

## 云南松纯林近自然化改造的探讨

蔡年辉<sup>1</sup>, 李根前<sup>1\*</sup>, 陆元昌<sup>2</sup>

(1. 西南林学院 资源学院, 云南 昆明 650224; 2. 中国林业科学院, 北京 100091)

**摘要:**长期以来,云南松的纯林经营使得生物多样性降低、林分稳定性变差、遗传品质退化、林分生产力下降,从而导致生态系统功能衰退。针对这些实际情况,本文依据国内外研究成果对云南松纯林近自然化改造的技术和理论进行了探讨,为恢复云南松群落的生态功能和经济功能提供依据。

**关键词:**云南松;纯林;近自然化改造;复层异龄林;目标树控育

**中图分类号:**S756 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-7461(2006)04-0085-04

Discuss on the Approaching - nature Forestry Management of *Pinus yunnanensis* Pure Forests

CAI Nian-hui<sup>1</sup>, LI Gen-qian<sup>1</sup>, LU Yuan-chang<sup>2</sup>

(1. Faculty of Resources, Southwest Forestry College, Kunming, Yunnan 650224, China;

2. Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091, China)

**Abstract:** The long-term pure forests of *Pinus yunnanensis* management lead to bio-diversity decrease, diseases and insect pests damage, genetic degradation, and productivity decline. According to the domestic and overseas experience, the technology and theory of approaching-nature forest management of the pure forests are discussed in the paper, to provide gist for restoring the ecological function and economic benefit of the community.

**Key words:** *Pinus yunnanensis*; pure forests; nature-approximating modification; uneven aged mixed tiered forest; controlled culture of target tree

云南松(*Pinus yunnanensis*)是云南省的主要森林植被类型之一,占全省林地面积的52%、占有林地蓄积的32%<sup>[1]</sup>,在国土保安和林产品生产中占有举足轻重的地位。但是,云南松80%为纯林,生物多样性低、林分稳定性差、遗传品质退化、林分生产力下降。上述纯林问题在林业发达国家也遇到过,主要表现为病虫害危害日益加剧、林分产量下降、地力衰退和生物多样性严重减少<sup>[2~4]</sup>。针对纯林(尤其是针叶纯林)问题,各国相继提出了适合于自己实际情况的育林制度及相应的技术措施。德国等欧洲国家在“接近自然的林业”思想指导下,对云杉、冷杉和松树纯林进行近自然化改造使其形成复层异龄混交林,并通过目标树控育法引进和培育珍贵树种(如山毛榉),不仅使生态功能得到明显改善,而且提高了经营者的经济收入。美国在“森林生态系统管理”理论的指导下,大力营造异龄混交林,以改良

土壤和改善生物多样性。我国南方对杉木纯林的近自然化改造试验也证明,这种育林制度不仅能够解决纯林的生态问题,而且可以节约大量的经费。本文试图以云南松为对象来探讨纯林近自然化改造问题,期望通过利用天然更新和人工促进天然更新,使之形成接近自然组成、结构、功能和生态学过程的异龄针阔混交林,以实现林产品(尤其是木材)的永续生产和森林生态功能的持续发挥。

### 1 纯林近自然化改造概述

#### 1.1 近自然林业的含义及其成就

勃洛克和马耶认为“接近自然的林业”并不是回归到天然的森林类型,而是尽可能使林分建立、抚育、采伐的方式同潜在的天然森林植被的自然关系相接近;要使林分能够进行接近生态的自发生产,达到森林生物群落的动态平衡,并在人工辅助下使天

收稿日期:2005-11-03 修回日期:2006-01-12

基金项目:国家林业局“天然林保护工程重点技术研究及试验示范”项目及云南省中青年学术和技术带头人后备人才基金项目(2005py01-20)

