杉种子萌发生物学研究[J]. 林业科学研究. 1999, (5): 539-543.
- [14] 廖文波, 张志权, 陈志明等. 粤北南方红豆杉的群落类型及物候与繁殖生物学特性[J]. 应用生态学报. 2002, 13(7): 795-801.
- [15] 陈鹰翔. 南方红豆杉扦插繁殖试验[J]. 江苏林业科技. 2001, 28(3): 21-22.
- [16] 陈辉, 刘玉宝, 陈福甫. 南方红豆杉扦插基质配方优化研究[J]. 福建林学院

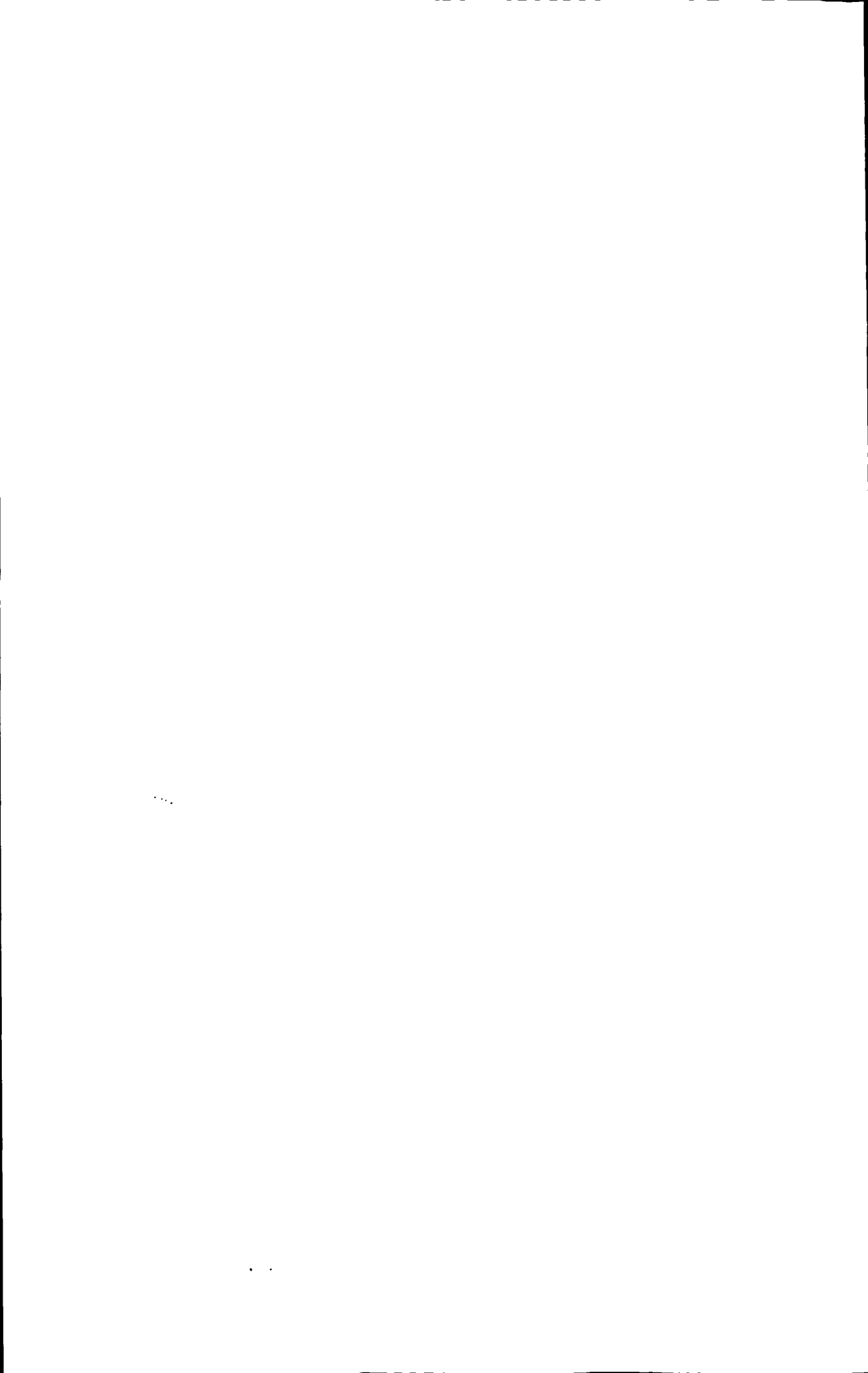
- 学报.1999, 19(4): 292-295.
- [17] 费永俊, 雷泽湘.不同扦插生境对南方红豆杉育苗的影响[J].山地农业生物学报.1999, 18(S): 296-299.
- [18] 史玉俊.红豆杉属植物中的紫杉烷二萜.国外医药·植物药分册.1998, 13(2): 22.
- [19] 罗文训.南方红豆杉天然林群落结构特征研究[J].亚热带植物通讯.2000, 29(3): 39-42.
- [20] 廖文波, 苏志尧, 崔大方等.粤北南方红豆杉植物群落的研究[J].云南植物研究.2002, 24(3): 295-306.
- [21] 刘仁林, 朱玲琳.南方红豆杉天然群落种群空间分布规律的研究[J].环境与开发.1997, 12(1): 3-8.
- [22] 茹文明.山西蟒河自然保护区南方红豆杉林的调查研究[J].植物研究.2001, 21(1): 42-46.
- [23] 张桂萍, 张建国, 茹文明.山西蟒河南方红豆杉群落和种群结构研究[J].山西大学学报.2003, 26(2): 169-172.
- [24] 李毅, 孙雪新等.甘肃胡杨林分结构的研究[J].干旱区资源与环境.1994.8(3): 88-95.
- [25] 孟宪宇.测树学[M].北京:中国林业出版社, 1996.66-122.
- [26] 孔令红.金沟岭林场次生林结构研究[D].北京:北京林业大学.2007.
- [27] Sandra van der Linden, Ming-ko Woo.Application of hydrological models with increasing complexity to subarctic catchments. Journal of Hydrology.2003, 270:145-157.
- [28] 沈国舫.现代高效持续林业—中国林业发展道路的抉择[J].林业经济, 1998(4): 1-8.
- [29] 邵青还.德国的林业保护政策极其评价—中国林业如何走向21世纪[M].中国林业出版社.北京.1995, 53-60.
- [30] 王海龙.华北土石山区防护林体系稳定林分结构定向调控基础研究[D].北京:北京林业大学.2007.
- [31] Sari Pitkanen Classification of vegetational diversity in managed boreal forests in eastern Finland.Plant Ecology.2000, 146: 11-28.
- [32] 黄清麟.福建青冈萌芽林分结构即生产力的研究[J].福建林学院学报.1995, 15(2): 107-111.
- [33] Takuo Nagaike, etc .Plant species diversity in abandoned coppice forests in a

