

研究与开发

四种桉树人工林木材气干特性研究

李晓玲,高瑞清,周永东

(中国林科院木材工业研究所,北京 100091)

摘要: 本文对柠檬桉、巨桉、尾巨桉和窿缘桉 4 种桉树人工林木材进行气干特性和干燥规律的研究,预测它们在不同季节和不同含水率阶段的气干速度,并对气干质量进行分析,为有效利用其气干特性和规律合理地组织气干-窑干联合干燥提供理论依据。

关键词: 桉树人工林; 气干; 含水率; 平衡含水率

中图分类号:S792.39,S782.33 文献标识码:A 文章编号:1001-8654(2004)05-0015-03

Air Drying Characteristics of Four Plantation Grown Eucalyptus Wood Species

LI Xiao-ling, GAO Rui-qing, ZHOU Yong-dong

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

Abstract: An air-drying experiment was conducted on four tropical plantation grown Eucalyptus species (*Eucalyptus citriodora*, *E. grandis*, *E. urophylla*×*grandis* and *E. exserta*) for one year to determine their respective air-drying characteristics and rules during the four seasons. The drying rates and the drying defects of the lumber, with respect to different moisture stages and different seasons, were analyzed in this paper. These results will provide references for manufacturers on how to make efficient utilization of air drying and kiln drying.

Key words: Eucalyptus plantation; Air drying; Moisture content (*MC*); Equilibrium moisture content (*EMC*)

气干是利用大气热能干燥木材的一种传统的干燥方法。因干燥介质不能人为控制,所以干燥时间、最终含水率和干燥质量随气候变化和气干方法不同而有很大差异。单独采用气干方法往往不能满足规模化生产要求,若把气干作为一种预干方法,使生材初含水率降到一定程度再进行窑干,不仅能显著缩短窑干周期,而且比生材直接窑干产生的缺陷少、材色浅、节省能源。本研究涉及的 4 种桉树人工林木材,其特点是生长快,生长应力大,幼龄材比率高,直接窑干缺陷大,而气干-窑干联合干燥可有效地减少干燥缺陷。本研究旨在掌握 4 种树种木材气干特性、规律及预测气干预干时间,为有效利用气干特性和规律,合理组织桉树木材气干-窑干联合干燥提供依据^[1~4]。

1 试验材料和方法

1.1 试验材料

试材 4 种桉树材均产于广西壮族自治区,试材的基本物理特性见表 1。

表 1 4 种桉树材的基本特性
Tab. 1 The basic properties of the 4 Eucalyptus wood species

名称	树龄 /a	直径 /cm	密度 /(g·cm ⁻³)	初含水率/%
柠檬桉(<i>Eucalyptus citriodora</i>)	37	28.7	0.785	32.0~47.9
巨桉(<i>E. grandis</i>)	13	12.02	0.587	65.5~108.0
尾巨桉(<i>E. urophylla</i> × <i>grandis</i>)	14	24.8	0.561	57.6~106.0
窿缘桉(<i>E. exserta</i>)	27	26.1	0.681	40.0~61.8

试件尺寸 刨光后尺寸为:700 mm × (120~150) mm × 25 mm。

1.2 试验方法

收稿日期:2004-02-23
基金项目:国际热带木材组织(ITTO)资助项目的部分内容。
作者简介:李晓玲(1969—),女,中国林科院木材工业研究所高级工程师。
万方数据

先将原木锯成板材,然后沿板长度方向截取 2 块含水率试片测定初含水率(MC_i)。将刨光后的试件两端涂沥清漆或密封胶后摆放在气干棚内气干,记录每天的气干棚内干、湿球温度,以其平均值作为月份的气候条件。初期需每周定时称重并记录可见缺陷及其发展情况,当重量变化趋稳后,改为 2 周称量一次并记录缺陷情况。气干结束后按 GB 6491-85 锯材干燥质量标准,从试验板上截取含水率试片和分层含水率试片,采用烘干法测定气干终含水率(MC_0),并按公

式 $G_0=G_w/(1+MC_0)$ 计算试件绝干重(G_0),式中 G_w 为气干结束时的试件重量。然后根据绝干重计算试件各气干阶段的含水率值,并绘制气干过程含水率变化曲线^[5~7]。

