

培育措施对人工林樟子松木材力学性质的影响*

郭明辉 陈广胜 王金满 李海英

(东北林业大学材料科学与工程学院, 哈尔滨 150040)

摘要: 对不同培育措施的人工林樟子松 (*Pinus sylvestris*) 木材力学指标进行测试和分析, 结果表明: 不同的培育措施 (初植密度、间伐强度、坡向、坡位) 对樟子松人工林木材的绝大多数力学强度指标有显著的影响, 可选择阳坡、坡下、 $1.5\text{m}\times 1.0\text{m}$ 、轻度间伐林分进行定向培育, 来提高木材力学强度性能, 从而加快林木生长, 培育高产、优质的结构、建筑用材及胶合板材林。

关键词: 培育措施 人工林 樟子松 力学性质

The Effect of Silvicultural Measures on Mechanical Properties of *Pinus sylvestris* Plantations

Guo Minghui Chen Guangsheng Li Haiying Wang Jinman

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

Abstract: For different silvicultural measures, the mechanical properties of *Pinus sylvestris* plantations were measured and analyzed. The results showed that the effect of silvicultural measures on many mechanical properties of *Pinus sylvestris* Plantations were not significant. In order to increase the mechanical properties of wood, growth-promoting and then get the better structure building lumber and glued lamination board, the stands on south slope or at the down of slope, and with density of $1.5\text{m}\times 1.0\text{m}$, properly thinning could be selected. Results of this study can provide a theoretical base and good guidance for oriented breeding of *Pinus sylvestris* plantations.

Key words: Silviculture, Plantation Mechanical, *Pinus sylvestris*, Mechanical properties

木材物理力学性质是木材科学加工与合理利用最重要的特征之一。不同树种, 由于木材构造不同, 其物理力学性质差异较大。即使是同一树种, 株间、株内物理力学性质变异也很大, 同一树种在不同的生长环境下木材物理力学性质的某些指标也不同^{[1]、[2]}。

樟子松 (*Pinus sylvestris* var. *mongolica* Litv.), 为欧洲赤松分布至远东的一个地理变种。阳性树种, 高 30—40m, 胸径为 80cm—100cm, 耐寒性强, 能耐—50℃的低温。樟子松适应性强, 其木材的用途极广, 可做建筑、箱板、船舶等, 由于其木材质量好, 生长快, 以被重点培育和开发利用。木材物理力学性质包括很多, 本文主要选择对人工林樟子松木材综合利用影响大的指标进行比较, 包括木材密度、抗弯强度、抗弯弹性模量、冲击韧性、硬度等。

1 试材采集及测试方法

实验林选自东北林业大学冒儿山实验林场, 从“七五”到“八五”期间人工培育经营的樟子松实验林和对照林内取样, 分别在不同初植密度 ($1.5\text{m}\times 1.0\text{m}$ 、 $1.5\text{m}\times 2.0\text{m}$ 、 $1.5\text{m}\times 2.5\text{m}$)、不同间伐强度 (未间伐、轻度间伐、重度间伐)、不同坡位 (坡上、坡下)、不同坡向 (阳坡、阴坡) 的林分内取样, 取样方法按照国家标准《木材物理力学试材采集方法》GB1927-91 的规定进行。在每个样地上, 至少选取三株平均标准样木, 在胸高处 (1.3m) 截取 1.2m 长木棍, 标明南北方向和记号, 带回实验室作为测试物理力学性质的试材。标明南北方向和记号, 带回实验室作为试材。样木基本情况见表 1。

试样的制备与测试按照国家标准《木材物理力学试验方法》(GB1927-1973-91) 的有关规定进行。

*本研究为霍英东基金项目与黑龙江省科技攻关项目的部分内容编号为 G99B5-3。

第一作者简介: 郭明辉, 1964 年生, 女, 东北林业大学材料科学与工程学院, 教授, 博士后。主要从事生物木材学, 木材干燥学方面的研究。电话: 0451-88586998, 82190595

