

23种广东常见阔叶树材的耐磨性质

胡慕任 刘淑兰

(中国林科院热带林业研究所)

摘要 本文报导23种广东常见阔叶树材的耐磨性试验结果,并对耐磨性与木材密度、硬度的关系及木材耐磨性各向异性问题作了讨论。

关键词 木材耐磨性;重量磨损;厚度磨损;摩擦方向

木材耐磨性质和许多用途有关,研究木材的耐磨性也就成为必要。国外约在20年代初或更早一些时已开始了对木材耐磨性的研究,我国则从50年代末开始,至今研究也不多,不能满足生产发展的需要。

广东省横石木材厂从国外引进了大型木地板生产线,迫切要求了解广东省常见阔叶树材的耐磨性质,作为选择原料的依据。因此,本试验得到该厂的积极支持和资助。

一、材料和方法

从广东省横石木材厂选取试材20种,另在海南尖峰岭采集了柚木、柠檬桉,本院木材所提供了细枝木麻黄及水曲柳,共计24种,其中水曲柳为对比树种。每种树种一般取3株,在胸高以上任意部位截取试材一段。从每段试材按均匀分布锯取断面 90×90 mm的方条3~4根。

方条气干后,按两对相对面分别与生长轮垂直和平行的要求,加工成 50×50 mm的断面。然后按图1切取三种切面的试件各一块。试件的尺寸为 $50 \times 50 \times 25$ mm,后一尺寸为试件厚度。

试件在室温条件下(约 $20 \pm 3^\circ\text{C}$),置于

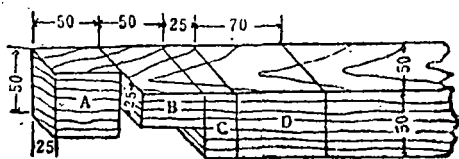


图1 试样切取方法

- ①A、B、C分别为径面、弦面及端面磨损试样
②D为硬度试样

盛有浓度为32%的硫酸溶液的干燥器中(相对湿度约65%)调湿处理约50天后开始测试。

使用Kollmann设计的木材磨损试验机,其工作原理系仿脚踏的摩擦作用^[1,2,5]。磨料为北京东升砂布厂生产的0/4[°]砂布,氧化铝金钢砂,粒度为240目。

按磨料对试件摩擦1000次为一次试验。每块试件分别在弦向和径向各进行一次摩擦试验,如图2所示。两次试验分别作记录,其值之和作为该试件的耐磨性,三切面试件平均值之和作为该种木材的耐磨性。

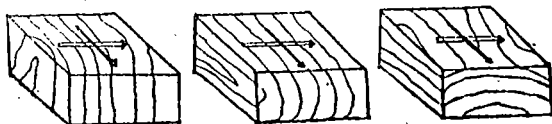


图2 摩擦方向示意图

- 第一次试验摩擦方向
⇨ 第二次试验摩擦方向

每次试验前、后分别测定试件的质量和

收稿日期:1991.7.29,修改稿:1991.12.17.

胡荣、张文庆同志协助指导试验,黄世满同志协助采集试材;本院木材工业研究所提供试验条件、部分试材及制作试件,仅此致谢。

厚度。质量称量准确至0.001g，厚度在相互错开的4个点上测量，估读到0.001mm。每个试件测试时，均以经过同样调湿处理的另一试件在试验前后与之同时称重，并置于试机附近。该试件两次称重之差，代表实验室温、湿度条件对在试件重量的影响值，而从失重量中扣除。

木材的磨损指标按以下各式计算：

$$\text{实测重量磨损率 } A_w = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \times 100 (\%) \dots\dots\dots (1)$$

$$\text{实测厚度磨损量 } A_D = D_1 - D_2 \text{ (mm)} \dots\dots\dots (2)$$

$$\text{也可按重量损失计算 } A_D = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \times D_1 \text{ (mm)} \dots\dots\dots (3)$$

式中： m_1, m_2 ——试验前、后试件的质量(g)；
 D_1, D_2 ——试验前、后试件的厚度(mm)。

调整至含水率12%时的重量磨损率

$$A_{12} = A_w \times \frac{1}{1 + \alpha (\bar{W} - 12)} \dots\dots\dots (4)$$

式中： α —木材耐磨性含水率校正系数，纵切面 $\alpha=0.035$ ，端面 $\alpha=0.055$ ，
 $\bar{W}$ —试验时含水率(%)。

