

白桦材尿素改性前后干燥特性的研究

王喜明 高志悦

(内蒙古林学院 呼和浩特 010019)

摘要 对白桦材尿素改性前后的干缩性和干燥特性的研究表明, 尿素改性材的干燥特性明显好于素材和水煮改性材, 干燥速度快, 干燥质量好。并探讨了尿素改善白桦材干燥特性的机理。

关键词 白桦; 干燥特性; 尿素改性; 水煮改性; 木材改性

白桦 (*Betula platyphylla*) 材色白黄洁净, 力学强度中等, 材质均匀, 加工性能良好, 本该是制作家具的优质材料。但因其干缩系数较大, 弦径向干缩系数比大, 且心边材干缩不均匀, 木材内隐生节多, 所以在干燥过程中极易发生翘曲、侧弯、弓弯和开裂等。制成成品后, 在使用过程中尺寸不稳定。因此使用价值较低, 属次等木材。为了改善白桦材的上述不良特性, 增强其尺寸稳定性, 我们用尿素溶液及水煮对白桦材进行改性处理, 并用抗收缩率评估改性效果。试验结果表明: 厚25mm的白桦板材在浓度为1.5%、温度为85℃的尿素溶液中处理36小时, 其抗收缩率为42.6%, 在温度为85℃的水中处理24小时, 其抗收缩率为10%。为了进一步检验改性效果, 我们又对白桦素材、水素材及尿素改性材的干燥特性进行了试验研究。结果表明: 尿素改性材的干燥特性好于水素材, 水素材的干燥特性又明显好于素材, 表现在干燥质量好, 干燥速度快。

试验材料、设备和方法

全部试材采自内蒙古自治区根河林业局潮查林场, 林分为落叶松白桦混交林, 平均树龄106年, 平均胸径30.47mm。白桦原木陆运到呼和浩特市, 在院实习工厂加工成板材后, 实积堆放于干燥实验室, 且用塑料薄

膜包裹, 并定期喷水, 以防水分散失太快, 影响其最初含水率。试验板材规格为长600mm×宽120mm×厚25mm, 板材端头用铝箔贴封, 以待使用, 试材条件见表1。

表1 试材条件

基准号	材种	规格 长×宽×厚 (mm)	原木 径级 (cm)	板材 数量 (块)	初含水率 (%)
I	素材	600×120×25	39	15	32.4
	水煮改性材	600×120×25	39	15	32.96
	尿素改性材	600×120×25	39	18	33.2
II	素材	600×120×25	39	15	48.3
	水煮改性材	600×120×25	39	15	57.8
	尿素改性材	600×120×25	39	18	68.86
III	素材	600×120×25	39	15	47.98
	水煮改性材	600×120×25	39	15	59.60
	尿素改性材	600×120×25	39	18	67.36

所用的小型干燥试验机, 是由烘箱改造而成, 采用电加热, 机内风速达1.2m/s, 干燥机内的湿度由干湿球温度计测定, 采用喷凉水法调节机内湿度。干燥工艺试验共计进行九次, 每个基准进行三次。每次试验均将素材、水煮改性材和尿素改性材放在同一基准中进行, 且等量均匀放置。

每次试验均对试材进行质量统计, 测定试材的可见缺陷, 最终含水率, 厚度上含水率偏差, 内应力等指标。选取6块检验板: 3块含水率检验板(1块素材, 1块水煮改性材, 1块尿素改性材), 3块应力检验板

收稿日期 1991-10-31

(1块素材, 1块水煮改性材, 1块尿素改性材)。检验板要求纹理通直, 材质较好, 材面不得有裂纹、腐朽和节疤。检验板在干燥过程中每5小时称量一次。

试材的最初、最终和分层含水率及应力试片的锯制和测定均按GB 6491-86《锯材干燥质量》^[1]进行。锯材室干干缩率的测定采用在木材表面钉大头针的方法, 此法可严格控制测点位置, 使测试数据准确, 干缩率的测定按文献^[2]规定的方法进行。

2 试验结果分析

2.1 工艺试验共计进行九次, 选用三个干燥基准, 每个基准进行三次。第一基准选用光华木材厂白桦板材干燥基准, 第二基准是在第一基准的基础上, 根据试验结果进行修正, 第三基准继续修改第二干燥基准, 第三干燥基准见表2。

2.2 九次干燥试验的时间及干燥速度见表

表2 干燥试验基准				
含水率(%)	t _e (℃)	t _m (℃)	湿度(%)	备注
>40	72	63	66	中期处理2小时
40~30	80	66	54	
30~20	88	69	44	
20以下	96	66	28	
平衡处理	96	94	95	2小时

快, 其次为水煮材, 素材的干燥速度最小。第三基准试验, 尿素改性材的干燥速度平均为0.90%/h, 水煮材干燥速度为0.78%/h, 素材的干燥速度为0.65%/h。

