

人工林杉木树木含水率与密度分布规律

江京辉, 周 凡, 翁 翔, 付宗营, 赵有科*

(中国林业科学研究院木材工业研究所, 北京 100091)

摘 要: 以人工林杉木原木为研究对象, 研究其水分和密度在径向和高度方向分布, 以及原木气干周期, 运用切片法和 X 射线法测试水分和密度。结果显示, 在径向上, 边材含水率为 184.41%, 是心材与含髓心含水率的 2.65 倍和 2.58 倍; 边材与含髓心材的绝干密度均为 $0.375 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$, 与心材绝干密度 $0.361 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ 存在显著性差异。X 射线测试生材和绝干材密度, 计算生材含水率, 与切片法测试结果接近。在高度上, 随树木高度增加, 心材含水率逐渐下降, 边材含水率有增加趋势; 从根部至梢端心材绝干密度变化很小, 然而, 边材绝干密度有逐渐增加的趋势。径级 18 cm 原木初含水率 126.92% 气干至 25%, 气干时间约 42 d, 表裂严重; 但气干可作为原木预干的一种方式。

关键词: 杉木; 生材; 原木; 含水率; 密度

中图分类号: S781.33

文献标识码: A

文章编号: 1672-352X (2019)06-0956-05

The law of moisture content and oven density of plantation Chinese fir green wood

JIANG Jinghui, ZHOU Fan, WENG Xiang, FU Zongying, ZHAO Youke

(Research Institute of Wood Industry, Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091)

Abstract: In this paper, the distribution of moisture content and density in radial and altitudinal directions of Chinese fir log were studied. The moisture content and oven density of green wood were measured by slicing and X-ray methods, the air-dry period of log was analyzed. The results showed that: in radial direction, the moisture content of sapwood was 184.41%, which was 2.65 times and 2.58 times of that of heartwood and pithy heartwood, respectively. The oven density of sapwood and pith of heartwood were $0.375 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$, and there was a significant difference between sapwood and pith of heartwood in oven density of $0.361 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$. X-ray could measure the density of green and oven wood, which calculated the moisture content of green wood that was near to the result of slicing method. In altitudinal direction, with the increase of tree height, the moisture content of heartwood decreased gradually, while the moisture content of sapwood increased. The oven density of heartwood from root to tip was a constant, but the oven density of sapwood increased gradually. The initial moisture content (126.92%) of log with diameter of 18 cm was reduced to 25%, and the air-drying time was about 42 days, shake of log was very heavy. Air-drying can be used as a way of pre-drying log.

Key words: Chinese fir; green wood; log; moisture content; density

树木生材含水率是指树木砍伐后, 断面水份未蒸发前的含水率。含水率是木材干燥过程参数控制与调准的主要依据。杨木 (*Populus deltoids* cv. I-69/55)、香梓楠 (*Micelialhedyosperma* Law)、刨花润楠 (*Machilus Paunoi* Kanenira) 和中山杉 (*Taxodium hybrid* 'Zhongshansha 302') 生材含水率径向变化为自髓心至边材呈下降趋势^[1-4]。而云南省西畴县人工林杉木 [*Cunninghamialanceolata* (Lamb.) Hook] 生材含

水率髓心至边材呈增加趋势, 边材为心材的 1.24 倍; 在垂直方向, 根基含水率较大, 树干中部最小, 树梢部分最大^[5]。对上述树种木材而言, 基本密度的径向变化随树龄增加而增大, 纵向变化随树高增加而减少。然而, 树木生材含水率与密度因树种不同, 树种内不同单株, 同株内心、边材和树干不同部位, 不同生长季节和不同立地条件都有差异^[1]。树干内生材含水率和密度分布规律是影响原木干燥

收稿日期: 2019-03-07

基金项目: “十三五”国家重点研发计划“木材节能备料与质量控制技术研究”课题 (2016YFD0600701) 资助。

作者简介: 江京辉, 博士, 副研究员。E-mail: jiangjh@caf.ac.cn

* 通信作者: 赵有科, 副研究员。E-mail: youke_zhao@hotmail.com

等加工利用的重要因素之一。

本研究以人工林杉木为研究对象,在南方地区,人工林杉木原条应用在我国木结构古建筑中历史悠久,主要用于制作成新木结构房屋中的梁和柱,或者更换古代木结构中梁和柱等大截面木构件。根据修缮与重建现场施工经验,加工木构件的内部(10 cm 以下)含水率多在 40%左右,有时更高,5 cm 深处含水率多在 30%左右,这样的含水率在干燥过程中仍然会使木材开裂和变形^[6]。与我国《木结构工程施工质量验收规范》木构件含水率须在 20% 以下相差甚远,该标准要求原木构件含水率小于 25%^[7]。古建筑维修与重建中原木含水率不达标是普遍存在的问题。解决此问题,首先需要掌握原木水分和密度分布,气干原木质量和周期。因此,进一步研究人工林杉木树木含水率与密度的分布规律以及气干原木很有必要。

