

巨尾桉锯材气干影响因素的研究

刘晓玲, 陈松武, 陈 艳, 罗玉芬, 林家纯, 陈桂丹

(广西壮族自治区林业科学研究院; 广西木材资源培育质量控制工程技术研究中心, 广西南宁 530002)

摘要: 为确定较优的巨尾桉锯材气干方案, 研究了不同堆积方式(井字形堆积、无隔条纵横交叉堆积、隔条堆积)和气干条件(阴干、露天)的影响, 综合考虑锯材的干燥速率、干燥质量缺陷、空间利用率、堆积效率等指标。结果表明, 井字形堆积法、露天条件的干燥速率相对较快, 隔条堆积、阴干的干燥质量更优。建议企业根据实际需要选择适合的锯材干燥方案。

关键词: 巨尾桉; 堆积方式; 气干条件; 影响因素

中图分类号: S781.71; S792.39; TS65 文献标识码: B 文章编号: 1001-8654(2020)06-0058-04

Influencing Factors of *Eucalyptus grandis*×*urophylla* Air-drying

LIU Xiao-ling, CHEN Song-wu, CHEN Yan, LUO Yu-fen, LIN Jia-chun, CHEN Gui-dan

(GuangXi Zhuang Autonomus Region Forestry Research Institute; Guangxi Quality Control of Wood Resources Cultivation Research Center of Engineering Technology, Nanning 530002, Guangxi, China)

Abstract: In order to determine the optimal air-drying schedule for *E. grandis*×*E. urophylla* wood, the study explored different packing methods (well-packing, no-sticker crisscrossed-packing, and crisscrossed-packing) and drying conditions (air-drying with a shed, open-air-drying without a shed), comprehensive consideration of sawn timber drying rate, drying quality defects, space utilization and accumulation efficiency. The results show that the drying rate is the fastest at the open-air without a shed condition using the well-packing method; the best lumber quality was gained with crisscrossed-packing air-drying with a shed. This study provides multiple air-drying schedules for manufacturers to choose based on production needs.

Key words: *E. grandis*×*urophylla*; packing methods; air-drying condition; influencing factors

桉树(*Eucalyptus* spp.)是我国三大(桉、松、杨)速生用材树种之一^[1]。广林9号桉属于巨尾桉(*E. grandis*×*urophylla*)无性系,是由巨桉(*Eucalyptus grandis*)和尾叶桉(*Eucalyptus urophylla*)杂交的优

良品种,具有适应性强、生长迅速、出材率高、遗传形状稳定等优点^[2-3]。目前,广林9号桉树已成为我国大面积推广种植和被马来西亚、柬埔寨、越南、老挝等东南亚国家大量引种的桉树品种之一。国内学者对桉木干燥做了大量研究^[4-10],但因桉木生长应力大,易开裂、变形,其气干和窑干研究一直是学者们关注的重点。

气干是指将木材堆放在空旷场地或通风棚舍下利用大气热能蒸发木材中的水分,具有简单易行、节约能源、经济环保等特点。将气干与窑干等其他

收稿日期: 2019-12-31; 修改日期: 2020-10-08

基金项目: 广西创新驱动发展专项资金项目“桉树实木加工利用关键技术研究示范”(桂科AA17204087-12)。

作者简介: 刘晓玲(1989—),女,工程师。Email: liuxiaolinggy@163.com

通讯作者: 陈松武,男,高级工程师。Email: 291961165@qq.com

干燥方法相结合,可缩短干燥时间,保证干燥质量,降低干燥成本^[1]。影响木材气干质量的因素较多,笔者主要研究锯材堆积方式及气干条件对桉木锯材气干质量的影响,为优化桉木锯材的气干方案提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

5a 生巨尾桉(广林 9 号)锯材,含水率 100%~120%,弦切板,规格尺寸为 640 mm×44 mm×38 mm(长×宽×厚),取自广西某企业。

1.2 试验设备

木材含水率测定仪、电热鼓风干燥箱等。

1.3 试验方法

分别采用不同的堆积方式和不同的气干条件对锯材进行气干影响因素研究。堆积所用的锯材不做任何处理,均堆积成宽度约 1.0 m、高度约 1.5 m 的材堆。锯材堆积方式按 LY/T 1069—2012《锯材气干工艺规程》分为 3 种(如图 1 所示),堆积地点为广西贺州。

