

研究与开发

短周期工业材气干特点的研究

李晓玲 滕通濂

摘要 对八种短周期工业材进行了气干特点、干燥规律的研究及气干干预干时间的预测,为短周期工业材得以充分、有效地利用气干特点,科学合理地组织气干窑干生产提供了科学依据。
关键词 气干;预干燥;短周期工业材

A Study on Air-drying Features of Lumber from Short Rotation Plantation

Li Xiaoling Teng Tonglian
(Research Institute of Wood Industry, CAF, Beijing 100091)

Abstract Air-drying features of 8 short rotation plantation species in China were studied. The results could be used for providing guidelines of how to economically and scientifically organize air-kiln drying short rotation plantation lumber.
Keywords Air-drying; Predrying; Short rotation plantation lumber

1 前言

气干即利用大气中的热力干燥木材,是一种最经济的传统干燥方法。但这种方法的干燥介质是不能人为控制的大气,因而干燥时间、最终含水率和干燥质量随气候的变化和气干方法的组织不同而有很大差异。在木材人工干燥和加工技术不断进步的今天,单独用气干往往不能满足规模生产的要求,若把气干作为一种预干方法,即对高含水率的生材先经一段时间的气干,使其初含水率降到一定程度,再进入窑内进行人工干燥至所要求的含水率,不仅能显著缩短窑干周期(缩短范围在25%~78%^[1]),而且对一些木材,经气干后再窑干比生材直接窑干缺陷少、颜色浅、节省能源,降低了干燥成本。因此研究木材气干特点和含水率变化规律,对于保持气干材的经济库存量和正确合理地组织气干窑干组合干燥的生产是非常必要的。本项目研究了八种短周期工业材的气干特点和规律及预测气干干预干时间。从而为充分、有效地利用气干特点和规律,科学合理地组织气干窑干组合干燥提供科学依据。

2 试验材料和方法

- 2.1 试验材料 见表1
- 2.2 试验方法

表1 试材情况

Tab. 1 Testing species of short rotation plantation lumber

树种	产地	树龄 (年)	基本密度 (g/cm ³)	木材含水率 (%)
马尾松 (<i>Pinus massoniana</i>)	江西	16~18	0.389	146.9
湿地松 (<i>Pinus elliottii</i>)	江西	12~14	0.368	126.8
杉木 (<i>Cunninghamia lanceolata</i>)	江西	13~20	0.291	132.9
长白落叶松 (<i>Larix olgensis</i>)	东北	46~49	0.530	52.8
日本落叶松 (<i>L. kaempferi</i>)	东北	46~48	0.504	54.0
刺槐 (<i>Robinia pseudoacacia</i>)	陕西	10~18	0.619	37.4
毛白杨 (<i>Populus tomentosa</i>)	河北	26~30	0.432	91.1
火炬松 (<i>Pinus taeda</i>)	福建	13~15	0.422	126.7

原木先锯制成板材,试验板和含水率试验片从板的长度方向截取,试验板刨光后规格为:600 mm×120~150 mm×25 mm,两端涂沥清漆或703胶,然后用铝箔纸封头后存放在2℃的冷藏柜中,供四个季节试验用。

气干试验在气干棚内进行,每次试验时检查试验板的表面缺陷并称重,此后每隔一星期定时称重并记载可见缺陷。气干结束后,从试验板中部截取含水率试片及分层含水率试片,采用烘干法测定气干终含水率和计算历次称重时的含水率,并绘制气干过程曲线图。在试验期间,每日定时记录气干棚内的干、湿球温度,以此平均值作为月份的气候条件。

3 试验结果和讨论

试验分一年四个不同季节进行。马尾松、湿地松

杉木、日本落叶松、长白落叶松试验在1992年10月至1993年11月进行,火炬松、毛白杨、刺槐试验在1994年12月至1995年12月进行,由于各种试材气干时的含水率随季节变化趋势大体一致,特别在纤维饱和点以下时,含水率值都很接近,且在很小的范围内变化,有时几种树种的含水率值相同(交于一点),因此,为了便于观察起见,本文以杉木和毛白杨分别作为短周期工业材针叶树材和阔叶树材的代表来显示它们在气干过程中含水率的变化与干湿球温度和平衡含水率之间的关系。试验结果见表2,结果趋势见图1、图2。

