

石膏刨花板的密度、木膏比和水膏比与其性能关系的初步研究*

张 奕

(中国林科院木材工业研究所)

摘 要

本文通过一系列的工艺试验对石膏刨花板的密度、木膏比和水膏比与其性能的关系进行了初步的研究。结果表明: 1. 密度的增加会导致石膏刨花板强度的显著增加; 2. 提高木膏比会使静曲强度等随之上升, 但对弹性模量和平面抗拉强度影响不大; 3. 水膏比在0.30—0.40范围内对板子性能无显著影响; 4. 三个因子间无交互作用。

一、前 言

石膏刨花板是以石膏作为胶粘剂的一种新型刨花板, 它是随着Kossatz 1982年发明半干法生产工艺应运而生的。主要是用作室内装修材料, 如隔墙、天花板等, 也可以作为防火家具材料^[1]。由于能量消耗低、无游离甲醛释放、凝固时间短且受树种影响小以及成本低廉, 较传统的合成树脂刨花板和水泥刨花板都具有显著的优点, 从而正在刨花板家族中异军突起, 其发展越来越受人瞩目。但石膏刨花板的问世时间毕竟还很短, 各方面的研究尚少, 就工艺参数和板材主要性能之间的关系还未见有系统的探讨。

Lempfer的研究表明静曲强度随板子密度呈直线增加关系, 而与木膏比和水膏比均呈抛物线关系。Hilbert指出石膏刨花板平行和垂直于板面的握钉力均随密度的增长呈直线增加关系。在国内尚少见发表过有关石膏刨花板方面的研究报告。因此, 作为初步的研究工作, 本文将着重研究石膏刨花板生产的主要工艺参数——密度D、木膏比X和水膏比W——与板子主要性能的关系, 包括静曲强度(MOR)、弹性模量(MOE)、平面抗拉强度(IB)、握螺钉力(HS)、吸水厚度膨胀率(TS)及平衡含水率(EMC)。并根据我国实际情况, 按纸面石膏板的标准确定此三个参数的合适值。

* 本文系在王恺高级工程师和李源哲研究员共同指导下完成的硕士研究生论文之一部分。在研究工作中还得到了王培元研究员和陆熙娴副研究员的大力支持和帮助。谨致谢忱。

this study, the two species were used to manufacture sliced and peeled veneer, plywood with Masson's pine for the core ply, and the sliced veneer was used as decorate material faced on plywood, MDF and particleboard. The results showed that the mechanical properties of the plywood and the veneer faced panels can reach the relevant Product Standards.

二、材料及方法

1.原料 本研究中的刨花是由箭杆杨(*Populus nigra* var *hevestina* Bean)制成的,原木直径8—15cm,绝干密度 0.50g/cm^3 ,pH值8.38,冷水抽提物0.88%。原木剥皮后在刨片机上制成名义厚度为0.25mm的大片刨花,然后在打磨机上打磨成细刨花,再用振动筛进行分选,取0.3mm以上2.0mm以下部分进行本次试验。石膏粉购于门头沟石膏粉厂,是用于建筑材料的“特粉”。主要性能指标由工厂提供如下:细度100目筛余量 $\leq 0.1\%$;标准稠度70~75%;初凝时间3—15min;终凝时间5—15min;1.5小时抗拉强度 $> 1.0\text{N/mm}^2$;CaSO₄Ⅱ:微量;CaSO₄·2H₂O:0.03%;CaSO₄· $\frac{1}{2}$ H₂O:77.3%。

2.制板 按设计计算称取一定数量的刨花于一塑料盆中,再加入一定量的自来水,用手反复搓擦刨花5分钟,使水分均匀地分布到刨花中去,然后加入需要量的石膏粉于湿刨花中,手工搅拌3分钟成均匀混合物,手工铺装在三4cm×36cm成型框内的光滑铝垫板上,置上12mm厚度规,将板坯放入压机加压,压力为2.5~3.0N/mm²,加压开始时间严格控制在石膏粉加入湿刨花后的第8分钟,2小时后,卸出板子放入温度为40℃的烘箱内干燥2小时,取出备用。

3.试验设计 本试验采用正交试验法进行,取正交表L27(3¹³)^[4],安排如下:

因 子	水 平	水 平		
		1	2	3
名义密度	D	1.0	1.1	1.2
木 膏 比	X	0.20	0.25	0.30
水 膏 比	W	0.30	0.35	0.40