1 材料与方法

试材来自四川省雅安,海拔 850 m,坡向东,坡度 25°,人工林杉木树龄约 40 年,选择 9 株树木,胸径范围 18~32 cm。从根部每 2.4 m 截取截圆盘厚度为 25 mm,每株树截取 5~7 个圆盘不等,最小头直径为 80 mm。其中:7 株树手动切含水率片,

宽度为 30 mm,切片厚度 8~10 mm,如图 1 所示,测试含水率和绝干密度^[8];2 株树利用 X 射线仪器测试生材密度和绝干密度,获得生材含水率,试样尺寸:20(L:纤维长度)×50(T:弦向)×圆盘最大尺寸(R:径向),X 射线步长为 0.036 62 mm,如图 2 所示。

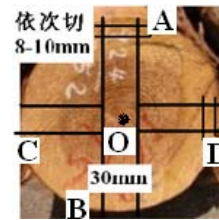


图 1 手动切片

Figure 1 Manual slice



图 2 X 射线测试试样

Figure 2 The sample was measured by X-ray

2 结果与分析

2.1 径向分布

7 株人工林杉木共 34 个圆盘,将含有髓心、心

表 1 髓心、心材、边材三者的生材含水率与绝干密度多重比较

Table 1 Multiple comparisons of moisture content and oven density of pith, heartwood and sapwood

位置 Postion	试样数 Sample number	含水率/% Moisture content		绝干密度/g·cm ⁻³ Oven density	
		均值 Mean	变异系数 (%) CV	均值 Mean	变异系数 (%) CV
髓心 Pith	53	71.57 ^a	20.04	0.375 ^b	13.41
心材 Heartwood	813	69.70 ^a	25.37	0.361 ^a	11.52
边材 Sapwood	393	184.41 ^b	20.08	0.375 ^b	13.43

注: 同列数据间小写字母不同者为差异显著($P < 0.05$), 相同字母者差异不显著($P > 0.05$)

Note: In the same column, values with different letter superscripts mean significant differens ($P < 0.05$), while with the same or no letter superscripts mean no significant ($P > 0.05$)

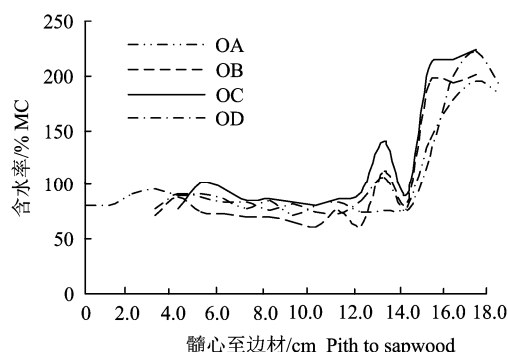


图 3 圆盘四个方向从髓心至边材含水率变化

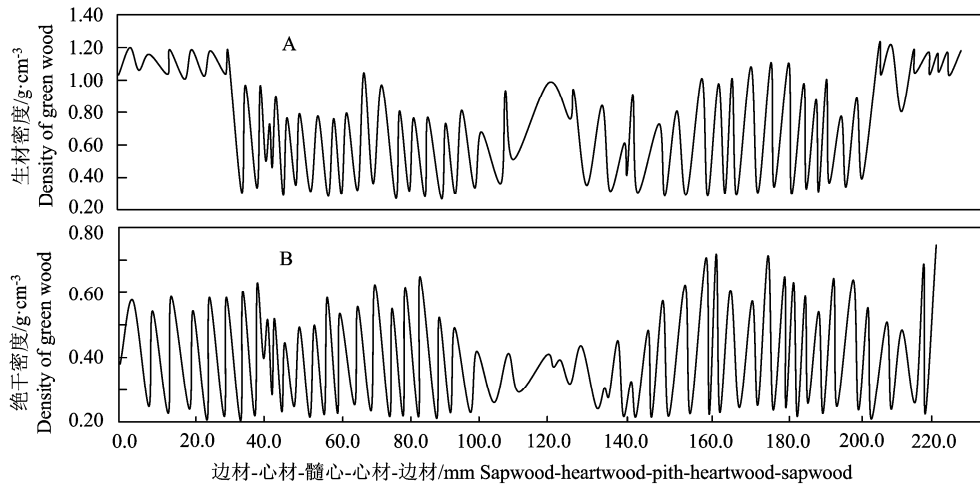
Figure 3 The change of MC from pith to sapwood in four directions of disc

