

编者按: 为了实现优质树种木材的提质增效利用,依托中央级公益性科研院所专项资金重点项目“桃花心木和辐射松木材性质与加工技术研究”,针对进口木材生产加工及产品使用遇到的问题,进行木材性质的全面分析,并在此基础上开展干燥、机械加工、胶合、涂饰等系列工艺研究,制定出提升这两种木材品质和利用价值的优化工艺。

本刊于2019年系列报道此项研究的技术成果,为进口木材资源的高效加工利用提供技术指导。

25 mm 厚进口桃花心木干燥基准的优化

周永东¹, 高鑫¹, 付宗营¹, 周凡¹, 窦青青²

(1. 中国林科院木材工业研究所, 北京 100091; 2. 浙江世友木业有限公司, 浙江湖州 313009)

摘要: 采用实验室干燥试验设备,按企业生产干燥基准进行25 mm厚桃花心木干燥试验,并通过锯材干燥质量检测和分析,制定出常规干燥基准的优化方案。结果表明:采用优化的干燥基准,干燥周期由企业原基准的12 d缩短为6 d,干燥效率提高一倍,残余干燥应力值显著降低,锯材综合干燥质量由3级提升至2级,可满足家具、地板等实木制品对锯材质量的要求。

关键词: 进口桃花心木; 常规干燥基准; 干燥质量; 干燥效率; 优化

中图分类号: S781.71; S792.33; TS65 文献标识码: B 文章编号: 1001-8654 (2019) 03-0041-04

Optimization of Drying Techniques for Imported Mahogany Lumber in 25 mm Thickness

ZHOU Yong-dong¹, GAO Xin¹, FU Zong-ying¹, ZHOU Fan¹, DOU Qing-qing²

(1. Research Institute of Wood Industry, Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091, China;

2. Zhejiang Shiyu Timber Industry Co., Huzhou 313009, Zhejiang, China)

Abstract: A series of drying experiments of imported Mahogany lumber in 25 mm thickness were conducted according to a conventional schedule in a company. Then the conventional schedule was optimized based on analyses of drying rate and drying quality of the lumber tested.

Comparison between the optimized and conventional schedule showed that not only the drying time was shortened from 12 days to 6 days, but also quality grade of the dried lumber was improved from the 3rd to the 2nd according to China national standard GB/T 6491-2012, which could meet the requirements for making solid wood furniture and solid wood flooring et al.

Key words: imported Mahogany lumber; conventional drying; drying quality; drying efficiency; optimization

收稿日期: 2019-04-02; 修改日期: 2019-04-11

基金项目: 中央级公益性科研院所基本科研业务费专项“桃花心木和辐射松木材性质与加工技术研究”(CAFYBB2017ZC003); 国家木竹产业技术创新战略联盟项目“桃花心木地板坯料尺寸稳定性及涂饰技术研究”(TIAWBI2018-06)。

作者简介: 周永东(1968—),男,中国林科院木材工业研究所研究员。

桃花心木是一种速生珍贵用材树种,广泛生长于热带地区,树干通直,材质细腻,材性优良,易加工,在美洲及欧洲地区被视为制造家具、橱柜的高档材料。我国主要从印度尼西亚、巴西、菲律宾

等国进口桃花心木材，用于制造家具和地板等制品。但近些年进口的桃花心木主要来自人工林，生长速度快，密度低，材性与天然林桃花心木有较大差异，有些企业在桃花心木实木制品生产中遇到尺寸稳定性问题^[1]，增加了产品的售后服务负担。

木材干燥是实木制品加工的重要工序，干燥工艺不当，直接影响干燥质量，还会带来加工产品质量的诸多问题。如干燥锯材厚度上含水率偏差大、残余应力大等，均会导致实木家具、地板等制品在使用中发生变形、开裂等缺陷，特别是在四季温、湿度差异大的北方地区，使用中出现的缺陷问题更严重。

国内有学者采用百度法对菲律宾桃花心木干燥特性进行了研究^[2]，推荐了干燥工艺，但没有进行干燥试验验证。菲律宾科研人员对人工林大叶桃花心木干燥工艺的研究结果表明，桃花心木虽较易干燥，干燥速率亦较高，但锯材干燥后的残余干燥应力和厚度上的含水率偏差均较大^[3]。