- temperate. Deciduous forest area of central Japan. *Plant Ecology*. 2003, 166: 145-156.
- [34] Sari Pitkanen. Correlation between stand structure and ground vegetation: an analytical approach. *Plant Ecology*. 1997, 131:109-126.
- [35] Nishimura N. Tree competition and species coexistence in a warm-temperate old-growth evergreen broad-leaved forest in Japan. *Plant Ecology*. 2002, 164: 235-248.
- [36] 吕勇. 树木树高曲线模型研究[J]. 中南林学院学报. 1997, 17 (4): 86-89.
- [37] 邓坤枚, 邵彬, 李飞. 长白山北坡云冷杉林胸径、树高结构及其生长规律的分析[J]. 资源科学. 1999, 21(1): 77-84.
- [38] Hansorg Dietz. Plant invasion patches-reconstructing pattern and process by mean of herb-chronology. *Biological Invasions*. 2002, 4:211-222.
- [39] 罗瑞平. 黄龙山林区天然油松针阔混交林结构与更新特征的研究[D]. 北京: 北京林业大学. 2006.
- [40] 沈国舫主编. 森林培育学[M]. 北京: 中国林业出版社, 2002.
- [41] Fueldner K. Strukturbeschreibung von Buchen-Edellaubholz Mischwaeldem [M]. Goettingen :Cuvillier Verlag Goettingen, 1995.
- [42] 惠刚盈, Klaus von Gadow, Matthias Albert. 一个新的空间结构参数——大小比数[J]. 林业科学研究. 1999b, 12(1).
- [43] 惠刚盈, Klaus von Gadow, Matthias Albert. 角尺度——一个描述林木个体分布格局的结构参数[J]. 林业科学研究. 1999a, 35(1).
- [44] David, F.N. and Moor, P.G. Notes on contagious Distribution in palant populations[J]. *Ann. Bot. Lond. N.S.* 1954, 18.
- [45] Morisita, M. Composition of the I_g -index [J]. *Res. Popul. Eco* 1. 1971, 13.
- [46] Lloyd. M. Mean Crowding[J]. *Anim. Ecol.* 1967, 36.
- [47] Pielou E C. segregation and symmetry in two-species populations as studied by nearest neighbor relations[J]. *J Ecol.* 1961, 49: 255-269.
- [48] Pielou E C. The use of point to plant distances in the study of the pattern of plant populations[J]. *J. Ecol.* 1958 47: 607-613.
- [49] 杨陈坤等. 红壤丘陵防护林有林林分结构水土流失规律的研究[J]. 湖南林业科技. 1998, 25(4): 31-37.
- [50] 朱教君. 透光分层疏透度测定及其在次生林结构研究中的应用[J]. 应用生态学报. 2003, 14 (8): 1229-1233.