3.1 气干过程特点

3.1.1 平均干燥延续期 自然干燥延续期因树种、季节、初含水率、板厚及板材类型(指径面板或弦面板)等而变化,单排堆积在气干棚内的马尾松、湿地松、杉木、日本落叶松、长白落叶松、火炬松、毛白杨、刺槐八种板材,当板厚为25 mm时,从初含水率60%干燥到15%,四个季节的试验平均气干延续期(北京地区)分别为13、16、24、19、22、19、37和26天。8种树种的有效气干终含水率指气干时可达到的含水率终点,该点以上时含水率下降较快,该点以下时的含水率则呈波动性变化(见表3)。

3.1.2 气干初期和后期速度比较

气干初期(从初含水率到30%)和后期(从30%到15%)的气干速度有显著差异,马尾松、湿地松、杉木、日本落叶松、长白落叶松、火炬松、毛白杨、刺槐八种短周期工业材的初期与后期气干速度比分别为4:1、3.4:1、5.3:1、5.8:1、1.3:1、2.6:1和2.9:1。可见,当 $W > 30\%$ 时气干速度很快,当 $W < 30\%$ 后,气干速度明显降低,当 $W < 20\%$,气干缓慢,见图1、图2。

表 2 短周期工业材气干延续期 (板厚 25 mm)										
Tab. 2 Air-drying testing record (board thickness 25 mm)										
序号	树 种	气干开始 日期	初含 水率 (%)	气干延续期 (天)				初期干燥速度 (% 天)		干燥缺陷 (等级)
				W (%)=				第一周	第二周	
				60~	30	30~	20~			
1	马尾松	92-10-29	110.5	2.5	4.7	5.9		8.74	2.05	1
2	马尾松	92-10-29	81.7	4.5	5.9	7.0		5.97	1.45	1
3	马尾松	93-01-30	43.3	3.9*	3.0	6.9		3.4	0.67	3
4	马尾松	93-04-28	53.7	5.6*	2.4	1.2		4.18	0.19	1
5	马尾松	93-04-28	48.6	5.0*	2.7	1.5		3.67	0.10	1
6	马尾松	93-08-01	24.0	—	4.0*	5.5		1.00	0.79	1
7	马尾松	93-08-01	22.4	—	2.9*	5.2		0.83	0.63	1
8	湿地松	92-10-29	79.7	4.3	4.0	8.2		6.25	1.02	1
9	湿地松	92-10-29	54.4	8.0*	4.0	8.2		3.49	0.95	1
10	湿地松	93-01-30	78.9	6.3	3.4	5.8		5.94	2.98	2
11	湿地松	93-01-30	82.7	6.2	3.7	11.0		6.37	2.74	2
12	湿地松	93-04-28	39.2	—	3.7	2.0		2.82	0.01	3
13	湿地松	93-04-28	45.3	—	3.5	1.5		3.32	0.13	2
14	杉木	92-10-29	86.3	12.8	10.2	—		4.43	2.19	1
15	杉木	92-10-29	61.8	6.6	5.8	6.6		4.12	1.44	1
16	杉木	93-01-30	38.4	—	4.6	19.8		2.58	0.39	2
17	杉木	93-01-30	93.8	4.3	4.7	13.7		8.61	2.61	2
18	杉木	93-04-20	84.3	5.4	6.0	5.4		5.52	1.50	1
19	杉木	93-04-20	104.0	4.4	1.2	0.5		9.06	0.21	1
20	杉木	93-08-01	32.4	—	8.0	14.4		1.88	0.87	1
21	杉木	93-08-01	25.8	—	—	21.4		1.68	0.06	1
22	日本落叶松	92-10-29	36.5	—	5.0	13.0		1.80	0.48	1
