

研究与开发

海口地区板材气干试验

蔡则谟 胡慕任 岑克国

摘要 以海南省的2种针叶树材及15种阔叶树材为材料,进行了海口地区板材气干试验。试样厚度以25 mm为主,试验结果如下:①一年中,1、2、11及12月的干燥速率低,不适宜于木材气干;②树种与板材厚度对干燥率影响大;③以25 mm厚板的干燥率为1.0,15 mm板为2.2,50 mm板为0.3;④气干过程,木材含水率对干燥率的影响最大,相对湿度和温度次之,风速和大气压力的影响不显著;⑤板材种间的平均平衡含水率差异显著,厚度间差异不显著。

关键词 木材大气干燥;干燥率;延续期

Air-seasoning Test of Lumber in Haikou Region

Cai Zemo Hu Muren Cen Keguo

(Research Institute of Tropical Forestry, CAF, Guangzhou 510520)

Abstract With 2 coniferous tree species and 15 broad-leaved tree species as testing material, an air-seasoning test of lumber was carried out at Haikou region. 25 mm was chosen as main thickness of the lumber, and a small amounts of lumber with 15 and 50 mm in thickness were tested as well. The final moisture content of 20% was adopted while analyzing the data, and the following results were obtained

1. In a year, the low drying rates occurred in Jan., Feb., Nov. and Dec.. So these months are not suitable for air-seasoning of lumber in this region.

2. Among the species studied, *Cyclobalanopsis patelliformis* and *Engelhardtia roxburghiana* had lower drying rates (< 1.0), *Podocarpus imbricatus*, *Adinandra hainanensis*, *Artocarpus styracifolia* and *Schefflera octophylla*, higher drying rates ($2.1 \sim 3.0$), and the other ten species, medium ($1.0 \sim 2.0$).

3. If the drying rate of 25 mm lumber was held as the base number of 1.0, the corresponding values were 2.2 and 0.3 for the 15 and 50 mm lumber, respectively.

4. An analysis of multiple regression showed that, in the process of air-seasoning, the moisture content of wood was the most important factor affecting the drying rate of lumber, followed by the relative humidity and temperature. The effects of wind speed and atmospheric pressure were not significant.

5. Significant differences were found in equilibrium moisture contents among the difference wood species tested, but not the thickness of the lumber. The average EMC of the lumber tested was 17.2%.

Keywords Air-seasoning of wood; Drying rate; Continuous drying time

木材大气干燥虽存在最终含水率高、延续期长等缺点,但生材含水率能较快地降至纤维饱和点,且含水率分布较均匀,应力小。在木材窑干前先气干,可缩短窑干时间,并有利于提高木材窑干质量;构件材及林区加工外运的锯材经过短期气干,可相当大地减轻重量。因此,大气干燥至今仍有现实意义,是木材干燥的主要方法之一。

本试验是结合海口家具厂的板院工作,试验的次数及树种较多,积累了较丰富的资料,这些资料对生产及教学似仍有一定的参考价值。

1 材料和方法

试验材料有针叶树材2种及阔叶树材15种(表1),均为海南省重要用材树种。1965年1~12月逐月开始一批试验,其中6种树种做3~5次,1种树种做6~12次。每种树种每次试验的试板5块,试板厚度以25 mm为

收稿日期 1996-05-06
蔡则谟、胡慕任分别是中国林科院热带林业研究所副研究员,岑克国是该所工程师,广州 510520

主,有9种树种于3 6 9月的试验中增加15及50 mm两种厚度;试板宽度及长度均分别为15及60 cm按常规堆垛气干的头10天约间隔3天称量,以后约间隔10天,再随板重变化酌增间隔时间,至大体稳定时结束,测定每块板的烘干重,据此计算气干过程的含水率。1种树种的材料于气干结束后再作平衡含水率试验。有关气象资料由海南气象局提供

2 结果及分析

2.1 干燥率及干燥延续期(简称延续期)指生材气干至含水率20%的过程中平均一天减少的含水率值及所需气干天数

2.1.1 不同月份的干燥率及延续期 以各月试验材料生材含水率相差最小($\bar{X}=94.6\%$, $CV=6.0\%$)的25 mm荷木板作比较(图1)。由于有些试验近下旬或月末开始,为反映实际气干时间及相应空气条件的影响,有两个坐标点位于3~4月及6~7月之间,以及10月空缺。图上端为各月的温度及相对湿度。当年1月至次年2月的干燥率小,因为此期间,海口地区受北方冷空气影响,温度下降,湿度升高;其余月份,虽然夏秋之交时有较大热雷雨,但总的来看,温度较高,湿度略低,干燥率较大。各月干燥延续期的变化基本上与干燥率相适应。