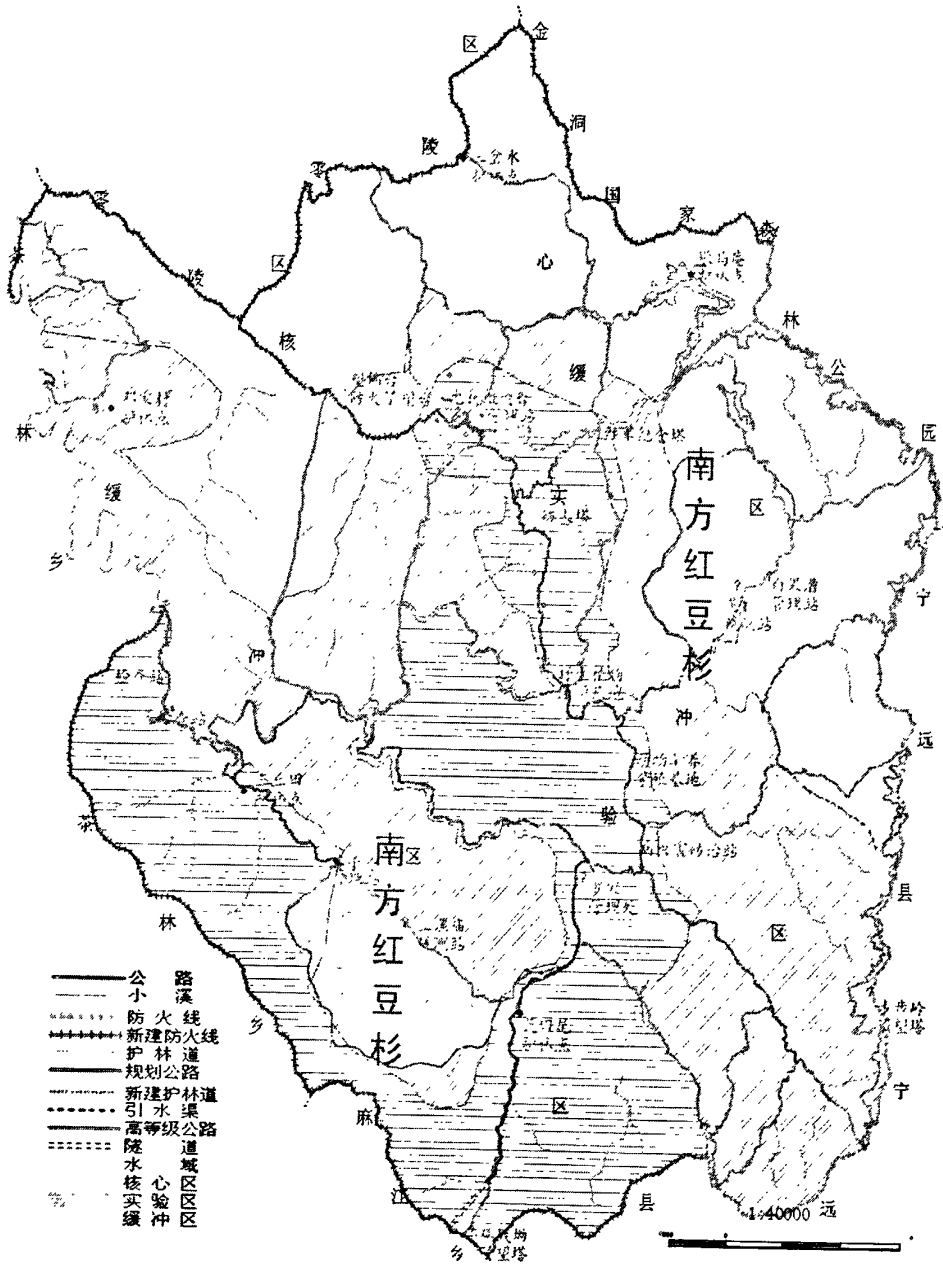
- [51] 赵云平, 刘玉安, 李广祥等. 长白山林区复层异龄林垂直结构的研究[J]. 吉林林学院学报. 1995, 11(2): 105-108.
- [52] 郑景明. 森林群落垂直层次划分方法[J]. 林业适用技术. 2006, 4: 41-43.
- [53] 吴征镒. 中国种子植物属的分布区类型[J]. 云南植物学研究, 1991, 12 (增刊 IV): 1—139.
- [54] 王伯荪. 植物群落学[M]. 北京: 高等教育出版社. 1987.
- [55] 陈存及, 代全林等. 乳源木莲天然林群落生物多样性研究[J]. 福建林学院学报, 2001, 21 (4): 316-319.
- [56] 杨澄. 桥山天然油松林群落结构特征的研究[J]. 西北林学院学报, 1998, 13 (3): 14-17.
- [57] 陈灵芝主编. 中国的生物多样性及其保护对策[M]. 北京: 科学出版社, 1994.
- [58] 马克平. 试论生物多样性的概念[J]. 生物多样性, 1993. 1(1): 2-22.
- [59] 李中明. 论生物多样性发展史研究的现状及意义[J]. 生物多样性. 1994, 2 (3): 169-172.
- [60] 王丰年, 论生物多样性减少的原因[J]. 清华大学学报, 2003. 18 (6): 49-54.
- [61] 边疆等. 生物多样性保护[J]. 黑龙江环境通报, 2003. 27 (1): 58-60.
- [62] 罗昌文, 葛继稳等. 生物多样性保护—全球关注的热点问题[J]. 湖北林业科技, 1994, (3): 32-38.
- [63] 马克平. 生物群落多样性的测度方法 I a 多样性的测度方法(上)[J]. 生物多样性. 1994, 2 (3): 162-168.
- [64] Holling CS. Resilience and stability of ecological systems [J]. Ann. Rev. Ecol. Syst. 1973, 4: 1—23.
- [65] Pimm SL. The complexity and stability of ecosystems [J]. Nature, 1984, 307: 3221—3226.
- [66] Sennhauser EB. The concept of stability in connection with the gallery forest Of the Chaco region [J]. Vegetation, 1991, 94: 1 — 13.
- [67] 刘红梅, 蒋菊生. 生物多样性研究进展[J]. 热带农业科学, 2001, (6): 69-83.
- [68] Wenk G, Antanaitis V, Smelko S. Waldertragslehre. Berlin: Deutscher Landwirtschaftsverlag Berlin, 1990, 189—203.
- [69] Bailey R I, Dell T R . Quantifying diameter distribution with weibull function [J]. For Sci, 1973, 19(1): 97—10.
- [70] 李德志, 秦艾丽, 王奎等. 天然次生林群落中主要树木种群直径分布规律的研究[J]. 吉林林学院学报. 1994. 10 (2): 85-88.

