

文章编号: 1001-1498(2008)06-0862-05

闽楠天然林与人工林木材物理力学性质研究

江香梅, 肖复明, 龚 斌, 叶金山

(江西省林业科学院, 江西省植物生物技术重点实验室, 江西 南昌 330032)

摘要:对闽楠人工林和天然林木材物理和力学性质进行了测定和比较分析, 结果表明: 闽楠天然林木材气干密度和全干密度分别为 $0.721 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ 和 $0.680 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$, 人工林木材气干密度和全干密度分别为 $0.572 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ 和 $0.535 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$, 闽楠天然林木材密度大于人工林且差异达到极显著水平, 但人工林木材密度变异系数却小于天然林。闽楠人工林和天然林木材气干状态下体积干缩率分别为 4.935% 和 6.439%, 全干状态下分别为 9.330% 和 11.376%, 闽楠人工林木材的尺寸稳定性稍差于天然林, 但从木材的差异干缩来看, 闽楠天然林和人工林相近, 分别为 1.75 和 1.76。闽楠天然林木材端面、径面和弦面硬度分别为 7583 N、6183 N 和 6625 N, 稍大于人工林, 但差异不显著。闽楠天然林与人工林旋切板背面裂隙率分别为 53% 和 67%, 单板厚度的偏差人工林和天然林分别为 0.08 mm 和 0.09 mm。由此可知, 发展闽楠人工林可以得到质量与闽楠天然林相近的板材。

关键词: 闽楠; 人工林; 天然林; 木材物理性质; 木材力学性质

中图分类号: S781

文献标识码: A

Study on Physical and Mechanical Properties of *Phoebe bournei* Wood from Plantation and Natural Forest

JIANG Xiangmei, XIAO Fuming, GONG Bin, YE Jinshan

(Jiangxi Academy of Forestry, Key Laboratory of Plant Biotechnology, Jiangxi Province, Nanchang 330032, Jiangxi, China)

Abstract: Based on studying the physical and mechanical properties of *Phoebe bournei* wood from plantation and natural forest, the results showed that the air-dry density and oven-dry density of *P. bournei* wood from natural forest were $0.721 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ and $0.680 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$, that from plantation were $0.572 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ and $0.535 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$. The difference of wood density between natural forest and plantation was extremely significant, but the wood density variation coefficient of plantation was less than that of natural forest. The wood volume shrinkage ratio of *P. bournei* plantation and natural forest under air-drying condition were 4.935% and 6.439%, while under oven-dry condition, they were 9.330% and 11.376% respectively, which meant that the dimensional stability of wood from *P. bournei* plantation was poorer than that from natural forest, but their ratios of tangential to radial direction were 1.75 and 1.76. The rigidities of *P. bournei* wood from natural forest in surface, radial and tangential directions were 7583 N, 6183 N and 6625 N respectively, which was higher than that from plantation. *P. bournei* natural and plantation wood veneer rotary cutting back cracking rate were 53% and 67% and their veneer thickness deviation were 0.09 mm and 0.08 mm. It was proved that the properties and quality of *P. bournei* wood from plantation and natural forest were similar.

Key words: *Phoebe bournei*; plantation; natural forest; wood physical property; wood mechanical property

收稿日期: 2006-09-05

基金项目: 江西省科技攻关重大专项“闽楠、红楠单板材定向培育及遗传改良技术研究”和江西省林业厅学科带头人项目“楠属、润楠属主要种遗传多样性分析及发展利用研究”资助

作者简介: 江香梅(1962—), 女, 江西南昌人, 研究员, 主要从事森林资源培育和林木遗传改良研究。

闽楠 (*Phoebe boumei* (Hensl.) Yang) 是我国珍贵材与优良观赏树种, 为我国特有的国家三级珍稀濒危树种, 素以材质优良而闻名, 其干形通直, 材质致密坚韧, 木材呈淡黄色而有香气, 耐腐而不易反翘开裂, 加工容易, 削面光滑, 纹理美观, 为高等建筑、家具、造船及工艺雕刻等之良材^[1], 成俊卿对天然林中闽楠木材性质与利用有过专门研究^[2-3]。近年来, 随着对闽楠在选材与园林绿化等方面价值认识的不断深入, 闽楠人工造林已引起人们的极大兴趣与关注。但迄今为止, 对闽楠人工林木物理力学性质方面的研究尚未见报道, 而随着木材利用途径的不断扩大, 研究木材物理力学性质对木材加工、利用等都有着重要意义^[4]。本研究拟对闽楠天然林和人工林木物理力学性质进行比较研究, 旨在为闽楠木材的合理利用和今后进行人工林培育提供理论依据。