作者简介:蔡年辉(1975-),男,江西崇仁人,森林培育硕士生。

\* 通讯作者:李根前。

然物质得到复苏<sup>[5]</sup>。近自然化改造就是在“接近自然的林业”思想指导下,根据该地区潜在的植被,充分利用森林发生发展的自然规律,推行择伐作业以及天然更新和人工促进天然更新,使同龄纯林逐步过渡为接近天然的复层异龄混交林。

德国在云杉纯林改造方面已经取得了成功的经验,如托特莫斯林业局采用团状择伐作业,砍去达到采伐年龄的林木或清除不良木,使主要树种在不同的光照下更新,已经形成小面积能够恒续发展的异龄混交林。同时,在混交林中引入山毛榉,带来显著的经济效益。自该局实行接近自然的林业经营原则后,林木轮伐期延长、抚育量和人工造林减少、天然更新增加,成本相应降低。更重要的是,由于天然更新和成熟林木的顺利过渡,森林形成了良好的异龄混交结构,达到了林业经营的稳定性和经济性<sup>[6]</sup>。

### 1.2 近自然林业的经营目标

近自然林业的经营目标是建立复层异龄混交林或恒续林,即通过实施一系列的育林措施(如择伐及团状伐、推行天然更新和人工促进天然更新等),同时将人为的干扰降低到最小、并且不影响森林的结构和景观<sup>[7]</sup>,使同龄纯林逐步过渡为接近天然的复层异龄混交林。目前,德国等国家正在按照“接近自然的林业”原则,建立“目标树定向培育”技术和理论,因地制宜建立异龄混交结构的恒续林经营体系,使林分不仅能够持续的生产木材,而且使林地一直处于林冠覆盖之下。

## 2 云南松的纯林问题

云南松林大都是在原有常绿阔叶林破坏后的各种迹地上依靠天然更新或人工更新发展起来的次生林,其中纯林占了80%以上,同时人工造林也以云南松纯林占绝对优势<sup>[1]</sup>。云南松纯林存在一系列的问题,主要表现为遗传品质退化、生物多样性降低、林分生产力下降等。

### 2.1 遗传品质退化

云南松长期以来的“拔大毛”采伐方式,使优良母树不断减少。同时,由于人为的破坏和频繁的火灾,导致云南松的生境日趋恶化,出现了适应这种生态条件的劣种——地盘松和扭松<sup>[8]</sup>。而云南松的天然更新能力强<sup>[9]</sup>,结果使云南松的遗传品质退化。另一方面,在造林时由于对林木良种工作重视不够,导致造林所用种子的质量得不到保证,从而也使云南松的遗传品质下降。

### 2.2 生物多样性下降

云南松天然更新能力强,喜光但耐干旱、瘠薄,在不断的人为干扰和较差的立地条件下具有很强的

竞争能力,可形成优势种群并排斥其它树种侵入。同时,由于云南松林密度大,致使林冠下的植被极不发达。根据调查,云南松天然林内物种丰富度明显高于纯林,其科、属、种的数量分别为纯林的111%、145%、200%。

### 2.3 地力衰退

根据调查,云南松纯林内枯落物90%以上是松针。由于针叶含有单宁、蜡质和树脂等难分解的有机物,不易分解和掺合,从而延缓了养分的吸收与循环。其次,松针的分解以酸性菌为主,土壤有机质分解矿质化导致土壤溶液趋向酸化,形成贫瘠的酸性土壤,使土壤肥力逐渐减退<sup>[8]</sup>。此外,云南松通常采用的皆伐、全树利用和炼山作业,不仅从林地内移走大量养分,而且使大量有机质毁于火烧。

### 2.4 林分生产力下降

根据调查,云南松天然林内扭曲、弯曲个体占1%左右,而人工纯林内则超过了15%。由于个体扭曲、弯曲导致林分的出材率减小,从而使林分的生产力下降。同时,云南松的纯林连栽也会导致生产力下降。Keeves(1966)研究认为,辐射松第二代则在85%的土地上生产力平均下降25%<sup>[10]</sup>。我国人工纯林连栽生产力下降最为突出的是杉木,根据中国科学院沈阳应用生态研究所的测定结果,第2代杉木胸径、树高和立木蓄积分别比同龄第1代杉木低14%、11%和32%。此外,马尾松、杨树、桉树、落叶松和华山松都有连栽生产力下降的报道<sup>[11-13]</sup>。