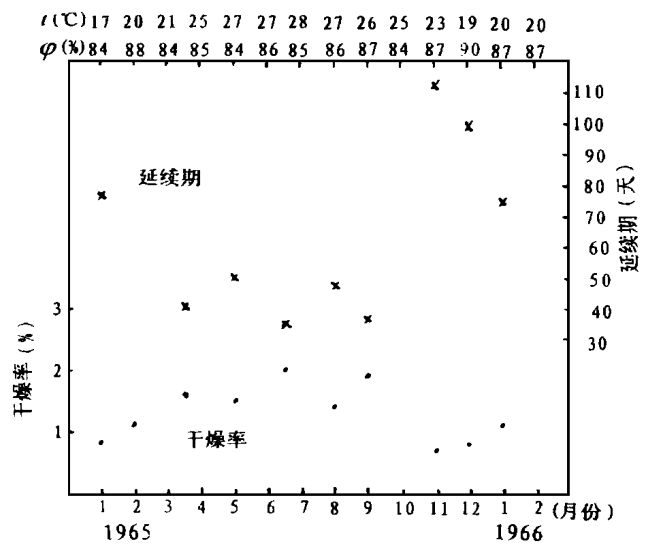


图1 荷木的干燥率及干燥延续期
Fig. 1 Drying rate and continuous drying time of *Schima superba*

2.1.2 不同树种的干燥率及延续期 1种树种的25 mm板均做3 6 9月的气干试验,并以这三次的平均值(见表1)用于种间比较。 M_{30} 取自干燥曲线。阔叶树材

中,生材含水率大(88.3%~115.3%,平均98.7%)的6种与较小(43.8%~75.6%,平均61.3%)的9种相比,表现为干燥率较大,延续期较短,前者的平均值为2.9%及39天,后者为1.1%及45天。为便于比较,将干燥率及延续期划分为三级,有 M_G 及 M_{30} 两个结果(表2)。前者为自然状态的生材含水率,干燥速度受不同初含水率的影响,但比较实用;后者取同一初含水率,适宜规定条件下的种间比较。

表1 25 mm板3 6 9月试验的平均值*

Tab. 1 Air-seasoning average value of 25 mm lumber in Mar., June, Sept.

树种	生材含水率 (%)	干燥率(%) 延续期(天)			
		M_G	M_{30}	M_G	M_{30}
鸡毛松 <i>Podocarpus imbricatus</i>	56.8	2.4	0.8	17	14
陆均松 <i>Dacrydium pierrei</i>	85.3	2.0	0.6	33	19
黄杞 <i>Engelhardtia roxburghiana</i>	74.6	0.9	0.3	61	34
盘壳青冈 <i>Cyclobalanopsis patelliformis</i>	43.8	0.4	0.2	86	75
白颜 <i>Grommiera subaequalis</i>	97.7	2.0	0.5	40	22
小叶胭脂 <i>Artocarpus styaciifolia</i>	95.5	2.2	0.6	35	16
吊兰苦梓 <i>Michelia mediocris</i>	74.6	1.4	0.5	41	23
油丹 <i>Alseodaphne hainanensis</i>	50.2	1.0	0.5	33	22
左氏樟 <i>Cinnamomum tsoi</i>	56.5	1.6	0.6	26	20
广东钓樟 <i>Lindera Kwangtungensis</i>	75.6	1.1	0.3	51	31
润楠 <i>Machilus sp.</i>	59.8	1.0	0.5	38	26
油楠 <i>Sindora glabra</i>	50.6	1.1	0.5	31	22
橄榄 <i>Canarium album</i>	103.8	2.2	0.5	39	20
荔枝 <i>Litchi chinensis</i>	66.9	1.2	0.4	40	26
海南杨桐 <i>Adinandra hainanensis</i>	115.3	2.7	0.7	37	17
荷木 <i>Schima superba</i>	91.2	1.5	0.4	51	24
鸭脚木 <i>Schefflera octophylla</i>	88.5	2.9	0.7	29	19

