

3.4 试验结果讨论

1 泡桐薄木用三种改性乳胶贴面,参照日本同类产品检验标准进行浸渍剥离试验,试片均无开胶现象。三者相比以VAC/NMA二元胶和丙烯酸改性乳胶的耐水性较好,平面抗拉强度高,市售乳胶添加酚醛乳胶的性能还需进一步探讨。

2 泡桐薄木贴面的热压温度不宜过高,以防止板面色泽加深。本试验采用80~85℃可使板面保持原色。

参 考 文 献

(1) 成俊卿等,1983,泡桐属木材的性质和用途的研究

(一)(二)(三),林业科学,19(1):57—63
19(2):153—167,19(3):284—291。

- (2) 中国林业科学研究院木材工业研究所,1982,中国主要树种的木材物理力学性质,中国林业出版社。
- (3) 吕时铎,1979,以胶合板为基材用VNA乳液胶对高含水率微薄木进行胶贴的试验报告,中国林业科学研究院林产化学工业研究所、北京光华木材厂。
- (4) Armour, W.B. 1971, Water Resistant Vinyl Acetate Copolymer Adhesive Compositions, U.S. patent 3,563,851.
- (5) Sandler, S.R. 1970, Adhesive of polyvinyl Acetate, Acid Metal Salt and Carboxylic Acid, U.S. Patent 3,547,771.
- (6) 日本标准,1969,特殊合板的日本农林规格,农林省告示第1373号。

毛白杨和沙兰杨木材气干过程和窑干工艺的研究*

何定华 滕通濂 郭焰明

摘 要

对毛白杨和沙兰杨木材分别进行气干,窑干及气干—窑干联合干燥试验,并对这二种木材的适宜干燥工艺进行了探讨。

毛白杨生材窑干时易发生皱缩、内裂和湿心。采用气干—窑干联合干燥工艺可以有效地防止这些缺陷,还可以降低能耗和提高干燥窑生产能力。

沙兰杨木材干燥速度较毛白杨快,窑干时一般不发生皱缩和内裂,可以采用高温基准对生材窑干。但采用气干—窑干联合干燥能够降低能耗和提高干燥窑生产能力,并且可以保持木材本色,因而更为合理。

对北京地区和北方省份的气候条件及季节变化对气干预干期的影响进行了分析,提出了这些地区适宜的气干预干含水率范围。并提出了气干预干材的窑干基准。

一、前言

杨树是我国重点发展的速生树种,杨木除了适于造纸和制造胶合板、刨花板、纤维板、包装箱等外,还可以作为建筑结构、门窗、一般家具及其它日用器具的材料,这些

材料都需要进行干燥。

毛白杨(*Populus tomentosa* carr)是我国杨树属中一个重要乡土树种,自然分布较广,且山东省已有大面积的速生丰产林。

• 参加试验工作的还有:史贵荣、王秀琴、陈省兰、孟京明等同志

毛白杨木材密度和诸项力学强度指标均高于其它25种杨木⁽¹⁾，因而较其它杨木更适于农村建筑、门窗及家具的制造。沙兰杨 (*P. euramericana* cv "Sacrou 79") 是我国北方一种重要的栽培杨木，密度和力学强度指标均低于毛白杨，而与多数杨木相近⁽¹⁾，就其利用上说在我国有一定代表性。根据所采试材，这种杨木树干端直、无“黄心材”、纹理直、结构均匀，除适于作包装箱材外，还可作为部分家具、门窗及建筑、细木工材料。我国营造的这两种杨树速生丰产林和行道树即将成材，有待开发利用。本研究是“杨木等速生材材性和利用”研究专题的一部分。目的是制定实用的干燥工艺，为这两种杨木开发利用提供技术依据。