2.3 第七次试验的干燥曲线见图1。

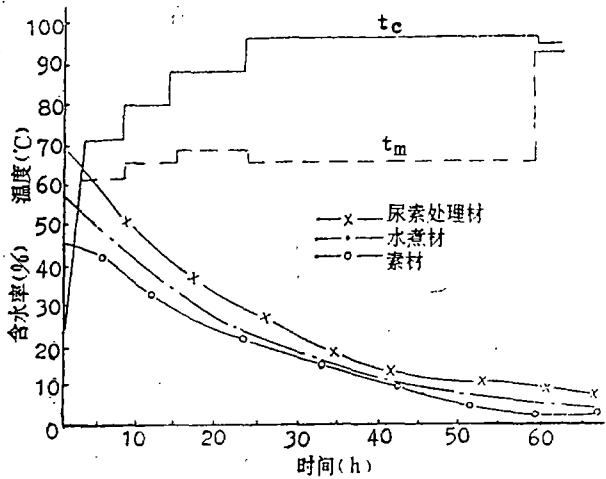


图1 第七次试验的干燥曲线

3, 表中可见尿素改性材的干燥速度最图中可见, 在整个干燥过程中尿素改性材的干燥速度大于水煮改性材, 水煮改性材的干燥速度又大于素材。经对干燥过程中应力指标的测试, 素材含水率在37%左右时, 表层拉应力达到最大值(4.0%), 含水率在7%左右时内层拉应力达到最大值(5.3%); 尿素改性材在含水率32.6%左右时, 表层拉

表3 干燥时间与干燥速度统计表

试验号	初含水率(%)			终含水率(%)			干燥时间(h)			干燥速度(%/h)											
	素 材	尿 素 材	水 煮 材	素 材	尿 素 材	水 煮 材	素 材	尿 素 材	水 煮 材	>30%			30%~20%			<20%			平均		
										素 材	尿 素 材	水 煮 材	素 材	尿 素 材	水 煮 材	素 材	尿 素 材	水 煮 材	素 材	尿 素 材	水 煮 材
1	13.19	12.54	14.36	5.42	5.02	6.68	32	32	32							0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24
2	42.36	45.26	43.42	12.20	6.40	10.30	58	58	58	0.89	1.03	0.99	0.49	0.64	0.51	0.18	0.34	0.22	0.52	0.67	0.57
3	41.7	41.8	41.11	12.30	5.20	7.51	60	60	60	0.89	0.91	0.90	0.42	0.61	0.58	0.16	0.31	0.20	0.49	0.61	0.56
4	49.12	61.41	49.52	6.50	5.10	3.33	77	77	77	0.85	1.15	0.96	0.54	0.66	0.55	0.29	0.40	0.30	0.55	0.73	0.60
5	46.42	71.82	59.45	49.98	8.18	6.91	74	74	74	0.87	1.25	1.03	0.59	0.91	0.79	0.27	0.43	0.31	0.56	0.86	0.71
6	49.50	73.36	64.47	6.00	5.86	8.97	75	75	75	0.85	1.32	1.08	0.62	0.93	0.80	0.31	0.45	0.33	0.58	0.90	0.74
7	45.92	69.64	58.43	3.82	10.01	6.84	67	67	67	1.06	1.43	1.27	0.62	0.83	0.72	0.21	0.42	0.33	0.63	0.89	0.77
8	52.17	71.84	63.0	10.14	8.60	8.60	68	68	68	1.18	1.40	1.27	0.67	0.94	0.80	0.28	0.46	0.34	0.71	0.93	0.80
9	45.85	60.61	57.5	6.81	4.29	8.86	64	64	64	0.94	1.39	1.27	0.61	0.82	0.70	0.28	0.44	0.32	0.61	0.88	0.76

应力达到最大值(3.74%), 含水率在11.5%左右时,内层拉应力达到最大值(4.26%);水煮改性材的含水率33.2%左右时,表层拉应力达最大值(3.82%), 含水率在12.1%左右时,内层拉应力达到最大值(4.34%)。因此在

干燥过程中当含水率达到35%左右进行一次中期处理, 以消除表面硬化,减缓应力,防止表裂。在含水率12%左右再进行一次中期处理, 减少表芯层含水率梯度, 防止内裂。
2.4 干燥过程中干缩率的测定结果见表4。

