

世界人工林木材开发利用研究现状及发展

姜 征 执笔

(中国林科院木材工业研究所)

一、概 述

随着经济的发展,传统的、用于木材生产的天然林日趋减少,已很难满足人类对林产品日益增长的需要,于是人工林应运而生。经精心管理的人工林及原始森林的次生林生长迅速,能在较短时间内提供较多的商品材,收益高、见效快,可作为一种新的木材资源弥补天然林资源的不足。有迹象表明,未来的林产工业将主要依靠遗传选育的速生人

工林来提供原料。目前不仅缺林国家在大力发展人工林作为木材的主要来源,象澳大利亚这样拥有世界林地总面积1/40的林业大国也已把森林经济利用的重点转向人工林,而把天然林转向以生态、环境利用为主。

大面积营造人工林最初是为了提供优良的造纸材,后来又逐步开发用于其它利润更高的方面。意大利全国每年木材总消耗量的一半是杨树人工林木材,主要用于生产胶合板、纸浆及刨花板;澳大利亚1986年人工林原木产量占全年原木产量的40%,预计到2020年可占到62.8%;人工林的95%是针叶树林,其中辐射松占72%。加工利用以制浆造纸为主,同时发展人造板和其它林产品加工业;美国,尤其是南部几个州每年营造南方松人工林100

本文于1990年4月9日收到

本文为速生人工林木材开发利用的情报研究报告。参加本项目的还有陈允适、汪玉梅、王志学同志。本文经张维钧先生审阅,并提出宝贵修改意见,谨志谢忱。

法,一是采用冷却工序,一是不采用冷却工序。两种方法各有特点。从理论上讲,用脲醛胶制板应采用冷却工序,因为热压出来的板材表层温度大于120℃,芯层温度大于90℃。板还未达到最大刚度和胶合强度,这时齐边容易“崩边”。齐边后立即堆放,板堆中部长时间保持高温,造成树脂胶分解,降低板材胶合强度。现在用的冷却装置对单层热压的大幅面薄板在进入星形冷却翻板机中时易产生翘曲变形。因此有人提出热压后先齐边,然后堆成小垛送入通风间冷却,不用专门的冷却设备。

齐边工序对板材齐边后的直线性和相邻边的直角性要求很高,现有设备从结构上分析,以信阳木机厂的产品为好。

总之,麻屑制板不同于木材原料制板,以麻屑为原料可以省去削片、刨片工序,成本低,工艺简单,建厂一次性投资少,是理想的制板材料。制板时麻屑清理十分重要,清理的方法和设备也是麻屑板生产不同于木材刨花板的一种特征。同时,在清理分选过程中,将混在麻屑里的纤维分离出来,还

可以增加工厂的经济效益。1吨麻屑中约有50公斤麻纤维,按每公斤0.8元计,每吨麻屑可以收入40元,年产1万m³的麻屑板厂从原料中可收入40万元,这是一个可观的数字。

根据亚麻加工的需要,麻屑初含水率较低,干燥时能耗低。

麻屑的导热性较差,热解温度低,不宜采用高温热压,一般应在180℃以下的温度下热压。可以用“蒸汽冲击法”缩短热压周期。

通过对亚麻屑板长期的研究和生产实践,可以说已较深入的了解了麻屑的特性和麻屑制板工艺。为此我们还专门研制出麻屑板专用的低毒高效脲醛树脂胶、高效防水剂、供胶系统的控制技术,为设计和指导生产提供了可行的技术和工艺。中国林机公司和几家机械制造厂互相配合,潜心攻关,已能提供满足工艺要求的成套设备。我国建设麻屑板生产线已经达到比较成熟的阶段。

(责任编辑 袁东岩)

多万公顷,主要用于建筑锯材和单板材的生产,南方松胶合板占美国胶合板总产量的40%;新西兰每年营造辐射松人工林约11万亩,生长25年左右可用于生产锯材。此外,加拿大、巴西、智利及南非也都在不同规模地开展人工林的营造和开发利用。我国营造人工林的主要树种是杨树、泡桐、桉树、杉木及落叶松等。到1986年已拥有杨树人工林5000万亩,其中20%左右为速生丰产用材林。木材多数用于造纸、刨花板、纤维板和胶合板生产及其它林产品。