重复试验3次,共81块板子。

4.试件截取和性能测试 在每块板上取静曲强度和弹性模量试件、垂直板面握螺钉

试件、平面抗拉强度试件各2个,密度试件5个,平衡含水率和吸水厚度膨胀率试件各1个。

由于石膏刨花板尚无测试标准,本试验中静曲强度、弹性模量、平面抗拉强度、垂直板面握螺钉力、吸水厚度膨胀率及密度均按合成树脂刨花板的国家标准^[2]进行测试。但石膏在40℃以上会脱水变成无水或半水石膏,因此EMC只能借Lempfer推荐的方法^[9]在40±3℃的烘箱内烘至恒重来测定。

三、试验结果及讨论

1.实际密度 板子的实际平均密度要略高于名义密度,见表1。

表1 杨木石膏刨花板的实际平均密度

名义密度 (g/cm ³)	样 本 数 (n)	实际平均密度 (g/cm ³)	变异系数 V (%)
1.0	135	1.028	3.0
1.1	135	1.122	3.7
1.2	135	1.208	1.7

2.正交分析 对试验数据进行方差分析,以确定三个因子对石膏刨花板性能影响的显著性及其交互作用。结果见表2。很显然,密度除了对平衡含水率影响不显著以外,对平面抗拉强度影响显著,对其它性能均有高度显著影响。木膏比仅对静曲强度、吸水厚度膨胀率及平衡含水率的影响高度显著。水膏比对所有指标均无显著影响,三个因子间也无交互作用。下面我们就各个因子与性能之间的关系作一详细论述。

3.密度与板子性能之关系 随着密度的增加,石膏刨花板的MOR、MOE、IB及HS都会显著增加,见图1、2、3、4。石膏刨花板按照复合理论应该是一种纤维增强型复合材料,其增强原理是基体几乎只起传递和分散载荷给纤维的媒介作用,因此增强材料的强度主要取决于纤维的强度、纤维与基体的粘接强度和基体的剪切强度^[6]。试验

表2 因子变异对板子性能影响的显著性

因子	性能	MOR	MOE	IB	HS	TS	EMC
D		**	**	*	**	*	—
X		**	—	—	—	**	**
W		—	—	—	—	—	—
D×X		—	—	—	—	—	—
D×W		—	—	—	—	—	—
X×W		—	—	—	—	—	—