材和边材的切片分为 3 组统计,如表 1 所示。髓心和心材的生材含水率分别为 71.57%和 69.70%,差异不显著;边材生材含水率为 184.41%,是髓心、心材生材含水率的 2.58 倍和 2.65 倍,并存在极显著性差异。图 3 显示,圆盘 4 个方向的髓心和心材含水率接近,边材含水率显著大于心材与髓心含水率,与前人研究结果相似^[5,9-11],立地条件和砍伐的季节差异,是导致与前人研究结果存在差异的主要原因之一。然而,髓心与边材的绝干密度基本等同,均为 0.375 g·cm⁻³,与心材绝干密度 0.361 g·cm⁻³存在极显著性差异。

长方块试样测出生材和绝干材的体积和质量,

计算出平均含水率、平均水分密度及木材平均密度。薄片厚度为 20 mm 厚度均匀一致,扫描方向沿木材径向,厚度方向为纤维长度方向,测得杉木生材和绝干材 X 射线透射密度谱如图 4 所示。该试样是从圆盘中截取最大长方块,从图 4 (a) 生材密度曲线可知,心边材有明显区分线,两端为边材,中间部分为心材,其中边材生材密度明显大于心材,二者密度分别是 $1.080 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ 和 $0.565 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$;从图 4 (b) 绝干材密度曲线可知,心边材密度区分不明显,二

者密度分别是 $0.367 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ 和 $0.363 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$,该结果与切片法获得绝干密度结果接近。根据生材与绝干材密度图谱推算出生材含水率,如图 5 所示,边材含水率显著大于心材,二者含水率分别是 209.48% 和 53.82 %,树木内边材含水率明显高于心材,与切片法测试结果接近,同时分界线也一致,X 射线方法测试木材含水率方法可行^[12-14];X 射线法与切片法含水率差别在于测试方法存在差异,另外不同株间含水率也存在差异。



A. 生材密度分布; B. 绝干密度分布 A. The distributional density of green wood; B. The distributional oven density

图 4 人工林杉木薄片的 X 射线扫描密度曲线

Figure 4 The oven density of Chinese fir wood slice by X-ray scanning

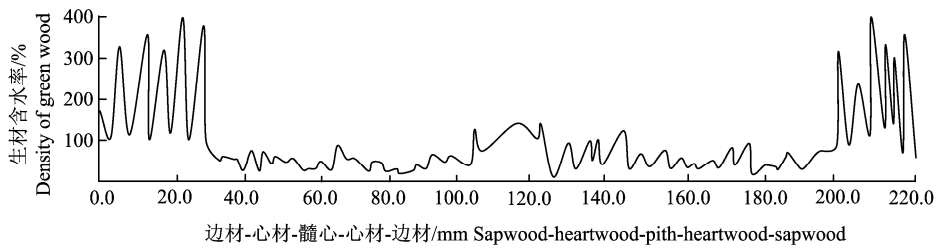


图 5 人工林杉木生材含水率分布

Figure 5 The distributional moisture content of plantation Chinese Fir wood

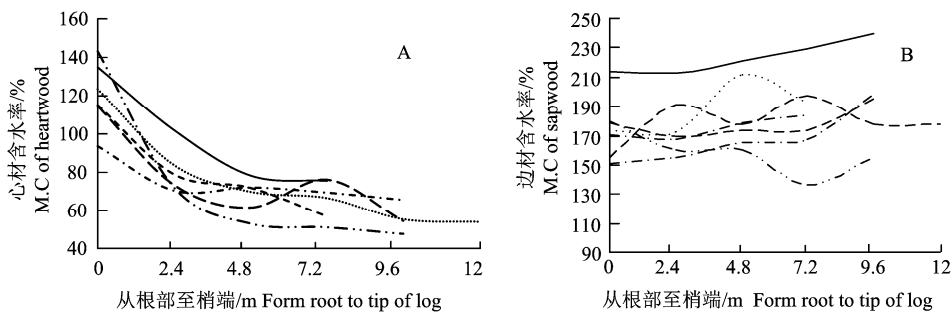


图 6 心边材从根部至梢端含水率变化

Figure 6 The change of moisture content form root to tip of heartwood and sapwood