在人工林木材的开发利用过程中,普遍的反应是其材质不如传统的天然成熟林木材。主要表现为木材强度低、刚度性能差、尺寸变异大等,使木制品的加工性能和产量质量受到不同程度的影响。为此,许多国家投入大量人力物力进行人工林木材的材质及对木制品影响范围与程度的研究,以期通过不断强化的科学研究和新技术的开发在人工林木材加工利用方面有所突破。

二、人工林木材的开发利用

对人工林木材的研究旨在了解其解剖特征、纤维形态及物理力学、化学性质上的特点和变异规律,揭示其对木材加工工艺、产品性能影响的大小,寻找与人工林木材材性相适应的生产工艺和加工方式,为木材的科学利用、合理利用及林木的定向培育提供指导。目前开展的研究主要有以下几个方面:

1. 人工林木材材性特点及变异规律的研究

大量研究表明,人工林木材的质量并非先天劣于天然成熟林木材,其症结在于木材中幼龄材的比率。幼龄材指树木生长初期细胞尚未完全成熟时所形成的,即环绕髓心的那部分木材,对针叶树材,通常为树木生长头15—20年所形成的木材,阔叶树材为头10—15年形成的木材,由此向外到树皮的部分为成熟材。幼龄材向成熟材过渡因树种不同有渐变也有突变,但都没有明显的界线,是依据木材内部特征来划分的。无论天然林还是人工林,木材中都含有幼龄材,但所占比例不同。以花旗松为例,50年生天然木材中幼龄材占16%,而与其径级相同的人工花旗松中,幼龄材占55%。原因是天然林木生长缓慢,生长期长,采伐时树龄都在数十年至上百年,幼龄材比例相对很小;人工林生长快,十至几十年即达到可采伐的径级,因而幼龄材所占比例相对增加。树龄越小,树干中幼龄材比例越大。与成熟材

相比,幼龄材具有年轮宽、晚材率低、细胞短、细胞壁薄而胞腔大、细胞壁中 S_2 层的微纤丝角大、密度低、含水率高、强度、刚度性能差以及木素含量高而 α -纤维素含量低、含糖分高等特点,正是由于幼龄材的这些特点影响了人工林木材的整体性能。因此,对人工林木材的研究实质上是对幼龄材的研究。

随着树木的生长,木材径向及轴向的许多特征发生变化。美国林产品研究所对火炬松逐个年轮的测定结果(见图1)表明,木材径向各项性能指标

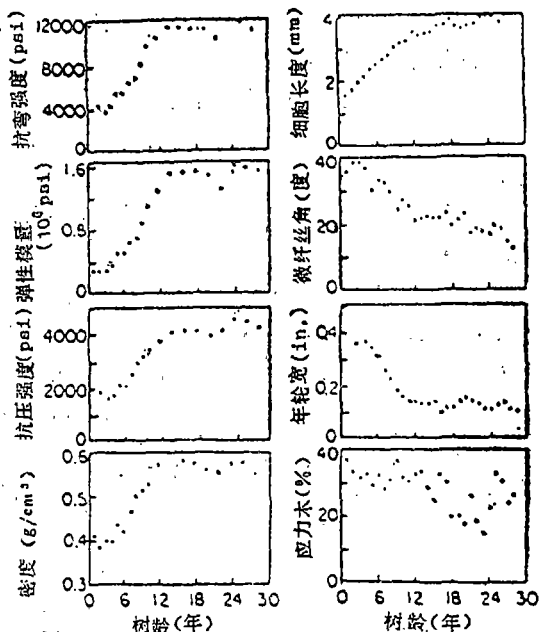


图1 火炬松随树龄增加木材性质的变化趋势^[4]

