

半干法石膏纤维板工艺研究

II. 搅拌和铺装均匀性因素分析

龙玲 陈士英 张宜生

摘要 石膏和纤维的搅拌和铺装的均匀性对石膏纤维板质量影响很大。试验表明,所采用的搅拌机和铺装机性能良好,搅拌和铺装质量较好;铺装机料仓中料高影响板坯密度的均匀性,料高与板坯密度呈很强的一元线性关系;板密度与 *MOR*、*MOE* 有较好的一元线性关系,但与 *IB* 线性关系相对较差,板密度增加, *MOR*、*MOE* 和 *IB* 也增加。

关键词 石膏纤维板; 搅拌; 铺装; 均匀性; 堆积料高; 板坯密度

Study on Gypsum Fiberboard by Semi-dry Process

II. Analysis on Effects of Homogeneity of Blending and Forming

Long Ling Chen Shiying Zhang Yisheng

(Research Institute of Wood Industry, CAF, Beijing 100091)

Abstract This paper analyses effects which influenced homogeneity of fiber-gypsum blending and mat forming. The results were as follows: both of the blender and mat former used in this experiment had good performance and the quality of mixture and mat forming was satisfied. The piling height of fiber-gypsum mixture in the bin had obvious influence on uniformity of the mat density represented by good linear relationship between the mat density and the piling height of the mixture. The board density had good linear relationship with *MOR* and *MOE*, but had poor linear relationship with *IB*. The *MOR*, *MOE*, and *IB* were getting higher with the board density increasing.

Keywords Gypsum fiberboard (GFB); Blending; Forming; Homogeneity; Piling height of fiber-gypsum mixture; Mat density

石膏纤维板是一种以建筑石膏粉为胶凝材料,以纤维为增强材料制成的新型建筑材料。石膏纤维板质量受石膏粉质量、树种、纤维形态、水膏比、木膏比、密度等原材料和工艺因素的影响^[1]。在生产过程中,搅拌和铺装是石膏纤维板生产中两道关键工序,设备质量和设备的工作方式及可调节性能也对石膏纤维板质量有着很大的影响。搅拌机的作用是将石膏纤维板的各种成分混合均匀,混合料的均匀性是影响石膏纤维板铺装均匀性和板材物理力学性能均匀性的重要因素。因此,测定搅拌机混合均匀性是选择搅拌机的关键之一。铺装机铺出的板坯均匀性受很多因素影响,如铺装机制造精度、混合料混合均匀性、水膏比、木膏比等。由于石膏纤维板混合料的堆积密度较大和混合料的易压缩性,铺装机料仓中混合料的

堆积高度较大地影响铺装机料仓的单位时间出料量,从而影响铺装均匀性和板材的物理力学性能。因此,本文从搅拌机搅拌均匀性、混合料堆积高度与铺装板坯密度之间的关系、板间及板内密度差异以及密度对板材主要性能的影响等方面进行研究。

1 原材料及试验方法

1.1 原料

试验所用石膏产自山西,木纤维为油松 (*Pinus tabulaeformis*) 热磨纤维。

1.2 试验方法

1.2.1 搅拌均匀性试验 将油松木纤维加入搅拌机再加水、缓凝剂和石膏粉充分搅拌后,任取 5 份混合料(每份 200 g)放进 80 目的筛网中,用清水反复冲洗,以便把石膏冲洗掉,把剩下的纤维烘至绝干,称其重量。

1.2.2 混合料堆积高度与铺装板坯堆积密度的关系
在本试验中,采用木膏比 0.20 和 0.25,水膏比 0.35。在 360 mm×340 mm×150 mm 的模框内,放进 2740 g 混合料,测混合料堆积高度,然后在混合料上等量加载,测混合料堆积高度的变化,并把加载量换算成等量混合料的高。

1.2.3 铺装板坯间和板内密度的均匀性 为了测定铺装的均匀性,压制 9 张试验板,测定其板间密度差异以及板内密度差异。由于板的规格相同,因此,可通过检测板的重量差异来计算密度差异。每张板纵向锯 7 条,每条锯 7 个试件,共 49 个试件,试件尺寸为 50 mm×50 mm×板厚,在 40 ℃下烘至恒重,并

