

应用技术

五种珍贵热带硬阔叶树材的干燥基准

刘能文, 吕泽群, 唐镇忠, 曹长坤, 党文杰, 李 斌

(木材节约发展中心, 北京 100834)

摘要: 首先通过百度试验法研究交趾黄檀、奥氏黄檀、非洲崖豆木、安哥拉紫檀、古夷苏木共 5 种珍贵热带硬阔叶树材的干燥特性,并拟定了 5 种木材的预试验干燥基准,再通过验证试验对拟定的干燥基准进行修订,得到 5 种珍贵木材的优化干燥基准。结果表明,采用优化基准干燥 5 种珍贵木材,其干燥质量均满足 GB/T 6491-2012《锯材干燥质量》对干燥质量二级要求。

关键词: 珍贵热带硬阔叶树材; 百度试验; 干燥特性; 干燥基准

中图分类号: TS652 文献标识码: B 文章编号: 1001-8654(2015)03-0047-04

Drying Schedules for Lumber from 5 Precious Tropical Hardwood Species

LIU Neng-wen, LV Ze-qun, TANG Zhen-zhong, CAO Chang-kun, DANG Wen-jie, LI Bin

(Timber Value Promotion and Sustainable Development Center, Beijing 100834, China)

近年来,随着我国经济的发展和人民生活水平的提高,木材需求逐年增加^[1],其中,珍贵热带硬阔叶树材因其优异的木材品质,广泛用于高档家具、装饰品和工艺品的加工,进口数量大幅增加。国家海关统计数据显 示,2013 年,我国累计进口珍贵阔叶树材(单价>400 美元/m³)的数量,达到 1 149.87 万 m³(折合原木材积计),同比增长 77.21%;进口总额达 47.66 亿美元,同比增长 68.09%。

进口的珍贵木材具有密度大、干燥难等特点,不少企业由于对其干燥特性不了解,造成了原材料的损失和浪费。珍贵木材干燥的相关报道相对较少,已有的珍贵树种木材干燥基准研究,大多是实验室内的 小规格试件试验,对实际干燥生产的指导作用有限。

鉴于此,笔者选择进口量较大、有一定代表性的 5 种珍贵热带硬阔叶树材进行了常规蒸汽干燥的生产性试验研究,提出 5 种珍贵木材适宜的干燥基准,以期为企业生产提供技术指导。

1 材料与方法

1.1 试验材料

5 种珍贵树种试材的树种及主要参数列于表 1。

表 1 5 种珍贵树种试材的规格、密度和初含水率

Tab. 1 Dimension, density and initial moisture content of lumber from 5 precious tropical hardwood species

编号	材种/拉丁名	长度/ m	宽度/ mm	密度/ (g·cm ⁻³)	初含水 率/%
1	交趾黄檀	1~4	100~	1.02~	21~26
	<i>Dalbergia cochinchinensis</i>		300	1.12	
2	奥氏黄檀	1~5	100~	1.00~	25~28
	<i>Dalbergia oliveri</i>		300	1.07	
3	非洲崖豆木	2~4	200~	0.80~	25~30
	<i>Millettia laurentii</i>		400	0.90	
4	安哥拉紫檀	2~3	200~	0.61~	36~42
	<i>Pterocarpus angolensis</i>		400	0.70	
5	古夷苏木	2~3	200~	0.95~	27~34
	<i>Guibourtia spp</i>		400	1.00	

注:同一树种,每次干燥试验所用试材的长度、宽度、密度、初含水率 和材积均有所区别,试材厚度均为 25 mm。

1.2 试验设备

常规工业生产用蒸汽干燥窑,容积规格有 40、50、80、100 m³ 四种;推台锯;电热鼓风干燥箱;天平。

收稿日期: 2014-09-15; 修改日期: 2015-03-19
基金项目: 中国木材节约代用发展战略研究与木材保护工程项目 (2950800000006)。
作者简介: 刘能文(1964—),男,木材节约发展中心主任,高级工程师。

