

人造板 (下册) 制造学

唐忠荣 编著



 科学出版社

人造板制造学

(下册)

唐忠荣 编著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书全面论述传统“三板”的制造原理、方法和技术进步,按照先共性后个性的原则逐层讨论,赋予读者联想比较,深入浅出,便于掌握。全书分上、下册,共12章,汇集作者30余年在人造板制造领域的生产实践经验和教学科研思想,对人造板制造技术的理论基础、技术发展和科学成果进行系统介绍,紧密结合生产实际,充分展示现代科研成果和承载前辈学术成就,全面呈现新知识、新技术、新工艺和新产品的时代精髓。本书插图全部由作者精心设计绘制,更加直接、准确、充分地表达了作者的思想内容。全书内容新颖,知识全面,层次清楚,结构合理,学术先进,图文并茂。

本书适合木材科学与技术学科的广大师生、科研工作者以及人造板制造企业的工程技术人员参考阅读,也可作为高等院校相关专业的参考教材。

图书在版编目(CIP)数据

人造板制造学.下册/唐忠荣编著. —北京:科学出版社,2015.3
ISBN 978-7-03-043624-5

I. ①人… II. ①唐… III. ①人造板生产—制板工艺
IV. ①TS653

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 045627 号

责任编辑:牛宇锋 王晓丽/责任校对 桂伟利
责任印制:张 倩/封面设计:蓝正设计

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

新科印刷有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2015年3月第 一 版 开本:720×1000 1/16

2015年3月第一次印刷 印张:26 1/4

字数:515 000

定价:165.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

序

随着社会经济的发展、人类文明的进步和生活水平的提高，人们对木材及其制品质量提出了越来越高的希望，同时也对木材工业技术提出了越来越高的要求。尤其是近几十年来，世界木材资源的重点逐步从天然林向人工速生林转移，新型木材原料的材性、加工和应用技术，以及相应的文化内涵都形成了新的技术范畴。当前，我国木材工业在投资主体、经营模式、管理机制和市场流通等方面都发生了巨大变化，出现了与计划经济时代完全不同的运行模式，形成大、中、小企业并行，先进与落伍技术共存的运作现状。自 20 世纪 80 年代中期“引进、吸收和消化”人造板技术以来，人造板工艺技术、设备制造和管理水平等方面跃上了一个新台阶，人造板领域的众多专家和学者在人造板工业化制造理论研究和实践应用方面取得了突破性进展和骄人的成绩。半个多世纪以来，国内出版了大量与木材工业相关的专业图书，对促进我国木材工业的发展作出了突出的贡献。

为了推动我国木材工业的可持续发展，培养和造就一支充满活力的年轻技术队伍，满足现代人造板生产、设计和科学研究需要，促进管理人员和工程技术人员知识更新，方便本科生、研究生更好地掌握人造板先进制造技术。《人造板制造学》（上、下册）作者根据自己多年生产、科研和教学经验，参阅国内外相关文献，结合现代科研成果和学术思想，特编著了该书。

全书分上、下册，共 12 章，根据人造板制造的工艺过程，以绪论、人造板生产原材料、单元制造、干燥、单元加工及贮运、施胶、板坯成形与处理、热压胶合、素板处理与加工 9 章全面论述传统“三板”的制造原理、方法和技术进步，按照先共性后个性的原则逐层讨论，赋予读者联想比较，层次清楚，深入浅出，便于掌握；并以其他木材植物人造板、无机胶凝人造板和非木材植物人造板 3 章内容进行补充阐释，构建人造板制造完整体系。

该书汇集作者 30 余年在人造板制造领域的生产实践经验和教学科研理念，对人造板制造技术的理论基础、技术发展和科学成果进行系统诠释阐述，紧密结合生产实际，充分展示现代科研成果和学术成就，全面呈现新知识、新技术、新工艺和新产品的时代精髓。

该书插图全部由作者精心设计绘制，更加直接、准确、充分地表达了作者的思想内容。全书内容新颖，知识全面，结构合理，学术精湛，图文并茂。

该书适合木材科学与技术学科的广大师生、科研工作者以及人造板制造企业的工程技术人员参考阅读,也可作为高等院校相关专业的参考教材。



李 坚

中国工程院院士

2013 年 11 月于哈尔滨

前 言

人造板是一种绿色资源产品，广泛应用于家具装饰、建筑建造和交通运输等行业，与人们的日常生活紧密相连，与社会发展同步并行。进入 21 世纪以来，我国人造板工艺技术和设备技术逐渐与世界先进水平接轨，质量不断提高，新产品层出不穷，产量稳居世界首位，人造板产业步入了健康快速的发展道路。

