

瓦楞纸板托盘结构及性能研究

寇新宇, 董巧艺, 马浩云, 孙一凡, 马乐, 李晓刚
(北京林业大学, 北京 100083)

摘要: **目的** 探讨瓦楞纸板托盘结构与性能的关系。**方法** 托盘由铺板和垫块或纵梁粘合而成, 铺板为 1 块 3A 楞瓦楞纸板或 2 块 AB 楞瓦楞纸板粘合而成, 垫块或纵梁通过瓦楞纸板层叠粘合或卷绕成型, 利用抗弯和抗压试验测试托盘抗弯强度和抗压强度, 并分析托盘力学性能。**结果** 托盘抗弯性能主要与铺板瓦楞纸板层数有关, 1 块 3A 楞瓦楞纸板铺板的抗弯性能优于 2 块 AB 楞瓦楞纸板粘合铺板; 托盘抗压性能与垫块或纵梁结构有关, 层叠粘合成型的垫块或纵梁的抗压性能优于回字卷绕成型的, 抗压强度可达到 33.48 kN; B 楞瓦楞纸板层叠粘合成型的垫块或纵梁的抗压强度优于 AB 楞的; 垫块的抗压强度优于纵梁。**结论** 通过对瓦楞纸板托盘结构、抗弯性能、抗压性能的研究与测试, 可为实际应用提供参考和依据。

关键词: 瓦楞纸板; 托盘; 结构; 抗弯; 抗压

中图分类号: TB484.1; TB485.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2018)07-0049-05

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2018.07.010

Structure and Property of Compressing Paperboard Pallet

KOU Xin-yu, DONG Qiao-yi, MA Hao-yun, SUN Yi-fan, MA Le, LI Xiao-gang
(Beijing Forestry University, Beijing 100083, China)

ABSTRACT: The work aims to explore the relationship between the structure and property of corrugated paperboard pallet. The pallet was made up of deck board and blocks or stringers. The deck board was bonded by a piece of 3A corrugated paperboard or two pieces of AB corrugated paperboard. The blocks or stringers were laminated or coiled by corrugated paperboard. The bending strength and compressing strength of the pallet were tested by bending and compressing tests. The mechanical properties of pallet were analyzed. The pallet bending property was mainly related to the number of corrugated board layers of deck board. The bending property of a piece of 3A corrugated paperboard was superior to that of two pieces of AB corrugated paperboard. The compressing property of pallet was related to block or stringer structure. The compressing property of laminated block or stringer was superior to that of the coiled one. The compressing strength could reach 33.48 kN. The compressing strength of laminated block or stringer of B corrugated paperboard was better than that of AB. The compressing strength of block was better than that of stringer. Research and test of the structure and the bending and compressing properties of corrugated paperboard pallet provide reference and basis for the actual application of corrugated paperboard pallet.

KEY WORDS: corrugated paperboard; pallet; structure; bending property; compressing property

收稿日期: 2017-08-13

基金项目: 北京林业大学大学生创新创业训练计划 (S201610022083); 中央高校基本科研业务费专项资金 (YX2015-02)

作者简介: 寇新宇 (1996—), 男, 北京林业大学本科生, 主攻运输包装。

通信作者: 李晓刚 (1977—), 男, 北京林业大学讲师, 主要研究方向为包装机械、运输包装。

瓦楞纸板托盘是一种新型的绿色环保产品,具有原料丰富、成本低、质量轻、弹性好、缓冲性能优良、便于回收等特点^[1]。国内外瓦楞纸板托盘的早期研究主要集中在结构方面,关于力学性能的研究较少。伴随着计算机技术的快速发展,瓦楞纸板托盘力学性能研究逐渐得到了众多学者的重视。日本工业标准^[2]对瓦楞纸板托盘的型式、种类、最大承载质量、尺寸、试验方法及检测有明确的规定。Masood 等^[3]提出了一种重复利用的瓦楞纸板复合物或塑木材料的托盘。刘映平^[4]设计了4种抗压实验方法测试了纸托盘不同方向的抗压强度。邓巧云等^[5]研究了一种纸积层板托盘的结构和制造工艺,分析了其主要性能指标和应用范围。温时宝等^[6]对现有纸板和纸板托盘的结构进行了较为详细的绘图说明,但总结的瓦楞纸板托盘类型有限。李琛等^[7]通过实验测试研究了不同结构多层瓦楞纸板托盘的抗弯强度、抗压强度及缓冲性能。这里拟探索不同结构类型瓦楞纸板托盘的力学性能以及结构参数对托盘承载能力的影响,研究成果对于瓦楞纸板托盘的研究和应用可提供一定参考。