变化为一渐变过程。最初几年(即靠近髓心处)形成的“早期幼龄材”最差,随着树龄的增长,密度增加,强度提高,微纤丝角减少,各项性能指标显著改善。当树木生长进入成熟期后,各项指标趋于平稳。大部分针叶树材径向特征变化基本符合这一规律。美国北卡州立大学进行的另一项研究表明,树干轴向由基部向上幼龄材木心的直径变化很小,说明幼龄材在树干中基本呈圆柱形分布;木材密度随树高增加而降低(也有个别例外,如新西兰桉树),应力木及抽提物含量随树高增加而增加。该大学还对幼龄材密度与强度的关系进行了研究,结果表明,除原木根段外,幼龄材与成熟材具有相同的强度(MOR、MOE)——密度(D)关系式,而且相关性很强,说明幼龄材与成熟材是同一整体的两个部分,二者在弯曲性能上的差异与其密度差异

有关,原木根段与具有相同密度的干段材相比,MOR、MOE值较低,原因有待于研究。此外,图1数据的回归分析表明,不仅密度可影响木材强度性能,纤维长度和微纤丝角亦有一定影响。一般说,密度主要影响木材弯曲性能,纤维长度影响木材的顺纹抗压强度和静曲强度,受三因子综合影响最大的是弹性模量。

幼龄材过大的微纤丝角是引起木材过量纵向收缩的主要原因,其纵向收缩率(2~6%)比成熟材(0.1~0.2%)高十至几十倍。此外,幼龄材中大量存在的应力木和螺旋纹理也是引起木材过量收缩的原因之一。应力木多出现于树木生长的头几年,通常也具有较大的微纤丝角。

2. 人工林木材加工利用的研究

人工林木材的利用途径很多,研究主要涉及造纸、人造板及建筑锯材等方面。

(1) 制浆造纸 对制浆造纸用材通常要求具有较高的纤维产量和一定的纤维形态。短轮伐期集约栽培的人工林每公顷纤维产量比传统造林法高约2倍,其纤维多为壁薄、腔大的幼龄材细胞(见表1),制浆时易受外力作用而溃陷,使纤维表面积增大,纤维间相互叠垛紧密,结合力增强。研究表明,幼龄材纸张的耐破度、耐折度及抗张强度均高于成熟材,仅撕裂度略低于成熟材(见表2),原因是幼龄材纤维短,纤维间结合紧密性差,易沿撕裂方向从纤维结构中分离出来。美国一项研究指出,花旗松幼龄材纸张的撕裂度比成熟材低约30%。

表1 幼龄材与成熟材纤维形态因子对比⁽²⁾

落叶松		纤维长度 (mm)	壁厚(×2) (μm)	壁腔比	长厚比
幼龄材	早材	2.027	4.63	0.155	912
	晚材	2.497	9.01	0.707	546
成熟材	早材	3.665	12.4	0.27	591
	晚材	3.953	26.2	2.16	302

表2 幼龄材、枝桠材纸张强度性能⁽²⁾

项 目	耐破度 (kg/cm ²)	撕裂度 平均(g)	破裂强度
国家标准纸袋纸	≥2.8	≥90	≥68
落叶松去皮间伐幼龄材	4.2	99	72
带皮	3.3	68	—
落叶松枝桠材			
去皮	3.4	87	—

• 26°SR, 纸张重量均换算成80g/m²

幼龄材对传统制浆工艺亦有一定影响。由于它的木素、半纤维素含量高,α-纤维素含量低,用硫酸盐法制浆时几乎全部的木素和大部分半纤维素被除去,仅保留下α-纤维素,故纸浆得率降低。如花旗松幼龄材浆得率比成熟材低约2个百分点。但在制浆生产中采用缓和的制浆工艺和化学改性工艺,可使浆得率有所提高。另外幼龄材密度小、材质软,宜采用机械法制浆,能耗低;幼龄材材心尚未形成,材色浅,有利于提高浆的白度。生产中如果是幼龄材与成熟材混合制浆,应先将原料木片分选后分别制浆,以避免木片蒸煮不均。