据文献记载，北美生产的杨木（主要的约8种）常含有“湿心材”（Wet wood），它是一种不正常的木材，其特征是：含水率高，还有细菌存在（但不是木腐菌），其邻近部位木材的pH值高，渗透性较正常材低。含有湿心材的木材在干燥时常产生皱缩和劈裂，干燥特别缓慢^(2,3)。对这些木材的窑干基准曾有过许多研究^(2,3,4,5,6)，但认为尚无可以避免湿心材过多开裂和皱缩的可行基准⁽²⁾。毛白杨和沙兰杨木材的干燥特性和适宜的窑干基准尚未见有记载。为制定实用的干燥工艺对这二种木材进行了气干、窑干和气干—窑干联合干燥试验。

二、试验材料

毛白杨7株，胸径25~35厘米，采自北京西郊行道树。沙兰杨3株，直径28~35厘米，采自北京顺义县潮白河林场试验林地。将原木分段、顺纹理方向锯成厚度3厘米和5.5厘米的板材。由于原木直径较小，厚5.5厘米的板材均由中心部分锯取，均为全径锯板。厚度3厘米板材中包括有径锯板及弦锯板。试样刨光后厚度为2.5和5.0厘米，长度约60厘米，宽度12~18厘米。各项对照试验的试样沿大板长度方向截取，以减少木材构

造上的差异。试样一次制成，保存在冷藏箱中备用。

测定的2株毛白杨生材含水率平均值分别为81.7%和89.1%。沿树干半径方向变化较大，距髓心1.5厘米以内部分最高（分别为100.6%和117.5%），中间部分最低（分别为68.3%和63.2%）。2株沙兰杨平均值分别是144.2%和152.8%，近髓心部分最高，边部最低。

基本密度：6株毛白杨平均值为0.413克/厘米³，2株沙兰杨平均值为0.312克/厘米³，沿半径方向均未见有明显变化。

干缩率：6株毛白杨弦向为8.24%，径向为3.04%，弦径干缩比为2.71。2株沙兰杨弦向为7.74%，径向为2.88%，弦径干缩比为2.69。

三、试验结果

（一）气干过程及干燥缺陷

将试样两端面用石蜡涂封，用厚度2.5厘米垫条堆成小木堆，在敞棚下自然干燥，定期称重并记载干燥缺陷。干燥结束后在试样长度 $\frac{1}{4}$ 处锯取含水率试片，确定试样全干重，并计算各称量时期的含水率。试验结果列于表1，一些典型试样干燥过程绘于图1中。试验结果可以看出：

1. 气干所需时间在不同季节有显著的差别。

在北京地区4~5月份干燥速度显著快于8~9月份。厚度2.5厘米的毛白杨径锯板在这两个时期干至含水率20%的时间分别是12天和27天，平均干燥速度相差约1倍。厚度5厘米的径锯板分别为38天和67天，平均干燥速度相差约60%。其主要原因是8~9月份相对湿度较高，阴雨天较多。4~5月份干燥时期的平均温度为21℃，相对湿度为46%，而8~9月份干燥期内平均为23℃和67%。