* M_G —以生材含水率为初含水率; M_{30} —以30%为初含水率

表2 干燥率及延续期分级

Tab. 2 Classification of drying rate and continuous drying time

M_G		M_{30}	
干燥率 (%)	< 1.0	盘壳青冈、黄杞	0.1~0.3盘壳青冈、黄杞、广东
	1.0~2.0	陆均松、白颜、荷木、 广东钓樟、吊兰苦梓、 荔枝、润楠、左氏樟、 油楠、油丹	0.4~0.6陆均松、白颜、小叶胭脂、 吊兰苦梓、油丹、 左氏樟、润楠、油楠、 橄榄、荔枝、荷木
	2.1~3.0	鸡毛松、海南杨桐、橄榄、 小叶胭脂、鸭脚木	
	< 30	鸡毛松、左氏樟、鸭脚木	10~20鸡毛松、陆均松、小叶胭脂、 左氏樟、橄榄、 海南杨桐、鸭脚木
延续期 (天)	30~60	陆均松、白颜、小叶胭脂、 吊兰苦梓、油丹、 广东钓樟、润楠、油楠、 橄榄、荔枝、海南杨桐、 荷木	21~30白颜、吊兰苦梓、油丹、 润楠、油楠、荔枝、荷木
	61~90	盘壳青冈、黄杞	40盘壳青冈*、黄杞、广东
			钓樟

* 实际延续期为75天,是本试验干燥最慢、生材含水率最小的树种。

2.1.3 不同厚度板材的干燥率及延续期 鸡毛松、陆均松、黄杞、小叶胭脂、油楠、橄榄、海南杨桐、荷木及鸭

脚木等 9 种树种于 3 6 9 月做 15 25 50 mm 三种厚度的比较试验,结果列于表 3 如以 25 mm 厚的板为基准 (1.0),则 15 mm 厚的板干燥速度快 2.2 倍,50 mm 厚的板为其 1/3; 15 mm 厚的板延续期减少 1/2,50 mm 厚的板延长 3.4 倍。

表 3 三种厚度板材的干燥率及延续期

Tab. 3 Drying rate and continuous drying time of lumber with 3 different thickness

板厚 (mm)	干燥率 (%)		延续期 (天)	
	平均	范围	平均	范围
15	4.6	2.3~6.4	16	12~23
25	2.1	0.9~3.4	34	17~60
50	0.7	0.3~1.2	116	55~187

图 2 为陆均松三种厚度板 6 月份试验的含水率变化。各树种的干燥曲线大体上类似,气干头 10 天,木材中水分蒸发很快,厚 25 mm 试验板 1~12 月的各次试验表明各树种含水率平均减少 46%,从而相当大地减轻板材重量,便于运输,也说明气干作为木材窑干的预处理对节约能源具有重要的意义。

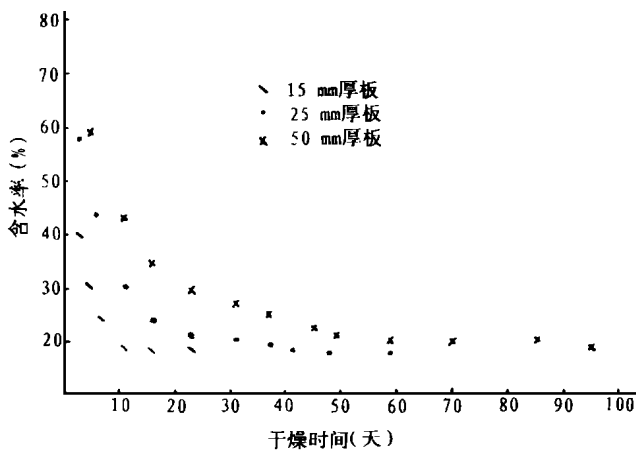


图 2 陆均松板材的干燥曲线

Fig. 2 Drying curve of *Dacrydium pierrei* lumber

海口地区的木材平衡含水率约为 17%^[1]。17 种树种 25 mm 厚的试板 3 6 9 月的试验表明,生材气干至含水率 17% 的延续期,平均为 95 天,其中鸡毛松、小叶胭脂、油丹、左氏樟、油楠、海南杨桐及鸭脚木为 44~66 天,其余 10 种树种为 108~161 天,比干燥至含水率 20% 平均延长 2.4 (1.5~4.0) 倍。10~12 月开始的试验,少数树种需 100 天以上,多数树种未能降至 17%。15 mm 厚的试板平均延续期为 40 天。50 mm 厚的鸡毛松、陆均松、小叶胭脂、油楠、鸭脚木试板的平均延续期为 138 天,其余 4 种树种于试验结束时 (200 余天) 仍在 18% 以上。可见,除 15 mm 厚的薄板外,气干至平衡含水率需时很长,生产厂难以接受,因此,本文主要讨论以 20%

