

杉木和 I - 72 杨人工林木材干缩性质的研究

吕建雄 林志远 赵有科 蒋佳荔

(中国林业科学研究院木材工业研究所 北京 100091)

摘要: 通过对杉木和 I - 72 杨人工林木材南北向、不同高度位置、不同径向位置横向干缩(弦、径向)的测量,研究上述 3 个因素对 2 种木材横向干缩(弦、径向)的影响规律。结果表明:南北向的不同对杉木和 I - 72 杨人工林木材的干缩均无显著影响;高度位置的不同对杉木和 I - 72 杨木的弦向干缩均有显著影响,而对径向干缩则无显著影响;径向位置的不同对杉木和 I - 72 杨人工林木材的径、弦向干缩均有极显著影响:从树皮到髓心,木材径、弦向干缩逐渐减小,与其基本密度的变化趋势一致。

关键词: 人工林木材; 杉木; I - 72 杨; 径向干缩; 弦向干缩

中图分类号:S781.71 文献标识码:A 文章编号:1001 - 7488(2005)05 - 0127 - 05

Studies on the Shrinkage Properties of Chinese Fir and I-72 Poplar Plantation Wood

Lü Jianxiong Lin Zhiyuan Zhao Youke Jiang Jiali

(Research Institute of Wood Industry, CAF Beijing 100091)

Abstract: The transverse shrinkage (tangential and radial) of Chinese Fir (*Cunninghamia lanceolata*) and I-72 poplar (*Populus euramericana* cv. 'San Martina I-72/58') at different directions (north or south), tree heights and radial directions were studied in the paper. The effect of the three factors mentioned above on the transverse shrinkage was analyzed to provide the scientific data for the appropriate processing and utilization of Chinese Fir and poplar plantation wood. The results showed that there was no significant difference of shrinkage (tangential and radial) between the samples from north and south directions for Chinese Fir and I-72 poplar. There was significant difference of tangential shrinkage at different heights for Chinese Fir and I-72 poplar, while no significant difference for radial shrinkage. For both species the shrinkage in radial and tangential direction was decreased gradually from bark to pith, with the similar trend as basic density.

Key words: plantation wood; Chinese Fir; I-72 poplar; radial shrinkage; tangential shrinkage

木材在干燥等失水状况时,木材中水分向外蒸发,当木材含水率降至纤维饱和点以下,其尺寸或体积随着失水而减小,称之为干缩(成俊卿,1985)。木材所固有的干缩特性是木材加工利用上的一大问题,它不仅因木材干缩而发生尺寸或体积的缩小,而且因干缩不均会引起木材开裂、翘曲变形等缺陷,严重影响木材及其制品的使用。了解木材的干缩特性,在木材加工利用上具有重要的意义。因此,对木材失水过程中干缩特性的研究(陈太安等,2003;Barber *et al.*, 1964;Barber, 1968;Chafe, 1986;1987;Gu *et al.*, 2001)成为木材科学研究的重要课题之一。

杉木和杨树是我国主要人工用材林树种,生长快,蓄积量大。随着杉木和杨树人工林面积的不断扩大,对其木材性质的研究已越来越受到人们的重视。本文试图通过对杉木(*Cunninghamia lanceolata*)和 I - 72 杨(*Populus euramericana* cv. 'San Martina I-72/58')人工林木材南北向、不同高度位置、不同径向位置的对比研究,揭示以上 3 个因素对 2 种木材横向干缩(弦、径向)的影响规律,为杉木和杨树人工林木材的合理加工利用提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 材料

研究用杉木试材采自江西大岗山亚热带试验中心,I - 72 杨试材采自安徽怀宁县长江中下游滩地,2 种

试材各 20 株。

1.2 方法

1.2.1 试样制备 每株试材在 1.3 m 往上截取 4 m 长原木 2 段;分别在 1.3 3.3 5.3 7.3 m 等 4 个不同高度位置截取 15 cm 厚圆盘各 1 个;在每个圆盘上沿着南北方向中心线锯取宽度约 5 cm 的木段;然后在厚度方向上将木段分为 2 半,其中一个木段立即浸泡于水中,用于木材干缩性试验,另一个木段置于室内气干,用于木材密度变异性试验。