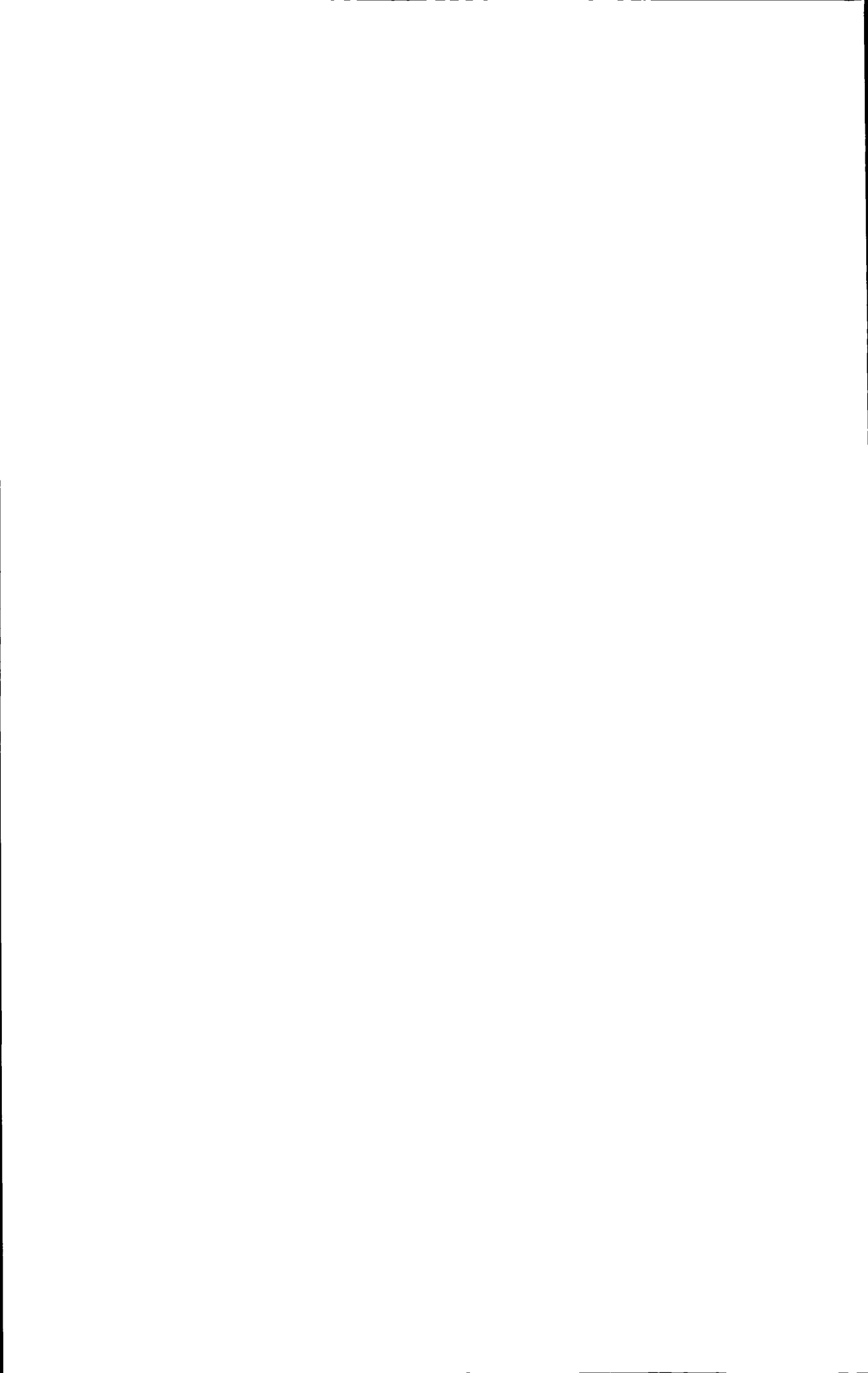
- [71] 张建国, 段爱国, 童书振. 林分直径结构模拟与预测研究概述[J]. 林业科学研究. 2004.17(6): 787-795.
- [72] 王秀云, 黄建松, 程光明, 花利忠. 用 Weibull 分布拟合刺槐林分直径结构的研究[J]. 林业勘察设计(福建). 2004. (2): 1-3.
- [73] 方精云, 营诚. 利用 weibull 分布函数预测林木的直径分布[J]. 北京林业大学学报, 1987, 9(3):261-269.
- [74] 成子纯, 陈礼, 曾思齐等. 马尾松经营体系模拟系统, 中国林业出版社. 1991.
- [75] Little, S.N. Weibull diameter distributions for mixed stands of Western conifers[J]. Can. For. Res, 1983, 13: 85—88.
- [76] 张惠光. 杉木人工林直径分布模型[J]. 福建林学院学报. 2004.24(4):335-339.
- [77] Weibull 分布函数在林分直径结构预测模型中的应用研究[J]. 北华大学学报. 2003.4 (2): 101-103.
- [78] 吴承祯, 洪伟, 谢金寿等. 珍稀濒危植物长苞铁杉种群生命表分析[J]. 应用生态学报. 2000, 11(3): 333-336.
- [79] 吴明作, 刘玉萃. 栓皮栋种群数量动态的谱分析与稳定性[J]. 生态学杂志. 2000, 19(4):23-26.
- [80] 李先琨, 向悟生, 唐润琴. 濒危植物元宝山冷杉种群生命表分析[J]. 热带亚热带植物学报. 2002.10(1):9-14.
- [81] 毕晓丽, 洪伟, 吴承祯等. 黄山松种群统计分析[J]. 林业科学. 2002.38(1):61-67.
- [82] 周纪伦, 郑师章等. 植物种群生态学[M]. 高等教育出版社. 北京:1993, 96-115.
- [83] 王伯荪, 李鸣光, 彭少麟. 植物种群学[M]. 广州:广东高等教育出版社. 1995.
- [84] Brodie C, Howle G, Fortin M J. Development of a *Populus balsamifera* clone in subarctic Quebec reconstructed from spatial analyses. J Ecol, 1995, 83:309-320.
- [85] 徐期瑚. 湖南阳明山自然保护区木本植物区系研究[D]. 长沙: 中南林学院. 2003.
- [86] 马友平. 日本落叶松人工林林分结构与生长量预测研究[D]. 北京: 北京林业大学. 2007.
- [87] 吕康梅. 长白山过伐林区云冷杉针阔混交林最优林分结构和最优生长动态的研究[D]. 北京:北京林业大学. 2006
- [88] 西泽正久. 1979. Estimation methods of stand composition by Plotless Sampling. IUFRO, 222-230.
- [89] 毛竹混交林结构及其伴生树种选择研究[D]. 福州: 福建农林大学. 2004
- [90] Latham P A, Zuuring H R, Cobel D W. A method for quantifying vertical forest