23	日本落叶松	92-10-29	36.8	—	5.0	13.0		1.82	0.48	1
24	日本落叶松	93-01-30	70.4	4.9	6.7	13.5		5.92	1.33	2
25	日本落叶松	93-04-28	76.6	4.9	1.6	0.9		6.17	0.36	1
26	日本落叶松	93-04-28	66.9	5.8	2.1	3.8		5.11	0.41	2
27	日本落叶松	93-08-01	20.4	—	—	11.5		0.03	—	3
28	长白落叶松	92-10-29	61.0	6.6	6.6	15.8		4.03	0.82	2
29	长白落叶松	92-10-29	57.4	4.3*	9.3	13.4		3.54	0.94	1
30	长白落叶松	93-01-30	39.0	—	4.2	18.4		20.63	0.60	2
31	长白落叶松	93-01-30	31.8	—	5.4	17.8		1.90	0.41	3
32	长白落叶松	93-04-30	43.6	—	3.3	1.7		2.98	0.23	1
33	长白落叶松	93-04-30	52.6	6.2*	2.7	2.2		3.71	0.36	2
34	长白落叶松	93-08-01	20.9	—	—	9.3		0.23	0.70	3
35	火炬松	94-12-02	119.0	15.7	7.5	8.2		5.24	3.81	2
36	火炬松	94-12-02	63.7	11.3	18.7	4.7		3.54	2.06	2
37	火炬松	95-03-01	42.0	3.6*	3.0	4.8		3.3	0.17	1
38	火炬松	95-03-01	33.8	1.4*	3.6	1.8		2.78	0.01	1
39	火炬松	95-06-30	29.9	—	13.7*	8.7		1.07	0.36	2
40	火炬松	95-06-30	25.8	—	3.8*	3.2		1.54	0.38	2
41	火炬松	95-10-05	168.0	6.4	5.1	5.8		16	4.2	3
42	火炬松	95-10-05	102.0	4.1	4.8	10.2		9.8	2.18	2
43	毛白杨	94-12-02	93.3	18.4	10.4	16.4		5.17	2.73	1
44	毛白杨	94-12-02	103.7	21.2	18.9	16.8		5.3	3.17	1
45	毛白杨	95-03-01	55.7	15.8*	21.3	20		2.82	0.14	2
46	毛白杨	95-03-01	71	18.2	16.3	13.5		3.01	0.49	2
47	毛白杨	95-06-30	87.3	20.5	13.8	3.8		2.07	1.52	2
48	毛白杨	95-06-30	38.4	5.1*	18.2	13.2		1.64	0.38	2
49	毛白杨	95-10-05	104	6.8	7.2	5.7		7.5	3.8	2
50	刺槐	95-10-05	69.6	6.3	5.7	6.8		5.40	1.74	2
51	刺槐	94-12-02	41.3	11.2*	26.9	31		1.31	0.51	2
52	刺槐	94-12-21	34.6	5.3*	27.9	26		0.87	0.41	2
53	刺槐	95-03-01	40.9	4.5*	8.9	13.5		2.4	0.31	2
54	刺槐	95-03-01	33	2.1*	10.8	14.4		1.46	0.27	2
55	刺槐	95-06-30	37.6	5.5*	13.9	20.1		1.38	0.66	2
56	刺槐	95-06-30	44.4	15.7*	24.2	18.1		1.37	0.55	2
57	刺槐	95-10-05	34.4	—	16.5	15		0.97	0.4	2
58	刺槐	95-10-05	30.2	—	17.8	14.3		0.81	0.5	2

