

# 杉木人工林木材密度及干缩性变异规律

林庆富

(福建省沙县白溪林场, 沙县 365504)

**摘要** 应用正交试验设计方法, 系统分析了不同林龄、不同立地条件和不同林分密度下杉木人工林木材密度和干缩性的变异规律。结果表明: 影响杉木人工林木材密度和干缩性的主导因子是林龄, 其次是立地条件, 林分密度影响最小。

**关键词** 杉木; 人工林; 木材性质; 密度; 缩水率

**中图分类号** S781.3

杉木 (*Cunninghamia lanceolata*) 是我国南方主要造林和用材树种, 生长快, 干形好, 深受群众喜爱。随着杉木人工林面积的不断扩大, 杉木的速生丰产对木材材质的影响已越来越受到人们的重视。要合理利用杉木速生材和间伐小径材, 就必须搞清它的性能。木材密度和木材干缩性是反映木材品质的重要指标。以往, 人们对杉木木材密度和干缩性的研究主要着重于天然林和成熟林<sup>[1]</sup>, 对人工幼龄林和中龄林的研究较少。特别是同时考虑林龄、立地条件和林分密度对杉木人工林木材密度及干缩性影响的研究尚未见报道。作者应用正交试验设计方法, 系统分析了不同林龄、不同立地条件和不同林分密度下杉木人工林木材密度干缩性的变异规律, 为杉木的定向培育及合理利用提供科学的理论依据。

## 1 研究方法

### 1.1 试验设计

试验于 1995 年在福建省沙县白溪国有林场进行。以林龄、立地条件 (用地位指数评价) 和林分密度为因子按照  $L_{16} (4^5)$  安排正交试验设计 (表 1)。

### 1.2 标准地与取样

按照正交试验设计的试验号建立 16 个  $400 \text{ m}^2$  的杉木人工林标准地。在各个标准地内进行每木检尺, 计算平均胸径和优势高, 然后采伐平均木 5 株。伐得的各株平均木自胸径以上截取 2 m 长的试样各一段, 编号后立即运回备用。

表 1 正交试验排序表

Table 1 Arrangement of orthogonal design

试 验 号	林 龄 /a	林分密度 株 $\cdot$ hm $^{-2}$	地位指数 /m
1	7 (A <sub>1</sub> )	1 500~ 1 800 (D <sub>1</sub> )	16 (S <sub>1</sub> )
2	7 (A <sub>1</sub> )	1 815~ 2 100 (D <sub>2</sub> )	14 (S <sub>2</sub> )
3	7 (A <sub>1</sub> )	2 115~ 2 400 (D <sub>3</sub> )	12 (S <sub>3</sub> )
4	7 (A <sub>1</sub> )	2 415~ 2 700 (D <sub>4</sub> )	10 (S <sub>4</sub> )
5	12 (A <sub>2</sub> )	1 500~ 1 800 (D <sub>1</sub> )	14 (S <sub>2</sub> )
6	12 (A <sub>2</sub> )	1 815~ 2 100 (D <sub>2</sub> )	16 (S <sub>1</sub> )
7	12 (A <sub>2</sub> )	2 115~ 2 400 (D <sub>3</sub> )	10 (S <sub>4</sub> )
8	12 (A <sub>2</sub> )	2 415~ 2 700 (D <sub>4</sub> )	12 (S <sub>3</sub> )
9	17 (A <sub>3</sub> )	1 500~ 1 800 (D <sub>1</sub> )	12 (S <sub>3</sub> )
10	17 (A <sub>3</sub> )	1 815~ 2 100 (D <sub>2</sub> )	10 (S <sub>4</sub> )
11	17 (A <sub>3</sub> )	2 115~ 2 400 (D <sub>3</sub> )	16 (S <sub>1</sub> )
12	17 (A <sub>3</sub> )	2 415~ 2 700 (D <sub>4</sub> )	14 (S <sub>2</sub> )
13	23 (A <sub>4</sub> )	1 500~ 1 800 (D <sub>1</sub> )	10 (S <sub>4</sub> )
14	23 (A <sub>4</sub> )	1 815~ 2 100 (D <sub>2</sub> )	12 (S <sub>3</sub> )
15	23 (A <sub>4</sub> )	2 115~ 2 400 (D <sub>3</sub> )	14 (S <sub>2</sub> )
16	23 (A <sub>4</sub> )	2 415~ 2 700 (D <sub>4</sub> )	16 (S <sub>1</sub> )

