

黄毛青冈等四种硬木干燥特性的研究

肖绍琼 施桂萱 吴立忠

(西南林学院) (云南省林产工业公司) (西南林学院)

摘要 对黄毛青冈、高山栲、滇石栎和栓皮栎等四种硬阔叶树材的构造、密度、全干缩率、弦、径向干缩变化、用百度法和气干等进行了观察和试验。结果表明四种木材导管内含有丰富或较多的侵填体, 密度甚大, 全干缩率大, 弦、径向干缩比差异也大, 水分传导性差, 干燥速度缓慢, 干燥时易发生表裂、内裂、翘弯和扭曲等现象, 属难干材。通过试验, 提出了克服干燥缺陷的一些措施, 为制定四种木材干燥工艺提供了依据。

关键词 硬阔叶树材, 干燥特性, 干缩性, 百度法, 气干

云南省阔叶树资源丰富, 占全省森林蓄积量的46.6%, 其中壳斗科林木的蓄积量又占阔叶林资源的41.8%, 但是长期以来利用不多, 特别是硬阔叶树材未能合理利用, 主要原因是木材难干燥, 在干燥过程中易发生变形和开裂等不良现象。随着森林资源结构的变化, 阔叶树材的利用日益受到重视。为此作者从1989年开始约2年的时间对黄毛青冈等四种硬木的干燥特性进行了研究, 为制定硬阔叶树材干燥工艺提供科学依据。

一、试验材料

根据中华人民共和国国家标准《木材物理力学试材采集方法》的规定, 作者于1989年11月底至12月初在云南省双柏县独田林场采集了黄毛青冈 (*Cyclobalanopsis delavayi*) 高山栲 (*Castanopsis delavayi*)、滇石栎 (*Lithocarpus dealbatus*) 和栓皮栎 (*Quercus variabilis*) 等四种试材。每种试材采集3~5株, 每株取2~3段, 每段端头涂以涂料, 防止水分蒸发而开裂。

二、黄毛青冈等四种木材的密度和干缩

1. 黄毛青冈等四种木材的密度和弦、径

收稿日期: 1992.1.6.

李华、木乔英、高泉等同志参加了本研究。

向全干缩

气干密度的测定, 试样制作及试验方法按国家标准GB1927~1943—80《木材物理力学试验方法》的规定进行。弦、径向全干缩率(试样尺寸为30(长)×30(宽)×10(厚)mm)。试验方法亦均按国家标准的有关规定进行。试验结果如表1。

表1 四种木材的气干密度和弦、径向全干缩率

树 种	黄毛青冈	高山栲	滇石栎	栓皮栎
气干密度 (g/cm ³)	0.923	0.843	0.950	0.917
弦向全干缩率(%)	15.50	10.10	14.00	11.30
径向全干缩率(%)	5.20	4.80	5.10	6.80

由表1可知, 四种木材的气干密度属甚重, 弦、径向全干缩率均高。

2. 黄毛青冈等四种木材含水率每降低5%时, 弦向、径向干缩变化

根据国家标准, 测定干缩系数的试样取自气干材, 干缩系数只能用于不同种木材之间尺寸变异性的比较, 不能用来分析干燥特性和指导干燥工艺。为此作者从生材取试样, 试样大小为30(长)×30(宽)×10(厚)mm。试验方法是将试样从室温到100℃的高温下烘至全干, 在烘干过程中, 按时称量重量与尺寸, 算出含水率每降低5%时干缩率的变化; 以每含水阶段开始时的尺寸为准,

