

改性白桦小径木横截片干燥特性的研究

王喜明 高志悦 安珍 孟立平

摘要 本文比较了白桦小径木横截片经尿素和脲醛树脂改性后的干缩特性的差异。进而研究了横截片的干燥特性、横截片应力的测试方法和水分传导基本规律。

关键词 白桦; 横截片; 干燥特性; 改性

Study on Drying Characteristics of Small Diameter Birch Discs Modified with Urea and UF Resin

Wang Ximing Gao Zhiyue An Zhen Meng Liping

(Inner Mongolia Forestry College, Huhehot City 010019)

Abstract In this paper, the difference of shrinkage properties of small diameter birch discs was compared under 3 conditions, such as modified with urea, with UF resin and without any treatment. The drying properties of these discs, measuring methods for discs stress, and basic principles of water transmission were studied.

Keywords Birch; Wood disc; Drying properties; Modification

随着我国森林资源结构的变化,小径木的利用已受到人们的高度重视。近几年木材工业科技工作者们在小径木的利用方面进行了大量的研究工作,先后研究了小径木胶合板^[1]、小径木制材^[2]、小径木地板块、小径木层积材、小径木立木地板块^[3]等的生产工艺。部分研究成果已在生产中推广应用,如小径木立木地板块已成为市场上的紧俏产品,且已形成规模化生产,并有专用生产设备投放市场。因小径木立木地板块图案明快、逼真、立体感强、耐磨、成本低、生产工艺简单,在国内外具有很大的经销市场,曾一度供不应求。但在几年的生产实践和使用中,出现了一些问题,如废品率高,成品易变形开裂等,使一度热起来的立木地板块生产渐渐萧条了下来。究其原因,主要是立木的特性与普通锯材不同。传统上人们对木材的利用,除直接使用原木外,大多基于木材纵向长度远远大于弦、径向的板方材。因此,对木材物理力学性能的研究也主要是基于这种板方材,而对于纵向长度很小的木材横截片的物理力学特性却很少研究。鉴于小径木立木地板块生产中出现的主要问题是开裂,因此应首先研究其防裂和干燥技术。根据王喜明

等^[4]对白桦材改性及干燥技术的研究结果,认为由于白桦木材中隐生节多,弦径向干缩系数比大,尺寸稳定性差,采用尿素处理和脲醛树脂处理可以改善其尺寸稳定性,防止木材发生变形和开裂。本文主要研究经尿素和脲醛树脂改性后白桦小径木横截片的干燥特性和水分传导特性,进而为白桦小径木地板块生产提供了必要的理论依据。

1 试验材料、方法和设备

全部试验材料采自内蒙古大兴安岭阿龙山林业局,林分为落叶松、白桦混交林,树龄 20 年,胸径 14 cm,横截成厚度为 10 mm、15 mm、20 mm 的横截片,浸泡在水中待用,最初含水率为 107.5%。

将各种厚度横截片的 1/3 用尿素溶液处理,处理条件是:浸渍液浓度 15%,温度 50℃,常压浸渍 24 小时,浸入溶液深度为 25 cm;1/3 截片用脲醛树脂溶液处理,条件是:胶液固体含量为 15%,温度为 50℃,常压浸 24 小时,浸入溶液深度为 25 cm,处理后的横截片待用。其余 1/3 不处理,作对照。

横截片干缩率的测定采用在横截面上钉大头针的方法,用游标卡尺测量尺寸,应力的测试按自行设计的方法,详见试验结果分析,其余按国标进行。

收稿日期 1997-04-03

* 本文作者分别是内蒙古林业学院副教授、教授、副教授、助理工程师,呼和浩特市 010019

2 试验结果

按国标规定的方法对横截片的干缩率进行测定,因温度高、湿度低、干燥条件较强烈,横截片均出现了不同程度的开裂,无法取得测量结果。故选择了如下三种干燥条件,具体干燥基准见表 1。

