

文章编号: 1008-2786-(2009)2-0149-08

# 人工林生态采运研究进展

周新年<sup>1</sup>, 巫志龙<sup>1</sup>, 罗积长<sup>2</sup>, 张正雄<sup>1</sup>, 郑丽凤<sup>1</sup>, 胡喜生<sup>1</sup>

(1. 福建农林大学, 福建 福州 350002 2. 福建省建瓯市林业局, 福建 建瓯 353100)

**摘 要:** 针对如何推动人工林可持续经营, 扼要归纳国内外在人工林生态采运理论及其相关技术的研究与应用现状, 分析其存在问题, 提出进一步探索适合我国人工林生态采运理论和作业技术的对策, 展望我国今后人工林生态采运研究的前景。

**关键词:** 人工林生态采运; 研究进展; 存在问题; 对策; 前景

**中图分类号:** S782; S718.5

**文献标识码:** A

森林生态采运是保证生态过程正常进行健康的森林经营管理方式, 与森林保护的目的一致<sup>[1]</sup>。在保持生态平衡的前提下, 加速推进以采伐天然林向采伐人工林转变, 是林业发展战略的重大转变, 既是维护生态安全的需要, 也是解决木材供需矛盾的需要, 对以生态建设为主的林业跨越式发展具有重要意义。人工林主要分布于山地丘陵地域, 山地人工林生态采运要考虑木材生产和山区生态环境建设、水源涵养与河流水源保护等。人工林采运作业作为从森林培育到木材利用的一个重要工序, 对林业可持续发展起着关键性作用, 必须慎重选择采运作业方式。

传统的人工林采伐作业都是采用皆伐方式进行, 其优点在于无需选择采伐木, 集材方便, 林地清理及更新便捷。但皆伐对林地土壤、水分循环、河流、野生动物和自然景观等将产生显著影响。从生态学的角度出发, 采伐应受到约束, 其环境约束可通过调整经营方式来加以保证<sup>[2,3]</sup>。因此, 对人工林进行合理的采伐利用, 是完全可行的, 是符合人工林生产经营理论的, 也是符合《森林法》等有关法律和法规的。只要加强采伐监督管理, 及时完成迹地更

新造林, 就能达到青山常在、持续利用的良好局面。如何合理采伐利用, 已成为人工林经营中的重要研究课题。

## 1 人工林生态采运研究意义

随着国家林业产业政策的调整, 天然林保护工程的全面启动与实施, 木材生产将主要依靠人工林(我国人工林面积接近世界人工林的 1/3)主伐。森林按其用途可分为 2 大类, 即生态林和商品林。现存的天然林大多被国家列为生态林, 禁止采伐, 人工林中除少数列为生态林外, 大部分为商品林。针对人工纯林导致的尖锐矛盾, 南方各地开展乡土阔叶树与针叶树的混交造林, 由于人工阔叶混交林的资源条件不同于天然林和人工纯林, 人工林木材径级小(大多数为胸径 24 cm 以下的中小径材), 传统的天然林和人工纯林采运作业技术已不适应人工针阔混交林, 针对以发挥生态效益为主要目的的人工林林区(如水源涵养林)应实行择伐<sup>[1,4]</sup>。

人工林按轮伐期长短分为短轮伐期人工用材林和一般人工林。由于轮伐期缩短, 在一定的年限里,

收稿日期 (Received date): 2008-09-10

基金项目 (Foundation item): 福建省自然科学基金资助项目 (2008J0327); 福建省科技厅科学基金资助项目 (2007N0002 2006F5006 2007F5010); 福建省林业厅科学基金资助项目 (闽林科 [2006]7 号第 14 项)。 [Supported by the Natural Science Foundation of Fujian Province (No. 2008J0327), the Science Fundation of Science Technology of Fujian Province (No. 2007N0002 No. 2006F5006 2007F5010), the Science Fundation of Forestry Committee of Fujian Province (Forestry Science of Fujian [2006] No. 7 No. 14). ]

作者简介 (Biography): 周新年 (1951-), 男, 教授, 博士生导师, 主要从事生态采运、工程索道和森林经理等研究。 [Zhou Xinian, male professor, supervisor of Ph.D. student in forest ecological harvesting, engineering cableway and forest management et al.]

短轮伐期人工林经营作业(包括采伐、清杂、炼山、整地和幼林抚育等)的次数比一般人工林多,所以对林地生态环境的干扰影响较大。人工林大多采取集约经营,树种比较单一,林地地表植被少,枯枝落叶层一般较薄,乔木和灌木枯落物及枯草贮量较少,群落种类较少,景观多样性和异质性较差,不利于保护生物多样性。人为干扰强度大,使人工林生态系统中有机质和营养元素遭受较大破坏,从而导致土壤肥力明显下降。因此,针对不同立地条件和作业特点,从经济、生态和社会效益出发,研究不同采运作业方式对森林生态环境、经济和社会效益的影响,为探索适合我国山地人工林资源的生态采运作业系统,进一步完善我国的生态采运理论,研究人工林生态采运作业技术,这对合理利用南方山地森林资源,充分发挥森林三大效益具有重要的现实意义和科学的理论指导意义。