为最终含水率的有关问题

2.2 影响干燥率的某些因素 以 20% 为最终含水率,分析了每次称量时的木材含水率 (x_1)、空气温度 (x_2)、相对湿度 (x_3)、风速 (x_4) 及大气压力 (x_5) 对干燥率 (y , 两次称量间含水率平均日变化值) 的影响,首先作 17 种树种 25 mm 厚试板的五元线性回归分析 ($n=23\sim125$, 平均 70) 结果, $R=0.840\sim0.940$, 平均 0.904, $F=10.5\sim140.6$, 平均 61.9, 均达到很显著的水准。但偏回归平方和的检验表明, x_4 在所有树种均未达到统计的显著性 ($F_4=0.0007\sim2.67$), x_5 仅在油楠达到 0.05 显著水准 ($F_5=0.04\sim4.45$)。于是舍弃因素 x_4 、 x_5 , 对三种厚度板材均作三元线性回归分析,主要结果列于表 4 与五元回归分析相比, R 略减小 (平均减小 0.002), F 值平均增大至 42.7。15 mm 板的 R 及 F 均达到显著水准,但多数样本的 n 小于 20,故略去。偏回归平方和的检验结果为 25 mm 厚板的 17 种树种中, F_1 (平均 288.5) 的显著性均在 0.001; F_2 (平均 7.0) 在 0.001 的 4 个树种, 0.01 的 2 个, 0.05 的 1 个, 另 10 个不显著; F_3 (平均 26.7) 的显著性在 0.001 的 11 个, 0.01 及 0.05 的各 1 个, 另 4 个不显著。50 mm 板 9 种树种中, F_1 (平均 249.6) 的显著性均在 0.001; F_2 (平均 5.9) 在 0.001、0.01 及 0.05 各 1 个, 另 6 个不显著; F_3 (平均 7.5) 的显著性在 0.001 的 2 个, 0.01 及 0.05 各 1 个, 另 5 个不显著。这表明木材含水率对干燥率的影响最大,其次为相对湿度,温度的影响较小,当板厚增至 50 mm,温度的作用进一步减弱,相对湿度的作用也减弱,25 mm 及 50 mm 的黄杞等 4 种树种的 b_2 为负值可能与此有关。

2.3 板材的平衡含水率 (W_e) 1965 年 7 月至 1966 年 12 月测定了 17 种树种厚 25 mm 的板,5 种树种的 15 及 50 mm 板的平衡含水率。

2.3.1 不同厚度板的 W_e 表 5 为各树种 18 个月的平均值,三种厚度板材之间没有一定的差异趋势,总平均值相差也很小,因此以下仅讨论 25 mm 板的有关问题。

2.3.2 各树种的 W_e 从表 5 可见,鸡毛松的 W_e 最大;小叶胭脂心材最小,表明这种心材的 W_e 确实很低^[1],因其边材易受虫蛀,未取试样。种间差异高度显著 ($F=36.9, f_1=10, f_2=121$)。各月的平均 W_e 变化 (图 3) 同小试样的结果一致^[1]。

2.3.3 板材及小试样的 W_e 比较 板材的平均 W_e 为 17.2,小试样为 17.1%^[1]。同一树种仅鸡毛松和陆均松的板材 W_e 显著大于小试样,平均差值均为 1.75%;其余阔叶树材的二者差异很小,并且多为小试样的 W_e 略大于板材的。

表 4 木材含水率(x_1)、空气温度(x_2)、相对湿度(x_3)及干燥率(y)的线性回归分析

Tab. 4 Linear regression analysis of wood moisture content(x_1), air temperature(x_2), relative humidity(x_3), and drying rate(y)

