

地板常用树种热处理材的平衡含水率

涂登云, 廖立, 苏晓华, 张振伟, 范文俊, 张婷婷

(华南农业大学林学院, 广东广州 510642)

摘要: 选择实木地板生产常用的 7 种木材, 分别经 190、200、210 °C 热处理 3 h, 再将试件置于不同温湿度环境中, 测定其平衡含水率, 得出热处理材平衡含水率和环境温度、相对湿度的线性回归方程。结果表明: 依据回归方程计算出的热处理试样平衡含水率, 与实测值非常接近, 有较高的可信度及实用价值。

关键词: 热处理木材; 温度; 相对湿度; 平衡含水率; 回归方程

中图分类号: TS652; TS67 文献标识码: B 文章编号: 1001-8654(2015)01-0038-04

Equilibrium Moisture Content of Heat-Treated Wood for Flooring

TU Deng-yun, LIAO Li, SU Xiao-hua, ZHANG Zhen-wei, FAN Wen-jun, ZHANG Ting-ting

(College of Forestry, South China Agriculture University, Guangzhou 510642, Guangdong, China)

木材长期置于温度和湿度变化较大的环境中, 易产生干缩湿胀, 制约了其使用范围, 影响木制品附加值的提高。为了解决上述问题, 国内外学者采用热处理对木材进行改性。近半个世纪以来, 芬兰、法国、荷兰和我国已形成了较成熟的热处理工艺, 并对热处理材的化学成分变化、物理力学性能、防腐性能、平衡含水率及尺寸稳定性均进行了系统研究^[1-7], 证实了热处理工艺可明显改善木材的干缩湿胀性, 提高木材的利用率。

通常, 热处理材的含水率均低于 5%, 热处理材在温湿度不稳定的环境中时, 亦会解吸吸湿, 产生干缩湿胀^[7]。因此, 在制成实木地板、实木家具等产品前, 需要对其进行含水率调整, 保证热处理材制品满足不同使用环境的含水率要求。

我国曾在 1963 年提出木材平衡含水率与空气温湿度之间的曲线回归方程, 制定了木材平衡含水率图表^[8], 用于指导生产中木材的含水率调整工艺。但目前尚无热处理木材的平衡含水率表, 亦未见提出热处理木材制品使用时的含水率指导值。

基于此, 笔者通过检测生产常用的 7 种实木地板树种热处理材的平衡含水率, 导出热处理材平衡含水率与环境温湿度的回归方程, 以期为企业合理选择木材热处理工艺, 提高产品质量, 扩大热处理材的应用领域, 提供参考和依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

选用 7 种实木地板坯料: ①硬槭木 (*Acer decandrum*), ②白蜡木 (*Fraxinus chinensis*), ③番龙眼 (*Pometia tomentosa*), ④纤皮玉蕊 (*Couratari oblongifolia*), ⑤栎木 (*Quercus fabri*), ⑥红橡 (*Quercus rubra*), ⑦圆盘豆 (*Chlorophora regia*)。

上述试材均为无明显缺陷的标准弦切板, 密度范围 0.49~0.83 g/cm³, 含水率 < 10%, 四面刨光后规格(纵向×径向×弦向)910 mm×120 mm×20 mm。每个树种 9 块试样, 每个处理温度 3 块试样。

1.2 试验装置

常压过热蒸汽窑式热处理设备; 电热鼓风机干燥箱; 恒温恒湿箱; 电子天平等。

1.3 试验方法

依据实际生产工艺设定热处理温度, 分别为

收稿日期: 2013-11-29; 修改日期: 2014-11-18

基金项目: 国家农业科技成果转化资金项目“速生材表层密实化增强技术中试与示范”(2012GB2C200180)。

作者简介: 涂登云(1976—), 男, 华南农业大学副教授。

190、200、210 °C, 每个树种各处理温度下 3 块试样。处理步骤如下:

1) 将试样置于干球温度($T_{干}$)=90 °C、湿球温度($T_{湿}$)=65 °C 条件下, 干燥至含水率 < 5%。

2) 以 15 °C/h 的升温速度, 分别将 $T_{干}$ 升至处理温度 190、200、210 °C, 保温 3 h, 升温过程中保持 $T_{湿}=100$ °C。