1.3 试验方法

为了得到 5 种珍贵木材较优的干燥基准,试验分两个阶段进行。

1) 预试验

首先通过百度试验法,研究 5 种珍贵木材的干燥特性。5 种木材均为难干树种,宜以低温干燥为主,采取缓慢干燥基准。

参考已有的研究结果^[2-5]和 LY/T 1068-2012《锯材窑干工艺规程》要求,初步确定预试验的木材干燥基准,采用 40 m³干燥窑进行试验。

试验过程中,按照木材常规干燥基准规程操作,检测木材的各项干燥质量指标,并对结果进行分析。5 个树种材积各为 25 m³。

2) 优化试验

在满足木材干燥质量标准要求的前提下,以缩短干燥周期、提高干燥效率为主要目标,对预试验的干燥基准进行优化。分别采用 40、50、100 m³ 三种规格的干燥窑,进行 6~8 次试验,材积 25~50 m³ 不等。

根据每次试验的结果,调整干燥温度、平衡含水率(EMC)、中间处理时间及次数等参数,逐步筛选并确定了 5 种木材的优化干燥基准。

对优化的干燥基准进行验证,确认优化干燥基准的可行性。每个树种木材重复 3 次干燥试验,并检测木材的干燥质量,结果取平均值。

木材堆积及入窑操作,按照 LY/T 1068-2012《锯材窑干工艺规程》进行。严格按照木材常规干燥基准规程^[6],每 1 h 记录一次木材含水率、干燥温度和 EMC,通风机每 3 h 换向一次。干燥至终含水率为

10%左右时,停止干燥。

1.4 性能检测

参照 GB/T 6491-2012《锯材干燥质量》,检测试材的终含水率、分层含水率偏差、残余应力、弯曲和开裂等指标。

按照木材干燥质量等级二级要求(适用于家具、建筑门窗、实木地板、细木工板、室内装饰等生产),核定木材干燥质量。

2 结果与分析

2.1 预试验阶段

根据百度试验法,得到 5 种珍贵树种木材的干燥缺陷等级,结果见表 2。

表 2 5 个树种试材的干燥缺陷
Tab. 2 Drying defects of lumber from 5 precious tropical hardwood species

树种 编号	初期 开裂 等级	内部 开裂 等级	截面变形		扭曲变形		干燥速度	
			检测值/ mm	等 级	检测值/ mm	等 级	检测值/ h	等 级
1	4	1	0.58	2	1.0	2	50	5
2	3	1	1.26	3	3.4	3	31	5
3	4	1	0.81	2	0.9	2	38	5
4	3	2	0.64	2	0.6	2	43	5
5	3	1	0.49	2	1.0	2	27	4

根据表 2 所列 5 种试材的干燥特性,制定了预试验干燥基准。考虑到预试验是在 40 m³ 生产性干燥窑中进行,为了降低试验风险,采取了偏软的干燥基准(表 3)进行试验。5 种珍贵树种试材干燥质量的检测结果列于表 4。

表 3 5 个树种木材预试验干燥基准

Tab. 3 Experimental drying schedules for lumber from 5 precious tropical hardwood species

干燥阶段	含水率/%					温度/℃					EMC/%	时间/h
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5		
预热阶段						55	57	55	60	57	20	7
干燥保持	>25	>25	>25	>30	>30	45	47	45	50	47	14	
				>25	>25				52	50	12	
	>20	>20	>20	>20	>20	50	50	50	55	52	12~10	
中间处理	20	20	20	20	20	60	62	60	65	62	18	5
干燥保持	>15	>15	>15	>15	>15	55	55	55	60	55	8~5	
	<15	<15	<15	<15	<15	60	60	60	65	62	5	
平衡处理	10	10	10	10	10	62	63	62	65	65	8	10
终了处理	10	10	10	10	10	62	63	62	65	65	15	6
表面干燥	10	10	10	10	10	60	63	60	65	62	4	10

注:干燥窑加热速度 3℃/h; 冬季木材干燥前需先进行低温融冰,下同。

表 4 预试验干燥基准下 5 种试材的干燥质量和干燥周期

Tab. 4 Drying quality and drying duration of lumber with an experimental drying schedule