1 材料和方法

1.1 试验地概况

试材采自江西省吉安市青原区闽楠天然林和人工林林分, 试验地属典型的亚热带季风湿润气候, 年平均气温 18℃, 极端最高气温 38℃, 最低气温 -7℃, 10℃ 的年积温 5 802.1℃, 年降水量 1 843 mm, 相对湿度 86%, 年日照时数 1 813.7 h, 土壤为山地红壤, 土层深厚。天然林林龄约 40 a, 平均胸径、树高分别为 25.2 cm 和 23 m; 人工林林龄为 20 a, 平均胸径、树高分别为 14.2 cm 和 15.5 m。

1.2 试件制作及试验方法

试材样木的选择按林分平均胸径和平均树高选取标准木 2 株伐倒 (由于闽楠为我国特有的国家三级珍稀濒危树种, 因此只伐 2 株平均木), 将每株伐倒样木距树基部 1.3 m 处向上截取 60 cm 长原木一段制作各力学强度试材, 试材的采集按照国家标准《木材物理力学性质试验方法》GB 1927-43-91 所规定的方法加工成木材基本密度、顺纹抗压强度、抗弯强度、抗弯弹性模量、硬度试样, 然后按上述国家标准测试方法, 分别测定木材含水率、干缩率、基本密度、顺纹抗压强度、抗弯强度、抗弯弹性模量及硬度等。

单板厚度的变化是检测单板质量的一个重要指标。单板厚度偏差检测是在木段旋切成圆形后重新进刀, 在旋切完 10 圈后, 每 10 圈等距离截取一块 1 000 mm × 80 mm 的单板, 作为单板厚度测量的试件。检测方法是用螺旋测微器对所截取的单板条分别测定 3 个点的厚度, 3 个点是指距单板条两端 100

mm 处各 1 个, 单板条中心点 1 个。

单板背面裂隙率检测试件是从旋切好的 1.1 mm 厚的单板中, 自木芯向外每隔 10 圈顺序截取 1 个 1 000 mm × 50 mm 的单板条, 用于测定单板的背面裂隙率。测计方法是在截取的单板条上距两端各 300 mm 的单板的背面, 均匀地涂布炭素墨水带, 待墨水全干后用刀片切开墨水带处, 再用带有刻度的 10 倍放大镜测定单板背面裂隙条数和裂隙深度 (从切开的端面上测计)。单板背面裂隙率是各裂隙深度和单板厚度之比的平均值。

2 结果与分析

2.1 闽楠人工林与天然林木物理性质的差异比较

对闽楠人工林与天然林木物理性状测定与统计结果见表 1, 各性状测定结果分述如下:

2.1.1 闽楠木材密度 由表 1 可知, 闽楠天然林与人工林含水率为 12% 时的气干密度分别为 0.721 g · cm⁻³ 和 0.572 g · cm⁻³, 属中等 (0.56 ~ 0.75 g · cm⁻³)^[2], 全干密度分别为 0.680 g · cm⁻³ 和 0.535 g · cm⁻³。差异显著性 *t* 检验结果表明: 闽楠人工林和天然林木密度差异达到极显著水平, 其中, 气干密度的 *t* 值 = 9.77, 全干密度的 *t* 值 = 28.90 (*t*_{0.01}(5) = 3.71)。由表 1 还可看出, 各性状均值准确指数基本小于 5%, 因此认为试验结果较可靠。天然林气干和全干密度均大于人工林, 这可能受两方面原因的影响, 一是闽楠人工林组织结构比天然林稍疏松, 二是由于人工林试样取自 20 年生林分, 有可能此林龄的闽楠木材密度还没有达到稳定值^[5-6]。但人工林气干密度变异系数小于天然林, 表明闽楠人工林木密度较天然林均匀, 人工林木比天然林更易于加工。

2.1.2 闽楠木材干缩性 由表 1 可知, 闽楠人工林和天然林木气干状态下体积干缩率分别为 4.935% 和 6.439%, 全干状态下分别为 9.330% 和 11.376%, 属中等^[7], 且气干、全干两种状态下体积干缩率的变异系数均相近。

木材干缩系数是反映木材在干燥过程中收缩程度的一个指标^[3-4], 在气干和全干状态下, 闽楠人工林木材径向、弦向、体积干缩率均小于天然林木材 (表 1), 差异显著性 *t* 检验表明, 两者之间的差异均达到极显著水平, 说明闽楠人工林木材的尺寸稳定性较天然林好。