3) 降温过程仍需保持 $T_{湿}=100$ °C, $T_{干}$ 降至 110 °C 左右时关闭风机与加湿器; $T_{干}$ 继续降至 60 °C 左右, 将处理材取出。

1.4 平衡含水率(EMC)检测

从处理材上制取尺寸为 20 mm × 20 mm × 20 mm 的试件。各处理温度下, 每个树种的 EMC 试件均为 20 个。

考虑到热处理实木地板用户主要在长江流域地区, 以及实际生产中热处理材含水率调整工艺, 设定温度范围 30~75 °C, 相对湿度范围 50%~90%。

将试件烘至绝干, 测其质量; 设定环境温度分别为 30、45、60、75 °C; 每种温度下, 设定相对湿度分别为: 50%、60%、75%、90% 时, 将试件放置至质量达到恒定。根据 GB/T 1931-2009《木材含水率测定方法》测量试件质量, 依据公式(1)计算试件的 EMC。

$$EMC = (m_1 - m_0) / m_0 \times 100\% \quad (1)$$

式中: m_1 —试样在设定的温湿度条件下达到恒定时的质量, g; m_0 —试样的绝干质量, g。

2 结果与分析

2.1 热处理材平衡含水率的回归方程

在设定的温湿度条件下, 热处理材的平衡含水率计算结果列于表 1。

对表 1 中的数据进行回归分析, 得到 7 种热处理材在温度为 30~75 °C、相对湿度 50%~90% 范围内 EMC 的回归方程:

$$190 \text{ °C 热处理材: } Y_1 = 4.695261 - 0.049567t + 0.080363\varphi$$

$$200 \text{ °C 热处理材: } Y_2 = 4.783690 - 0.051060t + 0.079465\varphi$$

$$210 \text{ °C 热处理材: } Y_3 = 4.870292 - 0.057755t + 0.078201\varphi$$

式中: Y_1 、 Y_2 、 Y_3 —分别为 190、200、210 °C 热处理材的

表 1 不同环境温湿度下热处理材的平衡含水率

Tab. 1 Equilibrium moisture content (EMC) of heat-treated wood exposed to different temperatures and RH %

热处理温度/°C	相对湿度/%	$T_{干}/^{\circ}\text{C}$			
		30	45	60	75
190	90	10.77	9.70	8.81	8.23
200		10.62	9.67	8.78	8.08
210		10.43	9.33	8.40	7.43
190	75	9.44	8.00	7.82	6.85
200		9.55	7.91	7.70	6.81
210		9.33	7.68	7.33	6.26
190	60	7.96	7.26	6.62	5.93
200		8.02	7.17	6.56	5.87
210		7.90	6.83	6.21	5.33
190	50	7.15	6.36	5.86	5.14
200		7.14	6.28	5.80	5.08
210		6.81	5.97	5.48	4.70

注: 表中平衡含水率值为 7 种木材平衡含水率的平均值, 下同。

平衡含水率, %; t —环境温度, °C; φ —环境相对湿度, %。

运用 F 检验法分别对 3 个回归方程进行显著性检验, 结果见表 2。

表 2 热处理材平衡含水率的回归方程方差分析

Tab. 2 Variance of analysis of EMC regression equation for heat-treated wood

处理温度/°C	差异源	平方和 S	自由度 f	均方差 s	F 值	显著性
190	回归	34.7896	2	17.3948	424.5947	**
	残差	0.5326	13	0.0410		
	总和	35.3222	15			
200	回归	34.9387	2	17.4693	393.6001	**
	残差	0.5770	13	0.0444		
	总和	35.5157	15			
210	回归	37.4845	2	18.7422	363.9942	**
	残差	0.6694	13	0.0515		
	总和	38.1539	15			

注: $F_{0.01}(2, 13) = 6.70$ 。

表 2 显示, 3 个回归方程的 F 值均大于 $F_{0.01}$ 的值, 说明热处理材平衡含水率与环境温度、湿度之间有显著的线性关系, 该方程可用于推测环境温度在 30~75 °C、相对湿度 50%~90% 范围内时, 190、200、210 °C 热处理材的平衡含水率。

