

文章编号: 1000-5692(2006)05-0477-05

人工林赤松幼龄材与成熟材力学性质的比较

金春德¹, 张美淑², 文桂峰¹, 汤燕平¹, 徐 策¹

(1. 浙江林学院 工程学院, 浙江 临安 311300; 2. 延边大学 农学院, 吉林 龙井 133400)

摘要: 根据人工林赤松 *Pinus densiflora* 木材的管胞长度、微纤丝角、管胞长宽比、基本密度、晚材率及生长轮宽度等材性指标的测试数据, 采用最优分割法划分出人工林赤松的幼龄材与成熟材的界限, 分析了人工林赤松幼龄材与成熟材力学性质差异的表现。结果表明: 赤松的幼龄期为小于 12 a, 抗弯强度、抗弯弹性模量、顺纹抗拉强度、顺纹抗压强度和弦向横纹抗压强度等指标成熟材高于幼龄材, 径向横纹抗压强度、弦面抗剪强度、径面抗剪强度、弦向抗劈强度和径向抗劈强度等项指标幼龄材高于成熟材。其中, 抗弯强度、抗弯弹性模量、径向横纹抗压强度和弦面抗剪强度差异达 0.01 显著水平, 顺纹抗拉强度差异达 0.05 显著水平。图 1 表 6 参 6

关键词: 林业工程; 人工林; 赤松; 幼龄材; 成熟材; 力学性质差异

中图分类号: S781.2 **文献标识码:** A

过去对赤松 *Pinus densiflora* 材性研究主要集中在赤松木材解剖特征和物理力学特征的变异规律^[1~6], 而对人工林赤松幼龄材与成熟材力学性质的比较研究尚很少进行。作者采用数理统计分析方法中有序样本分类的最优分割法, 划分人工林赤松的幼龄材与成熟材的界限, 并对幼龄材与成熟材力学性质进行测试和比较分析, 同时通过方差分析研究人工林赤松幼龄材与成熟材力学性质差异的显著程度, 为赤松定向培育, 确定合理的轮伐期及加工利用提供理论依据。

1 试验材料与方法

1.1 取样方法

试验所用的赤松样木, 于 2001 年 2 月采自吉林省延吉市林业局帽儿山林场 20 林班 39 小班, 取样方法按《GB 1927-91 木材物理力学试件采集方法》的规定进行。表 1 和表 2 给出了标准地和样木的基本情况。在每株样木的 1.3 m 处截取 1 个 50 mm 厚圆盘, 每个圆盘沿东西方向截取宽 4 cm 的中心试条, 沿着径向按年轮由髓心向外逐年取样, 测定基本密度、生长轮宽度、晚材率、管胞长度、管胞宽度、管胞长宽比和微纤丝角。

表 1 标准地基本情况

Table 1 Basic situation of sample plots

坡向	坡位	坡度/ (°)	海拔高度/m	林分密度/ (株·hm ⁻²)	土壤种类
北坡	坡中	11	360	1 133	暗棕壤

收稿日期: 2005-12-05; 修回日期: 2006-04-29

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(30060070)

作者简介: 金春德, 教授, 博士, 从事木材科学与技术研究。E-mail: jincl@zjfc.edu.cn

1.2 幼龄材与成熟材的界定方法

采用数理统计方法中有序样本分类的最优分割法划分幼龄材与成熟材界限。最优分割法，即有 n 个样本，要将其分成 k 类，在不打乱样本顺序的前提下，根据同类样本离差平方和小，类间离差平方和大的观点，对样本进行分类的一种方法。

1.3 木材力学性质测试方法

在表2所示的5株标准样木的每株样木中截取1.3~3.3 m段，并将此段往高度方向依次分成A, B, C, D等4段，每段尺寸大小如图1所示。幼龄材与成熟材的木材力学性能试样的取样和测试方法相同。即在A段的南北方向取抗弯强度、抗弯弹性模量、顺纹抗压强度、横纹弦向抗压强度和横纹径向抗压强度试样；在B段的南北方向取径向抗劈力和弦向抗劈力及密度试样；在A段和B段的東西方向取顺纹抗拉强度试样；在C段和D段分别取径面和弦面抗剪强度试样。根据《GB 1927~1943-91 木材物理力学性质试验方法》分别对人工林赤松幼龄材与成熟材的抗弯强度、抗弯弹性模量、顺纹抗压强度、横纹弦向抗压强度、横纹径向抗压强度、径面抗剪强度、弦面抗剪强度、径向抗劈力和弦向抗劈力等木材力学性质指标进行测试。

