

“太尔”论坛

实木地板木材干燥技术

滕通濂

(中国林科院木材工业研究所, 北京 100091)

摘要: 本文重点介绍了地板锯材或毛料的常规窑干技术,同时详细说明了地板锯材含水率基准的制定和修正。文中推荐了部分常用进口木材实木地板的窑干基准(厚度 25 mm)及其窑干工艺规程,供相关单位参考。

关键词: 实木地板;地板毛料;窑干基准;干燥技术

中图分类号: TU531.1, TS652 文献标识码: B 文章编号: 1001-8654(2003)06-0016-04

Lumber Drying Techniques for Solid Wood Floorings

TENG Tong-lian

(Research Institute of Wood Industry, Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091, China)

Abstract: Normal kiln-drying methods and techniques as well as the temperatures adjustment of dry-bulb and wet-bulb for solid wood flooring lumber or flooring blanks are presented in this paper. Then, some drying schedule tables are provided for common imported wood species from other countries such as America, France and Malaysia, and for reference for solid wood flooring manufacturers in China.

Key words: Solid wood flooring; Flooring blank; Kiln-drying schedule; Drying technique

实木地板通常用于居室内地面铺设,为保证实木地板的装饰效果和使用功能,要求木材色泽自然、纹理美观,结构均匀,强度适中,有弹性,加工面光洁,易于油漆,不腐朽,胀缩性小,不翘曲变形,尺寸稳定性好,使用寿命长。除了需选择适宜树种木材用于地板制造外,木材干燥是直接影响实木地板锯材和毛料质量的关键技术。若使用未干燥或干燥不当的木材铺地,会导致实木地板在使用中发生翘、裂等缺陷,降低使用质量,缩短使用寿命。因此,对地板锯材的含水率和质量都有具体的要求和规定。地板锯材或毛料的干燥质量要求(包括最终含水率、应力和可见干燥缺陷)可参见 GB/T 6491-1999《锯材干燥质量》中 2 级以上锯材的干燥质量指标的规定。

本文简述了地板锯材或毛料的干燥生产技术,供有关生产部门参考。

1 地板锯材和毛料的干燥方法

实木地板材的干燥主要有锯材干燥和毛料干燥二种方式。实木地板常用树种是硬阔叶树材,一般密度大,材质硬,纹理斜或交错,结构不均匀,干缩中至大,容易发生翘曲变形和开裂等缺陷,大都属于难干燥或甚难干燥材。虽然地板材按厚度属于中板(25~30 mm),但干燥质量要求高,尤其是地板毛料干燥要求色泽自然,含水率均匀,无开裂,不翘曲变形。所以,应根据树种的干燥特性选用合理的干燥方法。

1.1 常用干燥方法

目前我国实木地板锯材或毛料的干燥,通常采用气干-常规窑干(简称窑干)联合干燥或直接窑干的方法。对易皱缩树种木材更应采用气干-窑干联合干燥方法,而气干易裂树种木材可以直接窑干。窑干后得到符合生产工艺要求的干燥锯材或干燥毛料,对于干燥锯材,通过锯解、刨削加工成地板毛坯料(四面刨光),最后再精加工成实木地板产品;干燥毛料则可直接加工成四面刨光的毛坯料,最后再精加工成实木地板产品。

气干-窑干联合干燥的优点是显著缩短窑干周

收稿时间:2003-03-02

本文为作者在 2003 北京“太尔”-中国林产工业发展论坛的报告。
作者简介:滕通濂(1939—),男,中国林科院木材工业研究所研究员。

期,提高干燥窑生产率,减少能耗,降低干燥成本。对容易皱缩和内裂的木材,经过气干后再窑干,可以减轻或消除这些缺陷。气干的缺点是干燥时间除了受树种、厚度影响外,还随气候而变化,给生产管理造成一定的困难。气干材的材堆应按干燥窑材堆规格尺寸来堆垛,气干后可直接进入干燥窑干燥,避免了重复码垛和拆垛工序。气干程度可根据气候变化和树种而定,通常以板材含水率达到25%~30%为宜。为了减少地板材尤其是硬阔叶树材的端裂和表裂,毛料端头应用石蜡等防水涂料封头,还应避免木材受阳光直射,在专用的气干棚内气干地板毛坯料效果更好。

常规窑干工艺因为干燥温度适中,湿度可以调节,只要干燥工艺合理,对木材的物理力学性能如强度、色泽几乎没有什么影响,干燥质量良好,因而适用于各种地板材。常规窑干设备中以饱和蒸汽为热源的金属壳体或砖壳体的顶风机直联型周期式强制循环干燥窑技术成熟可靠,发展最快,应用最广。干燥窑容量一般为50~200 m³,内置风机与耐高温、高湿电机直联,气流循环速度一般为1~2 m/s。装配半自动或全自动控制装置,设备操作简单,温湿度调节灵活,使用、安装和维修方便。