鉴于此，笔者对进口桃花心木的干燥工艺进行了系统试验研究，旨在优化干燥工艺，为桃花心木的高效增值利用提供技术依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

大叶桃花心木 (*Swietenia macrophylla*)，产地印度尼西亚，购自江苏省张家港某公司，初含水率范围 21%~45%，规格为 2 200 mm×120 mm×25 mm。

截断加工成规格为 900 mm×120 mm×25 mm (长×宽×厚) 的试材。

1.2 试验设备

实验室用 HD74/TALL 型小型木材干燥试验机，材堆尺寸为 900 mm (长)×800 mm (宽)×800 mm (高)。由电热锅炉生产 0.6 MPa 的饱和蒸汽，通过翅片管式加热器加热，喷蒸管喷蒸加湿，加热、加湿方式与企业生产用常规干燥设备一致；通风方式与顶风机型干燥设备一致，且材堆内风速可通过变频器调节。

1.3 试验方法

预先将干燥基准输入到控制系统中，按预设干燥基准自动控制干燥机内干球温度和湿球温度，当含水率到达当前含水率阶段终点时，人工控制进入下一个含水率阶段的干燥工艺过程。

每次干燥试验装材数量为 54 块，干燥试验中材堆顶部放置不锈钢压重，折合单位面积压重为 165 kg/m²。试验采用的风速约 1.5 m/s，与企业干燥生产用风速接近。

按照 LY/T 1068-2012《锯材窑干工艺规程》规定，选择 6 块检验板，监测干燥过程中含水率及干燥缺陷的变化，定时取出称质量，推算即时含水率，并记录干燥缺陷发生情况。

企业生产用干燥基准列于表 1，如大多数企业一样，基准比较保守，采用较低的温度，在含水率 25% 时有一次 12 h 的中间处理。

表 1 25 mm 厚桃花心木企业生产用干燥基准
Tab.1 A conventional drying schedule for 25 mm thick mahogany lumber

含水率阶段/%	干球温度/℃	湿球温度/℃
>30	58	56
30~25	60	56
中间处理	65	64
25~20	62	56
20~15	64	56
<15	66	54

笔者参考国内外桃花心木干燥研究文献^[3-5]，结合国内木材干燥工艺实践经验，制定出常规干燥的优化基准，列于表 2。

表 2 25 mm 厚桃花心木的优化干燥基准
Tab.2 An optimized drying schedule for 25 mm thick mahogany lumber

含水率阶段/%	干球温度/℃	湿球温度/℃	备注
预热处理	55	54	处理 5 h
>35	50	47	
35~30	52	48	
30~25	55	49	
中间处理	65	63	处理 5 h
25~20	60	50	
20~15	65	50	
<15	75	53	
平衡处理	80	69	
终了处理	80	76	处理 5 h

相对企业基准，优化基准中保留了在含水率约 25% 时的一次中间处理；增加了预热处理、平衡处理及终了处理，条件均依 LY/T 1068 规定进行设置。

依 GB/T 6491-2012《锯材干燥质量》对于二级干燥材的要求设定平衡处理条件,在检验板含水率最低值为 8% 时开始,至检验板含水率最高值 12% 时结束。

考虑企业干燥设备能够达到的温度,干燥末期平衡处理和终了处理的最高温度设定为 80℃,较高温度有利于水分移动及残余干燥应力的释放。

1.4 质量检验

依 GB/T 6491-2012,对 6 块检验板和另外随机抽取的 6 块试样,检测含水率、分层含水率、干燥应力等指标;并检测全部试样的可见干燥缺陷。

2 结果与分析

2.1 干燥速率对比

2.1.1 企业生产用常规干燥基准

按企业生产采用的常规基准,进行 25 mm 厚桃花心木干燥,根据检验板含水率的变化情况,得到干燥过程曲线,如图 1 所示。

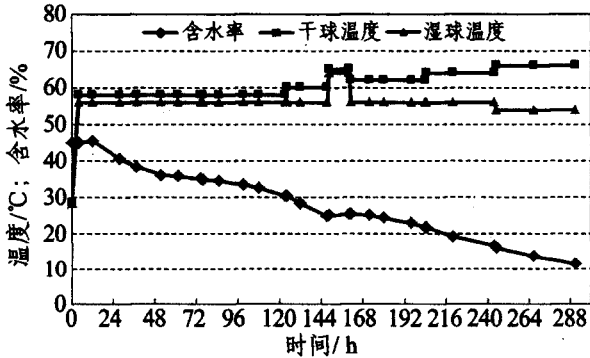


图1 按企业生产用基准干燥桃花心木的过程曲线

Fig.1 Drying curves of 25 mm thick mahogany lumber with conventional schedule in a company