(2) 人造板 在人造板生产中,按所用原料及加工方式可分为单板加工和碎料加工两种形式。

人工林木材生长快,故相对地年轮宽、晚材带窄。在单板加工过程中针叶树材单板常表现为表面粗糙,背面裂隙多而且深,单板厚度误差大,阔叶树材单板则因大量应力木的存在,表面起毛;单板干缩变形较大、降等多;涂胶时耗胶量增加;热压时合板压缩率偏大,使出板率降低,而且合板表面需砂光或二次加工处理。但这些问题大都可通过工艺、设备上的适当调整和改进得以解决。如采用无卡轴外驱动旋压机可防止原木旋至幼龄材木心时被压溃;采用加压干燥法,通过柔性加压带对单板施以0.14~0.7kg/cm²的压力,可使单板干缩和波纹性大大减少,平整度提高,等等。有关幼龄材对胶合板强度性能影响的报道不多,这是因为常规生产时,原木多旋至木芯5英寸左右,单板的绝大部分是成熟材及晚期形成的幼龄材,而对小径木,木芯常被旋至3.5英寸,于是就有部分早期幼龄材被旋成单板。美国的一项研究表明:当胶合板的面、背板均为幼龄材时,对合板顺纹方向刚度有一定影响(如火炬松胶合板仅为常规板的71%);对合板横纹方向的强度和刚度基本没有影响。

单板层积材(LVL)是单板加工业近年来迅速发展起来的新产品之一。LVL以低质小径木为原料旋切成厚单板,经顺纹拼接胶合而成各种规格的板方材,可替代锯材使用,使木材强度性能得到一定改善。美国对北美乔松、白云杉、赤松和落叶松四个树种LVL的强度测定表明:单一树种LVL的MOR值基本达到一级锯材要求,刚度达二级锯材要求;混合树种的LVL达到四个树种中强度最好的赤松的设计应力值。我国小径落叶松间伐材制造LVL的研究也表明,其强度基本达到落叶松成熟材的标准。幼龄材对LVL的性能有一定影响。南朝鲜的研究表

明,全幼龄材LVL的MOR值比全成熟材LVL低约30%,抗压强度低10%。增加LVL中成熟材的比例,可改善LVL的强度性能。因此,在LVL生产中可将成熟材单板有意识地配置在LVL的高应力区

域内(见图2)。此外,还有研究表明:如果适当控制树木生长速度,保证年轮密度在4个/英寸以上,LVL的强度可比年轮密度少于4个/英寸的LVL提高30%左右。

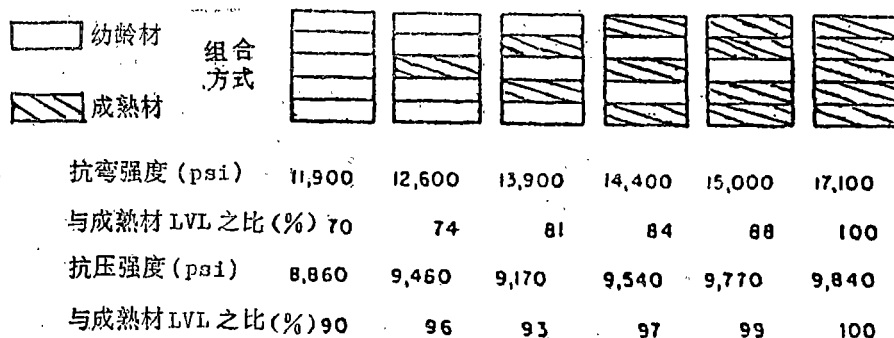


图2 幼龄材、成熟材单板的配置与LVL强度的关系^[4]