求出干缩系数。黄毛青冈等四种木材干缩率、干缩系数与含水率的变化如表2和图1所示。

实验表明黄毛青冈等四种木材,不论其初含水率有多高,一旦开始失水,便立即开始收缩,随着木材含水率的降低,木材的收

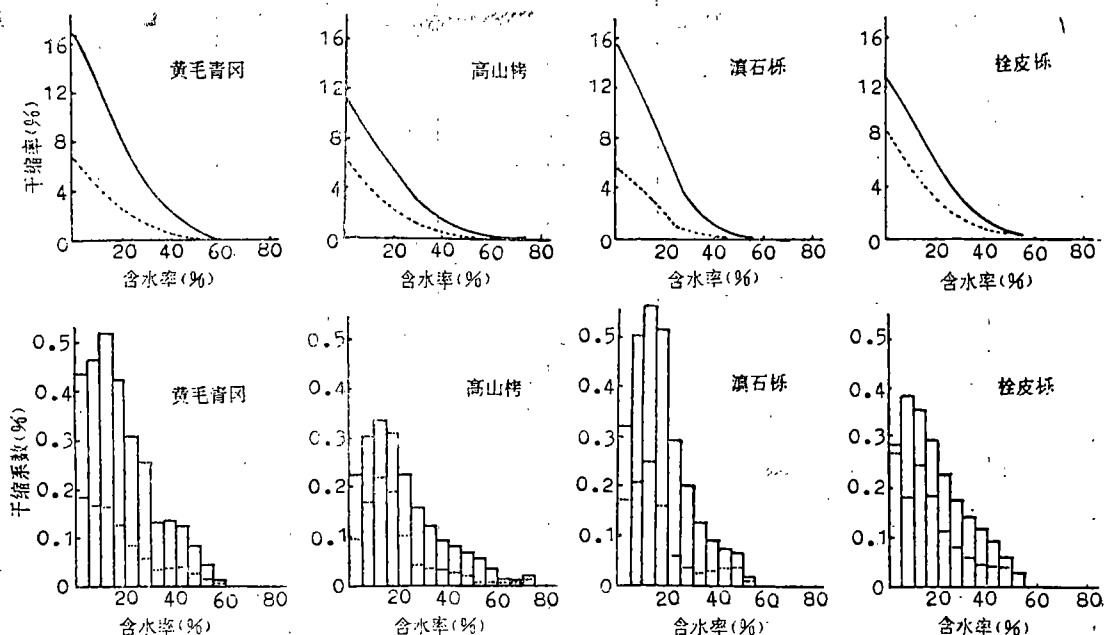


图1 黄毛青冈等四种木材干缩率、干缩系数与含水率的变化

——弦向

.....径向

缩由小逐步增大。弦向干缩曲线的转折点不明显,径向干缩曲线的转折点略明显,纤维饱和点不明确,黄毛青冈约在25%~30%之间,高山栲约20%~25%,滇石栲约20%~25%,栓皮栲约25%~30%。

黄毛青冈等四种木材在干燥的全过程中,干缩的绝对数值和弦、径向干缩比值差异大。随着木材含水率降低,弦、径向干缩比值逐渐增加,当达到最大值后又逐渐减小。黄毛青冈弦、径向干缩比的最大差异(3.9)在含水率为25%~30%阶段,弦、径向干缩系数比最大差异(4.5)在含水率为30%~35%阶段。高山栲弦、径向干缩率比和干缩系数比的最大差异(3.9, 4.7)均在含水率为50%~55%阶段。滇石栲弦、径向干缩率和干缩系数比最大差异(3.9, 5.6)均在含水率为25%~30%阶段。栓皮栲弦、径向干缩率比最大差异(2.2)在含水率为25%~30%阶

段,弦、径向干缩系数比最大差异(2.5)在含水率为35%~40%阶段(结果如表2)。

三、黄毛青冈等四种木材100℃干燥试验

黄毛青冈等四种木材100℃干燥试验,基本上采用日本寺沢真的百度法进行。试验方法首先将生材原木锯解为板材,然后从中选取标准弦锯板制成200(长)×100(宽)×20(厚)mm的试验片,称初重后横立放在100℃恒温干燥箱内干燥,定期称重、观察,直至含水率小于1%,并记录试验片干燥初期开裂情况。干燥结束后,将试验片于长度方向对半横向锯开,观察、记录试验片横断面内部开裂情况,测定截面变形。