表4 白桦处理材在干燥过程中干缩率的变化

试 材			含 水 率 (%)				
			33.9~30.5	21.1~14.3	14.3~13.6	8.58~7.6	3.03~2.43
素 材	心材径向		0.70	2.40	3.50	4.76	6.00
	边材	弦向	2.80	3.90	5.60	7.10	8.70
		径向	1.80	2.92	4.10	5.30	6.60
	比 值		1.60	1.34	1.37	1.34	1.32
尿 素 改 性 材	心材径向		0.50	1.80	2.90	3.20	3.78
	边材	弦向	1.50	2.90	4.20	4.90	6.10
		径向	0.96	2.20	3.10	3.70	5.20
	比 值		1.56	1.32	1.35	1.32	1.17
水 煮 改 性 材	心材径向		0.60	2.00	2.90	3.40	4.21
	边材	弦向	1.80	3.10	4.50	5.10	6.80
		径向	1.20	2.50	3.70	4.00	5.40
	比 值		1.5	1.24	1.22	1.28	1.26

尿素改性材干缩率小于水煮改性材和素材, 这是改性效果对干缩的作用主要是尿素分子诱导形成的尿素化合物在干燥过程中起酯化作用, 生成一种坚实的物质填充于细胞壁内, 阻止水分的侵入, 从而降低了木材的干缩率^[3]。

2.5 干燥质量

锯材的干燥质量用下列指标表示: 锯材的最终含水率、厚度上含水率偏差、应力指标、可见缺陷。结果如表5、6。

尿素改性材的应力指标均小于2.0%, 符合国家I等材质量标准, 水煮材的应力指标也小于2.0%, 素材应力指标达3.5%, 明显大于尿素改性材和水煮改性材。其余质量指标尿素改性材明显好于水煮改性材和素材。但由于改性溶液温度较高, 改性材(包括尿素改性材和水煮改性材, 以下同)端部

有轻微裂纹, 这主要是由于端部改性效果最好, 水分传导速度最快所致。

3 结果讨论

3.1 干燥基准

经过九次工艺试验, 通过对干燥过程中应力指标的测试, 对现用干燥基准作如下修改。素材干燥基准相对湿度应增加5%, 改性材干燥基准相对湿度后期减少5%, 因为温度太高, 改性材端裂增加, 强度降低, 故只能通过减少干燥介质相对湿度的方法提高干燥速度。制定的干燥基准如表7, 经试验用该基准干燥的试材等级均达I等。

3.2 尿素处理可改善干燥特性

由试验结果可知, 白桦材经尿素改性后, 干燥特性明显好于素材和水煮材, 表现在干燥速度大于素材0.25%/h, 大于水煮

表5 可见缺陷统计表

编号	翘曲(%)			横弯(%)			端裂(cm)		
	索 材	尿素改性材	水煮改性材	索 材	尿素改性材	水煮改性材	索 材	尿素改性材	水煮改性材
1	1.24							轻微	轻微
2			1.03	1.24				轻微	轻微
3	0.78					0.24			
4	1.44			0.85					
5	1.13							轻微	轻微

表6 干燥质量统计表

编 号	初含水率(%)			终含水率(%)			厚度上含水率偏差(%)									应 力(%)		
	索 材	尿 素 改性材	水 煮 改性材	索 材	尿 素 改性材	水 煮 改性材	索 材			尿素改性材			水煮改性材			索 材	尿 素 改性材	水 煮 改性材
							表层	芯层	偏差	表层	芯层	偏差	表层	芯层	偏差			
1	45.9	73.79	60.23	6.74	2.03	6.43	6.29	7.20	0.91	6.03	7.19	0.56	3.24	5.13	1.89	1.6	0.55	1.15
2	51.4	68.23	57.62	6.60	2.19	5.53	7.5	8.08	0.58	5.77	6.31	0.54	4.52	6.23	1.71	2.3	1.81	1.02
3	48.7	58.95	58.24	5.99	1.98	5.36	6.17	6.89	0.72	6.09	6.55	0.46	3.78	5.19	1.41	2.95	0.09	0.81
4	50.4	68.28	57.63	5.20	1.96	5.28	5.50	5.70	0.20	5.55	5.92	0.37	4.29	6.17	1.88	3.39	1.60	0.71
5	41.2	64.47	58.43	5.55	2.59	5.49	5.49	6.00	0.51	5.41	5.83	0.38	3.25	5.25	2.00	1.96	0	1.23
X	47.52	66.24	58.43	6.00	2.15	5.58			0.58			0.46			1.78	2.44	0.81	0.98
δ	3.66	4.90	0.96	0.58	0.23	0.24			0.23			0.08			0.21	0.65	0.76	0.19
V(%)	7.72	7.7	1.6	9.6	10.9	7.6			40.6			17.08			11.6	26.67	93.5	20.14

表7 2.5cm白桦材干燥基准

含水率(%)	t _e (℃)		t _m (℃)		湿度(%)	
	索 材	改性材	索 材	改性材	索 材	改性材
>40	72	72	67	63	80	66
40~30	80	80	70	64	65	49
30~20	88	88	72	67	51	40
20以下	96	96	69	62	36	23
平衡处理	96	96	94	94	95	95