表2 样木基本情况

Table 2 Basic situation of sample trees

样木编号	圆盘代号	树龄/a	胸径/cm	树高/m
B ₁	B11	32	15.50	14.10
B ₂	B21	35	15.90	13.42
B ₃	B31	35	16.30	14.60
B ₄	B41	35	15.90	13.55
B ₅	B51	35	15.90	13.26

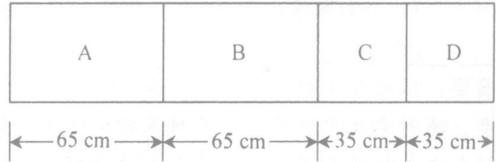


图1 赤松木材力学性能试样的取样示意图

Figure 1 Sketch of *Pinus densiflora* sampling for mechanical properties testing

2 结果与讨论

2.1 幼龄材与成熟材的划分

关于采用最优分割法划分赤松幼龄材与成熟材界限的方法及结果，参见作者已发表的论文^[9]。在该研究中，试样取自表2的B21, B31和B41圆盘，以人工林赤松的管胞长度、微纤丝角、管胞长宽比、基本密度和晚材率及生长轮宽度等特性指标作为划分幼龄材与成熟材的标准，采用了有序样本分类的最优分割法划分幼龄材与成熟材界限。在实验数据的分析和处理中，对3株不同株的各项指标综合起来进行有序分类。根据试验测得的结果(表3, 表4)，可以认为赤松人工林成熟材与幼龄材的转折期在11~12 a, 12 a以前各项指标递增(减)幅度比较大，12 a以后变化趋于稳定，即变为成熟材。因此赤松人工林成熟材与幼龄材的界限在12 a。由此确定人工林赤松幼龄材与成熟材的界限应为12 a。

表3 不同株的各项指标综合有序分类结果

Table 3 Results of integrate or dinal categories based on various indexes for different sample trees

指标	分2类	
	1类	2类
管胞长度	1~11	12~35
微纤丝角	1~9	10~35
管胞长度比	1~11	12~35
生长轮基本密度	1~16	17~35
晚材率	1~11	12~35
生长轮宽度	1~10	11~35
综合分析	1~11	12~35

说明：表中结果为B21, B31和B41样木的综合分类结果。

表4 单株各项指标综合有序分类结果

Table 4 Results of integrate ordinal categories based on various indexes for individual sample trees

圆盘号	分2类	
	1类	2类
B21	1~9	10~35
B31	1~10	11~35
B41	1~11	12~35
综合	1~11	12~35

说明：材性指标包括管胞长度、微纤丝角、管胞长宽比、基本密度、晚材率和生长轮宽度。

2.2 幼龄材与成熟材力学性质的差异

力学性质的测试结果及其方差分析结果见表 5~6。人工林赤松的 10 项力学性质指标中, 抗弯强度、抗弯弹性模量、顺纹抗拉强度、顺纹抗压强度和弦向横纹抗压强度等 5 项指标表现为成熟材高于幼龄材, 其差异相对值平均为 10.04%。其中抗弯强度和抗弯弹性模量差异达 0.01 显著水平, 顺纹抗

表 5 人工林赤松幼龄材与成熟材力学性能测试结果

Table 5 Results of mechanical properties for the juvenile and mature wood of *Pinus densiflora*

性质	幼龄材				成熟材				幼龄材	成熟材与幼龄材的差异	
	试样数	平均值	标准差	变异系数	试样数	平均值	标准差	变异系数	与成熟材平均值	平均值之差	差异相对值/%
抗弯强度/MPa	16	87.16	12.024	0.138	16	96.78	6.299	0.065	91.97	9.62	10.16
抗弯弹性模量/MPa	16	12 310	1 304.240	0.106	16	13 708	717.850	0.052	13 009.00	1 398.00	10.75
顺纹抗拉强度/MPa	16	103.82	22.733	0.219	15	125.08	26.123	0.209	114.43	21.21	18.54
顺纹抗压强度/MPa	24	48.68	4.918	0.101	24	49.95	4.486	0.090	49.32	1.27	2.58
弦向横纹抗压强度/MPa	25	5.29	0.835	0.158	23	5.74	0.966	0.168	5.52	0.45	8.15
径向横纹抗压强度/MPa	25	5.36	0.870	0.162	24	4.38	0.534	0.122	4.87	-0.20	-4.11
弦面抗剪强度/MPa	21	7.25	2.712	0.374	21	4.86	2.327	0.479	6.06	-2.39	-39.44
径面抗剪强度/MPa	25	6.99	2.921	0.418	25	5.84	1.603	0.274	6.42	-1.15	-17.91
弦向抗劈强度/MPa	13	14.84	3.132	0.211	14	14.42	4.450	0.308	14.63	-0.42	-2.87
径向抗劈强度/MPa	19	13.57	1.609	0.118	18	12.33	2.786	0.226	12.95	-1.24	-9.57
气干密度/(g·cm ⁻³)	39	0.479	0.040	0.083	40	0.470	0.033	0.070	0.475	-0.01	-1.89