表 1 200 g 混合料中绝干纤维重量

Tab. 1 Weight of oven dry fiber in 200 g fiber-gypsum mixture

编号	1	2	3	4	5	平均值 $\bar{x}$	样本方差 s^2	标准差 s	变异系数 CV
重量(g)	27.90	28.12	30.46	29.12	30.42	29.18	1.426	1.194	4.09

检测,通过 80 目筛网的细纤维占 16.7%,因而实测值偏大。根据国标 GB 9776—88,建筑石膏一等品的细度在 80 目筛网中筛余量不大于 10%。因此由于石膏粉筛余量的存在,使得混合料中纤维重量增加。

由表 1 可见,变异系数较小,这表明纤维重量差异较小。根据数理统计原理^[2],对于给定的显著性水平 α 值,当纤维重量在 $\bar{x} \pm \frac{s}{\sqrt{n}}t_{\alpha/2}(n-1)$ 范围内时,则表明纤维重量处于正常值,且可信度为 $(1-\alpha)\%$ 。因此,当 $\alpha=0.05$ 时,绝干纤维重量的波动范围应在 27.69~30.66g。表 1 中的 5 个样本都在该范围之内,说明纤维重量波动只受随机因素的影响,表明纤维与石膏混合较均匀,搅拌质量好。从搅拌后混合料的外观看,没有结团现象,混合料较蓬松,手捏混合料易结团。因此,本试验所采用的搅拌机性能良好,能搅拌出较均匀的混合料。

另外,水膏比对搅拌的均匀性影响亦很大。当木膏比确定时,若水膏比过大,将引起纤维结团,这些颗粒状的纤维束比均匀的混合物有较大的回弹,使板面呈现“桔皮”般的粗糙,严重影响板面质量^[1,3],此问题本文暂不作讨论。

2.2 铺装机料仓中混合料堆积高度对铺装板坯密度的影响

在其它条件相同的情况下,料仓中混合料堆积高度不同,则铺装出的板坯的密度也不一样。因此,为控制板坯的均匀性,必须保持适当的料高。料仓中的料高通常不超过 1 m。通过试验,在料高 1 m 范围内,找出铺装板坯密度与料高的关系。测定结果见表 2。

称重,计算板间的重量差异以及板内各试件重量差异。

1.2.4 板材密度与 MOR、MOE 和 IB 的关系 按 GB/T 4897—92 分别测定。

1.2.5 板材表面质量 用肉眼观察。

2 结果与讨论

2.1 搅拌后混合料均匀性的测定

石膏、纤维经搅拌机混合,在 200 g 混合料中木纤维的含量见表 1。

根据木膏比 0.20、水膏比 0.35,从理论上计算出 200 g 均匀的混合料中绝干纤维量约为 25.4 g,并经

表 2 板坯密度与料高的关系

Tab. 2 Relationship between mat density and piling height of fiber-gypsum mixture

加载量 (g)	板坯厚(mm)		板坯密度(g/cm ³)		料高(mm)	
	A	B	A	B	A	B
2 740	96.4	80.7	0.232	0.277	96.4	80.7
5 480	87.1	75.1	0.257	0.298	183.5	155.8
8 220	81.1	70.1	0.276	0.319	264.5	225.9
10 960	75.9	66.2	0.295	0.338	340.4	292.1
13 700	72.0	63.1	0.311	0.354	412.4	355.2
16 440	68.9	60.7	0.325	0.369	481.2	415.9
19 180	66.8	58.6	0.335	0.382	548.0	474.5
21 920	64.7	57.1	0.346	0.392	612.7	531.6
24 660	63.2	55.6	0.354	0.403	675.9	587.2
27 400	60.8	54.8	0.368	0.408	736.8	642.0
30 140	59.5	53.5	0.376	0.419	796.3	695.5
32 880	58.1	52.5	0.385	0.426	854.4	748.0
35 620	57.1	51.5	0.392	0.434	911.5	799.5
38 360	56.3	50.7	0.398	0.441	967.8	850.5
41 100	55.1	49.7	0.406	0.450	1 022.9	899.9
43 840	54.3	49.1	0.412	0.455	1 077.2	949.0
46 580	53.5	48.6	0.419	0.460	1 130.7	997.6
49 320	52.8	48.0	0.424	0.466	1 183.5	1 045.6