### 2.5 林地生态系统自调节能力下降

人工纯林由于缺乏复杂的食物网结构,天敌少,而使森林生态系统十分脆弱、易于遭受病虫害攻击。根据统计,云南纯松常见的害虫有松毛虫、松梢螟、松梢卷叶蛾等30多种,其中以松毛虫危害最为普遍和严重。其次,针叶纯林的枯落物主要是松针,因为松针中含有蜡质和油脂,极易引起火灾<sup>[14]</sup>。因此,缓解和克服云南松纯林问题应着眼于调整生态系统结构、改善物种组成,以保持群落的稳定性和长期生产力。

## 3 云南松纯林近自然化改造的依据

### 3.1 演替规律

虽说群落的形成是一个艰难的长期自然选择过程,但稳定平衡还是演替的必然结果<sup>[15]</sup>。根据单元顶极学说<sup>[16]</sup>,云南松分布在亚热带,其地带性植被是亚热带常绿阔叶林。但就目前而言,云南松林却处于相对稳定的状态,其主要原因是土壤贫瘠,加之人活动频繁,使常绿阔叶林成长困难,而使云南松的更新得以保持下去<sup>[1]</sup>。因此,通过减少人为干扰,

并充分利用天然更新和人工促进天然更新,可加速云南松群落的演替进程。另一方面,云南松群落的演替也符合多元演替顶极学说<sup>[16]</sup>,即在不同的地形部位,云南松群落的演替方向有所不同。根据对云南松天然林的调查,从山坡上部到山坡下部,物种的组成越来越丰富,群落类型由云南松的单优群落向常绿阔叶林转变。以更新层树种的重要值来判断,山坡上部将会演替成为滇油杉的单优群落;山坡中部将演替成以滇油杉为主、黄毛青冈为亚优势树种的针阔混交林;山坡下部将演替成为以黄毛青冈为主,滇青冈、高山栲为伴生树种的常绿阔叶林。

### 3.2 林窗更新

根据森林更新的流动镶嵌体学说,林分更新总是先发生在林窗。云南松是强阳性树种且天然更新能力强,当林窗出现后,由于光照条件改善,云南松就会很快更新起来。随着时间的推移,林分郁闭度增加、光照强度减弱,云南松难以在其林下更新,耐荫性的树种开始更新起来。但是,由于生境异质性和树种的生物学特性的差异,这些树种通常呈斑块状镶嵌分布。根据种群个体分布格局测定,云南松群落再演替的主要树种滇油杉、黄毛青冈、滇青冈均呈集团分布。因此,随着演替进展,这些斑块之间可以不断交换位置,从而形成流动镶嵌体系,在更大的空间尺度上保证了群落的稳定性。

## 4 纯林近自然化改造的途径与方法

针对不同的林分起源和类型,应该采取不同对策实施近自然化改造。对于原始林,应该尽量采取择伐和天然更新的方法,使林相不发生很大改变,并力图保持景观多样性、物种多样性和遗传多样性;对于次生林,应引导森林朝着进展演替的方向发展,增加多样性、提高稳定性;对人工林,应着手实现林分内的树种混交以及树种的斑块镶嵌,增加景观多样性,避免大面积纯林集中连片<sup>[17]</sup>。在我国,杉木已经进行了有益的探讨,并取得了显著成效<sup>[4]</sup>。

### 4.1 纯林近自然化改造的途径

借鉴国外以及我国杉木的经验,云南松的纯林近自然化改造总体上可以从两种途径着手,即人工营造近自然混交林或将现有的林分改造为近自然的混交林。人工全面营造适合于经济价值和生态价值高,但难以形成共优群落的树种,其具体操作可分为两步。首先,根据树种间的关系确定造林模式,通过人工干扰调节种间关系,进行人工营造混交林。然后,逐步过渡到由天然更新或半天然更新方式重建其近自然混交林。改造可分为两种情况,一是从天然林角度经营近自然混交林,通过团状采伐、择伐创

