

# 杉木不同优树材性的比较研究

何福基 马灵飞 许元科

(浙江林学院, 临安 311300) (景宁县营林公司)

**摘要** 通过对浙江省临安县和龙泉市各15株杉木子代优树材性测试和综合评定, 认为临75, 临5, 龙7, 龙25和龙26号是优良的工程用材优树; 龙23, 龙25, 龙28和临78号是优良的制浆造纸用材优树。其中龙25号是两者兼优的优树, 临78和龙26号是两者较好的优树。

**关键词** 优树; 木材性质; 杉木; 评价

**中图分类号** S781.2

杉木(*Cunninghamia lanceolata*)是我国南方特有的主要用材树种, 生长快, 干形通直圆满, 材质轻而韧, 易加工, 纹理美观, 有特殊香气, 板材不翘不裂, 抗蛀耐腐。它不仅广泛用于建筑、家具、桥梁和船舶, 同时也是重要的高级造纸原料。因此, 杉木长期处于供不应求的局面。为缓和这一矛盾, 新中国成立以来, 国家投入了大量资金, 建立杉木木材商品材基地, 大力发展杉木速生丰产人工林, 增加木材产量。与此同时, 在提高杉木生长量和适应性的良种选育方面, 也取得了突破性的进展, 但对杉木的晚材率、基本密度、纤维长度和抗压强度等等材性性状的改良则考虑不多。

随着杉木人工林的发展和遗传改良研究的日益深入及用户对于杉木木材品质方面要求的提高, 在杉木育种中, 选育生长与材性兼优的良种, 是发展的必然趋势。由于木材花纹、晚材率、密度、纤维长度和其他细胞尺寸、纤丝角、干缩系数、力学性质及化学组成等木材性状与速生丰产性状一般是相关不紧密的<sup>[1]</sup>, 因此可通过对杉木优树性状测试和遗传测定, 从中选育出生长和材性兼优的良种用于生产, 以满足社会需要。为此, 我们对浙江省临安县和龙泉市各15株杉木优树材性进行了比较研究。

## 1 试验材料与方法

### 1.1 试验材料

试验子代优树分别来自浙江省临安县和龙泉市, 各15株, 其中来自临安的优树情况见表

1。取各优树树高的1.00~1.50m气干1 a后的木段为供试材料。

### 1.2 取样方法

把树高1.00~1.50m的木段自下端往上锯取3个2 cm厚的圆盘。第1个圆盘用于年轮

收稿日期: 1994-09-12

表 1 临安县杉木优树情况一览表

Table 1 A list of the Chinese fir superior trees from Lin'an County

编 号	来 源	树 龄/a	树 高/m	胸 径/cm	产 地
1	横畈种子园	12	13.44	19.6	玲珑林场
2	横畈种子园	12	13.30	19.6	玲珑林场
3	横畈种子园	12	12.90	19.8	玲珑林场
4	横畈种子园	12	11.76	17.2	玲珑林场
5	横畈种子园	12	13.00	19.4	玲珑林场
71	横畈种子园	9	10.86	20.0	河桥乡朱秀村
73	横畈种子园	9	10.05	18.1	河桥乡
74	横畈种子园	9	11.83	19.0	河桥乡
75	横畈种子园	9	11.43	17.0	河桥乡
76	横畈种子园	9	11.86	18.1	河桥乡
77	横畈种子园	9	10.30	18.0	河桥乡
78	横畈种子园	9	12.55	19.2	河桥乡
79	横畈种子园	9	11.70	18.0	河桥乡
80	横畈种子园	9	12.45	17.2	河桥乡
82	横畈种子园	9	11.30	17.3	河桥乡

宽、晚材率和基本密度测定;第2个圆盘用于纤维形态的观测;第3个圆盘用于力学性能测定。

### 1.3 材性测试方法

1.3.1 晚材率测定 取第1个圆盘,用刻度尺从髓心向外测量各年轮宽度和晚材厚,正反左右各量1次。其平均值就是该年轮的宽度和晚材厚度。两者比例的百分数为晚材率。

1.3.2 基本密度测定 在第1个圆盘上,取2,4,6和8年轮层的小木块,每个年轮层取4块,用排水法测定基本密度。

1.3.3 力学性能测定 取第2个圆盘,参照国家标准进行顺纹抗压强度、抗弯强度及抗弯弹性模量测试<sup>[2]</sup>。参照JBZ2772方法<sup>[3]</sup>测定中央载荷和硬度。