- structure[J].Forest Ecology and Management. 1998, 104:157-170.
- [91] 赵云萍, 刘玉安, 李广祥, 孙淑艳.长白山林区复层异龄林垂直结构的研究[J].吉林林学院学报.1995.11(2): 105-108.
- [92] 潭一凡.南方红豆杉种子后熟生理的研究[J].中南林学院学报.1991, 11(2): 200-206.
- [93] 俞美星, 扬胜利.浙江省仙居县南方红豆杉自然分布情况与人工繁殖技术探讨[J].华东森林经营, 2002, 16(1):17-18.
- [94] 郑天水.红豆杉资源保护及可持续利用对策[J].林业经济.2006.9: 54-57.
- [95] 王新功.珍稀濒危植物南方红豆杉种群数量特征的研究[D].福州:福建农林大学.2003
- [96] 谢再成, 谢龙明.武华山南方红豆杉资源分布现状及利用对策[J].中国林副特产.2007.88(3): 69-70.
- [97] 陈振峰, 张成文, 寇玉锋, 崔树玉.我国红豆杉资源及可持续利用对策[J].世界科学技术——中药现代化.2002.4(1):40-45.
- [98] 康用权, 李轩, 陈迎辉, 王玲等.红豆杉资源现状及可持续利用对策探讨[J].湖南林业科技.2006.33(3):90-92.
- [99] 李炳凯.皖南丘岗地区火炬松林分结构调控技术的研究[D].南京:南京林业大学.2006
- [100] 吴彦, 刘庆.我国红豆杉资源现状和紫杉醇产业化对策[J].长江流域资源与环境, 2002, 11(6).
- [101] 包维楷, 陈庆恒.中国的红豆杉资源及其开发研究现状与发展对策[J].自然资源学报,1998,1013(4).
- [102] 高兆蔚.南方红豆杉人工林经营目标与模式的研究[J].福建林业科技.2004.31(增1):42-44.