人造板工业化制造是人造板工艺技术、设备技术、自动控制技术和管理技术的集合。自 20 世纪 80 年代中期“引进、吸收和消化”以来，人造板工业经历了从测绘仿制到自主创新，从初始的继电器控制到现代的计算机系统控制，从小生产到大规模生产的发展过程，在工艺技术、设备制造和管理水平等方面跃上了一个新台阶。

随着人造板科学技术的不断发展，人造板领域的众多专家和学者在人造板工业化制造理论研究和实践应用方面取得了突破性进展，但作为系统传授人造板知识的专业书籍并未与时俱进。本书汇集作者 30 余年在人造板制造领域的生产实践经验和教学科研思想，对人造板制造技术的理论基础、技术发展和科学成果进行系统化的阐释，力求做到理论与实践紧密结合，充分展示现代科研成果和承载前辈学术成就，全面呈现新知识、新技术、新工艺和新产品的时代精髓，以期能满足现代人造板生产、设计和科学研究需要，促进管理人员和工程技术人员知识更新，方便本科生、研究生更好地掌握人造板先进制造技术。此即作者之初衷。

全书分上、下册，共 12 章，按人造板制造的工艺过程，以绪论、人造板生产原材料、单元制造、干燥、单元加工及贮运、施胶、板坯成形与处理、热压胶合、素板处理与加工 9 章阐述主导产品，并以其他木材植物人造板、无机胶凝人造板和非木材植物人造板 3 章内容进行补充，以求达到多而不乱，重点突出，逻辑层次分明的目的；从人造板制造体系的共性出发，创新地将人造板制造划分为备料、制板和后处理 3 个工段和单元制造、干燥、单元加工、施胶、板坯成形、热压和后期处理等 7 个工序，按照先共性后个性的原则逐层讨论，赋予读者联想比较，易于掌握；为更加直接、准确地表达内容，本书全部插图由作者精心设计绘制，部分源自生产实际。

本书编写过程中参阅了国内外相关文献，并从中引用了许多珍贵的数据和资料，在此向这些论文著作的作者表示衷心感谢！本书得到了中南林业科技大学木材科学与技术学科和湖南省教育厅重点科研项目的支持，也得到了中南林业科技

大学木材科学与工程教研室全体同仁的关心，在此一并表示感谢！

中国工程院李坚院士给予本书学术方向上的指导，并提出宝贵的建议，在此特别表示感谢！

由于本书涉及技术面较广，生产实践性较强，囿于作者知识水平，书中难免存在疏漏与不足之处，恳请广大读者批评指正。

作 者

2014 年 11 月于长沙

目 录

(下册)

序

前言

第 7 章 板坯成形与处理	441
7.1 单板组坯	443
7.1.1 组坯要求	443
7.1.2 组坯方法	444
7.2 纤维刨花铺装成形	447
7.2.1 铺装原理	447
7.2.2 铺装机的种类及基本构成	464
7.2.3 刨花铺装系统	466
7.2.4 纤维铺装成形系统	482
7.3 板坯处理	495
7.3.1 板坯预压	495
7.3.2 板坯预热	501
7.3.3 其他处理	506
参考文献	508
第 8 章 热压胶合	511
8.1 热压理论	511
8.1.1 概述	511
8.1.2 热压温度	516
8.1.3 热压压力	537
8.1.4 热压时间	549
8.1.5 板坯的密实化	552
8.1.6 纤维板热压工艺特征案例分析	558
8.2 周期式热压	566
8.2.1 热压工艺	566
8.2.2 单层热压	575

8.2.3 多层热压	577
8.2.4 单层和多层热压机的比较	581
8.3 连续式热压	583
8.3.1 连续平压	583
8.3.2 连续滚压	602
8.3.3 连续挤压	605
8.4 特种热压	607
8.4.1 高频热压	608
8.4.2 喷蒸热压	610
8.4.3 真空加压	616
8.4.4 高频-接触联合热压	617
8.4.5 带有薄膜压板的多层热压	617
参考文献	617
第9章 素板处理与加工	620
9.1 素板处理	620
9.1.1 湿热平衡处理	620
9.1.2 功能性处理	623
9.2 素板加工	630
9.2.1 裁边分割	630
9.2.2 表面加工	638
参考文献	652
第10章 其他木材植物人造板	654
10.1 集成材	654
10.1.1 集成材概述	654
10.1.2 非结构集成材制造	657
10.1.3 结构集成材制造	663
10.1.4 贴面集成材	672
10.2 细木工板	677
10.2.1 细木工板的概述	677
10.2.2 实芯细木工板生产	680
10.2.3 夹芯复合板	689
10.2.4 细木工板加工制造设备	703
10.3 单板层积材	705
10.3.1 单元制备	707
10.3.2 施胶组坯	708