注: A 木膏比 0.25; B 木膏比 0.20。

根据表 2,得出如图 1 所示的曲线和在料高 80~1 000 mm 范围内,对混合料堆积密度与料高进行一元回归处理,得回归方程式

$$y_1=0.0001821x+0.2289 \dots\dots\dots (1)$$

$$y_2=0.000205x+0.2747 \dots\dots\dots (2)$$

从公式(1)、(2)和图 1 看出,料高与铺装板坯堆积密度有很高的相关性,当料位升高时,板坯密度随之增加。此外,由于铺装机料仓中混合料由皮带运输

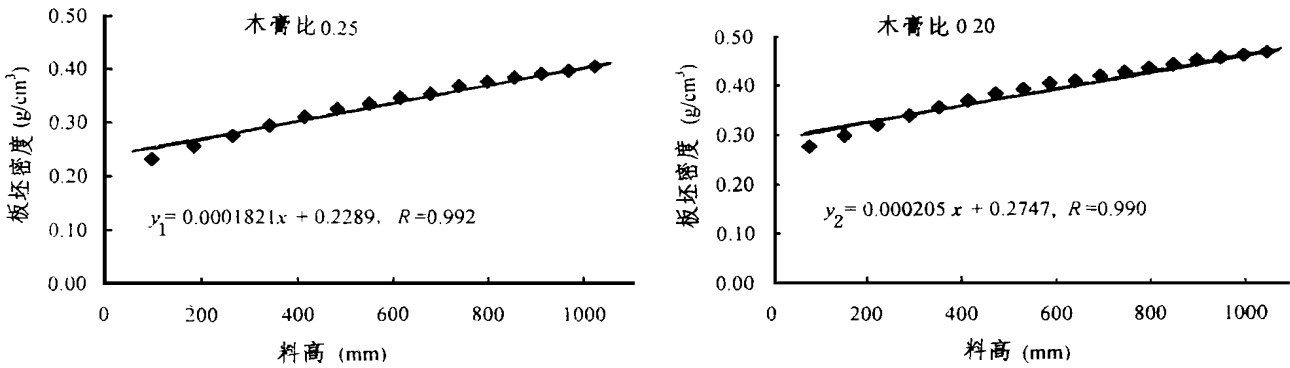


图 1 料高对板坯密度的影响

Fig. 1 Effects of piling height of fiber gypsum mixture on mat density

机输出,出料部位为料仓底部,因此,铺装机料仓中料位的高低亦影响单位时间的出料量,从而影响铺装板坯的均匀性。

假设铺装机料仓中混合料高度为 600 mm,扫平辊扫平高度为 60 mm,在木膏比为 0.20 时,根据图 1 或用式(2),经扫平后 60 mm 厚混合料的平均密度为 0.3916 g/cm³,当料高上升至 650 mm 时,60 mm 厚混合料的平均密度上升为 0.4018 g/cm³,当料高度下降至 550 mm 时,60 mm 厚混合料的平均密度降为 0.3814 g/cm³。即铺装机料仓的出料量波动为 ±2.60%。同理,木膏比为 0.25 时,根据图 1 或式(1),

混合料料位引起的铺装机料仓出料量波动为 ±2.74%。

在实际生产中,当板材工艺参数不变时,很少调整铺装机料仓输送皮带速度和扫平辊高度。只有在板厚、板密度不同时,除调整铺装机扫平辊高度和铺装机料仓出料皮带速度外,还必须保证料仓中混合料的高度变化范围,这样才可保证铺装板坯密度的均匀性,这对石膏纤维板的生产具有重要的现实意义。

