

粗皮桉木材气干密度测定方法比较研究

赵荣军, 霍小梅, 邢新婷, 上官蔚蔚, 任海青*

(中国林业科学研究院 木材工业研究所, 北京 100091)

摘要:以我国粗皮桉人工林木材为试验材料,分别采用中国国家标准(GB/T 1933-2009)的直接测量法、X线密度仪和 SilviScan 木材材性快速测定仪对粗皮桉木材的气干密度进行了测定。结果表明,采用直接测量法、X线密度仪和 SilviScan 得到的粗皮桉木材试样的气干密度值之间有很好的相关性,并用近红外光谱方法对这些木材密度进行了快速预测,预测效果较好。该研究结果可为将来木材密度快速测定方法的研究和粗皮桉木材的科学合理利用提供依据。

关键词:粗皮桉;木材气干密度;X射线密度仪;SilviScan 近红外光谱

中图分类号:S792.390.8 **文献标志码:**A **文章编号:**1001-7461(2012)02-0242-03

Comparison of Measurement Methods of *Eucalyptus pellita* Air-dry Density

ZHAO Rong-jun, HUO Xiao-mei, XING Xin-ting, SHANGGUAN Wei-wei, REN Hai-qing*

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

Abstract: Three methods were adopted to measure the density of air-dried *Eucalyptus pellita* wood: direct measurement based on China National Standard Method (GB/T 1933-2009), X-ray densitometry and SilviScan. Good correlation were observed among the density values measured by the methods mentioned above. Satisfactory results were also achieved by using near infrared spectroscopy to predict the density quickly. The results could supply reference for studying the methods of rapid measuring air-dry density and rational utilization of *E. pellita*.

Key words: *Eucalyptus pellita*; air-dry density of wood; X-ray densitometry; SilviScan; near infrared (NIR) spectroscopy

木材密度是衡量木材质量和特性的一项重要指标,也是研究木材用途的一个最有效的指标,木材的其他性质都受到木材密度的影响,如木材的力学性质、电学性质和硬度等,因此,研究木材密度具有实际意义。测定木材密度的方法有很多,一般有直接测量法、水银容器法、排水法和快速测定法等^[1],其中直接测量法是常用的测定方法,随着木材科学的发展,又有一些新的测试方法不断产生,如 X 线密度仪法、X 线图像法、 β 线检测法、近红外光谱法等,许多研究者也利用这些方法对木材密度进行了研究^[2-6],但多数测试样品为破坏性取样,那么通过无损或准无损方法获取木材试样、探讨一种快速、简便

的方法来测定木材的密度已成为研究者关注的热点。本研究以我国人工林粗皮桉(*Eucalyptus pellita*)木材为试验材料,采用 X 线密度仪、SilviScan 木材材性快速测定仪和国家标准的直接测量方法测定其中心条的气干密度,并结合近红外光谱技术对粗皮桉木材气干密度进行快速预测,为木材密度快速测定方法的研究和粗皮桉木材的合理利用提供依据。

1 材料与方 法

1.1 试验材料

人工林粗皮桉试验材料采自广东遂溪县城月镇

收稿日期:2011-03-30 修回日期:2011-05-18

基金项目:国家林业公益性行业科研专项(200904016)。

作者简介:赵荣军,女,博士,副研究员,主要从事木材力学与材质评价方面的研究。

* 通讯作者:任海青,男,研究员,研究方向为木材力学。E-mail:renhq@caf.ac.cn

雷州林业局迈进林场,地理位置是 21°50'N、110°30'E,海拔 27 m。试验林地平整,土壤为沙质砖红壤,较瘠薄。试验用样本为 28 个家系的伐倒木和 95 个生长锥试样,气干密度试样取自伐倒木胸高处(1.3 m)中心条和生长锥试样。

1.2 试验样品

在伐倒树木胸高处(1.3 m)截取 5 cm 厚圆盘,沿南北向过髓心取宽为 25 mm 的径向条,纵向刨光后厚度为 3 cm,加工为试样最终需要尺寸规格。国标方法所用木材密度的试样尺寸为 20 mm×20 mm×20 mm,X 线和 SilviScan 法用木材密度的试样从生长锥中加工制作,规格为 2 mm(弦向)×7 mm(纵向)×半径(径向),长为树木直径。试样数量至少 50 个。

1.3 测试仪器

测定木材气干密度所用仪器为南京林业大学 DX-2000X 线密度仪、澳大利亚墨尔本林产品研究所自主研发的 SilviScan-木材材性快速测定仪和美国 ASD 公司生产的 LabSpec Pro 近红外光谱仪。