10.3.3 压制成形	711
10.3.4 后期处理	712
10.4 定向结构板	712
10.4.1 概述	712
10.4.2 定向铺装	717
10.4.3 定向结构刨花板生产工艺	721
10.4.4 定向结构刨花板专用设备	727
10.5 木质重组材	732
10.5.1 重组木概述	732
10.5.2 生产制造	733
10.6 型材及模压制品	736
10.6.1 胶合板弯曲	736
10.6.2 模压成形	737
10.6.3 木塑型材	739
参考文献	742
第 11 章 无机胶凝人造板	744
11.1 水泥胶凝人造板	745
11.1.1 水泥	745
11.1.2 水泥刨花板	748
11.1.3 水泥纤维板	756
11.2 石膏胶凝人造板	765
11.2.1 石膏	765
11.2.2 石膏刨花板	767
11.2.3 石膏纤维板	778
11.3 其他胶凝人造板	781
11.3.1 矿渣刨花板	781
11.3.2 粉煤灰刨花板	782
11.3.3 菱苦土板	783
参考文献	783
第 12 章 非木材植物人造板	785
12.1 概述	785
12.1.1 非木材植物人造板的种类和发展	785
12.1.2 原料特性	787
12.1.3 非木材植物人造板的生产技术特点	803
12.2 竹材人造板	808

12.2.1 竹材人造板概况	808
12.2.2 单元制备	812
12.2.3 产品压制	825
12.3 秸秆人造板制造	837
12.3.1 蔗渣人造板	838
12.3.2 棉秆人造板	841
12.3.3 稻草（麦秸）刨花板	843
12.3.4 麻屑板	844
12.3.5 玉米秆碎料板	846
参考文献	847

第7章 板坯成形与处理

人造板的板坯成形是人造板生产工艺中的一个十分重要的环节,它直接关系到制品的物理力学性能和外观质量。不同种类的构成单元其成形方式不同,即使同一种构成单元,因其结构构成不同,成板后其性能也不同。生产中应根据材料的特点选用适当的方法制造出合理的构成单元,并采用适当的方法成形结构合理的板坯,才能制造出优质的人造板材。对于刨花和纤维类细小规格的构成单元常用铺装成形,而对于单板和板材类大规格构成单元则常用组坯成形。铺装与组坯的目的都是将构成单元按板材构成要求,成形为具有一定结构与规格的坯料。不同的板坯处理,将能有效地改善板坯的结构和物理力学性能、提高产量质量、改善工艺条件等。板坯处理方法包括板坯预压、预热和增湿等。

木(竹)材顺纹与横纹方向上的力学性能和物理性能差异极大,为了改善这种性能,发挥它的优势,保持成品形状、尺寸的稳定,在板坯成形时应遵循以下原则。

1. 对称原则

在人造板的对称中心平面两侧的相应层内的单元,其树种、厚度、制造方法、纹理方向、含水率等均应相同。不论结构为多少层,一定要关于中心面对称(图7-1)。

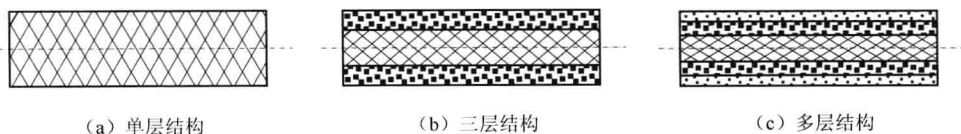


图7-1 对称原则

例如,当人造板含水率发生均匀变化时,板内木(竹)将会发生变形(吸湿膨胀、解吸干缩),因变形而产生的应力可用式(7-1)计算:

$$\sigma = \epsilon \cdot E \quad (7-1)$$

式中, σ ——应力,MPa;

ϵ ——应变(其值与木(竹)材材种、纤维方向、含水率变化值等有关)。

$$\epsilon = \frac{\Delta L}{L} \quad (7-2)$$

式中, L ——材料原长或宽或厚, m ;

ΔL ——材料由于含水率的变化而引起的伸长量或收缩量, m ;