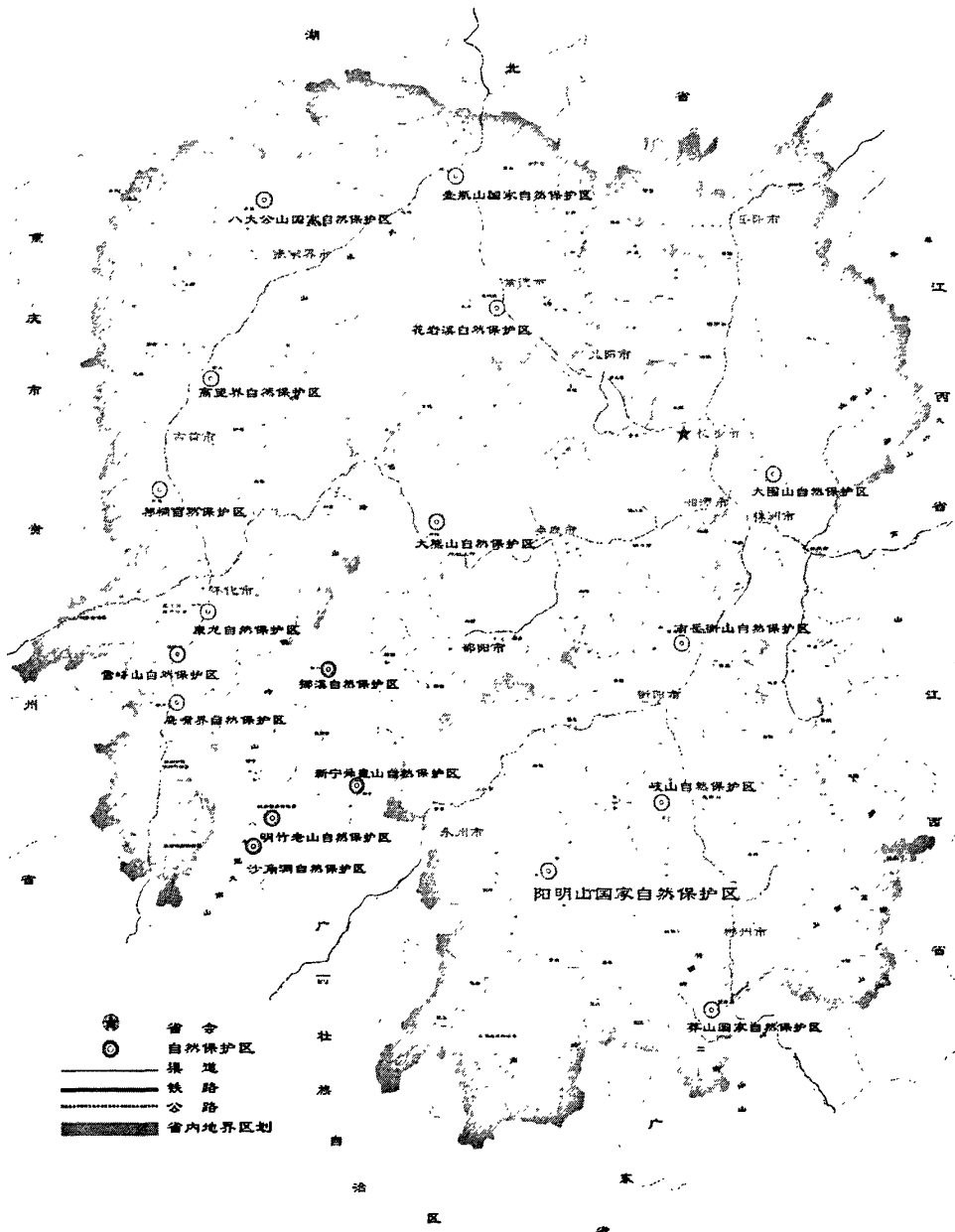


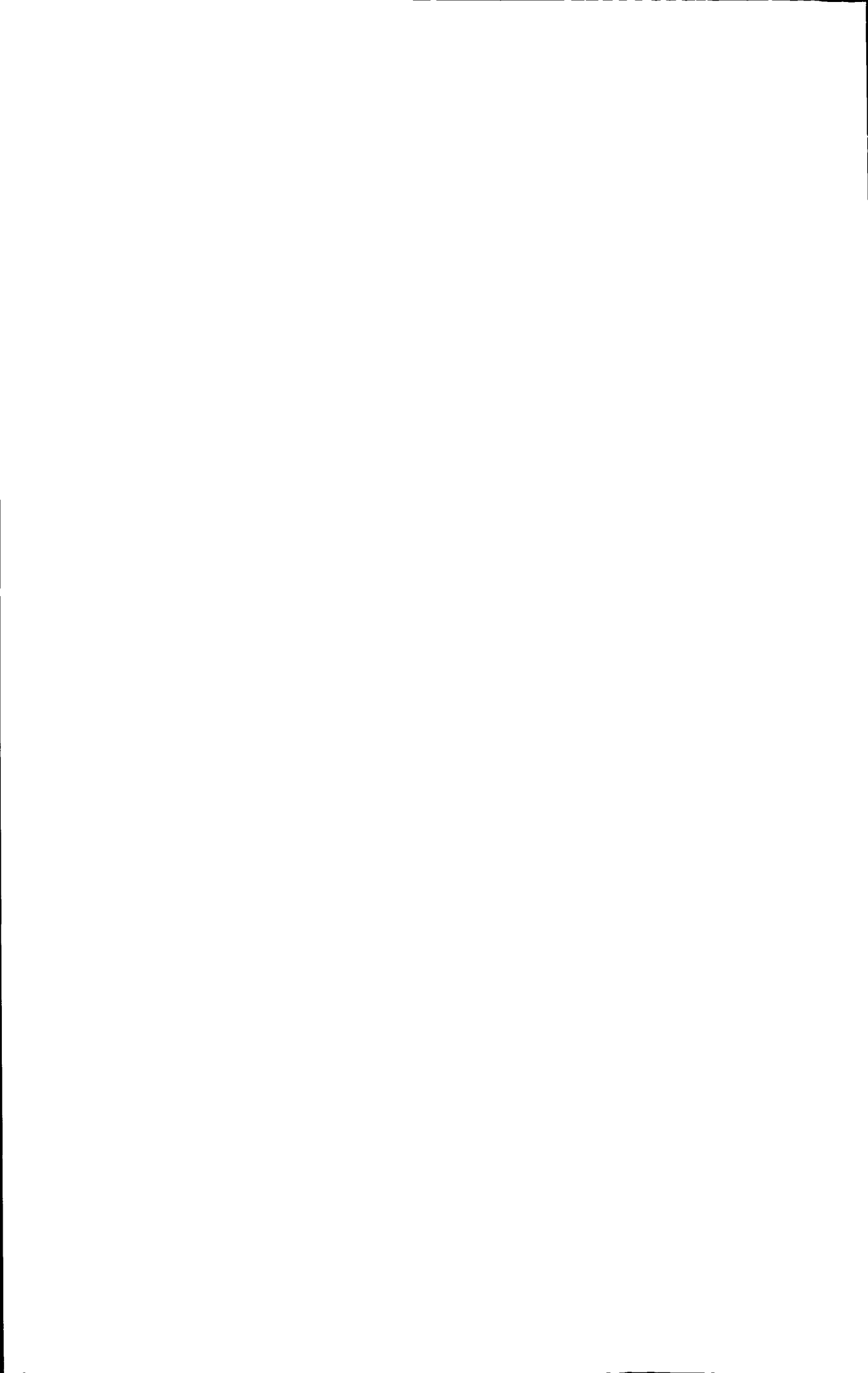
附录 A 湖南阳明山自然保护区南方红豆杉资源分布图