造林窗,再以人工补植的方式促进其形成可持续经营、林分结构合理、立木结构良好的近自然混交林;二是从半天然林的角度经营近自然混交林,即对自然更新强的半天然混交林,由于自然更新的混交树种的幼苗、幼树数量已经达到营造近自然混交林的基本要求,可采用疏伐的方式促进这些幼苗、幼树的生长,就有可能以低成本方式营造高生态、社会及经济效益的近自然混交林。

### 4.2 纯林近自然化改造的方法

关于云南松纯林近自然化改造的方法,可以借鉴杉木的经验,主要包括以下几种方法<sup>[4]</sup>:(1)保育式造林法,即改变传统的造林方式、不炼山,有利于增加幼苗、幼树的种类和数量;造林稀植时,以利于阔叶树侵入。(2)保育式疏伐法,即通过疏伐一些上层木,人为的创造林窗(大小一般为树高的1~2倍),同时保留一些林下的植物和灌木,为混交树种的天然更新创造条件。(3)无主伐乔木作业方式,该法的理论基础是择伐,其优势在于总经营面积能保持高经济价值大径材生产的可持续性。择伐方法可采用单株分散采伐成熟木,也可呈小群状采伐。在采伐过程中,还应注意及时清理病腐木和虫害木,伐后林分郁闭度在0.4以上。此外,也可以采用带状采伐法,即对林分进行带状采伐,并进行人工促进更新形成带状混交林。

## 5 云南松近自然化改造的关键问题

### 5.1 目标树单木控育参数

5.1.1 目标林相 云南松纯林的近自然化改造拟采用目标树单木控育体系,其目标林相为针阔复层异龄混交林。但是,由于地理位置及其生态条件不同,因此不同地区混交的阔叶树种有所差异:滇西北、滇中、滇东北地区可选用旱冬瓜、菠萝桉、石栎、榿栎;滇东南着重于红木荷、西南桦;贫瘠的山地可选用毛青冈、麻栎、栓皮栎<sup>[1,18]</sup>。其次,在同一地区,由于山坡不同部位的立地条件不同,云南松与阔叶树混交的比例和树种也有所差别。具体的说,在山坡上部以云南松为主,云南松与阔叶树混交比例为9:1~8:2(或者是云南松纯林),可选择麻栎、栓皮栎作为混交树种;山坡中部云南松或滇油杉与阔叶树混交比例为6:4~5:5,可选择旱冬瓜、蒙自栲木作为混交树种;山坡下部云南松与阔叶树混交比例为2:8(或者是纯阔叶林),阔叶树可选择黄毛青冈、高山栲。

5.1.2 目标树及目标直径 在目标树单木定向控育体系中,将所有的林木四类:(1)用材目标树,是主林层中需要长期保留、完成天然下种更新并达到

目标直径后才利用的优良林木;(2)生态目标树,为增加乡土树种混交比例、提高林分结构或生物多样性等目标服务的林木(尤其是针叶林中的阔叶树);(3)干扰树,影响1、2类目标树生长的、需要在近期或下一个检查期择伐利用的林木;(4)一般林木,近期内不影响目标树生长可以保留并发挥作用的林木。但是,不同的云南松林分其目标树的选择标准不同,在同龄的云南松人工林内,林冠整齐、单一,应该选择林冠上层长势好、形质优良的云南松做目标树;在云南松天然林内,树种多、垂直结构复杂,应该选择长势好、形质优良的云南松、滇油杉、栎类为目标树。同时,目标树不仅要选择林冠层的大树,而且要选一些林冠下层的小树,这样能保证群落动态的形成及林分的持续利用。目标树确定后,主要的问题就是目标直径的大小。根据加工要求和云南松的生长特点<sup>[1]</sup>,将云南松的目标直径暂定为40 cm。