根据测定,各树种试验片的初含水率、初期开裂、截面变形、内部开裂和干燥速度如表3。

表2 黄毛青冈等四种木材弦、径向干缩率、干缩系数之比

含水率 (%)		75~70	70~65	65~60	60~55	55~50	50~45	45~40	40~35	35~30	30~25	25~20	20~15	15~10	10~5	5~0
黄毛青冈	干缩率 S (%)	弦向 (S_t) 径向 (S_r) $S_t : S_r$			0.15 0.05 3.0	0.45 0.13 3.5	0.95 0.25 3.8	1.65 0.45 3.7	2.35 0.65 3.6	3.00 0.85 3.5	4.5 1.15 3.9	5.90 1.60 3.7	8.4 2.4 3.5	11.00 3.35 3.3	13.30 4.25 3.1	15.50 5.20 3.0
	干缩系数 K (%)	弦向 (K_t) 径向 (K_r) $K_t : K_r$			0.014 0.005 2.8	0.046 0.016 2.9	0.084 0.028 3.0	0.124 0.040 3.1	0.135 0.040 3.4	0.131 0.036 3.6	0.252 0.056 4.5	0.309 0.081 3.8	0.424 0.124 3.4	0.520 0.162 3.2	0.463 0.168 2.8	0.436 0.182 2.4
	干缩率 S (%)	弦向 (S_t) 径向 (S_r) $S_t : S_r$	0.04 0.02 2.0	0.10 0.05 2.0	0.20 0.10 2.0	0.42 0.12 3.5	0.70 0.18 3.9	1.13 0.30 3.8	1.98 0.60 3.3	2.50 0.80 3.1	3.10 1.00 3.1	4.21 1.55 2.7	5.72 2.50 2.3	7.45 3.51 2.1	8.90 4.35 2.0	10.10 4.80 2.1
高山栲	干缩率 S (%)	弦向 (S_t) 径向 (S_r) $S_t : S_r$	0.022 0.011 0.20	0.009 0.005 1.8	0.013 0.008 1.6	0.035 0.009 3.9	0.056 0.012 4.7	0.069 0.022 3.1	0.091 0.031 2.9	0.120 0.036 3.3	0.160 0.041 3.9	0.226 0.100 2.3	0.310 0.190 1.6	0.343 0.218 1.6	0.308 0.168 1.8	0.224 0.090 2.5
	干缩系数 K (%)	弦向 (K_t) 径向 (K_r) $K_t : K_r$														
	干缩率 S (%)	弦向 (S_t) 径向 (S_r) $S_t : S_r$														
滇石栎	干缩率 S (%)	弦向 (S_t) 径向 (S_r) $S_t : S_r$														
	干缩系数 K (%)	弦向 (K_t) 径向 (K_r) $K_t : K_r$														
	干缩率 S (%)	弦向 (S_t) 径向 (S_r) $S_t : S_r$														
栓皮栎	干缩率 S (%)	弦向 (S_t) 径向 (S_r) $S_t : S_r$														
	干缩系数 K (%)	弦向 (K_t) 径向 (K_r) $K_t : K_r$														
	干缩率 S (%)	弦向 (S_t) 径向 (S_r) $S_t : S_r$														

表3 试验片的初含水率及初期开裂、截面变形、内部开裂和干燥速度等级

树 种	初含水率 (%)	初 期 开 裂	截 面 变 形	内 部 开 裂	干 燥 速 度
黄毛青冈	51.2	7	6	5	4
高山栲	63.1	8	7	5	5
滇石栎	48.3	7	4	3	4
栓皮栎	58.3	7	6	5	4

黄毛青冈等四种木材,木纤维胞壁很厚,具缘纹孔形小,数甚少,导管内侵填体较多或丰富,其水分传导性差,干燥速度属慢或甚慢。而且在干燥的全过程中,干缩的绝对值和弦、径向干缩比值均大,因此容易产生大的内应力而发生严重或甚严重的开裂。黄毛青冈、滇石栎和栓皮栎的木材具有宽木射线,它的存在加剧了木材的开裂现象。滇石栎木材的初含水率低,表面硬化没有其它三种严重,内部开裂属中等,由此可见内部开裂与初含水率关系较大。