### 1.3 木材密度及干缩性测定

试材在室内气干至福建省南平市木材平衡含水率 16% 左右<sup>[2]</sup>。按照 GB1928-1943-91

表 2 各试验号各种木材密度及干缩性均值表

Table 2 Mean of each density and shrinkage of wood in each treatment

试验号	密度 /g $\cdot$ cm $^{-3}$			干 缩 性				
	气 干 密 度	全 干 密 度	基 本 密 度	径向干缩率 %	弦向干缩率 %	体积干缩 率 %	体积干 缩系数	差 异 干 缩
1	0.268	0.254	0.242	2.15	5.25	7.42	0.247	2.82
2	0.287	0.276	0.255	2.19	5.30	7.51	0.250	2.69
3	0.288	0.276	0.255	2.21	5.32	7.54	0.251	2.73
4	0.297	0.284	0.266	2.25	5.61	7.86	0.262	2.68
5	0.319	0.314	0.281	2.36	5.98	8.34	0.278	2.52
6	0.314	0.306	0.283	2.31	5.93	8.24	0.275	2.52
7	0.336	0.318	0.300	2.60	6.15	8.75	0.292	2.50
8	0.327	0.315	0.291	2.36	6.30	8.69	0.290	2.50
9	0.343	0.329	0.306	2.96	6.35	9.31	0.310	2.35
10	0.344	0.330	0.311	3.06	6.56	9.62	0.321	2.27
11	0.336	0.320	0.301	2.95	5.98	8.95	0.298	2.46
12	0.337	0.324	0.301	2.85	6.37	9.22	0.307	2.47
13	0.375	0.368	0.332	3.50	8.46	11.97	0.399	1.95
14	0.371	0.359	0.325	3.36	8.35	11.73	0.368	2.00
15	0.354	0.340	0.317	3.20	7.55	10.77	0.359	2.06
16	0.353	0.339	0.312	3.06	7.23	10.29	0.343	2.23

木材物理力学性质试验方法制作测定木材密度及干缩性的 20 mm× 20 mm× 20 mm 的无疵小试样并进行测定。各试验号的样本数均在 30 个以上

## 2 结果与讨论

根据测定结果, 计算整理出各试验号杉木人工林的 3 项木材密度和 5 项干缩性指标的均值(表 2), 均值计算精度均在 95% 以上

表 2 中的气干密度已调整为含水率 12% 时的试验结果, 5 项干缩指标均为从湿材到全干木材的试验结果

### 2.1 直观分析

由表 2 数据计算各因素各水平下木材密度及干缩性指标的平均值(表 3)

表 3 各因素各水平下木材密度及干缩性指标均值表

Table 3 Tendency towards variations of each density and shrinkage of wood for each factor

因素	水平	密度 /g° cm <sup>-3</sup>			干 缩 性				
		气 干 密 度	全 干 密 度	基 本 密 度	径向干 缩率 %	弦向干 缩率 %	体积干 缩率 %	体积干 缩系数	差 异 干 缩
林 龄 /a	7	0.285	0.273	0.255	2.20	5.37	7.58	0.253	2.73
	12	0.324	0.313	0.289	2.41	6.09	8.51	0.284	2.51
	17	0.340	0.326	0.305	2.96	6.32	9.28	0.309	2.39
	23	0.363	0.352	0.322	3.28	7.90	11.19	0.367	2.16
林 分 密 度 株° hm <sup>-2</sup>	1 500~ 1 800	0.326	0.316	0.290	2.74	6.51	9.26	0.307	2.41
	1 815~ 2 100	0.329	0.318	0.294	2.73	6.54	9.28	0.304	2.37
	2 115~ 2 400	0.329	0.314	0.293	2.74	6.25	9.00	0.300	2.44
	2 415~ 2 700	0.329	0.316	0.293	2.63	6.38	9.02	0.301	2.47
地 位 指 数 /m	16	0.318	0.305	0.285	2.62	6.10	8.73	0.291	2.51
	14	0.324	0.314	0.289	2.65	6.30	8.96	0.299	2.44
	12	0.332	0.320	0.294	2.72	6.58	9.32	0.305	2.40
	10	0.338	0.325	0.302	2.85	6.70	9.55	0.319	2.35

由表 3 数据计算各因素时各种木材密度及干缩性指标平均值的极差 R 值(表 4)

表 4 各因素时各项木材密度和干缩性指标平均值的极差 R 值

Table 4 Maximal differences on each density and shrinkage of wood for each factor

因 素	气干密度 /g° cm <sup>-3</sup>	全干密度 /g° cm <sup>-3</sup>	基本密度 /g° cm <sup>-3</sup>	径向全 干缩率 %	弦向全 干缩率 %	体积全 干缩率 %	体积全 干缩系数	差 异 干 缩
林 龄	0.078	0.079	0.067	1.08	2.53	3.61	0.114	0.67
林分密度	0.003	0.002	0.004	0.11	0.29	0.28	0.009	0.10
地位指数	0.020	0.020	0.017	0.23	0.60	0.82	0.028	0.16