2.2 热处理材的平衡含水率表

依据回归方程, 计算出 190、200、210 °C 热处理材在环境温度 30~75 °C、相对湿度 50%~90% 范围内的平衡含水率值, 见表 3、4、5。

表3 190℃热处理材的平衡含水率

Tab. 3 EMC of wood heat-treated under 190℃ temperature %

T _干 /℃	相对湿度/%								
	50	55	60	65	70	75	80	85	90
30	7.2	7.6	8.0	8.4	8.8	9.2	9.6	10.0	10.4
32	7.1	7.5	7.9	8.3	8.7	9.1	9.5	9.9	10.3
34	7.0	7.4	7.8	8.2	8.6	9.0	9.4	9.8	10.2
36	6.9	7.3	7.7	8.1	8.5	8.9	9.3	9.7	10.1
38	6.8	7.2	7.6	8.0	8.4	8.8	9.2	9.6	10.0
40	6.7	7.1	7.5	7.9	8.3	8.7	9.1	9.5	9.9
42	6.6	7.0	7.4	7.8	8.2	8.6	9.0	9.4	9.8
44	6.5	6.9	7.3	7.7	8.1	8.5	8.9	9.3	9.7
46	6.4	6.8	7.2	7.6	8.0	8.4	8.8	9.2	9.6
48	6.3	6.7	7.1	7.5	7.9	8.3	8.7	9.1	9.5
50	6.2	6.6	7.0	7.4	7.8	8.2	8.6	9.0	9.4
52	6.1	6.5	6.9	7.3	7.7	8.1	8.5	8.9	9.4
54	6.0	6.4	6.8	7.2	7.6	8.0	8.4	8.8	9.3
56	5.9	6.3	6.7	7.1	7.5	7.9	8.3	8.8	9.2
58	5.8	6.2	6.6	7.0	7.4	7.8	8.2	8.7	9.1
60	5.7	6.1	6.5	6.9	7.3	7.7	8.2	8.6	9.0
62	5.6	6.0	6.4	6.8	7.2	7.6	8.1	8.5	8.9
64	5.5	5.9	6.3	6.7	7.1	7.6	8.0	8.4	8.8
66	5.4	5.8	6.2	6.6	7.0	7.5	7.9	8.3	8.7
68	5.3	5.7	6.1	6.5	7.0	7.4	7.8	8.2	8.6
70	5.2	5.6	6.0	6.4	6.9	7.3	7.7	8.1	8.5
72	5.1	5.5	5.9	6.4	6.8	7.2	7.6	8.0	8.4
74	5.0	5.4	5.8	6.3	6.7	7.1	7.5	7.9	8.3

表4 200℃热处理材的平衡含水率

Tab. 4 EMC of wood heat-treated under 200℃ temperature %

T _干 /℃	相对湿度/%								
	50	55	60	65	70	75	80	85	90
30	7.2	7.6	8.0	8.4	8.8	9.2	9.6	10.0	10.4
32	7.1	7.5	7.9	8.3	8.7	9.1	9.5	9.9	10.3
34	7.0	7.4	7.8	8.2	8.6	9.0	9.4	9.8	10.2
36	6.9	7.3	7.7	8.1	8.5	8.9	9.3	9.7	10.1
38	6.8	7.2	7.6	8.0	8.4	8.8	9.2	9.6	10.0
40	6.7	7.1	7.5	7.9	8.3	8.7	9.1	9.5	9.9
42	6.6	7.0	7.4	7.8	8.2	8.6	9.0	9.4	9.8
44	6.5	6.9	7.3	7.7	8.1	8.5	8.9	9.3	9.7
46	6.4	6.8	7.2	7.6	8.0	8.4	8.8	9.2	9.6
48	6.3	6.7	7.1	7.5	7.9	8.3	8.7	9.1	9.5
50	6.2	6.6	7.0	7.4	7.8	8.2	8.6	9.0	9.4
52	6.1	6.5	6.9	7.3	7.7	8.1	8.5	8.9	9.3
54	6.0	6.4	6.8	7.2	7.6	8.0	8.4	8.8	9.2
56	5.9	6.3	6.7	7.1	7.5	7.9	8.3	8.7	9.1
58	5.8	6.2	6.6	7.0	7.4	7.8	8.2	8.6	9.0
60	5.7	6.1	6.5	6.9	7.3	7.7	8.1	8.5	8.9
62	5.6	6.0	6.4	6.8	7.2	7.6	8.0	8.4	8.8
64	5.5	5.9	6.3	6.7	7.1	7.5	7.9	8.3	8.7
66	5.4	5.8	6.2	6.6	7.0	7.4	7.8	8.2	8.6
68	5.3	5.7	6.1	6.5	6.9	7.3	7.7	8.1	8.5
70	5.2	5.6	6.0	6.4	6.8	7.2	7.6	8.0	8.4
72	5.1	5.5	5.9	6.3	6.7	7.1	7.5	7.9	8.3
74	5.0	5.4	5.8	6.2	6.6	7.0	7.4	7.8	8.2