1.2.2 干缩性测定 在南北向的中心木段上分南向和北向取样,并分别沿径向在边材、心材、心边材交界处各取 2 cm × 2 cm × 2 cm 的试样 1 个。在每一高度的具有南北向的中心木段上事先画出试样,为了保证心材、边材及心边材交界处 3 个径向位置在 4 个高度上所包括的生长轮年龄基本相同,标画试样时从最外层年轮开始计算。例如:对于每一高度,杉木(32 年)边材试样取自 32~22 年轮;心边材交界处试样取自 20~14 年轮;心材试样取自 11~6 年轮。这样,每个木段共取试样 6 个,20 株树,每株树 4 个木段,这样共制取试样 6 × 20 × 4 = 480 个,2 树种共计 480 × 2 = 960 个。试样制作过程中始终注意试材的保湿。

试样制作完成后,先后分别测定其在饱湿、气干和绝干状态下 3 个方向(纵向、径向和弦向)的尺寸和质量,尺寸采用数字线性规测定,气干状态下的含水率采用恒温恒湿箱调整($EMC = 12\%$)。

为了最大限度消除试验单元间的系统误差(主要为株间取样)对研究因子的影响,本试验采用多因素随机化完全区组设计,将 20 株树分为 20 个区组来研究南北向、不同高度位置、不同径向位置等 3 个因素对杉木和 I - 72 杨人工林木材弦向及径向干缩的影响。

2 结果与讨论

2.1 南北方向干缩性与基本密度的差异

表 1 列出了杉木和 I - 72 杨人工林木材南北方向试样的干缩性与基本密度测定结果。对于杉木而言,自生材至绝干状态的径向和弦向干缩率平均值分别为 3.002% 和 7.472%,基本密度为 $0.302 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$;对于 I - 72 杨而言,自生材至绝干状态的径向和弦向干缩率平均值分别为 2.998% 和 7.808%,基本密度为 $0.381 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ 。方差分析结果表明因南北向取样不同引起干缩性与基本密度的差异不显著。

2.2 不同树干高度干缩性与基本密度的差异

表 2 列出了杉木和 I - 72 杨人工林木材 4 个不同树干高度处试样的干缩性与基本密度测定结果。对于 I - 72 杨而言,根据方差分析结果,不同树干高度对径向干缩影响不显著,但对弦向干缩率有极显著影响(表 3);多重分析结果表明,弦向干缩率平均值随树干高度的增加而明显减小(图 2B),这可能是由于 I - 72 杨晚材率随树干高度增加而减小的缘故。方文彬等(1996)曾报道过类似结论,他们通过对火炬松(*Pinus taeda*)干缩性能的研究,发现随树干高度的增加,木材的弦向干缩减小。而对于杉木而言,方差分析结果与 I - 72 杨木材类似,但其弦向干缩随树干高度变化无规律可言(图 2A)。

2.3 不同径向位置干缩性与基本密度的差异

表 4 列出了杉木和 I - 72 杨人工林木材 3 个不同径向位置处试样的干缩性与基本密度测定结果。方差分析结果表明,不同径向位置对杉木和 I - 72 杨人工林木材的弦、径向干缩均有极显著影响(表 3)。由图 1.2 可知,径、弦向干缩率由幼龄材至成熟材均呈逐步增加的趋势,原因是由于幼龄材 S_2 层微纤丝角的倾角角度比成熟材的大,造成前者的横向收缩比后者小,Jiang 等(2002)曾研究过杉木人工林木材的 S_2 层微纤丝角对弦向干缩的影响,结果表明,晚材弦向干缩(y)随着微纤丝角(x)的减小而增大: $y = -0.055x + 8.203$,相关系数为 0.9768。进一步分析可以发现,由于幼龄材的密度比成熟材的低,因此 2 种木材基本密度的径向变异模式与上述径、弦向干缩率的变化趋势非常类似(以杉木为例,如图 3),即杉木和 I - 72 杨人工林木材的弦、径向干缩与木材的基本密度成正相关关系。Newlin 等(1919)提出木材的体积干缩率与基本密度成正比,即 $S/\rho = \text{常数 } C$;Stamm(1935a;1952)在此基础上,认为这个比值近似等于纤维饱和点含水率;Stamm(1935b)也通过试验证明了这一点。本试验结果与前人研究所得结论基本吻合,即认为基本密度是反映杉木和 I - 72 杨人工林木材弦、径向干缩随不同径向位置变异的主要因子。