刨花板是要求低密度木材为原料的产品之一,为此美国对4—6年生短轮伐期杨木制造大片刨花板进行了研究,结果表明,板材MOR值为3,500~6,000psi, MOE值为350,000~950,000psi,内结合强度为65~85psi,性能良好。波兰对松木幼龄材、成熟材和枝桠材制造刨花板的研究表明:幼龄材刨花板的强度性能接近成熟材板,有些数据还高于成熟材板;枝桠材板的强度则明显低于前两种板材,原因与原料中树皮含量较高有关。幼龄材对刨花板性能的影响主要表现在板材尺寸稳定性方面。刨花板的变形程度与刨花形态及板材类型有关。大片刨花板与定向刨花板的线膨胀率取决于刨花的胀缩,当以幼龄材为原料时板材尺寸不稳定性增加;而细小刨花制成的板子则几乎不受幼龄材影响。美国华盛顿州立大学的一项研究发现,原料中应力木的多少也可影响板子线膨胀率。如用含应力木的花旗松树梢和枝桠材分别制成的刨花板,其线膨胀率为0.74%和1.33%,高于美国结构刨花板最大线膨胀率0.5%的规定。混入一定比例的成熟材后,线膨胀率可降至0.42%。在以含有大量应力木的新几内亚南洋杉等树种制造刨花板时也发现类似问题。因此,在生产中常通过原料配比和调整密度来提高板材的尺寸稳定性。如将花旗松和火炬松刨花板原料中幼龄材与成熟材按6:4比例混合,可得到性能良好的刨花板。

重组木是将木材软化碾搓成疏松木束或木片经干燥、喷胶、组坯和热压而成的一种材质均匀、无缺陷大截面材料。它可以人工林间伐小径材及大枝桠材为原料,产品可替代各种规格的锯材。澳大利

亚的经验证明,重组木的强度性能优于混合锯材、刨花板和纤维板,尤其适用于结构用途,可按各种特殊用材的造型要求进行设计。重组木生产无需切削,工艺、设备简单;耗能少、耗胶量低、原料成本低、木材利用率高(可达85%),而且无污染。目前的主要问题是设备投资较大,此外,在产品的应用方面仍有待于开发与推广。

模压制品也是以采伐和加工剩余物及小径木为原料加工刨花,按产品的使用要求精确设计建筑构件、家具部件及包装运输用品的结构、一次热压成型的一种新材料,可在不增加原料消耗的基础上提高产品的强度和刚度。目前的主要问题是使用幼龄材为原料时由于其密度低、压缩比大,使蒸汽逸出困难,易引起“鼓泡”。

(3)锯材 近年来,美国等许多国家建筑锯材市场上的人工林锯材比例呈逐年递增趋势。由于锯材生产不可能将幼龄材全部除去,而且当采用“制材—削片”联合加工时,大量边部成熟材被削为木片,而板、方材中幼龄材比例进一步增加,使锯材成为受幼龄材影响相对较大的产品之一,主要表现在锯材的分等与干燥方面。

传统的锯材分等是依据天然成熟林木材质性质而制定的外观目测分等法,而人工林锯材按此法分等后锯材的实际强度往往低于相应等级的规定值,这点已为大量研究所证实。如美国对幼龄材与非幼龄材花旗松锯材强度性能的研究表明,幼龄材锯材的MOR、MOE值仅为非幼龄材锯材的62—97%,为相应等级规定值的72~90%(锯材横断面上幼龄材比例>50%者为幼龄材锯材,反之为非幼龄材锯材);

新西兰将28年生人工辐射松锯材与过去定等级试验常用的40~50年生天然辐射松锯材相比,发现锯材的MOR值下降了14%,但仍在标准规定值之上,而MOE值则低于标准值约10%,MOE对幼龄材的影响最为敏感。人工林锯材的实际强度与标准规定值之间的差异随锯材等级增高、规格加大而增加(见表3)。

表3 45—50年生次生加拿大花旗松抗弯强度与国家锯材分等标准规定值之比

规格(英寸)	等级	人工林锯材强度/NLGA*(%)
2×4	优级	89
	一级	90
	二级	91
2×8	优级	76
	一级	80
	二级	85

• NLGA为加拿大国家锯材分等协会规定值。

此外,幼龄材对锯材刚度影响颇大(见表4)。湿地松通常被认为是南方松中强度、刚度最大的树种,如将类似的试验用于其它树种,结果很可能不如湿地松。

表4 湿地松符合等级要求的试件比率

树龄(年)	试样取材部位	二级锯材		三级锯材	
		强度(%)	刚度(%)	强度(%)	刚度(%)
50	基部	100	100	100	100
	梢部	100	100	100	100
20	基部	100	19	100	19
	梢部	77	8	96	9