二、试验结果及讨论

(一) 23种广东常见阔叶树材的耐磨性质

23种广东常见阔叶树材及水曲柳的耐磨性试验结果见表1，其中磨损值最大为黄樟，最小为细枝木麻黄，前者约为后者的4倍。

本次试验树种的耐磨顺序如表2。

由表2看出，水曲柳的耐磨性居第18位。据记载^[4]，密度达0.5(g/cm³)的木材便具中等以上耐磨性。依此，在本次所试树种中，除木莲外均可达到中等以上耐磨性，(但实际木莲耐磨性也不低)。它们之间的差异是属于中等耐磨以上的变异。但柚

表1 广东常见阔叶树材耐磨性的试验结果

树 种		磨 损 值				木材密度 (g/cm³)	端面硬度 (N)
		端 面	径 面	弦 面	三切面之和		
细枝木麻黄 (<i>Casuarina cunninghamiana</i>)	重量 (%)	0.187	1.173	0.922	2.282	1.030	11395
	厚度(mm)	0.039	0.277	0.221	0.537		
荷 木 (<i>Schima superba</i>)	重 量	0.336	1.152	1.027	2.515	0.663	6608
	厚 度	0.060	0.276	0.251	0.587		
蓝 果 树 (<i>Myssa sinensis</i>)	重 量	0.381	1.268	1.010	2.659	0.689	7247
	厚 度	0.076	0.313	0.263	0.652		
青 冈 (<i>Cyclobalanopsis glauca</i>)	重 量	0.307	1.152	1.282	2.741	0.964	12709
	厚 度	0.078	0.268	0.311	0.657		
岭 南 槭 (<i>Acer tutcheri</i>)	重 量	0.394	1.220	1.153	2.767	0.780	9321
	厚 度	0.094	0.291	0.263	0.648		
光 皮 桦 (<i>Betula cylindrostachya</i>)	重 量	0.341	1.197	1.232	2.770	0.693	7012
	厚 度	0.055	0.303	0.308	0.666		
冬 青 (<i>Ilex sp.</i>)	重 量	0.405	1.608	1.280	3.293	0.769	8541
	厚 度	0.076	0.382	0.306	0.764		
黄 樟 槭 (<i>Acer davidii</i>)	重 量	0.558	1.220	1.515	3.293	0.579	6392
	厚 度	0.094	0.299	0.382	0.775		

注：(4)式中所引 α 值为5种木材的试验平均值，纵切面 α 值为径面的试验结果。

续表 1

树 种		磨 损 值				木材密度 (g/cm ³)	端面硬度 (N)
		端 面	径 面	弦 面	三切面之和		
柠 檬 桉	重量 (%)	0.299	1.780	1.580	3.639	1.004	9268
(<i>Eucalyptus citriodora</i>)	厚度 (mm)	0.078	0.432	0.372	0.882		
越南山龙眼	重 量	0.490	1.572	1.653	3.715	0.602	5473
(<i>Helicla cochinchinensis</i>)	厚 度	0.098	0.386	0.387	0.871		
水 青 冈	重 量	0.612	1.744	1.410	3.766	0.710	6702
(<i>Fagus longipetiolatu</i>)	厚 度	0.163	0.438	0.354	0.955		
光叶槲 (硬叶石栎)	重 量	0.557	1.886	1.913	4.356	0.625	6114
(<i>Lithocarpus hancei</i>)	厚 度	0.106	0.470	0.458	1.034		
美叶槲 (美叶石栎)	重 量	0.665	1.815	2.198	4.678	0.632	7226
(<i>Lithocarpus calophyllus</i>)	厚 度	0.130	0.434	0.505	1.069		
米 锥	重 量	0.522	2.417	1.747	4.686	0.610	4179
(<i>Castanopsis carlesii</i>)	厚 度	0.107	0.563	0.426	1.096		
粉背交让木	重 量	0.533	2.069	2.143	4.745	0.525	4201
(<i>Daphniphyllum glaucescens</i>)	厚 度	0.091	0.502	0.536	1.129		
塞 楝	重 量	0.687	2.152	1.962	4.801	0.676	6552
(<i>Khaya senegalensis</i>)	厚 度	0.165	0.541	0.495	1.201		
山 枣	重 量	0.502	2.140	2.306	4.948	0.649	4554
(<i>Choerospondias axillaris</i>)	厚 度	0.108	0.514	0.544	1.166		
红 楠	重 量	0.576	2.654	2.178	5.408	0.599	3592
(<i>Machilus thunbergii</i>)	厚 度	0.122	0.632	0.540	1.294		
大叶锥栗 (钩栲)	重 量	0.632	2.931	2.870	6.433	0.590	3784
(<i>Castanopsis tibetana</i>)	厚 度	0.152	0.739	0.732	1.623		
木 莲	重 量	0.748	2.505	3.349	6.602	0.453	4201
(<i>Manglietia fordiana</i>)	厚 度	0.157	0.607	0.856	1.620		
山 合 欢	重 量	0.948	2.782	3.054	6.784	0.503	4041
(<i>Albizia kalkora</i>)	厚 度	0.213	0.674	0.761	1.648		
柚 木	重 量	1.083	3.295	3.446	7.824	0.640	4703
(<i>Tectona grandis</i>)	厚 度	0.267	0.796	0.803	1.866		
黄 樟	重 量	0.858	3.986	4.017	8.861	0.525	3175
(<i>Cinnamomum porrectum</i>)	厚 度	0.177	0.974	1.027	2.178		
水 曲 柳	重 量	0.689	2.103	2.500	5.292	0.624	6713
(<i>Fraxinus mandshurica</i>)	厚 度	0.166	0.499	0.600	1.265		