**5.1.3 目标树的密度** 目标树的生长需要一定的空间,密度过大会影响目标树的生长,密度过小又难以充分发挥林地生产力。因此,根据目标树要尽量均匀的分布在林分内的原则以及直径和树冠的关系,求出目标树占地面积,据此确定其密度。德国松树每公顷保留200株目标树<sup>[19]</sup>,马尾松纯林培育大径材的目标树的密度为每公顷400~450株为宜<sup>[20,21]</sup>。根据云南松直径和树冠面积的关系<sup>[22]</sup>,当其目标直径为40 cm时,可求出云南松的理论树冠面积为54.53 m<sup>2</sup>。所以,每公顷保留的云南松目标树为200株左右。

## 5.2 采伐技术要素

**5.2.1 采伐方式** 纯林改造的采伐方式主要采用群状采伐和单株择伐作业。群状采伐的范围不能过大,在英国不超过0.25 hm<sup>2</sup>,在德国伐块直径控制在树高1倍范围内<sup>[7]</sup>,云南松在30°以下的缓坡可采用小面积(2~3 hm<sup>2</sup>)的块状皆伐<sup>[23]</sup>;单株采伐是砍去影响目标树生长的林木(干扰树),不妨碍目标树生长的则保留用作辅佐木(一般林木)并覆盖地面。通过采伐创造林窗,然后利用天然更新或人工更新形成针阔混交林。

**5.2.2 采伐对象** 采伐对象是影响目标树生长的干扰树,或达到目标直径的目标树<sup>[24]</sup>。但是,这是一个动态过程,有些林木在这一检查期不是干扰树可以保留下来,而在下一个检查期就可能成为干扰树必须予以采伐。同时,在目标树的定向培育过程中,不断地采伐次优势木,从而使林分越来越越好。

**5.2.3 采伐强度与间隔期** 试验表明,云南松采伐间隔期在20 a以前,以3~5 a为宜,20 a后每隔5 a进行一次<sup>[25]</sup>;采伐的强度要根据林分的密度来确

定,即随时间、空间的变化,综合考虑初植密度、立地条件、交通、经济条件等因子来确定合理的保留株数。第一次的采伐强度不得超过50%<sup>[26]</sup>,林分的郁闭度保持在0.4~0.6之间比较合适。

## 6 小结

综上所述,开展纯林近自然化改造是实施云南松可持续经营的有效途径。以用材目标树做为经营利用对象和更新种源,不仅可以获得较高的经济效益,而且能够不断地改善林分遗传结构,使林分逐步进入越采越好的状态;通过团状采伐或单株择伐创造林窗,利用天然更新、引进阔叶树种及保留生态目标树,可以增加森林生物多样性、有利于形成复层异龄混交结构,从而维持林地生产力以及整个森林生态系统的稳定性;通过定期和不定期的森林采育更新,形成目标树和干扰树垂直结构的动态体系,从而使森林不断地有木材生产以及使林地持续地处于植被覆盖之下。基于这一指导思想,根据已有的研究成果和作者的调查资料,对云南松纯林近自然化改造的技术参数进行了有益的探讨,希望为下一步的工作提供理论和技术依据。其具体作业过程包括了五个连续的步骤,即确定目标林相、进行林木分类标记(明确保留对象和采伐对象等)、计算采伐技术参数及实施采伐、人工引进阔叶树种、对改造效果进行经济和生态评价,最终形成云南松纯林近自然化改造的配套技术。