## 2 人工林生态采运研究现状

### 2.1 国外研究现状

国外有关采伐作业对森林环境影响的研究,主要集中在机械和作业方法对生态的影响,以及考虑生态的林道网建设研究。人工林采伐的养分损失,远远超过因土壤矿化和降雨补充的养分,尤其是轮伐期短的林木。随着木材利用工艺水平的提高,一些国家掀起了全树利用,大大提高木材利用率,却导致土壤养分的大量消耗。Kimm ins<sup>[5]</sup>以全树收获时养分损失,对林木生产力的影响进行评估发现,完全收获比只收获商品树干的林地, N、P、Fe、Ca的移走率分别提高 86% ~ 280%, 54% ~ 364%, 14% ~ 236%, 15% ~ 199%。炼山使采伐剩余物突然释放大量的能量,使大量有机 C 和营养元素移出迹地生态系统。Johnston<sup>[6]</sup>认为,炼山影响着土壤化学变化和立地植被再生,燃烧土层越深, pH 值变化越大, 10 a 后矿化土层 pH 值回到燃烧前的水平,虽然 N 在所有矿化层中增加,但碱性 N 在有机土中降低 50%。Kim *et al*<sup>[7]</sup>开发的木材运输与资源分析系统,可用于木材用户定位木材剩余物的来源,分析其运输成本是否具有经济合理性,并将木材剩余物与其他燃料的利用成本进行比较;Axel *et al*<sup>[8]</sup>使用动态规划方法以林道修建工程费、更新费、集材和养护费、集材时间、贴现率和集材量为变量,建立最优道路等级模型,并用于英国 Harlow 岛上林道网

的研究。

新西兰的人工林经营以辐射松为主,近 50 年来,森林采伐量逐年增加,年均递增率在 5% 以上,且基本上由人工林提供。人工林间伐一般是每隔 5 行伐 1 行,然后利用伐木机对两侧间伐作业。林木采伐全部采用小片皆伐的方式进行,便于机械化作业。采伐在保护生态的前提下完全按公司的意愿进行,伐后的迹地,由公司自行运作,政府不干涉<sup>[9]</sup>。

### 2.2 国内研究现状

关于人工林生态采运作业技术的研究,多数只研究采集作业段,已有的试验分析研究都是针对特定地区的特定林分而言的。南方林区多属山地丘陵,地形较为破碎,坡长较短,且集材多能逼近伐区,采集作业多采用小型轻便的设备,人工林手工作业还占有相当的比例,采集方式对林地的干扰也相对较小,故易被人忽略。采集方式对林地影响的研究,只有少数的报道<sup>[10]</sup>。近年来,国内有关人工林采伐作业对森林生态环境影响研究,大致可分为以下 3 个方面。

#### 2.2.1 人工林采运对林地土壤的影响

人工林经营作业对林地土壤的干扰影响主要表现在以下几方面<sup>[11, 12, 13-16]</sup>: ① 收获不可避免地要导致立地养分在一定程度上减少。主要是收获物损失,养分保持机制被破坏而流失,以及焚烧采伐剩余物引起损失等。② 轮伐期缩短对地力维持影响很大。这是因为:幼林边材和心材比值大,随林龄增加,其比值减少。树冠中树叶和树枝比率则均随林龄增大而下降,而树干比率则随林龄增大而增大。由于边材和树冠的营养元素含量分别比心材和树干的大,这样由于轮伐期缩短,采伐时每单位木材取走的营养元素数量则大量增加;其次,短轮伐期实施,采伐整地干扰频率增加,将会造成根系对表层土壤水分和养分的强烈吸收,导致某些营养元素的缺乏;再次,轮伐期缩短,意味着人工林通过凋落物形式归还土壤数量很少的养分变得更少,因此轮伐期的缩短将导致立地养分大量损失。③ 在林木采集过程中,土壤被压实,土壤结构遭不同程度破坏,土壤密度增加,土壤孔隙度和水分渗透率下降,集材道及附近迹地容易发生地表径流,有些地带土壤生产力遭到彻底破坏。④ 采伐后全面劈草炼山,使大量采伐剩余物突然释放能量,大量有机 C 和营养元素以各种形式移出迹地生态系统。炼山虽然对土壤肥力有短期激(溢)肥效应,对人工林幼树生长有促进作

用,但随后由于人工林幼林地发生较为严重水肥流失,土壤肥力急剧下降,人工林连年生长量亦随之下降,炼山对人工林幼林生长促进作用是短暂的。因此,全面炼山持续时间虽短,但其对林地肥力的影响是长期的。⑤不合理整地方式常导致人工林幼林地发生较严重的水土流失,不合理的幼林抚育方式(包括抚育时间和方法)亦加大水土流失。张正雄等<sup>[17]</sup>对杉阔混交人工林伐区汽车运材作业前后林地土壤理化性质变化进行了试验研究和定量分析。结果表明:运材后除土壤密度和结构体破坏率指标增大外,其余土壤理化性质指标均下降,表层土壤 0~20 cm 受影响程度较底层土壤 20~40 cm 大。

