

阔叶树材薄板干燥工艺的研究

马世春

摘要 采用高温干燥与常规干燥相结合的工艺干燥柞木和栲树薄板,经试验和实践证明不但缩短干燥周期,而且提高了干燥质量。

关键词 干燥工艺;阔叶树材干燥

Research on Drying Technology for Thin Hardwood Board

Ma Shichun

(Fuzhou Pencil Factory, Fuzhou 350011)

Abstract Oak (*Quercus mongolica*) and spinybract evergreen chinkaping (*Castanopsis hystrix*) boards were dried with high temperature and conventional technology. The comparison results showed that new technology could not only reduce drying time but improve drying quality as well.

Keywords Drying technology; Hardwoods drying

1 引言

木材因其纹理优美、色泽柔和,呈现出自然美的风韵,所以在现代建材、装饰行业中,越来越多地使用天然木材为原材料,如木地板、木门窗等,传统的家具也以木制家具备受青睐。木制品的质量,很大程度上取决于木材的干燥质量。现在我国木材干燥多数采用常规干燥工艺,即以湿空气为干燥介质,蒸汽为热源;也有采用高温干燥工艺,即以常压过热蒸汽为干燥介质,以蒸汽为热源。前者干燥周期长,干燥质量好;后者周期短,但对难干的硬阔叶树材而言,干燥质量欠佳。鉴于上述两种工艺各自的利弊,笔者从生产实践中,逐步把高温干燥工艺和常规干燥工艺有机地联系起来,进一步对各种硬阔叶树材进行了试验,均能达到预期的效果。

2 试材树种与规格

2.1 柞木(*Quercus mongolica*),产于东北。试验板的规格:长 650、800 和 950 mm,宽 100~105 mm,厚 24 ± 1 mm。两端用石蜡涂封,初含水率 60% 左右。

2.2 栲树(红锥, *Castanopsis hystrix*): 主要产于长江以南各省。栲树试板规格:长 500、650、800 和 950 mm;宽 85~105 mm;厚 24 ± 1 mm。两端用石蜡涂封,初含水率 50%~60%。

3 干燥工艺

3.1 高温干燥工艺要求干球温度在 $100\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 135\text{ }^{\circ}\text{C}$ 之间;湿球温度 $98\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 100\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。干球温度越高,相对湿度越低,介质中吸收水蒸气的能力越大。

3.2 常规干燥工艺所要求的干湿球温度一般都小于 $100\text{ }^{\circ}\text{C}$,干燥介质是湿空气。湿空气的物理特性与常压过热蒸汽的物理特性不同,主要是热含量低于过热蒸汽。湿空气中含有一定量的氧气,若温度过高,木材表面会产生氧化,而常压过热蒸汽中不含氧气。

3.3 在预热阶段中,窑内的干球温度与湿球温度逐步都升到 $100\text{ }^{\circ}\text{C}$,介质处于湿饱和状态,此时,木材表面既不蒸发水分,又能在较短的时间内充分热透,使木材表层与中心层温度趋向一致。通过预热阶段的汽蒸处理,提高了木材的水分渗透性,有利于木材内部水分由内向外传导。

3.4 在干燥初期,木材所蒸发的水分大部分是自由水,这时采用高温干燥,如:干球温度升到 $110\text{ }^{\circ}\text{C}$,湿球温度仍然是 $100\text{ }^{\circ}\text{C}$,相应的相对湿度是 70%。因为自由水的蒸发不影响木材弦、径向的尺寸变化。但木材表面的自由水基本蒸发完毕后,表面的吸着水也开始蒸发,吸着水若蒸发太强烈,内层的水分未能及时传导出来,即可导致表面的应力增大,当表面的应力大于木材机械强度时,就会产生表面开裂。所以对不同的木材树种、厚度和用途要区别对待。在干燥初期,各种木材的弦向干缩与径向干缩的比值均很小,

表面蒸发不是太快,所以一般不会产生表裂。

3.5 在干燥中期和后期,对于硬阔叶树材若继续采用高温干燥工艺,在高温低湿的双重作用下,木材沿着木射线方向很容易产生表裂或内裂。因此从中期起要从高温工艺过渡到常规工艺。由于常规干燥温度较低,在干燥初期时,木材内部的温度高于介质温度,所以木材的温度梯度是内高外低。此时由于木材表面的自由水蒸发完毕,而中间诸层的自由水尚未蒸发,其木材厚度方向上的含水率梯度也是内高外低。因此,温度梯度与含水率梯度的方向一致。在这样条

件下,内部水分逐步向表层传导,表层的水分又逐步汽化,二者的速度趋于平衡,表面蒸发减慢,应力也就减弱,就可避免产生干燥缺陷。对难干的硬阔叶树材,在干燥后期,尤应注意。在近几年的实践中,对难干的硬阔叶树材,制订出较完善的干燥工艺,在干燥后期,还采用焖窑或间歇的波动基准工艺。