1.3.4 管胞形态测定 取第3个圆盘的2,4,6和8年轮层的各30根管胞,按常规方法进行测量。

## 2 试验结果与分析

### 2.1 年轮宽度和晚材率

这些优树中,平均年轮宽度最大的是98号优树(12.40 mm),其次是23号(12.00 mm),最小的是龙1和龙28号(均为7.70 mm)。各优树年轮宽度和晚材率见表2。

自髓心向外,在最初的1~3 a年轮宽度是逐年增加的,随后逐渐减小。晚材率普遍较小,最大者仅16.30%(龙7号),最小者才5.00%(龙3,临73号)。晚材率随年轮密度增加而逐渐变大,显示出与年轮宽度呈负相关的关系。

### 2.2 管胞形态

各优树管胞形态见表3。

表2 各优树年轮宽度和晚材率表

Table 2 Annual ring width and late wood percentage of the superior trees

编号	1	2	3	4	5	71	73	74	75	76	77	79	80	82
年轮宽/mm	9.13	7.92	9.68	8.19	9.16	9.80	9.95	9.73	9.14	10.61	9.60	9.69	8.59	9.33
晚材率/%	6.93	10.60	7.77	6.70	9.22	7.23	4.99	5.11	8.75	8.24	8.86	8.08	9.63	7.44

编号	1	3	7	23	25	26	27	28	29	30	31	70	80	97	98
年轮宽/mm	7.70	10.10	9.20	12.00	8.10	8.10	9.20	7.70	8.20	8.20	10.20	8.60	9.70	7.90	12.40
晚材率/%	11.70	5.00	16.30	6.20	13.00	10.30	9.00	12.80	6.70	14.40	5.40	10.80	11.10	6.70	4.90

表3 优树管胞形态指标表

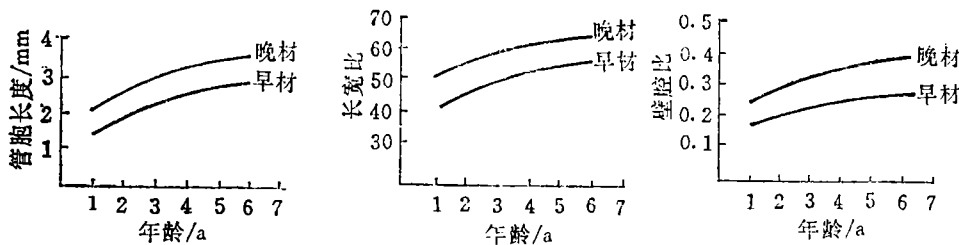
Table 3 Morphological traits on tracheid from the superior trees

编号	1	2	3	4	5	71	73	74	75	76	77	78	79	80	82
管胞长/mm	2.00	1.90	2.00	2.20	2.00	2.50	2.30	2.40	2.00	2.40	2.20	2.80	2.30	2.70	2.50
长宽比	44.0	43	43	46	47	57	63	56	47	56	54	67	53	57	63
壁腔比	0.27	0.34	0.25	0.23	0.30	0.26	0.34	0.30	0.30	0.30	0.34	0.30	0.32	0.25	0.27

编号	1	3	7	23	25	26	27	28	29	30	31	70	80	87	98
管胞长/mm	1.89	2.06	1.78	2.41	2.46	2.22	2.32	2.38	2.31	2.29	2.38	2.19	2.00	2.20	1.81
长宽比	55	52	45	69	65	60	61	66	66	60	63	59	59	64	53
壁腔比	0.27	0.25	0.23	0.30	0.27	0.26	0.25	0.27	0.25	0.24	0.32	0.24	0.30	0.26	0.25