**：表示显著性水平为1%，即高度显著

*：表示显著性水平为5%，即显著

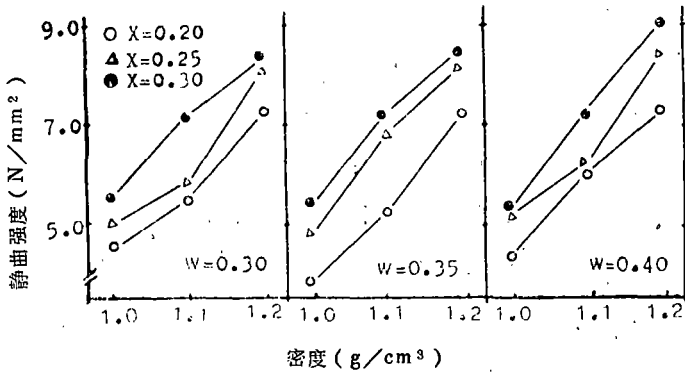


图1 静曲强度与密度、木膏比、水膏比之关系

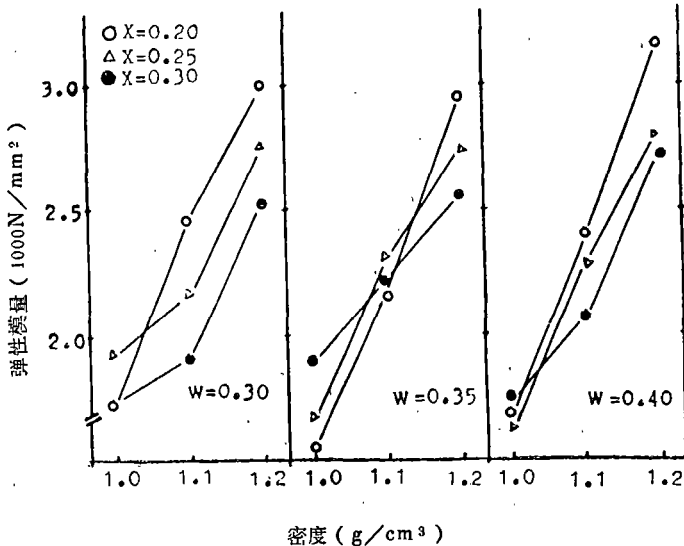


图2 弹性模量与密度、木膏比、水膏比之关系

表明，石膏刨花板受静曲载荷时，破坏首先发生在抗拉侧，破坏形式总是基体断裂而刨花被拉出；受垂直于板面的拉伸载荷时，破坏总是发生在刨花和基体的界面上。这说明试验中的载荷不足以使木刨花产生破坏，无论是顺纹还是横纹。那么，作者认为石膏刨花板的强度主要取决于刨花和石膏间的粘接强度及石膏体本身的强度。随着板子密度的增加，板坯的压缩率增加。一方面刨花和石膏的接触更为紧密，界面性能得到改善，有利于石膏体向刨花传递载荷。另一方面石膏体的密度增加了，而硬化石膏体的强度与密度成四次方正比例提高的^[3]。这样石膏体的强度必然大幅度提高。当然，密度的提高是不经济的：1.板子成本提高；2.运输费用增加；3.作为室内装修材料则会增加建筑物自重，从而使地基处理费上升，抗震性能下降。如果我们以纸面石膏板的顺纤维和横纤维方向之平均抗弯强度值 4.265N/mm^2 ^[1]为依据的话，密度为 1.0g/cm^3 的杨木石膏刨花板即可达到平均指标要求。

石膏刨花板的吸水厚度膨胀率相对于普通合成树脂刨花板来说是很小的。其原因是吸水膨胀率极小的石膏体既限制了木刨花的任意膨胀，又因包围了木刨花而使其吸水能力受到阻碍。密度的增加使板子单位体积内的刨花数量增加，导致了刨花吸水后的总膨胀力增加，同时板坯的压缩率增大，木刨花的压缩应力就同步增大。但是，一般石膏饱和水试件的强度指数值仅为干燥至恒重试件强度指数的 $0.40\sim 0.45$ 倍，即软化系数为 $0.40\sim 0.45$ ^[1]。那么压缩应力就会在石膏

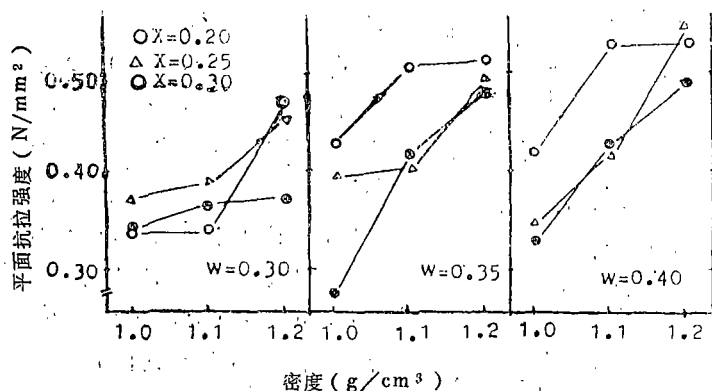


图3 平面抗拉强度与密度、木膏比、水膏比之关系

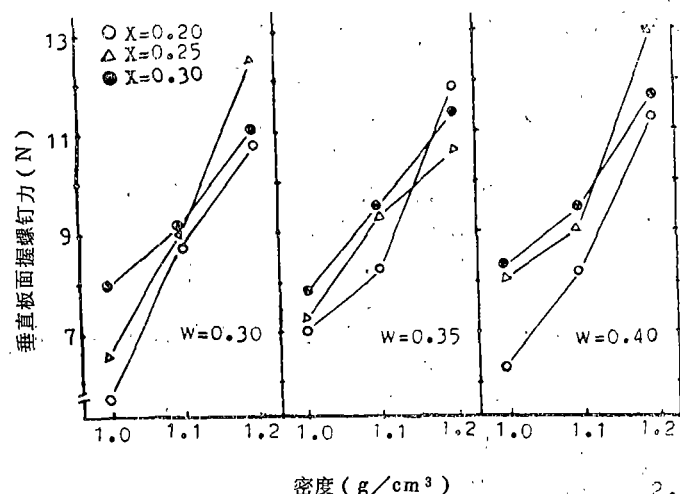


图4 垂直板面握螺钉与密度、木膏比、水膏比之关系

体软化的过程中释放出来。两方面的综合作用，导致了板子的TS的增加，见图5所示。

在石膏刨花板中，在重量上占主导地位的凝固石膏基体的平衡含水率是极低的，而具有高吸湿能力的木刨花在重量上所占比例较小，这样石膏刨花板的平衡含水率自然就很低，仅在1.2~2.0%之间。由于在木膏比不变的情况，随着密度的变化，刨花和石膏的重量比例不变，因此密度对板子的EMC的影响不会显著。

