

研究简报

红松幼龄材与成熟材力学性质的差异

刘迎涛, 刘一星, 李坚

(东北林业大学材料科学与工程学院, 哈尔滨 150040)

摘要: 本文研究了人工林和天然林红松幼龄材与成熟材力学性质的差异。结果显示, 成熟材的所有力学性质均高于幼龄材。幼龄材与成熟材的抗弯弹性模量差异在人工林红松中达 0.01 水平显著, 天然林红松也达到 0.01 水平显著; 人工林红松抗弯强度和弦向横纹抗压强度差异达 0.05 水平显著。抗弯强度、顺纹抗压强度、横切面硬度和弦向横纹抗压强度 4 项指标的差异达 0.05 水平显著。

关键词: 人工林; 天然林; 红松; 幼龄材; 成熟材; 力学性质

中图分类号: S781.2 文献标识码: B 文章编号: 1001-8654(2005)02-0032-03

Analysis of Properties between Juvenile and Mature Wood of Korean Pine from Plantation and Natural Forest

LIU Ying-tao, LIU Yi-xing, LI Jian

(College of Material Science and Engineering, Northeast Forestry University, Harbin 150040, China)

Abstract: The differences in mechanical properties between juvenile and mature wood of Korean Pine (*Pinus Koraiensis*) from plantation and natural forest were analyzed. A basic tendency exhibited by all of the properties was: the properties index of mature wood were much better than that of juvenile wood. The difference in MOE of plantation Korean Pine reached 0.01 level of significance while MOR and tangential crushing strength reached 0.05 level of significance. The difference in MOE of natural Korean Pine also reached 0.01 level of significance and MOR, radial crushing strength, hardness of cross section and tangential crushing strength reached 0.05 level of significance.

Key words: Plantation; Natural forest; Korean Pine; Juvenile wood; Mature wood; Mechanical property

红松是我国珍贵用材树种之一, 是东北地区小兴安岭和长白山林区针阔叶混交林的重要组成树种。红松木材的力学强度适中、尺寸稳定性好, 且材质轻软, 加工容易; 木材有光泽, 美观, 不易开裂, 不易曲挠, 是深受欢迎的用材树种之一, 被广泛应用于家具、室内装饰、建筑、船舶、车辆车厢制造等领域。

随着天然林红松资源的减少, 大量人工种植红松林的补充, 为缓解红松木材供需矛盾开辟了新径。但无论是天然林红松还是人工林红松, 其幼龄材与成熟

材均存在着差异, 尤其是力学性质。深入研究人工林和天然林红松幼龄材与成熟材力学性质的差异, 对于合理利用红松木材资源具有重要意义。

以往学者较注重红松材性的基础性研究^[1~3], 对其幼龄材与成熟材性质的比较研究较少。本研究前期工作中, 根据人工林和天然林红松的解剖特征, 划分出人工林红松幼龄材与成熟材的界限为 15 年, 天然林红松的成熟期为 35 年^[4]。在此基础上, 笔者等分别对人工林和天然林红松幼龄材与成熟材的力学性质进行了测试和分析, 并通过方差分析, 研究红松幼龄材与成熟材力学性质差异的显著程度, 旨在为人工林红松的培育措施和木材高效利用提供理论依据。

收稿日期: 2004-02-09; 修改稿: 2004-04-26

作者简介: 刘迎涛(1969—), 男, 东北林业大学材料科学与工程学院讲师, 博士研究生。

1 试验材料与测试方法

1.1 试验材料

试验用人工林和天然林红松(*Pinus koraiensis*)均采自黑龙江省带岭凉水试验林场,取样方法按国标 GB 1927-91《木材物理力学试样采集方法》进行,试材的基本情况如表 1 所示。

表 1 红松试材的基本情况

Tab. 1 Basic information for Korean Pine samples

林分种类	平均树龄 /a	生长地形 /(°)	平均树高 /m	平均胸径 /cm
天然林	120	阳坡 10~15	25.0	30.0
人工林	29	阳坡 5~10	12.5	13.0

注:取样高度 1.3 m;圆盘厚度 50 mm。

1.2 力学性质测试

按照国标 GB 1927~1973-91 木材物理力学性质检测方法,分别对人工林和天然林红松的抗弯强度、抗弯弹性模量、冲击韧性、顺纹抗压强度、硬度和横纹抗压强度等力学性质指标进行测试。

2 结果与讨论

根据木材结构和性质差异,树干分为两个区域:幼龄材,即指环绕髓心、呈圆柱状的部分,是活性树冠区域的顶端分生组织长期对形成层的木材分生影响的结果;成熟材,指随着树木生长、树冠上移,顶端分生组织对树干某一高度形成层区域的影响减弱后形成的部分。