2. 气干初期干燥速度一般都很快，最初几天可以排除大量水分。

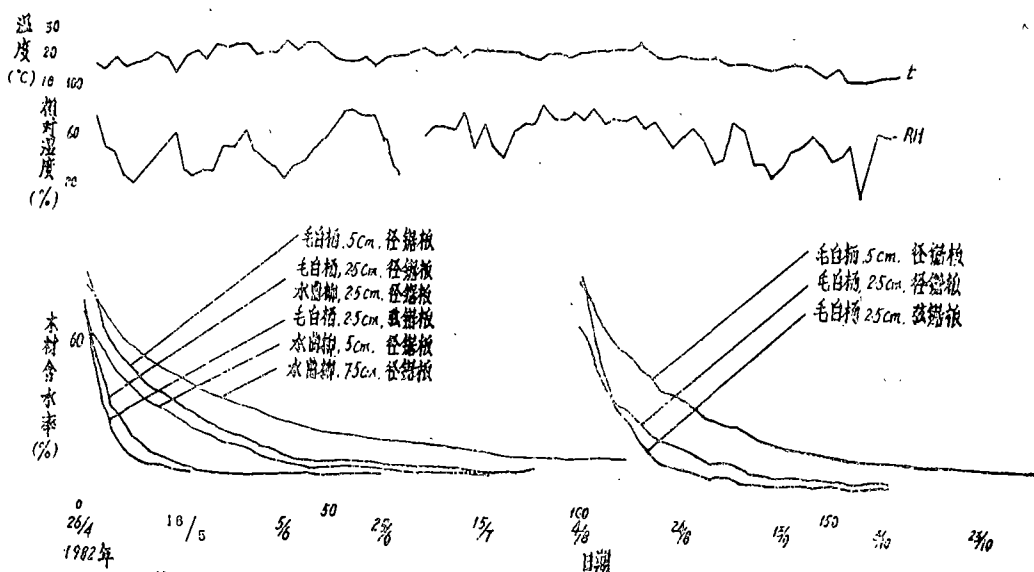


图1 气干过程曲线

在最初5天内,厚度2.5厘米毛白杨径锯板的含水率减少了37% (4月底)和25% (8月初),厚度5厘米毛白杨径锯板分别减少了24%和19.5%。

3. 气干后期干燥速度缓慢,厚板材更甚。

在由生材干至含水率15%的干燥时间中,含水率由20%降至15%的时间所占比例,厚度2.5厘米与5厘米毛白杨径锯板分别为30%和44% (5月份)或更多 (9月份)。

4. 毛白杨径锯板干燥速度显著慢于弦锯板。

厚度2.5厘米试样由生材干至含水率15%的时间,在4~5月份弦锯板为13天,径锯板为17天,它比弦锯板多30%。在8~9月份分别为23天和39天,径锯板比弦锯板多70%。差别的原因除径向导水性高于弦向外,还与心材导水性低于边材有关,径锯板试样含心材部分多于弦锯板。

5. 毛白杨径锯板气干时间与水曲柳相近或较长。

6. 毛白杨气干中容易发生翘曲,但翘曲程度小于窑干,少数试样发生轻度皱缩。

表裂现象仅见于髓心部分,未发现内有内裂。

(二) 窑干周期及干燥缺陷

利用小型实验干燥箱对常规基准与三种快速基准(连续升温、中一高温和高温基准)作了对比试验。干燥箱内干、湿球温度利用WMZK—01型指示控温仪控制,温度最大波动范围为 $\pm 2^{\circ}\text{C}$,干、湿球温差波动 $\pm 1^{\circ}\text{C}$,记录根据玻璃温度计指示值。风速3米/秒。试样两端面用苯—丙乳胶漆涂封,用厚度2.5厘米垫条堆成小木堆,含水率检验板每炉2~3块。定时取出称重并检查干燥缺陷。

试验结果列于表2,结果表明:

1. 厚度2.5和5厘米毛白杨用常规基准(干球温度 $50\sim 85^{\circ}\text{C}$)的干燥周期分别为4天和7天,如按生材含水率(80~90%)估计则至少为5天和9天,仍有皱缩。三种快速干燥基准干燥速度约为常规基准的2~7倍,但皱缩较重,并有内裂,尤其厚度5厘米试样内裂严重。

2. 厚度2.5厘米沙兰杨常规基准干燥周期约为2天,按生材含水率计算约需3天。三种快速基准的干燥速度分别为常规基准的1.4、1.8和4.2倍。四种基准干燥的试样均未发现表裂、内裂和皱缩,但有不同程度的