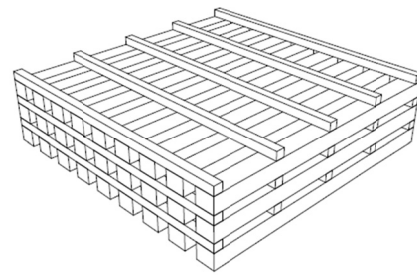
气干条件分为阴干和露天(试验期间平均气温 27 ℃、平均湿度 60%);有隔条(间距 200 mm、300 mm)/无隔条;压重/不压重。阴干采用搭棚处理,避免阳光直射;露天材堆采用石棉瓦在材堆顶部进行遮盖,避免雨水倒灌。

1.4 测量方法

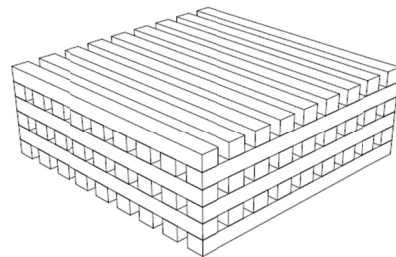
干燥初期含水率下降较快时,一周测定两次;当含水率每周变化率在 5%以内时,改为每周监测一次;当含水率每两周变化率在 2%以内时,两周监测一次。

干燥前,先在端头 10 mm 处锯制 10 mm 厚小试片,采用烘干法测定初含水率。每个材堆上、中、下部位,均放置 9 块含水率检验板。按 GB/T 6491—2012《锯材干燥质量》锯制最终含水率试片,按 GB/T 1931—2009《木材含水率测定方法》测定试材含水率,在干燥试验前及干燥过程中定时对检验板进行称量。

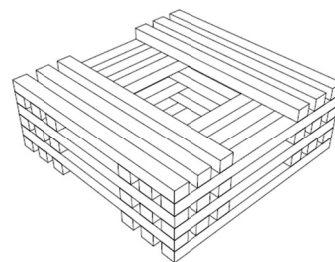
试验结束后,按 GB/T 6491—2012《锯材干燥质量》观测锯材干燥质量缺陷。



隔条堆积法



无隔条纵横交叉堆积法



井字形堆积法

图 1 锯材堆积方式示意图

Fig.1 Schematic diagram of lumber packing methods

2 结果与分析

2.1 堆积方式的影响

1) 对干燥速率的影响

不同堆积方式时,锯材含水率测试结果见图 2。

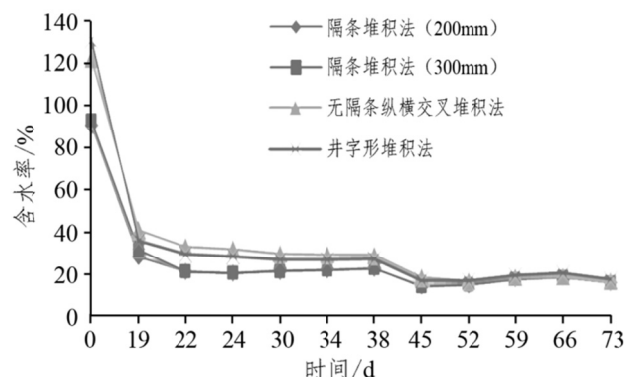


图 2 不同方式堆积锯材的含水率变化

Fig.2 Moisture contents of samples from different packing methods

图2显示,干燥初期(含水率快速下降阶段),井字形堆积法的干燥速率最快,含水率由131.3%降至35.8%,平均干燥速率为5.03%/d;无隔条纵横交叉堆积法其次,含水率由122.3%降至40.8%,平均干燥速率为4.29%/d;隔条堆积法的干燥速率最慢,其中隔条间距为300 mm试样的含水率由92.8%降至31.4%,平均干燥速率为3.23%/d。

干燥初期,由于木材自由水较多,其内部和外界形成较大温差,自由水处于快速蒸发阶段,所以试样含水率下降很快。对比四种堆积方式,井字形堆积法材堆中间部分有比较大的空气流通通道,加快了水分的蒸发,故含水率前期下降最快。

干燥中期(含水率缓慢下降阶段),四种堆积方式的试样含水率变化均不明显,这是由于木材含水率基本达到纤维饱和点,且木材内外温差逐渐减小,含水率下降缓慢,内部自由水蒸发量减少,木材细胞腔内部的结合水开始逐渐蒸发,而细胞腔内的结合水由于受到木材细胞壁的限制,导致试样干燥速率较慢^[12]。

干燥后期(含水率基本处于平衡阶段),由于含水率均下降至20%以下,含水率的变化较小,这是由于结合水蒸发更为困难;另外,结合水受外界空气湿度的影响较大,因而随空气湿度的变化而呈现波动。