表 1 杉木和 I-72 榉人工林木材南北向干缩性与基本密度测定结果^①

Tab. 1 Summarization of shrinkage and basic density measurement for Chinese Fir and L-72 poplar wood at different directions

①括号内为 I-72 杨的测定结果。The data in the bracket is summarization of I-72 poplar specimens. Lo: 绝干状态的轴向干缩率 Longitudinal shrinkage ratio of oven-dried condition; La: 气干状态的轴向干缩率 Longitudinal shrinkage ratio of air-dried condition; Ro: 绝干状态的径向干缩率 Radial shrinkage ratio of oven-dried condition; Ra: 气干状态的径向干缩率 Radial shrinkage ratio of air-dried condition; To: 绝干状态的弦向干缩率 Tangential shrinkage ratio of oven-dried condition; Ta: 气干状态的弦向干缩率 Tangential shrinkage ratio of air-dried condition; MC: 气干状态的含水率 Moisture content of air-dried condition; BD: 基本密度 Basic density. 表 2.4 同。The same as Tab. 2, Tab. 4.

表2 杉木和I-72杨人工林木材在4个不同树干高度处的干缩性与基本密度

Tab. 2 Shrinkage and basic density measurement for Chinese Fir and I-72 poplar plantation wood at different tree heights

表3 I-72 杨木、杉木人工林木材弦径向干缩方差分析表
Tab. 3 ANOVA of tangential and radial shrinkage for I-72 poplar and Chinese Fir plantation wood

| I-72 杨木弦(径)向 Tangential(radial) of I-72 poplar | | | | | | |
|---|----------|----------------|-------------------|-----------------------------------|-------------------|-------------------|
| 变异来源 | 自由度 | 离差平方和 | 均方平方和 | F | F _{0.05} | F _{0.01} |
| Differentiation source | df | SS | MS | | | |
| B(不同高度 Different heights) | 3(3) | 186.19(0.22) | 62.063 3(0.073 3) | 269.331 446 5** (0.477 169) | 2.6(2.6) | 3.78(3.78) |
| C(不同径向位置 Different radial position) | 2(2) | 2.58(21.94) | 1.29(10.97) | 5.598 113 2** (71.380 136 7**) | 3(3) | 4.61(4.61) |
| 误差 Error (E) | 437(437) | 100.7(67.16) | 0.230 4(0.153 77) | | | |
| 总变异 Total differentiation | 479(437) | 428.05(150.33) | | | | |
| 杉木弦(径)向 Tangential (radial) of Chinese Fir | | | | | | |
| 变异来源 | 自由度 | 离差平方和 | 均方平方和 | F | F _{0.05} | F _{0.01} |
| Differentiation source | df | SS | MS | | | |
| B(不同高度 Different heights) | 3(3) | 17.21(1.03) | 5.736 7(0.343 3) | 8.824 381 1** (0.969 893 6) | 2.6(2.6) | 3.78(3.78) |
| C(不同径向位置 Different radial position) | 2(2) | 248.06(188.58) | 124.03(94.29) | 190.788 143 8** (266.362 915 4**) | 3(3) | 4.61(4.61) |
| 误差 Error (E) | 431(431) | 280.19(152.57) | 0.650 1(0.354) | | | |
| 总变异 Total differentiation | 473(473) | 698.79(415.21) | | | | |

表4 杉木和 I-72 杨人工林木材在 3 个不同径向位置处的干缩性与基本密度
Tab. 4 Shrinkage and basic density for Chinese Fir and I-72 poplar plantation wood at different radial positions