### 2.2.2 人工林采运对植被更新的影响

森林植被在防止林地水土流失中起到至关重要的作用。皆伐后林地内所有的乔木、大部分灌木及草本植物都荡然无存,这对采伐迹地的水土保持是不利的。王秉术<sup>[18]</sup>通过对落叶松人工林下层植被演替的定位研究表明:随着林龄的增加,林分郁闭度加大,原次生林下的草本植物在种类、盖度、高度和多度上相对减少,而阴性杂草增加;当落叶松人工林实行皆伐作业后,阳性杂草又随之大量侵入。林下植被演替的这一特点,营造落叶松人工林后应及时进行间伐透光,为草本植物的生长发育创造有利条件,有利于土壤改良和水土保持。张合平等<sup>[19]</sup>从杉木人工林科学经营和自然资源管理保护出发,根据定位研究和群落样地调查结果,分析和比较杉木人工林不同采伐方式迹地上更新群落的组成结构和数量特征。皆伐和间伐后物种多样性指数高;皆伐 8 a 后迹地群落与皆伐 2 a 后群落相似性较小,而与间伐 8 a 后群落相似性较大。张正雄等<sup>[20]</sup>通过对皆伐作业前后杉阔混交人工林林地植被变化的调查分析,皆伐后一部分植物消失(衰退种)、一部分植物增加(侵入种),但优势植物基本保留下来(保留种),这主要是由于迹地清理方式采用沿等高线带堆法的缘故。皆伐后灌木层种数减少,草本层种数增加,且皆伐对灌木层植物的干扰影响比草本层的大。王成等<sup>[21]</sup>通过在人工林内带状间伐,开拓天然更新效应带,分析赤松在不同试验地内的天然更新种群的结构与生长状况,更新种群个体数量按年龄分布的曲线呈偏态分布,峰值偏左,7 a 生苗木达到最高。改善林地内的光照条件,带状采伐有利于促进赤松天然更新和幼苗生长。董希斌等<sup>[22]</sup>在黑龙江省带岭林业局和铁力林业局落叶松人工林采伐迹

地上,采用现场调查和数据分析的方法,落叶松人工林在作业后,保留木损伤率不随采伐强度、林分密度的增加而增加,且伐木损伤率、集材损伤率呈现先增加后降低的相似态势。

### 2.2.3 人工林伐区三大效益分析研究

森林采伐是获得直接经济效益的主要手段。马建伟等<sup>[23]</sup>以营造的 29 a 日本落叶松人工林的 4 次抚育间伐利用和获得的木材经济效益为依据,计算得出:在小陇山林区的立地和气候条件下,营造日本落叶松人工林效益巨大,29 a 林分 4 次抚育间伐及保留林木的木材效益达到 89 500.30 元 /hm<sup>2</sup>,利润 52 301.78 元 /hm<sup>2</sup>。以造林投入为基数,依产值计算,投入产出比为 1:73.32;依利润计算,投入产出比为 1:38.84。木材年纯收益达到 1 803.51 元 /hm<sup>2</sup>。付俊卿等<sup>[24]</sup>从集材距离、集材时间和趟载量 3 个方面,对不同采伐方式下,落叶松人工林畜力集材的效率进行比较研究。结果表明:无论采用皆伐还是采用择伐,随着集材时间和集材距离的增加,集材效率均降低。在皆伐伐区,趟载量与集材效率的关系不明显;在择伐伐区,集材效率随着趟载量的增加而降低。对于平缓坡的落叶松人工林,皆伐伐区的畜力集材生产率要优于择伐伐区畜力集材生产率。张正雄等<sup>[25]</sup>通过对我国南方人工林伐区常用 8 种采集运作业模式的三大效益分析与评价,结果表明:油锯采伐手扶拖拉机集材船运木材为最优作业模式,油锯采伐索道集材农用车运材为次优作业模式,建议采伐方式宜选油锯皆伐,国有林业企事单位应提倡选用架空索道集材,集体林区当集材距离 < 1 km 时,应选用手板车集材,否则选手扶拖拉机集材。邹礼光<sup>[26]</sup>对杉木人工林不同采伐方式的生态、社会和经济及其综合效益进行分析,结果表明:经济效益方面,皆伐最高,其它依次为 70% 择伐、50% 择伐、30% 择伐;生态效益方面,70% 择伐最高,皆伐最小;社会效益方面,50% 择伐最高,皆伐最小。综合效益以 70% 强度择伐最大,其它依次为 50% 择伐、皆伐、30% 择伐。并建议杉木林主伐采用强度为 70% 择伐方式进行。董希斌等<sup>[27]</sup>以落叶松人工林采用 4 种不同的采集作业模式,综合考虑作业成本、作业效率、保留木损伤和土壤干扰,以及木材损耗 5 个指标,定量计算平缓坡和陡坡条件下不同采集作业模式的综合效益。结果表明:择伐一畜力集材作业模式是该类型伐区最适宜的作业模式。周新年等<sup>[28]</sup>对南方人工林伐区的常用 4 种木材运输作业

模式进行综合效益分析与评价。建议在有水路运输条件的伐区,应优先选船运木材或排运木材;在无水路运输条件的伐区,则应优先选农用车运材。邱荣祖等<sup>[29]</sup>应用模糊数学评价法,对5种木材物流模式进行综合评价,结果表明,“索道集材+汽车运材”物流模式最优。康文星等<sup>[30]</sup>用“等效益相关替代法”着重对林木采伐后,水源涵养、固土保肥和改良土壤等多种效益损失进行计量评价,杉木林水源涵养效益损失849元/( $\text{hm}^2 \cdot \text{a}$ )。固土保肥效益损失504元/( $\text{hm}^2 \cdot \text{a}$ ),改良土壤效益损失102元/( $\text{hm}^2 \cdot \text{a}$ ),共计损失1455元/( $\text{hm}^2 \cdot \text{a}$ )。对杉木林采伐后的净化环境效能损失进行评价和分析,杉木林采伐后,净化大气环境效能损失的价值高达20327元/( $\text{hm}^2 \cdot \text{a}$ )。