结果显示,25 mm 厚桃花心木由初含水率 45.5% 干燥至终含水率 11.6%,共耗时 291 h (干燥周期 12 d),平均干燥速率为 0.118%/h。其中在含水率 > 30% 阶段,平均干燥速率为 0.122%/h;含水率 ≤ 30% 阶段,平均干燥速率为 0.112%/h。

从图 1 曲线也可看出,整个干燥过程除第一天干燥较快外,之后的干燥速率没有较大变化,主要由于干燥温度及干湿球温差均较小导致。

2.1.2 优化干燥基准

采用笔者提出的优化基准进行 25 mm 厚桃花心木干燥,干燥过程曲线如图 2 所示。

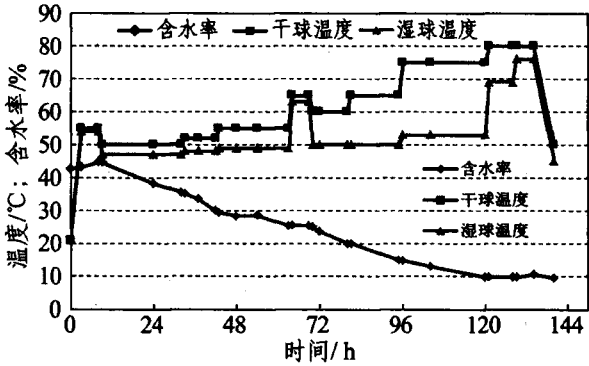


图2 优化基准干燥桃花心木的过程曲线

Fig.2 Drying curve of 25 mm thick mahogany lumber with optimized drying schedule

采用该优化工艺,试材由初含水率 42.7% 干燥至终含水率 9.48%,共耗时 140 h (干燥周期约 6 d),平均干燥速率为 0.24%/h,较企业生产用常规基准提高了一倍。其中含水率 > 30% 阶段,平均干燥速率为 0.30%/h;含水率 ≤ 30% 阶段,平均速率为 0.21%/h。

从整个干燥基准看,初期干燥温度低于企业基准,末期干燥温度则高于企业基准,且干湿球温度差始终大于企业基准。干燥环境的平衡含水率较低,有利于锯材中水分的蒸发,提高了干燥速率,优化后的总干燥周期较企业干燥基准试验缩短约 52%。

2.2 锯材质量评估

按企业基准和优化基准所干燥试材的质量检测数据,列于表 3。

表3 不同工艺基准干燥桃花心木的质量

Tab.3 Drying quality of 25 mm thick mahogany lumber with conventional and optimized schedules

检测项目	企业基准	优化基准	GB/T 6491 指标	
			二级	一级
平均最终含水率/%	11.64	9.48	8~12	6~8
干燥均匀度/%	±1.70	±1.05	±4	±3
厚度上含水率偏差/%	0.74±0.91	0.19±0.71	≤3.5	≤2.5
残余应力值/%	3.52±1.51	0.18±0.92	≤3.5	≤2.5
顺弯/%	0.11±0.07	0.06±0.06	≤2.0	≤1.0
横弯/%	0.10±0.06	0.05±0.04	≤1.0	≤0.5
翘弯/%	0.44±0.47	0.27±0.31	≤4.0	≤2.0
扭曲/%	0.15±0.13	0.40±0.56	≤2.0	≤1.0

2.2.1 企业常规干燥基准

按企业常规干燥基准干燥的桃花心木,其平均最终含水率满足 GB/T 6491-2012 二级要求;干燥均匀度、厚度上含水率偏差值及顺弯、横弯、翘弯及

扭曲等可见干燥缺陷检测值等,虽然达到一级材要求,但干燥后锯材的残余应力值高于二级材限值,仅为三级,应力片的叉齿向内侧弯曲,表明干燥材的外侧为压应力,中间为拉应力,与已往研究结果相似^[3]。综合各质量指标,判断干燥质量指标为三级。