2.2 高度方向分布

7 株杉木在高度上生材含水率变化规律, 如图 6 所示, 心材根部含水率最大为 143.24%, 随着树木高度的增加, 含水率逐渐下降, 至梢端直径 80 mm, 含水率最小为 47.69%; 心材的木质分子的细胞壁有所加厚、管胞的闭塞纹孔出现、胶质、树脂或其他内含物侵填体的形成等表现, 这些表现可能影响水分纵向的渗透, 导致了根部心材含水率低于梢端心材^[15]。边材含水率大趋势为随树木高度增加, 含水率逐渐增加, 根部含水率最小为 150.69%, 梢端含水率最大为 239.55%。边材具有木质部全部的生

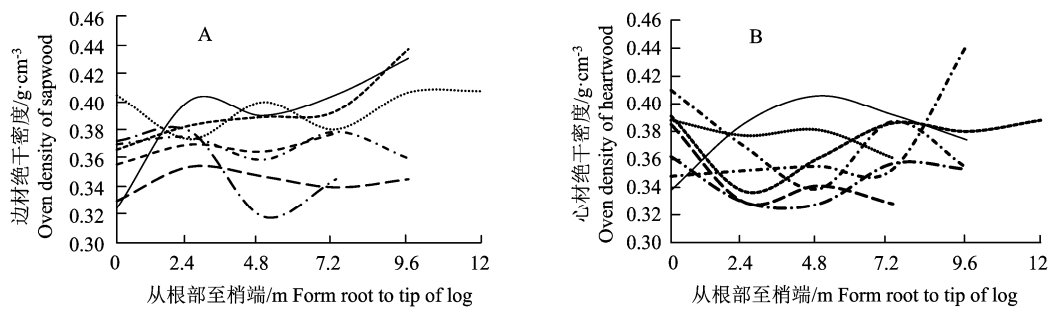


图 7 心边材从根部至梢端绝干密度变化

Figure 7 The change of oven density form root to tip of heartwood and sapwood

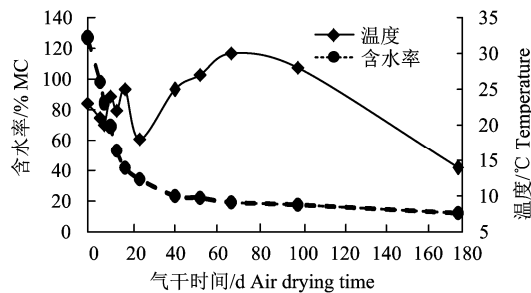


图 8 原木气干含水率变化

Figure 8 The change moisture content of log in air dry of room

2.3 原木气干含水率变化

5 根长度为 1.5 m, 径级 18 cm 的原木初含水率为 126.92%。自 2018 年 4 月 27 日至 10 月 25 日, 原木在中国林科院木材所气干棚内进行气干^[16], 气干环境温度和原木含水率变化如图 8 所示。截止 10 月 25 日, 原木含水率为 12.12%, 随着气干时间延长, 原木含水率进一步下降。气干作为原木一种传统干燥方法, 但是原木干燥缺陷大, 表裂至髓心, 宽度约 10 mm。《木结构工程施工质量验收规范 (GB50206-2012)》规定原木含水率不大于 25%^[7], 对于径级 18 cm 与初含水率 126.92% 的原木而言, 假设将该原木气干至含水率 25% 左右, 气干时间为 42 d 左右。原木初含水率和径级不同, 气干周期也

理功能, 除具有支持的机械力外, 同时对水分运输、矿质和营养物的运输和储存等作用, 管胞或导管要经过一段时间后死亡, 但仍能起运输水分的作用^[15], 根部至梢端边材的材积逐渐降低, 树木蒸发水量是一定的, 每一个截面运输水分亦恒定, 因此, 单位根部边材水分低于梢端边材, 即根部边材含水率低于梢端边材。如图 7 所示, 从根部至梢端心材绝干材密度变化很小, 平均值分别为 $0.367 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$, 变异系数为 7.30%; 然而, 边材绝干密度变化趋势为逐渐增加, $0.374 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$, 变异系数为 7.56%; 该结果与表 1 中的心边材绝干密度接近。