### 3 人工林生态采运存在问题

#### 3.1 林地地力衰退,生产力下降

在山地人工林区采用不恰当的采伐方式和工艺设备已造成严重土壤侵蚀和水患。人工林多代连栽,引起杉木、桉树、杨树及落叶松人工林地力衰退,生产力下降,尤以杉木林为最。地力衰退还与下列因素有关:一是由于针叶树种的固有特性,在营养元素循环上存在一定的薄弱环节;二是与栽培措施有关,采取皆伐作业、炼山、全垦整地和不合理的林地管理等引起有机质大量消耗和严重的水土流失,造成大量的营养元素从生态系统中输出;三是与栽培周期有关,短轮伐期人工林,林下植被未能充分发育,林地积累的养分少,参与生态系统循环养分数量有限,营养元素归还与吸收比值低,随着林地栽杉次数的增加,土壤养分亏缺日益严重<sup>[31]</sup>。山地林区,由于山高坡陡,地形复杂,集材过程中往往忽视对生态环境的保护,使林区地表受到严重破坏,造成水土流失严重,恢复困难。现有的大型集材机械,价格昂贵,功能比较单一,生产效率低,成本高,很难发挥其在山地林区作业的优势。

#### 3.2 经营方式不当,结构不合理

森林采伐更新导致的生态系统简化最明显的例子是大面积森林皆伐后,更新起人工用材林<sup>[32]</sup>。人工林生态采运作业粗放或措施不当,造成物质输入输出失衡,用地与养地失调,这在南方林区尤为明显,群落结构简单的人工林缺乏自肥能力,维护地力能力差。由于强调密植,中幼林郁闭度过大又不能

及时间伐,影响林木生长和林地营养元素的生物循环;不合理地沿用过去的栽培制度和经营模式,如大面积“炼山”,全垦整地,纯林连栽,纯林集中连片,树种单一和针叶化,使杉木人工林生态系统的脆弱性更为突出,导致林地生态环境的恶化和病虫害的蔓延,以及森林火灾的发生概率增大。从森林资源总体看,单一树种(如杉木)比重过大,木材供需平衡问题、造林地的选择问题(不适地适树)、生态环境和林分的抗性问题、植被层多样性低,等等。

#### 3.3 采伐制度片面,政策不合理

长期以来,人们往往着眼于木材生产,没有充分考虑到森林效益的多元化,在选择伐区作业方式时,大多只强调提高生产率和经济效益,忽视了采伐作业对森林生态环境的影响,盲目采伐,造成了生态环境的严重破坏<sup>[33]</sup>。以往把采、集、运三者作为一个系统,从经济、生态和社会效益3个方面系统地研究人工林生态采运作业技术很少;另一方面,由于国家启动天然林保护工程,在“两林三划分”中,将一些可直接利用的人工用材林划分为重点公益林,停止了经营管理、采伐利用。该林分如不及时进行定量间伐和主伐利用,将因自然稀疏、病虫害等因素,使其产量下降。同时,因没有进行及时抚育而死亡的树木,将造成很大的经济损失。这部分林木在造林、种苗、抚育管理、林政防火和营林公路投入上,只有投入没有产出。如果继续停止经营利用,不但增加管理投入,而且使该得到抚育的林分得不到抚育,对林木生长不利。林业相关部门对私有人工林的采伐在如何正确处理保护与发展、采伐与栽植,生态效益与经济效益的关系,综合社会经济发展水平和财政承受能力方面认识不足,对私有人工林过长时间的限制采伐,致使抚育间伐等正常的生产活动不能如期进行。部分林农只有投入没有产出,负债累累,严重挫伤林农造林积极性。此外,生态公益林和商品林的范围界定不合理,未能制定合理的采伐政策,无法很好地实现林木经营者有利可图,群众植树造林的积极性受挫。

### 4 人工林生态采运研究对策

#### 4.1 改革传统经营措施,降低对林地干扰强度

对传统的人工林采伐和营林措施进行相应改革,以降低对林地干扰强度。首先,合理确定采伐方式。对陡坡和江河两岸一重山(特别是江河上游

的)常绿阔叶林应尽量予以保护, 并采用择伐作业进行更新; 皆伐作业应严格控制在一定的面积范围内, 若条件许可, 应采用全悬索道原木集材, 以减少集材过程对林地生态环境的破坏。对面积较大的阔叶林皆伐迹地, 必须每隔一定距离保留一定面积的采伐迹地, 尽量采用不炼山, 而把剩余物散铺或带状堆腐, 人工促进天然更新方法恢复常绿阔叶林和人工营造混交林。尽量避免采用规格较高的整地方式(如全垦等), 特别是在坡度较大的地区, 宜用小穴整地。其次, 提倡稀植(初植密度应低)制度。特别是当前小径材销路有限, 间伐材生产成本较高时更应提倡稀植。这样, 可避免因种种原因不能及时间伐, 避免杉木人工林幼林因密度过大导致其对地上和地下营养空间争夺, 从而缩短杉木的速生期持续时间及降低其生长量; 可降低因间伐而增加养分净输出; 对促进林下植被生长作用明显, 有益于林分结构多样性的形成。第三, 幼林抚育保证及时郁闭。尽量采用不全面除草松土或扩穴连带, 而只在杉木种植穴周围除去对杉木生长有负面影响的杂草和灌木, 对杉木生长无不利影响的杂灌应尽量予以保留; 若幼林地杂草过于繁茂, 则应选择适当的除草剂, 及时抑制杂灌草对杉木幼树生长的不利影响。第四, 实施环境可行的低干扰采运技术和设备。在林区道路、采运作业、采运机械和工艺等方面采用先进和适用的技术。