树种编号	终含水率/%	分层含水率偏差/%	残余应力/%	弯曲/%				开裂		干燥周期/d
				顺弯	横弯	翘弯	扭曲	纵裂/%	内裂/条	
1	9.3	2.1	1.8	0.6	0.5	2.3	0.8	2.1	0	36
2	9.6	1.8	2.0	1.0	0.4	2.5	1.0	1.8	0	33
3	9.4	1.4	1.7	0.7	0.7	1.8	0.6	1.7	0	37
4	9.7	2.3	2.1	0.6	0.8	2.1	0.8	2.2	0	30
5	10.0	2.7	2.8	1.1	0.7	2.7	1.4	2.9	0	31
标准规定值 (二级)	8~12	3.5	≤3.5	2.0	1.0	4.0	2.0	6	不许有	

从表 4 看出,按照所设定的预试验干燥基准,5 种试材的干燥质量均满足 GB/T 6491-2012 中干燥质量等级二级要求,个别指标达到了一级要求。但从干燥周期来看,5 个树种木材的干燥周期均超过了 30 天,干燥周期偏长,使生产效率降低,干燥成本增加。

为此,在满足干燥质量标准要求的前提下,对预试验的干燥基准进行优化,通过逐步提升干燥温度,合理降低平衡含水率,缩短干燥周期,从而达到提升干燥效率、降低干燥成本的目的。

2.2 优化试验阶段

在实际生产中发现,5 个树种木材均不宜在露天环境中进行大气干燥,否则极易产生端裂和表裂缺陷。在 5 个树种木材干燥基准多次优化的试验过程中发现,如果 5 种木材不进行平衡处理和终了处理,干燥完成后木材中的残余应力普遍偏高。其中交趾黄檀、奥氏黄檀、非洲崖豆木的残余应力高于 3.5%。

当交趾黄檀干燥末期温度在 63℃ 以上时,木材会出现较多端裂和弯曲等缺陷;奥氏黄檀在干燥初期

温度高于 50℃、干燥末期温度高于 65℃ 时,易出现较多弯曲变形缺陷;非洲崖豆木的干燥初期温度高于 50℃,或干燥末期温度高于 65℃,或干燥升温速度高于 3℃/h 时,均会产生较多的表裂缺陷;安哥拉紫檀干燥过程中,若升温速度高于 3℃/h 时,易出现表面硬化等干燥缺陷。

针对上述干燥试验过程中发现的问题,再次调整干燥工艺参数,最终得到优化干燥基准,如表 5 所示。

从表 5 可看出,与预试验干燥基准相比,优化后的干燥基准的各阶段干燥温度普遍提高了 2~5℃;预热阶段保持时间延长至 8 h,终了处理时间缩短至 5 h;干燥末期的表面干燥时间延长至 12 h,试材的 EMC 基本保持不变。

采用优化干燥基准对 5 个树种木材进行验证干燥,其干燥质量检测结果列于表 6。

表 6 显示,5 种木材的干燥质量均满足 GB/T 6491-2012 中干燥质量等级二级要求;干燥周期缩短为 20~25 天。

表 5 5 个树种木材适宜的优化干燥基准

Tab. 5 Optimized drying schedules for lumber from 5 precious tropical hardwood species

处理阶段	含水率/%					温度/℃					EMC/%	时间/h
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5		
预热阶段						58	60	60	65	60	20	8
干燥保持	>25	>25	>25	>30	>30	48	50	50	55	50	14	
				>25	>25				57	52	12	
	>20	>20	>20	>20	>20	50	55	53	60	55	10	
中间处理	20	20	20	20	20	62	65	65	68	65	16	5
干燥保持	>15	>15	>15	>15	>15	55	60	58	62	60	8~5.5	
	<15	<15	<15	<15	<15	62	65	65	68	65	5.5	
平衡处理	10	10	10	10	10	62	65	65	68	65	4.5	10
终了处理	10	10	10	10	10	65	65	65	70	65	15	5
表面干燥	10	10	10	10	10	62	65	65	68	65	4	12

注:树种 1~3 的初含水率在 20%~30%之间,树种 4 和 5 的初含水率在 30%~45%之间,5 个树种木材干燥初期全部采用低温慢干的干燥基准。

表 6 5 种木材优化干燥基准下的干燥质量和干燥周期

Tab. 6 Drying quality and drying duration for lumber with an optimized drying schedule