表 1 闽楠天然林与人工林木材物理力学性质均值及变异统计

试验项目	平均值		标准差		标准误		变异系数 / %		准确指数 / %		
	天然林	人工林	天然林	人工林	天然林	人工林	天然林	人工林	天然林	人工林	
气干密度 / (g · cm ⁻³)	0.721	0.572	0.016	0.006	0.007	0.002 9	2.15	1.99	0.97	0.51	
全干密度 / (g · cm ⁻³)	0.68	0.535	0.014	0.006	0.006	0.002 8	1.12	1.17	0.88	0.52	
干缩率 / % (气干)	弦向	4.255	3.249	0.301	3.249	0.134	0.127	7.06	8.73	3.15	3.91
	径向	2.21	1.697	0.252	1.697	0.113	0.064	11.39	8.5	5.11	3.77
	体积	6.439	4.935	0.487	4.935	0.218	0.174	7.57	7.9	3.39	3.53
干缩率 / % (全干)	弦向	7.298	5.965	0.205	0.112	0.092	0.05	2.81	1.88	1.26	0.84
	径向	4.164	3.384	0.166	0.142	0.074	0.064	3.99	4.2	1.78	1.89
	体积	11.376	9.33	0.25	0.225	0.112	0.100 6	2.2	2.41	0.98	1.08
体积干缩系数 / %	0.503	0.414	0.046	0.005	0.021	0.002	9.11	1.12	4.17	0.48	
硬度 / N	端面	7 583	7 625	175.59	375	101.38	216.51	2.31	0.05	1.34	2.84
	弦面	6 625	5 275	25	425	14.43	245.37	0.38	0.08	0.22	4.65
	径面	6 183	5 375	381.88	475	220.48	274.24	6.18	0.09	3.57	5.1
顺纹抗压强度 / MPa	51.2	42.3	3.947	2.5	1.396	0.7	7.71	5.9	2.73	1.65	
抗弯强度 / MPa	125.6	88.4	10.543	3.5	3.728	1.1	8.39	3.9	2.97	1.24	
抗弯弹性模量 / MPa	9 992	8 241	1 471.847	834.8	520.377	251.7	14.73	10.1	5.21	3.05	

注:试验样本数 $n=10$

为比较径向和弦向 2 个方向木材干缩的差异程度,常用弦向干缩和径向干缩之比——差异干缩 D 来表示,从表 1 可以计算出闽楠天然林与人工林气干状态下差异干缩分别为 1.93 和 1.91,全干状态下闽楠天然林与人工林差异干缩分别为 1.75 和 1.76,差异干缩属中等,与优良阔叶树种水曲柳 (*Fraxinus mandschurica* Rupr.) 十分相近^[8]。

2.1.3 闽楠木材主要力学性质 闽楠天然林木材端面、径面和弦面硬度分别为 7 583、6 183、6 625 N,端面强度分别为径面和弦面的 1.14 倍和 1.22 倍。闽楠人工林端面、径面和弦面硬度分别为 7 625、5 375、5 275 N,端面强度分别为径面和弦面的 1.46 倍和 1.42 倍。对于木材硬度指标来说,针、阔叶材均以端面硬度比侧面硬度高^[9],本次试验也证实了这一点。另外,从闽楠人工林和天然林木材硬度的差异显著性 t 检验结果表明:两者端面、径面和弦面硬度之间差异不显著,说明从木材硬度来看,闽楠天然林与人工林没有显著差异。

闽楠天然林木材顺纹抗压强度、抗弯强度及抗弯弹性模量分别为 51.2、125.6、9 992 MPa,分别是人工林的 1.2、1.4、1.2 倍,差异显著性 t 检验表明,两者之间的差异均达到极显著水平,说明闽楠天然林木材顺纹抗压强度、抗弯强度及抗弯弹性模量要优于人工林,这可能与试材年龄差异有关。

2.2 闽楠与其他树种木材物理力学性状的比较

将闽楠天然林、人工林木材物理力学性状与香椿 (*Toona sinensis* (A. Juss.) Roem.)^[10]、杉木

(*Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook.)^[8]、南方红豆杉 (*Taxus chinensis* (Pilg.) Rehd. var. *mamei* (Lenee et L. Ól.) Cheng et L. K. Fu)^[8]、突脉青冈 (*Cyclobalanopsis elevaticostata* Q. F. Zhen)^[11]、福建柏 (*Fokienia hodginsii* (Dunn) Henry et Thomas)^[12-13]、水曲柳^[8]等树种木材物理性状的对比情况列于表 2,闽楠天然林木材的气干密度和基本密度分别为 0.721 g · cm⁻³ 和 0.58 g · cm⁻³,与突脉青冈相近,分别是杉木、福建柏、南方红豆杉、香椿、突脉青冈和水曲柳的 1.93、1.63、1.06、1.17、0.98、1.14 倍以上。闽楠人工林木材气干密度和基本密度分别为 0.572 g · cm⁻³ 和 0.475 g · cm⁻³,与香椿相近,分别是杉木、福建柏、南方红豆杉、香椿、突脉青冈和水曲柳的 1.58、1.33、0.87、0.96、0.80、0.89 倍以上。