#### 4.2 采用合理更新措施, 增加林分物种多样性

生态系统结构复杂性和物种多样性程度直接影响该系统的稳定性与功能发挥。要加大间伐强度, 降低人工林的密度, 促进形成乔灌草结合的人工群落; 造林中保留一些空旷地, 在一定程度上能增加物种、生态系统和景观多样性, 且能为野生动物提供栖息场所等; 在立地条件中等的采伐迹地上营造杉木林时, 可套种绿肥, 以增加地表盖度; 营造针(杉)阔混交人工林时, 应以枯枝落叶量大(特别是中幼龄阶段)、细根量较多或深根性(如马尾松)为主, 且杉木与阔叶树混交方式宜采用带状(3~5行杉木与1~2行阔叶树)或小块状镶嵌混交为宜; 杉木多代连栽林地, 采用与常绿阔叶树轮作方法; 立地条件较好坡度较小的采伐迹地或近成熟的杉木林, 各地可根据不同传统习惯选择合适的杉农复合经营模式; 杉木多代萌芽林或低产林分可采用留杉栽阔(针)模式; 在阔叶林采伐迹地上采用栽杉留阔模式; 对林分改造型人工林应采取皆伐改造、带状改造和林冠下

造林; 对抚育改造型人工林应根据林分密度、林木生长和林内卫生状况, 针对不同树种与不同林龄阶段的林分, 确定抚育间伐种类、方法、选木原则及间伐强度, 有部分人工纯林划分在公益林内, 急需国家政策调整, 方可实施改造; 在适地适树前提下, 应用各种生物技术及良种选育和推广, 开展联合攻关。这些措施不但能增加群落结构复杂性与生态系统及物种多样性, 同时亦能改善土壤肥力, 促进杉木生长。

#### 4.3 施行宏观调控政策, 完善人工林采伐制度

采取森林采伐规范和激励措施, 施行宏观调控政策, 加强林业可持续发展意识, 进一步深化林权制度改革, 适时地调整人工林采伐的政策规定。如: 对现有人工林进行统一规划, 分别不同地域、立地等级、栽杉代数和林分生育阶段, 从长远的林地利用出发, 造林更新时要考虑到下一茬(轮)的林地利用方式和应采取的栽培模式和营林措施; 速生丰产林的发展条件(包括造林面积、造林地的地位指数、树种搭配、培育年限、营林措施及造林密度等)要有适当控制, 以免造成新的地力衰退; 对私有林的人工林的采伐管理上, 在从严核定采伐限额的前提下, 在限额指标内对采伐许可证的发放应适当放宽, 坚持管而不死, 活而不乱, 持续利用, 促进发展的原则, 如对需要清除的病虫木和灾害木应及时发证; 对符合去弯留直、去密留稀、去次留精等技术操作规程的抚育间伐, 应及时核发间伐指标; 坚持先栽后采和多栽少采的原则, 伐树先栽树, 对栽植成活一定数量的幼树, 允许采伐一些成材树等; 本着减轻农民负担, 促进农民增收的精神, 简化办证手续, 降低办证费用的原则, 应该用制度和政策确保林木经营者在获得生态和社会效益的同时, 能获取良好的经济效益, 如改革育林基金征收办法, 进一步明确和细化征收标准, 对栽植成活达到规定标准申请采伐的农户, 以补代收, 直接补给农户, 对先采后栽的可收取押金, 2 a内栽植成活达不到规定标准的, 所收押金不再退补, 调剂补偿给其他造林户; 允许林农生产的木材进入市场, 参与流通, 发挥木材的商品功能; 为巩固天然林保护工程成果, 合理利用人工商品林资源, 开展天保区人工商品林采伐试点, 林权所有者权利才能得到保障。这样才能真正调动群众持久造林的积极性。

## 5 人工林生态采运研究前景

### 5.1 人工生态林择伐与更新技术的系列研究

以发挥生态效益为主要目的的人工林林区(如水

源涵养林)应实行择伐。按照林业可持续发展要求,今后考虑生态的人工林择伐及更新作业技术系列研究,应改变“以空间代时间”的传统研究方法,通过建立固定样地进行长期跟踪研究,尤其是考虑生态的人工林择伐及更新作业技术的研究。应以原生针阔混交林为模式,将人工针阔混交林与其进行结构特征比较,按自然干扰原理与经营目标,确定择伐木、择伐周期及伐后空间格局,研究人工针阔混交林择伐机理;以森林生态采伐学为指导,进行不同强度不同方式择伐作业试验,观察林地主要生态因子变化,研究不同的择伐作业方式对人工林林地生态环境以及植被恢复的影响;人工林择伐与生物多样性的维持及景观多样性的保护;人工生态林择伐生长动态仿真;考虑生态的择伐区生产工艺与新设备;人工林择伐空间结构分析与景观生态规划,建立林分择伐空间结构优化模型和择伐景观空间优化模型等。