幼龄材与成熟材相比,成熟材具有该树种正常的性质,而幼龄材的构造特征和物理力学性质普遍低劣,在针叶树材中这种差异比阔叶树材更为明显,影响了木材的加工与利用。在一些用途中,常常限制使用幼龄材作结构材。

本研究分别对人工林和天然林红松幼龄材与成熟材的力学性质进行了测试和分析^[4],测试结果见表 2 和表 3,方差分析结果见表 4 和表 5。

人工林红松的 9 项力学性质中,成熟材的所有指标均高于幼龄材,差异相对值平均为 6.98%。其中,

表 2 人工林红松幼龄材与成熟材的性质

Tab. 2 Properties of juvenile and mature wood for plantation Korean Pine

性质 测试指标	幼龄材				成熟材				幼龄材与成熟材的差异			
	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/%	试样 数	平均 值	变异系 数/%	
MOR / MPa	25	58.70	7.80	13.40	30	64.20	8.60	13.5	61.45	5.50	8.95	
MOE / GPa	25	3.72	0.79	21.16	26	4.93	0.70	14.0	4.33	1.21	27.90	
冲击韧性/(kJ·m ⁻²)	25	2.22	0.76	34.06	22	2.28	0.66	29.1	2.25	0.06	2.67	
顺纹抗压/MPa	30	32.80	4.70	14.20	30	34.90	4.20	11.9	33.85	2.10	6.20	
横切面	30	2286.9	348.4	15.20	30	2314.1	279.3	12.1	2300.5	27.2	1.18	
硬度 /N	30	1716.7	319.7	18.60	30	1720.7	299.5	17.4	1718.7	4.0	0.23	
弦切面	30	1816.2	307.3	16.90	30	1844.7	250.8	13.6	1830.4	28.5	1.56	
横纹抗压/MPa	弦向	27	3.69	0.50	13.70	29	4.12	0.80	19.2	3.91	0.43	11.00
	径向	30	4.49	0.76	16.90	29	4.63	0.60	13.1	4.56	0.14	3.09
气干密度/(g·cm ⁻³)	30	0.41	0.024	6.00	30	0.45	0.03	7.2	0.43	0.04	9.61	

注: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/幼龄材成熟材平均值×100%,以下同。

表 3 天然林红松幼龄材与成熟材的力学性质

Tab. 3 Properties of juvenile and mature wood for natural Korean Pine

性质指标	幼龄材				成熟材				幼龄材与成熟材的差异			
	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/%	试样数	平均值	变异系数/%	
MOR / MPa	20	77.3	9.7	12.5	27	83.4	10.6	12.7	80.35	6.1	7.59	
MOE / GPa	20	4.56	0.79	0.8	28	5.70	1.56	27.4	5.13	1.14	22.20	
冲击韧性/(kJ·m ⁻²)	17	3.33	1.08	32.5	19	3.58	0.46	7.77	3.45	0.25	7.24	
顺纹抗压/MPa	30	47.0	6.51	13.8	30	50.3	3.9	7.8	48.65	3.3	6.78	
硬度 /N	横切面	30	2328.2	276.1	11.9	30	2553.3	393.1	15.4	2440.7	225.1	9.22
	径切面	30	1804.8	266.2	14.7	30	1920.3	517.7	27	1862.5	115.5	6.20
	弦切面	30	1980.3	323.9	16.4	30	2114	394.1	16.6	2047.1	133.7	6.53
横纹抗压/MPa	弦向	30	4.21	0.9	21.9	29	4.90	1.0	20.7	4.56	0.69	15.20
	径向	29	3.77	0.6	16.7	27	4.24	1.23	28.9	4.01	0.47	11.80
气干密度/(g·cm ⁻³)	30	0.43	0.023	4.9	30	0.46	0.03	6.6	0.45	0.03	6.93	

表 4 人工林红松幼龄材与成熟材性质差异的方差分析
Tab. 4 Variance of analysis of juvenile and mature wood for plantation Korean Pine