由表3可知,不同优树的管胞形态变异较大。管胞长度最大的为临78号(2.80 mm),其次是80号(2.70 mm),最小的为龙7,98和1号(分别为1.78, 1.81和1.89 mm)。长宽比最大者是龙23号(69)和临78号(67),最小的为临2, 3和1号(分别为43, 43和44)。壁腔比最大的是临73, 77和2号(均为0.34),最小者为临4号和龙7号(均为0.23)。自髓心向外,管胞长度、长宽比和壁腔比均逐渐变大,而且晚材的管胞长度、长宽比和壁腔比均比早材大(附图)。



附图 杉木早晚材管胞形态比较

Add. fig. Comparison of tracheid morphology in early and late wood of Chinese fir

2.3 基本密度

各优树基本密度见表4。

表4 杉木优树的基本密度表

Table 4 Wood basic density of Chinese fir superior trees

编 号	1	2	3	4	5	71	73	74	75	76	77	78	79	80	82
基本密度/g·cm <sup>-3</sup>	0.269	0.274	0.250	0.324	0.315	0.251	0.296	0.276	0.323	0.263	0.304	0.275	0.293	0.256	0.297

编 号	1	3	7	23	25	26	27	28	29	30	31	70	80	97	98
基本密度/g·cm <sup>-3</sup>	0.331	0.271	0.322	0.323	0.345	0.368	0.298	0.298	0.286	0.312	0.290	0.290	0.304	0.299	0.302

由表4可知，不同优树间木材基本密度变异较大，最大者为0.368 g/cm<sup>3</sup>(龙26号)，其次是0.346 g/cm<sup>3</sup>(龙25号)，最小者为0.250 g/cm<sup>3</sup>(临31号)和0.251 g/cm<sup>3</sup>(临71号)。基本密度变异的特点是自髓心向外，两边大，中间小，即最靠近髓心的年轮基本密度较大，往外逐渐变小，随后又逐渐变大。

#### 2.4 力学性能

临安的15株优树的强度测试结果见表5。

表5 优树力学性能测定结果表

Table 5 Wood strength properties of the superior trees

编 号	顺纹抗压强度 /kg·cm <sup>-2</sup>	静曲强度 /kg·cm <sup>-2</sup>	静曲弹性模量 /t·cm <sup>-2</sup>	布氏硬度/kg·cm <sup>-2</sup>		
				端 面	弦 面	径 面
1	239.5	464.6	65.45	17.7	5.5	3.2
2	227.3	435.2	56.62	16.0	5.2	4.1
3	214.3	389.7	49.92	15.4	5.7	4.4
4	249.8	453.8	59.87	18.2	4.9	3.5
5	283.9	533.3	63.86	20.1	5.9	4.7
71	223.3	404.9	58.24	15.9	5.1	3.7
73	261.8	491.3	62.57	18.4	4.9	3.7
74	228.8	434.4	45.01	16.7	6.0	4.2
75	284.7	457.8	70.65	21.9	6.0	5.0
76	258.2	439.6	57.49	18.3	4.5	3.4
77	244.7	448.9	58.31	17.2	4.8	3.8
78	243.2	459.4	60.80	19.1	5.3	4.5
79	236.9	461.6	51.20	17.8	5.6	4.0
80	232.0	401.3	60.28	16.5	5.0	4.0
82	239.2	432.6	57.20	16.8	6.1	4.6

由表5可见，75，5和73号的力学性能较好，而3，71和80号的要差一些。

#### 2.5 基本密度与力学性能相关性

由表6可知，基本密度与顺纹抗压强度，静曲强度和端面硬度呈极显著正相关，与静曲弹性模量呈显著相关，而与弦面硬度和径面硬度相关不密切。

#### 2.6 工程用材的综合评估

木材经久耐用，各项力学强度指标符合标准是工业用材的基本要求。为此，选用基本密度、晚材率、年轮宽度、管胞长度、顺纹抗压，抗弯强度、弹性模量和硬度等指标，按其对应

**表 6 基本密度与力学性能相关表**

Table 6 Relationship between wood basic density and strength properties

指 标	a	b	r	t 检验
顺纹抗压强度	59.59	644.44	0.742	**
静曲强度	71.19	1341.10	0.704	**
静曲弹性模量	11.72	161.78	0.488	*
端面硬度	4.428	47.10	0.689	**
弦面硬度	3.450	7.05	0.365	
径面硬度	2.240	6.42	0.310	

