

应用技术

木业企业干燥工段的综合节能措施

黄琼涛¹, 熊先青², 孙宏南¹, 徐伟²

(1. 广东省宜华木业股份有限公司, 广东汕头 515834; 2. 南京林业大学家具与工业设计学院, 江苏南京 210037)

摘要: 通过利用燃烧加工剩余物供热、改进散热系统、采用自然干燥与人工干燥组合、优化干燥基准、应用计算机智能控制等综合节能措施, 系统地改造企业的木材干燥工段。结果表明: 改造后的木材平均干燥周期缩短 3.5 d, 干燥质量可靠, 达到低能耗、高质量、短周期的预期改造效果。

关键词: 木材干燥; 智能控制; 节能措施

中图分类号: TS652

文献标识码: B

文章编号: 1001-8654(2012)03-0051-04

Reducing Energy Consumption during Wood Drying

HUANG Qiong-tao¹, XIONG Xian-qing², SUN Hong-nan¹, XU Wei²

(1. Guangdong Yihua Timber Industry CO., LTD., Shantou 515834, Guangdong, China;

2. College of Furniture and Industrial Design, Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, Jiangsu, China)

Abstract: This article discusses potential integrated implementation of an energy saving system during the wood drying process such as, steam heating, burning residues as heating resources, improving efficiency of cooling system, combining air and kiln drying, optimizing a drying schedule and applying an intelligent control system. These methods were synthesized and applied in a wood drying mill. The results showed that the drying cycle could be decreased by 3.5 days and the wood drying quality also improved.

Key words: wood drying; intelligent control; energy-saving measurement

木材干燥是木制品生产的关键工序,也是木材加工企业能耗最大的工序。传统的干燥方法采用蒸汽为热源,干燥室换气热损失大,能量利用率低,一次能耗利用率仅 30% 左右^[1],干燥成本高;而且,干燥过程中排出的烟尘与废气对大气的污染严重。

联合干燥在很大程度上能实现节能和提高生产率的统一,符合国际干燥技术的创新发展趋势^[2]。为此,笔者开发了热风-蒸汽和热水联合干燥技术,并将其应用于广东宜华木业股份有限公司干燥工段,以实

现短周期、高质量、低能耗干燥木材的目的。通过对企业实施改造实践前后系统状态的分析及总结,为木业企业实施干燥节能改造提供参考。

1 改造前企业的干燥系统状态

该企业的干燥窑建于 1998 年,共 15 个,容积均约 80 m³。采用蒸汽加热,有两个燃烧加热锅炉,未配备喷蒸装置;人工控制。目前,系统存在问题:

1) 干燥后板材具有较大的残余应力。主要是由于干燥窑没有配备喷蒸设备,在干燥过程中无法进行调湿处理。即使采用较软的干燥基准,仍无法完全消除板材内的残余应力;

2) 干燥周期较长,生产效率低。40 mm 厚的杨木,从初含水率 130% 以上,干燥到含水率 10% 需 12

收稿日期: 2012-03-15; 修改日期: 2012-04-10

基金项目: 广东省宜华木业技术中心资助项目; 江苏高校优势学科建设工程资助项目(PAPD)。

作者简介: 黄琼涛(1973—),男,广东宜华木业股份有限公司工程师。

通讯作者: 熊先青,男,南京林业大学家具与工业设计学院讲师,博士。

d; 25 mm 的柞木地板毛坯,从初含水率 51.9%,干燥到含水率 10.8%需 18 d。

2 干燥工段的节能改造措施

在原有设备基础上对旧窑进行改造:增加一套蒸汽锅炉及喷蒸管道;增加全自动控制系统;改造换热器;优化干燥基准,并规范干燥工艺技术要求。同时新增 15 个干燥窑,每窑容积为 100 m³。

2.1 采用全自动控制系统

采用的自动控制系统以高可靠性的控制器作为主控设备,配以温度传感器(Pt100)、电阻式含水率测试装置,以及各种执行元件,能够对窑内介质温度、湿度和木材含水率,进行全自动的实时检测和显示。系统可按照预置的干燥基准,通过控制各执行元件,系统自动调节干燥窑内的温度和湿度,使其处于最佳工作状态。