4. 木膏比与板子性能之关系 随着木膏比的增加，一方面，由于石膏的密度远远大于木刨花密度，石膏和刨花混合物的体积会随之增加，从而板坯的压缩率增大，石膏和

刨花间能更紧密地接触，石膏体的密度也能有所增加。另一方面，刨花的压缩应力增大，总的刨花表面积迅速增加，但石膏含量反而下降。两方面的综合作用导致了如图2所示的试验结果，即随着木膏比的增大，MOR也增加，但从0.25增加到0.30时的增强效果比从0.20到0.25时要小。显然，当木膏比高达一定值时，木刨花的增强效果就会消失。木膏比对IB和HS的影响不显著也是上述二方面原因的综合效应。

凝固石膏体的弹性模量要大于木刨花的弹性模量，这可以从纸面石膏板的MOE与合成树脂刨花板的MOE加以判断^[8]。这样木膏比的增加，一方面因刨花含量增加而导致

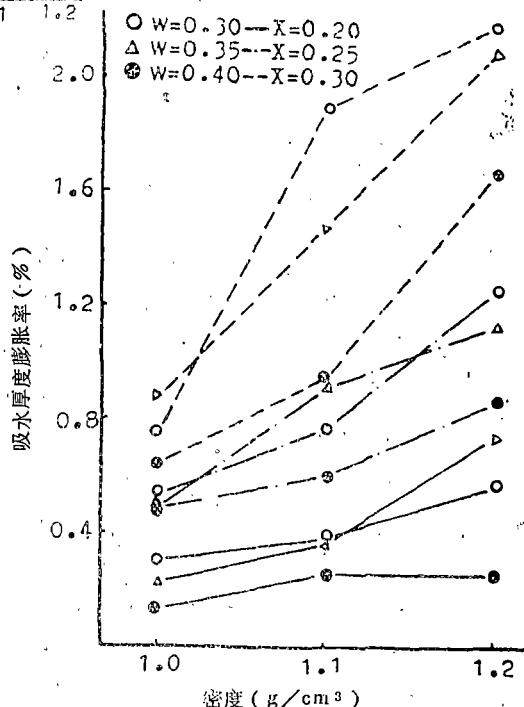


图5 吸水厚度膨胀率与密度、木膏比、水膏比之关系

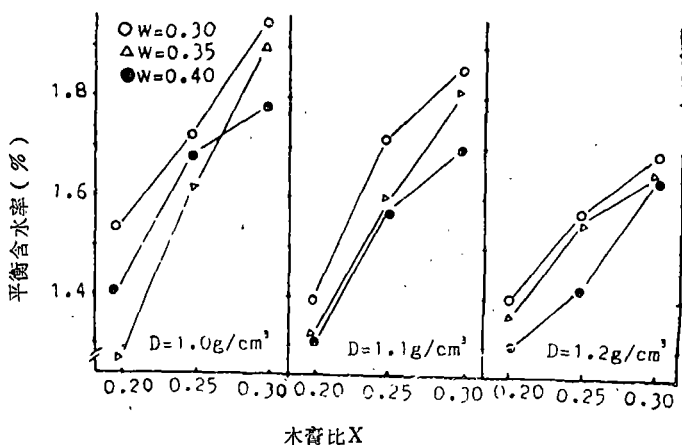


图6 平衡含水率与密度、木膏比、水膏比之关系

MOE的下降,另一方面因对石膏体的增强而使MOE上升。其结果是木膏比对MOE无显著影响。

木膏比的增大引起的板子吸水厚度膨胀率和平衡含水率的增加,如图5、6所示。

4.水膏比与板子性能之关系 在半干法生产工艺中,水膏比要求控制在一定范围内,一方面要使石膏能获得足够的水分而充分水化;另一方面使混合物具有良好的分散性。很明显,如果水膏比太小,石膏将不能充分水化,木刨花会得不到充分的胶合,使板子结构被破坏,板厚大幅度增加,性能降低。如果水膏比太高,混合物在搅拌中会形成团状或稠状,致使铺装不均匀,甚至无法铺装成板。在试验中,水膏比0.30—0.40既使混合物具有良好的分散性,且板子也达到了预期的密度,因而水膏比没有影响板子的结构,从而也不会影响板子性能。