| 统计量 | L ₀ /% | L _a /% | R ₀ /% | R _a /% | T ₀ /% | T _a /% | M _C /% | BD ₀ (g·cm ⁻³) | |
|-------------------|-----------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|---------------------------------------|--------------|
| 近髓心 Near pith | 均值 Mean value | 0.180(0.503) | 0.089(0.271) | 2.240(2.734) | 0.983(1.477) | 6.607(7.727) | 3.656(5.250) | 12.517(11.314) | 0.284(0.364) |
| | 标准差 Standard deviation | 0.098(0.194) | 0.052(0.138) | 0.580(0.547) | 0.312(0.392) | 0.952(1.120) | 0.627(0.991) | 0.953(1.193) | 0.026(0.030) |
| | 变异系数 Differentiate coefficient | 54.12(38.51) | 58.92(50.86) | 25.88(20.00) | 31.80(26.52) | 14.40(14.49) | 17.16(18.88) | 7.62(10.54) | 9.03(8.36) |
| | 试样数 Specimens number | 160(160) | 160(160) | 160(160) | 160(160) | 160(160) | 160(160) | 160(160) | 160(160) |
| 过渡区 Transition | 均值 Mean value | 0.171(0.493) | 0.087(0.263) | 2.996(3.003) | 1.358(1.694) | 7.449(7.792) | 3.985(5.288) | 12.689(11.035) | 0.304(0.372) |
| | 标准差 Standard deviation | 0.078(0.177) | 0.051(0.127) | 0.671(0.465) | 0.473(0.356) | 0.960(1.007) | 0.736(0.918) | 1.070(0.391) | 0.030(0.032) |
| | 变异系数 Differentiate coefficient | 45.63(35.85) | 58.33(48.36) | 22.40(15.47) | 34.81(21.00) | 12.89(12.92) | 18.46(17.36) | 8.43(3.54) | 9.90(8.50) |
| | 试样数 Specimens number | 155(160) | 155(160) | 155(160) | 155(160) | 155(160) | 155(160) | 155(160) | 155(160) |
| 近树皮 Near bark | 均值 Mean value | 0.165(0.526) | 0.081(0.302) | 3.775(3.258) | 1.808(1.858) | 8.365(7.904) | 4.676(5.288) | 11.989(10.857) | 0.318(0.406) |
| | 标准差 Standard deviation | 0.079(0.217) | 0.046(0.173) | 0.810(0.541) | 0.496(0.389) | 1.010(0.639) | 0.764(0.577) | 1.036(0.309) | 0.028(0.035) |
| | 变异系数 Differentiate coefficient | 48.04(41.34) | 56.98(57.25) | 21.45(16.61) | 27.46(20.92) | 12.07(8.08) | 16.34(10.91) | 8.64(2.85) | 8.77(8.55) |
| | 试样数 Specimens number | 159(160) | 159(160) | 159(160) | 159(160) | 159(160) | 159(160) | 159(160) | 159(160) |

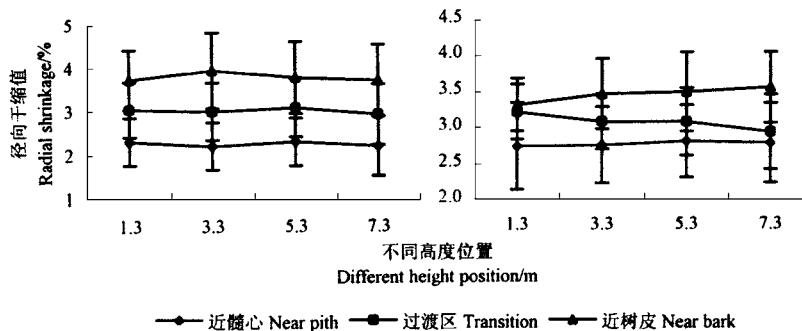


图1 杉木 I-72 杨人工林木材径向干缩与不同树干高度、径向位置关系

Fig. 1 Relationship between radial shrinkage and different tree height,

radial positions for Chinese Fir and I-72 poplar plantation wood

图例下同。The same cutline as below.

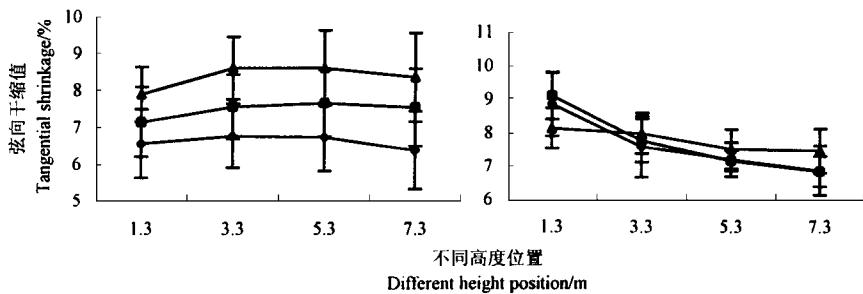


图2 杉木、I-72杨人工林木材弦向干缩与不同树干高度、径向位置关系

Fig. 2 Relationship between tangential shrinkage and different tree height, radial positions for Chinese Fir and I-72 poplar plantation wood