表 1 样木基本情况

Table 1 Sample basic outlines

培育措施	株数/株	龄/a	平均胸径/cm	坡位	坡向	株行距/m ²	
初植密度	1.5×1.0	3	26	13.13	坡下	阳坡	1.5×1.0
	1.5×2.0	3	23	12.01	坡下	阳坡	1.5×2.0
	1.5×2.5	3	26	13.76	坡下	阳坡	1.5×2.5
间伐强度	未间伐	3	26	13.13	坡下	阳坡	1.5×1.0
	轻度间伐	3	29	13.42	坡下	阳坡	2×3
	重度间伐	3	31	15.12	坡下	阳坡	4×3
坡向	阳坡	3	35	15.42	坡中	阳坡	2×3
	阴坡	3	29	13.95	坡中	阴坡	2×3
坡位	坡下	3	30	13.25	坡下	阳坡	2×2.5
	坡上	3	31	14.12	坡上	阳坡	2×2.5

2 结果与讨论

2.1 初植密度对樟子松人工林主要力学性质的影响

2.1.1 木材密度

木材密度指标的大小极其变异是木材材性改良和定向培育的主要依据和理论基础^{[3]、[4]}。不同初植密度下人工林樟子松木材密度的平均值(表 2): 1.5×1.0>1.5×2.0>1.5×2.5, 即随着初植密度的增加木材的密度增大。方差分析结果表明(表 3), 三者差异显著。说明初植密度对木材密度有较大的影响, 因此根据木材的用途选用合理的初植密度, 以便培育出符合最终目标的木材密度指标。

表 2 不同初植密度、间伐强度下人工林樟子松的木材力学指标测试结果

Table 2 The testing results of wood mechanical properties on different planting density and thinning

力学性质	初植密度			间伐强度		
	1.5×1.0	1.5×2.0	1.5×2.5	未间伐	轻度间伐	重度间伐
基本密度 (g/cm ³)	0.378	0.374	0.365	0.378	0.375	0.361
标准差	0.038	0.049	0.037	0.039	0.041	0.040
变异系数%	10.02	13.3	10.16	10.02	11.29	11.081
MOE(MPa)	92.013	88.804	86.281	90.013	92.939	89.078
标准差	7.673	7.537	6.344	7.673	6.974	8.885
变异系数%	8.34	8.48	7.35	8.54	7.475	9.97
MOR(GPa)	14.422	12.832	10.865	14.422	15.809	13.386
标准差	5.83	5.58	5.21	5.83	6.97	5.995
变异系数%	40.42	43.48	47.95	40.42	50.47	38.96
冲击韧性 (kJ/cm ²)	24.923	24.371	23.107	24.923	24.743	24.082
标准差	3.026	4.581	7.9341	3.026	4.37	4.117
变异系数%	12.14	18.8	34.34	12.14	17.66	17.09
顺纹抗压强度(MPa)	40.923	41.922	39.628	40.923	42.287	41.287
标准差	5.741	4.018	5.407	5.741	5.388	5.487
变异系数%	14.06	9.57	13.64	14.06	12.74	13.28
硬度(端面)(kg/cm ²)	258.412	254.281	251.744	258.411	259.32	254.453
标准差	33.451	41.5	34.87	33.451	40.177	36.519

变异系数%	12.94	16.32	13.85	12.94	15.49	14.35
-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

表 3 不同初植密度、间伐强度下人工林樟子松的木材力学指标的方差分析

Table 3 Variance analysis of wood mechanical properties on different planting density and thinning

物理力学性质	初植密度		间伐强度	
	F 值	F _n (0.05)	F 值	F _n (0.05)
基本密度	3.628 [*]	3.124	0.999	3.107
MOE	4.590 [*]	3.104	3.679 [*]	3.101
MOR	2.883	3.108	1.976	3.104
冲击韧性	0.858	3.101	3.649 [*]	3.101
顺纹抗压强度	1.52	3.101	3.893 [*]	3.101
硬度	2.107	3.127	0.446	3.107

2.1.2 木材力学性质

木材力学性质是结构用材的主要材性指标，其中抗弯强度（MOR）、抗弯弹性模量(MOE)、冲击韧性及硬度是木材重要的力学材性指标之一^[6]。通过对不同初植密度人工林樟子松的木材力学性质的测量，来探讨不同初植密度的林分对木材力学性质的影响。