注1: * 表示从 $W_{初} \rightarrow 30\%$ 的气干延续期; ** 表示从 $W_{初} \rightarrow 20\%$ 的气干延续期。
2 缺陷分等原则: 无或仅有端裂, 无翘曲或瓦弯者为Ⅰ级缺陷; 有短端表裂, 短细表裂5条以内, 微翘或微瓦弯(翘曲、瓦弯量均小于2 mm)均为Ⅱ级缺陷; 有长端表裂或劈裂, 短细表裂5条以上, 10条以下, 翘曲或瓦弯量小于4 mm者为Ⅲ级缺陷; 短细表裂10条以上, 长细表裂或宽表裂5条以下, 翘曲、瓦弯量大于4 mm者为Ⅳ级缺陷。

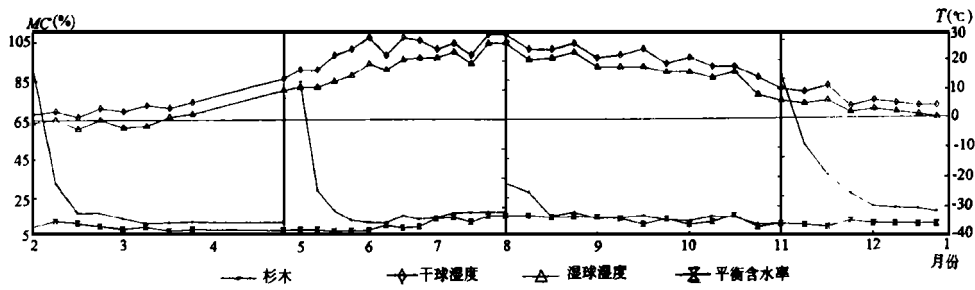


图 1 杉木试材气干过程中含水率的变化与干湿球温度及平衡含水率之间关系

Fig. 1 Relations among dry bulb, wet bulb, equilibrium MC and MC changes of Chinese fir during air-drying

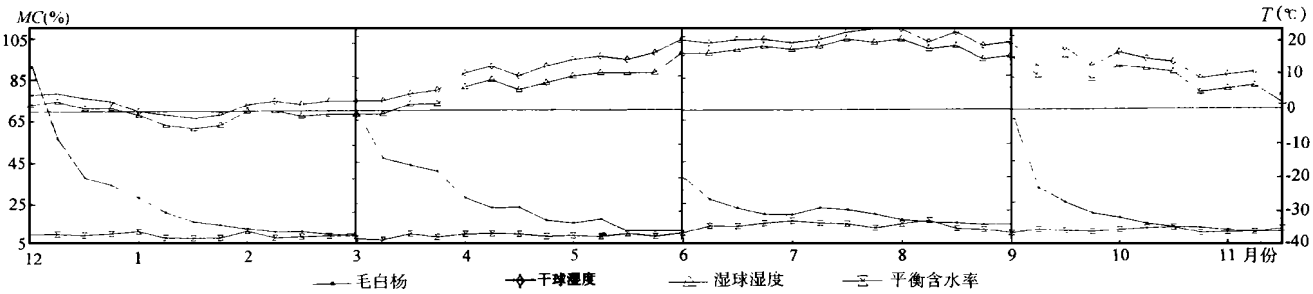


图 2 毛白杨试材气干过程中含水率的变化与干湿球温度及平衡含水率之间关系

Fig. 2 Relations among dry bulb, wet bulb, equilibrium MC and MC changes of Chinese white poplar during air-drying

表 3 不同月份的气干有效终含水率 (%)

Tab. 3 Valid final moisture content changes of testing specimen in different months

树种	92年 10~ 12月	93年 2~ 4月	93年 5~ 7月	93年 8~ 10月
马尾松	17. 0	17. 6	11. 2	12. 5
湿地松	17. 0	16. 6	11. 2	14. 6
长白落叶松	18. 5	19. 6	13. 0	13. 3
日本落叶松	17. 0	14. 8	12. 9	14. 5
杉木	19. 0	16. 4	14. 9	15. 1
	94年 12月 ~ 95年 2月	95年 3~ 6月	95年 6~ 9月	95年 10~ 12月
火炬松	13. 9	13. 0	17. 1	14. 3
毛白杨	15. 3	17. 0	18. 0	14. 7
刺槐	16. 8	12. 0	17. 5	15. 5