表1. 毛白杨和沙兰杨木材气干所需时间

试验号	树种、厚度、板型	开始日期	初含水率 (%)	干燥时间(日)			初期干燥速度(%/日)		干燥缺陷
				至含水率30%	至含水率20%	至含水率15%	1—5日	6—10日	
1	毛白杨,厚2.5厘米 弦锯板(2)•	1982.4.26日	68.1	4	9	13	8.2		轻微瓦弯和弓弯
	径锯板(4)		76.3	8	12	17	7.4		同上
	毛白杨,厚5.0厘米 径锯板(4)		82.0	24	38	68	4.8	2.3	轻微翘角和横弯
	水曲柳,厚2.5厘米 径锯板(5)		72.7	8	11	17	6.6		轻微瓦弯
	水曲柳,厚5.0厘米 径锯板(3)		70.7	18	35	43	3.6	2.0	轻微瓦弯
	水曲柳,厚7.5厘米 径锯板(2)		81.5	40	81		3.1	1.9	近髓心处表裂
	毛白杨,厚2.5厘米 弦锯板(2)		88.0	10	16	23	7.5	4.8	轻微瓦弯和弓弯
2	径锯板(2)	1982.8.3日	84.0	18	27	39	5.0	3.0	同上,髓心附近有轻微皱缩
	毛白杨,厚5.0厘米 径锯板(3)		88.3	34	67		3.9	2.1	
	水曲柳,厚2.5厘米 径锯板(2)		70.9	10	17	27	5.3	1.4	
	毛白杨,厚5.0厘米 径锯板(2)		59.7	21			3.0	1.5	
3	沙兰杨,厚2.5厘米 弦锯板(3)	1981.10.15日	106.0	5	8	15	15.7		
	沙兰杨,厚5.0厘米 径锯板(2)		118.3				5.0	2.3	

注: • 括号内数字,表示试样块数。

翘曲。厚度5厘米沙兰杨高温基准干燥时,周期约为2天,按生材含水率估计为2.5~3天。未发现表裂、内裂和皱缩,

3. 窑干中的干燥缺陷。

毛白杨主要干燥缺陷有翘曲(包括瓦弯、弓弯和翘角)、皱缩、内裂和湿心。翘曲可以通过材堆上部加压来避免,在二次大窑试验中得到证实。皱缩一般都发生在髓心周围(参见照片1),皱缩程度有随干燥温度增高而增大的趋势。内裂在厚度5厘米试样中较严重,三种快速干燥基准干燥都发现

有较严重的内裂,厚度2.5厘米试样仅在高温基准发生内裂。这些内裂试样在锯断的横断面上常呈现材色较深、锯口较光滑的湿心区(参见照片2)。

沙兰杨木材窑干缺陷主要是翘曲和湿心。翘曲程度较毛白杨少,同样可以通过材堆上部加压来避免。湿心通常发生在径锯板的近髓心部分(参见照片2),在锯开的横断面上呈现出轮界较明显、锯口较光滑的区域,放置后可能发生裂纹。

4. 毛白杨径锯板窑干速度显著快于弦

锯板。这在第1组和第2组的常规基准干燥第2组是弦锯板。此外,在附加的恒定干燥条
时表现得比较明显,第1组主要是径锯板,件的试验中这种现象也很明显,详见下表2。

表2 毛白杨径锯板与弦锯板干燥速度比较

树 种, 板 型	干球温度50℃, 平衡含水率11%		干球温度80℃, 平衡含水率11%	
	初含水率 (%)	含水率60%至30%的平均 干燥速度 (%/小时)	初含水率 (%)	含水率60%至30%的平均 干燥速度 (%/小时)
毛白杨, 厚2.5厘米				
弦 锯 板	74.1 (3) *	1.43	65.3 (4)	2.14
径 锯 板	72.1 (2)	1.03	81.5 (4)	1.25
径 锯 板	79.7 (1)	0.76	73.4 (1)	1.00
水曲柳, 厚2.5厘米				
弦 锯 板	68.4 (3)	0.73	71.8 (2)	1.36
径 锯 板	75.3 (4)	0.54	61.4 (1)	1.20