“低能耗干燥窑控制系统 V1.0”软件,由笔者所在公司自主开发,拥有《计算机软件著作权》(2011SR019529),其界面如图 1 所示。其特点是触摸屏功能按钮直观易懂,操作简单,同时,对控制系统进行了程序优化,干燥过程数据的设置简单,管理灵活。自动控制系统的应用实践表明,可减少由于人工操作失误而导致的干燥缺陷;实时在线调整干燥参数,控制效率大大提高。

2.2 利用加工剩余物燃烧供热

将锅炉热源由原来用煤炭,改为以刨花、锯木屑、树皮等木废料为主。整个燃烧系统由料斗及螺旋进料机、送风机、燃烧机、除尘器及风机组成,木废料来

源于企业日常生产所产生的加工剩余物,基本实现了能源原料自给,在节省大量煤炭的同时,解决了工厂大量锯屑、刨花、树皮等废料的清理难题。木废料完全燃烧后生成的炉气,经水幕与旋风联合除尘后,无黑烟及有害气体排放,符合国家对城市市区环境保护的要求。

2.3 提高散热系统效率

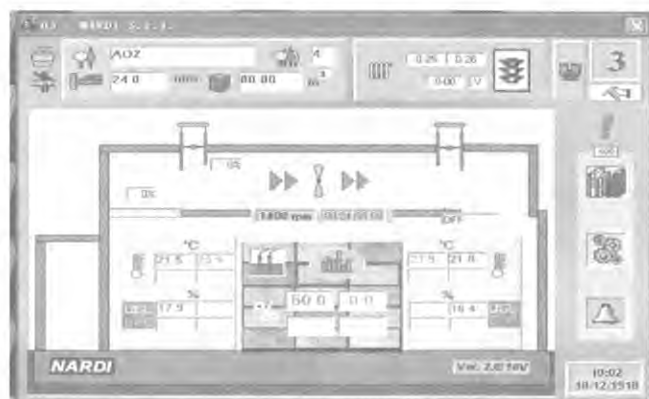
干燥窑散热系统与木材干燥节能关系密切^[3]。常规蒸汽加热的散热器只能承受低于 1.0 MPa 的压力,限制了最高加热温度。而改造后的换热器根据不同区域温度的差异,选用不同材料的散热管,如低温段用碳钢水热管;中温段用紫-碳钢,不锈钢,或汞-不锈钢热管;高温段用钠、钾不锈钢、高温合金钢、Gr25Ni20 热管。即使将空气加热至 200 ℃以上高温时,改造后的散热系统亦能正常工作,解决了常规散热器不能承受高温的难题。

2.4 增设调湿系统

在原有设备基础上,增加一套蒸汽锅炉及喷蒸管道,专门用于干燥过程中的调湿处理。喷蒸管道位于干燥窑后部的水槽内,水蒸气不是直接喷入干燥窑,而是先通过水槽内的水进行降温,避免由于水蒸气本身过高的温度,导致窑内温度波动而影响干燥质量。必要时进行喷蒸处理,增加干燥窑内空气湿度,使木材能够快速升温。

2.5 低温预干与二次干燥相结合

在专门的预干窑内,采用低温干燥工艺,主要用蒸汽热能对木材进行预干。对于含水率大于 60% 的速生材,采用气干和二次干燥组合的方式,首先将板



- 数据和干燥时间安排表的管理
- 系统参数
- 警报的管理
- 当前数据打印
- 当提出请求时,打印当前数据和参数,输入至帮助系统
- 显示当前负载值
- 显示当前干燥阶段
- 干燥周期管理
- 所有干燥窑工作状态的检查

图 1 自动控制系统软件主窗口示意图

Fig. 1 Automatic control system in a wood drying system

材置于空气循环良好的大气环境中,使其含水率降至纤维饱和点附近,再进行二次窑干,以减少热能消耗。

2.6 制定合理的干燥基准

根据木材干燥的难易程度、树种、厚度和初含水率等情况,制定相适宜的干燥基准。以杨木和柞木为例,其优化干燥基准列于表 1。

表 1 不同厚度杨木和柞木的干燥基准
Tab. 1 Drying schedule for poplar and oak samples

木材种类	含水率/%	干球温度/℃	湿球温度/℃
杨木 (厚度 50~60 mm)	>40	55.0	52.0
	40~35	60.0	55.0
	35~30	65.0	57.0
	30~25	70.0	58.0
	25~20	75.0	60.0
	20~15	80.0	60.0
柞木 (厚度 25 mm)	<15	80.0	55.0
	>40	48.0	46.0
	40~35	50.0	47.0
	35~30	53.0	48.0
	30~25	58.0	50.0
	25~20	65.0	53.0
	20~15	70.0	52.0
	<15	75.0	50.0