2 试验结果和讨论

试验从 2002 年 8 月 22 日到 2003 年 9 月 2 日分 4 个不同季节进行。试验结果(为同树种试件的平均值)见表 2,含水率变化曲线见图 1。

表 2 4 种桉树木材的气干速度及干燥缺陷情况
Tab. 2 Drying rates and drying defects of the lumber from the 4 Eucalyptus species

月份 季节	树种	MC_i /%	MC_0 /%	不同 MC 阶段气干速度 /(%·d ⁻¹)			初期干燥速度 /(%·d ⁻¹)		缺陷 等级
				$MC_i\sim 30\%$	$30\%\sim 20\%$	$20\%\sim$ 有效气干 MC_0^*	第 1 周	第 2 周	
2—4 春季	柠檬桉	47.3	14.1	0.5**	0.3	0.1(19.4%)	1.6	0.7	3
	巨桉	74.4	13.9	1.3	0.9	0.4(12.8%)	3.3	1.4	12
	尾巨桉	98.3	13.7	1.5	1.0	0.7(13.7%)	3.6	1.6	1~2
	窿缘桉	57.1	15.0	0.7**	0.56	0.2(15.6%)	2.3	0.8	1~3
5—7 夏季	柠檬桉	30.6	15.4	0.8**	0.6	0.2(14.6%)	1.8	0.8	3
	巨桉	77.3	14.8	2.6	0.9	0.3(14.5%)	3.7	1.8	2~3
	尾巨桉	68.1	14.1	2.9	1.2	0.5(14.2%)	4.2	2.1	1~2
	窿缘桉	46.3	16.5	1.0**	0.7	0.3(16.4%)	2.0	1.1	2~3
8—10 秋季	柠檬桉	44.8	13.7	0.7**	0.6	0.2(15.8%)	1.7	0.9	2~3
	巨桉	92.5	12.8	2.3	1.4	0.6(14.5%)	3.6	2.4	2~3
	尾巨桉	87.7	12.7	2.4	1.5	0.6(11.2%)	4.1	2.7	2~3
	窿缘桉	46.4	14.3	0.9**	0.7	0.2(12.3%)	1.8	1.1	2~3
11—1 冬季	柠檬桉	47.3	13.6	0.4**	0.3	0.1(17.4%)	0.7	0.6	2~3
	巨桉	84.2	11.1	0.7	0.4	0.3(13.9%)	1.9	0.9	2
	尾巨桉	93.4	12.4	0.8	0.7	0.4(15.1%)	2.6	1.2	2
	窿缘桉	65.1	15.3	0.5	0.3	0.1(17.1%)	1.4	0.8	3

注:1. * 有效气干终含水率:指各季节气干时每种试材可达到的含水率平衡点,在该点以上时含水率下降速度快,该点以下时含水率下降速度慢且随气候变化呈波动性变化; ** * 指从初含水率降到 30% 时的气干速度。
2. 缺陷等级。1 级:指无或仅有端裂,无翘曲或瓦弯;2 级:指有短端表裂,短细表裂<5 条,微翘或微瓦弯(翘曲、瓦弯量均<2 mm);3 级:指短细表裂 5~10 条,翘曲或瓦弯量<4 mm 者;4 级:指短细表裂>10 条,长细表裂或宽表裂<5 条,翘曲、瓦弯量>4 mm 者。

2.1 气干过程特点

2.1.1 不同含水率阶段气干有效延续期 气干延续期因树种、气干时间、初含水率、板厚等不同而异。按气干原理,如无时间限制,都可达到当地平衡含水率值。但实际生产中总是先将湿材气干,在短时间内使含水率降低到一定值再密干,以降低能耗,提高密干质量和缩短干燥周期。由于初含水率直接影响气干延续期,而实际生产中初含水率相差很大,为了提供可普遍参考的数据,本试验设定从初含水率 60%(低于 60%按实际初含水率值计算)开始,按含水率不同阶段来分析 4 种桉树的平均气干延续期。结果见表 3。

