

# 无性系杉木的物理力学性质<sup>\*</sup>

田荆祥 俞友明 余学军

(浙江林学院, 临安 311300)

周天相

(浙江省开化林场)

**摘要** 对浙江省开化林场9年生无性系杉木和实生苗杉木木材的物理力学性质进行了测定比较。结果表明,在测定的15个无性系中,有的优于实生苗杉木,有的次于实生苗杉木。无性系杉木材的平均气干密度为 $0.340\text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ ,基本密度 $0.280\text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ ,径向干缩系数 $0.131\%$ ,弦向干缩系数 $0.217\%$ ,体积干缩系数 $0.401\%$ ,抗弯强度 $44.355\text{ MPa}$ ,抗弯弹性模量 $8.296\text{ GPa}$ ,冲击韧性 $32.950\text{ kJ}\cdot\text{m}^{-2}$ 。

**关键词** 杉木; 无性系; 木材物理性质; 木材力学性质

**中图分类号** S781

杉木(*Cunninghamia lanceolata*)是我国南方主要的用材树种,分布于皖、苏、浙、闽、赣、桂、粤、湘、黔、川等省(区)。国家十分重视杉木林商品材基地建设,大力发展杉木速生丰产人工林。浙江省为杉木主要产区之一。开化林场从80年代开始就开展杉木无性系试验,研究已取得突破性进展。

随着杉木人工林的发展和遗传改良研究的日益深入,对杉木的品质要求也在不断提高,要求选育不仅生长快而且材性好的良种。对速生杉木材性已开展一定研究<sup>[1]</sup>,但对无性系杉木材性研究未见报道。为此,我们对无性系杉木物理力学性质进行测试,现报道如下。

## 1 材料与方法

### 1.1 试材采集

试验材料采自浙江省开化林场。1988年造林。在同一区组的相应小区中各砍伐1株平均木,截取胸高以上2.0m的原木一段,取样情况见表1。ck系开化1代杉木种子园实生苗在相应区组内的对照。

### 1.2 试验方法

按照GB1933, GB1932, GB1936和GB1940,分别测定木材密度、干缩性、抗弯强度、弹性模量和冲击韧性。所测指标均换算成含水率15%时的数值。

收稿日期: 1998-03-03

\* 浙江省自然科学基金资助项目

第1作者简介: 田荆祥,男,1935年生,教授

表 1 无性系杉木取样登记表

Table 1 Sample tree data on clone Chinese fir

区组	编号	树龄/a	树高/m	胸径/cm	取样长度/m	小头直径/cm	地点
4 区组	开天 140	9	8.3	10.3	2.0	12.6	横坑
	开天 121	9	9.2	12.7	2.0	10.8	横坑
2 区 1 组	开天 48	9	9.3	12.0	2.0	10.5	横坑
	开天 28	9	8.9	16.5	2.0	14.2	横坑
横坑山下	开天 3	9	9.2	12.4	2.0	13.6	横坑
	ck <sub>2</sub>	9	6.8	9.9	2.0	10.2	横坑
横坑山中部	开天 6	9	7.8	11.0	2.0	11.0	横坑
	ck <sub>3</sub>	9	6.5	9.9	2.0	10.9	横坑
2 区 5 组	开天 20	9	8.9	13.2	2.0	10.6	横坑
	开天 58	9	8.7	13.8	2.0	10.1	横坑
	ck <sub>4</sub>	9	6.8	9.8	2.0	8.7	横坑
5 区 4 组	开天 1511	9	8.9	10.5	2.0	12.0	城关林场
	ck <sub>5</sub>	9	6.4	8.9	2.0	8.8	城关林场
2 区 4 组	开天 50	9	10.0	10.8	2.0	10.6	变电所
	开天 39	9	9.6	13.3	2.0	10.9	变电所
	开天 105	9	10.5	15.0	2.0	14.6	变电所
	ck <sub>6</sub>	9	8.6	9.8	2.0	11.0	变电所
1 区 5 组	开天 F <sub>43</sub> × 新 1	9	6.4	10.5	2.0	14.3	茶厂后
	开天苏 5 多系	9	12.6	14.2	2.0	12.8	茶厂后
	开天 13	9	11.7	14.1	2.0	12.1	冠峰亭
	ck <sub>7</sub>	9	10.2	13.2	2.0	11.7	冠峰亭