说明: 平均值之差=成熟材平均值-幼龄材平均值, 差异相对值=(平均值之差÷幼龄材与幼龄材平均值)×100%。

表 6 人工林赤松幼龄材与成熟材力学性质差异的方差分析

Table 6 Variance analysis of mechanical properties of the juvenile and mature wood of *Pinus densiflora*

性质	离差来源	自由度	离差平方和	均方差	F 值	F _{0.01}	F _{0.05}
抗弯强度	组内	1	740.16	740.16	8.03 **	7.56	4.17
	组间	30	2 763.81	92.13			
	合计	31	3 503.97				
抗弯弹性模量	组内	1	15 635.232	15 635.232	14.11 **	7.56	4.17
	组间	30	33 245.240	1 108.174.66			
	合计	31	48 880.472				
顺纹抗拉强度	组内	1	3 225.32	3 225.32	5.46 *	7.67	4.21
	组间	29	15 940.82	590.40			
	合计	30	20 135.66				
顺纹抗压强度	组内	1	19.13	19.13	0.86	7.22	4.05
	组间	46	1 019.34	22.15			
	合计	47	1 038.47				
弦向横纹抗压强度	组内	1	2.45	2.45	3.02	7.22	4.05
	组间	46	37.26	0.81			
	合计	47	39.71				
径向横纹抗压强度	组内	1	11.58	11.58	21.99 **	7.21	4.05
	组间	47	24.74	0.52			
	合计	48	36.32				
弦面抗剪强度	组内	1	59.76	59.76	9.36 **	7.31	4.08
	组间	40	255.34	6.38			
	合计	41	315.10				

续表 6

性质	离差来源	自由度	离差平方和	均方差	F 值	$F_{0.01}$	$F_{0.05}$
径面抗剪强度	组内	1	16.41	16.41	2.96	7.19	4.04
	组间	48	266.52	5.55			
	合计	49	282.93				
弦向抗劈强度	组内	1	1.17	1.17	0.08	7.77	4.24
	组间	25	375.12	15.00			
	合计	26	376.29				
径向抗劈强度	组内	1	14.34	14.34	2.81	7.42	4.12
	组间	35	178.63	5.10			
	合计	36	192.97				

说明: * 为 0.05 水平显著; ** 为 0.01 水平显著。

拉强度达 0.05 水平显著, 且差异相对值分别为 10.16%, 10.75% 和 18.54%; 径向横纹抗压强度、弦面抗剪强度、径面抗剪强度、弦向抗劈强度和径向抗劈强度等 5 项指标表现为幼龄材高于成熟材, 其差异相对值平均为 15.16%。其中径向横纹抗压强度和弦面抗剪强度差异达 0.01 显著水平, 且差异相对值分别为 4.11% 和 39.44%。

成熟材管胞壁的微纤丝角明显小于幼龄材, 有利于提高抗弯强度、抗弯弹性模量、顺纹抗拉强度和顺纹抗压强度等力学性质指标, 成熟材的晚材率明显大于幼龄材, 有利于提高弦向横纹抗压强度; 反过来, 幼龄材管胞壁的微纤丝角明显大于成熟材, 有可能有利于提高径向横纹抗压强度、弦面抗剪强度、径面抗剪强度、弦向抗劈强度和径向抗劈强度等力学性质指标。

3 结论

以人工林赤松木材管胞长度、微纤丝角、管胞长宽比、基本密度和晚材率及生长轮宽度等特性指标作为划分幼龄材与成熟材的依据, 采用有序样本分类的最优分割法, 划分出人工林赤松幼龄材与成熟材的界限应为 12 a。

试验表明, 人工林赤松幼龄材与成熟材的力学性质差异表现在: 抗弯强度和抗弯弹性模量、顺纹抗拉强度、顺纹抗压强度和弦向横纹抗压强度等指标成熟材高于幼龄材, 径向横纹抗压强度、弦面抗剪强度、径面抗剪强度、弦向抗劈强度和径向抗劈强度等项指标幼龄材高于成熟材。其中, 抗弯强度、抗弯弹性模量、径向横纹抗压强度和弦面抗剪强度差异达 0.01 显著水平, 顺纹抗拉强度差异达 0.05 显著水平。

由于人工林赤松幼龄材与成熟材力学性质存在着显著差异, 加工利用时应尽可能地处理好受力性质与材料选用的关系, 以做到因材而用, 材尽其用, 高效利用。

致谢: 赤松木材物理力学性能测试用试件全部由延边大学农学院森林科学系宋春植同志精心加工而成, 在此表示衷心感谢!