表 1 干燥基准表

Tab. 1 Drying schedule table

条 件	$t_c(^{\circ}\text{C})$	$t_m(^{\circ}\text{C})$	气流速度 $v(\text{m/s})$
烘箱内烘干	40	21~34	0.5
太阳下干燥(晒干)	12~27	10~14	1~1.5
阴凉处干燥(阴干)	18~26	12~15	0

注: t_c —干球温度 t_m —湿球温度

表 2 干燥时间与干燥速度统计表

Tab. 2 Statistic table of drying time and drying speed

板厚 (mm)	干燥 条件	初含水率(%)			终含水率(%)			干燥时间(h)			干燥速度(%/h)		
		1 **	2 **	3 **	1	2	3	1	2	3	1	2	3
20	I	122	104		11.0	7.0		40.5	80.0		2.74	3.24	
	II	115			7.0			44.0			2.45		
	III	103		102	8.0		9.0	102.0		72.0	0.93		1.29
15	I	109		92	5.0		5.4	30.5		30.0	3.41		2.62
	II	96	111	98.5	3.4	10.0	7.6	34.0	28.0	24.0	2.72	3.61	3.78
	III	107	102		9.2	8.0		79.0	55.0		1.24	1.71	
10	I	116	91	96.0	9.2	11.0	5.3	27.5	18.0	28.0	3.88	4.44	3.20
	II	102		110	4.0		12.0	34.0		20.0	2.88		4.90
	III	130	120		11.0	7.6		70.5	47.0		1.69	2.39	

* 干燥条件 I、II、III 分别代表烘干、晒干、阴干; ** 1、2、3 分别代表对照材、脲醛树脂改性材、尿素改性材, 余同。

表 3 不同干燥条件下各种横截片的干缩率值

Tab. 3 Shrinkage of discs under different drying conditions

厚度 (mm)	部位	方向	对照材			尿素改性材			脲醛树脂改性材		
			I	II	III	I	II	III	I	II	III
10	心材	弦向	6.03	6.43	6.22	5.64	5.78		5.51		5.28
		径向	5.01	5.21	5.12	4.73	4.90		4.28		4.31
	边材	弦向	6.21	6.51	6.32	5.78	5.81		5.38		5.31
		径向	4.98	5.37	5.24	4.88	5.10		4.31		4.29
15	心材	弦向	5.98	6.02	6.17	5.54	5.71			5.31	5.29
		径向	4.73	4.98	5.02	4.61	4.68			4.42	4.30
	边材	弦向	6.54	6.31	5.98	5.56	5.82			5.40	5.22
		径向	5.32	5.21	4.87	4.72	4.91			4.51	4.18
20	心材	弦向	5.98	6.01	5.97			5.56	5.32		
		径向	4.63	5.01	4.68			4.61	4.45		
	边材	弦向	6.41	6.42	6.01			5.62	5.38		
		径向	5.12	5.22	5.02			4.62	4.53		

2.4 横截片的可见缺陷见表 4。

3 试验结果分析

3.1 横截片的干缩特性

从测试结果可知,横截片在试验范围内干缩率与材料厚度和干燥条件无明显关系。但弦向干缩率明显小于普通锯材的干缩率,径向干缩率大于普通锯材的干缩率,弦径向干缩率之比又小于普通锯材。横截

2.1 白桦横截片对照材、尿素改性材、脲醛树脂改性材分不同厚度规格的干燥时间和干燥速度见表 2。

由表 2 可见,随着温度的增加、板材厚度的减少,干燥速度增加,此点和普通锯材的干燥特性相同;白桦小径材横截片经改性处理后,干燥速度有不同程度的提高。

2.2 对照材和两种改性材干缩率测定结果见表 3,横截片最终含水率见表 2。

2.3 根据在不同时间横截片的含水率值所绘制的干燥曲线见图 1、图 2。

片的上述干缩性导致其在干缩过程中容易产生径裂。其中脲醛树脂改性材的干缩率小于尿素溶液处理材的干缩率,尿素溶液处理材的干缩率小于对照材的干缩率,可见改性效果较为明显。白桦普通锯材与横截片干缩特性的比较见表 5。