由此可见,这样的锯材如果用于结构用途势必带来不安全问题。增加锯材断面尺寸可使锯材强度有一定程度的提高,但要增加成本,又浪费资源。为此,已有一些国家使用机械应力分等法对结构用锯材进行逐块检验,根据其实际应力值分等,保证结构安全可靠。现在的问题是对于大批量的幼龄人工林锯材使用机械应力分等时,高应力等级锯材得率低,降低了机械分等的效率,经济上不合算。因此还须从以下几方面努力。首先应从营林方面通过选、育种及适当的营林措施提高木材尤其是幼龄材的密度,培育高强度、高密度的优质原木用于锯材

生产,提高锯材等级率;其次是通过一定的加工处理工艺消除部分幼龄材的影响。如将原木加工成单板层积材、胶合层积木、重组木、压缩木、浸渍木及定向刨花板、华夫板等替代实体锯材使用,可大大改善锯材的强度、刚度性能。此外,还应在系统研究人工林木材的基础上,制定与其特点相适应的分等方法和规则,或对现有设计规范作相应调整。在美国,这项工作已被列为国家研究项目。

人工林锯材的干燥变形是锯材生产中的另一主要问题。由于幼龄材与成熟材纵向收缩量相差悬殊,导致幼龄材分布不均匀的锯材在干燥时迅速翘曲,有时几块板材的变形可使整垛锯材降等甚至报废。锯材的变形还常常持续到锯材的使用过程中。例如环境温、湿度变化使门窗启闭困难、地板凸凹不平、墙板隆起及桁架上移使天花板与墙板分离等,为此进行了大量从干燥、锯解工艺上控制变形的研究。澳大利亚和新西兰通过在材垛上施放1000kg/m²的重物使锯材高温干燥时变形量大大减少,而且在日后使用时锯材尺寸亦较稳定;美国的板材加压干燥法和我国的“预干—窑干”联合干燥法干燥人工林锯材亦取得良好的干燥效果。在锯解工艺方面,澳大利亚的“线状导板锯解法”(line-bar sawing)和美国的“锯—干—剖”成材加工法都有利于减小锯解应力,提高锯解精度和出材率。此外,通过对林木的遗传改良以降低微纤丝角、减少应力木及螺旋纹理数量等,也是改善人工林锯材干燥性能的有效途径之一。

3. 营林措施对人工林木材质量影响的研究

营林的目的是使生长的树木具有最大的经济价值,开展营林作业对木材质量影响的研究可为林木定向培育提供积极的指导。美国、意大利等国的经验已表明,如何营造人工林对木材质量、加工性能及产品价值有很大影响,尤其是树种选育和幼龄树木的早期管理对幼龄材的质量和数量至关重要。以往那种只求树木生长快、产材多而不考虑木材最终用途的营林思想必须摒弃。

遗传改良是改进木材质量的主要途径之一。不同树种、不同种源的树木其幼龄材特性、数量及幼龄材与成熟材间变异差别很大。通过选种育种、杂交改良,可使木材的许多特性和特征发生不同程度的改变。目前的研究表明,木材密度、纤维长度、微纤丝角、原条削度、螺旋纹理、应力木、枝桠材特性、幼龄材数量及幼龄材至成熟材的变化率都可通过遗传进行改良。