- 注：①表中磨损值为顺纹及横纹各摩擦1000次的合计数。
②重量磨损值为含水率12%时的数值，厚度磨损值为试验时含水率（12±1%）的数值。
③除美叶槲试材为1株，青冈、山合欢为2株外，其余均为3株。每种木材每个切面试件一般为7~9个。
④重量磨损率以（%）计，厚度磨损以（mm）计。

表2 各种木材耐磨性的排列顺序

磨 损 值		树 种
重量磨损 (%)	厚度磨损 (mm)	
<2.8	<0.7	细枝木麻黄、木荷、蓝果树、青冈、岭南槭、光皮桦
2.81~3.80	0.71~0.95	冬青、青樟槭、柠檬桉、越南山龙眼、水青冈
3.81~4.80	0.96~1.20	光叶槲、美叶槲、米锥、粉背交让木、塞楝
4.81~5.80	1.21~1.45	山枣、（水曲柳）、红楠
>5.80	>1.45	大叶锥栗、木莲、山合欢、柚木、黄樟

木显系偏低，可能为种源或立地的原因。

表 1 的重量磨损率和厚度磨损量，两种指标用作比较时意义相同。前者要求试件厚度一致才可作比较，后者可允许试件厚薄不同，且结果有尺寸概念。

按（3）式计算，试件标准厚度为 25mm 时，重量磨损率在数值上为厚度磨损值的 4 倍。表 1 所列直接测定尺寸的结果，径面、弦面及三切面重量磨损率之和，基本接近厚度磨损值的 4 倍，误差多在 5 % 以下，个别树种误差接近 10 %；但端面半数树种误差超过 10 %，有些树种竟达 30 % 以上。这是因为试件端面不易达到要求的光洁度，磨损值也小，直接测定尺寸不易准确。因此，厚度磨损指标的测定，用根据失重量计算的方法，不仅操作简便，在某些情况下尚较按（2）式直接测定尺寸准确。

（二）木材耐磨性和密度、硬度的关系
木材耐磨性一般随密度、硬度的增大而增大，呈曲线关系^{〔2,5〕}。因木材密度确定单位体积内木材物质的数量，木材硬度和抗磨损都依靠木材物质来支承。但木材构造、含有物成分对耐磨性也有明显影响，因此例外情形也较多。