3.2 干燥应力及其测试方法

普通锯材干燥过程中产生干燥应力的主要原因是木材干缩的各向异性和含水率梯度,但对于横截片

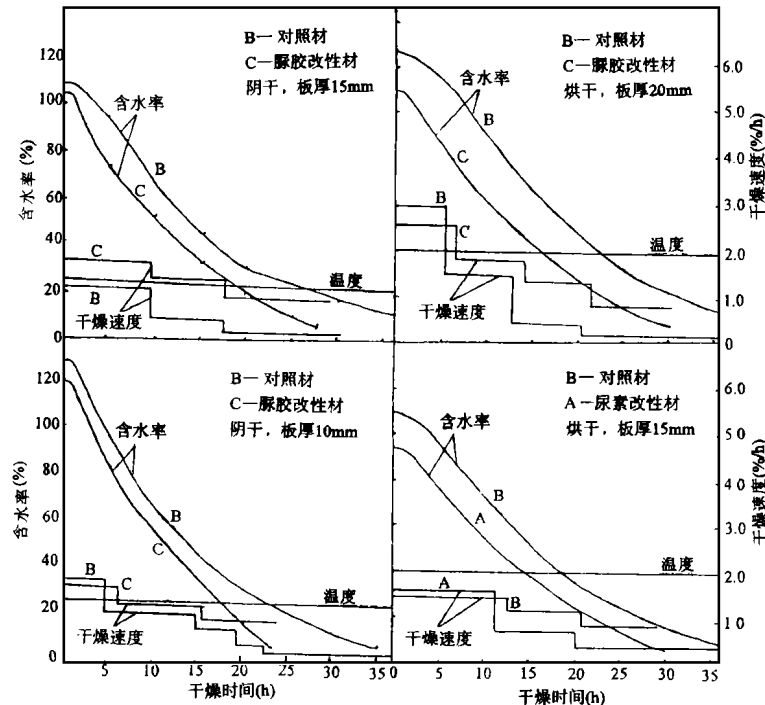


图 1 干燥曲线
Fig. 1 Drying curve

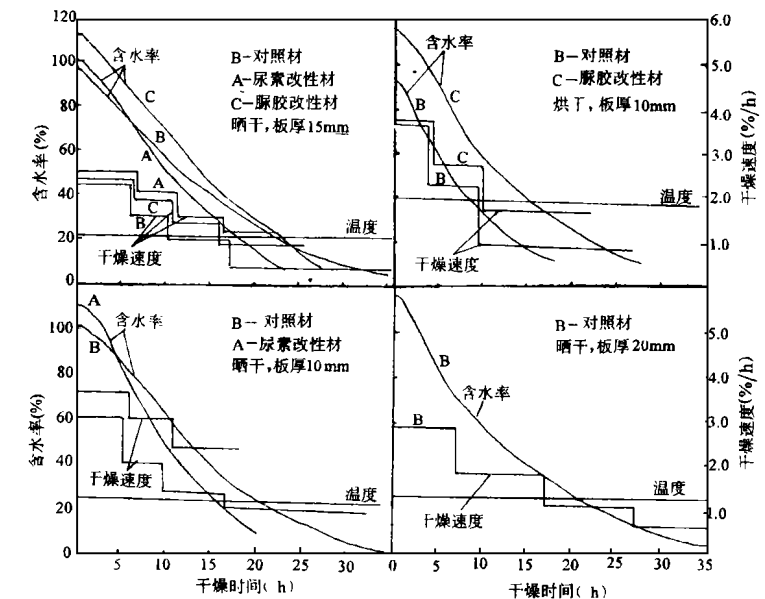


图 2 干燥曲线
Fig. 2 Drying curve

来说, 由于木材中的水分大多是通过木材横断面蒸发, 即水分传导大多是从纵向沿着大毛细管系统, 其传导速度是横向的 14 倍。因此, 在干燥过程中很难形成含水率梯度, 干燥应力主要是由于弦径向收缩不一致而引起, 而且随着含水率的不断减少, 干燥应力不断增加。