从木材的干缩性来看,闽楠天然林木材体积干缩系数为 0.503%,分别是杉木、福建柏、南方红豆杉、香椿和突脉青冈的 1.31、1.30、1.65、1.21、1.17 倍,闽楠人工林木材体积干缩系数为 0.414%,分别是杉木、福建柏、南方红豆杉、香椿和突脉青冈的 1.08、1.07、1.36、1.00、0.96 倍;从木材的差异干缩来看,闽楠天然林和人工林为 1.75 和 1.76,和福建柏、香椿、水曲柳相似,优于杉木和突脉青冈,而比南方红豆杉稍差。

从木材硬度来看,闽楠天然林和人工林木材的端面和侧面硬度差异不显著,因此以人工林木材硬度和其他树种相比较可知,闽楠人工林木材端面和侧面硬度分别为 7 625 N 和 5 325 N,与突脉青冈相

当, 端面硬度分别是杉木、福建柏、南方红豆杉、香椿和水曲柳的 2.72、1.80、1.26、1.48、1.30 倍, 侧面硬度分别是杉木、福建柏、南方红豆杉、香椿和水曲柳的 3.85、2.03、0.99、1.31、0.91 倍。从木材顺纹抗压强度、抗弯强度及抗弯弹性模量来看, 天然林木材与突脉青冈和水曲柳相当, 而人工林则与香椿和南方红豆杉相当。

采用加权法 (其中气干密度、基本密度、弦向干缩率、径向干缩率、体积干缩系数、端面硬度、侧面硬度、木材顺纹抗压强度、抗弯强度及抗弯弹性模量的比重分别为 0.1), 综合评价闽楠木材的物理力学性质和工艺性质优于杉木和福建柏, 与优良的家具和室内装饰用材树种突脉青冈、水曲柳、香椿、南方红豆杉等相似。

表 2 闽楠木材物理性质与其他树种比较

试验项目	闽楠		杉木	福建柏	南方红豆杉	香椿	突脉青冈	水曲柳
	天然林	人工林						
气干密度 / ($\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$)	0.721	0.572	0.36	0.419	0.659	0.561	0.719	0.64
基本密度 / ($\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$)	0.58	0.475	0.3	0.356	0.548	0.494	0.594	0.51
干缩率 / %								
弦向	7.298	5.965	4.95	3.858	5.22	3.9	9.61	4.8
(全干) 径向	4.164	3.384	2.25	2.153	3.81	2.1	3.14	2.6
差异干缩	1.75	1.76	2.2	1.79	1.37	1.86	3.08	1.85
体积干缩系数 / %	0.503	0.414	0.384	0.388	0.305	0.415	0.43	-
硬度 / N								
端面	7.583	7.625	2.803	4.234	6.052	5.146	7.071	5.874
侧面	6.404	5.325	1.382	2.622	5.392	4.066.5	5.181.5	5.845
顺纹抗压强度 / MPa	51.2	42.3	37	33.6	44.5	43.9	51.6	49.5
抗弯强度 / MPa	125.6	88.4	62.5	75.3	85	91.4	113.3	106.7
抗弯弹性模量 / Pa	9.992	8.241	9.400	9.020	9.000	9.900	13.400	12.700
(综合评价)	2.416.9	2.133.3	1.369.3	1.599.2	2.058.4	1.925.5	2.583.2	2.458.4

2.3 闽楠单板旋切特性

从表 3 可知, 闽楠天然林与人工林 1.1 mm 旋切板背面裂隙率频率分布基本上在 40% 以上, 并且 50% ~ 60% 的频率最高。闽楠单板人工林和天然林背面裂隙率分别为 55% 和 56%, 并且基本上由里向外不同位置, 单板的各种裂隙频度的总体趋势是: 接近髓心部分的单板背面裂隙率和每厘米长度的裂隙

条数逐渐减少。

另外, 从闽楠单板旋切厚度的偏差来看, 人工林和天然林分别为 0.08 mm 和 0.09 mm, 并且人工林单板旋切厚度的偏差变异系数要略小于天然林, 这可能与闽楠人工林木材密度较天然林均匀有关, 这也一定程度上说明人工林木材比天然林木材更易于加工。