* 括号内数值是试样数

表3 窑干周期及干燥缺陷

干 燥 基 准	检验试 样块数	平均含水率 (%)		干燥周期(小时)					至含水率 10%的平均干 燥速 度 (%/小时)	干 燥 缺 陷				
		初	终	预热	干燥	终处 理	总计	翘曲		表 裂	内裂	皱 缩	其它	
1.毛白杨, 厚2.5厘米														
常规 (50~85℃)	4(3/1)●	47.8	8.1	2	88	4	94	0.56	瓦弯1			1块		
低一高温 (47~120℃)	4(2/2)	50.8	8.6	2	36	4	42	1.14	瓦弯1	1块细表裂		1块		
连续升温 (25~120℃)	4(3/1)	52.1	7.8	0	34	4	38	1.37	瓦弯1	2块细表裂		2块		
高温 (120℃)	4(3/1)	58.7	7.2	2	19	4	25	3.90	瓦弯1		1块	1块(严重)		
2.毛白杨, 厚2.5厘米														
常规 (52~87℃)	3(0/3)	54.4	7.1	2	60	4	66	1.00	瓦弯2					
中一高温 (82~120℃)	3(0/3)	49.9	5.9	2	34	4	40	1.96						
连续升温 (25~120℃)	2(1/1)	62.0	8.0	0	19	4	43	1.72	瓦弯1			1块		
高温 (110~125℃)	2(0/2)	62.5	5.4	4	15	4	23	5.53	瓦弯2					
3.毛白杨, 厚5.0厘米														
常规 (55~85℃)	3(3/0)	50.8	12.3	4	157	4	165	0.24	瓦弯2	1(近髓心)		1块		湿心2
中一高温 (82~120℃)	3(3/0)	55.4	7.4	4	76	4	84	0.62		2(近髓心)	3块	1块		
连续升温 (10~120℃)	3(3/0)	49.7	6.7	0	71	3	74	0.68	瓦弯1	1(同上)	2块	1块		
高温 (107~112℃)	3(3/0)	63.9	6.4	4	58	4	66	1.50	瓦弯3	2(同上)	2块	1块		
4.沙兰杨, 厚2.5厘米														
常规 (50~85℃)	4(3/1)	106.4	8.7	3	53	4	60	1.93						
中一高温 (80~120℃)	4(2/2)	79.9	6.1	4	39	5	48	2.69	瓦弯1					
连续升温 (17~122℃)	4(4/0)	86.0	6.6	0	28	5	33	3.45	瓦弯1					
高温 (122~127℃)	4(4/0)	114.2	5.7	4	18	4	26	8.02	瓦弯2					
5.沙兰杨, 厚5厘米														
连续升温 (20~120℃)	2(2/0)	95.3	21.3	0	55	2	57		未检查					
高温 (115~120℃)	3(3/0)	109.1	6.0	3	44	4	51	3.1	同 上					

注: * 括号内分子是径锯板块数, 分母指弦锯板块数。如4 (1/3), 表示总共4块试样, 其中3块为弦锯板。

(三) 气干—窑干联合干燥试验

1. 毛白杨木材采用气干—窑干联合干

气干—窑干联合干燥 (气干预干法) 试

燥可以防止内裂和皱缩;

验结果列于表4。试验结果表明:

2. 在含水率20%以下采用高温可以显

著加速干燥,并减少湿心;

3. 厚度5厘米的毛白杨木材在北京地区下半年气干预干至含水率20%,干燥速度

太慢,应采用较高的预干含水率;