材堆装堆方式分叉车式和轨车式二种,叉车装堆方式适合地板毛坯料的干燥,而轨车装堆方式则适合地板锯材的干燥。

1.2 常规窑干的工艺操作

常规窑干工艺分预热、干燥和冷却三个阶段。

(1) 预热 目的是将较冷的木材加热到与干燥初期阶段相适应的温度。预热阶段只使木材内部热透,而不蒸发木材中的水分,使干燥初始阶段木材内温度梯度和含水率梯度方向一致。因此,初期预热温度一般比干燥基准第一阶段的温度约高8~10℃;相对湿度则根据木材的初含水率而定,当初含水率大于30%时,相对湿度可采用100%左右。对气干过的木材,沿断面的含水率接近纤维饱和点时,应采用略大于与被干木材平衡含水率相当的相对湿度。预热时间的长短取决于锯材的树种、厚度和外部气候条件,原则是预热后木材内部温度要高于干燥介质温度3℃以上。

(2) 干燥 木材经过预热之后进入干燥阶段。首先是自由水蒸发,只要介质温度、湿度和气流速度保持不变,含水率降低速度亦大致相同。自由水蒸发完毕,吸着水开始蒸发,含水率降低速度愈来愈慢,即为

减速干燥阶段。在减速干燥阶段,还应进行调湿处理(亦称中间处理),即根据木材干燥应力状况,调节木材表面或内部的水分分布。当达到干燥要求的使用含水率时,为了平衡内外含水率的差异和消除木材内部的残余应力,还要进行平衡和高湿处理(亦称终了处理)。正确进行中间处理和终了处理对保证地板材的干燥质量尤为重要。

(3) 冷却 当木材达到要求的最终含水率并进行终了处理后,干燥结束,即可关闭加热和喷蒸阀门及通风机,当木材在干燥室内冷却到一定温度后方可卸出。为了均衡板材内外含水率,消除板材内残余应力,出窑后的地板材还必须密实堆积1~2星期后方可进行机械加工。

2 常规窑干基准和基准的修正

在木材常规窑干过程中,按照不同干燥阶段调节干燥窑内介质的温度和湿度的参数表即干燥基准表。干燥基准是木材干燥生产的指南和工艺操作的主要依据,不同树种、厚度和用途的木材都应有相应的干燥基准,我国常用的窑干基准主要有时间基准和含水率基准二种。

一般情况下,木材外层最大伸张应力形成于干燥前期,大多数在干燥初期。表层伸张应力是发生表裂的直接原因,也是后期发生内裂的潜在根源。地板材干燥宜采用含水率基准,这种基准是依据木材内水分移动及内应力的发生、发展和变化规律制定,其主要特点是采用多段结构,介质相对湿度在干燥过程中均匀降低,在干燥初期采用适当的低温高湿,木材含水率在30%以上时介质温度变化不大,有利于减少初期开裂,中期仍保持适当的湿度,到干燥后期则提高介质温度,有利于增加木材内部水分扩散,使干燥应力最小,保证干燥质量,缩短干燥周期。为保证木材干燥质量,在干燥初期要使木材表层不存在过度的残余应力,在干燥后期应提高介质温度以加速干燥,避免发生过度的干燥缺陷。

由于阔叶树种种类繁多,木材构造和材性变异很大^[1],因此,木材干燥基准制订是一项细致的系统工程。经中国林科院等单位的木材干燥科学工作者的数十年的研究,至今已制定了近百种我国常用木材的干燥基准^[2]。木材工业发达国家如美国、法国、英国^[3]和马来西亚等国也都制订了各自的木材干燥基准,表1~4为美国、法国、马来西亚的一些基本窑干基准,供同行参考。

表 1 美国阔叶树材温度基准表^[3]

Tab. 1 Drying schedule based on temperature for hardwood lumber in America

温度 阶段	含水率 阶段/%	干球温度/°F														
		t ₁	t ₂	t ₃	t ₄	t ₅	t ₆	t ₇	t ₈	t ₉	t ₁₀	t ₁₁	t ₁₂	t ₁₃	t ₁₄	
1	>30	100	100	110	110	120	120	130	130	140	140	150	150	160	170	180
2	30	105	110	120	120	130	130	140	140	150	150	160	160	170	180	190
3	25	105	120	130	130	140	140	150	150	160	160	170	170	180	190	190
4	20	115	130	140	140	150	150	160	160	170	170	180	180	190	200	200
5	15	120	150	160	180	160	180	160	180	160	180	180	180	190	200	200