参考文献:

- [1] 金春德, 刘继生, 张鹏, 等. 赤松木材管胞形态特征及密度的变异规律[J]. 东北林业大学学报, 2001, 29(6): 96-98.
- [2] 金春德, 吴义强, 刘继生, 等. 不同林分赤松木材密度及管胞形态特征的变异[J]. 东北林业大学学报, 2001, 29(6): 99-101.
- [3] 金春德, 吴义强, 王成, 等. 人工林与天然林赤松木材管胞形态特征及密度的变异[J]. 东北林业大学学报, 2001, 29(6): 102-104.
- [4] 张鹏, 张美淑, 吴玉德, 等. 不同坡向人工林赤松材性变异[J]. 东北林业大学学报, 2003, 31(6): 13-15.
- [5] 金春德, 张美淑, 文桂峰, 等. 不同坡位人工林赤松木材材性的径向变异[J]. 浙江林学院学报, 2004, 21(2): 119-124.
- [6] 金春德, 吴义强, 张美淑, 等. 赤松木材材质早期预测[J]. 东北林业大学学报, 2005, 33(2): 24-26.

Mechanical properties of juvenile and mature wood of *Pinus densiflora* from plantations

JIN Chun-de¹, ZHANG Mei-shu², WEN Gui-feng¹, TANG Yan-ping¹, XU Ce¹

(1. School of Engineering, Zhejiang Forestry College, Lin'an 311300, Zhejiang, China; 2. Agricultural College, Yanbian University, Longjing 133400, Jilin, China)

Abstract: Based on the variation pattern of wood properties obtained from the analysis results of measurement of tracheid length, microfibril angle, ratio of tracheid length to width, basic density and late wood percentage, the boundary of juvenile and mature wood of *Pinus densiflora* plantation was demarcated by using optimum method of classification, and the differences of mechanical properties of juvenile wood and mature wood from *Pinus densiflora* plantation were analyzed, from which we can conclude that the properties of mature wood at the age of 12 years old such as modulus of rupture (MOR), modulus of elasticity (MOE), tensile strength parallel to grain, compressive strength parallel to grain and tangential strength in compression perpendicular to grain are higher than those of juvenile wood. The properties such as radial compressive strength perpendicular to grain, tangential face shearing strength, radial face shearing strength, tangential cleavage strength, radial cleavage strength of juvenile wood are higher than those of mature wood. The difference of MOR, MOE radial compressive strength perpendicular to grain, and tangential face shearing strength of juvenile and mature wood from plantation reaches 0.01 level of significance, and tensile strength parallel to grain reach 0.05 level of significance. [Ch, 1 fig, 6 tab, 6 ref.]

Key words: forest engineering; plantation; *Pinus densiflora*; juvenile wood; mature wood; difference of mechanical property

浙江林学院召开新农村建设汇报会

2006年6月30日,浙江林学院新农村建设领导小组召开专题会议,科技处和各专家组负责人汇报了上半年新农村示范点建设的情况。

党委书记陈敬佑教授听取汇报后,再次强调要充分认识社会主义新农村建设是浙江林学院发展千载难逢的机会,要按照新农村建设的要求,构建学科专业框架,加大“三农”课题研究,培养符合新农村建设需要的合格人才,进一步提升学校服务新农村建设的能力。对如何抓好服务新农村建设工作,陈敬佑指出:一是校新农村建设领导小组要定期召开汇报会,专家组和各学院要相互交流,做到统筹协调,整体推进。二是要集中学科专业优势,利用科技支撑和创新平台,切实抓好示范点工作。三是新农村示范点建设要与专家教授开展科技服务相结合,与课题研究相结合,与教学实习和学生社会实践相结合。四是处理好点面关系,在抓好示范点工作的同时,选择合适的县(市)加强全面合作。五是及时总结经验,推广建设成果,加大宣传力度,扩大学校影响。六是认真组织好全国新农村建设研讨会的筹备工作。

常务副院长周国模教授强调,要紧紧围绕新农村建设的“20字方针”(生产发展,生活宽裕,乡风文明,村容整洁,管理民主),切实发挥浙江林学院学科优势,以项目带动建设,加快科技成果的转化应用,通过与地方政府的全面合作,使浙江林学院服务新农村建设工作向更广更深领域推进。

副院长方伟教授传达了浙江省农业科技大会精神,并就进一步把握新农村建设内涵,抓好科技服务平台和示范点工作谈了自己的想法。

(贺鹤)