注：在含水率在40%~30%时，进行一次中期处理，索材处理3小时，改性材为2小时。平衡处理时间为2小时。

材0.12%/h，干燥质量：横弯由索材的1.24%、水煮材的0.24%减为0，翘曲由索材的1.44%、水煮材的1.93%减为0，无表裂，干燥过程中拉应力较小，干缩率比索材减少2.6%，比水煮材减少0.7%。

一定浓度的尿素溶液在一定温度下对白桦材蒸煮一定时间，可改善白桦材的尺寸稳定性和干燥特性，但不能改变木材的微观构造，可使纹孔膜里结壳物质脱落，并使侵填体等抽提物析出，上述效果使木材的透水性

增加，特别是结壳物质脱落后，纹孔膜上的网状孔隙度及其半径增加，相当于增加了毛细管的半径^[4]，因此热湿处理疏通了汽水通道，减少了水分蒸发的阻力，使木材干燥均匀，干燥速度增加。

木材干燥过程包括木材内部水分向表面扩散和表面水分向介质中蒸发两个过程，其中影响木材干燥速度的主要过程为前一过程，此过程水分流量：

$$i = -(\alpha_1 + \alpha_2) \gamma_0 \left(\frac{\partial w}{\partial x} + \delta \frac{\partial t}{\partial x} \right)$$

对于某一种规格的板材而言，在保证干燥质量的前提下，提高干燥速度的最佳途径为提高木材的导水系数 α ，热湿处理的效果恰恰是提高了木材的导水系数，在此基础上再增加木材内部的含水率梯度、温度梯度，才是提高木材干燥速度的有效途径。

尿素处理的效果不仅在于热湿作用，在热湿作用下，也疏通了尿素分子进入木材的通道，使得溶解在水中的尿素分子在静水压

力的作用下进入木材的非结晶区,填充了木材的空隙,并沉积于木材细胞壁上,在一定的温度和环境条件下,与非结晶区的一OH发生交联,这种反应可能是尿素在木材中的分解产物与纤维素、半纤维素或木素大分子中的醛基或羟基发生反应,减少了活性基团的数目,从而减少了木材的吸湿性,增加了处理材的尺寸稳定性。在干燥过程中,由于尿素诱导的尿素化合物可与木材分子起酯化反应,生成一种坚实物质填充于细胞壁内,从而减少木材的干缩率。上述效应表现在实际干燥过程中,改性材可使用较硬的干燥基准,而使干燥质量好,干燥速度快。

3.3 改性材端裂原因初探

白桦材经85℃尿素溶液和水煮改性后,在干燥过程中会产生轻微端裂,裂隙较多但较小、较浅,白桦素材很少出现端裂。

端裂较其它开裂出现的早,往往出现在干燥前期,最初形成的裂纹深度只有几毫米,如果干燥条件不改善,则裂纹会加深或加宽,因为木材顺纹方向导水性大约为横纹方向的10~15倍^[5],木材干燥时水分从端部的蒸发要比从侧面快,端部水分快速降到纤维饱和点以下,内部水分还在纤维饱和点以上,这样外部的收缩必然受到内部的限

制,这种限制必然产生一种力,当此力大于木材横纹抗拉强度时,端面就出现裂纹。

木材长时间受到高温作用,横纹抗拉强度会显著降低,特别是生材更为明显。白桦改性材在干燥前就在85℃的水中或尿素溶液中处理了36小时,其端部横纹抗拉强度有所下降,故改性材端部开裂的可能性更大。

4 结论

①白桦尿素改性材的干燥特性明显好于水煮改性材和素材。

②尿素改性材干燥速度比素材大0.25%/h,比水煮改性材大0.12%/h。

③尿素改性材的弦径向干缩率、弦径向干缩系数之比明显小于素材和水煮改性材。

④改性材的干燥质量好于素材。

5 参考文献

- 1 GB 6491-86锯材干燥质量. 中国标准出版社.
- 2 GB 1927~1943-80木材物理力学试验方法, 中国标准出版社.
- 3 南京林学院主编. 木材学. 中国农业出版社, 1963.
- 4 Kininmonth J A. Permeability and fine structure of certain hard-wood affect on drying [2], Holzforschung, 1972 (1).
- 5 满久崇磨. 木材的干燥. 轻工业出版社, 1983.

A study on the drying properties of white birch before and after urea modification

Wang Ximing Gao Zhiyun

(Inner Mongolia Forestry College)

Abstract This paper studied on the drying properties of white birch before and after urea modification, the results showed that modified wood's drying properties are better than natural, such as fast drying speed and high drying quality. The mechanism of improving wood dimensional stability was also investigated.

Keywords White birch; Wood modification; Drying property