工程用材基本要求的影响程度，人为地设置权重。各指标的权重为基本密度0.15，晚材率0.10，年轮宽度0.10，管胞长度0.10，顺纹抗压0.15，静曲强度0.15，静曲弹性模量0.15，硬度0.15，并以各指标的平均数加上3倍标准差的值( $\bar{x} + 3S$ )作为各指标为上限，以此为基准把各项指标换算成分数。将各项材性得分乘以各自权重，累加计算总分。评估结果见表7。

按得分评估，临安县的15株优树中，75，5，78，73，77，76和4号均达80分以上，

**表 7-a 龙泉杉木优树综合评定结果表**

Table 7-a Combined evaluation for wood properties of Chinese fir superior trees from Longquan

优树 编号	基本 密度 (0.45)	晚材率 (0.25)	年轮宽 (0.20)	纤维长 (0.10)	总分	优树 编号	基本 密度 (0.45)	晚材率 (0.25)	年轮宽 (0.20)	纤维长 (0.10)	总分
1	38.7	14.1	11.4	6.6	70.8	28	34.8	15.5	11.4	8.3	70.0
3	31.7	6.0	14.9	7.2	59.8	29	33.4	8.1	12.1	8.1	61.7
7	37.6	19.7	13.6	6.2	77.1	30	36.5	17.4	12.1	8.0	74.0
23	37.8	7.5	17.7	8.4	71.4	70	33.9	13.0	12.7	7.7	67.3
25	40.4	15.4	11.9	8.6	76.6	80	35.5	13.4	13.4	7.0	69.3
26	43.0	12.4	11.9	7.8	75.1	97	34.9	8.1	11.7	7.7	62.4
27	34.8	10.9	13.6	8.1	67.4	98	35.3	5.9	18.3	6.3	65.8

**表 7-b 临安杉木优树材性综合评估结果**

Table 7-b Combined evaluation for wood properties of Chinese fir superior trees from Lin'an

优树 编号	基本 密度	晚材 率	年轮 宽度	管胞 长度	顺纹 抗压	静曲 强度	弹性 模量	硬度	总分
1	11.2	8.5	7.9	6.4	11.8	11.9	12.7	11.6	79.0
2	11.4	8.5	6.8	6.1	11.2	11.1	10.9	10.5	76.5
3	10.5	6.2	8.4	6.4	10.6	10.0	9.7	10.1	71.8
4	13.5	5.3	7.1	7.0	12.3	11.6	11.6	12.0	80.4
5	13.1	7.4	7.9	6.4	14.0	13.7	12.3	13.2	88.0
71	10.5	5.8	8.5	8.0	11.0	10.4	11.3	10.4	75.9
73	12.3	4.0	8.6	7.3	12.9	12.6	12.1	12.0	81.8
74	11.5	4.1	8.4	7.7	11.3	11.1	8.7	11.0	73.8
75	13.5	7.0	7.9	6.4	14.1	14.0	13.7	14.4	91.0
76	11.0	6.6	9.2	7.7	11.8	11.3	11.1	12.0	80.7
77	12.7	7.1	8.3	7.0	12.1	11.5	11.3	11.3	81.8
78	11.5	4.7	8.9	9.1	12.0	11.8	11.8	12.5	82.3
79	12.2	6.4	8.4	7.3	11.7	11.8	9.9	11.6	79.3
80	10.7	7.7	7.4	8.6	11.5	10.3	11.7	10.8	78.3
82	12.4	5.9	8.1	8.1	11.8	11.1	11.1	11.0	79.5

其中25和5号优树得分远远高于其他优树。龙泉市的优树以7，25和26号得分最高。

### 2.7 制浆造纸用材的综合评估分析

浆料得率高，纤维形态和韧性好，纤维素含量高是制浆造纸用材的基本要求。与上述技术要求密切相关的材性指标是：密度、晚材率、年轮宽、管胞长度和管胞长宽比等。按照它们对制浆造纸用材基本要求的影响程度，设置权重为密度0.15，晚材率0.10，年轮宽0.20，管胞长度0.30，长宽比0.25。采用与工程用材相同的变换方式和计量程序，评估结果见表8。

