

综合评述

我国实用木材干燥技术的进展及思考

顾炼百

(南京林业大学木材工业学院, 南京 210037)

摘要: 回顾近 20 年来我国实用木材干燥技术的研究和应用情况,从干燥前预处理、干燥技术和设备、干燥节能技术措施等方面,对我国的实用木材干燥技术提出思考与建议。

关键词: 实用干燥; 预处理; 常规干燥; 木材改性

中图分类号: S782.31 文献标识码: A 文章编号: 1001-8654(2006)02-0019-04

Review and Remarks on Applied Wood Drying Technology in China

GU Lian-bai

(College of Wood Science and Technology, Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, Jiangsu, China)

Abstract: This paper reviews research and application of practical wood drying technologies in China during the last two decades. It covers pre-drying treatments, drying techniques and equipment and energy conservation. Suggestions and remarks for further development and application of advanced wood drying technology in China are presented.

Key words: applied wood drying; pre-treatment; conventional drying; wood modification

木材干燥是保证木制品质量的关键工序,是实现木材高效、节约利用的技术保证,也是木材加工生产节能、降耗潜力最大的工序之一。实用木材干燥技术与木材加工生产紧密相关,涵盖木材干燥前的预处理,各种干燥方法、工艺和设备,干燥后木材的储存及木材改性等。

1 干燥前预处理

1) 预浸泡 某些富含抽提物的树种如泡桐锯材,干燥时易变色,需在干燥前将板材堆放在水池中浸泡数天,使其抽提物溶解出来;某些针叶树材如马尾松和落叶松,在弱碱性溶液中浸泡,可降低树脂含量,减少变形,增加渗透性和尺寸稳定性^[1];对富含抽提物的硬阔叶树材如花梨木,较难干燥,但在热水中浸泡 1~2 d 后,可加快干燥速度。

2) 预汽蒸/预热 预汽蒸或预热处理在我国木材干燥生产中广泛应用。锯材窑干前预汽蒸处理数小时,能提高干燥速度;马尾松和落叶松预汽蒸可脱

脂 55.04%;红松和云杉边材汽蒸 8 h 后,其渗透性可增加 60%~130%,主要是由于纹孔膜破裂所致,但对心材无效。汽蒸亦是使皱缩材恢复正常的有效办法,特别是对桉树锯材和小径杨木锯材。

此外,木材汽蒸加热还是杀虫、杀菌和防霉的有效措施,是木材消毒最经济、有效的方法。44℃ 温度条件下,可使腐朽真菌停止生长,但不能将其杀死;66℃ 以上处理 24 h 可杀死腐朽变色真菌。将木材中心的温度加热到 60℃,并保持一段时间,可使其中的蛀虫及其卵和幼虫杀死,加热基准如表 1 所示。

表 1 杀虫基准				
Tab. 1 Schedule of anti-insect treatment for wood				
干球温度/℃	干湿球温差/℃	相对湿度/%	板厚/mm	保温时间/h
60	4	82	25	3
			50	5
			75	7
55	9	60	25	10
			50	12
			75	14

100℃ 时,常压饱和蒸汽下的木材平衡含水率只有 22%,故硬阔叶树材汽蒸时常出现表裂。因此,硬

收稿日期: 2006-01-10

作者简介: 顾炼百(1940—),男,南京林业大学教授,博士生导师,干燥技术研究所所长。

专家论坛 万方数据

阔叶树材常用饱和湿空气进行预热处理,以代替汽蒸,防止表裂。某些硬阔叶树材如水青冈(山毛榉),用饱和湿空气预处理后,材色由浅黄色变为粉红色。

3) 涂端头 该方法已广泛用于毛料(如地板毛料、纺织木配件毛料)的干燥生产实践。毛料端头涂石蜡或沥青后,可有效减小端头的干燥速度和含水率梯度,从而减小或防止端裂或劈裂。