3. 1. 3 不同季节的气干速度比较 季节不同气干速度也不同 北京地区四季气候有显著差异,由图 1和图 2表明,5月份气候干燥,平均气温虽然只有 18℃,但平衡含水率最低,约 7. 6%,而 8月份虽然气温较高,平均约 24℃,但气候湿润,平衡含水率最高,约 15. 3%。因此,在北京地区 5 月份气干速度最快,可以气干到较低含水率,8月份气干速度最慢。

3. 1. 4 不同初含水率的气干速度比较 本次试验板生材含水率均较高(见表 1),锯板后存放于冷藏箱内。保存时间不同,含水率有不同程度的降低,有些试件在气干试验时的含水率已低于 30%。但为了比较不同初含水率气干速度的差异,这些试件仍列在表 2内。从表 2可见,相同树种和同一季节时,初含水率越高,初

期气干速度越快 但初含水率对后期气干速度的影响不显著或无规律

3. 2 气干缺陷

本次试验的八种短周期工业材中有针叶树材也有阔叶树材,其基本密度介于 0. 291~ 0. 619 g /cm³之间 初期气干速度很快,一般在第一个星期内就可以干到 30% 左右 气干缺陷主要是端裂 细短端表裂和细表裂 节子周围的开裂以及两种落叶松板面有松脂溢出 个别板材有轻微瓦弯和翘曲,但不严重,干燥缺陷等级见表 2 试验表明,端涂可以减少或避免端裂和端表裂 八种短周期工业材都适合生材直接气干。

4 结论

4. 1 八种短周期工业材全年(四季)平均气干速度以马尾松最快,湿地松次之 北京地区以初夏季节(5月份)气干最快 从初含水率 60% 气干到含水率 30%和 15% 的气干延续期分别为:马尾松 5. 3天和 9. 3天,杉木 4. 9天和 11. 5天,日本落叶松 5. 4天和 9. 7天,毛白杨 14天和 31 天;湿地松从初含水率 42. 3% 气干到 15%为 9. 7天,长白落叶松从初含水率 48. 1% 气干到 15%为 28天,火炬松从初含水率 42% 气干到 15%为 14. 4天,刺槐从初含水率 40. 9% 气干到 15%为 26. 9天 气干初期与后期干燥速度差异甚大,约 3~ 5倍 杉木和长白落叶松前期干燥甚快而后期干燥很慢

4.2 气干缺陷主要是端裂、细短端表裂和少量表裂。除二种落叶松和刺槐外,马尾松、湿地松、杉木、毛白杨和火炬松虽有缺陷但数量不多,个别板气干后有瓦弯和弓弯,但在板宽 120 mm 时,最大瓦弯量不超过 2 mm。因此,八种短周期工业材气干缺陷不严重,生材可以直接气干。

4.3 八种短周期工业材四季的干燥规律相同,即从初含水率降到含水率为 30% 左右时,含水率下降梯度很大,而后开始趋于平缓,到含水率为 20% 以下时,随外界气候条件变化呈波动性变化。因此,以气干作为预干时,适宜的预干终含水率为:马尾松,20%;湿地

松,25%~20%;杉木,30%~25%;日本落叶松,30%~25%;长白落叶松,30%~25%;火炬松,25%~20%;毛白杨,25%~20%;刺槐,30%~25%。

5 参考文献

1 何定华等.锯材气干、窑干联合干燥试验.木材干燥学术讨论会论文集,1991
2 南京林业大学.木材干燥.中国林业出版社,1981
3 成俊卿主编.木材学.中国林业出版社,1985
4 何定华等.毛白杨和沙兰杨木材气干过程和窑干工艺的研究.木材工业,1987,1(2): 8~15

(上接第 11 页)

表 6 刨花大小与形态对回弹率的影响

刨花大小与形态	初始厚度 (mm)	压缩厚度 (mm)	回弹厚度 (mm)	回弹率 (%)
大片刨花	70.55	16.01	31.99	22.65
普通刨花	55.37	13.21	23.98	19.45
细屑刨花	31.51	12.22	17.34	16.32