2.3 板间和板内的密度差异

2.3.1 板间重量差异 表 3 为 9 张板的重量以及重量偏差。

表 3 试板重及其重量差异

Tab. 3 Weight and weight variation between boards

编号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	平均值 $\bar{x}$	样本方案 s^2	标准差 s	变异系数 CV
重量(g)	3557	3518	3405	3356	3419	3574	3453	3422	3382	3454	6068	77.9	0.022
偏差(g)	+103	+64	-49	-98	-35	+120	-1	-32	-72				

根据表 3,板重的变异系数较小,表明板间重量差异较小。参照正在修订的中密度纤维板国家标准的规定,板的密度偏差不超过 ±7%,而这 9 张板的最大重量偏差为 -2.84~+3.47%。因此,可判定板坯铺装质量较好,重量偏差较小,亦即密度偏差小。

2.3.2 板内重量差异 表 4 数据为 9 张板在同一位置 9 个试件重量的平均值。表 5 为按板坯纵向和横向分别对表 4 的数据进行单因素方差分析的结果。

根据表 5,无论是板的纵向还是横向,试件的重量差异都显著。根据表 4,采用平均数差异检验法,在纵向上,发现第 4 组数据与第 1、2、6、7 组,第 7 组数据与第 3、5 组数据之间差异显著,其它组两两之间差异不显著;在横向上第 7 组数据与各组之间差异显著,其它组两两之间差异不显著。同样,当显著性水

平 $\sigma=0.05$ 时,根据公式 $X \pm \frac{s}{\sqrt{n}} = t_{\alpha/2}(n-1)$,计算

表 4 板内试件平均重量

Tab. 4 Average weight of samples within boards

编号	纵 向							均值 $\bar{x}$	总体样本方差
	1	2	3	4	5	6	7		
横 向	1	38.25	38.56	38.64	38.71	38.86	38.56	37.11	38.40
	2	38.40	39.05	38.88	38.93	38.64	38.38	37.43	38.53
	3	39.02	39.15	39.19	38.71	38.98	38.84	37.97	38.84
	4	39.87	39.79	39.63	39.43	39.50	39.42	38.60	39.46
	5	39.40	39.14	38.81	38.97	39.02	39.30	38.21	38.98
	6	38.71	38.61	38.12	38.64	38.91	38.62	38.03	38.52
	7	37.61	37.78	37.80	38.51	38.09	38.03	37.17	37.86
均 值		38.76	38.87	38.73	38.84	38.86	38.74	37.79	总均值 $\bar{X}$
									38.66

出重量波动范围为 39.25~38.07 g。根据表 4, 在横向上第 7 组数据, 纵向上第 4、7 组数据超出该范围, 表明该数据异常, 出现系统误差。其原因可能有二: 一是混合料由人工加入铺装机料仓, 不可避免地使料仓中的料位不平, 造成料仓出料不均, 最终造成成品板重量的差异; 二是铺装机扫平辊出现误差。在实际生产中, 混合料系自动进入料仓, 可解决料仓出料不均的问题。对于铺装机, 在纵向上可以在第 4、7 组的位置, 在横向上可以在第 7 组的位置上调节有关参数, 使板坯纵、横向铺装均匀性更好。图 2 和图 3 是板材纵向和横向试件的平均重量分布图。

表 5 方差分析

Tab. 5 Results of variance analysis								
自由度	纵向			F	横向			$F_{0.05}(6, 42)$
	离差平方和	均方			离差平方和	均方		
组间	6	11.678	1.946	8.34	7.155	1.192	3.50	2.32
组内	42	9.799	0.233		14.320	0.341		
总和	48							