1.4 测试方法

采用国家标准《木材物理力学性质试验方法》(GB/T1933-2009)测定试样气干密度是在试样各相对中心位置,分别测出弦向、径向和顺纹方向尺寸,得出体积,称出试样质量,得出试样气干密度值。X 线密度仪是在原有的 X 线衍射仪基础上,增加一个密度测试装置,用微机控制步进电机的速度和转动角度,通过丝杠螺母结构将转动变为匀速平动,使样品能以一定的速度平动,X 线管发出的射线通过木材样品,由闪烁计数器接收其强度记录,在微机上显示齿轮旋转角度与强度扫描曲线,并记录其强度值。根据吸收强度计算出试样气干密度值。SilviScan 测定系统也是利用 X 线照射样品,检测可以透过的 X 线的量,X 线吸收与密度之间的关系符合比尔定律,计算出试样气干密度值。

表 1 粗皮桉木材气干密度统计值

Table 1 Statistical results of <i>E. pellita</i> air-dried density			
测定方法	试样数量 /个	平均值 /($\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$)	标准差
X 线密度仪	50	0.639	0.066
SilviScan	50	0.631	0.068
国家标准直接测量	64	0.740	0.081
近红外光谱预测	64	0.739	0.065

利用近红外光谱技术预测粗皮桉木材的气干密度,是用杯光源检测器对商用聚四氟乙烯白板进行空白校准后,再对样品表面在全光谱范围内进行近红外光谱采集,每次扫描 30 次由计算机自动平均为

1 个光谱,记录并保存。利用 ASD 公司开发的 In-dio 数据采集和预处理软件完成粗皮桉木材试样的近红外光谱采集,使用 CAMO 公司的多变量统计分析软件 Unscrambler9.2 对每个试样用偏最小二乘法(PLS)与光谱数据之间建立校正模型并进行预测(表 1)。

2 结果与分析

根据不同方法测得的粗皮桉木材气干密度值进行相关性分析,采用国家标准直接测量法测定的气干密度值和采用 X 线密度仪测定的气干密度值相关性如图 1。由图 1 可以看出采用国家标准测定的气干密度值和采用 X 线密度仪测定的气干密度值有很好的相关性,决定系数达到 0.98,即二者密切相关。

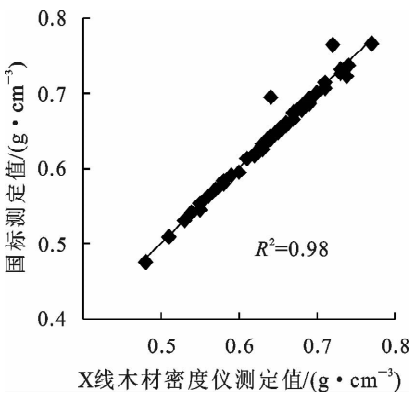


图 1 国家标准测定值和 X 线木材密度仪测定值的相关性

Fig.1 Correlation between measured values of air-dried density by national standard method and X-ray densitometry

从图 2 可以看出,SilviScan 测定试样气干密度值和采用国家标准测定试样气干密度值有很好的相关性,决定系数达到 0.92,即二者密切相关。

由图 3 可知,采用 X 线密度仪测定的气干密度值和利用 SilviScan 测定试样气干密度值亦具有很好的相关性,决定系数 0.92。

通常测定木材气干密度是按照国家标准《木材密度测定方法》(GB/T1933-2009)进行测定,这种方法需要测量试样弦向、径向和顺纹方向尺寸,比较费时费力而且有时候受到人为因素影响,不能满足现代林木培育和木材加工业的需求,也不能充分了解木材密度年轮间和年轮内的详细信息;利用 X 线密度仪测定的气干密度值其测试需要的试样材料少并小,可以测得很小范围内的木材密度,如 0.1 mm、0.05 mm 和 0.025 mm 等的密度值,也可以通过 X 线木材密度曲线谱,获得年轮宽度和年轮内密度的各种信息;SilviScan 材性快速测定仪主要测定样品的密度等材性指标及其分布情况,可以将木材密度

与细胞分布结合计算出每个年轮的大致范围,同时根据特定软件还能确定年轮的宽度、幼龄材和成熟材的密度等。如果需要获得木材密度的实际测量值,那么就需要用国标方法进行测量,相反,若不需要知道木材密度的实际值,只要比较不同种源、家系密度值的高低,使用其他 2 种方法即可。

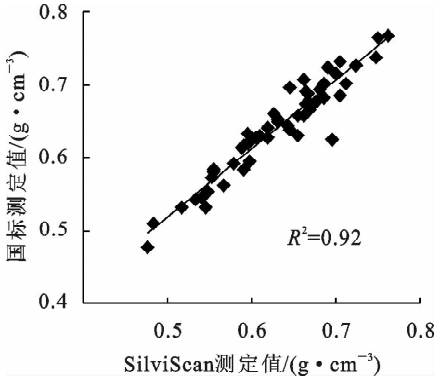


图 2 国家标准测定值和 SilviScan 测定值的相关性
Fig. 2 Correlation between measured values of air-dried density by national standard method and SilviScan