企业基准的温度和湿度均偏软,干燥速率比较缓和,锯材厚度上含水率偏差也能满足国标要求,但没有进行平衡处理和终了处理,锯材干燥应力得不到有效释放。用这种干燥质量的锯材加工实木制品,使用中很可能会由于残余应力随环境变化释放,从而产生变形和开裂等缺陷。

2.2.2 优化干燥基准

优化基准干燥的桃花心木,除平均最终含水率为二级指标外,其他干燥质量指标及可见干燥缺陷相关指标均达一级,综合干燥质量等级为二级。

干燥后期增设了平衡处理和终了处理,对于锯材干燥质量起到了非常重要的作用,不仅提高了同一批干燥锯材间含水率的均匀性,以及锯材厚度上含水率分布的均匀性,最为重要的是使残余干燥应力有效释放,极大地降低了干燥锯材再加工时发生变形及开裂的可能性。

由于本试验设备所限,材堆宽度只有0.8 m,而企业大型生产用干燥窑的材堆宽度可达4~6 m,材堆中空气条件需要更长时间达到设定状态,因此,采用此基准生产时,平衡处理时间需适当延长,也建

议适当增加终了处理时间,以保证干燥锯材的残余应力充分释放,提高锯材干燥质量。

3 结论

1) 干燥25 mm厚桃花心木,采用优化干燥基准的干燥周期比企业常规生产用基准缩短52%,干燥效率提高一倍,综合干燥质量满足GB/T 6491-2012二级锯材指标技术要求。

2) 桃花心木干燥中产生的应力较大,在干燥后期增加平衡处理和终了处理,可明显提高干燥均匀度、降低锯材厚度上含水率偏差,释放干燥过程中的残余应力,提高木材的尺寸稳定性,满足实木家具和实木地板等产品对木材干燥质量的要求。

参考文献:

- [1] 周永东. 进口桃花心木和辐射松木材性质及加工技术研究[J]. 木材工业, 2019, 33(1): 1-4.
- [2] 赵庚, 陈广元. 菲律宾产娑罗双木材(菲律宾桃花心木)干燥特性研究[J]. 木材工业, 2015, 29(1): 46-48.
- [3] JARA A A, BELLO E D, Castillo S V A. Use of relative density-based schedules in kiln-drying big-leafed mahogany (*Swietenia macrophylla* King) lumber [J]. Philippine Journal of Science, 2008, 137(2): 159-167.
- [4] WATERSON G C. Australian Timber Seasoning Manual (3rd Edition) [M]. Australian Furnishing Research and Development Institute, 1997: 167-176.
- [5] 蔡家斌, 董会军, 李涛, 等. 进口木材特性与干燥技术[M]. 合肥: 合肥工业大学出版社, 2011: 137-138.

(责任编辑 向琴)

(上接第31页)

3 结语

1) 总体而言, ISO 标准更加系统、全面,适用范围更广。如 ISO 标准将试验方法集成为包含多部分的1项大标准,更具系统性;对力学性质测试提出了生材和气干材两种含水率条件,增强了适用性。

2) 试验方法的一些具体规定, ISO 标准值得我国借鉴。如:干缩和湿胀性质测试部位标记,有利于提高测试的准确性;计算体积干缩和湿胀率时,忽略纵向尺寸变化,将大大降低工作量;在抗弯强度试验中, ISO 标准考虑联合抗弯弹性模量的检测,将提高工作效率;在抗弯试验中使用垫板,垫板会在宽度方向提供均布的承载力,防止试样在与支座接触部位破坏; ISO 标准提出了横纹抗压比例极限荷

载确定的公式和方法。

3) 各种物理力学性质试样尺寸的要求, ISO 标准相对宽泛。ISO 标准大多仅提出一个范围,是综合考虑成员国标准的结果;我国标准规定的物理力学性质试样的尺寸规格较小(基本也在 ISO 标准要求之内),与我国人工林木材材级较小相适应。同样,对力学性质试验方法中加载速度的规定, ISO 标准的范围更大(我国规定也在 ISO 标准要求之内),这与试样尺寸规定的差异相关。

通过吸收 ISO 标准中先进的且适合我国国情的部分,对现有标准进行整合修订,将有利于加快我国标准与国际标准接轨、提高我国标准的质量水平。

(责任编辑 向琴)