四、气干试验

气干试验试样分别从试材上选取制成600(长)×100(宽)×50(厚)mm,600×100×25mm和600×100×15mm等三种规格的弦锯板和径锯板各2块。四种木材共制试验板48块。试验时间17个月,定时称重和检测干燥缺陷。试验结果如表4、表5和图2。

四种木材在干燥季节开始进行室内气干,弦锯板的干燥速度不同程度地慢于径锯板。各种厚度试验板的气干速度均随含水率降低而不断地减小,含水率降到一定值所需的时间随材厚增加而显著增加。

四种木材气干到平衡含水率所需时间,

注:初期开裂等级划分为无、轻微、甚少、少、中、较严重、严重、甚严重8级。内部开裂等级分为无、少、中、较严重、严重、甚严重6级。截面变形等级划分为微、甚小、略小、小、中、较大、大、甚大8级。干燥速度等级按含水率30%降至5%所需时间划分为快、较快、中、慢、甚慢5级,其时间分别是10小时以下,11~15,16~20,21~30和30小时以上。

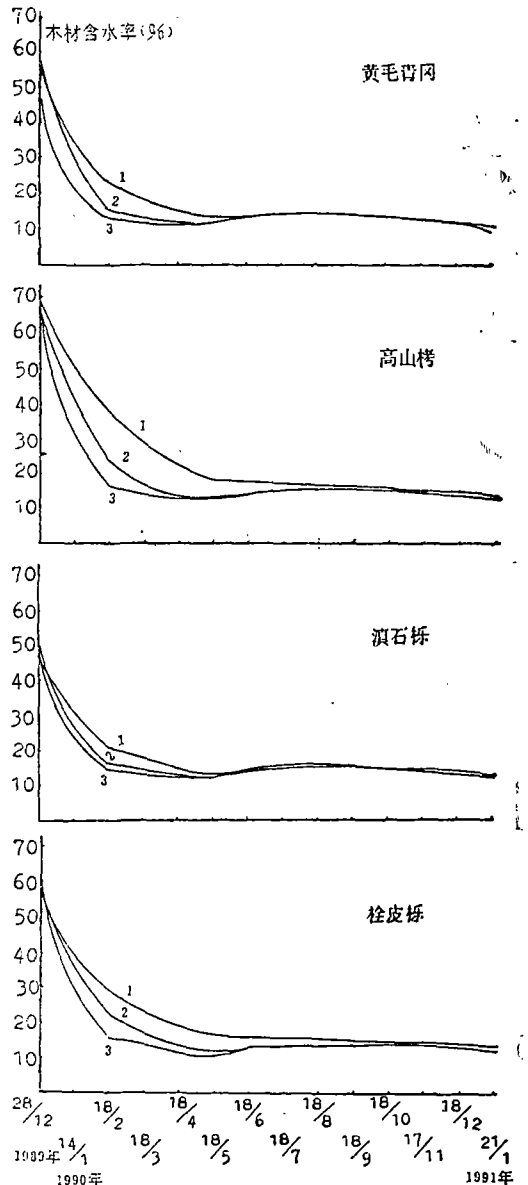


图2 黄毛青冈等四种木材的气干过程
1—厚50mm, 2—厚25mm, 3—厚1.5mm

黄毛青冈和滇石栎弦锯试验板约需138天,高山栲和栓皮栎弦锯试验板,厚50mm者约需415天,25mm和15mm者约需138天,前两种木材的气干速度快于后两种。

黄毛青冈和滇石栎木材气干缺陷严重,弦锯板更为严重。表裂程度受厚度的影响较大,随着试验板厚度的增加,表裂程度也会逐渐增加。翘弯和扭曲程度与锯板的厚度关

表4 黄毛青冈等四种木材气干含水率变化

树种	锯板	厚度 (cm)	气 干 时 间 (天)														
			开始	16	32	47	63	78	108	138	168	198	228	287	317	348	385
黄毛青冈	弦锯板	5	56.7	35.5	28.5	23.0	20.7	18.8	14.4	12.5	13.3	14.1	14.2	13.7	12.9	12.9	11.3
		2.5	63.3	30.3	21.2	15.8	14.4	13.5	11.5	11.0	13.4	14.4	13.5	13.7	13.0	12.9	11.0
		1.5	61.0	21.2	15.5	12.7	13.3	12.8	10.9	10.8	13.9	14.4	13.3	13.6	12.9	12.7	9.9
	径锯板	5	56.6	37.0	30.7	25.6	23.1	20.7	16.3	13.5	14.0	14.5	13.1	13.9	12.9	12.8	11.7
		2.5	56.3	31.0	23.0	17.6	14.3	14.6	11.8	11.2	13.4	14.0	13.4	13.5	12.7	12.8	11.0
		1.5	59.0	23.9	16.7	12.9	12.9	12.8	10.8	10.7	14.0	14.6	13.6	13.7	12.9	12.9	10.3
高山栲	弦锯板	5	68.3	49.0	47.1	35.8	31.6	28.8	22.2	18.0	17.5	17.1	16.0	15.8	15.3	15.0	13.8