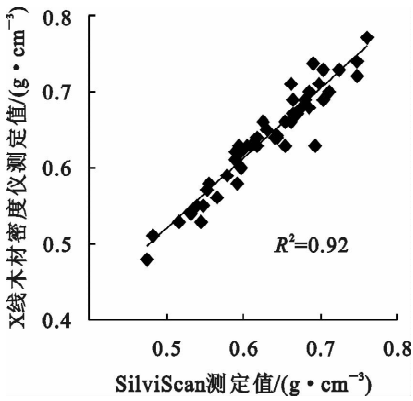


图 3 X 线密度仪测定值和 SilviScan 测定值的相关性
Fig. 3 Correlation between measured values of air-dried density by X-ray densitometry and SilviScan

近红外光谱技术作为一种无损、简便的技术已被广泛用在木材科学领域,很多研究者已开展了利用近红外光谱技术预测木材解剖^[7]、物理力学^[8-9]和化学^[10]等性质的研究,但是针对不同的树种,其预测效果也不一样,目前还未见到近红外方法预测粗皮桉木材密度的相关报道。本研究通过利用近红外光谱技术结合 SilviScan 测定方法对粗皮桉木材的气干密度进行预测(图 4)。由图 4 可知,粗皮桉木材气干密度的预测值和实测值之间有良好的相关性,其决定系数为 0.88,表明利用近红外光谱技术可以实现粗皮桉木芯试样气干密度的快速预测,这将为多种木材生长锥试样气干密度的研究提供了一种快速、简便的方法。

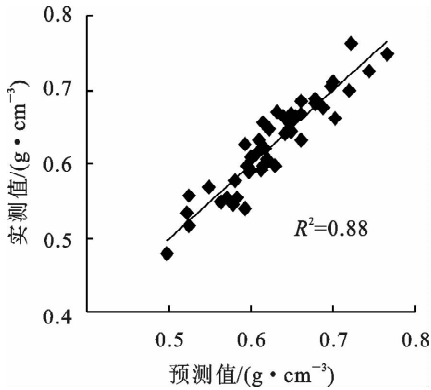


图 4 气干密度预测值与实测值的相关性
Fig. 4 Correlation between measured values of air-dried density by NIR prediction and actual measurement

3 小结

采用国家标准直接测量法、X 线密度仪和 SilviScan 3 种方法比较了不同年轮粗皮桉木材的气干密度,结果表明,3 种方法测得粗皮桉木材气干密度线性相关性很好,决定系数均大于 0.88,认为这几种方法均可以准确测试不同年龄粗皮桉木材的气干密度。当利用生长锥试样测定木材密度时可以选用 X 线和 SilviScan 方法,当试样为从伐倒木获取时,可以选用国标方法,也可以选用后 2 种方法。同时利用近红外光谱方法与 SilviScan 方法测定的生长锥试样气干密度值进行了回归分析并建立了预测模型,预测效果较好。

参考文献:

[1] 尹思慈. 木材学[M]. 北京:中国林业出版社,1996.
[2] 阮锡根,潘惠新,李火根,等. 材性改良研究: I. X 射线木材密度测定[J]. 林业科学,1995,31(3):260-268.
RUAN X G, FAN H X, LI H G, *et al.* Material improvement research: density of wood using X-ray scanning[J]. Scientia Silvae Sinicae, 1995, 31(3):260-268. (in Chinese)
[3] 夏萍,刘盛全,周亮,等. X 射线图像法测定木材生长轮密度[J]. 林业科学,2007,43(7):61-66.
XIA P, LIU S Q, ZHOU L, *et al.* A measurement method of wood growth ring density based on X-ray combined image processing[J]. Scientia Silvae Sinicae, 2007, 43(7):61-66. (in Chinese)
[4] 王朝晖,江泽慧,阮锡根. X 射线直接扫描法研究毛竹材密度的径向变异规律[J]. 林业科学,2004,40(3):111-116.
WANG Z H, JIANG Z H, RUAN X G. Studies on radial variation in density of moso bamboo using X-ray scanning[J]. Scientia Silvae Sinicae, 2004, 40(3):111-116. (in Chinese)
[5] 李丽,撒潮,庞友会,等. 基于 β 射线的单板密度检测实验[J]. 林业机械与木工设备,2008,36(5):10-12.
LI L, SA C, PANG Y H, *et al.* Veneer lumber density tests based on beta ray[J]. Forestry Machinery and Woodworking Equipment, 2008, 36(5):10-12. (in Chinese)