从表 1 与表 2 所列两种干燥基准可以看出,采用高温干燥与常规干燥相结合的工艺,柞木的干燥时间由 127 小时缩短至 80.5 小时;栲树木材的干燥时间由 132 小时缩短至 86.5 小时。

4 干燥基准与干燥质量比较

表 1 柞木薄板干燥基准

Tab. 1 Thin board drying schedule for <i>Quercus mongolica</i>					
干燥阶段	$t_{干}$ ($^{\circ}C$)	$t_{湿}$ ($^{\circ}C$)	ψ (%)	处理时间 (h)	平均含水率 变化阶段(%)
常规工艺					
升 温	30→65	27→61	75→82	4	60
预 热	65	62	86	3	60
干燥 1	65	59	74	50	30
中间处理				1	
干燥 2	68	61	71	32	20
中间处理				1	
干燥 3	70	62	68	30	10
焖 窑	40	34	66	6	9.4
新工艺					
升 温	30→100	27→100		4.5	59.5
预 热	100	99~100		2	60
干燥 1	105	99		18.5	35.5
中间处理				1	
干燥 2	65~70	57~62		25	20
中间处理				1.5	
干燥 3	62~66	55~59		20	10.1
焖 窑	35	30		8	9.5

注: 板材厚度均为 24 mm; 初含水率均为 60%。

表 2 栲树薄板干燥基准

Tab. 2 Thin board drying schedule for <i>Castanopsis hystrix</i>					
干燥阶段	$t_{干}$ ($^{\circ}C$)	$t_{湿}$ ($^{\circ}C$)	ψ (%)	处理时间 (h)	平均含水率 变化阶段(%)
常规工艺					
升 温	28→65	25→60	75→77	3	55
预 热	65	61	82	4	55.5
干燥 1	66	60	75	53	31.5
中间处理				1	
干燥 2	68	61	71	35	19
中间处理				1	
干燥 3	70	61	64	27	10.0
焖 窑	39	32	62	8	9.2
新工艺					
升 温	28→100	25→99		4.5	57.0
预 热	100	98~100		2	57.2
干燥 1	105	98~99		21	35.0
中间处理				1.5	
干燥 2	65	57~58		25	21.9
中间处理				1.5	
干燥 3	58~60	51~53		20	10.5
中间处理				1	
焖 窑	35	30.5		10	9.7

注: 板材厚度均为 24 mm; 初含水率均为 57%。

表 3 新工艺与常规工艺干燥质量的比较

Tab. 3 Comparison of wood drying quality between new and conventional technology

木材 树种	窑内放 置位置	终含水率 $W_{终}$ (%)					厚度上含水率偏差 ΔW_h (%)					应力偏差 γ (%)				
		新 ₁	新 ₂	新 ₃	新 ₄	常规	新 ₁	新 ₂	新 ₃	新 ₄	常规	新 ₁	新 ₂	新 ₃	新 ₄	常规
柞	上	8.4	8.5	9.0	9.0	8.0	1.8	2.0	1.9	1.8	1.9	2.0	2.2	2.2	2.5	2.1
	中	10.2	—	—	—	10.0	1.8	—	—	—	1.9	1.8	—	—	—	1.9
	下	11.0	11.8	12	11.8	11.5	2.0	2.5	2.1	2.0	2.1	1.8	1.8	2.0	1.9	1.8
木	前	9.5	9.8	9	8.8	9.5	1.9	2.2	2.0	2.5	2.0	2.0	1.9	2.1	2.0	2.0
	后	8.3	8.3	8.9	8.9	8.2	1.6	2.0	1.9	1.9	1.8	1.8	2.1	2.2	2.3	1.9
栲	上	8.3	8.5	—	—	7.6	1.9	2.0	—	—	2.0	2.2	2.5	—	—	2.3
	中	10.5	—	—	—	10.2	1.8	—	—	—	1.7	2.0	—	—	—	2.1
	下	11.3	11.5	—	—	11.0	2.3	2.6	—	—	2.5	1.9	2.1	—	—	1.9
树	前	9.8	9.0	—	—	9.5	2.0	2.3	—	—	2.0	2.0	2.0	—	—	2.1
	后	9.6	8.5	—	—	7.9	1.9	1.9	—	—	1.9	1.8	2.3	—	—	2.2

注: ①表中新₁、新₂、新₃、新₄和常规分别是采用新工艺第 1、2、3、4 次试验和常规工艺的测试值; ②试材厚度均为 24 mm。

5 经济效益的粗略评估

本文仅就用电量和蒸汽用量粗略评估采用新工艺所获的经济效益。

表 4 干燥生产统计(新工艺)