4) 预防翘曲 影响木材产生翘曲的因素很多,如干燥介质的温度和相对温度,下锯工艺、堆垛方式等。通常,低温低湿的干燥基准引起的翘曲较小;径切下锯比弦切下锯有利于减轻翘曲,因此,泡桐拼板和硬阔叶材地板常选用径切板。锯解干燥纵剖(SDR)工艺常被用于人工林木材细木工板的生产,不仅能预防翘曲,还可以增加锯材的出材率,提高生产率。正确地堆垛也能减轻翘曲,如混凝土预制块或铸铁块置于材堆顶部,可有效预防锯材干燥时产生翘曲,此法已广泛应用于生产。控制杨木、火炬松及落叶松的横弯和扭翘,材堆顶部需要施加 10^4 Pa 的压力,而刺槐则需要更大的压力。

2 干燥技术与设备

2.1 预干和二次干燥

1) 气干预干 在我国南方普遍采用大气干燥作为锯材的预干方法。锯材从生材气干到 30%~25% 的含水率,然后再进行窑干,可缩短 50% 的窑干周期,降低 52.8% 的能耗,并可减少某些硬阔叶材(如栎木和杨木)厚板的内裂和皱缩。气干时的管理(如场地、垛基、堆垛方式、顶盖等)对减少气干锯材的降等至关重要。对难干硬阔叶树材,将材堆的向阳面用防晒塑料网覆盖,可以有效减少锯材的开裂,特别是在干热的天气。速生材在不同干燥阶段的气干速度存在差异,如果管理得当,气干预干在我国南方将是一种实用、经济且节能的干燥方法。

2) 预干和二次窑干 该工艺主要用于干燥速生人工林木材(如美洲黑杨和马尾松)的预干窑和二次干燥窑,在 20 世纪 90 年代被开发^[2],并在生产上推广应用。其主要采用木废料为能源,锯材的干燥质量接近常规窑干,且能满足国家标准一等材和二等材的质量指标要求,干燥速度比常规窑干提高 38.5%。

2.2 常规窑干

蒸汽加热的常规窑干是我国主要的干燥方法,但近来由于节能和减少投资的需要,热水加热窑干法被逐渐采用。干燥窑主要是顶风机与电动机直连的叉车装材式,以及轨道车装材式的单轨或双轨窑。轴流

风机的直径常为 800~900 mm,材料主要为铸铝合金;双金属轧片式的散热器被广泛采用。顶风机窑的容量通常为 80,100,120,150 和 200 m³/窑;端风机窑通常为小型窑,容量为 10~40 m³/窑。

速生人工林木材采用常规基准干燥时,很少有内裂(但落叶松及刺槐木材时有表裂和端裂)发生,其主要干燥缺陷为翘曲,所以应采取材堆顶部压重物措施防翘。小径原木主要为幼龄材,由于其纵向收缩大,采用常规干燥时应进行预汽蒸处理,以消除生长应力,并采用较低干燥温度和较高相对湿度。

2.3 高温干燥

20 世纪 70 年代末和 80 年代初对木材过热蒸汽干燥(高温干燥法之一)进行了研究和生产推广。南京林业大学开发了一种高温干燥窑,在生产上成功用于干燥针叶树材如松木、云杉、冷杉、落叶松,以及软阔叶材如椴木和白桦,但不适用于硬阔叶树生材。最近,随着新西兰辐射松的进口增加,企业界对松木的高温干燥产生了兴趣。

2.4 真空干燥

真空干燥工艺和设备于 20 世纪 80 年代早期在我国用于生产。侧风机式和底部风机式的间歇式真空干燥机,分别由南京林业大学和东北林业大学开发。南京林业大学还在 1992、1996 年先后开发了高频真空干燥机和带热回收装置的连续真空干燥机^[3]。实践证明,真空干燥对渗透性好的散孔阔叶树材如槭木(色木)等,是一种经济有效的方法。