## 5.2 人工商品林生态采运理论及其作业技术

人工商品林生态采运作业技术系列研究,应把采、集、运三者作为一个系统,从经济、生态和社会效益进行系统地分析研究。以森林生态采伐学为指导,开展不同资源条件、不同立地、不同集运材方式的皆伐和择伐作业实验,观察林地主要生态因子变化,研究其对人工商品林林地生态环境的影响与恢复;不同采集作业方式以及伐区形状、大小和配置(排列)形式对森林景观生态的影响;林分空间结构优化和景观生态采伐规划研究;常用采集运作业模式综合评价,作业模式选优;不同清理方式引起的水土流失及对更新苗木生长的影响,选择满足生态要求的伐区清理法;确定合理的采伐类型、采伐方式及采伐强度和采集运新工艺流程及作业设备;集运材作业技术和设备改进(J50系列集材机的改进与利用和轻型索道集运材等)<sup>[34]</sup>;研究采伐剩余物的收集技术、加工技术和加工设备,以提高伐区剩余物的综合利用率;从人体功效学、减少职业病发生的角度,合理选择采运生产新工艺与轻型采集作业设备;林权制度改革后的人工商品林生态采运技术等。

## 5.3 基于工业生态学的人工林采运模式研究

将工业生态学的原理应用到人工林生态采运系统中,分析工业生态学方法(包括工业代谢分析、生命周期评价、清洁生产、非物质化服务、环境材料和环境友好产品等)在人工林采伐系统研究中的适用性,建立较新型的人工林生态采伐原则和研究方法

体系;研究人工林生态采伐系统的物质、能量和信息流动模式,包括应用物质流理论分析林木、灌木、植被、林地水和土壤的循环结构,以及流动方向等;采用极值理论分析人工林不同采伐作业方式的能量流动模式;分析典型生态采伐系统的物质流、能量流和信息流的模式及其转换特性,尤其是不同采伐作业方式系统内部的能量流和信息流的关系;人工林生态采伐系统的全生命周期评价研究,包括按生命周期评价方法,分析基于整个生命周期的人工林从整地、植树、更新到抚育、间伐和主伐的全过程物质流;基于节省资源、节省能源、环境保护和劳动保护4个基本要求的人工林采伐周期中,各阶段的清洁化生产工艺系统的设计指南;建立人-机-环境协调,保证生态和环境效益的人工林采伐作业系统<sup>[35]</sup>。

## 参考文献 (References)

- [1] Zhou Xinnian, Zhang Zhengxiong Wu Zhibing et al. Progress in forest ecological logging [J]. *Journal of Fujian College of Forestry*, 2007, 27(2): 180~185 [周新年, 张正雄, 巫志龙, 等. 森林生态采运研究进展 [J]. 福建林学院学报, 2007, 27(2): 180~185]
- [2] Zhang Lan. Cutting generation and positioning cultivation for plantation forests [J]. *Forest Engineering*, 2001, 17(6): 21~22 [张兰. 论人工林采伐更新与定向培育 [J]. 森林工程, 2001, 17(6): 21~22]
- [3] Zhou Xinnian, Qi Rongzu, Zhang Zhengxiong et al. A review of eco-friendly wood logistics system research [J]. *Scientia Silvae Sinicae*, 2008, 44(4): 132~138 [周新年, 邱荣祖, 张正雄, 等. 环境友好型的木材物流系统研究进展 [J]. 林业科学, 2008, 44(4): 132~138]
- [4] Zhou Xinnian, Wu Zhilong, Zheng Lifeng et al. Research progress on forest selective cutting [J]. *Journal of Mountain Science*, 2007, 25(6): 629~636 [周新年, 巫志龙, 郑丽凤, 等. 森林择伐研究进展 [J]. 山地学报, 2007, 25(6): 629~636]
- [5] Kimmins J.P. Evaluation of consequence for future tree productivity of the loss of nutrients in whole-tree harvesting [J]. *Forest Ecology and Management*, 1997, (1): 169~183
- [6] Johnston M, Elliott J, Krause H. The effect of fire severity on ash, and plant and soil nutrient levels following experimental burning in a boreal mixed wood stand [J]. *Canadian Journal of Soil Science*, 1998, (178): 35~44
- [7] Kim Jensen, Janey M enard, Burton English. The wood transportation and resource analysis system (WTRANS): An analysis tool to assist wood residues producers and users [J]. *Forest Products Journal*, 2002, 52(5): 27
- [8] Axel E, John D, Robert G D. Determining optimal road class and road deactivation strategies using dynamic programming [J]. *Canadian Journal of Forest Research*, 2006, 36(6): 1509~1518
- [9] Liu Linfu. Forest sustainable management and development in New Zealand [J]. *Inner Mongolia Forestry Investigation and Design*,