弹性应力 由于木材是一种有机高分子化合物, 具有很强的粘弹性, 当木材干燥时, 因弦向干缩率大于径向干缩率, 便产生了应力,

表 4 可见缺陷统计表

Tab. 4 Statistics table of visible defects										
厚度 (mm)	干燥 条件	径裂 (mm)			轮裂 (mm)			边裂 (mm)		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3
10	I	35	8							
	II				60					
	III			15				5		
15	I				120					5
	II	10								
	III	10								
20	I		17					10		
	II	10			90					
	III									

注: 径裂—横截片表面径向裂纹; 轮裂—横截片表面沿年轮方向的裂纹; 边裂—横截片周边的裂纹。其余同表 2。

表 5 白桦锯材与横截片干缩特性

Tab. 5 Shrinkage coefficient of birch lumber and disc			
种 类	弦向干缩 系数(%)	径向干缩 系数(%)	比 值
锯 材	0.308	0.227	1.36
横截片	0.285	0.243	1.17

注: 锯材的干缩系数值摘自《中国主要树种的木材物理力学性质》, 中国林业出版社, 1982

使弦向受拉, 径向受压。由于木材的横纹抗拉强度小于抗压强度, 即在受同样大小应力的作用下, 木材首先发生径裂。

根据木材的蠕变特性, 当横截片干燥时, 弦向受拉伸应力产生拉伸应变, 若木材干燥速度快, 横截片内的应力很快达到最大, 木材很快发生开裂, 若木材干燥速度慢, 应力持续时间长, 拉伸应变相对大, 则木材不容易开裂。实践证明, 当木材干燥速度快时, 木材易发生开裂。

残余应力 在热湿作用下, 由于弹性应力的持续作用而产生的应力, 不会随着弦径向干缩趋于一致而消失, 此应力影响横截片的干燥质量。

应力的测试方法见图 3, 用游标卡尺测量两豁口间距离, 分别为 h_1 和 h_2 , 应力值 σ 为:

$$\sigma = \frac{h_1 + h_2 - 20}{3.14D} \times 100\%$$

应力分析 以 15 mm 厚白桦横截片为试样, 在干燥条件为温度 12℃~14℃, 湿度 40%~50% 的大气下, 测定其干燥过程中的应力。

根据对白桦小径木横截片对照材测定结果绘制了应力图(图 4), 其余两种

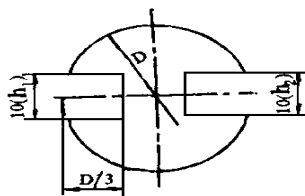


图 3 应力试片

Fig. 3 Stress test specimen

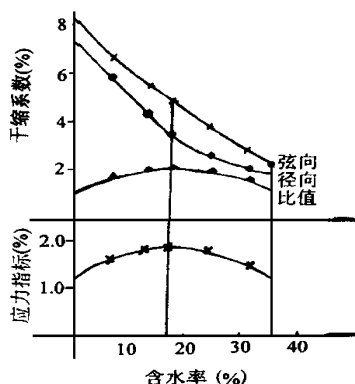


图 4 应力变化曲线

Fig. 4 Stress curve

改性材的干燥应力均小于对照材。

由图 4 可见，白桦横截片在含水率 15%~20% 时，其弦径向干缩系数之比为最大 (1.98)，此时的应力指标亦同时达到最大 2.15%。这一事实进一步说明弦径向干缩系数之比是干燥应力的直接影响因素。

3.3 水分传导基本规律初探

木材中水分传导的主要途径有三种^[5]，即由细胞腔组成的大毛细管系统；由细胞间隙组成的微毛细管系统；由上述两系统组成的混合系统。普通锯材干燥时，水分传导主要是横跨纤维方向进行，水分大多是沿着混合途径移动。但对横截片而言，水分则大多是顺纤维方向，沿着大毛细管系统传导，其传导的速度约为横跨纤维方向的 14 倍。^[6]