		2.5	67.3	40.4	30.1	23.1	19.4	16.3	14.0	13.0	14.9	15.4	14.8	15.3	14.7	14.4	12.9
		1.5	72.7	30.2	20.4	15.9	15.0	14.7	12.5	12.5	15.3	15.4	14.9	15.4	14.8	14.7	12.6
	径锯板	5	65.7	45.6	40.9	35.7	33.1	30.1	24.1	20.4	19.8	18.8	17.5	16.6	15.8	15.5	14.5
		2.5	70.2	43.7	35.0	27.8	23.3	20.4	14.5	12.4	13.7	13.1	13.4	13.7	13.1	13.0	11.7
		1.5	72.0	34.9	23.8	16.3	14.5	14.2	12.0	11.4	14.7	14.2	13.6	14.1	13.3	13.0	11.6
滇石栎	弦锯板	5	45.5	30.3	24.3	20.7	18.6	17.5	14.4	12.9	14.5	14.8	14.4	14.6	13.9	14.2	12.9
		2.5	50.2	26.9	20.4	16.2	15.2	14.5	12.8	12.5	15.1	15.7	14.7	14.9	14.2	14.3	12.0
		1.5	50.7	23.6	17.7	14.5	14.1	14.0	12.1	12.0	14.9	15.0	14.3	14.5	14.0	14.0	11.3
	径锯板	5	47.3	32.0	26.1	22.3	20.0	18.5	14.9	13.1	14.1	14.3	13.7	14.1	13.5	13.7	12.1
		2.5	47.6	28.2	21.5	16.9	15.4	14.9	12.7	11.9	14.0	14.7	14.5	14.3	13.8	13.6	11.8
		1.5	47.7	19.3	16.7	14.5	13.8	13.8	12.0	12.1	14.9	15.1	14.3	14.5	14.3	14.1	11.6
栓皮栎	弦锯板	5	58.8	39.5	33.9	29.2	25.6	23.7	18.7	16.7	16.1	16.0	15.2	15.0	14.6	14.2	13.1
		2.5	58.3	35.7	28.5	22.6	19.7	17.4	13.3	11.9	13.3	13.8	13.4	13.7	13.0	12.9	11.7
		1.5	61.6	29.3	20.6	15.2	13.7	13.4	11.3	10.8	13.3	13.9	13.5	13.6	13.0	13.0	11.6
	径锯板	5	57.0	39.5	34.9	30.3	27.2	25.7	20.8	17.9	17.8	17.3	16.1	15.3	14.7	13.9	13.0
		2.5	57.3	34.5	28.5	22.4	19.0	17.3	13.1	11.6	12.9	13.5	13.1	13.2	12.7	12.5	11.6
		1.5	59.0	27.0	19.7	14.9	13.5	13.0	10.9	10.6	12.9	13.6	13.0	13.2	12.8	12.6	11.1