表 3 初步预测出 4 种桉树木材在北方地区不同季节气干所需时间。另外,由表 2、3 还可看出,4 种桉树木材在不同季节虽可气干到较低的含水率,但当 $MC<20\%$ 时,干燥速度慢,延续期都较长。

表 3 4 种桉树木材在北方地区不同月份平均气干延续期
Tab. 3 Air-drying time of the 4 Eucalyptus wood species at different periods in Northern China

月份	树种	气干初期阶段		气干后期阶段		
		MC /%	延续 天数/d	MC30%~20% 延续天数/d	MC /%	延续 天数/d
2—4	柠檬桉	47~30	27	36	20~17	13
	巨桉	60~30	24	11	20~13	17
	尾巨桉	60~30	21	12	20~14	10
	窿缘桉	57~30	28	26	20~15	17
5—7	柠檬桉	45~30	11	18	20~16	32
	巨桉	60~30	13	7	20~15	8
	尾巨桉	60~30	13	6	20~13	15
	窿缘桉	46~30	10	13	20~18	6
8—10	柠檬桉	45~30	14	22	20~15	42
	巨桉	60~30	13	11	20~15	23
	尾巨桉	60~30	11	11	20~14	26
	窿缘桉	46~30	15	21	20~16	41
11—1	柠檬桉	47~30	48	39	20~17	20
	巨桉	60~30	39	28	20~14	23
	尾巨桉	60~30	40	16	20~15	25
	窿缘桉	60~30	46	32	20~17	10

2.1.2 气干初期和后期的速度对比 气干初期是指从初含水率降到 30%阶段,气干后期是指从含水率 30%降到 15%阶段。图 1 纪录了桉树材气干初期和后期干燥速度的显著差异。无论哪个季节,一般在 2~3 周内试材的含水率就可降到 30%左右,此后含水率降低幅度明显减小;当 $MC < 20\%$,含水率下降缓慢且呈波动变化,空气湿度过大时有吸湿现象存在。因此,气干-窑干联合干燥时,以木材含水率气干到 20%~30%时进行窑干比较经济合理。

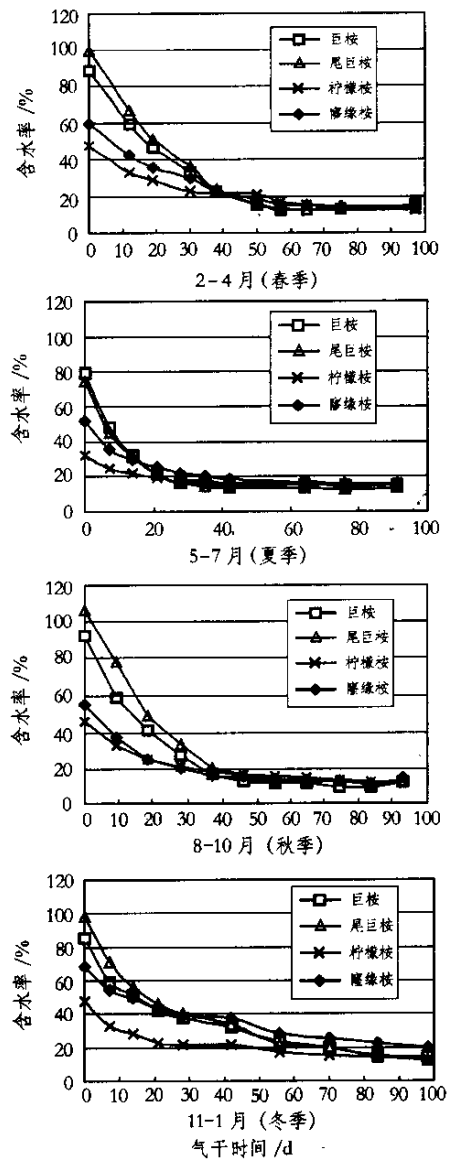


图 1 4 种桉树木材不同月份(季节)的气干特性
Fig. 1 MC-drying time curves of the 4 Eucalyptus wood species at different periods