## 2 试验结果与分析

### 2.1 无性系杉木的密度

在生产中, 选材必须考虑木材的密度。木材的密度与力学性质关系最为密切, 是估计木材工艺性质好坏的依据。无性系杉木的基本密度见表 2。

表 2 无性系杉木的基本密度

Table 2 Basic density of wood of clone Chinese fir

编号	均值/ $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$	变异系数/%	准确指数/%	编号	均值/ $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$	变异系数/%	准确指数/%
开天 3	0.237	3.490	1.170	ck <sub>5</sub>	0.319	5.640	1.260
开天 121	0.350	3.714	0.758	开天 50	0.274	9.524	1.860
ck <sub>2</sub>	0.271	4.800	1.100	开天 39	0.267	5.618	1.040
开天 6	0.258	5.810	1.190	开天 105	0.271	12.640	2.310
ck <sub>3</sub>	0.256	10.160	1.920	ck <sub>6</sub>	0.261	10.720	2.030
开天 20	0.314	8.980	1.800	开天 F <sub>43</sub> × 新 1	0.247	6.480	1.350
开天 58	0.277	6.860	1.270	开天苏 5 多系	0.271	8.860	1.740
ck <sub>4</sub>	0.291	6.530	1.210	开天 13	0.293	8.530	1.670
开天 1511	0.248	6.450	1.290	ck <sub>7</sub>	0.326	9.200	1.840

由表 2 可知无性系杉木的基本密度与对照组（实生苗杉木）相差不大，有些无性系比对照组高，如开天 121，开天 6，开天 20，开天 50，开天 39 和开天 105，说明无性系杉木的基本密度是好的。

无性系杉木的气干密度见表 3。

表 3 无性系杉木的气干密度

Table 3 Air-dry density of wood of clone Chinese fir

编号	均值/ $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$	变异系数/%	准确指数/%	编号	均值/ $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$	变异系数/%	准确指数/%
开天 3	0.281	6.000	1.300	ck <sub>5</sub>	0.382	4.710	1.000
开天 121	0.416	4.090	0.830	开天 50	0.331	9.370	1.950
ck <sub>2</sub>	0.330	3.940	0.746	开天 39	0.318	5.660	1.050
开天 6	0.309	4.210	0.840	开天 105	0.335	4.780	0.876
ck <sub>3</sub>	0.309	10.000	1.900	ck <sub>6</sub>	0.321	9.030	1.690
开天 20	0.403	8.700	1.700	开天 F <sub>43</sub> ×新 1	0.219	6.400	1.280
开天 58	0.333	4.500	0.840	开天苏 5 多系	0.331	4.530	0.870
ck <sub>4</sub>	0.346	6.070	1.130	开天 13	0.356	8.100	1.800
开天 1511	0.297	7.100	1.300	ck <sub>7</sub>	0.393	9.410	1.780

由表 3 可以看出无性系杉木气干密度多数比对照组低，而开天 121，开天 20，开天 50 和开天 105 比对照组高。

## 2.2 无性系杉木的干缩系数

在评定木材品质时，要掌握它在含水率变化中的尺寸变化，这就要进行木材干缩和湿胀量的测定。无性系杉木的径向干缩系数见表 4。

表 4 无性系杉木的径向干缩系数

Table 4 Coefficient of radial shrinkage of clone Chinese fir wood

编号	均值/%	变异系数/%	准确指数/%	编号	均值/%	变异系数/%	准确指数/%
开天 3	0.122	59.000	13.000	ck <sub>5</sub>	0.132	40.320	8.470
开天 121	0.159	55.040	11.230	开天 50	0.127	65.510	13.600
ck <sub>2</sub>	0.101	34.420	6.510	开天 39	0.110	48.400	8.980
开天 6	0.122	59.000	13.000	开天 105	0.174	45.760	8.350
ck <sub>3</sub>	0.131	31.000	6.000	ck <sub>6</sub>	0.156	45.100	8.500
开天 20	0.138	31.000	6.000	开天 F <sub>43</sub> ×新 1	0.113	33.330	6.470
开天 58	0.126	39.700	7.400	开天苏 5 多系	0.130	24.000	4.710
ck <sub>4</sub>	0.145	42.120	7.000	开天 13	0.130	27.000	5.000
开天 1511	0.104	35.000	7.000	ck <sub>7</sub>	0.146	33.560	6.340

从表 4 可知，无性系杉木的径向干缩系数比对照组低，即径向干缩系数小，而测定的准确指数偏高。

无性系杉木弦向干缩系数见表 5。

表 5 无性系杉木的弦向干缩系数

Table 5 Coefficient of chord shrinkage of clone Chinese fir wood

编号	均值/ %	变异系数/ %	准确指数/ %	编号	均值/ %	变异系数/ %	准确指数/ %
开天 3	0.222	61.000	13.000	ck <sub>5</sub>	0.231	39.100	8.400
开天 121	0.240	40.710	8.150	开天 50	0.198	31.800	6.620
ck <sub>2</sub>	0.228	32.790	6.200	开天 39	0.195	21.950	4.010
开天 6	0.191	26.540	5.310	开天 105	0.215	42.440	7.740
ck <sub>3</sub>	0.240	19.000	4.000	ck <sub>6</sub>	0.251	23.900	4.510
开天 20	0.207	20.000	4.000	开天 F <sub>43</sub> × 新 1	0.234	31.500	6.290
开天 58	0.244	30.730	5.610	开天苏 5 多系	0.207	24.110	4.730
ck <sub>4</sub>	0.234	25.000	4.570	开天 13	0.238	30.000	6.000
开天 1511	0.203	24.000	5.000	ck <sub>7</sub>	0.237	20.300	3.840