注:摄氏温度(t_c)与华氏温度(t_f)的转换公式为:t_c=(5/9)×(t_f-32)

表 2 美国阔叶树材湿度基准表^[3]

Tab. 2 Drying schedule based on humidity for hardwood lumber in America

湿度 阶段	初含水率等级/%						湿度基准/°F							
	A	B	C	D	E	F	1	2	3	4	5	6	7	8
1	>30	>35	>40	>50	>60	>70	3	4	5	7	10	15	20	25
2	30	35	40	50	60	70	4	5	7	10	14	20	30	35
3	25	30	35	40	50	60	6	8	11	15	20	30	40	50
4	20	25	30	35	40	50	10	14	19	25	35	50	50	50
5	15	20	25	30	35	40	25	30	35	40	50	50	50	50
6	10	15	20	25	30	35	50	50	50	50	50	50	50	50

表 3 东南亚木材干燥基准表(马来西亚)

续表 3

Tab. 3 Drying schedule for commercial lumbers
of Peninsular Malaysia

基准号	含水率阶段/%	干球温度/°C	湿球温度/°C	相对湿度/%
基准 A	生材	35.0	30.5	70
	60	35.0	28.5	60
	40	38.0	29.0	50
	30	43.5	31.5	40
	20	48.5	34.0	35
	15	60.0	40.5	30
基准 B	生材	40.5	38.0	85
	40	40.5	37.0	80
	30	43.5	39.0	75
	25	46.0	40.5	70
	20	54.5	46.0	60
	15	60.0	47.5	50
基准 C	生材	40.5	38.0	85
	60	40.5	37.0	80
	40	43.5	39.0	75
	35	43.5	38.0	70
	30	46.0	39.5	65
	25	51.5	43.0	60
	20	60.0	47.5	50
	15	65.5	49.0	40
基准 D	生材	40.5	38.0	85
	60	40.5	37.0	80
	40	40.5	35.5	70
	35	43.5	36.0	60
	30	46.0	36.0	50
	25	51.5	38.0	40
	20	60.0	40.5	30
	15	65.5	44.5	30
基准 E	生材	48.5	46.0	85
	60	48.5	45.0	80
	40	51.5	46.5	75
	30	54.5	47.0	65
	25	60.0	49.0	55
	20	68.0	53.0	45
	15	76.5	58.0	40
基准 F	生材	48.5	44.0	75
	60	48.5	43.0	70
	40	51.5	43.0	60
	30	54.5	43.0	50

基准号	含水率阶段/%	干球温度/°C	湿球温度/°C	相对湿度/%
	25	60.0	46.0	45
	20	68.0	51.0	40
	15	76.5	58.0	40
基准 G	生材	48.5	45.0	85
	60	48.5	45.0	80
	40	54.5	50.5	80
	30	60.0	55.0	75
	25	71.0	63.5	70
	20	76.5	64.0	55
	15	82.0	62.5	40
基准 H	生材	57.0	53.0	80
	50	57.0	52.0	75
	40	60.0	52.0	65
	30	65.5	54.0	55
	20	76.5	58.0	40
基准 J	生材	57.0	50.5	70
	50	57.0	48.0	60
	40	60.0	47.5	50
	30	65.5	49.0	40
	20	76.5	53.0	30

干燥基准通常是以厚度 25 mm 的锯材为标准制定的,在实际干燥操作中,当锯材厚度小于或大于标准厚度时,还需根据其实际尺寸、材质、含水率(气干程度)、干燥窑装置等具体状况对于干燥基准进行适当的修正。修正方法是:小于标准厚度的锯材,干、湿球温差要大些;大于标准厚度的锯材,要降低初期温度和减少干、湿球温度差。气干材的含水率梯度比较小,干燥初期的温度也可选用与实际含水率相对应的值,但干、湿球温度差应当以高于实际含水率 10%~15% 的含水率来确定。厚度为 25 mm 的锯材,初期处理大约 12~24 h 后可以回到原来的干燥基准参数,即可以比在大气干燥时空气平衡含水率低 2%~3% 的干燥条件下开始人工干燥。在干燥过程中,还要

表4 法国窑干基准(材厚 ≤ 30 mm)^[8]
Tab. 4 The kiln-drying schedule for lumber in
France (Lumber thickness ≤ 30 mm)