不同, 但缺陷严重; 但可通过对原木进行机械处理, 即刻痕、开缝和长度方向开孔等机械处理, 结合常规干燥, 提高原木的干燥质量与效率^[17-19]。然而, 气干仍然是预干原木的一种方式。

3 结论

边材含水率为 184.41%, 是心材与髓心含水率的 2.65 倍和 2.58 倍; 边材与髓心材的绝干密度均为 $0.375 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$, 与心材绝干密度 $0.361 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ 存在显著性差异。

利用 X 射线测试生材和绝干材密度, 推算生材含水率的方法是可行的, 并与切片法测试结果接近。

随着树木高度的增加, 心材含水率逐渐下降, 边材含水率趋势是增加; 从根部至梢端心材绝干材密度变化很小, 然而, 边材绝干密度有逐渐增加的趋势。

径级 18 cm 原木初含水率 126.92% 气干至 25%, 气干时间约 42 d, 表裂严重, 但气干可作为原木预干的一种方式。

参考文献:

- [1] 刘盛全, 储茵, 张育才, 等. 长江滩地 69 杨生材含水率株内变异规律的研究[J]. 安徽农业大学学报, 1999, 26(4): 384-387.

- [2] 黎小波, 张钰雯, 符韵林. 香樟楠树皮率、生材含水率及木材密度研究[J]. 陕西林业科技, 2014(4): 1-4.
- [3] 樊吉尤, 韦鹏练, 卓宇, 等. 刨花润楠树皮率、生材含水率及木材密度研究[J]. 安徽农业科学, 2011, 39(9): 5278-5280.
- [4] 严晓红, 潘彪, 施建中, 等. 海岸防风林中山杉木材生长特性[J]. 林业科技开发, 2010, 24(6): 72-74.
- [5] 张铁中. 杉木生材含水率变异规律初探[J]. 西南林学院学报, 1987, 2: 61-65.
- [6] 陈允适, 刘秀英, 李华, 等. 古建筑木结构的保护问题[J]. 故宫博物院院刊, 2005, 121(5): 332-343.
- [7] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 木结构工程施工质量验收规范: GB50206-2012 [S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2012.
- [8] 国家林业局. 木材含水率测定方法: GB T 1931-2009[S]. 北京: 中国标准出版社, 2009.
- [9] 聂永雄, 刘晓玲, 张荣, 等. 土贡松树皮率、生材含水率及木材密度研究[J]. 陕西林业科技, 2016(6): 27-31.
- [10] 江京辉, 李伯涛, 周凡, 等. 杉木生材含水率分布及其对气干的影响[J]. 林产工业, 2019, 46(1): 25-29.
- [11] JIANG J H, LU J X, REN H Q, et al. Effect of growth ring width, pith and visual grade on bending properties of Chinese fir plantation dimension lumber[J]. Eur J Wood Prod, 2012, 70(1/2/3): 119-123.
- [12] 李贤军, 蔡智勇, 傅峰. 干燥过程中木材内部含水率检测的 X 射线扫描方法[J]. 林业科学, 2010, 46(2): 122-127.
- [13] 余乐, 吕建雄, 李贤军, 等. X 射线扫描法和切片法测量干燥过程中杉木含水率分布的比较研究[J]. 浙江农林大学学报, 2013, 30(4): 543-547.
- [14] 郝晓峰, 吕建雄, 俞昌铭, 等. 基于容积密度计算的 X 射线法测定木材含水率分布[J]. 林业科学, 2014, 50(1): 125-132.
- [15] 成俊卿. 木材学(第一版)[M]. 北京: 中国林业出版社, 1985: 35-36.
- [16] 全国木材标准化技术委员会. 锯材气干工艺规程: LY/T 1069-2012 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2012.
- [17] YEO H, SHIM K B, LEE D S, et al. Effects of center boring and kerf treatment on kiln-drying of larch square and round timber [J]. Forest Prod J, 2007, 57(11): 85-92.
- [18] 构涛, 高瑞清, 李晓玲, 等. 切口处理对落叶松方材高频真空干燥质量的影响[J]. 木材工业, 2010, 24(2): 39-41.
- [19] LEE C J, OH S W, LEE N H, et al. Effect of the knife-incising pretreatment on the surface checks occurrence of red pine heavy timber after drying [J]. Eur J Wood Prod, 2017, 75(1): 143-145.