注：试验开始日期均为1989年12月28日。

系不大。

高山栲和栓皮栎因气干速度较缓慢，表裂较轻微，干燥质量较好。

黄毛青冈因初含水率高，蒸发速度快，有明显的皱缩现象。

五、结 论

1. 黄毛青冈等四种木材的导管内含有丰富或较多的侵填体，木纤维胞壁厚、纹孔很小，密度较大，全干缩率高，水分传导性差，干燥速度慢。而且在干燥的全过程中弦、径向干缩数值与差异大，因而在干燥过程的各个阶段发生了严重和较严重的干裂，初期为表裂，中后期为内裂，属难干材。因

此四种木材干燥应采用软基准，在干燥的全过程中，即干燥的前期、中期和后期均需进行处理，尽量减慢干燥速度，减小木材内、外的干燥速度差异，降低木材的内应力。

2. 不进行预干的木材，建议在人工干燥之前用水泡和蒸汽处理。水泡可使细胞腔中的内含物扩散溶解到水中，有利于疏通木材细胞间的汽水通道，改善木材的干燥性能。难干材易发生开裂的内在原因是弦、径向干缩的差异大，故可通过汽蒸处理，减低弦、径向干缩比值以减少开裂。

3. 高山栲和栓皮栎气干速度较缓慢，干燥质量好，应先进进行气干，待含水率降至30%左右，再进行人工干燥，可以减少内裂和变

表5 气干缺陷

树 种	锯 板	厚 度 (cm)	缺 陷 种 类 和 程 度			
			表 裂	翘 弯 (mm)	扭 曲 (mm)	皱 缩
黄 毛 青 冈	弦 锯 板	5	较严重至严重	显著至甚严重	略明显	明显
		2.5	1块轻微	显著	略明显至显著	明显
		1.5	无	显著至甚严重	1块略明显	略明显
	径 锯 板	5	轻微	略明显	略明显	明显
		2.5	无	1块略明显	1块略明显	明显
		1.5	无	1块略明显	1块略明显	略明显
高 山 栲	弦 锯 板	5	1块轻微	略明显	略明显	略明显
		2.5	轻微	1块不明显	1块不明显	无
		1.5	无	略明显	不明显至略明显	无
	径 锯 板	5	1块轻微	无	1块略明显	无
		2.5	无	无	略明显	无
		1.5	无	无	1块略明显	无
滇 石 栎	弦 锯 板	5	甚严重	严重	甚严重	微皱缩
		2.5	轻微至较严重	显著	显著	无
		1.5	1块轻微	显著	显著	无
	径 锯 板	5	轻微至较严重	显著至严重	略明显至严重	无
		2.5	轻微至较严重	1块显著	显著	无
		1.5	1块轻微	显著	显著	无
栓 皮 栎	弦 锯 板	5	轻微至较严重	1块略明显	严重	微皱缩
		2.5	轻微	1块显著	略明显至显著	无
		1.5	无	1块显著	略明显至显著	无
	径 锯 板	5	1块轻微	1块略明显	显著	微皱缩
		2.5	轻微	显著	显著	微皱缩
		1.5	无	1块显著	显著	无