E ——木(竹)材的弹性模量(与材种、纤维方向、含水率等有关), MPa 。

例如, 胶合板中相对应单板(单元)层仅厚度不同 $S_1 > S_2$, 当胶合板吸湿时将产生变形力 $P_1 = \sigma \cdot S_1 \cdot l \cdot W$ 和 $P_2 = \sigma \cdot S_2 \cdot l \cdot W$, 所以 $P_1 > P_2$ (图 7-1(b))。在这种情况下, 胶合板内产生了内应力, 三层板将会发生向上弯曲变形、开裂(胶)等缺陷。

2. 均匀原则

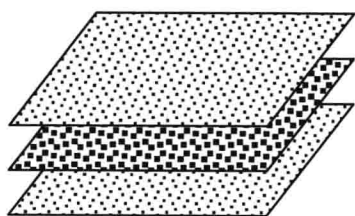


图 7-2 均匀原则

均匀原则包括人造板的同一厚度层中, 构成单元大小、纹理和方向一致; 板材单位面积上的质量应该相等两方面, 以便减小同一层内的应力变形和便于后续加工。从图 7-2 可知, 对于人造板来说, 相邻层的构成单元可以不同, 但是同一厚度层的构成单元应该相近, 并且成形方向一致。

对于刨花板和纤维板的生产而言, 板坯横向铺装精度的经验公式为

$$\delta_1 = \pm \frac{24}{\sqrt{H}} \times 100\% \quad (7-3)$$

式中, δ_1 ——横向铺装精度;

H ——产品厚度。

而纵向偏差为 $\delta_2 \leq \pm 3\%$ 。

对于胶合板、集成材等较大构成单元的材料, 单板木材的拼接, 同样需要注意均一问题。例如, 单板为同一树种等。

3. 交错排列原则

由于木材(竹材)纹理方向(即纤维方向)上物理力学性能的差异极大, 为了改善其各向异性的缺点, 可使相邻层单板(刨花层、纤维层)的纤维排列方向互成直角或可减少相隔角度值使成品的各向异性降至最小, 或任意排列(刨花、纤维), 见图 7-3。例如, 胶合板、细木工板、定向结构板、刨花板、纤维板等。

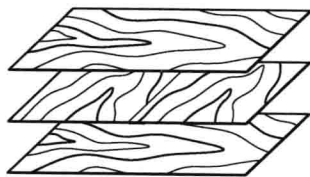


图 7-3 交错原则

为了发挥木材纤维纵向的强度和尺寸稳定性,也可使相邻层单板(刨花层、纤维层)的纤维排列方向同向(并行)排列,成为定向产品,例如,单板层积材、胶合层积木、木(竹)条层积材(PSL),重组木等定向产品。

当以木材的顺纹抗压强度为1时,理论上各强度之间的关系见表7-1。

表 7-1 木材理论上各种强度之间的关系

抗压强度		抗拉强度		抗弯强度	抗剪强度	
顺纹	横纹	顺纹	横纹		顺纹	横纹切断
1	1/10~1/3	2~3	1/20~1/3	3/2~2	1/7~1/3	1/2~1

4. 重量原则

人造板板坯的重量原则包括两方面的含义:①板坯重量必须符合工艺要求,保证板坯一定的压缩率和胶合面积,减小构成单元间的孔隙率,以使产品力学强度达到规定要求;②分层铺装成形时,需保证各层的重量符合工艺要求,以保证表层质量和减少胶黏剂用量。

对于人造板来说,密度不但对其抗弯强度、弹性模量和内结合强度等力学性能产生影响,而且也影响其物理性能。对于散碎和不规整的构成单元组成的板坯更是如此。或者说对于在热压过程中其厚度需要采用位置控制生产工艺的人造板产品的板坯,如刨花板、纤维板和重组材等。而对于胶合板、层积材和集成材等,则通过压力来保证胶合面积,其厚度由压力控制。

7.1 单板组坯

7.1.1 组坯要求

1. 组坯原则

根据人造板板坯成形的原则和胶合板板坯及构成单元特征,胶合板组坯一般应坚持以下原则。

1) 对称原则

对称中心平面两侧的单板,树种、单板厚度、层数、制造方法、纤维方向和单板含水率都应该相互对应。只有当板坯符合对称原则、胶合板含水率变化时,其结构稳定,不会产生变形、开裂等缺陷。