从表 5 看出干缩系数弦向大于径向, 两者差别越大, 木材发生干裂的可能性越大。无性系杉木的体积干缩系数见表 6。

表 6 无性系杉木的体积干缩系数

Table 6 Coefficient of volume shrinkage of clone Chinese fir wood

编号	均值/ %	变异系数/ %	准确指数/ %	编号	均值/ %	变异系数/ %	准确指数/ %
开天 3	0.410	59.000	13.000	ck <sub>5</sub>	0.426	21.750	4.640
开天 121	0.427	28.200	5.880	开天 50	0.370	43.130	8.980
ck <sub>2</sub>	0.370	28.680	5.510	开天 39	0.390	37.310	6.920
开天 6	0.353	33.280	6.170	开天 105	0.344	30.200	5.500
ck <sub>3</sub>	0.412	4.000	3.700	ck <sub>6</sub>	0.440	32.530	6.160
开天 20	0.399	28.000	6.000	开天 F <sub>43</sub> × 新 1	0.395	24.700	4.900
开天 58	0.410	22.900	4.300	开天苏 5 多系	0.364	20.030	3.900
ck <sub>4</sub>	0.416	25.400	4.700	开天 13	0.424	28.000	5.000
开天 1511	0.346	23.000	5.000	ck <sub>7</sub>	0.382	28.740	5.430

无性系杉木的干缩系数一般比对照组低。根据木材体积干缩系数的大小, 木材干缩性可分 5 级<sup>[2]</sup>, 无性系杉木属小范围。

### 2.3 无性系杉木的抗弯强度

当木材作结构件用时, 木材力学强度具有重要意义。抗弯强度决定木梁或一切受弯曲构件的承荷能力。

无性系杉木的抗弯曲强度列于表 7。

表 7 无性系杉木的抗弯强度

Table 7 Bend strength of wood of clone Chinese fir

编号	均值/MPa	变异系数/%	准确指数/%	编号	均值/MPa	变异系数/%	准确指数/%
开天 3	33.447	12.010	2.200	ck <sub>5</sub>	52.106	4.100	1.600
开天 121	42.662	10.870	2.560	开天 50	44.737	7.400	1.800
ck <sub>2</sub>	37.602	11.300	2.700	开天 39	45.521	23.100	5.200
开天 6	42.757	7.600	1.500	开天 105	42.787	9.100	1.650
ck <sub>3</sub>	41.150	8.200	1.600	ck <sub>6</sub>	41.091	11.500	2.400
开天 20	52.459	11.300	2.700	开天 F <sub>43</sub> ×新 1	41.826	20.200	3.750
开天 58	40.079	9.800	2.500	开天苏 5 多系	42.032	24.900	4.600
ck <sub>4</sub>	41.787	10.400	2.800	开天 13	51.205	11.600	2.200
开天 1511	40.620	6.630	1.300	ck <sub>7</sub>	54.561	7.800	1.400

从表 7 中看出, 无性系杉木的抗弯强度, 开天 121, 开天 6, 开天 20, 开天 58, 开天 50, 开天 39, 开天 105, 比对照组大; 而开天 3, 开天 1511, 开天 F<sub>43</sub>×新 1, 开天苏 5 多系, 开天 13, 比对照组低; 在无性系杉木中, 开天 20, 开天 13, 抗弯强度大。

无性系杉木的抗弯弹性模量列表 8。

表 8 无性系杉木的抗弯弹性模量

Table 8 Bend elastic modulus of wood of clone Chinese fir

编号	均值/GPa	变异系数/%	准确指数/%	编号	均值/GPa	变异系数/%	准确指数/%
开天 3	7.222	12.400	2.300	ck <sub>5</sub>	9.614	17.700	6.700
开天 121	8.529	10.440	2.460	开天 50	9.280	6.100	1.500
ck <sub>2</sub>	8.545	8.800	2.100	开天 39	9.653	9.900	2.200
开天 6	9.084	9.900	1.900	开天 105	5.833	11.760	2.100
ck <sub>3</sub>	8.291	7.900	1.600	ck <sub>6</sub>	8.104	14.700	3.100
开天 20	9.359	20.900	5.100	开天 F <sub>43</sub> ×新 1	6.644	20.100	2.100
开天 58	9.907	7.700	2.000	开天苏 5 多系	9.231	30.100	5.600
ck <sub>4</sub>	9.516	26.300	7.000	开天 13	7.441	13.000	2.500
开天 1511	6.464	16.300	3.200	ck <sub>7</sub>	8.202	9.000	1.700