林木管理是改进木材质量的另一有效途径,主要包括林木间伐、施肥、灌溉和打枝等措施。科学合理地实施营林措施可有效地控制树木中幼龄材的数量、木材密度、原条削度、年轮宽度、晚材率及节子尺寸等特征的变化。营林措施的选择应根据树种及木材的最终用途来确定。例如,对用于锯材生产的木材要求有较高的密度和强度,在造林时应选用幼龄材密度相对较高的树种并施以提高密度和强度的抚育措施:如采用较小的初始植距抑制树木早期幼龄材的生长,减少树干中幼龄材木芯的尺寸;当树木生长进入成熟期后进行间伐及施肥、灌溉,可加速木材中成熟材的生长,通过打枝控制节子尺寸,延长轮伐期以增加树干中成熟材的比例等。对于造纸用材则应选用纤维形态符合要求、纤维产量高的树种进行高密度、短轮伐期或超短轮伐期集约栽培,以求获得最大的纤维产量。此外,营林措施的选择还应考虑林木立地条件及林分结构等因素。

※ ※ ※ ※

开展人工林的营造和开发利用研究对我国来说是一项非常紧迫的任务。林业部对我国木材供需的预测表明:2000年造纸、胶合板及建筑三大工业用材的增长量将分别是1985年的634%、380%和205%,而我国现有天然用材林资源源于枯竭,几年后将不得不依靠天然林的近熟林和中龄林。为弥补木材供需缺口,还必须大量使用人工林木材。林业部已规划用约30年时间营建速生丰产林3亿亩,不久的将来,人工林木材将成为我国木材市场上的主角。由此可见,参考国外经验,全面系统地开展适合我国国情的人工林木材开发利用研究,对合理

利用我国木材资源、缓解木材供需矛盾,推动我国木材工业的发展有着十分重大的现实意义和长远意义,应引起足够的重视。

(责任编辑 袁东岩)

参 考 文 献

- [1] 王恺, 1987, 国外杨树速生丰产用材林及其加工利用, 速生林木的综合利用(论文集): 1~7.
- [2] 周崧, 卢鸿俊, 1980, 落叶松间伐幼龄材的材质及其造纸性能兼论短轮伐期的造林问题, 林业科学, 16 (3): 161~173.
- [3] Kininmonth, J.A., 袁东岩译, 1989, 速生短轮伐期树种的木材, 新西兰林业研究所研究报告.
- [4] Bendtsen, B.A., 1986, Quality of the changing timber resource on solid wood products, Proceedings, Managing and Marketing the changing timber resource, FPRS, Madison WI, 44-57.
- [5] Pearson, R.C. and Gilmore, R.C., 1970, Characterization of the strength of juvenile wood of loblolly pine, For. Prod. J., 21 (1): 23-31.
- [6] Senft, J.F., 1985, Weak wood: Fast-grown trees make problem lumber, Journal of Forestry, 83 (8): 477-483.
- [7] Proceedings, 1985, Juvenile wood—what does it mean to forest management and forest products? FPRS, Madison, WI, 1-81.

(上接第54页)

如以前报导^[3, 4]一样, 结合酸大部分为脂肪酸, 仅有少量的树脂酸存在。含量最高的为油酸和亚油酸, 共占‘结合’酸组分的75%。‘结合’酸的组成不随月份的变化而变化。

结 论

本研究确认了在8月份当辐射松萌发时节二氯甲烷可溶物增加, 8月份样品边材的二氯甲烷可溶物含量比7月和9月份高47%, 这是由于树脂酸含量的增加所致。不同于以前报导的是游离脂肪酸的百分比没有任何变化。

(责任编辑 袁东岩)

参 考 文 献

- [1] Lloyd, J.A., 1987, The seasonal variation in the extractives of *Pinus radiata*, Pulp and paper research organization of New Zealand Report No. B24.
- [2] Zinkel, D.F., 1975, Tall oil precursors—an integrated analytical scheme for pine extractives, Tappi, 58: 109.
- [3] Hemingway, R.W. and Hillis, W.E., 1971, Changes in fats and resins of *Pinus radiata* associated with heartwood formation, Appita, 24(8), 439.
- [4] Lloyd, J.A., 1978, Distribution of extractive in *Pinus radiata* earlywood and latewood, NZJI For. Sci. 8(2), 288.