表 3 闽楠单板厚度偏差和背面裂隙率

材料来源	位置	单板厚 / mm	变异系数 / %	背面裂隙条数	背面裂隙率 / %	变异系数 / %
人工林	外	1.188	0.02	21	52.85	18.07
	中	1.173	0.17	21	57.27	34.17
	内	1.187	0.05	20	57.64	21.65
	(平均)	1.183	0.08	21	55.92	24.63
天然林	外	1.196	0.114	22	53.66	22.1
	中	1.185	0.095	21	58.34	28.2
	内	1.207	0.090	21	52.25	17.5
	(平均)	1.196	0.010	21	54.75	22.6

3 结论

(1) 闽楠天然林木材气干密度和全干密度分别为 $0.721 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ 和 $0.680 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$, 与突脉青冈相近, 闽楠人工林木材气干密度和全干密度分别为

$0.572 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ 和 $0.535 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$, 与香椿相近。闽楠天然林气干密度、全干密度和基本密度均大于人工林, 差异达到极显著水平, 但人工林木材密度变异系数却小于天然林。

(2) 闽楠人工林和天然林木材气干状态下体积

干缩率分别为 4.935%和 6.439%,全干状态下分别为 9.330%和 11.376%,属中等。但从干缩性数据可知闽楠人工林木材的尺寸稳定性稍差于天然林。从木材的差异干缩来看,闽楠天然林和人工林为 1.75和 1.76,和福建柏、香椿、水曲柳相似,优于杉木和突脉青冈,而比南方红豆杉稍差。

(3)闽楠天然林木材端面、径面和弦面硬度分别为 7 583、6 183、6 625 N,闽楠人工林端面、径面和弦面硬度分别为 7 625、5 375、5 275 N,天然林稍大于人工林,但差异不显著。闽楠天然林木材顺纹抗压强度、抗弯强度及抗弯弹性模量分别为 51.2、125.6、9 992 MPa,分别是人工林的 1.2、1.4、1.2 倍,两者之间的差异均达到极显著水平。

(4)闽楠天然林与人工林 1.1 mm 旋切板单板厚度的偏差分别为 0.09 mm 和 0.08 mm,背面裂隙率分别为 56%和 55%,并且,原木由里向外接近髓心部分的单板背面裂隙率和每厘米长度的裂隙条数逐渐减少。

(5)综合木材物理和力学性质来看,闽楠的物理力学性质和工艺性质优于杉木和福建柏,与突脉青冈、水曲柳、香椿、南方红豆杉等相似。

参考文献:

- [1] 傅立国,金鉴明. 中国植物红皮书——稀有濒危植物 [M]. 北京:科学出版社,1991
- [2] 成俊卿. 中国热带亚热带木材识别、材性和利用 [M]. 北京:科学出版社,1980
- [3] 成俊卿. 木材学 [M]. 北京:中国林业出版社,1985
- [4] 董再康,俞友明,郑勇平. 黑杨派新无性系木材物理力学性质研究 [J]. 林业科学研究,2002,15(4):450-456
- [5] 李金花,张绮纹. 不同年龄 47号杨木材性质变异研究 [J]. 林业科学研究,2005,18(5):567-572
- [6] 王明麻,黄敏仁,阮锡根,等. 黑杨派新无性系木材性状的遗传改良 [J]. 南京林业大学学报,1988,12(1):1-9
- [7] 中国林科院木材工业研究所. 中国主要树种的木材物理力学性质 [M]. 北京:中国林业出版社,1982
- [8] 江泽慧,彭镇华. 世界主要树种木材科学特性 [M]. 北京:科学出版社,2001
- [9] 蔡坚,潘文,冯水,等. 间伐强度对湿地松木材性质的影响规律研究 [J]. 林业科学研究,2002,15(3):297-303
- [10] 骆嘉言,林金国,李大岔,等. 香椿人工林和天然林木材材性的比较研究 [J]. 西北林学院学报,2003,18(2):77-79
- [11] 林金国,郑郁善,陈新兴,等. 突脉青冈木材物理力学性质的研究 [J]. 福建林学院学报,1999,19(1):47-49
- [12] 陈祖松. 福建柏人工林木材物理力学性质的试验研究 [J]. 福建林学院学报,1999,19(3):223-226
- [13] 肖祥希,杨宗武,叶忠华,等. 福建柏与杉木、马尾松人工林木材材性比较分析 [J]. 林业科技通讯,2000(2):3-5