2.5 除湿干燥

除湿干燥于 20 世纪 80 年代早期在我国被成功地用于生产,并在小型企业中普遍用于干燥阔叶树材。由于除湿干燥的温度通常低于 60℃,故干燥周期较长。上海能源研究所和北京林业大学开发了高温热泵干燥机,使窑内的干燥温度提高到 70℃ 以上,使除湿干燥更加有效^[4];张璧光等 1990 年开发出的双热源热泵除湿干燥机,不仅从湿热废气回收热能,还从周围空气中回收热能。

2.6 太阳能干燥

木材太阳能干燥在 20 世纪 70 年后期及 80 年代初期是较活跃的研究领域。南京林业大学于 1982 年开发了一种半暖房式的太阳能干燥窑,并在生产上应用,主要用于干燥硬阔叶树材。但暖房式的太阳能干燥窑现在应用很少,主要是一次性投资较大,而且受气候条件影响严重,生产率不高。

2.7 热压干燥

热压干燥对人工林木材单板和薄锯材的干燥效

果显著,不仅快速,而且干燥后产品平整。南京林业大学在 2003 年时就研究了马尾松板材的热压干燥,并建立了传热、传质的数学模型^[5]。结果表明,热压干燥能改善人工林薄锯材及单板的大多数物理力学性能,获得满意的干燥质量。

3 节能技术与措施

木材干燥能耗占木材加工总能耗的 50%~70%。注重干燥节能技术的开发,不仅有利于企业节约成本,而且符合国家创建节约型社会的规划要求。

3.1 电能节约

我国常规干燥窑,气流穿过材堆的速度通常只有 0.8~1.5 m/s,远低于北美和新西兰 3~5 m/s 的速度。低风速对硬阔叶树材的干燥较为合理,因为其干燥速度主要取决于木材内水分向表面移动的速度,而不是木材表面的水分蒸发速度。风速偏高,不仅增加电能消耗,而且对干燥速度的提高作用并不显著;干燥针叶树材和软阔叶树材时,应适当提高风速至 1.5~2.5 m/s。有少数木材干燥企业采用双速电机,亦可达到节电效果,即在木材干燥初期,采用较高转速,驱动窑内轴流风机,以排除木材中大量的自由水;而到干燥中后期,采用较低转速,以排除木材中少量的吸着水。

3.2 热能节省

北京林业大学 1997 年开发的双热源除湿与太阳能联合干燥系统及工艺,不仅可从湿热废气及周围空气中回收热能,而且还可利用太阳能。20 mm 厚柞木板材从含水率 30.1%干燥到 6.2%,只消耗 48.2 kW·h/m³ 的能量^[6]。南京林业大学 1996 年开发的具有热回收装置的真空干燥机,可将从机内散热器流出的废蒸汽经压缩后回收利用,作为木材干燥的主热源,用负压过热蒸汽作干燥介质。42 mm 厚的马尾松锯材从 37%的含水率干燥到 7%,只需 20 h,与常规间歇真空干燥相比,能耗节约 47%^[3]。

在木材加工厂,木废料是一种数量大且可以热能自给的能源。笔者等在 1986 年开发的炉气直接加热的木材干燥技术及 1990 年开发的炉气间接加热干燥技术^[7],均以木废料作为能源,配备端部风机小型干燥窑,适合用于小型木材加工企业,其投资和运转费用都大大低于蒸汽加热干燥窑。之后开发的以木废料为能源的高温热水加热型干燥窑^[8],采用 100℃以上的高温循环热水加热锯材,窑内空气的温度和相对湿度都能精确调节。由于没有废蒸汽和热水损失,其热效率比蒸汽加热干燥窑高。