4. 毛白杨和沙兰杨木材采用气干预干都能显著缩短窑干时间。

表4 气干—窑干联合干燥试验结果

试验号	树种,材厚	初含水率 (%)	气干天数	气干后 含水率 %	窑 干				干燥缺陷
					基 准	终含水率 (%)	时间 (小时)		
							至终了	至含水率10%	
1	毛白杨,厚2.5cm 径锯板	54.8	5 (10月份)	44.2	常规 (70—85℃)	8.3	44	33	未发现内裂及皱缩
	弦锯板	56.8		33.0		6.1	44	23	同上
	水曲柳,厚2.5cm	85.8		26.5		8.4	44	29	同上
2	毛白杨,厚 5 cm 径锯板	61.0	28 (11月份)	32	常规 (65—90℃)	8.8	113	97	未发现内裂及皱缩, 3 块试样中有一块有湿心
3	毛白杨,厚 5 cm 径锯板	41.3	46(10—11月份)	18.7	高温 (115-120℃)	3.0	23	9	未发现内裂与皱缩
4	毛白杨,厚 5 cm 径锯板	88.3	135(8—12月份)	17.1	高温 (100℃)	10.7	15		未发现内裂及皱缩
5	沙兰杨,厚 5 cm 径锯板	118.3	46 (11月份)	39.0	高温 (115-120℃)	6.3	23	17	未发现内裂及皱缩 一块试样有湿心。

四、讨 论

(一) 关于毛白杨木材的干燥工艺

毛白杨木材不易表裂,但易发生翘曲、皱缩、湿心和内裂。翘曲现象可以通过适当的堆放方法防止。为减少皱缩和湿心,并防止内裂,最好的方法是采用气干—窑干联合干燥工艺(气干预干法)。

气干预干含水率,应选择恰当。太高不利于防止皱缩,太低则气干周期过长。预干周期受不同季节的气温和相对湿度影响较大。气温的影响在于干燥过程中期,尤其后期较前期大;相对湿度对前期影响最大,但在中期和后期也有重要影响。北京地区在3—6月份相对湿度较低,而气温又逐渐升高,是最有利的干燥季节,厚度5厘米的毛白杨经过38天,含水率可降至20%。7—9月份气温虽较高,但相对湿度也高,干燥较慢,

含水率降至20%需要约70天,在这时期预干含水率应以30%左右为适宜,降至含水率30%的时间为34天。因此在3—9月份的气干预干含水率以30—20%为宜。10—11月份相对湿度较低于7—9月份,但气温较低,并且是逐渐下降,干燥速度慢于7—9月,这个时期预干含水率可采用30%~40%,预干时间可定为40天。1、2、12这三个月平均气温在0℃以下,干燥十分缓慢,预干效果较差,预干含水率可以更高一些。

预干材的窑干温度可采用70—115℃。生产设计中,预干期可采用40天,干燥窑生产能力可以预干含水率30%为依据,当采用上述建议基准时干燥至含水率10%的周期:厚度5厘米板材为4天,厚度2.5厘米的板材为1.5天。

图2是北京、太原、西安和济南四个地区的气温、相对湿度和木材平衡含水率的季节

变化,可以看出:太原、西安、济南三地区的季节变化规律与北京相似,气温和相对湿度水平差别不大。太原气温略低(约 2°C),相对湿度略高(平均高 7%),气干时间将略长。西安和济南气温略高($2\sim 3^{\circ}\text{C}$),相对湿度略高($8\sim 12\%$),气干时间将略长或相近。有利的干燥季节:太原是3—6月份,西安是2—7月份,济南是2—6月份。这四个地区的气候条件可以作为毛白杨木材主要产区(河北、河南、山东、陕北和山西几省)的代表。在这些地区,气干含水

率和预干时间可以参照北京地区规定。

与窑干比较,气干—窑干联合干燥可以节约能耗和提高干燥窑的生产能力。估计可以降低能耗 50% ,窑的生产能力可提高 40% 。

(二) 关于沙兰杨木材的干燥工艺

沙兰杨木材不易发生皱缩和内裂,窑干速度较毛白杨快,可以采用高温基准窑干。但沙兰杨生材含水率高,气干速度也很快,尤其干燥前期。仍以采用联合干燥较好,它可以降低能耗和提高干燥窑的生产能力,并且可以保持沙兰杨优良的材色。