1 试验

1.1 材料与设备

主要材料:瓦楞纸板有3种,分别为B楞瓦楞纸板(每层定量分别为200,140,200 g/m²,厚度为3.0 mm),AB楞瓦楞纸板(每层定量分别为200,140,200,140,200 g/m²,厚度为7.0 mm),3A楞瓦楞纸板(每层定量分别为200,140,200,140,200,140,200 g/m²,厚度为15.0 mm),瓦楞纸板均为特耐王包

装(北京)有限公司生产。主要设备:电脑测控抗压试验机,型号为DCP-KY50kS,由四川长江造纸仪器责任有限公司生产。

1.2 试样规格

托盘试样尺寸为1200 mm×800 mm,垫块尺寸为80 mm×80 mm×80 mm,纵梁尺寸为800 mm×80 mm×80 mm。若采用垫块,则由12个垫块构成,若采用纵梁,则由4个平行于铺板短边的纵梁构成^[8]。

垫块以B楞纸板和AB楞纸板为原料,采用回字形卷绕、双回字形卷绕以及堆叠粘合3种结构形式的垫块^[9-11]。堆叠粘合B楞纸板垫块需要24块尺寸为80 mm×80 mm的纸板粘合在一起,厚度达到80 mm,AB楞纸板垫块则需要11块粘合在一起。纵梁仍以B楞纸板和AB楞纸板为原料,采用回字形卷绕和堆叠粘合2种形式^[12-13],见图1。每种结构的垫块和纵梁均由AB楞和B楞2种瓦楞纸板制作,因此一共有10种不同结构的垫块和纵梁。

托盘试样的垫块和纵梁与铺板的连接方式采用白乳胶粘合,连接后的托盘结构有5种,见图2。铺板采用2种形式,一种为1块3A楞瓦楞纸板^[14-15],另一种为2块AB楞纸板按照楞向互相垂直的方式粘合而成,垫块和纵梁分别用AB楞和B楞制作,和2种铺板组合后一共有10种托盘。以“铺板楞型-垫块(或纵梁)楞型-结构形式-垫块(或纵梁)”的方式命名,10种托盘分别命名为3A-AB-回字-垫块、3A-AB-回字-纵梁、3A-B-粘合-纵梁、3A-B-回字-垫块、3A-B-双回字-垫块、3A-AB-双回字-垫块、3A-AB-粘合-纵梁、2AB-B-粘合-垫块、2AB-AB-粘合-垫块、2AB-B-回字-纵梁。