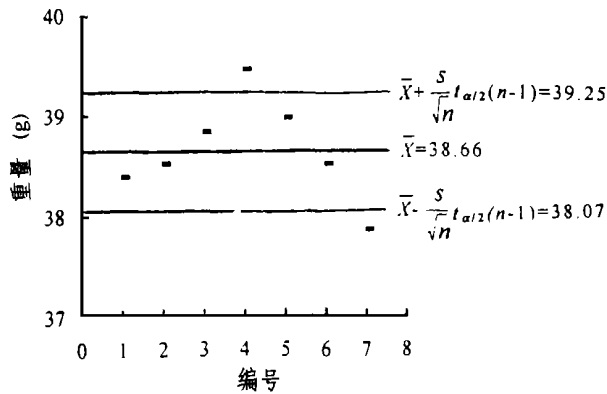


图 2 板材纵向重量分布
Fig. 2 Weight distribution of board in longitudinal direction

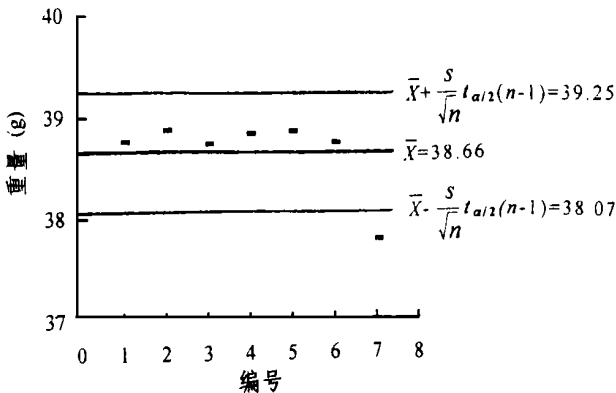


图 3 板材横向重量分布
Fig. 2 Weight distribution of board in transversal direction

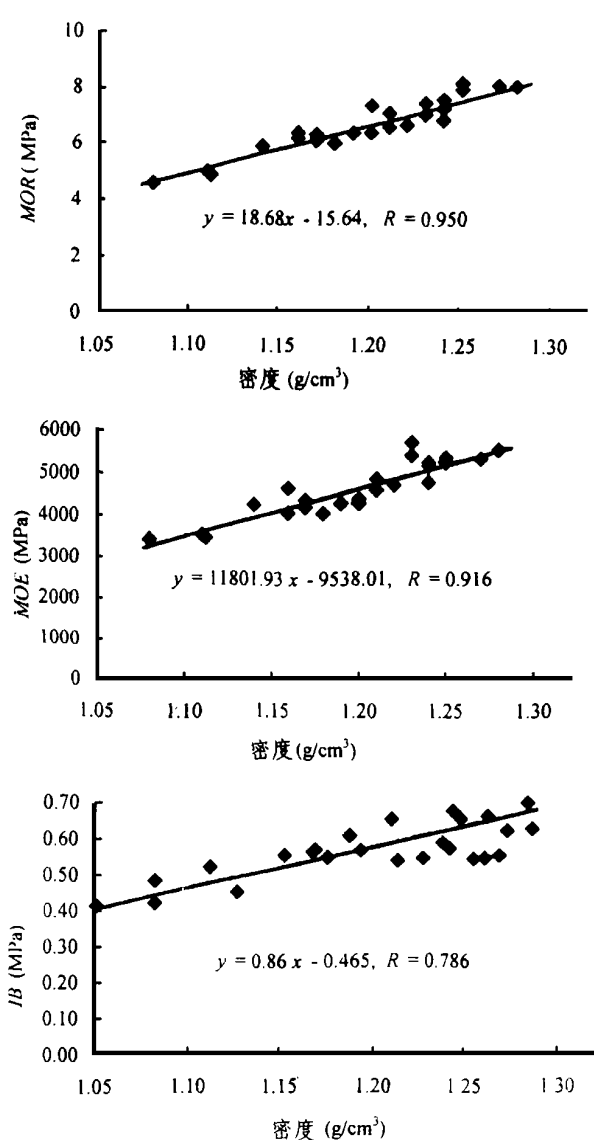


图 4 密度对石膏纤维板性能的影响
Fig. 4 Effects of board density on properties of GFB

虽然在纵向、横向上试件的重量差异都显著, 出现系统误差, 但重量的变异系数仅为 0.0164, 重量偏差仅为 -2.07%~+2.25%, 表明铺装质量控制得较好, 重量偏差在正常范围内(±7%)。