基准号	含水率 阶段/%	干球温度 t/℃	干湿球温度差 Δt /℃	平衡含水率 EMC/%
3N	>50	60	3.5	14
	50~40	60	4.5	13
	40~30	60	5.5	12
	30~27	68	6	11
	27~24	68	7	10
	24~21	68	9	9
	21~18	70	11	7.5
	18~15	70	14	6.5
	15~12	70	19.5	5.5
	12以下	70	21.5	4.5
5N	>50	40	2	19
	50~40	40	2.5	17
	40~30	40	3	16
	30~27	45	3.5	15
	27~24	45	4	14
	24~21	45	5.5	12
	21~18	50	7.5	10
	18~15	50	11	8
	15~12	50	13	7
	12以下	50	15	6

适时根据观察到的干燥实际效果进行修正,首先考虑修正干球温度,而后改变干、湿球温度差。如果干燥条件过软应向上修正;条件过硬则向下修正。

3 干燥操作注意事项

(1)合理堆垛。堆垛直接影响木材的干燥质量和产量。因此,地板材干燥时应按一定的要求堆垛以充分利用窑的容积,并保证窑内气流合理循环,防止木材翘曲和端裂。地板锯材可采用轨车装堆,其干燥工艺规程按常规干燥工艺规程执行;地板毛料用叉车装堆,材堆规格尺寸应符合叉车装堆要求,毛料材堆要捆扎,材堆上下和左右平齐,要保证材堆平稳和各排间的通风道不堵塞,总宽度和总高度应与窑宽和窑高一致。应选用断面规格为25 mm $\times$ 30 mm(或40 mm)的刨光垫条,垫条间距约为0.4~0.5 m,上下各层垫条应在同一垂直线上,每个材堆的端部垫条应与材堆平齐。为防止上部板材的弯曲变形,材堆顶部应加压重物,一般加压500~800 kg/m²。

(2)采用含水率检验板。含水率检验板是用于检测干燥过程中木材含水率的试验板。含水率检验板是从被干木材中选取,不带树皮、不腐朽、无节疤、无裂纹、不含髓心,通常选取3~4块,含水率较高的弦切板2~3块,从距离板端300 mm处锯取。检验板的尺寸为:长度1~1.2 m,厚度与被干木材相同,宽度约等于被干木材的平均宽度,地板毛料干燥时可直接从湿毛料中选取。含水率检验板端涂后放在材堆中干燥

较慢部位,以其平均含水率控制干燥过程。干燥中检查木材内应力的发展时,用应力检验板锯取试验片来检查。应力检验板通常选取1~2块,放置材堆中干燥速度最快和适中的位置。如仅需检查干燥锯材残余应力时,可用含水率检验板锯取应力试验片来检查。

(3)按基准要求操作和及时进行三期处理。操作时,实际温度不应超过规定值 ± 2 ℃,干、湿球温差不超过规定值 ± 0.5 ℃;从基准一个阶段向另一个阶段过渡时应逐渐进行,还要定时观察锯材干燥中的实际状况(包括发生缺陷种类和程度、干燥速度等),适时对干燥基准进行修正,才能得到理想的效果。

(4)干燥过程结束需待窑内温度降到不高于大气温度30℃时方可出窑。出窑后按照GB/T 6491-1999《锯材干燥质量》对于干燥材的平均终含水率、材堆中不同部位木材终含水率与平均终含水率之间的偏差、锯材厚度上终含水率偏差、残余应力和可见干燥缺陷等指标进行质量检测。有特殊质量要求的,可按合同规定执行。

4 地板干燥材的保管

干燥材的保管主要有4种方式:①室外存放;②敞开式棚舍内存放;③密闭不加热的干板库内存放;④可调节平衡含水率的干板库内存放等。采用何种方式取决于存贮地的气候条件和保存时间。

保管地板干燥材最佳的方式是在密闭的和不加热的干板库内存放,即干燥材在干板库内实堆存放,堆基高度不小于30 cm,在气候较热、干燥的条件下,保存时间可较长些。对于气候变化大、阴雨和潮湿天气多,而且空气湿度大的地方,应在干板库内设加热和调湿装置,调节平衡含水率,以保证在保管过程中,窑干材的含水率不发生过度的变化。在室外或敞开的棚舍内存放干燥材,仅适用于干燥季节的临时存放,而存放时间过长,有可能因气候的变化引起木材含水率的变化。

参考文献:

- [1] 成俊卿. 木材学[M]. 北京:中国林业出版社,1985.
- [2] LY/T 1086-92,锯材窑干工艺规程[S].
- [3] Simpson W T. Dry Kiln Operator's Manual[J]. Forest Products Society, U. S. A., 1991.
- [4] Pratt G H. Timber Drying Manual[J]. Building Research Establishment Report, 1974.
- [5] 若利 P. 等. 木材干燥理论、实践和经济[M]. 宋闻译. 北京:中国林业出版社,1985.