本试验结果按木材性质的平均值，耐磨性和密度、硬度的关系，均可用 $Y = a + b \ln X$ 表示，相关紧密（图 3、4）。式中 Y 为磨

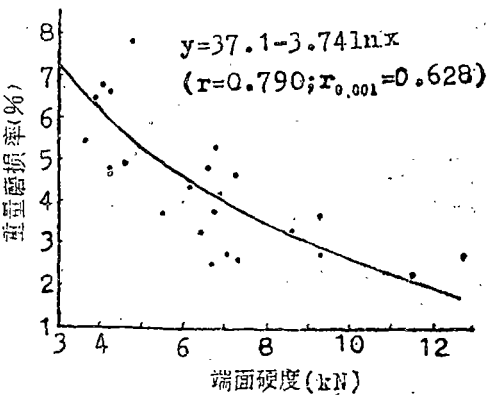


图 4 重量磨损率和端面硬度的关系

注：磨损率、硬度均为每树种的平均值，前者为三切面两次试验之和。

损率平均值（%）；X 为密度（g/cm³）或端面硬度（N）平均值。

根据文献〔4〕，317 种木材耐磨等级与其密度的分布规律，基本为：密度 < 0.40 为 V 级；> 0.40 达 IV 级；> 0.50 达 III 级；> 0.65 达 II 级；> 0.80 达 I 级。但在各级中，也有一定数量的树种密度低于上述相应值。故按此估计木材耐磨等级，一般不会高于实际等级。现试以上述的密度为标准，对本试验中的树种的耐磨等级划分如表 3。

表 3 按密度估计各种木材的耐磨等级

耐磨等级	木材密度 (g/cm ³)	树 种
I	>0.80	细枝木麻黄、柠檬桉、青冈
II	>0.65	岭南槭、冬青、水青冈、光皮桦、蓝果树、塞棕、木荷
III	>0.50	山枣、柚木、美叶桐、光叶桐、水曲柳、米锥、越南山龙眼、红楠、大叶锥栗、青榨槭、山合欢、粉背交让木、黄樟
IV	>0.40	木莲
V	<0.40	

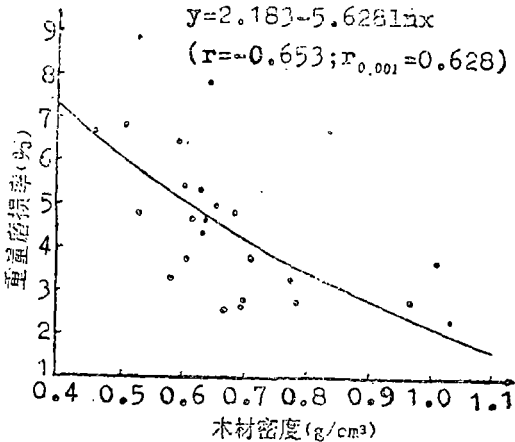


图 3 重量磨损率和木材密度的关系
(磨损率为三切面两次试验之和)

将表 3 与表 2 对照，可以看出，按密度估计各种木材的耐磨顺序，与按实际磨损率排列的顺序不同。然将表 3 各等级中磨损率最高和最低的一种或两种视为例外，则各级中木材的磨损率为逐级增高。视为例外的树

种，基本限于提高或降低了一等级（以降低为主要倾向），因此可认为表 3 在一定程度上接近实际。

耐磨性和硬度的关系与和密度的关系相似。推算^[1]得出与各耐磨等级密度相应的端面硬度（表 4），亦可作估计木材耐磨等级参考（两项性质估计的耐磨等级不完全相同，但近似）。

表4 各耐磨等级木材的密度和端面硬度参考指标

耐磨等级	I	II	III	IV	V
木材密度(g/cm ³)	>0.80	>0.65	>0.50	>0.40	<0.40
端面硬度(N)	>7900	>5600	>3700	>2600	<2600

如前所述，除密度、硬度外，尚存在独立影响耐磨性的因子，故利用上表估计木材耐磨等级，只可作为宏观上的判断，在一定程度上近似，与实际磨损试验结果是不会完全等同的。

(三) 木材耐磨性的各向异性

由于木材构造的各向异性，耐磨性也不一致。据记载^[2,3]：端面耐磨性远较径、弦面高，弦面也较径面高，但相差不大；纵切面顺纹方向较横纹方向耐磨，端面沿弦向较沿径向耐磨。

本试验24种木材的径、弦面与端面磨损率的比值，分别平均为3.74（2.19~6.28）及3.63（2.31~4.93），即端面耐磨性平均约为纵切面的3.7倍。弦面与径面磨损率的

比值平均0.99（0.72~1.34），其中大于1（即弦面磨损率大）的达13种，占54%；按顺纹摩擦试验结果，比值平均0.93（0.68~1.14），只有9种大于1（且极接近1）；按横纹摩擦试验结果，比值平均1.05（0.68~1.74），大于1的达14种。以上证实，三切面中端面耐磨性最高，而径面和弦面耐磨性的关系则因树种而异，且有些树种因摩擦方向的改变而改变，但两切面一般差异不大。