随着优质胶合板原材料的紧缺,工业人工林的普遍使用,表层优质材料和芯层低质材料成为胶合板生产的必然趋势,但在生产时,仍然需要尽量满足板坯的对称性。

2) 奇数层原则

由于胶合板的结构是相邻层单板的纤维方向相互垂直,而且又必须符合对称原则,所以它的总层数必定是奇数。

对于厚型胶合板,为了获得相应的纵横向力学强度或结构需要,可以将其中某几层的相邻单板纤维同向排列,但仍然需要遵循对称原则,并把相邻层同向排列的几层单板看做一层厚单板,此时仍然遵循奇数层原则。

3) 层的厚度原则

同一厚度的胶合板可以用较厚的、层数较少的单板构成,也可以用较薄的、层数较多的单板构成。

采用越薄的单板生产的胶合板质量越高,但材料消耗较多,生产成本增加。因此厚度原则必须根据产品的用途做出适当的选择。

2. 厚度要求

单板涂胶后,根据胶合板的构成原则、产品厚度和层数要求组成板坯。胶合板的单板组坯,其面板和背板等级的搭配应符合胶合板标准的规定,芯板的缺陷只要在表板上反映不出来都是允许的。板坯的厚度是按成品厚度和加压过程中板坯的压缩率大小来决定的,用式(7-4)计算:

$$S = \frac{100(S_h + C)}{100 - \Delta} \quad (7-4)$$

式中, S ——板坯厚度, mm;

S_h ——胶合板的厚度, mm;

C ——胶合板表面加工余量, mm;

Δ ——板坯压缩率, %。

各种胶合板板坯的压缩率可参考表 7-2。

表 7-2 各种胶合板板坯的压缩率

胶合板品种	板坯压缩率/%	胶合板品种	板坯压缩率/%
普通胶合板	8~16	车厢胶合板	8~16
航空胶合板	2~25	船舶胶合板	30~35
木材层积塑料板	50		

7.1.2 组坯方法

胶合板各层可以是等厚的或不等厚的单板,目前普遍采用薄表板、厚芯板的组坯方式,其目的是合理利用木材,提高优质表板木材的出板率和胶合板等级率。胶合板组坯分手工组坯和机械组坯两种,目前我国以手工组坯为主。

1. 手工组坯

手工组坯应注意胶液中水分在涂胶后向单板内扩散,致使芯板膨胀,容易使胶合板产生叠芯、离缝等缺陷,所以在使用小片芯板涂胶后直接组坯时要根据单板的吸水后膨胀规律预留缝隙,涂胶后的小片芯板经开口陈化胀足后再组坯;组坯时芯板与表板纹理应相互垂直,为以后锯边确定基准,所以组坯要做到“一边一头齐”;采用小片芯板组坯时,窄芯板应放在板坯中间位置,防止搬运时错位、歪斜,造成次品,芯板在板坯中不应露在外边太长,掌握陈放时间,防止局部干胶。

施胶后的单板要放置一段时间,称为陈化。组坯以后陈化,称为闭口陈化;涂胶后单板放置一段时间再组坯,称为开口陈化。陈化的目的是使胶中一部分水分蒸发和向单板内渗透,从而相对提高胶液的固体含量,同时增加胶黏剂的聚合度,提高黏度,改进胶黏剂预压性能,避免热压时胶液过度挤出,产生缺胶或透胶缺陷。陈化时间要适当,陈化时间不足,胶层中水分过多,胶黏剂相对分子质量小,达不到陈化的目的;陈化时间过长,胶液固化失去流动性和相对分子质量过大,反而降低预压性能和胶接力。陈化时间应根据胶种、胶液浓度、单板含水率、气候条件等因素的变化,掌握适宜的陈化时间,通常闭口陈化时间在 30min 左右。

近年由于国内普遍使用速生杨木做芯板,为解决速生杨木单板涂胶吸水后膨胀率大、一次组坯后容易产生叠芯和离缝的缺陷问题,采用两次涂胶两次组坯工艺,即在第一次芯板单面涂胶组坯预压后,进行修板,即将叠芯部位去掉,补上离芯部位,然后再涂胶,进行二次组坯。两次组坯工艺有效地解决了杨木小幅芯板使用难题,极大地促进了我国胶合板工业的发展。

2. 机械组坯

为提高胶合板的劳动生产率,组坯需要机械化、连续化。实现组坯机械化,首先要芯板整张化。芯板整张化较为成功的办法,是用三、四条热熔胶线将芯板拼成整张单板。有了整张化单板,可采用四滚筒涂胶机,最好采用淋胶、喷胶等施胶方法,协调整个作业线。芯板翘曲不平会妨碍正常施胶与组坯,可使用整平机整平芯板,配备升降台、吸板器、运输机等设备,即可实现涂胶、组坯的机械化和连续化。