不同初植密度下人工林樟子松木材力学指标的统计（表 2）表明：三种初植密度的端面硬度、木材抗弯强度（MOR）、抗弯弹性模量(MOE)、顺纹抗压强度以及冲击韧性的最小值均出现在 1.5×2.5 株行距上，其最大值出现在 1.5×1.0 株行距上，说明初植密度越大，人工林樟子松木材的主要力学指标值越大。从方差分析中可知（表 3），木材抗弯强度（MOR）差异显著，其余指标均不显著。

2.2 间伐强度对人工林樟子松木材主要力学性质的影响

2.2.1 木材密度

关于间伐对木材密度影响的研究尚未有一致结论。Markstrom^[6]认为影响不显著，Cown^[7]，周鉴^[8]认为间伐使木材密度有所下降；吴义强^[9]认为适度间伐，使木材密度增大。

不同间伐强度下的木材密度的平均值相比（表 2），未间伐>轻度间伐>重度间伐即未间伐林略大于间伐，但方差分析表明（表 3），间伐强度对的木材密度影响的差异不显著。

2.2.2 力学性质

不同间伐强度的樟子松人工林力学性质的统计（表 2）表明：轻度间伐林端面硬度、木材抗弯强度 MOR、木材抗弯弹性模量(MOE)以及顺纹抗压强度均高于未间伐林，冲击韧性的平均值间伐林略小于未间伐林；重度间伐的力学指标大多小于轻度间伐林和未间伐林。从方差分析中可知（表 3），木材抗弯强度、顺纹抗压强度、冲击韧性差异显著。其由此可见重度间伐会见降低木材的强度，适当的间伐可提高木材的力学性质，还可以加快树木生长。为此在制定林木定向培育计划时，对于建筑和胶合板材，可采用间伐促使树木生长，并保证加工利用对材性的要求。

2.3 坡向对人工林樟子松木材主要力学性质的影响

2.3.1 木材密度

阴坡与阳坡的林分的木材密度平均值相比阳坡略小于阴坡（表 4），这是由于阳坡管胞直径大，生长轮较宽^[8]，导致阳坡的木材密度较小。方差分析结果表明，两者差异不显著（表 5）。

2.3.2 力学性质

表 4、5 显示了阳坡与阴坡的测定结果及方差分析结果，阳坡的端面硬度、木材抗弯弹性模量(MOE)、木材抗弯强度 MOR 以及顺纹抗压强度的平均值均高于阴坡，只有冲击韧性的平均值阳坡略小于阴坡。从方差分析中可知（表 5），木材力学性质的差异均不显著。

从以上分析可知，坡向对人工林樟子松木材力学性质的影响未达到显著水平。

表 4 不同坡向、坡位下人工林樟子松的木材物理力学指标的测试结果

Table 4 The testing results of wood mechanical properties on different slope aspect and slope position

物理力学性质	坡向		坡位	
	阳坡	阴坡	坡上	坡下
基本密度 (g/cm ³)	0.366	0.380	0.345	0.380
标准差	0.046	0.056	0.042	0.044
变异系数%	12.47	14.6	12.20	11.64
MOE(Mpa)	90.484	84.96	85.583	89.229
标准差	10.45	10.619	12.856	9.033
变异系数%	11.54	12.49	15.00	10.12
MOR(Gpa)	14.141	11.776	12.936	14.653
标准差	7.213	6.39	6.529	5.721
变异系数%	51.01	54.26	50.50	39.04
冲击韧性 (kJ/cm ²)	23.45	23.915	21.424	23.525
标准差	5.415	4.195	3.41	7.38
变异系数%	23.09	17.54	15.90	31.37
顺纹抗压强度 (MPa)	40.833	39.917	38.978	40.87
标准差	3.614	5	4.88	3.67
变异系数%	8.85	12.52	12.5	8.97
硬度 (端面) (kg/cm ²)	257.12	254.841	252.471	255.241
标准差	37.11	37.9	41.263	38.69
变异系数%	14.43	14.87	16.34	15.196