四、结论

1.杨木石膏刨花板的静曲强度、弹性模量、平面抗拉强度、吸水厚度膨胀率、垂直于板面握钉力均随密度的上升而显著增加,但平衡含水率不受此影响。

2.木膏比的增加会使静曲强度、吸水厚度膨胀率和平衡含水率都显著提高,但对弹

性模量和平面抗拉强度影响不大。

3.水膏比在0.30—0.40范围内对板子性能无显著影响。

4.密度、木膏比和水膏比无交互作用。

5.杨木石膏刨花板在密度为 1.09g/cm^3 、木膏比为0.30、水膏比为0.30—0.40时便可达到纸面石膏板标准中的平均抗弯强度指标。

参考文献

- (1) 中华人民共和国国家标准,普通纸面石膏板(送审稿)。
- (2) 中华人民共和国国家标准,刨花板GB4896—4905—85,中国标准出版社。
- (3) 伏尔任斯基著,吕昌高译,石膏胶结料和制品,建筑工业出版社。
- (4) 北京大学数学系概率统计组,正交设计法,化学工业出版社。
- (5) 赵渠森编译,复合材料,国防工业出版社。
- (6) Hilbert, T., 1985, WKI-Kurzbericht, Nr. 33/85.
- (7) Kossatz, G. und Lempfer, K., 1982, Zur Herstellung gipsgebundener Spanplatten in einem Halbtrockenverfahren, Holz als Roh- und Werkstoff 40: 333-337.
- (8) Lempfer, K., 1985, Semi-dry method for manufacture of gypsum-bonded particleboards and their properties in comparison with other inorganically bonded wood-based panels, Vortrag aus dem Symposium "Forest products Research International Achievements and the Future", Pretoria, St. 22-26, 4.
- (9) Lempfer, K., 1985, Bestimmung der Materialfeuchte gipsgebundener Spanplatten, Holz als Roh- und Werkstoff 43: 192.
- (10) Lempfer, K., 1985, Einfluss der Rohdichte und anderer Parameter auf die Biegefestigkeit gipsgebundener Spanplatten, Holz als Roh- und Werkstoff 43: 192.

Preliminary Studies on Relationship between Density, Wood-gypsum Ratio, Water-gypsum Ratio of Gypsum-bonded Particleboard and Its Properties

Zhang Yi

(Institute of Wood Industry, Chinese Academy of Forestry)

Abstract

In this article, the relationship between density, wood-gypsum ratio, water-gypsum ratio and properties of gypsum-bonded particleboard was studied. The results obtained as follows: 1. the strength of gypsum-bonded particleboard becomes evidently higher with the increase of density; 2. raising wood-gypsum ratio results in increase of MOR etc., but has no influence on MOE and internal bonding strength; 3. water-gypsum ratio plays no role on properties of board in the range of 0.30-0.40; 4. the three factors mentioned above have no interaction.

高湿胶合技术在胶合板生产中的发展

近来,美国胶合板工业在提高产量和降低成本方面取得很大的进展。通过改进旋切装置,使原木的出板率大大提高。随着旋切工艺的不断改进,干燥工序越来越成为整个生产中的一个薄弱环节。解决这一问题的一种途径是采用高湿胶合技术。下面介绍几种可用于提高高湿胶合技术的方法。

1.高固体含量:这种方法基于这样一个概念,即采用高固体含量的普通酚醛树脂胶,使其中减少的水分量与单板中增加的水分量相等。这一方法在生产中已采用多年了。但这种方法有一定的局限性,主要是含水率只能提高1~2%,即达到7~8%。因为再高,胶的粘度太大会使喷胶或涂胶工艺不易控制。而且,这种胶的流动性不好。

2.采用改性胶以控制胶的渗透性及提高固化速度:许多胶合板用胶通过改性后可用于高湿胶合工艺。在300°F温度下,1/2英寸厚的板,热压时间可节省半分钟,单板的含水率可达9~10%,而且在局部达到15~20%的含水率也是允许的,只要总的平均含水率不超过9~10%。使用这类胶可使单板

干燥机的产量提高10~15%,从热压机中压出的板子含水率为4~5%。使用这种胶有一个缺点,就是对于含水率很低的单板不适用。

3.添加理想的添加剂:合理地使用各种特殊的添加剂(发泡剂、填充剂)可以弥补改性胶的不足、扩大其使用范围,通常,采用这种方法,再加上合理地调整、改进固化时间、控制胶的流动/渗透性能,可以克服改性胶流动性差的不足。

4.催化、双组分胶:这种胶粘剂体系所允许的含水率最高,整板的平均含水率可达12%,而且只要整板的平均含水率不高于12%,局部小面积上的含水率可高达30%。用这种双组分胶体系胶合的胶合板出压机后的含水率可达8~10%,并且1/2英寸的板在300°F温度下,加压时间可缩短1分多钟,或可使热压温度从345°F降低至300°F。由于采用了这种胶即使采用以前的干燥程序,单板干燥机的生产率可提高20~25%。

张男男译自《WORLD WOOD》88,10