摩擦时垂直将纤维切断，与沿纤维侧面磨损，难易的不同是显而易见的，端面较纵切面耐磨也就不言而喻。木材纤维有一定排列方向，在纵切面上顺纹摩擦，系将胞壁撕裂磨损，磨损面较光滑，被撕裂的胞壁裂片，难免仍有部分与木材相连，未被磨损；而横纹摩擦，则将胞壁切断磨损，且由于磨料对纤维的横向推力，不仅切断胞壁，还可能将磨料压入深度以下的部分纤维也撕裂磨损，因此横纹的磨损率将较顺纹高。与轻软木材相比，硬重木材的胞壁厚，胞腔及胞间隙小，表面光滑且硬度大，磨料压入木材不深。摩擦一般在胞壁表面作用，每次磨蚀壁厚的一部分，有似匀质材料的磨损，摩擦方向改变，与纤维的排列方向联系少，因此顺纹和横纹摩擦的差异小；而轻软木材的差异较大，横纹磨损率将较顺纹为高。对端面弦向或径向摩擦，同为垂直于纤维主轴将细胞切断，对细胞本身，沿弦向切断与沿径向切

表5 两种摩擦方向失重量的比较 (g)

树 种	木材密度 (g/cm ³)	端 面			径 面			弦 面		
		弦 向	径 向	相差 (%)	顺 纹	横 纹	相差 (%)	顺 纹	横 纹	相差 (%)
细枝木麻黄	1.030	$\frac{0.051}{100}$	$\frac{0.048}{94}$	-6	$\frac{0.105}{100}$	$\frac{0.110}{105}$	+5	$\frac{0.136}{100}$	$\frac{0.117}{86}$	-14
柠 檬 桉	1.004	$\frac{0.068}{100}$	$\frac{0.068}{103}$	+3	$\frac{0.127}{100}$	$\frac{0.120}{94}$	-6	$\frac{0.164}{100}$	$\frac{0.144}{88}$	-12
粉背交让木	0.525	$\frac{0.093}{100}$	$\frac{0.082}{88}$	-12	$\frac{0.137}{100}$	$\frac{0.194}{142}$	+42	$\frac{0.106}{100}$	$\frac{0.214}{202}$	+102
木 莲	0.453	$\frac{0.104}{100}$	$\frac{0.090}{87}$	-13	$\frac{0.109}{100}$	$\frac{0.169}{155}$	+55	$\frac{0.145}{100}$	$\frac{0.243}{168}$	+168

注：横线上为失重量，横线下为相值对。

断并无多大差别,但由于木材构造分子有差异,有些树种早晚材差异大,变化急剧,则难免有影响,且这种影响也和木材密度有一定关系。

由表5看出,硬重木材(细枝木麻黄、柠檬桉)三个切面两种摩擦方向的差异均不大,其中弦面有顺纹失重量大于横纹的趋势;轻软木材(粉背交让木、木莲),端面有弦向失重量大于径向,纵切面则横纹失重量显著大于顺纹的趋势。以上结果表明,端面弦向较径向耐磨存有质疑,而纵切面顺纹较横纹耐磨则极显著,但不包括硬重木材。

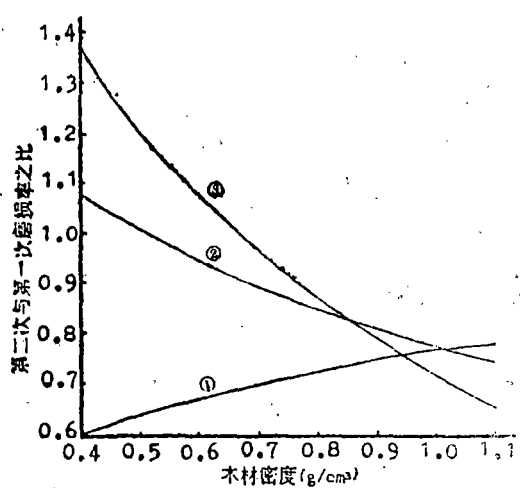


图5 第二次与第一次试验磨损率之比与木材密度的关系

注: ①端面 $y=0.764+0.175\ln x$ ($r=+0.445$; $n=24$)
 ②径面 $y=0.777-0.331\ln x$ ($r=-0.632$; $n=24$)
 ③弦面 $y=0.781-0.702\ln x$ ($r=-0.672$; $n=24$)