表5 210℃热处理材的平衡含水率

Tab. 5 EMC of wood heat-treated under 210℃ temperature %

T _干 /℃	相对湿度/%								
	50	55	60	65	70	75	80	85	90
30	7.0	7.4	7.8	8.2	8.6	9.0	9.4	9.8	10.2
32	6.9	7.3	7.7	8.1	8.5	8.9	9.3	9.7	10.1
34	6.8	7.2	7.6	8.0	8.4	8.8	9.2	9.6	9.9
36	6.7	7.1	7.5	7.9	8.3	8.7	9.0	9.4	9.8
38	6.6	7.0	7.4	7.8	8.1	8.5	8.9	9.3	9.7
40	6.5	6.9	7.3	7.6	8.0	8.4	8.8	9.2	9.6
42	6.4	6.7	7.1	7.5	7.9	8.3	8.7	9.1	9.5
44	6.2	6.6	7.0	7.4	7.8	8.2	8.6	9.0	9.4
46	6.1	6.5	6.9	7.3	7.7	8.1	8.5	8.9	9.3
48	6.0	6.4	6.8	7.2	7.6	8.0	8.4	8.7	9.1
50	5.9	6.3	6.7	7.1	7.5	7.8	8.2	8.6	9.0
52	5.8	6.2	6.6	7.0	7.3	7.7	8.1	8.5	8.9
54	5.7	6.1	6.4	6.8	7.2	7.6	8.0	8.4	8.8
56	5.5	5.9	6.3	6.7	7.1	7.5	7.9	8.3	8.7
58	5.4	5.8	6.2	6.6	7.0	7.4	7.8	8.2	8.6
60	5.3	5.7	6.1	6.5	6.9	7.3	7.7	8.1	8.4
62	5.2	5.6	6.0	6.4	6.8	7.2	7.5	7.9	8.3
64	5.1	5.5	5.9	6.3	6.6	7.0	7.4	7.8	8.2
66	5.0	5.4	5.8	6.1	6.5	6.9	7.3	7.7	8.1
68	4.9	5.2	5.6	6.0	6.4	6.8	7.2	7.6	8.0
70	4.7	5.1	5.5	5.9	6.3	6.7	7.1	7.5	7.9
72	4.6	5.0	5.4	5.8	6.2	6.6	7.0	7.4	7.8
74	4.5	4.9	5.3	5.7	6.1	6.5	6.9	7.2	7.6

普通木材具有吸湿滞后性,解吸后的 EMC 均高于吸湿得到的 EMC,二者差值最大可达 5%^[7]。但热处理材的含水率很低,其 EMC 通常是吸湿平衡含水率。

依据回归方程推,测出的 3 种温度下热处理材的 EMC 数值非常接近,尤其是 190℃ 与 200℃ 热处理材的 EMC。

随着环境温度的降低和相对湿度的升高,木材 EMC 相应升高。在 T_干 不变的前提下,相对湿度每升高 5%,木材的 EMC 提高约 0.4%;而如果相对湿度不变,T_干 每升高 2℃,推测的 EMC 下降约 0.1%。实际生产中,在 45~55℃、相对湿度 85%~90% 的环境中对热处理材进行含水率调控为宜。

对 7 个树种 EMC 实测值与计算值的对比可知,实测值与计算值之差基本在 ±0.75% 范围内,只有 190℃ 处理的番龙眼和 200℃ 处理的红橡,EMC 实测值与计算值相差略大。由此可见,依据回归方程得出的计算值可以真实地反映 3 种温度热处理材的平衡含水率。

在 7 种木材中,190℃ 处理的番龙眼和 200℃ 处

理的红橡,计算值比实测值分别偏低约 1%和偏高约 0.80%。生产中,番龙眼 EMC 设定可在平衡含水率表中数值的基础上,增加 1%;而红橡可参照表中数值,再降低 0.80%,以获得更准确的平衡含水率。