不变因素:密度 0.65 g/cm³;单层结构板坯;常温预压;保压时间 0.5 min;压缩厚度 13.21 mm (压实板坯);施胶量 10%

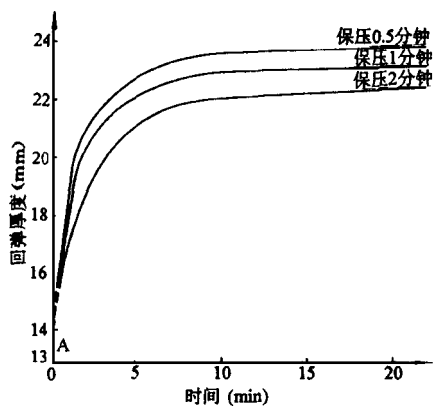


图 11 不同保压时间的板坯回弹厚度-时间曲线
Fig. 11 Mat spring-back/time curve with different closing time

表 7 保压时间对回弹率的影响

保压时间 (min)	初始厚度 (mm)	压缩厚度 (mm)	回弹厚度 (mm)	回弹率 (%)
0.5	55.37	13.21	23.98	19.45
1	55.21	13.02	23.23	18.50
2	55.05	13.32	22.40	16.50

不变因素:密度 0.65 g/cm³;普通刨花;单层结构板坯;常温预压;压缩厚度 13.21 mm (压实板坯);施胶量 10%。

长保压时间对减小回弹率的影响并不很大,且会降低生产率,所以不宜仅以延长保压时间来减小回弹。

2.3.6 刨花板密度对回弹率的影响 刨花板的密度与其板坯预压后的回弹率成反变关系。依据回弹率定义式,以表 8 所列 0.85 g/cm³ 与 0.45 g/cm³ 两密度数值的实验结果为例,可见,它们的密度之比为 0.85:0.45= 1.89,回弹量之比为 (28-16.05)/(16.90-

9.04)= 1.5,而铺装板坯的初始厚度之比却为 80.85/35.01= 2.3,分子比值小,分母比值大,显然板的密度大,其板坯预压后的回弹率反而小。

表 8 密度对回弹率的影响

密度 (g/cm ³)	初始厚度 (mm)	压缩厚度 (mm)	回弹厚度 (mm)	回弹率 (%)
0.45	35.01	9.04	16.90	22.71
0.65	55.37	13.21	23.98	19.45
0.85	80.85	16.05	28	14.78

不变因素:普通刨花;单层结构板坯;常温预压;保压时间 0.5 min;压缩厚度 13.21 mm (压实板坯);施胶量 10%

3 结论

3.1 预压后刨花板板坯产生厚度回弹的主要原因在于刨花(木材)是粘弹性材料,具有一定弹性。板坯的构成因素(如刨花的树种、大小与形态、胶粘剂种类、性质、用量、刨花板密度、结构)和预压工艺因素(时间、压力、温度)对回弹率都有作用。

3.2 预压时对板坯施加热量能显著减小回弹率,但不宜超过 80℃。

3.3 预压板坯的压缩厚度越小,回弹率也越小,以压实板坯为最佳。

3.4 适当增加刨花板内(或配用)细小刨花的用量,非但有利于减小回弹率,而且对减小板材的孔隙度和提高表面光洁度也很有裨益。

3.5 当刨花板的密度、结构以及所用刨花大小与形态一定时,可通过合理确定施胶量和预压工艺参数来控制回弹率。

林庆旺 参加试验

4 参考文献

1 陆仁书主编.刨花板制造工艺学(第二版).中国林业出版社,1994
2 尹思慈主编.木材学.中国林业出版社,1996
3 何曼君等编.高分子物理.复旦大学出版社,1996
4 天津大学化工系高分子教研室编.高分子物理.化学工业出版社,1979