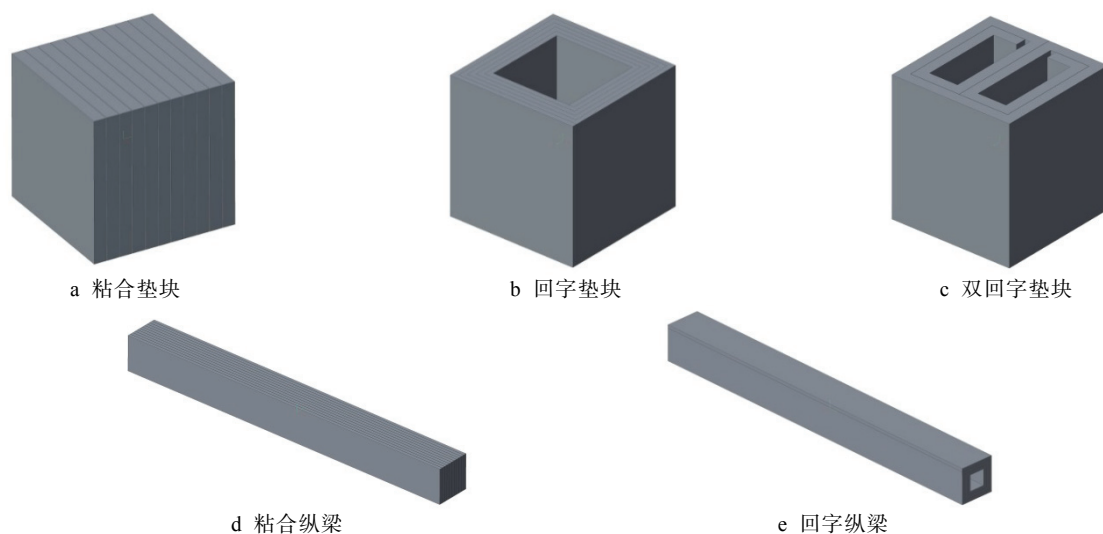


图1 垫块和纵梁结构
Fig.1 Block and stringer structures

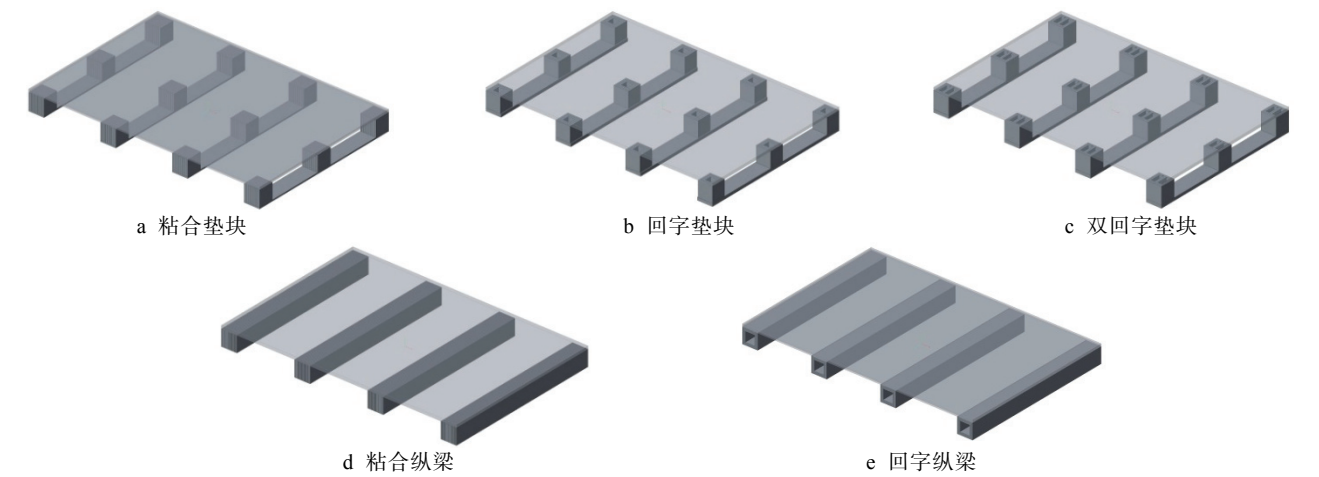


图 2 托盘结构
Fig.2 Pallet structures

1.3 方法

用毛刷在纸板粘接处均匀、快速涂抹白乳胶，保持 2~3 min 以保证粘接牢固。试样在温度为 (23 ± 2) °C 和相对湿度为 (50 ± 2) % 的条件下预处理 24 h。