**表8 临安、龙泉30株杉木优树材性的综合评估**

Table 8 Combined evaluation for wood properties of 30 Chinese fir superior trees from Lin'an and Longquan

优树编号	晚材率	年轮宽	基本密度	管胞长度	管胞长宽比	总分
1	4.0	14.4	10.6	19.2	14.3	62.5
2	6.1	12.5	10.8	18.2	13.9	61.5
3	4.5	15.2	9.9	19.2	13.9	62.7
4	3.9	12.9	12.8	21.1	14.9	65.6
5	5.3	14.4	12.4	19.2	15.2	66.5
71	4.2	15.4	9.9	24.0	18.5	72.0
73	2.9	15.6	11.7	22.0	20.4	72.6
74	2.9	15.3	10.9	23.0	18.2	70.3
75	5.0	14.4	12.8	19.2	15.2	66.6
76	4.7	16.7	10.4	23.0	18.2	73.0
77	5.1	15.1	12.0	21.1	17.5	70.8
78	3.4	16.1	10.9	27.2	21.7	79.3
79	4.6	15.2	11.6	22.0	18.8	72.2
80	5.5	13.5	10.1	25.9	18.5	73.5
82	4.7	14.7	11.7	24.3	20.4	74.7
1	6.7	12.1	13.1	19.8	17.4	69.1
3	2.9	15.9	10.7	21.6	16.5	67.6
7	9.4	14.5	12.7	18.7	14.2	69.5
23	3.6	18.9	12.8	25.3	21.8	82.4
25	7.5	12.7	13.7	25.8	20.6	80.3
26	5.9	12.7	14.5	23.3	19.0	75.4
27	5.2	14.5	11.8	24.3	19.3	75.1
28	7.4	12.1	11.8	25.0	20.9	77.2
29	3.9	12.9	11.3	24.2	20.9	73.2
30	8.3	12.9	12.3	24.0	19.0	76.5
31	3.1	16.0	11.4	25.0	19.9	75.4
70	6.2	13.5	11.4	23.0	18.7	72.8
80	6.4	14.3	12.0	21.0	18.7	72.4
97	3.9	12.4	11.8	23.1	20.3	71.5
98	2.8	19.5	11.9	19.0	16.8	70.0

按得分高低，30株优树制浆造纸用材前10位的顺序是：龙23，龙25，临78，龙28，龙30，龙31，龙26，龙27，临82和临80号，其中前4个号优树的得分明显高于其他优树。

### 3 结论

根据对30株杉木优树材性测试数据及相应的综合评估分析,笔者认为:临75,临5,龙7,龙25和龙26是优良的工程用材优树;龙23,龙25,临78和龙28号是优良的制浆造纸用材优树,其中龙25号是两者兼优的优树,另外临78和龙26号也是两者较好的优树。

#### 参 考 文 献

- 1 [美]B. J. 佐贝尔等著,王章荣,陈天华等译.实用林木改良.哈尔滨:东北林业大学出版社,1990
- 2 成俊卿主编.木材学.中国林业出版社,1985
- 3 小野和雄.木材物理实验书.东京:农业图书株式会社,1973
- 4 南京林学院木材学教研组主编.木材学.北京:农业出版社,1961

He Fuji (Zhejiang Forestry College, Lin'an 311300, PRC), Ma Lingfei and Xu Yuanke. **Comparative Studies on Wood Properties for Different Superior Trees of Chinese Fir.** *J Zhejiang For Coll*, 1995, 12(1): 24~30

**Abstract:** Based on the examination of wood properties and combined evaluation for the progenies of 30 Chinese fir superior trees from Lin'an County and Longquan City, Zhejiang Province (15 trees from] each site), the authors considered that the numbers Lin75, Lin5, Long17, Long25 and Long26 as the superior trees for engineering technique timber production, and the numbers Long23, Long25, Long28 and Lin78 as the superior trees for pulp-wood production, all are good. Among these the Long25 is the best, and the Lin78 and Long26 are the better trees for both uses.

**Key words:** superior tree; wood property; *Cunninghamia lanceolata*; evaluation