2) 对气干质量的影响

不同堆积方式时,锯材干燥质量缺陷观测结果,见表1。

表1 不同堆积方式时锯材干燥缺陷
Tab.1 Lumber defects at different packing methods

堆积方式	顺弯/%	横弯/%	翘曲/%	纵裂/%	综合缺陷/%
隔条堆积法(200 mm)	3.6	1.2	2.4	77.9	80.3
隔条堆积法(300 mm)	1.2	3.8	2.4	81.7	82.0
无隔条纵横交叉堆积法	3.1	4.1	4.5	89.7	90.9
井字形堆积法	2.5	5.4	2.9	93.1	94.0

由表1结果可知,井字形堆积法的干燥缺陷比例最高,为94%;隔条堆积法的干燥缺陷比例相对较小,其中隔条间距为200 mm的缺陷比例最低。综合干燥缺陷比例发现,4种堆积方式的缺陷比例都较高,主要表现为纵裂,少部分试材存在顺弯、横弯和翘曲等现象。桉木自身生长应力大,干燥前未经

任何处理。

另外,本次试验所用锯材规格相对较大,根据生产实际经验,企业采购的大部分为小径级桉木,制材时多含有髓心,所以导致锯材在气干过程中开裂现象严重,缺陷比例较高。

3) 综合评价

从干燥速率来看:井字形堆积法>无隔条纵横交叉堆积法>隔条堆积法。从锯材干燥缺陷比例来看:井字形堆积法>无隔条纵横交叉堆积法>隔条堆积法。同一材堆体积下,无隔条纵横交叉堆积法堆积的试材数量最多,井字形堆积法其次,隔条堆积法能堆积的试材数量最少。从材堆堆积速度来看,井字形堆积法速度最快,隔条堆积法需使用隔条,且要求隔条摆放规范整齐,堆积速度较慢;另外,堆积花费的时间也比较长,同时增加了堆积成本。从隔条间距来看,隔条间距小的含水率下降较快,缺陷比例相对较低。综合考虑,当企业要求较高的干燥速率时,建议选用井字形堆积法进行干燥;当企业不急于用材而需要较高的干燥质量时,建议选用隔条堆积法进行干燥。

2.2 气干条件的影响

2.2.1 阴干和露天气干条件的影响

1) 干燥速率变化情况

阴干和露天气干条件对锯材含水率的影响结果,如图3所示。

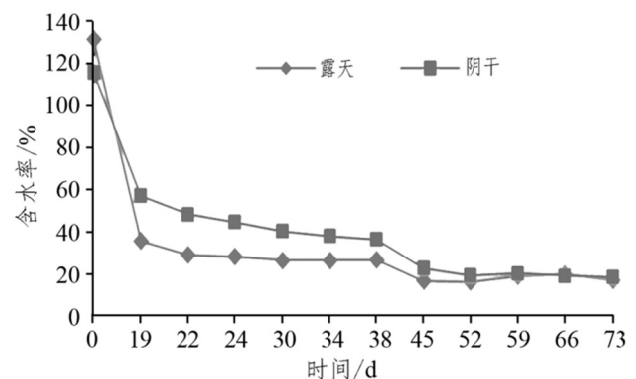


图3 阴干/露天条件下锯材的含水率

Fig.3 Moisture contents of lumber air drying with and without a shed

由图3可知,干燥初期,露天条件下的干燥速率较快,含水率由131.3%降至35.8%,平均干燥速率为5.03%/d;阴干条件下的干燥速率较慢,含水率

由 115.2% 降至 57.3%，平均干燥速率为 3.05%/d。这是由于干燥初期，木材自由水较多，露天条件下的材堆通风条件较好，受日晒较多，故而干燥速率较阴干条件下的材堆干燥速率快。

干燥中期，阴干条件下的干燥速率较快，含水率由 57.3% 降至 23.0%，平均干燥速率为 1.32%/d；露天条件下的干燥速率较慢，含水率由 35.8% 降至 16.8%，平均干燥速率为 0.73%/d。主要是由于木材表面和内部自由水蒸发减少，含水率的变化较慢，阴干条件下的初含水率相对高一些，所以干燥速率也相对快一点。干燥后期，含水率均下降至 20% 以下，变化都非常缓慢，随着空气湿度的变化而呈现波动。