## 参考文献:

- [1] 云南森林编写委员会. 云南森林[M]. 昆明: 云南科技出版社/中国林业出版社, 1986.
- [2] 徐德应, 张小全. 森林生态系统管理科学—21世纪森林科学的核心[J]. 世界林业研究, 1998, (2): 1-7.
- [3] 盛炜彤. 我国人工用材林发展中的生态问题及治理对策[J]. 世界林业研究, 1995, 8(2): 51-55.
- [4] 林思祖, 黄世国. 论中国南方近自然混交林营造[J]. 世界林业研究, 2001, 14(2): 73-78.
- [5] 邵青还. 第二次林业革命——“接近自然的林业”在中欧兴起[J]. 世界林业研究, 1991, 4(4): 8-14.
- [6] 邵还青. 德国异龄混交林恒续经营的经验和技巧[J]. 世界林业研究, 1994, 7(3): 62-66.
- [7] 盛炜彤. 恒被林及其育林体系[J]. 世界林业研究, 2001, 14(3): 18-22.
- [8] 罗天浩, 李文政. 云南松纯林生态效益的初步调查[J]. 云南林学院学报, 1983, 13(1): 76-81.
- [9] 云南松主伐方式与更新方法的调研研究组[J]. 云南松天然更新调查报告. 云南林业科技通讯, 1974, (1): 1-13.
- [10] Julian Evans. Long-term productivity of forest plantation in 1990[J]. LUFRO, 19th Word Congress, 1990, (1): 165-180.

- VIPER microinjections in the management of hemlock woolly adelgid [J]. *Journal of Arboriculture*, 2003, 29(6): 327-330.
- [9] 李刚, 冯俊涛, 陈安良, 等. 一种树干自流式注药器[P]. 中国专利号: ZL97203236. 3. 1998-09-02.
- [10] 戴建昌, 张兴. 杀虫剂在木本植物体内传导理论研究进展[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2001, 29(4): 128-134.
- [11] 周嘉熹, 王通会, 王琬. 黄斑星天牛幼虫期化学防治方法研究[J]. 森林病虫通讯, 1986, (4): 22-24.
- [12] 周家华. 柑桔树干注药防治红蜘蛛试验[J]. 中国柑桔, 1993, 22(4): 29.
- [13] 罗都强, 陈安良, 冯俊涛, 等. “注干液剂”的概念及实践[J]. 农药, 2001, 40(4): 16-18.
- [14] 李刚, 冯俊涛, 陈安良, 等. 一种树木注干剂[P]. 中国专利号: ZL99111357. 8. 中国农药登记公告, 2000-02-02.
- [15] 30% 敌畏·氧乐注干液剂(天牛敌)[P]. 中国农药登记号: LS 991064. 中国农药登记公告, 1999-05-12.
- [16] Renate M M, Reckmann U, Fuhr F. Xylem transport of the pesticide imidacloprid in citrus [J]. *Acta Horticulture*, 2000, 531: 129-134.
- [17] Reardon R C, Barrett L J, Kperber T W, et al. Implantation and injection of systemic to suppress seed and cneinsects in Douglas fir in Montana[J]. *CanEntomol*, 1985, 117(8): 961-969.
- [18] Dedek W, Pape J. Integrated pest control in forest management combined use of pheromones and insecticides for attracting and killing the bark beetle *Ips typographus*. Studies with  $^{32}\text{P}$  labelled Methamidophos in the ascending sap of spruce [J]. *Forest Ecology and Management*, 1988, 26(1): 47-61.
- [19] Rediske J K, Gauditz J, Johnson N E. Distribution of dimethoate  $^{32}\text{P}$  in fir, following stem injection [J]. *ForSci*, 1970, 15: 106-112.
- [20] 杨牡丹. 氧化乐果在板栗中输导规律的研究[J]. 西南林学院学报, 1993, 13(2): 127-137.
- [21] 夏民州, 唐进根, 朱正昌, 等. 甲胺磷等农药在树干内输导动态及防治试验[J]. 森林病虫通讯, 1993, (4): 31-33.
- [22] 吴春笃, 王光亮, 沈林生. 久效磷在悬铃木植株体内动态分布的研究[J]. 农业工程学报, 1994, 10(4): 96-101.
- [23] 唐桦. 六磷胺在树干内的输导动态及其对光肩星天牛的不育效应[J]. 陕西师范大学学报(自然科学版), 1996, 24(2): 72-76.
- [24] 朱正昌, 闵水发. 氧化乐果在小钻杨中的输导动态[J]. 浙江林学院学报, 1991, 8(1): 80-84.
- [25] 戴建昌. 杀虫剂在木本植物体内的传导机理及应用研究[D]. 福建福州: 福建农林科技大学, 2001.
- [26] Dedek W, Grahl R, Mothes B, et al. Studien zum abbau und zur ausscheidung von  $^{32}\text{P}$ -mehtamidophos nachoraler application am lak tienden rind[J]. *Arch Exper Vet Med (Leipzig)*, 1986, 40: 621-626.
- [27] 唐光辉. 30% 敌畏·氧乐注干液剂对木本植物的药害机理及药效研究[D]. 陕西杨凌: 西北农林科技大学, 2001.
- [28] 贺红. 树干注药杀虫机理及防治技术研究[D]. 陕西杨凌: 西北农林科技大学, 1998.
- [29] 仲哲译. 植物体内农业化学品的解毒和活化[J]. 农药译丛, 1995, 17(4): 41-52, 58.
- [30] Getzin L W, Doters F G. Translocation, distribution and metabolism of phorate in Douglas fir[J]. *For. Sci.*, 1977, 23(3): 355-360.
- [31] Sclar D C. Evaluation of new systemic insecticides for elm insect pest control[J]. *J. Environ Hort*, 1996, 14(1): 22-26.
- [32] 许志春, 田海燕, 陈学英, 等. 吡虫啉在杨树中持留量的动态变化研究[J]. 北京林业大学学报, 2004, 26(1): 62-65.