由表 3 和表 4 可见, 各因素对木材密度及干缩性指标影响的重要程度从大到小依次为林龄、地位指数和林分密度。

2.1.1 木材密度 密度是判断木材各项力学强度的重要指标。在含水率相同的情况下,密度愈大的木材强度也愈大,木材强度与木材密度关系密切。另外,全干木材的空隙度  $V = 1 - g_0$  ( $V$ 为全干木材的空隙度,  $g$ 为全干密度,  $g_0$ 为实质密度)随着全干密度的增大而减小,木材的最大吸水率也随着全干密度的增大而减小。因此,掌握了木材全干密度的变化规律,也就掌握了全干木材的空隙度和最大吸水率的变化规律。再者,从湿材到全干木材的体积全干缩率  $S = f \cdot g$  ( $S$ 为体积全干缩率,  $f$ 为纤维饱和点,  $g$ 为基本密度)随着基本密度的增大而增大<sup>[3]</sup>。因此,掌握了木材基本密度的变化规律,也就懂得木材体积全干缩率的变化规律。

由上所述可见,研究木材密度的变化规律对掌握木材相关材性的变化规律及木材的合理利用十分重要。由表3可见,人工杉木木材的密度随着林龄的增大而增大,随着地位指数的下降而提高,而林分密度对木材密度影响不明显。

2.1.2 木材干缩性 木材的干缩影响到木材的加工利用,根据干缩率的大小可以决定制材的加工余量。差异干缩是弦向干缩系数与径向干缩系数的比值,其数值反映了木材弦向干缩与径向干缩的差别程度。差异干缩愈大,木材愈容易开裂和变形;差异干缩愈小,木材的尺寸和体积稳定性愈好。从上述分析可以看出:随着林龄的增大,人工杉木木材的尺寸和体积愈趋稳定;随着地位指数的下降,人工杉木木材的尺寸和体积亦趋稳定。而林分密度对木材尺寸和体积的稳定性影响不显著。

## 2.2 方差分析

木材各种密度及干缩性指标方差分析<sup>[4]</sup>结果如表5。由表5的均方比和  $F_T$  值对比可知:

表5 各种木材密度及干缩性指标在各因素下的方差分析

Table 5 Variance analysis on each density and shrinkage of wood for each factor

变差来源	气干密度	全干密度	基本密度	径向全干缩率	弦向全干缩率	体积全干缩率	体积全干缩系数	差异干缩	$F_T$ 值
林龄	132.71*	83.59*	258.80*	262.02*	79.60*	106.00*	127.97*	201.20*	$F_{0.05}(3,6) = 4.76$ $F_{0.01}(3,6) = 9.78$
林分密度	0.18	0.24	0.70	3.11	1.22	1.01	0.83	4.62	
地位批数	9.68	5.85	18.83*	11.60*	5.13	6.08	7.49	11.47*	

林龄对各种木材密度及干缩性指标的影响均极显著,是影响木材密度及干缩性的主导因子;地位指数对木材的基本密度、径向全干缩率和差异干缩的影响均极显著,对气干密度、全干密度、弦向全干缩率、体积全干缩率和体积全干缩系数的影响显著;林分密度对木材的密度及干缩性影响不显著。

## 3 小结

3.1 影响杉木人工林木材密度和干缩性的各因素的重要程度从大到小依次为林龄、地位指数和林分密度。

3.2 林龄对杉木人工林木材的各种密度及干缩性的影响极显著,是影响杉木人工林木材密度及干缩性的主导因子。木材密度及尺寸和体积的干缩率随着林龄的增大而增大,差异干缩随着林龄的增大而减小。

3.3 地位指数对杉木人工林木材密度及干缩性的影响极显著或显著,木材密度及尺寸和体积

干缩率随着地位指数的下降而增大,木材的差异干缩随着地位指数的下降而下降。

### 3.4 林分密度对杉木人工林木材密度及干缩性的影响不显著。

**致谢** 衷心感谢福建林学院林思祖副教授、林金国讲师及何宗明助理研究员对本研究工作的大力支持。白溪林场谢友森、傅祥久和陈生顶3位同志参加了外业调查工作,在此一并致谢。

## 参 考 文 献

- 1 中国林业科学研究院木材工业研究所. 中国主要树种的木材物理力学性质. 北京: 中国林业出版社, 1982. 4~7
- 2 北京林学院. 森林利用学. 北京: 中国林业出版社, 1989. 64
- 3 申宗圻. 木材学. 北京: 中国林业出版社, 1993. 146~172
- 4 北京林学院. 数理统计. 北京: 中国林业出版社, 1986

Lin Qingfu (Baixi Forest Farm of Shaxian, Fujian Province, Shaxian 365504, Fujian, PRC). **Variation in Densities and Shrinkages of Chinese Fir Wood From Plantation.** *J Zhejiang For Coll*, 1997, **14** (2): 169~173

**Abstract** By using orthogonal design, this paper systematically analysed the law of variation in densities and shrinkages of Chinese fir wood from plantations with different stand ages, different stand densities and different site conditions. The results showed that the factors to have affected the densities and shrinkages of Chinese fir wood were successively stand age, stand site and stand density.

**Key words** Chinese fir (*Cunninghamia lanceolata*); planted forests; wood property; density; shrinkage