性质指标	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	471.13	471.13	6.77*	7.14	4.02
	组间	53	3687.34	69.57			
	合计	54	4158.47				
抗弯弹性模量	组内	1	18.55	18.55	33.73**	7.18	
	组间	49	26.89	0.55			
	合计	50	45.45				
冲击韧性	组内	1	0.05	0.05	0.10	7.23	4.06
	组间	45	22.93	0.51			
	合计	46	22.98				
顺纹抗压强度	组内	1	63.86	63.86	3.26	7.09	4.01
	组间	58	1134.58	19.56			
	合计	59	1198.44				
硬度-横切面	组内	1	11040	11040	0.11	7.09	4.01
	组间	58	5780992	99672			
	合计	59	5792032				
硬度-径切面	组内	1	224	224	0.00	7.09	4.01
	组间	58	5561344	95885			
	合计	59	5561568				
硬度-弦切	组内	1	12160	12160	0.15	7.09	4.01
	组间	58	4562384	78667			
	合计	59	4574544				
横纹抗压强度-弦向	组内	1	2.60	2.60	5.81*	7.13	4.02
	组间	54	24.21	0.45			
	合计	55	26.81				
横纹抗压强度-径向	组内	1	0.28	0.28	0.58	7.11	4.01
	组间	56	26.50	0.47			
	合计	57	26.78				

注: * 为 0.05 水平显著; ** 为 0.01 水平显著。以下同。

水平显著,抗弯强度和弦向横纹抗压强度差异达0.05水平显著,其余指标差异不显著。幼龄材与成熟材差异在不同性质上的表现差别甚大,差异相对值变化幅度为0.23%~27.9%。

天然林红松的力学性质测定表现出与人工林红松相同的趋势,差异相对值平均为10.31%,比人工林略高。其中也是抗弯弹性模量差异相对值最大(22.2%),差异达0.01水平显著,其次是抗弯强度、顺纹抗压强度、横切面硬度和弦向横纹抗压强度等4项指标,差异达0.05水平显著,其余差异不显著。幼龄材与成熟材差异在不同性质上的表现差别也较大,差异相对值变化幅度从6.20%~22.2%,略小于人工林。

本研究的结果与 Zobel 等^[5]研究结果基本一致。

3 结论

人工林和天然林红松力学性质的基本趋势是成熟材高于幼龄材,其中抗弯弹性模量、抗弯强度和抗压强度3项主要指标差异达0.01或0.05水平显著,此趋势在天然林红松中更明显。

表 5 天然林红松幼龄材与成熟材力学性质差异的方差分析
Tab. 5 Variance of analysis of juvenile and mature wood for natural forest Korean Pine

性质指标	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	423.81	423.81	4.05*	7.23	4.02
	组间	45	4709.72	69.57			
	合计	46	5133.53				
抗弯弹性模量	组内	1	15.13	15.13	8.94**	7.22	
	组间	49	77.83	1.69			
	合计	50	92.95				
冲击韧性	组内	1	0.56	0.05	0.10	7.44	4.13
	组间	58	28.11	0.48			
	合计	59	22.98				
顺纹抗压强度	组内	1	166.33	166.33	5.76*	7.09	4.01
	组间	58	1673.55	28.85			
	合计	59	1839.88				
硬度-横切面	组内	1	760032	760032	6.59*	7.09	4.01
	组间	58	6691584	115372			
	合计	59	7451616				
硬度-径切面	组内	1	200096	200096	1.18	7.09	4.01
	组间	58	9826704	169426			
	合计	59	10026800				
硬度-弦切面	组内	1	268288	268288	2.06	7.09	4.01
	组间	58	7546576	130113			
	合计	59	7814864				
横纹抗压强度-弦向	组内	1	6.20	6.02	6.88*	7.10	4.01
	组间	57	52.92	0.93			
	合计	58	59.12				
横纹抗压强度-径向	组内	1	3.11	3.11	3.34	7.11	4.02
	组间	54	50.29	0.93			
	合计	55	53.40				

由于红松幼龄材与成熟材的力学性质差异显著,造林部门应及时通过调整营林措施缩小幼龄材的比例及其生长期,通过良种培育或遗传基因改良等手段提高林木质量,尤其是提高幼龄材的性质。应用部门也应该根据人工林和天然林红松幼龄材与成熟材各自的力学性质特点,深入研究精深加工和高效利用新技术,做到因材而用,提高木材利用率。

参考文献:

[1] 黄达章. 草河口速生红松的生长发育对物理力学性质的影响[J]. 林业科学, 1959, 6: 489-495.
[2] 李克志. 红松生长过程的研究[J]. 林业科学, 1983, 19(2): 127-135.
[3] 郭德荣. 人工林红松纤维角变异与管胞长度和拉伸强度的关系[J]. 东北林业大学学报, 1982, 10(2): 39-48.
[4] 刘迎涛. 生长速率对红松木材品质变异规律影响的研究[D]. 哈尔滨: 东北林业大学, 1996.
[5] Zobel B J & Van Buijtenen J P. Wood Variation-its Causes and Control[C]. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, New York, London, Paris, Tokyo, 1989.

(责任编辑 姜征)