2.1.3 不同月份的气干速度比较 图 2 所示为 4 种桉树在不同月份从初含水率气干至 20%时的气干速度。由图 2 可见,5—7 月份北京地区气候干燥,相对湿度平均为 45%,平均气温 17℃左右,平衡含水率最低,约 8%,因而干燥速度最快,且可干燥到较低的含水率;8—10 月份虽然气温较高,平均约 23℃左右,但相对湿度平均 68%,平衡含水率最高,约 15%。因此,8—10 月份气干速度比 5—7 月份慢,但因平均气温较高,所以气干速度又比其它月份快。另外,从 4 种树种间比较,尾巨桉气干最快,其次是巨桉,窿缘桉气干速度较慢,而柠檬桉气干速度最慢,这主要是因为柠檬桉的密度大所致。

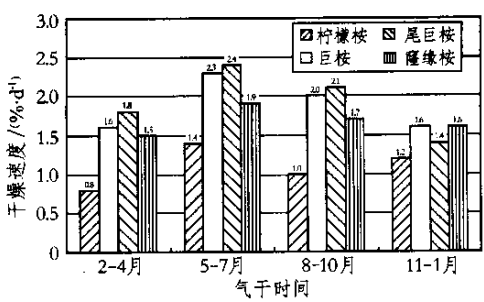


图 2 4 种桉树木材不同月份气干速度情况
Fig. 2 Air-drying rates of the 4 Eucalyptus wood species at different periods

2.1.4 初含水率对气干速度的影响 试验的 4 种桉树木材试件的初含水率差异较大,尾巨桉含水率最高,其次是巨桉和窿缘桉,柠檬桉初含水率最低。由表 2 及图 1 可以看出,同树种在同一季节气干时,初含水率越高,初期气干速度越快,但对后期气干速度影响不显著。

2.1.5 气干试件的含水率分布 气干后木材的含水率分布是气干-窑干联合干燥时窑干初期处理的必要参数。表 4 为 4 树种试件气干后分层含水率的分布情况,可以看出,气干后心层含水率比表层高但偏差 $< 2\%$,表明气干后木材含水率分布相当均匀。

表 4 4 种桉树木材气干后表心层含水率分布情况
Tab. 4 MC distribution in the core and surface layer of the air-dried lumber of the 4 Eucalyptus species /%

木材 树种	2—4 月		5—7 月		8—10 月		11—1 月	
	表层	心层	表层	心层	表层	心层	表层	心层
柠檬桉	15.5	16.1	14.6	15.2	15.5	16.4	15.2	16.1
巨桉	13.8	14.2	14.6	15.2	15.6	16.1	13.8	14.2
尾巨桉	14.0	14.6	13.5	13.9	14.5	14.7	14.8	15.2
窿缘桉	15.8	16.6	15.9	16.5	17.0	18.2	16.2	17.4

2.2 气干缺陷
试验选用的 4 种人工林桉树木材的幼龄材比率较高,生长应力普遍偏大,因此在干燥和使用过程中
(下转第 20 页)

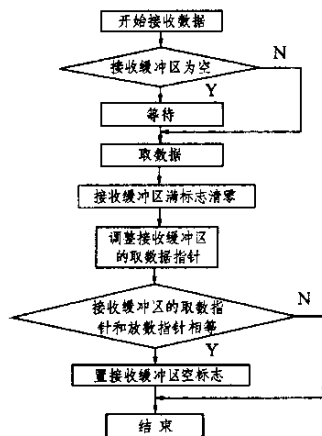


图 4 数据处理流程图

Fig. 4 Flow chart of data processing

5 结束语

利用上述方法设计的分布式现代化木材干燥控制系统^[8~10]经过半年的试用,没有发生数据丢失现象,确保了中断请求的无漏检测和服务,并有效地解决了多个串口共享同一中断源易造成冲突和丢失等问题^[10],该扩展串口方法先进而实用,可用于木材工

业领域中的实时监测、数据采集和过程控制。

参考文献:

- [1] 黄郑,夏建刚. 在 CPLD 管理下实现高效多串口中断源,单片机嵌入式系统应用[M]. 北京:航空航天大学出版社,2002(合订本),379.
- [2] 徐爱钧. 单片机高级语言 C51 Windows 环境编程与应用[M]. 北京:电子工业出版社,2001.
- [3] 马忠梅. 单片机的 C 语言应用程序设计(第 3 版)[M]. 北京:航空航天大学出版社,2003.
- [4] 周立功. 增强型 80c51 单片机速成与实战[M]. 北京:航空航天大学出版社,2003.
- [5] 卢毅,赖杰. VHDL 与数字电路设计[M]. 北京:科学出版社,2001.
- [6] 金奎焕. 如何使用 KEIL 8051 C 编译器[M]. 北京:航空航天大学出版社,2002.
- [7] 周玉成,程放. 一类含不确定因素的非线性系统鲁棒跟踪[J]. 林业科学,2003, 39(2):130-136.
- [8] Zhou Yucheng, Cheng Fang. Controllability of Linear Feedback Control Systems with Communication Constrains[J]. Linye Kexue, 2003,39(6):131-135.
- [9] 周玉成,程放,李晓群. 一类非线性系统的鲁棒自校控制器设计[J]. 木材工业,2003,17(3):10-12.
- [10] 周玉成,程放,李晓群. 非线性系统鲁棒渐进跟踪[J]. 木材工业,2003,17(5):11-13.

(上接第 17 页)

木材尺寸稳定性较差,易开裂、瓦弯、翘曲及皱缩变形。从试验结果来看,气干缺陷主要是细短端表裂和细表裂、节子周围的开裂和瓦弯、翘曲变形。经观察,柠檬桉和窿缘桉部分试件因有扭曲纹理而产生了不同程度细表裂,但翘曲变形量较小,不超过 2 mm。其余 2 种桉树材虽未出现开裂,但有瓦弯、翘曲变形存在。巨桉变形较大,其次是尾巨桉。但最大变形量均未超过 4 mm(干燥缺陷等级参见表 2)。

3 结论

1) 4 种桉树木材在北京地区气干时,不同月份的气干速度不同。5—7 月份气干速度最快;8—10 月份气候湿润,气温较高,气干速度虽比 5—7 月份的小,但比其它月份快。就 4 种树种的种间比较,尾巨桉气干速度最快,其次是巨桉、窿缘桉,柠檬桉最慢。

2) 4 种桉树木材在不同含水率阶段的气干速度有显著差异。无论哪个季节,干燥初期含水率下降速度均很快,一般在 3 周内就可降至 30% 左右。此后含水率降低速度明显减慢,当低于 20% 后,含水率下降缓慢且随空气湿度变化而呈现波动。因此,采用气干-窑干联合干燥时,以木材气干到含水率 20%~30%

时开始窑干比较经济合理。

3) 4 种桉树木材的气干缺陷主要是细短端表裂和细表裂、节子周围的开裂和瓦弯、翘曲变形。柠檬桉和窿缘桉部分试件因有扭曲纹理而出现了不同程度开裂,但翘曲变形量较小(<2 mm);其余两种树种未出现开裂但有瓦弯、翘曲变形存在,其中巨桉变形较大,尾巨桉次之,但最大变形量均未超过 4 mm。另外,4 种桉树木材气干后心、表层含水率偏差均未超过 2%。

参考文献:

- [1] 何定华,罗忻. 锯材气干-窑干联合干燥试验[C]. 木材干燥学术讨论会论文集,1991.
- [2] 何定华,滕通谦,郭焰明. 毛白杨和沙兰杨木材气干过程和窑干工艺的研究[J]. 木材工业,1987,1(2):8-15.
- [3] Vermaas H F. A Review of Drying Technology for Young Fast-grown Eucalyptus[C]. The Future of Eucalypts for Wood Products, Launceston, Tasmania, 2000, Proceedings of an IUFRO Conference. IUFRO, 2000, 193-203.
- [4] Peter E D, Lee M. Drying Backsawn Timber from Tasmania Regrowth Eucalypt[R]. University of Tasmania, 1990.
- [5] 南京林业大学. 木材干燥[M]. 北京:中国林业出版社,1981.
- [6] 成俊卿. 木材学[M]. 北京:中国林业出版社,1985.
- [7] 李晓玲,滕通谦. 短周期工业材气干特点的研究[J]. 木材工业,1997,11(6):16-19.