- 2005, 28(1): 22~ 24[刘林福. 新西兰的森林可持续经营与发展 [J]. 内蒙古林业调查设计, 2005, 28(1): 22~ 24]
- [10] Guo Jiangang. Optimization Technique for Operation System of Mountain Forest[M]. Beijing: China Forestry Publishing House, 2002. [郭建钢. 山地森林作业系统优化技术 [M]. 北京: 中国林业出版社, 2002.]
- [11] Ma Xiangqing, Ye Shijian, Chen Shaoshuan. Effect of rotation on site productivity maintenance of Chinese fir plantation [J]. *Scientia Silvae Sinicae*, 2000, 36(6): 47~ 52[马祥庆, 叶世坚, 陈绍柱. 短轮伐期对杉木人工林地力维护的影响 [J]. 林业科学, 2000, 36(6): 47~ 52]
- [12] Zhang Zhengxiong Study on the technology of skidding operation of artificial forest in mountainous regions [J]. *Journal of Mountain Research*, 2002, 20(6): 761~ 764[张正雄. 山地人工林集材作业技术研究 [J]. 山地学报, 2002, 20(6): 761~ 764]
- [13] Zhang Zhengxiong, Zhou Xinnian, Chen Yufeng. Effect of different skidding ways on the trail soil of artificial forest cutting area [J]. *Journal of Mountain Science*, 2007, 25(2): 212~ 217[张正雄, 周新年, 陈玉凤. 人工林伐区不同集材方式对林地土壤理化性质的影响 [J]. 山地学报, 2007, 25(2): 212~ 217]
- [14] Wang Lihai Effects of slash disposal methods on the physical and chemical properties of soil on the harvested sites in northeast China [J]. *Scientia Silvae Sinicae*, 2002, 38(6): 87~ 92[王立海. 森林采伐迹地清理方式对迹地土壤理化性质的影响 [J]. 林业科学, 2002, 38(6): 87~ 92]
- [15] Wu Zhibing, Zhou Xinnian, Zheng Lifeng *et al.* Litter and soil nutrient content analysis of mixed plantation of coniferous and broad-leaf after selective cutting [J]. *Journal of Fujian College of Forestry*, 2007, 27(4): 318~ 321[巫志龙, 周新年, 郑丽凤, 等. 人工针阔混交林择伐后凋落物及土壤养分含量分析 [J]. 福建林业学院学报, 2007, 27(4): 318~ 321]
- [16] Zheng Lifeng, Zhou Xinnian, Wu Zhibing *et al.* Impact of selective cutting on physical and chemical properties of soil [J]. *Journal of Fujian Agriculture and Forestry University (Natural Science Edition)*, 2008, 37(1): 66~ 69[郑丽凤, 周新年, 巫志龙, 等. 人工林择伐对林地土壤理化性质的影响 [J]. 福建农林大学学报 (自然科学版), 2008, 37(1): 66~ 69]
- [17] Zhang Zhengxiong, Zhou Xinnian, Chen Yufeng *et al.* Effect of wood transportation by truck on the road soil properties of artificial forest cutting area [J]. *Journal of Nanjing Forestry University (Natural Sciences Edition)*, 2008, 32(1): 99~ 102[张正雄, 周新年, 陈玉凤, 等. 汽车运材对人工林伐区林地土壤的影响 [J]. 南京林业大学学报 (自然科学版), 2008, 32(1): 99~ 102]
- [18] Wang Bingshu. The undergrowth succession in Larch Plantations before and after cutting [J]. *Journal of Northeast Forestry University*, 1996, 24(5): 82~ 86[王秉术. 落叶松人工林采伐前后下层植被的演替 [J]. 东北林业大学学报, 1996, 24(5): 82~ 86]
- [19] Zhang Heping, Ai Shunru, Tian Dalun. Structural characteristics of regeneration communities in the cutting banks of Cunninghamia lanceolata Hook. Plantation [J]. *Journal of Central South Forestry University*, 1997, 17(2): 8~ 13[张合平, 艾顺儒, 田大伦. 杉木人工林采伐迹地更新群落结构特征的研究 [J]. 中南林业学院学报, 1997, 17(2): 8~ 13]
- [20] Zhang Zhengxiong, Zhou Xinnian, Zheng Shiqun, *et al.* Change of vegetation species of artificial mixed forests of Chinese fir and Broad-leaf trees before and after clear cutting [J]. *Journal of Fujian College of Forestry*, 2005, 25(1): 1~ 4[张正雄, 周新年, 郑世群, 等. 杉阔混交人工林皆伐前后植物种类组成变化 [J]. 福建林业学院学报, 2005, 25(1): 1~ 4]
- [21] Wang Cheng, Liu Jisheng, Zhang Meishu *et al.* The effect on natural regeneration of Pinus densiflora plantation by cutting in strip—the comprehensive effects and distribution pattern of natural regeneration [J]. *Journal of Agricultural Science Yanbian University*, 2004, 26(2): 77~ 80[王成, 刘继生, 张美淑, 等. 带状间伐促进赤松人工林天然更新的效果—天然更新的综合效果与分布格局 [J]. 延边大学农学学报, 2004, 26(2): 77~ 80]
- [22] Dong Xubin, Yang Xuechun, Zhang Yang *et al.* Impacts of cutting modes on damage extents of residual trees in larch plantations [J]. *Journal of Northeast Forestry University*, 2007, 35(9): 7~ 8[董希斌, 杨学春, 张决, 等. 采伐对落叶松人工林保留木损伤率的影响 [J]. 东北林业大学学报, 2007, 35(9): 7~ 8]
- [23] Ma Jianwei, Zhang Songzhi, Zhang Jianhua *et al.* Management utilization and economic efficiency analysis of larch plantations in Japan [J]. *Journal of Gansu Forestry Science and Technology*, 2005, 30(2): 55~ 57[马建伟, 张宋智, 张建华, 等. 日本落叶松人工林经营利用与经济效益分析 [J]. 甘肃林业科技, 2005, 30(2): 55~ 57]
- [24] Fu Junqing, Yang Xuechun, Qi Yongfeng *et al.* Comparison of efficiencies of animal skidding under different cutting modes for larch plantations [J]. *Journal of Northeast Forestry University*, 2005, 33(6): 118~ 119[付俊卿, 杨学春, 齐永峰, 等. 不同采伐方式的人工林畜力集材效率比较 [J]. 东北林业大学学报, 2005, 33(6): 118~ 119]
- [25] Zhang Zhengxiong, Zhou Xinnian, Zhao Chen, *et al.* Selecting of the optimum operation model of ecological harvesting and transportation in southern artificial forest area in China [J]. *Scientia Silvae Sinicae*, 2008, 44(5): 128~ 134[张正雄, 周新年, 赵尘, 等. 南方林区人工林生态采运作业模式优选 [J]. 林业科学, 2008, 44(5): 128~ 134]
- [26] Zou Ligang Study on comprehensive benefits of different cutting ways of Chinese fir [J]. *Protection Forest Science and Technology*, 2004, (6): 22~ 23[邹礼光. 杉木人工林不同采伐方式综合效益研究 [J]. 防护林科技, 2004, (6): 22~ 23]
- [27] Dong Xubin, Wang Lihai. Optimal selection of harvesting modes in larch plantation [J]. *Scientia Silvae Sinicae*, 2007, 43(9): 48~ 52[董希斌, 王立海. 落叶松人工林采集作业模式的优选 [J]. 林业科学, 2007, 43(9): 48~ 52]
- [28] Zhou Xinnian, Zhang Zhengxiong, Chen Yufeng *et al.* Selecting on the optimum operation model of transportation in artificial forest area [J]. *Scientia Silvae Sinicae*, 2006, 42(8): 69~ 73[周新年, 张正雄, 陈玉凤, 等. 人工林伐区木材运输作业模式优选 [J]. 林业科学, 2006, 42(8): 69~ 73]
- [29] Qiu Rongzai, Zhang Zhengxiong, Huang Zonghe *et al.* Study on the optimization of eco-friendly wood logistics system [J]. *Journal of*