3 结论

杉木自生材至绝干状态的径向和弦向干缩率平均值分别为3.002%和7.472%,基本密度为 $0.302\text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$;I-72杨自生材至绝干状态的径向和弦向干缩率平均值分别为2.998%和7.808%,基本密度为 $0.381\text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ 。

南北向的不同对杉木和I-72杨人工林木材的弦、径向干缩均无显著影响。

树干高度位置的不同对杉木和I-72杨木的弦向干缩均有显著影响,而对径向干缩则无显著影响。多重分析结果表明,I-72杨弦向干缩率平均值随树干高度的增加而明显减小。

径向位置的不同对杉木和I-72杨人工林木材的弦、径向干缩均有极显著影响:从树皮到髓心,木材弦、径向干缩和基本密度均逐渐减小。

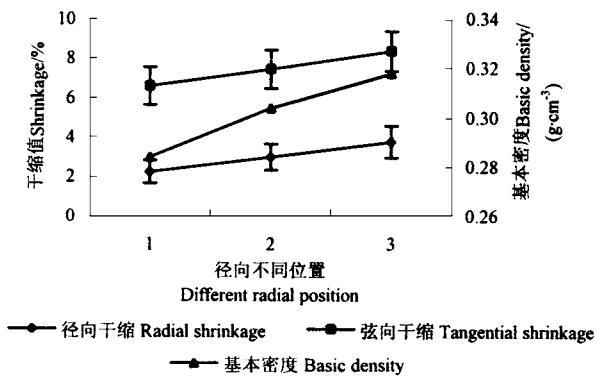


图3 杉木人工林木材弦、径向干缩和基本密度与不同径向位置关系

Fig. 3 Relationship between tangential, radial shrinkage, basic density and different radial positions for Chinese Fir plantation wood

成俊卿主编.1985.木材学.北京:中国林业出版社

陈大安,顾炼百,孙照斌.2003.汽蒸处理对青冈栎干缩系数及气体渗透性的影响.南京林业大学学报(自然科学版),27(2):62-64

方文彬,林云,苏维斌.1996.火炬松短周期工业材不同高度上干缩性能的研究.中南林学院学报,16(3):15-21

Barber N F, Meylan B A.1964. The anisotropic shrinkage of wood: a theoretical model. Holzforschung, 18:146-156

Barber N F.1968. A theoretical model of shrinking wood. Holzforschung, 22:97-103

Chafe S C.1986. Collapse, volumetric shrinkage, specific gravity and extractives in *Eucalyptus* and other species Part 1: The shrinkage/specific gravity ratio. Wood Sci Technol, 20:293-307

Chafe S C.1987. Collapse, volumetric shrinkage, specific gravity and extractives in *Eucalyptus* and other species Part 2: The influence of wood extractives. Wood Sci Technol, 21:27-41

Gu H, Zink-Sharp A, Sell J.2001. Hypothesis on the role of cell wall structure in differential transverse shrinkage of wood. Holz Rohr Werkstoff, 59:436-442

Jiang X M, Yin Y F, Lu J X, et al.2002. The influence of S₂ microfibril angle on longitudinal and tangential shrinkage in Chinese fir (*Cunninghamia lanceolata*) plantation. Chinese Forestry Science and Technology, 1(4):1-7

Newlin J A, Wilson T R C.1919. The relationship of the shrinkage and strength properties of wood to its specific gravity. US For Serv Bull FPL-676, 35

Stamm A J.1935a. A Shrinking and swelling of wood. Ind Eng Chem, 27:401-406

Stamm A J.1935b. The effect of changes in the equilibrium relative vapor pressure upon the capillary structure of wood. Physics, 6:334-342

Stamm A J.1952. Surface properties of cellulosic materials. In: Wise, Louis E, John, Edwin J.(Eds.): Wood chemistry(2nd ed.). New York: Reinhold, 691-814

参 考 文 献