沙兰杨不存在皱缩和内裂问题,预干含水率可以比毛白杨高一些,以 $40\sim 30\%$ 较为适宜,预干材的窑干温度以 $90\sim 120^{\circ}\text{C}$ 为好。

(三) 杨属木材干燥缺陷

本试验证明沙兰杨虽常有湿心,但不易发生皱缩和内裂,而毛白杨不仅有湿心,而且容易发生皱缩和内裂。此外,在附加的试验中发现东北生产的大青杨也容易发生内裂和皱缩,且程度较毛白杨严重(见照片3)。北美生产的杨木易于产生皱缩和劈裂,常用七种中以大叶钻天杨(*P. balsamifera*)等5种发生这种缺陷的较多^[6]。白毛杨和大青杨的皱缩和内裂发生于髓心附近或心材部分,而北美产杨木的皱缩和劈裂发生于心、边材交界处(见照片4)。可见各杨木发生缺陷的类型、部位和程度是有差别的。因此,应对我国各种主要杨木的干燥缺陷的状况分别进行研究,以便制定其各自适宜的干燥工艺。

五、结 语

1. 毛白杨木材在窑干时易产生内裂、皱缩和湿心。实行气干—窑干联合干燥可以有效地防止这些缺陷,并能降低能耗和提高干燥窑生产能力。

2. 沙兰杨木材不易发生皱缩和内裂,干燥速度较快,可以采用高温窑干。但生材含水率较高,采用气干—窑干联合干燥可以

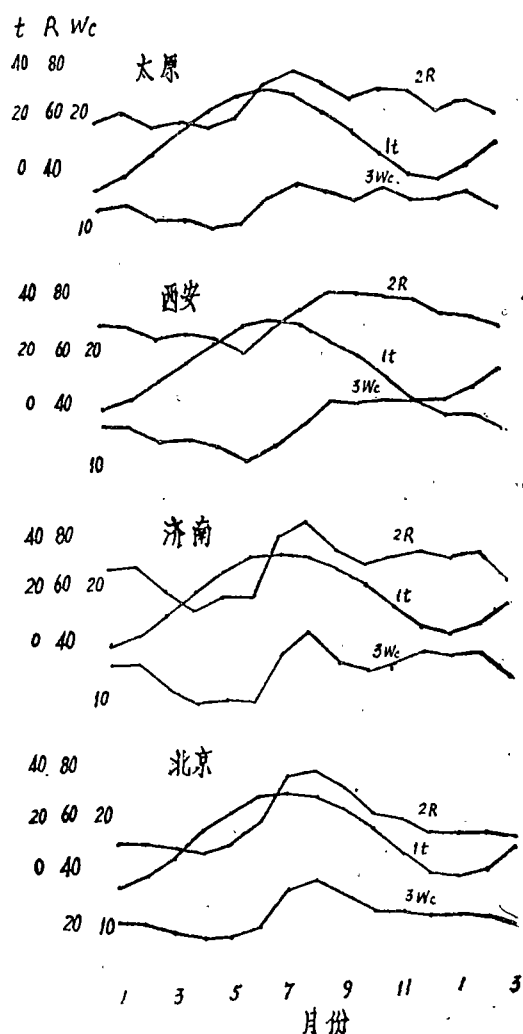


图2 北京、太原、西安、济南气温、相对湿度季节变化

图中: t—气温 $^{\circ}\text{C}$
R—相对湿度 $\%$

Wc—平衡含水率 $\%$

降低能耗和提高干燥窑生产能力，并能保持其优良的材色。

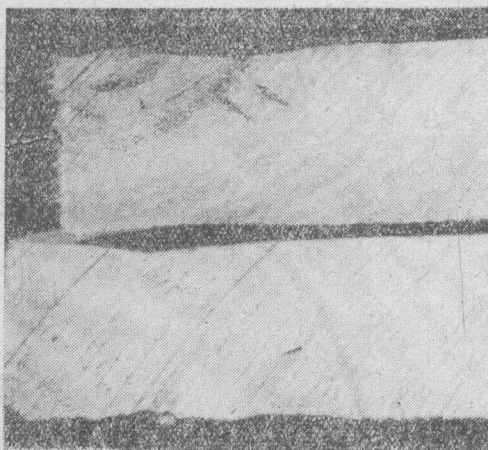
3. 实行气干一窑干联合干燥时，应根据当地气候季节变化规律确定气干预干含水率和气干周期，以便于组织均衡生产。