- Mountain Science*, 2007, 25(2): 218~ 223[邱荣祖, 张正雄, 黄总河, 等. 环境友好的木材物流系统优化 [J]. 山地学报, 2007, 25(2): 218~ 223]
- [30] Kang Wenxing Tian Dalu. Evaluation of losing benefits to water resource containment soil~ fixation and fertility preservation after cutting chinese fir plantation[J]. *Scientia Silvae Sinicae* 2002 38(1): 111~ 115[康文星, 田大伦. 杉木人工林采伐后水源涵养和固土保肥效益损失的评价 [J]. 林业科学, 2002 38(1): 111~ 115]
- [31] Zhang Shunchang Li Kun. Advance in research on soil degradation and soil improvement of timber plantations[J]. *World Forestry Research*, 2005, 18(1): 26~ 30[张昌顺, 李昆. 人工林地力的衰退与维护研究综述 [J]. 世界林业研究, 2005, 18(1): 26~ 30]
- [32] Zhang Huiyu Tang Mengping Shu Qingtai Theory and Practice of the Forest Ecological Cutting[M]. Beijing: China Forestry Publishing House 2006. 1~ 69[张会儒, 汤孟平, 舒清态. 森林生态采伐的理论与实践 [M]. 北京: 中国林业出版社, 2006 1~ 69]
- [33] Wang Huazhang Impacts of plantation forests on wood supply and environment[J]. *Forest Engineering* 2002 18(5): 2~ 3[王华章. 论人工林对解决木材供需及环境的影响 [J]. 森林工程, 2002 18(5): 2~ 3]
- [34] Zhou Xinnian. Engineering Ropeway and Flexible Suspension Bridge—Theory, Design and Case[M]. Beijing: China Communications Press 2008[周年年. 工程索道与柔性吊桥——理论设计案例 [M]. 北京: 人民交通出版社, 2008]
- [35] Zhao Chen, Huang Xin, Yu Aihua et al. Research progress and trend of applying industrial ecology in forest industry[J]. *World Forestry Research*, 2008, 21(2): 32~ 37[赵尘, 黄新, 余爱华, 等. 工业生态学在林业产业中的应用研究进展与展望 [J]. 世界林业研究, 2008 21(2): 32~ 37]

## Progress in Artificial Forest Ecological Logging

ZHOU Xinnian<sup>1</sup>, WU Zhilong<sup>1</sup>, LUO Jizhang<sup>2</sup>, ZHANG Zhengxiong<sup>1</sup>, ZHENG Lifeng<sup>1</sup>, HU Xisheng<sup>1</sup>

(1 Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350002 China; 2 Jian'ou Forestry Bureau, Jian'ou, Fujian 353100 China)

**Abstract** In order to promote the sustainable development of artificial forest The research and application situation of artificial forest ecological logging theory and technology in china and overseas were analyzed briefly After discussing the problems of artificial forest ecological logging the corresponding measures to provide theoretical basis and suitable operating systems for ecological logging of artificial forest in our country were proposed Finally, the prospect for ecological logging of artificial forest in our country was expected

**Key words** ecological logging of artificial forest; progress; existing problems; countermeasure; prospect