树种	回归方程	R	F	n
25 mm厚度				
鸡毛松	$y = 8.514298 - 0.113165x_1 + 0.02318x_2 - 0.126884x_3$	0.918	118.0	70
陆均松	$y = 6.6600642 - 0.074088x_1 + 0.070639x_2 - 0.109060x_3$	0.914	170.0	104
黄杞	$y = 6.966415 - 0.068863x_1 + 0.023898x_2 - 0.088624x_3$	0.882	142.2	125
盘壳青冈	$y = 2.828796 - 0.094344x_1 + 0.009256x_2 - 0.058449x_3$	0.910	100.9	67
白颜	$y = 6.865934 - 0.067301x_1 + 0.112744x_2 - 0.128218x_3$	0.912	49.3	34
小叶胭脂	$y = 6.556057 - 0.083028x_1 + 0.0088473x_2 - 0.115920x_3$	0.874	102.0	98
吊兰苦梓	$y = -2.478778 + 0.101274x_1 + 0.045757x_2 - 0.009826x_3$	0.909	54.1	38
油丹	$y = 3.749153 - 0.103290x_1 + 0.078001x_2 - 0.092415x_3$	0.935	44.1	23
左氏樟	$y = 1.337923 - 0.134987x_1 + 0.119231x_2 - 0.082664x_3$	0.832	18.0	28
润楠	$y = 4.125857 - 0.088940x_1 + 0.022154x_2 - 0.073709x_3$	0.938	83.3	38
油楠	$y = 1.611708 - 0.101989x_1 + 0.045008x_2 - 0.054781x_3$	0.935	219.3	99
橄榄	$y = 7.488456 - 0.068661x_1 + 0.070156x_2 - 0.118625x_3$	0.937	123.0	55
荔枝	$y = -3.584053 + 0.082346x_1 + 0.241179x_2 - 0.056377x_3$	0.892	45.6	39
海南杨桐	$y = 8.490416 - 0.081556x_1 + 0.096542x_2 - 0.140210x_3$	0.926	203.7	105
荷木	$y = 8.625852 - 0.078704x_1 + 0.032369x_2 - 0.127065x_3$	0.862	108.0	116
鸭脚木	$y = -4.646283 + 0.095353x_1 + 0.286512x_2 - 0.052312x_3$	0.851	28.8	37
广东钓樟	$y = 7.076576 - 0.072087x_1 + 0.021917x_2 - 0.103914x_3$	0.913	169.8	106
50 mm厚度				
鸡毛松	$y = 2.288084 - 0.072380x_1 + 0.035458x_2 - 0.052241x_3$	0.968	93.5	23
陆均松	$y = 3.535838 - 0.054968x_1 + 0.011273x_2 - 0.057780x_3$	0.961	170.9	46
黄杞	$y = 0.767001 - 0.037546x_1 + 0.025404x_2 - 0.011006x_3$	0.889	80.1	68
小叶胭脂	$y = 12.740159 - 0.074459x_1 + 0.188620x_2 - 0.109352x_3$	0.828	19.7	31
油楠	$y = -0.942111 + 0.052823x_1 + 0.040485x_2 - 0.015002x_3$	0.919	74.5	45
橄榄	$y = 6.478227 - 0.035852x_1 + 0.054147x_2 - 0.067014x_3$	0.940	100.8	44
海南杨桐	$y = -2.735510 + 0.061946x_1 + 0.050121x_2 - 0.025378x_3$	0.954	122.8	40
荷木	$y = 3.414940 - 0.062621x_1 + 0.120124x_2 - 0.199231x_3$	0.825	30.5	47
鸭脚木	$y = -1.019394 - 0.077719x_1 + 0.062529x_2 - 0.027700x_3$	0.973	118.0	24

表 5 板材的平衡含水率(%)

Tab. 5 Equilibrium moisture content(%) of lumber from 11 different species

树种	厚度(mm)			
	25	15	25	50
鸡毛松	18.9	18.0	18.9	17.8
陆均松	17.8	17.1	17.8	17.6
黄杞	17.1	17.0	17.1	17.0
油楠	17.2	16.8	17.2	18.1
海南杨桐	18.0	17.7	18.0	18.1
盘壳青冈	17.5	-	-	-
小叶胭脂(心材)	14.5	-	-	-
油丹	16.8	-	-	-
广东钓樟	16.5	-	-	-
荔枝	18.0	-	-	-
荷木	17.6	-	-	-
平均	17.2	17.3	17.8	17.7

小试样的 $t-hW_e$ 回归方程^[1]可用于三种厚度板材,仅须作如下修正:

- 25 mm板
- 鸡毛松+ 1.5,海南杨桐+ 1.0,小叶胭脂心材- 2.5
- 15 mm板
- 鸡毛松+ 1.0
- 50 mm板
- 海南杨桐+ 1.0

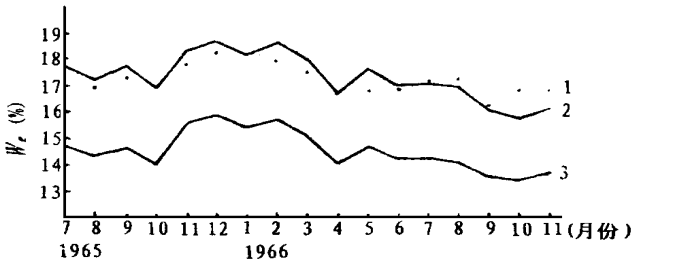


图 3 25 mm 板材月平均 W_e (%) 的变化

Fig. 3 The variation of W_e (%) average monthly from 25 mm lumber

- 1.按小试样 $t-hW_e$ 回归方程^[1]的计算值;
- 2.平均; 3.小叶胭脂心材

致谢 黄世满、刘淑兰参加工作;感谢海南气象局提供气象资料;宋湘予及黄世能同志的帮助。

3 参考文献

1 蔡则谟.海口地区的木材平衡含水率.林业科学,1995,31(3): 284-287