抗弯试验参考 GB/T 4996—2014^[16] 和 GB/T 4995—2014^[17] 进行。将试样放置在抗压试验机底座正中心，压板加载速度设置为 10 mm/min，在加载板上加载载荷直至托盘挠度为托盘长度的 6% 时，该载荷值为试样的抗弯强度。取相同的全新试样在加载板上加载上述载荷值的一半直至托盘不再发生变形时，该挠度为试样的抗弯刚度，最后将该托盘静置 3~5 min 后测定其挠度。抗弯试验的设计见图 3。

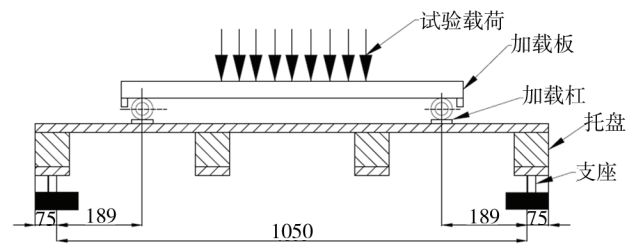


图 3 托盘抗弯试验设计
Fig.3 Bending test design of pallet

垫块或纵梁抗压试验参考 GB/T 4996—2014 和 GB/T 4995—2014 进行。将托盘试样放置在抗压试验机底座正中心，压板加载速度设置为 10 mm/min，将一块 300 mm×300 mm×10 mm 的刚性薄板置于托盘最中间 2 个垫块的中心位置或 4 个纵梁最中央的 2 个中间位置，在薄板上施加载荷，直至垫块或纵梁破裂、过度变形或挠曲，记录该极限载荷值，将该值作为托盘垫块或纵梁的抗压强度。将 2 次测得的结果取平均值，抗压试验设计见图 4。

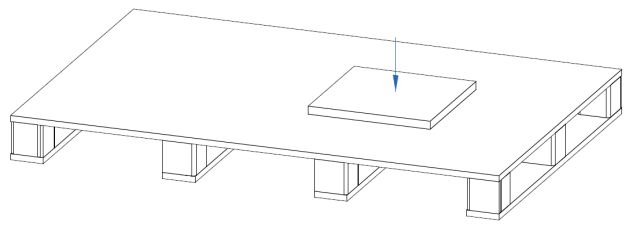


图 4 托盘抗压试验设计
Fig.4 Compressing test design of pallet

2 结果与讨论

2.1 抗弯试验

不同类型的托盘抗弯试验数据见表 1，可以看出，影响托盘抗弯强度和抗弯刚度的主要是铺板的类型。3A 楞瓦楞纸板铺板的抗弯强度与刚度要高于 2 块 AB 楞瓦楞纸板粘合铺板。同时，对于同种铺板类型的托盘，不同的垫块也会影响托盘的抗弯强度及刚度，但影响不会很大。

表 1 托盘抗弯试验数据
Tab.1 Bending test data of pallets

托盘类型	抗弯强度/N	抗弯刚度/mm	静置挠度/mm
3A-AB-回字-垫块	860	40	10
3A-B-粘合-纵梁	720	39	7
3A-B-回字-垫块	720	38	6
3A-B-双回字-垫块	700	43	8
3A-AB-双回字-垫块	680	39	8
3A-AB-粘合-纵梁	630	33	6
2AB-B-粘合-垫块	550	44	10
2AB-AB-粘合-垫块	310	47	20
2AB-B-回字-纵梁	250	42	18

2.2 垫块或纵梁抗压试验

不同类型托盘的垫块或纵梁抗压试验数据见表 2, 其中变形量是指加载至托盘某个垫块或纵梁产生过度变形时, 对应的极限载荷即垫块或纵梁的抗压强度。由表 2 可以看出 B 楞纸板成型的垫块或纵梁与同种 AB 楞纸板成型的垫块或纵梁抗压强度的大小关系, 以及同一类型纸板成型的不同形式的垫块或纵梁之间的抗压强度大小关系。