从整体来看，露天条件下的锯材干燥速率较快。

2) 干燥质量情况

阴干和露天干条件对锯材气干质量的影响结果见表 2。

表 2 阴干/露天条件下锯材干燥缺陷

Tab.2 Lumber defects at air-drying conditions with and without a shed

气干条件	缺陷比例/%
露天	94.0
阴干	67.3

表 2 显示，阴干条件下材堆的缺陷比例较低，露天条件下的缺陷比例较高。这是由于在露天条件下，材堆受太阳曝晒，木材内外部温差较大，形成了温度梯度，导致木材内外部收缩程度不一致，容易造成木材开裂变形，产生质量缺陷。

2.2.2 有无压重的影响

1) 含水率变化情况

有无压重时，锯材含水率的变化情况，如图 4 所示。

由图 4 可以看出，干燥初期，无压重条件下的材堆干燥速率快，含水率由 131.3% 降至 35.8%，平均干燥速率为 5.03%/d；有压重条件下的材堆干燥速率慢，含水率由 94.3% 降至 32.4%，平均干燥速率为 3.26%/d。这可能是由于有压重时，用于压重的水泥板挡住了材堆上方气流通道的，造成气流循环受到阻碍，材堆含水率下降速率相对缓慢。干燥中后期，有压重和无压重含水率变化无明显差异。

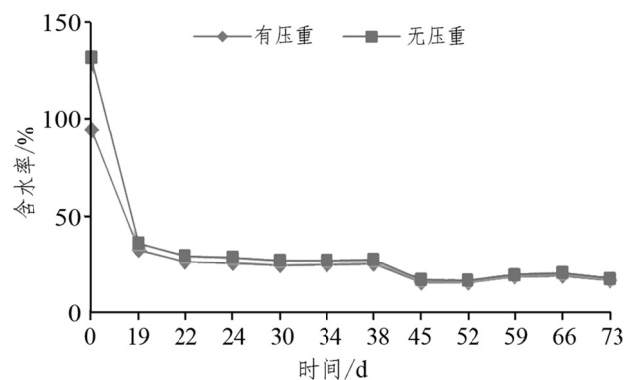


图 4 有压重/无压重条件下锯材的含水率

Fig.4 Moisture contents of lumber at the conditions of with and without pressure on the top of stacks

2) 干燥质量情况

有无压重时，锯材干燥质量情况，如表 3 所示。

表 3 有压重/无压重条件下锯材干燥缺陷

Tab.3 Lumber defects at the conditions of with and without pressure on the top of stacks

气干条件	缺陷比例/%
有压重	85.6
无压重	94.0

由表 3 可知，无压重的缺陷比例较高。原因可能在于，试材由于受压重影响，受日晒雨淋的机率小，不易产生翘曲变形，故而产生干燥缺陷的可能性较小。

3 结论

1) 在本试验条件下，38 mm 厚巨尾桉锯材从初含水率 110% 干燥到终含水率 20%，4 种堆积方式按其干燥速率快慢和锯材干燥质量缺陷比例高低排序，均是：井字形堆积法>无隔条纵横交叉堆积法>隔条堆积法（300 mm 间距隔条>200 mm 间距隔条）。堆积木材时采用压重的方式，可减少锯材干燥缺陷。综合考虑干燥速率、干燥质量缺陷、空间利用率、堆积效率等因素，如要求较高的干燥速率时，建议选用井字形堆积法；如要求较高的干燥质量时，建议选用隔条堆积法。

2) 露天条件下的干燥速率较快，但缺陷比例相对偏高。建议在时间充足、不急用于试材的情况下，选择阴干条件；若急于使用试材，使用露天条件。

参考文献:

- [1] 陈乃明, 邓月梅, 蔡林. 速生桉树造林常见问题与对策[J]. 福建林业科技, 2007, 34(3): 216-219.
CHEN N M, DENG Y M, CAI L. The frequent questions and its solutions in *Eucalyptus* afforestation[J]. Jour of Fujian Forestry Sci and Tech, 2007, 34(3): 216-219.
- [2] 唐庆兰, 陈健波, 项东云, 等. 尾巨桉不同造林密度林分生长特性研究[J]. 广西林业科学, 2009, 38(3): 141-145.
TANG Q L, CHEN J B, XIANG D Y, et al. Growth characteristics of *Eucalyptus urophylla* × *E. grandis* stands with different planting spacing[J]. Guangxi Forestry Science, 2009, 38(3): 141-145.
- [3] 牛芳华, 王昌熙. 广林 9 号桉幼林的施肥效应[J]. 桉树科技, 2011, 28(2): 45-49.
NIU F H, WANG C X. Fertilization effect on young *Eucalyptus* GL9 Stand[J]. Eucalypt Science and Technology, 2011, 28(2): 45-49.
- [4] 苏晓华, 涂登云, 郭琼, 等. 40 mm 厚小径尾巨桉木材的干燥工艺[J]. 木材工业, 2012, 26(4): 53-55.
SU X H, TU D Y, GUO Q, et al. Drying schedule for 40 mm thick small diameter *Eucalyptus urophylla* lumber[J]. China Wood Industry, 2012, 26(4): 53-55.
- [5] 巫国富. 速生人工林桉树原木锯解与干燥技术[J]. 林业实用技术, 2012(6): 54-55.
- [6] 马立平, 姜海波. 锯材气干与窑干联合干燥的分析研究[J]. 林业机械与木工设备, 2005, 33(5): 18-19.
- [7] 廖立, 涂登云, 云虹, 等. 20 mm 厚尾赤桉锯材 2 种干燥工艺对比研究[J]. 中南林业科技大学学报, 2014, 34(9): 128-130.
LIAO L, TU D Y, YUN H, et al. Comparative research on two kinds of drying processes for 20mm thick sawed timber of *E. urophylla* × *E. camaldulensis*[J]. Journal of Central South University of Forestry and Technology, 2014, 34(9): 128-130.
- [8] 李晓玲, 高瑞清, 周永东. 四种桉树人工林木材气干特性研究[J]. 木材工业, 2004, 18(5): 15-20.
LI X L, GAO R Q, ZHOU Y D. Air drying characteristics of four plantation grown eucalyptus wood species[J]. China Wood Industry, 2004, 18(5): 15-20.
- [9] 陈松武, 陈柏旭, 蒙芳慧, 等. 尾巨桉无性系 DH32-26 号干燥特性及其干燥基准初探[J]. 江苏林业科技, 2019, 46(3): 29-33.
CHEN S W, CHEN B X, MENG F H, et al. Study on drying characteristics and drying criteria of *E. urophylla* × *E. grandis* clone DH32-26[J]. Journal of Jiangsu Forestry Science and Technology, 2019, 46(3): 29-33.
- [10] 刘媛, 黄腾华, 卢翠香, 等. 尾巨桉幼龄材干燥特性研究[J]. 桉树科技, 2016, 33(1): 27-31.
LIU Y, HUANG T H, LU C X, et al. Drying characteristics of juvenile wood of *Eucalyptus urophylla* × *E. grandis*[J]. Eucalypt Science and Technology, 2016, 33(1): 27-31.
- [11] 王喜明. 木材干燥学[M]. 北京: 中国林业出版社, 2007.
- [12] 黄俊, 苏晓华, 李重根, 等. 60 mm 厚尾赤桉干燥工艺初探[J]. 广东林业科技, 2013, 29(1): 27-30.
HUANG J, SU X H, LI C G, et al. A study on drying technology for 60 mm-thick *Eucalyptus urophylla* × *E. camaldulensis*[J]. Guangdong Forestry Science and Technology, 2013, 29(1): 27-30.

(本文编校 孟凡丹、向 琴)

广告索引

封面: 上海人造板机器厂有限公司
封底: 北京欧立华科技发展有限公司
封二: 金隅天坛(唐山)木业科技有限公司
封三: 瑞典颂智纤维技术有限公司
首插: 德国辛北尔康普机械设备有限公司
前插: 第47届中国(广州)国家家具博览会
意大利 IMEAS SPA
威力(烟台)木业技术有限公司
格雷康自动检测控制设备(上海)有限公司
哈尔滨诚丰胶黏剂有限公司
上海木材工业研究所
杭州太克干燥设备有限公司
苏州维茨-益维高设备有限公司
中国绿色碳汇基金会
万华禾香板业有限责任公司

中国林科院木材工业研究所
广州原野实业有限公司

后插: 蓝帜(中国)刀具系统有限公司
温康纳(常州)机械制造有限公司
苏州苏福马机械有限公司
潍坊富顺节能科技有限公司

内页: 加拿大光润生物材料与生物能源技术公司
青岛三山碳素有限公司

书评: 环境设计的经典理念在家具设计中的应用(毛贺)
家具设计与陈设的空间心理健康响应(孟豫)
家具市场营销的理论与实践(徐洪文)
新媒体艺术设计在木雕竹刻中的创新应用(李坤)

敬请关注本刊微信公众号: mucaigongye 微信扫码(见封面)订阅更便捷、更优惠

本刊网址: mcgy.criwi.org.cn 投稿请认准本刊唯一官方网站