3.3.1 木材表面的水分扩散 若横截片表面的含水率不同于周围介质的平衡含水率，则在横截片的表面有湿交换发生。与水分表面直接接触的空气层通常为水分所饱和，当空气层的水蒸气分压大于周围空气的水蒸气分压，结果产生蒸汽扩散，其蒸发强度遵循道尔顿公式，即水分蒸发量

$$i = D(P_{\text{表}} - P_{\text{空}})$$

式中： $P_{\text{表}}$ —木材表面的水蒸气分压 (Pa)；

$P_{\text{空}}$ —周围介质的水蒸气分压 (Pa)；

D —蒸发系数。

回归分析结果表明，材料表面的蒸汽分压是含水率的单值函数。因此上式可改写为：

$$i = ar_o(W_{\text{表}} - W_{\text{空}})$$

式中： a —为换水系数；

r_o —横截片的容重 (g/cm^3)；

$W_{\text{表}}$ —材料表面含水率 (%)；

$W_{\text{空}}$ —周围介质含水率 (%)。

3.3.2 横截片内部的水分传导 横截片内部的水分传导分自由水蒸发与吸着水蒸发两个阶段。

当木材内的含水率大于纤维饱和点时为自由水蒸发阶段，木材表面的水分象自由表面的水分向空气中蒸发一样。当表面自由水蒸发完毕后，内部的自由水在静水压力的作用下沿着细胞腔移至木材表面，其移动量 i_1 用下式表达：

$$i_1 = B(P_{\text{内}} - P_{\text{表}})$$

式中： $P_{\text{内}}$ —木材内的静水压力 (Pa)；

$P_{\text{表}}$ —木材表面的静水压力 (Pa)；

B —水分移动系数。

木材内的静水压力与含水率有关，一般情况下为单值函数关系，故上式可写为：

$$i_1 = \alpha r_o(W_{\text{内}} - W_{\text{表}})$$

式中： i_1 —自由水移动量；

$W_{\text{内}}$ —木材内部的含水率 (%)；

$W_{\text{表}}$ —木材表面的含水率 (%)；

α —扩散系数。

自由水蒸发完毕后，即开始吸着水扩散阶段，细胞壁内的吸着水在水蒸气分压的作用下向木材表面移动，且遵循如下方程式：

$$i_2 = \alpha r_o(a_w/a_x + \delta \times a_t/a_x)$$

式中： i_2 —结合水移动量；

a_w/a_x —含水率梯度；

a_t/a_x —温度梯度；

δ —热湿转移系数 ($1/^\circ\text{C}$)。

此方程式与普通锯材干燥时水分移动方程式相一致，只是给水系数一项略有不同，横截片的给水系数大于普通锯材的给水系数。综观上述三个方程式，可见含水率是横截片内水分移动的转移态势，含水率差值越大，水分移动速度越大。换水系数、扩散系数与木材性质、木材表面状态、气流循环速度、介质温度等因素有关。一般材料表面越光滑、介质温度越高、气流循环速度越大、换水系数和扩散系数越大，水分蒸发速度越快。

(下转第 25 页)

一般采用宽带式砂光机砂光。

4 产品质量控制

4.1 原料控制

4.1.1 木材品质 当木材含水率低于40%时,刨花形态较差,厚度偏差大,筛余量大。同时对刨刀损坏较严重,电流超负荷,引起自动停止进料;但当木材含水率高于 90 %时纤维细短。上述情况都会影响刨花质量,使板材出现边部毛糙,层理结构疏松,强度差。适宜的木材含水率在 60%~70%,树皮含量<2%。

4.1.2 石膏质量 近两年来,生产中使用不同性能、不同质量的石膏粉,引起生产工艺控制方面出现许多问题,产品质量得不到保证。石膏粉必须进行 7~15 天陈化,以使质量稳定,杜绝使用热石膏粉。