由表 2 可知, B 楞纸板成型的垫块或纵梁的抗压强度高于同种 AB 楞纸板成型的垫块或纵梁。对于 B 楞纸板成型的垫块或纵梁, 抗压强度从大到小依次为 B 楞粘合纵梁、B 楞粘合垫块、B 楞双回字垫块、B 楞回字垫块、B 楞回字纵梁。对于 AB 楞纸板成型的垫块或纵梁, 抗压强度从大到小依次为 AB 楞粘合纵梁、AB 楞粘合垫块、AB 楞双回字垫块、AB 楞回字垫块、AB 楞回字纵梁。

表 2 垫块或纵梁抗压试验数据
Tab.2 Compressive test data of block or stringer

托盘类型	变形量/mm	极限载荷/N
3A-B-粘合-纵梁	31.15	31 975
2AB-B-粘合-垫块	33.6	11 730
3A-B-双回字-垫块	39.2	8975
3A-B-回字-垫块	33.6	7540
2AB-B-回字-纵梁	29.95	4010
3A-AB-粘合-纵梁	31.5	19 615
2AB-AB-粘合-垫块	33.15	6665
3A-AB-双回字-垫块	48.55	5225
3A-AB-回字-垫块	47.95	4580
3A-AB-回字-纵梁	58.75	3780

经过分析不难发现, 这些差异是由瓦楞部分的面积、瓦楞楞向以及抗压面积导致的。B 楞纸板成型的垫块或纵梁瓦楞部分的面积要大于同种 AB 楞纸板成型的垫块或纵梁。对于 B 楞纸板来讲, B 楞粘合纵梁的抗压面积大, 相比 B 楞粘合垫块有更好的抗压强度。B 楞粘合垫块瓦楞部分的面积高于 B 楞双回字垫块, B 楞双回字垫块又高于 B 楞回字垫块。B 楞回字纵梁的瓦楞楞向平行于抗压方向, 故显示出较低的抗压强度。对于 AB 楞纸板, 道理等同于 B 楞纸板, 只不过 AB 楞回字垫块的瓦楞部分的面积要高于 AB 楞双回字垫块。

3 结语

通过抗弯和抗压试验, 研究了单面瓦楞纸板托盘的抗弯和抗压性能与铺板瓦楞纸板层数以及垫块和纵梁结构之间的关系, 得到以下结论。

1) 单面瓦楞纸板托盘抗弯强度基本取决于铺板

瓦楞纸板的类型和强度, 7 层瓦楞纸板的抗弯强度要高于 2 块 AB 楞纸板粘合的瓦楞纸板。

2) 瓦楞纸板托盘垫块或纵梁不管是粘合、单回字、双回字, B 楞瓦楞纸板的抗压强度均大于 AB 楞瓦楞纸板。不管是 B 楞瓦楞纸板还是 AB 楞瓦楞纸板, 双回字垫块的抗压强度高于单回字垫块。

3) 不管铺板瓦楞纸板的层数和垫块以及纵梁瓦楞纸板的层数, 垫块的抗压强度基本大于纵梁。

4) 单面使用的瓦楞纸板托盘宜采用铺板为 3A 楞瓦楞纸板、垫块为 B 楞瓦楞纸板的结构型式。

参考文献:

- [1] 陈镜波. 欧洲瓦楞纸板生产商联合会成员国瓦楞纸板生产现状[J]. 造纸信息, 2016(1): 52—55.
CHEN Jing-bo. Production Status of Corrugated Paperboard in Member States of European Federation of Corrugated Paperboard Manufacturers[J]. China Paper Newsletter, 2016(1): 52—55.
- [2] JIS Z 0608—1997, 纸制平托盘[S].
JIS Z 0608—1997, Paper Flat Pallets[S].
- [3] MASOOD S H, RIZVI S H. An Investigation of Pallet Design Using Alternative Materials for Cold Room Applications[J]. International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2006, 29(1): 1—8.
- [4] 刘映平. 新型纸托盘的抗压强度试验研究[J]. 包装工程, 2007, 28(6): 47—49.
LIU Ying-ping. Study on Compression Strength of New Type of Paper Pallet[J]. Packaging Engineering, 2007, 28(6): 47—49.
- [5] 邓巧云, 朱燕玲, 沈辰栋, 等. 新型纸积层板托盘的工艺技术和应用研究[J]. 包装工程, 2010, 31(11): 39—41.
DENG Qiao-yun, ZHU Yan-ling, SHEN Chen-dong, et al. Study on Technology and Application of Multiply Laminated Paper Pallet[J]. Packaging Engineering, 2010, 31(11): 39—41.
- [6] 温时宝, 薛蕾, 刘翠. 纸板托盘的发展及其结构概述[J]. 包装与食品机械, 2011, 29(2): 56—59.
WEN Shi-bao, XUE Lei, LIU Cui. Overview of Development and Structure of Cardboard Pallet[J]. Packaging and Food Machinery, 2011, 29(2): 56—59.
- [7] 李琛, 李姊静. 瓦楞纸板托盘承载能力与缓冲性能[J]. 科技导报, 2015, 33(7): 61—66.
LI Chen, LI Zi-jing. Carrying Capacity and Cushioning Performance of Multi-layer Corrugated Pallet[J]. Science & Technology Review, 2015, 33(7): 61—66.
- [8] 肖志坚, 黄文艺, 刘宏斌, 等. 以纸代木瓦楞托盘评测与选用[J]. 中国包装工业, 2016(6): 20—21.
XIAO Zhi-jian, HUANG Wen-yi, LIU Hong-bin, et al. Evaluation and Selection of Paper-made Corrugated Pallet[J]. China Packaging Industry, 2016(6): 20—21.
- [9] 郑美琴. 浅谈瓦楞纸箱尺寸设计[J]. 印刷杂志, 2017(1): 46—48.

- ZHENG Mei-qin. Discussion on the Dimension Design of Corrugated Box[J]. Printing Field, 2017(1): 46—48.
- [10] 吴艳芬. 瓦楞纸箱结构设计尺寸压痕放缩量的一种算法[J]. 常州工学院学报, 2016, 29(4): 43—46.
- WU Yan-fen. An Algorithm on the Indentation Scale for Corrugated Carton Structural Design[J]. Journal of Changzhou Institute of Technology, 2016, 29(4): 43—46.
- [11] 吴艳芬. 基于剖析图法的瓦楞纸箱尺寸设计[J]. 北京印刷学院学报, 2016, 24(2): 26—30.
- WU Yan-fen. Packaging Size Design of Corrugated Paper Based on the Profile Method[J]. Journal of Beijing Institute of Graphic Communication, 2016, 24(2): 26—30.
- [12] 程玲, 曹国荣. 瓦楞纸箱设计系统的研究[J]. 绿色包装, 2016(3): 27—31.
- CHENG Ling, CAO Guo-rong. Research on Design System of Corrugated Box[J]. Green Packaging, 2016 (3): 27—31.
- [13] CHEN Shu-rong, CAO Guo-rong, ZHENG Xuan. Research on the Size Design of Corrugated Box Based on the Standard Pallet Dimension[J]. Applied Mechanics and Materials, 2014, 469: 205—208.
- [14] 赵顺星. 重型瓦楞纸板包装技术探讨[J]. 品牌, 2015 (2): 180.
- ZHAO Shun-xing. Discussion on Packaging Technology of Heavy Corrugated Board[J]. Brand, 2015(2): 180.
- [15] FADIJI T, COETZEE C, OPARA U L. Compression Strength of Ventilated Corrugated Paperboard Packages: Numerical Modelling, Experimental Validation and Effects of Vent Geometric Design[J]. Biosystems Engineering, 2016, 151: 231—247.
- [16] GB/T 4996—2014, 联运通用平托盘试验方法[S]. GB/T 4996—2014, General-purpose Flat Pallets for Through Transit of Goods-Test Methods[S].
- [17] GB/T 4995—2014, 联运通用平托盘性能要求和试验选择[S]. GB/T 4995—2014, General-purpose Flat Pallets for Through Transit of Goods-Performance Requirements and Selection of Tests[S].