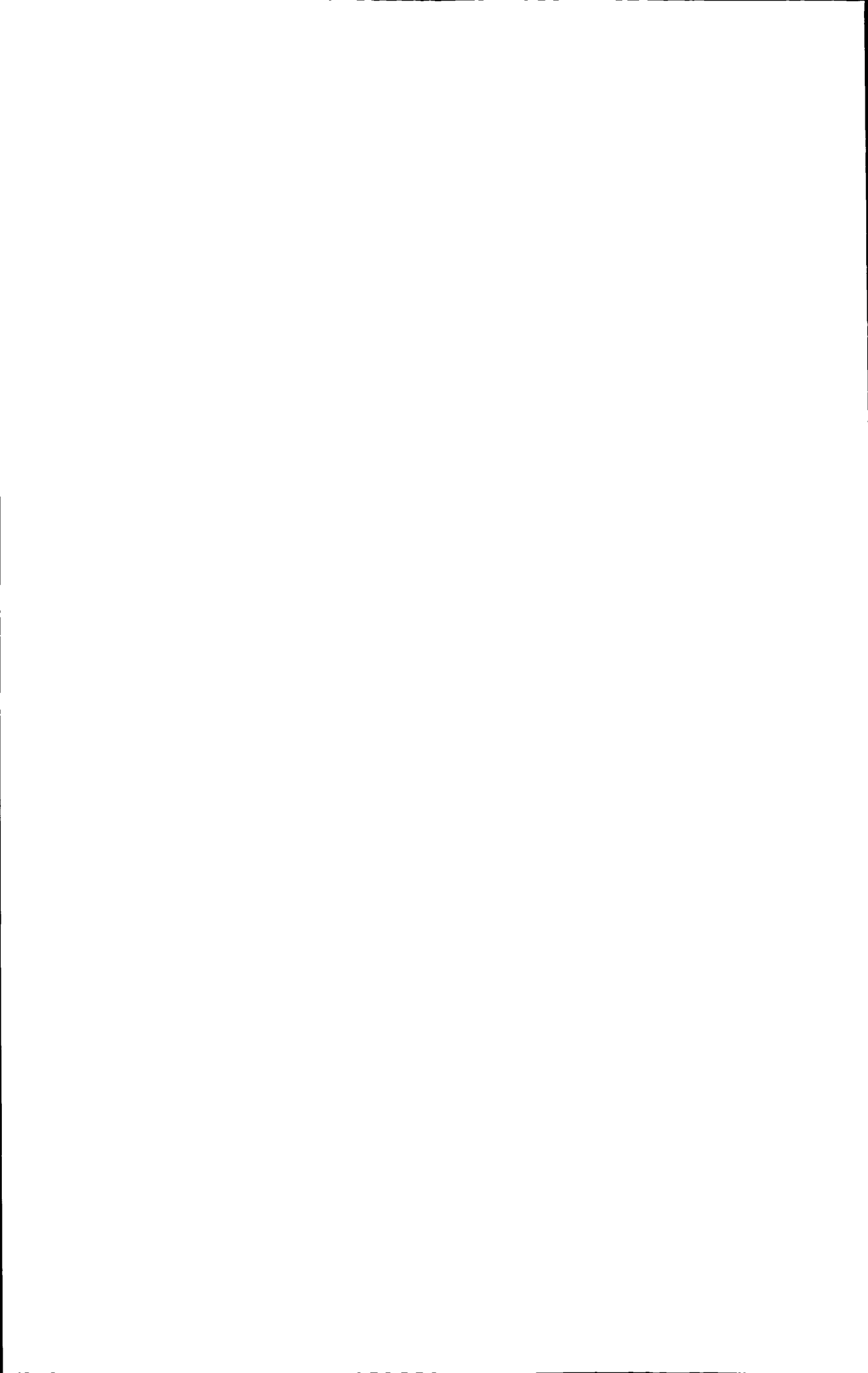
附录 B 湖南南方红豆杉自然保护区分布图





湖南南方红豆杉自然保护区统计表 (2003)