(上接第 88 页)

- [11] 陈楚莹, 汪思龙. 人工混交林生态学[M]. 北京: 科学出版社, 2004.
- [12] 彭少麟. 鼎湖山人工马尾松第 1 代与自然更新代生长动态比较[J]. 应用生态学报, 1995, 6(1): 11-13.
- [13] 杨承栋. 人工林地力衰退研究[A]. 森林与土壤(第六次全国森林土壤学术讨论会论文选编)[C]. 北京: 中国科学技术出版社, 1996, 1-8.
- [14] 李景文. 森林生态学[M]. 北京: 中国林业出版社, 1992.
- [15] 郑师章, 吴千红, 王海波, 等. 普通生态学——原理、方法和应用[M]. 上海: 复旦大学出版社, 1994.
- [16] 姜汉桥, 段昌群, 杨树华, 等. 植物生态学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2004.
- [17] 徐化成. 人工林与天然林的比较评价[J]. 世界林业研究, 1991, 4(3): 50-55.
- [18] 彭鉴. 云南松群落类型的研究[J]. 云南林业科技, 1992, (1): 16-21.
- [19] 马爱国. 目标经营——介绍一种森林经营方法[J]. 世界林业研究, 1992, 5(3): 50-55.
- [20] 叶世坚. 马尾松大径材资源接续问题的讨论[J]. 华东森林经理, 1999, 13(3): 41-44.
- [21] 程仲辉. 马尾松人工纯林分改造问题的探讨[J]. 福建林业科技, 1997, 24(2): 69-71.
- [22] 杨再强, 谢以萍. 云南松天然林最适保留密度的探讨[J]. 四川林业科技, 1998, 19(2): 70-72.
- [23] 徐学良. 贵州云南松天然林更新的初步研究[J]. 林业科学, 1965, 10(2): 123-131.
- [24] 林天喜, 徐炳芳, 戚继忠, 等. 欧洲近自然的森林经营理论与模式[J]. 吉林林业科技, 2003, 32(1): 76-78.
- [25] 云南锡业公司, 省林科所. 云南松人工林间伐抚育实验研究(阶段)报告[J]. 云南林业科技通讯, 1974(2): 1-6.
- [26] 曾龄英, 尹嘉庆. 云南江边林区云南松更新调查研究[J]. 林业科学, 1966, 11(1): 23-28.