4 思考与建议

4.1 木材干燥技术发展趋势

随着我国改革开放的深入发展,国际交往日渐增多,木材干燥与其他行业物料干燥的交流也日益加强,于是有些木材干燥企业和研究人员对蒸汽或热水加热的常规干燥产生了怀疑。事实是,以蒸汽或热水为热媒,以对流加热为传热方式的常规木材干燥法仍然是锯材干燥的主流,不仅国内的木材干燥现状是如此,国外发达国家也是如此;而且,在今后相当长的时期内不会改变。当然,在特定的情况下,常规干燥可与其他干燥方法相结合使用,以提高干燥效果,如:在南方可与气干预干相结合;干燥硬阔叶树材时与低温预干相结合;干燥针叶树材时与高温干燥或加(快)速干燥相结合。

除常规对流干燥法之外,还有其他许多特种木材干燥方法,只在某些特定的情况下适用。其他行业也有不少高效、快速或节能的物料干燥方法,但由于干燥对象不同、物料性质不同,不一定适合木材(特别是锯材)的干燥。木材是毛细管多孔胶体,锯材又有较大的尺寸,其干燥速度和质量不是取决于锯材表面传热和水分蒸发的速度,而是取决于锯材内部水分向表面移动的速度。很多传热效率高、水分蒸发快的干燥方法,对锯材干燥并不适用。因此,必须在细致了解木材组成、结构和材性特点的基础上,深入研究木材干燥传热、传湿规律,认真总结和实践,以期对常规干燥法有所拓展。如果只是简单套用其他行业物料的干燥方法,就可能重蹈 20 世纪七八十年代远红外干燥的覆辙,不但达不到预期的效果,反而浪费了木材和能源。

4.2 干燥工艺开发

1) 木材干燥基准应进一步完善、扩充和贯彻执行。我国现行的林业行业标准中,规定了 15 种针叶树材和 45 种阔叶树材的干燥基准,但随着近年来进口材的数量及树种日益增多,特别是热带木材树种繁多、材质复杂,进口难干硬阔叶树材的干燥质量应进一步改善,迫切需要为这些树种的木材制定和推广干燥基准。

2) 建筑用针叶树材的高温干燥和家具用针叶树材及软阔叶树材的快速干燥,具有一定的实用意义,需要进一步研究和推广,特别是针叶树材的干燥速度还应大幅度提高。

4.3 干燥设备改进

目前,国产及从欧洲进口的大部分干燥窑只适用于硬阔叶树材的干燥,若用于干燥针叶树材,则干燥

周期长,或窑内各部位的锯材干燥不均匀。分析原因在于:

1) 窑的形状近似为方形,其经济性好,即相同容量下造价低,但窑的进深和材堆宽度尺寸偏大,容易引起材堆宽度上的干燥不均匀。要保证干燥均匀性,势必要延长干燥周期。因此,建议沿气流方向的材堆宽度尺寸为:针叶树材材堆总宽度不宜超过 4 m、阔叶树材不宜超过 5 m,以减少材堆宽度上的干燥不均匀性。

2) 散热器热功率不足,即散热面积小,蒸汽管道细。100 m³ 容量的干燥窑,单位材积匹配的散热面积只有 1.5~2.5 m²/m³ 木材,进窑的蒸汽管径只有 25.4 mm,从而引起供热不足。根据热力计算和干燥实践,常规窑的单位材积散热面积应为:硬阔叶树材 2.5~3.5 m²/m³ 木材,针叶树材 4~5 m²/m³ 木材;100 m³ 容量的窑,蒸汽管径应为 40~50 mm。

3) 窑内循环风机直径偏小,材堆气流速度偏低(通常<1 m/s)。建议将常规窑材堆气流速度提高到 1.2~2.0 m/s,以利于散热器传热和木材水分蒸发,同时可改善材堆不同部位锯材的干燥均匀性。