由于增加了调湿装置,在原有干燥基准的基础上,优化基准增加了预热阶段,使木材在不蒸发水分的情况下均匀热透,利于水分从内到外的移动。另外,还可进行中间处理,消除木材在干燥过程中产生的干燥应力。

与原有基准相比,在木材含水率低于 25%时,干球温度均有所提高。设备运转过程中,每 1 h 记录一次数据。

2.7 规范干燥工艺操作

干燥前的准备工作,包括堆垛,检验板和实验板的挑选,均严格按照工艺要求进行,避免由于堆垛方式不合理以及检验板选择不当,对干燥过程控制产生不利影响。干燥阶段程序控制分为:

1) 高湿预热阶段 对于杨木的干燥,其预热温度比初始阶段高 5℃,干湿球温差控制在 2℃以内,可以有效防止杨木的皱缩;柞木预热温度等于初始阶段温度,温度差在 2℃以内,处理时间不少于 5 h。

2) 干燥处理阶段 各参数根据数据库资料进行自动控制,在干燥过程中,需要定期检查干燥窑内预置检验板的质量,根据检验板的质量情况,适时调整

干燥基准。

3) 中间处理阶段

杨木在含水率 40%和 20%时,各进行一次 8 h 的中间处理。处理条件为:含水率为 40%时,干球温度 60℃、湿球温度 58℃;含水率在 20%时,处理温度 80℃,干湿球温度差 3℃。

柞木在含水率 30%和 20%时,各进行一次 6 h 的中间处理。处理条件为:含水率为 30%时,干球温度 58℃,干湿球温度差 2℃;含水率为 20%时,处理温度 70℃,干湿球温度差 2℃。

在干燥过程中随时观察木材质量,如果有表裂、端裂等缺陷出现时,则即停止干燥,并进行中间处理。

4) 平衡阶段和终了处理阶段 当干燥木材的平均含水率达到要求值后,干球温度设置与干燥基准最后阶段要求一致,干湿球温度差控制在 5℃左右,进行调湿处理,以减少板材内外含水率偏差。

由于平衡处理耗时较长,如果干燥窑内所有木材间含水率偏差均在允许范围内,或者干燥质量要求不高时,可省略平衡处理阶段。调湿处理结束后,等窑内温度降低到适宜温度(冬天时低于 30℃,夏天时不超过外界温度 15℃)后出窑。

在木材干燥过程中,应有详细的生产记录;木材干燥结束拆垛后,应严格按照 GB/T 6491-1999《锯材干燥质量》,进行干燥质量检验。

3 节能措施效果的评定

利用 10 个改造后的干燥窑,分别对 50 mm 厚杨木和 25 mm 厚柞木,按照上述优化基准,进行生产性试验,并对干燥板材的质量等方面进行评价。

1) 干燥质量

根据 GB/T 6491-1999 进行检测,计算得出:杨木各部位终了含水率偏差≤3%,板材厚度上含水率偏差≤2%,应力偏差≤1.6%;柞木终了含水率偏差≤3.5%,板材厚度上含水率偏差≤2%,应力偏差≤2.4%。此 3 项指标均达到 GB/T 6491-1999 对一级锯材干燥质量的要求。

同时,干燥缺陷减少,杨木无开裂和明显变形,无皱缩,基本保持木材的天然颜色;柞木无表裂和内裂,无明显变形,只有少量小端裂(长度在 1 cm 以下),亦基本保持木材的天然颜色。

2) 干燥周期

40~60 mm 厚的杨木,从初含水率 130%以上,干燥到含水率 10%,系统改造之前需要 14 d,改造后只需 10 d,干燥时间缩短 29%;若先气干再进行二次干燥,则只需 4.5 d。