树种编号	终含水率/%	分层含水率偏差/%	残余应力/%	弯曲/%				开裂		干燥周期/d
				顺弯	横弯	翘弯	扭曲	纵裂/%	内裂/条	
1	9.3	2.5	2.1	0.9	0.3	2.1	0.8	3.1	0	25
2	9.5	2.7	1.8	1.1	0.5	2.5	0.6	3.8	0	20
3	9.5	2.3	2.5	0.7	0.4	2.8	1.1	4.2	0	22
4	9.9	2.1	2.3	0.8	0.6	2.9	0.9	5.2	0	20
5	9.7	2.5	2.7	1.0	0.7	3.1	1.4	3.9	0	21
标准规定值 (二级)	8~12	3.5	≤3.5	2.0	1.0	4.0	2.0	6	不许有	

3 结论

1) 采用本试验确定的 5 种珍贵热带硬阔叶树材的优化干燥基准,干燥锯材的终含水率、分层含水率偏差、残余应力、弯曲和开裂等,均满足 GB/T 6491-2012 中干燥质量等级二级要求。

2) 按照优化基准进行干燥,5 种珍贵树种木材的干燥周期可缩短到 20~25 天,干燥效率明显提高,满足企业干燥生产的需要。

3) 建议 5 种珍贵树种木材干燥前期采取低温慢干的干燥基准,且均不宜在露天环境中进行大气干燥处理;实际生产中,还应根据干燥窑的具体条件以及锯材规格、初含水率等参数,适当调整干燥基准。

参考文献:

[1] 谢雪梅,刘波,孙华林,等.我国四种珍贵阔叶人工林木材的机械加工性能评价[J].木材工业,2014,28(5):36-40.

[2] 蔡家斌,潘彪,时兴洋.红木干燥的基本方法[J].林业科技开发,2000,14(1):56-57.

[3] 李大纲,李欣荣.非洲花梨木干燥工艺的研究[J].林产工业,2000,27(3):19-21.

[4] 黄塞北,高鑫,曹新民,等.四种热带硬阔叶材干燥特性研究//第十三届全国木材干燥学术研讨会论文集[C],2011.

[5] 董会军,刘迎丽.大红酸枝、缅甸花梨和亚花梨木材渗透性的研究//第十三届全国木材干燥学术研讨会论文集[C],2011.

[6] 王喜明.木材干燥学[M].北京:中国林业出版社,2007.

(责任编辑 张一萍)

(上接第 34 页)

[12] Marcel E, Henry B, Barbara G. Polymorphic microsatellites for forensic identification of agarwood (*Aquilaria crassna*) [J]. Forensic Science International, 2010, 197(1): 30-34.

[13] Ogden R, McGough HN, Cowan RS, et al. SNP-based method for the genetic identification of Ramin *Gonystylus* spp. timber and products: Applied research meeting CITES enforcement needs[J]. Endangered Species Research, 2009, 9(3): 255-261.

[14] 周延清. DNA 分子标记技术在植物研究中的应用[M]. 北京: 化学工业出版社, 2005: 5-21.

[15] 黄映苹. DNA 分子标记研究进展[J]. 中山大学研究生学刊(自然科学、医学版), 2010, 21(2): 27-36.

[16] Celine Jolivet, Bernd Degen. Use of DNA finger prints to control the origin of sapeli timber (*Entandrophragma cylindricum*) at the forest concession level in Cameroon[J]. Forensic Science International: Genetics, 2012(6): 487-493.

[17] 陈洁,徐斌,刘小丽,等.中国木材合法性认定体系路径选择[J].世界林业研究,2014,27(5):61-66.

[18] 陈绍志,李剑泉,徐斌.中国应对木材非法采伐的政策与行动[J].国际木业,2013(9):1-3.

[19] 杨英军,耿森,李爱江.从落叶果树韧皮部提取 DNA[J].分子植物育种,2006(s2):142-146.

[20] 裴南才.利用 DNA 条形码技术识别植物物种[J].应用生态学报,2012,23(5):1240-1246.

[21] David M Spooner. DNA Barcoding will frequently fall in complicated groups: An example in wild potatoes [J]. American Journal of Botany, 2009, 96(6): 1177-1189.

(责任编辑 向琴)