此外,以木废料为能源的蒸汽、热水加热或炉气间接加热干燥,在技术上和经济上是可行的,但环保问题尚需进一步研究。

4.4 干燥与改性

木材干燥可与物理改性处理结合,以改善性质,扩大用途,提高价值,尤其适合人工林木材。

1) 炭化木的研究与开发。炭化木又叫热处理木(Heat-treated Wood 或 Thermo Wood),是将木材在 160~230 ℃ 高温下处理而得,20 世纪 90 年代芬兰、荷兰、法国和德国首先进行研究,芬兰的技术研究中心(VTT)最早取得商业突破,进行工业化生产,并出口炭化木。木材经过热处理,可降低木材组分中的羟基浓度,减少吸湿性,从而提高尺寸稳定性;同时,木材在高温处理过程中,发生了化学反应,减少了木腐菌嗜好的营养物质,从食物链环节上抑制了菌类和虫害的生长;因此,热处理后木材的耐腐蚀性(耐久性)得以提高,而且这种防腐是纯物理防腐,无需化学药剂处理,对环境友好。以松木锯材为例,热处理可使树脂基本溢出,木材颜色均匀耐久,硬度和抗压强度有所提高。热处理的炭化木材不仅可用于家具、门窗、地板、壁板和室内装饰,而且可作户外桌椅、甲板、围栏、房屋外墙板等室外用材,有广阔的使用前景。但热处理后木材的抗劈和抗冲击强度及密度有所下降,不宜作承重(受力)结构使用。

热处理材大都使用松木、云杉等针叶树材,也有用杨木、桦木等人工林软阔叶树材进行加工的,使其经济价值呈数倍提高。目前的热处理材需从芬兰批量进口,而我国完全可自主研究开发和工业化生产国产热处理材,提高马尾松、杉木、樟子松、杨木、桦木等人工林木材的经济价值。

2) 木材压缩干燥。人工林木材生长迅速,是重要的可再生资源,但由于密度较低、强度不高,影响使用范围。通过蒸煮、压缩处理,再热压干燥定形,可大幅度提高木材强度和表面硬度,改善板材平整度,从而大大提高其经济价值,扩大使用范围。

3) 木材浸渍染色。用浸渍染色、重组的方法可以创造出美丽的颜色和花纹,模拟高等级的木材,如可将杨木染色模拟黑胡桃木,从而弥补人工林木材颜色单调、花纹不够美观的缺憾。

4) 汽蒸变色和脱脂。生材可通过汽蒸处理改变其颜色,以符合用户的要求。如水青冈用饱和湿空气加热处理,可使其原来的黄白色变为粉红色;马尾松和落叶松用饱和蒸汽蒸数小时,可使松节油挥发,木材由黄白色变为白色,起到漂白效果(但汽蒸时间不宜过长,否则木材会返黄),同时实现脱脂目的,满足装饰和加工要求。

总之,木材的水热处理可与干燥工艺结合,不但起到提高木材干燥质量的作用,而且可改善木材的性能,提升其经济价值,扩大其使用范围。必须强调的是,所有这些处理都是物理处理,不需任何化学药剂,是较有潜力的环境友好型木材加工方法。

参考文献:

- [1] 安玉贤,方桂珍. 碱处理兴安落叶松材改性的研究[J]. 木材工业,1994,8(1):31-33.
- [2] 顾炼百,杜国兴. 以木废料为能源的预干和二次干燥锯材的研究[J]. 林产工业,1996,23(5):30-33.
- [3] 庄寿增,赵寿岳. 一种新型的带热回收装置的真空干燥[J]. 林产工业,1996,23(3):13-17.
- [4] 张璧光,王喜平. 高温热泵除湿干燥的初步研究[J]. 木材工业,1994,8(4):11-13.
- [5] 汪佑宏. 速生马尾松锯材的热压干燥和表面强化[D]. 南京:南京林业大学,2003.
- [6] 张璧光,赵忠信,高建民,等. 高温双热源除湿与太阳能联合干燥技术的研究[J]. 北京林业大学学报,1997,19(3):83-89.
- [7] 顾炼百,杜国兴. 炉气间接加热干燥木材[J]. 林产工业,1990,17(5):9-12.
- [8] 杜国兴,顾炼百. 热水加热系统及其在 22 mm 康巴斯板材干燥中的应用[J]. 林产工业,2001,28(6):61-62.

(责任编辑 向 琴)