图5为端面径向与弦向磨损率的比值随木材密度变化的趋势。图中的磨损率比值是一个折扣值,因为顺纹与横纹摩擦的两次试验在同一试样上连续进行。试验证明,对试样以同一摩擦方向连续试验两次,后一次的磨损率比前一次平均约降低25~30%。因此图中的磨损率比值在0.75左右,将表示两种摩擦方向的耐磨性差异小或没有差异。图中端面径向与弦向的比值随密度的变化平缓(曲线①),说明比值受密度的影响较少;整个曲线与比值为0.75的距离都不大,则说

明两种摩擦方向耐磨性的差别小,但密度甚小时则是径向磨损率小于弦向,与表5一致。纵切面横纹与顺纹的比值随着密度增大而急剧降低(曲线②,③),说明不同密度的木材,摩擦方向的影响很不相同。如以比值0.75视为两种方向耐磨性一致,则基本为横纹磨损率大于顺纹,只有当密度达0.85以上,两种方向耐磨性才开始接近,直至很接近甚或有相反情形,也与表5一致。

由此,似可作出结论:端面径向与弦向摩擦的耐磨性相差不大,轻软木材有径向耐磨性大于弦向的趋势;纵切面一般顺纹摩擦耐磨性大于横纹,其差值随着木材密度增大而降低,直至几乎没有差别。有鉴于此,对径面和弦面,似宜分别作顺纹及横纹两种方向的磨损试验。

三、小 结

(一) 根据试验结果,可认为23种广东常见阔叶树材的耐磨性均在中等耐磨以上,从耐磨性考虑,都可视为普通地板材使用。其中耐磨性较高的树种有细枝木麻黄、木荷、蓝果树、青冈、岭南槭、光皮桦等;相对较低(低于水曲柳)的有红楠、勾栗锥、木莲、山合欢、柚木,并以黄樟为最低。

(二) 木材耐磨性一般随木材密度、硬度的增大而增大,呈曲线关系。可以利用这种关系近似地估计木材的耐磨等级(参考表4)。

(三) 木材端面耐磨性最高,平均约为纵切面的3.7倍。径、弦面之间耐磨性一般差异不大。

(四) 在同一切面上,因摩擦方向不同耐磨性多有差异,这种差异随着木材密度的增大而缩小。端面弦向与径向摩擦,耐磨性相差不大,但轻软木材有径向高于弦向的趋势;纵切面一般顺纹耐磨性大于横纹,其差值随着木材密度的增大而急剧降低,直至二者相差极少或没有差别。有鉴于此,径面和弦面,似宜分别进行顺纹及横纹两种方向的

磨损试验。

(五) 从实践体会, 按(3)或根据失重量计算厚度磨损量的方法, 操作简便, 且结果可靠, 宜予推荐。

(责任编辑 袁东岩)

参 考 文 献

- [1] 成俊卿主编, 1985, 木材学, 中国林业出版社, 714~726。
[2] 胡荣, 1963, 木材耐磨性的研究, 林业科学,

8(2): 167~171。

- [3] 胡荣, 1964, 木材耐磨性及其影响因子的研究, 研究报告, 森工59号, 中国林科院。
[4] [日] 农林省林业试验场木材部编, 孟广润、关福临译, 1984, 世界有用木材300种, 中国林业出版社。
[5] Kollmann, F.P. et al., 1968, Principles of wood Science and Technology, I, Solid wood, Springer-Verlag, New York, 409-414.

Abrasion resistance of 23 species of common hardwood in Guangdong

Hu Muren Liu Shulan

(The Research Institute of Tropical Forestry, CAF)

Abstract An experimental result of abrasion resistance of 23 species of common hardwood in Guangdong was reported. The relationship between abrasion resistance and density, hardness, as well as the anisotropy of abrasion was also discussed.

Keywords Abrasion resistance of wood, Abrasion in weight, Abrasion in thickness, Frictional direction

(上接第56页)

表 2 不同面、背板胶合板的经济效益比较

产品种类	粤北材 面背板*	进口材 面背板	混合结构表板
成本比较			
成本(元)	2466.64	2583.17	2202.97
销售价(元)	2326.33	2586.19	2431.76
对比	-140.31	+3.02	+228.79

※因表板率低, 产量上不去, 产品固定摊销成本大。

以减少表板的翘曲。二是把合板热压单位压力从1.2~1.3MPa调整到0.9~1.0MPa, 并且适当延长降压散汽阶段的时间, 以减少合板的内应力。这样, 产品质量经技术监督部门的检测完全能够达到国家标准要求, 且以质量好、售价低而很受销售市场的欢迎, 一直畅销不衰。

(责任编辑 姜 征)