总之, 无论是板间还是板内, 重量分布的波动都较小, 这说明本试验所采用的铺装机性能较好, 能铺装出较均匀的板坯。

2.4 板材密度与性能的关系

板材的静曲强度(MOR)、弹性模量(MOE)和内结合强度(IB)受密度影响均很大。图 4 显示了木膏比为 0.25、水膏比为 0.35 时板材密度与 MOR、MOE 和 IB 的关系。MOR、MOE 与密度呈较好的一元线性关系, IB 与密度也有较明显的线性关系, 密度越高, MOR、MOE 及 IB 值越大。(下转第 12 页)

3.3 与木材刨花相比,油菜秆刨花的 pH 值和缓冲容量均明显偏高,直接影响了胶粘剂的固化,也影响油菜秆刨花板物理力学性能和耐水性能。因此油菜秆刨花板的制造工艺应适当增加固化剂和防水剂施加量。

3.4 以油菜秆为原料生产刨花板还应注意:

(1)由于油菜秆质轻而蓬松,而且是季节性作物,因此实际生产中在原料收集、运输和储存等方面将会存在一些特殊问题,应采取相应的措施。

(2)在筛分油菜秆刨花时发现筛分出较多的粉末,不能用于制板。因此原料利用率较低,加之前述困难,则在实际生产中(根据当地的油菜秆价格)应仔细核算原料的成本。表 5 是刨花的筛分比率。

表 5 油菜秆刨花的筛分比率

Tab. 5 Screen classification of particles from rape stalk

材料	粉末(%)	表层刨花(%)	芯层刨花(%)
油菜秆刨花	33.3	35.8	30.9
木材刨花	14.8	33.3	51.9

(3)油菜秆刨花板压缩比较大,板坯的铺装厚度较大,因此在板坯运输过程中应注意要平稳,以免断裂,热压时也应采用较高的压力。

(4)在原料充足的情况下,应尽量采用单一原料生产。否则,由于油菜秆刨花与木材刨花的差异(如密度、含水率等)会给生产工艺的控制(如刨花干燥)带来困难。若采用不同性质刨花分别加工也会增加设备投资。

(上接第 6 页)

如前所述,当木膏比为 0.25,铺装机料仓内的料高在 ±50 mm 范围内变动时,则密度误差为 ±2.74%,板的静曲强度误差将达±9.07%。

可见,密度对强度的影响十分明显,因而搅拌和铺装的均匀性就显得非常重要。因此,保证搅拌和铺装的均匀性,是保证板材密度均匀性和强度稳定的重要因素。

2.5 板面质量

搅拌均匀性对板面质量影响很大。在本试验条件下,由于搅拌质量较好,板面较平整,手感光滑。

3 结论

3.1 本试验所采用的搅拌机性能良好,混合料的搅拌均匀性较好。

3.2 料仓中料高影响铺装机板坯堆积密度,在料高 1 m 范围内,料高与板坯密度有较好的一元线性关系。料高对铺装机料仓的混合料输出量有十分明显的影响,因此,只有保证料高的一致性,才能保证铺装

板坯的均匀性。

3.3 本试验中,板间和板内的重量差异(亦即密度差异)都较小,这说明采用的铺装机比较适合石膏纤维板的生产。另外,采用本试验方法,根据板内纵向和横向重量差异,可调整铺装机有关参数,可以达到更好的铺装质量。

3.4 板密度与 MOR、MOE 有较好的一元线性关系,与 IB 也有较明显的线性关系,板密度增加,MOR、MOE 和 IB 也增加。

3.5 本试验所压成品板板面质量较好,板面平整。

4 参考文献

1 张宜生等.半干法石膏纤维板工艺研究(1):原料配比、密度等对板材性能的影响.木材工业,1998,12(5):8~11
2 浙江大学数学系高等教学教研组编.概率论与数理统计,人民教育出版社,1982
3 Egon F. Knæmer and Karsten H. Lempfer. Gypsum Fiberboard History and Outlook. In: Inorganic Bonded Wood and Fiber Composite Materials. Forest Products Research Society, 1991