注：①气干表裂等级划分为无（无裂纹）、轻微（5条以下）、较严重（6—10条）、严重（11—15条）、甚严重（16条以上）。

②翘弯等级划分不明显（0.5mm以下）、略明显（0.6—1.0）、显著（1.1—2.0）、严重（2.1—3.5）、甚严重（3.6以上）。

③扭曲等级划分为不明显（0.5mm以下）、略明显（0.6—3.0）、显著（3.1—6.0）、严重（6.1—9.0）、甚严重（9.1以上）。

④各规格试验板均为二块，缺陷栏中未标明块数者即指二块。

形等缺陷。

4.根据气干试验结果，说明厚25mm的试验板表裂轻微，干燥质量比50mm的好，对难干材的干燥，以采用厚25mm为宜。

5.黄毛青冈等难干材易发生翘曲和扭曲等缺陷，干燥时应在垛的上方施加压力。

（责任编辑 袁东岩）

参考文献

〔1〕 国家标准.木材物理力学试验方法,中华人民共和国林业部,1980年。

〔2〕 南京林产工业学院,1977,木材的干缩及其与干燥工艺的关系,林业科学,(4):67~73。

〔3〕 梁世镇,1981,红木的胀、缩及其与高温干燥的关系,南京林产工业学报,(1)1~15。

〔4〕 何定华、林文洁,1989,石梓和米老排木材干燥特性及干燥工艺,木材工业,(2):8~13。

〔5〕 赵春瑞、董玉库,1987,木材干燥基准简便快速确定,林产工业,(5)。

〔6〕 龚仁梅,1987,百度法编制东北木材干燥基准的初步探索,林产工业,(2)。

〔7〕 何定华等.南方24种阔叶树材的干燥特性及气干基准,中国林学会木材工业学会论文集(6),1991.6。

A Study on wood drying characteristics of four species of hard-wood from Yunnan Province

Xiao Shaoqiong

Shi Guixuan

(Southwest Forestry College) (Yunnan Forest Products Company)

Wu Lizhong

(Southwest Forestry College)

Abstract By air drying and by the Japanese "one hundred degree research method", the drying characteristics of four species of hard-wood including *Cyclobalanopsis delavayi*, *Catanopsis delavayi*, *Lithocarpus dealbatus* and *Quercus variabilis* were studied. The results indicated that because of the low rates of drying and easy occurred drying defects, such as the surface check, the honeycomb check, the warping and twisting, the wood of these four species are hard to dry. The reasons include high tyloses contents in vessels, $\frac{1}{2}$ high wood density, uneven wood structures, high volumetric shrinkage values, high ratio of tangential to radial shrinkage and poor water permeabilities for these four kinds of wood. Suggestions were made to overcome these drying defects above mentioned and the drying schedules of these four species were built.

Keywords Hard-wood, Drying characteristics, Shrinkage properties, Japanese method, Air drying

(上接第47页)

- duction, 35 (3): 18-22.
- [15] Kotas, T., 1957, The theoretical and experimental analysis of cabinet structures, Res. Report (6) Furniture Development Council, London.
- [16] Kotas, T., 1958, Stiffness of case furniture, Prezem, Drzewney, (10, 11), Report 10-14, 15-18, Warszawa.
- [17] Eckelman, C. A., 1967, Furniture mechanics, the analysis of paneled case and carcass furniture, Purdue Univ. Agri. Eept. sta. Res. Prog. Rept. 274, W. Lafayette, Ind.
- [18] Ganowicz, R. T., J. Rogozinski, 1972, Analysis of case furniture, Prezem Drzewny, 23 (7): Warszawa.
- [19] Ganowicz R. T., K. Kwiatkowski, 1978, Experimental testing of the theory of deformations of cabinet designs, Holztechnologie, 19 (2): 100-106.
- [20] 秦正德著, 张淑慧译, 1984, 背板对家具强度的作用, 北京木材工业, (4): 34-38.
- [21] Shih-Chao Lin, C. A. Eckelman, 1987, Rigidity of furniture cases with various joint constructions, F.P.J. 37 (1), 23-27.
- [22] Eckelmam, C. A., R. Rabiej, 1985, A comprehensive method of analysis of case furniture, F.P.J. 35 (4): 62-68.
- [23] Eckelman C. A., S. Munz, 1987, Rational design of eases with front frames and semi-rigid joints, F.P.J. 37 (6): 25-30.