25 mm 的柞木地板毛坯从初含水率 51.9%,干燥到含水率 10.8%,系统改造之前需要 12 d,改造后只需 8 d,干燥时间缩短 33.3%。

3) 能耗与干燥成本

利用木废料作为锅炉燃料,干燥每 m³ 木材可节省煤 150 kg,按照每月三个干燥周期计算,每窑(100 m³)每年(11 个月计)可节省煤约 500 t;如果煤的价格以 520 元/t 计,则每个窑每年可节约干燥成本约 26 万元,30 个窑即可节省成本 840 万元。由于干燥周期的缩短,电耗量和人工成本明显降低,平均节约综合成本 20%左右。

(上接第 50 页)

图 4 还显示,加载速度低,则测试时间过。考虑到竹材材性测试的工作量较大,而 0.8~1.5 mm/min 的水平间差异不明显,因此,建议选择 0.8~1.5 mm/min 的加载速度,以控制测试时间。

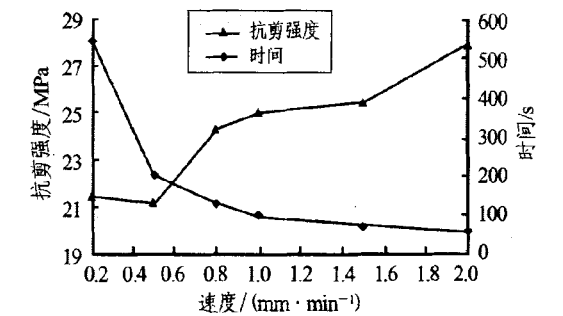


图 4 加载速度对毛竹抗剪强度的影响

Fig. 4 Loading speed influence on bamboo shear strength specimens

3 结论

1) 不同标准的测试方法对毛竹顺纹抗剪强度的测量结果有显著影响,测试值依次为行标值>国标值>国际标准值。ISO 方法和 JG/T 方法的测试时间较长。

4 结论

经实践证明,以上措施可有效提高木材的干燥质量,缩短干燥周期,实现综合节能的目的。在生产性试验中还发现,企业干燥窑数量多,锅炉功率配置稍显不足,锅炉没有采用自动进料系统,供热连续性不强,对干燥时间造成一定影响;而且,手工进料会造成木废料不能完全燃烧,偶尔会有黑烟出现。因此,锅炉的供热系统有待进一步优化。

参考文献:

[1] 张壁光,伊松林,周永东.我国木材干燥设备制造业概况与存在的问题[J].干燥技术与设备,2011,9(4):176-178.

[2] 顾炼百,庄寿增.我国木材工业现状与科技需求[J].木材工业,2009,23(3):24-27.

[3] 周永东,张壁光.木材常规蒸汽干燥室散热器面积的配置[J].木材工业,2010,24(3):25-27.

(责任编辑 向 琴)

2) 采用相同的测试时间时,试件形状对毛竹的顺纹抗剪强度有显著影响。JG/T 标准试件形状相对较真实反映出竹材的纯抗剪强度,可运用公式 $\tau_w = \frac{0.96P_{max}}{Lt}$ 进行修正。

3) 加载速度对毛竹的顺纹抗剪强度亦有显著影响,0.8~1.5 mm/min 的速度较适宜。

参考文献:

[1] 李正,顾正.竹材及其在建筑工程中的应用[M].上海:科学技术出版社,1957.

[2] Jules J. A. Janssen. Designing and building with bamboo[R]. INBAR technical report, No. 20, 2000.

[3] Motoi Ota. Studies on the properties of bamboo stem (part 12)-On the form of stair type specimen for the shearing test parallel to the grain[R]//Kyushu University Technical Report, 1955: 73-84.

[4] 樊承谋.竹材的力学和弹性性能试验的试件选择[J].哈尔滨工业大学学报(竹材利用论文专号),1957(8):128-142.

[5] Atrops J L. Elastizitaet und festigkeit von Bambusroehren[J]. Der Bauingenieur, 1969, 44(6): 220-225.

[6] Sekhar A C, B S Rawat, R K Bhartari. Strength of bamboos: Bambusa Nuttans[J]. Indian Forester, 1962(1): 67-73.

(责任编辑 向 琴、孟凡丹)