Tab. 4 Statistics of drying production with new technology					
时间	树种	装窑量 (%)	干燥时间 (h)	用电、汽时间 (h)	干燥费用 (元/m ³)
A 窑 容量 30m ³					
95 年 5 月 2 日	柞木	30.5	78	72	47.2
5 月 7 日	柞木	30.3	76	71	46.9
5 月 12 日	柞木	29.8	80	73	49.0
5 月 18 日	柞木	31.0	80	72.5	46.8
5 月 22 日	柞木	31.2	78	71.0	45.5
5 月 26 日	柞木	30.5	77	71.5	46.9
5 月 30 日	柞木	31.0	77	72	46.5
B 窑 容量 50m ³					
95 年 5 月 5 日	柞木	49.3	82	75	45.6
5 月 11 日	栲树	50.9	86	80	47.2
5 月 16 日	栲树	50.2	89	81	48.4
5 月 22 日	栲树	49.8	88	80	48.2
5 月 27 日	栲树	50.0	87	80	48.0
5 月 31 日	柞木	51.1	83	78	45.8

注:板厚 24 mm。

从表 4 可知,干燥 1 m³ 柞木的费用为 46.97 元,而用常规工艺时,干燥的费用约需 80 元,平均每立方米可节省干燥费用约 33 元。

板材严格按标准堆垛,干燥后的木材基本上无弯曲、内裂、纵裂、皱缩、炭化和变色等缺陷,原先有裂缝

的干燥后有小范围的扩展。参照国家标准 GB 6491—86,达到二级干燥质量等级。采用新工艺进一步提高了干燥材的尺寸稳定性,见表 5。

表 5 用新工艺和常规工艺干燥的木材尺寸稳定性

Tab. 5 Dimensional stability of lumber dried with new and conventional					
组别	干燥工艺	试材树种		平均湿胀率(%)	平均干缩率(%)
A	新工艺	柞木	弦向	1.08	1.30
			径向	0.75	0.95
B	常规工艺	柞木	弦向	1.23	1.45
			径向	1.05	1.18
A	新工艺	栲树	弦向	1.10	1.30
			径向	1.05	1.02
B	常规工艺	栲树	弦向	1.32	1.75
			径向	1.13	1.20

6 结论

从试验结果并经较长时间的生产实践,对硬阔叶树板材的干燥质量较好;干燥周期介于高温干燥和常规干燥之间,而且进一步提高了木材的尺寸稳定性。

新工艺在什么情况下由高温转入常规干燥,则要根据不同树种、材料厚度和用途来决定。

新工艺对一般的蒸汽加热强制循环的干燥窑,只要气密性、保温性较好的均可进行,如:顶风机型、侧向通风型和端风机型的干燥窑。

(上接第 37 页)

能耗的一条重要途径。实际操作中应通过两方面来控制压缩比,一方面通过调节膨胀阀的开度来调节蒸发压力;另一方面可通过风量来控制。目前我国生产的除湿机有不少未装热力膨胀阀,像冰箱一样用毛细管来代替,但它调节制冷剂流量的作用很小。还有不少除湿机未装高、低压表和压力控制器,不能有效控制压缩比,这些都是影响除湿能耗的因素。

3.2.3 适当的停机焖窑可减少能耗 进入干燥中期以后,如果除湿机功率选择恰当,干燥室的相对湿度下降较快,如果采取间断停机焖窑措施,可减少能耗,因除湿机停机后木材中水分继续蒸发,干燥室的相对湿度逐渐上升,当湿度上升到高于此阶段基准所要求湿度的 10%~15%时,开机除湿可提高除湿效率减少能耗,同时停机焖窑期间还使木材表面得到一定的软化处理,有利于提高干燥质量和干燥速度。

3.2.4 加强工人培训提高操作水平 据调查目前多数除湿机的操作人员素质偏低,不按除湿机操作规程和除湿工艺操作,而是凭经验、凭感觉行事,责任心差,往往造成不应有的能量浪费。

4 结束语

除湿干燥在我国的应用已有十几年的历史,但目前除湿机以仿制国外产品的居多,真正独立设计制造的较少,往往达不到产品应有的水平。由于除湿干燥涉及空调制冷、热工学及木材干燥等多门学科,目前相关的基础理论研究还很薄弱,新的高温制冷工质还缺少相关的性能参数,也缺乏配套的专用压缩机,而且我国除湿机生产还没有行业标准,缺乏统一的管理。以上这些因素是除湿机进一步发展和改进提高所面临的问题。总之关于如何改进除湿机的设计和改善除湿干燥操作运行的研究,在我国还任重道远。

5 参考文献

- 张璧光等. 空气旁通率对热泵除湿干燥机能耗的影响. 全国高校工程热物理第五届学术会文集, 大连出版社, 1994, 149~152
- 周永东等. 木材热泵除湿干燥节能工艺的研究. 北京林业大学学报, 1995(1): 83~89
- 李晓玲. 木材热泵除湿干燥最佳匹配方案分析. 北京林业大学毕业论文, 1992, 105~116
- 张璧光等. 除湿干燥的节能分析. 林产工业, 1995, 22(6): 35~38
- 霍光青. 高温双热源除湿干燥机运行工艺初探. 林产工业, 1997, 24(1): 10~12