4.2 配方

必需选用较为适宜的配方。木膏比过低或过高都会对成品带来不利的影响,要根据各厂实际情况,经过反复试验,确定适宜的配方。

4.3 铺装

石膏刨花板,由于在板坯加压时几十张板坯一起同时加压,如果铺装不均匀,除造成一张板内不均匀外,板与板之间将造成严重的厚度偏差。要获得良好的铺装质量,首先混合料要进行准确的定量。同时应避免垫板的变形和翘曲,保证板材的平整度。

目前生产中发生的铺装不均匀,造成厚度偏差大,应适当考虑设备的改造。

防止粘板现象是重要的。粘板的主要原因是:石膏水化不好;石膏粉的贮存时间过长;气温低时,因脱模剂的粘度较大,在喷淋时分散不均匀。因此必需使用质量合格、稳定的石膏粉,石膏贮存时间不应过长,在气温低时,使用的脱模剂应加热。

5 产品的应用

石膏刨花板兼有石膏和木材两种材料的性能。如石膏刨花板既具有木材那样可锯、刨、钻、铣、钉等可加工性,又具有象石膏那样良好的阻燃性和小的吸水厚度膨胀率。表 6 所列是一些建筑业中常用板材性能的比较。

表 6 几种建筑用板材的性能
Tab. 6 Properties comparison among different building panels

性 能	石膏刨花板	纸面石膏板	石膏纤维板	水泥刨花板	合成树脂刨花板
密度(kg/ m ³)	1 100~1 200	800~900	1 100~1 200	1 100~1 300	650~750
静曲强度(MPa)	6~10	3~8	5~7	9~15	12~24
弹性模量(MPa)	2 000~3 500	2 000~4 000	2 500~3 500	3 000~6 000	2 000~3 500
内结合强度(MPa)	0.3~0.6	0.2~0.3	0.3~0.5	0.4~0.7	0.5~1.0
吸水厚度膨胀率(2h, %)	3	3	3	1	8
线性伸长系数(20 ℃; 30%~85%)	0.05~0.07	0.03~0.04	0.03~0.05	0.3~0.5	0.3~0.5

石膏刨花板主要用作墙体材料,表面需要涂刷墙体涂料。在某些场合,为了提高墙面装饰档次,在石膏刨花板的表面进行深加工,如覆贴刨切薄木、三聚氰胺浸渍纸和 PVC 薄膜等。在饰面之前,石膏刨花板的表面必须先进行砂光,使板的厚度偏差在

±0.2 mm以内。

目前石膏刨花板主要用作间隔墙。要扩大石膏刨花板在墙体材料中的应用,首先要能够生产出高质量的产品,还应制订出使用石膏刨花板的建筑规范。

(上接第 17 页)

4 结论

白桦小径材横截片具有和普通锯材完全不同的水分传导特性,从研究的干燥特性上看,其弦径向干缩系数之比小,弦向干缩系数小,故应力形成的原因、水分传导的性质均与普通锯材不同。试验中采用的应力测试方法可快速测定试验片的应力;干燥过程中水分传导遵循道尔顿定律和裴克定律;应力的种类分为弹性应力和残余应力。对白桦小径木横截片进行改性处理,可改善其干燥特性,使其干燥速度增加,干

缩率减少。因脲醛树脂改性成本较高,建议使用尿素溶液改性。

5 参考文献

1 许国强.小径原木生产胶合板的几个工艺技术问题.木材加工机械,1993,3
2 张连起等.关于小径木制材工艺的探讨.木材工业,1993,7(4):33~35
3 王喜明.东北四种阔叶树小径木干燥工艺的研究.东北林业大学硕士论文,1988
4 王喜明等.白桦材尿素改性前后干燥特性的研究.木材工业,1993,7(1):25~29
5 朱政贤主编.木材干燥.中国林业出版社,北京,1992
6 Kollmann F F P. The Principal of Wood Science and Technology. 1963