抗弯弹性模量是对木梁构件或长柱在比例极限内的变形量。从表 8 可知, 开天 121, 开天 6, 开天 20, 开天 58, 开天 50, 开天 39, 开天苏 5 多系, 抗弯弹性模量比对照组大。

## 2.4 无性系杉木的冲击韧性

冲击韧性是木材在冲击弯曲中对能的吸收, 用于评定车辆材和建筑结构材的品质。

无性系杉木的冲击韧性见表 9。

表 9 无性系杉木的冲击韧性

Table 9 Impact ductility of wood of clone Chinese fir

编号	均值/ $\text{kJ}\cdot\text{m}^{-2}$	变异系数/%	准确指数/%	编号	均值/ $\text{kJ}\cdot\text{m}^{-2}$	变异系数/%	准确指数/%
开天 3	27.458	29.100	5.300	ck <sub>5</sub>	38.148	14.400	4.800
开天 121	32.067	33.470	7.110	开天 50	34.421	20.100	5.000
ck <sub>2</sub>	31.969	12.400	3.000	开天 39	30.400	22.000	4.700
开天 6	32.558	18.900	3.600	开天 105	33.931	18.000	3.300
ck <sub>3</sub>	36.677	15.200	3.700	ck <sub>6</sub>	35.108	15.200	5.100
开天 20	34.225	16.140	4.040	开天 F <sub>43</sub> ×新 1	28.929	21.000	5.100
开天 58	34.916	21.000	4.900	开天苏 5 多系	35.500	19.200	4.200
ck <sub>4</sub>	37.167	18.300	6.500	开天 13	35.108	19.700	4.100
开天 1511	30.498	25.100	6.100	ck <sub>7</sub>	34.127	18.100	6.100

从表 9 可知, 无性系杉木的冲击韧性大多数比对照组低, 属于中等一类, 说明无性系杉木的材质轻而韧。

### 3 结语

根据无性系杉木选优结果, 经综合评定, 认为比较好的如下: 开天 3, 开天 121, 开天 20, 开天 58, 开天 1511, 开天 50, 开天 39, 开天 105, 开天苏 5 多系, 开天 13。它们的木材物理力学性质均值为气干密度  $0.340 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ , 基本密度  $0.280 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ , 径向干缩系数  $0.131\%$ , 弦向干缩系数  $0.217\%$ , 体积干缩系数  $0.401\%$ , 抗弯强度  $44.355 \text{ MPa}$ , 抗弯弹性模量  $8.296 \text{ GPa}$ , 冲击韧性  $32.950 \text{ kJ}\cdot\text{m}^{-2}$ 。

无性系杉木生长快, 木材质量多数还是比较好的, 尤其是材质较轻, 韧性较好, 干缩小, 翘曲开裂程度较轻, 因此仍具有发展前景。这次试验仅是 9 年生杉木, 随着林龄增长, 各因素影响还会变化, 所以在发展过程中还需进一步研究。要根据无性系杉木的材性来应用无性系杉木材。要选择生长快又具优良材性的无性系杉木造林, 以达较好效果。

### 参 考 文 献

- 1 杨云芳, 马灵飞, 俞友明等. 浙江速生杉木物理力学性质的研究. 浙江林学院学报, 1996, 13 (4): 371~377
- 2 尹思慈. 木材品质和缺陷. 北京: 中国林业出版社, 1990. 46

Tian Jingxiang (Zhejiang Forestry College, Lin'an 311300, PRC), Yu Youming, Yu Xuejun, and Zhou Tianxiang. **Physical and mechanical properties of clone Chinese fir wood.** *Journal of Zhejiang Forestry College*, 1998, 15 (3): 260~266

**Abstract:** Physical and mechanical properties of clone Chinese fir wood and seedling are studied

and compared. Tested wood for both is of nine-year-old, from Kaihua Forest Farm of Zhejiang Province. Results of 15 clones show that some physical and mechanical parameters of clone Chinese fir wood are superior to seedling, and the other inferior to. Air-dry density of clone Chinese fir wood is  $0.340 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ , basic density  $0.280 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ , coefficient of radial shrinkage  $0.131\%$ , coefficient of chordwise shrinkage  $0.217\%$ , coefficient of volumetric shrinkage  $0.401\%$ , bend strength  $44.355 \text{ MPa}$ , bend elastic modulus  $8.296 \text{ GPa}$ , and impact ductility  $\text{kJ} \cdot \text{m}^{-2}$ .

**Key words:** Chinese fir (*Cunninghamia lanceolata*); clone; physical properties of wood; mechanical properties of wood