编号	保护区名称	经纬度	行政区域	保护对象	总面积
18101001	湖南八大公山国家级自然保护区	109°41'45"—110°09'50"E 29°39'18"—29°49'48"N	桑植县	南方红豆杉,伯乐树,珙桐,黄腹角雉,白颈长尾雉.华南虎,豹,云豹等	23200
18101002	湖南壶瓶山国家级自然保护区	110°29'—110°59'E 29°50'—30°09'N	石门县	珙桐、光叶珙桐、红豆杉、钟萼木、银杏、华南虎、豹、云豹、金雕、黑鹿、野猪	66568
18101003	湖南莽山国家级自然保护区	112°43'19"—113°0'10"E 24°53'0"—25°3'12"N	宜章县	南方红豆杉,伯乐树,莼菜,莽山烙铁头蛇,黄腹角雉.华南虎,云豹等	19833
18201004	湖南大围山自然保护区	114°4'—114°12'E 28°23'—28°27'N	浏阳市	南方红豆杉,伯乐树,白颈长尾雉,豹,云豹等	5220
18201011	湖南阳明山自然保护区	111°50'59"—111°58'47"E 26°01'06"—26°09'13"N	双牌县	林麝、白颈长尾雉、南方红豆杉、黄杉、兰花	12795
18201013	湖南南岳衡山自然保护区	112°34'28"—112°45'36"E 27°12'10"—27°19'40"N	南岳区	绒毛皂荚,南方红豆杉,伯乐树,黄腹角雉,白颈长尾雉,等	11991.6
18201015	湖南新宁舜皇山自然保护区	110°55'—111°2'E 26°21'—28'N	新宁县	红豆杉、伯乐、香果资源冷杉	3533
18201017	湖南康龙自然保护区		中方县	南方红豆杉、伯乐树、银杏、云豹、穿山甲、红腹角雉、大灵猫、大鲵、虎纹蛙	6667
18201021	湖南花岩溪自然保护区	112°25' E 28°45' N	鼎城区	南方红豆杉,伯乐树,银杏,资源冷杉,豹等	4032
18201024	湖南鹰嘴界自然保护区		会同县	南方红豆杉、银杏、榉木、楠木、苏铁、水杉、穗花杉、白颈长尾雉、云豹、穿山甲、大鲵、金猫	16193
18201028	湖南高望界自然保护区	109°48'09"—110°13'40"E 28°35'52"—28°45'30"N	古丈县	红豆杉、伯乐树、锦鸡等国家重点保护动植物	20002
18401001	湖南明竹老山自然保护区	110°50'E 26°16'N	城步县	红豆杉、竹节人参	667
18401007	湖南沙角洞自然保护区	110°40'E 26°30'N	城步县	银杉、红豆杉	500
18401009	湖南挪溪白自然保护区	110°08'—110°18'E 26°56'—27°10'N	洞口县	红豆杉、榉木、银杏梭罗	29800



18401033	湖南岐山自然保护区		衡南县	榉木、银杏、南方红豆杉、闽楠	1826
18401034	湖南雪峰山自然保护区		洪江市	南方红豆杉、银杏、榉木、楠木、苏铁、水杉、穗花杉、云豹、穿山甲、大鲵、金猫	12000
18401039	湖南大熊山自然保护区	111°14'—111°22'E 38°4'—38°30'N	新化县	银杏、南方红豆杉、大鲵、云豹。	7623
18401066	湖南都桐自然保护区		凤凰县	红豆杉等珍稀乡土树种	174.04



附录 C 攻读学位期间的主要学术成果

参加项目课题

序号	项目名称	起讫时间	本人承担任务	进展情况
1	长沙市富景园小区的规划设计及后期投标	2006.4—2006.10	规划设计与文本制作	完成
2	湖北省黄冈市纸浆材基地遥感图像处理及蕲春县现有马尾松杨树信息提取	2006.07—2006.10	参加	完成
3	广东郁南同乐大山自然保护区总体规划	2006.09—2007.01	参加	完成
4	江西省景德镇枫树山林场森林经营方案的编制	2007.06—2007.12	参加	完成
5	湘潭市君晖房地产公司现代农业示范园总体规划与园林景观设计	2007.7—2007.11	规划设计与文本制作	完成
6	长沙望城县乌山森林公园总体规划与园林景观设计的一部分详细景观规划	2007.7—2007.11	规划设计与文本制作	完成
7	湘潭环保局园林景观绿化设计	2007.9—2007.10	规划设计与文本制作	完成
8	湖南省科技厅重点支持项目“基于 3S 技术的可持续城市结构形态理论研究”	2007.11	规划设计	进行中

发表论文

序号	作者排序	论文题目	期刊名称	发表时间
1	第一作者	湖南阳明山自然保护区南方红豆杉林分结构研究	湖南林业科技	2008.2 期
2	第三作者	发展有中国特色的屋顶绿化	现代农业科学	2008.5 期
3	第五作者	基于 3S 技术的土地利用景观格局研究——以湖北省蕲春县为例	森林工程	2008.2 期



致 谢

本论文是在导师唐代生副教授的悉心指导下完成的。从最初的选题、提纲拟定、方案设计、技术路线制定、内容修改，直至论文的最后完成，每一步都倾注了导师大量的心血！导师执着的敬业精神、严谨的治学态度以及崇高的为人风范，将使我终生受益，同时也激励我今后在科学研究的道路上不断进取和创新！

感谢阳明山自然保护区的所有职工，特别是屈斌斌局长、唐国清、郑新民工程师，他们在数据的前期收集给予了许多宝贵意见，在此诚挚谢意！

感谢中南林业科技大学森林经理学的各位老师，特别是黄山如、吕勇、石军南等教授，他们对林业的敬业精神和诲人不倦的育人精神深深感染了我，将激励着我为祖国的林业事业奋斗。

感谢中南林业科技大学研究生部和资源与环境学院的培养，感谢森林经理学科 2005 级同学三年来如兄弟姐妹般的关怀和帮助，研究生生涯将带给我美好的回忆。

感谢唐毅、唐坤银、胡青素、周国强等师弟师妹为项目顺利完成做出的努力，感谢他们为论文文字校正和修改提出了宝贵意见。

感谢我的亲人三年来给予我物质和精神上的帮助和无微不至的关怀！他们给予我极大的关心、支持、督促和鼓励，使我安心学习和研究，他们是我奋发向上、顽强拼搏的动力之源！

感谢所有关心、支持和帮助过我的老师、朋友、同学！

作者：聂文

2008年6月于中南林业科技大学