表 5 不同坡向、坡位下人工林樟子松木材力学指标的方差分析

Table 5 Variance analysis of wood mechanical properties on different slope aspect and slope position

物理力学性质	坡向		坡位	
	F 值	F _n (0.05)	F 值	F _n (0.05)
基本密度	0.561	3.996	4.764 [*]	4.001
MOE	4.055 [*]	4.01	4.61 [*]	4.007
MOR	1.773	4.01	5.173 [*]	4.007
冲击韧性	1.386	4.006	4.47 [*]	4.007
顺纹抗压强度	0.661	4.006	6.955 ^{**}	4.007
硬度 (端面)	0.058	3.995	0.073	4.004

2.4 坡位对人工林樟子松木材力学性质的影响

2.4.1 木材密度

木材密度的平均值相比坡下大于坡上 (表 4), 由于坡下林分的木材管胞直径小、晚材率大, 土壤肥沃等, 导致木材密度较大。方差分析结果表明 (表 5), 两者差异显著。

2.4.2 人工林樟子松木材的力学性质

木材力学性质的测定结果及方差分析结果见表 4、5, 坡下的力学指标均高于坡上, 经方差分析表明, 两者差异显著, 说明坡位对人工林樟子松的木材力学性质有显著影响。可选择坡下的人工林

樟子松林分作为建筑、结构材进行定向培育。

3 结论

3.1 不同初植密度下人工林樟子松木材密度的平均值比较： $1.5 \times 1.0 > 1.5 \times 2.0 > 1.5 \times 2.5$ ，随着初植密度的增加木材的密度增大，三者差异显著。初植密度越大，人工林樟子松木材的主要力学指标值越大，除木材抗弯强度差异不显著外，其余各指标均达到显著水平。说明初植密度对木材密度、各力学指标有显著的影响。

3.2 不同间伐强度下人工林樟子松木材密度的平均值比较为未间伐>轻度间伐>重度间伐即未间伐林略大于间伐，间伐强度对木材密度影响的差异不显著。轻度间伐林的各力学指标均较大，木材抗弯强度、顺纹抗压强度、冲击韧性差异显著。分析可知，重度间伐会见降低木材的强度，适当的间伐可提高木材的力学性质，还可以加快树木生长。

3.3 不同坡向下人工林樟子松木材生长轮密度、冲击韧性比较为阳坡小于阴坡；端面硬度、木材抗弯弹性模量(MOE)、木材抗弯强度 MOR 以及顺纹抗压强度均是阳坡高于阴坡，只有抗弯弹性模量的差异显著。坡向对人工林樟子松木材力学性质的影响未达到显著水平。

3.4 不同坡位下人工林樟子松木材生长轮密度，测定的各项力学指标均是坡下高于坡上，二者差异显著。坡位对人工林樟子松的木材力学性质有影响显著。可选择坡下的人工林樟子松林分作为建筑、结构材进行定向培育。

参考文献

- 1 李 坚等. 生物木材学. 哈尔滨: 东北林业大学出版社, 1993
- 2 郭明辉. 木材品质培育学. 哈尔滨: 东北林业大学出版社, 2001
- 3 刘盛全. 长江滩地速生杨树人工林木材性质与培育及利用的关系的研究. 中国林业科学研究院. 木材工业研究所(学位论文) 北京 1997
- 4 盛炜彤. 国外工业人工林培育的目标及技术途径. 世界林业研究, 1992, (3): 75-82
- 5 成俊卿. 木林学. 北京: 中国林业出版社, 1985
- 6 Markstrom. D. C Wood properties of immature Ponderosa Pine after thinning. For. prod. 1983, 33 (4): 33-36
- 7 Cown D. J Effect of thinning and fertilizer on wood properties of *Radiata*. NEJ.For .Sci. 1981,11(2): 79-91
- 8 周 釜. 落叶松间伐幼龄材的材质及其造纸性质兼论短轮伐期的造林问题. 林业科学, 1980 : (3)
- 9 吴义强等. 间伐强度对日本落叶松木材材性影响规律的研究. 世界林业研究, 1995(8): 305-313
- 10 Panshin. A.J. Textbook of Wood Technology. New York, 1980