机械组坯方案较多,图 7-4 是一种半自动化单面淋胶组坯生产线,适用于酚醛树脂厚胶合板的生產。在组坯生产线一端,芯板放在运输带上,除尘、淋胶,落到组坯机构下部升降台上。组坯机构由两部分组成,下部是接收淋胶单板的升降台,用挡板把堆放在它上面的单板靠齐,上部是自动落板架,它接收吸盘移来的面板,当淋上胶液的各种单板叠合到规定的层数时,自动落板架张开,将面板放在板坯上,这样就完成了一张胶合板的组坯操作。

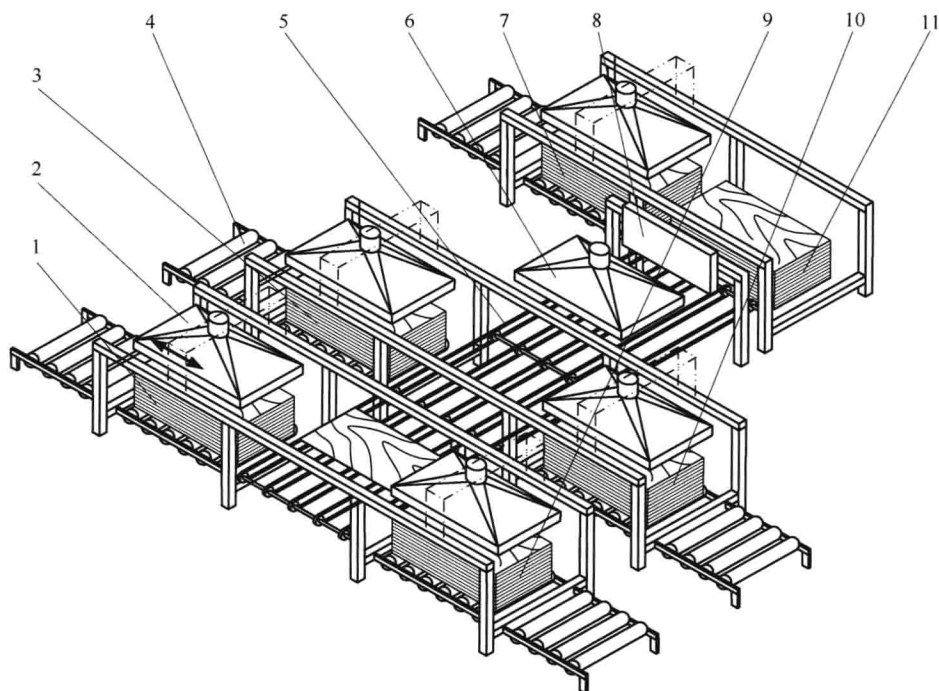


图 7-4 半自动化单面淋胶组坯生产线

1. 芯板垛; 2. 移动真空吸板箱; 3. 中板垛; 4. 滚筒输送机; 5. 皮带输送机; 6. 吸尘器;
7. 表板垛; 8. 淋胶机; 9. 背板垛; 10. 备用台; 11. 自动升降液压工作台

用涂胶机涂胶组坯机械化的方法很多,图 7-5 为其中的一种。这种组坯生产线的工作程序是吸板箱从芯板垛吸起一张芯板,自动喂进涂胶机前的进料滚筒,芯板平整地进入涂胶机;涂胶后的芯板落到预先放好背板的组坯台上,由于挡板的作用,与背板一边靠齐。在芯板进料的同时,送板车两侧面、背板的自动进料系统动作,将面板传送到送板车下层,背板送到送板车的上层。送板车的作用是将面板、背板重合,由于气缸的推动可以沿轨道往返运行。面板、背板叠合后,即由送板车送到组坯台上方,它的位置略高于涂胶芯板,在送板车抽回时,面板、背板即被阻留于涂胶芯板上,完成一次组坯操作。送板车回原位后,碰到限位开关,又进行第二次组坯操作。以上是三层胶合板的组坯过程,多层胶合板则使用中板自动吸板箱加入程序操作,即可实现多层胶合板的组坯过程。例如,配置 1650~3170mm 幅面的胶合板时,每张单板参加组坯时间不超过 2.5s;配制 1525mm×1525mm×4mm(3 层)规格胶合板时,每小时可组坯 410 张,消耗劳动力为每人 0.51m³/h。