参考文献

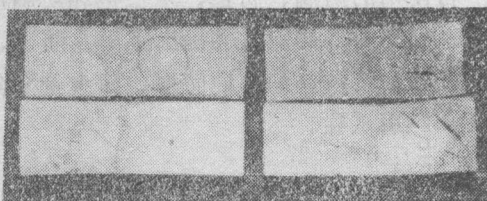
- (1) 中国林业科学研究院木材所主编，1982，中国主要树种的木材物理力学性质，林业出版社
- (2) Cech, M. Y. and F. Pfaff, 1977, Kiln operator's manual for eastern Canada. Eastern Forest Products Laboratory, Ottawa
- (3) Huffmann, D. R. 1972, F. P. J. 22(10): 21-23
- (4) Mackay, J. F. G. 1974, F. P. J. 24(10): 32-35
- (5) Mackay, J. F. G. 1978, F. P. J. 28(1): 21-22
- (6) Rasmussen, E. F. 1968, Dry Kiln operator's manual. U. S. Department of Agriculture

更正

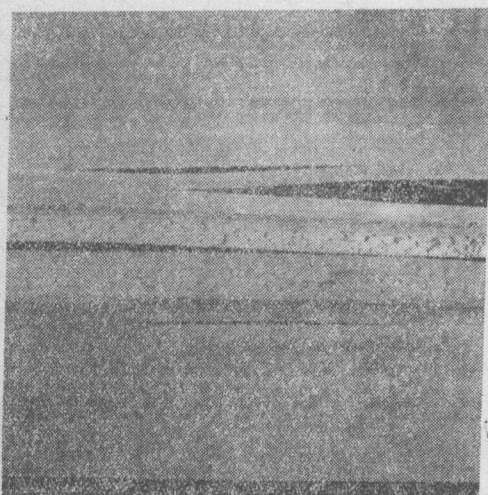
本刊第一期刊登的《湿法硬质纤维板污水封闭循环回用中间试验报告》，原稿在文章末尾，注有王维新执笔。在编辑时因疏忽把执笔人按作者处理，放在文章前面，根据执笔人要求，特予更正。



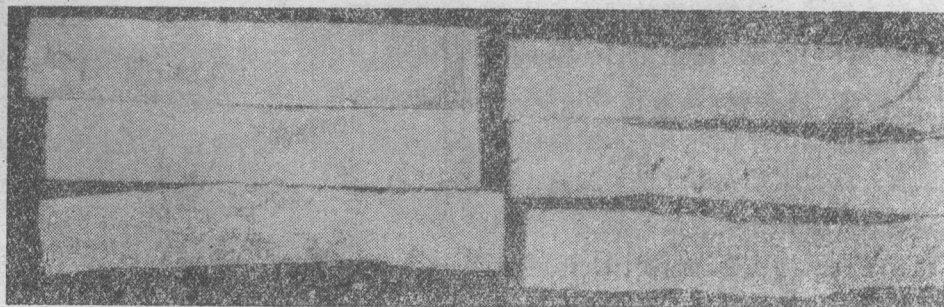
照片1: 示毛白杨的皱缩



照片2: 示毛白杨(右)的湿心和内裂, 沙兰杨的湿心(左)



照片3: 示北美产杨木皱缩和劈裂



照片4: 示大青杨的皱缩和内裂