3 结论

1) 通过测量 7 种地板常用树种热处理材在不同温度、湿度环境中的平衡含水率,得到热处理材的平衡含水率和环境温度、相对湿度的线性回归方程。

2) 依据回归方程计算出的 190、200、210 °C 3 种温度热处理材在环境温度 30~75 °C、相对湿度 50%~90%范围内的平衡含水率,与实测值非常接近,得出的平衡含水率表有较高可信度及实用性。

3) 从生产节能和含水率调整效果考虑,建议实际生产中,选择在 45~55 °C、相对湿度 85%~90%的范围内,进行热处理地板用材含水率的调控。

参考文献:

[1] Kortelainen S M, Antikainen T, Viitaniemi P. The water absorption

of sapwood and heartwood of Scots pine and Norwayspruce heat-treated at 170, 190, 210 and 230 °C [J]. Holz als Roh-und Werkstoff, 2006, 64(3): 192-197.

[2] Nguila I G, Petrissans M, Gerardin P. Chemical reactivity of heat-treated wood[J]. Wood Science and Technology, 2007, 41(2): 157-168.

[3] Repellin V, Guyonnet R. Evaluation of heat treated wood swelling by differential scanning calorimetry in relation with chemical composition[J]. Holzforschung, 2005, 59(1): 28-34.

[4] Shi J L, Kocaefe D, and Zhang J. Mechanical behaviour of Quebec wood species heat-treated using thermo wood process[J]. Holz als Roh-und Werkstoff, 2007, 65(4): 255-259.

[5] 李贤军,傅峰,蔡智勇,等. 高温热处理对木材吸湿性和尺寸稳定性的影响[J]. 中南林业科技大学学报, 2010, 30(6): 92-96.

[6] Zhou Q F, Tu D Y, Liao L, et al. Variation of equilibrium moisture content of heat-treated *Couratari oblongifolia*, *Fraxinus excelsior*, and *Quercus rubra* wood[J]. Bio Resources, 2013, 8(1): 182-188.

[7] 涂登云,王明俊,顾炼百,等. 超高温热处理对水曲柳板材尺寸稳定性的影响[J]. 南京林业大学学报(自然科学版). 2010, 34(3): 113-116.

[8] 顾炼百. 木材加工工艺学[M]. 北京: 中国林业出版社, 2003: 149-152. (责任编辑 张一萍)



2014 年 1—10 月广东家具出口情况

据海关统计,2014 年 1—10 月,广东省企业出口家具及其零件(统称“家具”)972.8 亿元,同比增长 14.5%。其中 10 月份的家具出口为 97.7 亿元,同比下降 6.7%,环比下降 7.2%。

广东家具出口主要特点:

1) 一般贸易、加工贸易出口值的同比均下降。10 月份,以一般贸易方式出口家具 81.7 亿元,同比下降 5.7%,占同期广东家具出口总额的 83.6%;以加工贸易方式出口 13.7 亿元,同比下降 15.5%,占出口总值的 14%。

2) 民营企业出口占比超过 60%。10 月,民营企业出口家具 59.9 亿元,占同期广东家具出口总值的 61.3%;外商投资企业出口 32.4 亿元,同比下降 8.9%,占出口总值的 33.2%;国有企业出口 5.4 亿元,同比下降 17.2%,占出口总值的 5.5%。

3) 对主要出口市场的出口值同比均有下降。10 月,对美国出口 31.2 亿元,同比下降 6.4%;对欧盟

出口 14.4 亿元,同比下降 8.6%;对东盟出口 8.4 亿元,同比下降 37.2%。上述 3 个市场出口额合计占出口总值的 55.2%。

广东家具出口值得关注的问题:

1) 国际家具市场的竞争日益激烈。越南、泰国、马来西亚、印尼等国既拥有低廉劳动力,又拥有良好森林资源,通过引入外资和自我发展积累,已经成为我国家具出口企业的有力竞争对手。

2) 家具出口面临多项技术检验程序。欧美发达国家的消费者更加关注资源、环境问题,目前,德国已制定了 138 个家具标准,法国制定了 40 个家具标准,英国制定了 153 个家具标准。出口目的国检测项目的增加,大大提高了家具出口企业的成本。

3) 企业利润空间缩小。近年来,用工成本和原材料价格的大幅上涨,以及人民币升值预期短期难以消退,使企业出口家具的利润空间进一步缩小。

张一萍摘编