一种纸质缓冲包装衬垫及其成型工艺研究

王奉杰[1]，边兵兵[1]，杨昌茂[2]，陈 宏[2]，张新昌[1]
(1.江南大学，无锡 214122；2.宁波万昌橡塑有限公司，宁波 315712)

摘要：研究了一种新型纸质缓冲包装衬垫及其成型工艺。该纸质缓冲包装衬垫主要由瓦楞纸板和蜂窝纸板复合而成，通过对纸质缓冲包装衬垫结构特点和产品性能的分析，确定了纸质缓冲包装衬垫的加工工艺流程。纸制缓冲包装衬垫加工的过程包括原材料的供送和移置、施胶、自动成型等步骤，其关键环节为蜂窝衬垫自动成型机构的设计及涂胶设备的选择。该纸质缓冲包装衬垫具有良好的缓冲性能，且能实现规模化生产，对推动纸质缓冲包装材料的应用将起到积极作用。

关键词：纸质缓冲包装衬垫；复合纸板；结构设计；加工工艺
中图分类号：TB487；TB484.1　**文献标识码：**A　**文章编号：**1001-3563(2012)19-0067-05

Study of Paper Cushion and Its Molding Process

WANG Feng-jie[1], *BIAN Bing-bing*[1], *YANG Chang-mao*[2], *CHEN Hong*[2], *ZHANG Xin-chang*[1]
(1. Jiangnan University, Wuxi 214122, China; 2. Ningbo Wanchang Rubber Co. Ltd., Ningbo 315712, China)

Abstract: A new type of paper cushion packaging liner was developed, which was mainly made from corrugated cardboard and honeycomb. The process flow of the paper cushion packaging liner was determined by analyzing its structure characteristics and performance. The processes of paper cushion packaging liner's processing included raw materials supply and transfer, sizing, and automatic molding. Its key segments were the design of automatic molding equipment and the choice of coating equipment. The paper cushion packaging liner has good cushioning properties, and can achieve large-scale production. The purpose was to provide reference for promoting application of paper cushioning material.

Key words: paper cushion packaging liner; composite board; structural design; processing technology

为防止产品在流通过程中受到外界冲击和振动等机械载荷作用而发生机械损伤，需要对产品进行缓冲保护。包装箱中的缓冲材料能够吸收冲击和振动的能量，保证包装件在可能的恶劣物流环境中不发生破损。

缓冲材料主要有塑料缓冲材料和纸制缓冲材料两大类[1]。塑料缓冲材料一般为经过发泡处理的合成树脂，主要包括发泡聚乙烯(EPE)、发泡聚苯乙烯(EPS)、聚氨酯(PU)等发泡塑料和气垫塑料薄膜，这些材料对环境有相当程度的影响，不易回收利用，不利于可持续发展和我国所倡导的和谐社会理念。纸质缓冲材料是近来国际上发展非常迅速的新一代绿色环保类材料，其生产原料主要为纸浆以及相关的加工助剂，是一种轻质、高缓冲性的弹性材料。这种材料相对于泡沫材料，能够全部降解，环保性能优良，是一种广为关注的代木代塑新材料，在家电包装中得到了广泛关注。

家电产品中洗衣机的传统缓冲包装由发泡塑料制成的顶盖、底衬垫和镶条组成。洗衣机主体通过底部金属固定圈固定于泡沫底衬垫上，泡沫顶盖放置在洗衣机主体的上面，泡沫底衬垫和顶盖之间使用塑料缓冲材料连接。塑料缓冲包装衬垫根据洗衣机底部金属固定圈以及底部外壳形状制成，用于固定洗衣机主体，确保洗衣机在运输过程中不发生移动，同时还具有一定的缓冲作用。

目前，洗衣机包装多采用塑料缓冲材料，不能再

收稿日期：2012-06-08
作者简介：王奉杰(1988－)，男，山东日照人，江南大学硕士生，主攻包装结构与材料。

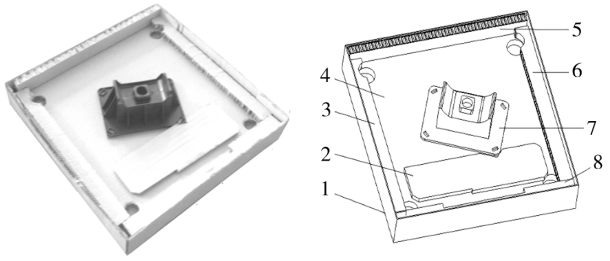
生,也不转化降解,而且体积较大,给回收运输造成了困难。随着人们环保意识的不断增强,发泡塑料缓冲包装衬垫已不能适应低碳环保的包装要求。目前市场上采用的纸质缓冲包装衬垫,大多数是将蜂窝纸板经特殊的冲压设备和模具冲压而成[2]。但是单一的蜂窝纸板产品的侧压强度随着孔径的增大而减小,不能可靠地固定洗衣机产品,而且此种纸质缓冲包装衬垫既不美观,防水性能也差,长时间堆码存放容易倾斜。

针对纸质缓冲包装衬垫的应用现状,并根据洗衣机产品的包装要求,通过将瓦楞纸板和蜂窝纸板组合,并以实现工业化生产为目标,设计了一种新型纸质缓冲包装衬垫,并提出了它的机械化生产线方案。

1 衬垫的总体结构及性能要求

1.1 总体结构

针对目前市场上纸质缓冲包装衬垫的不足,采取瓦楞纸板和蜂窝纸板联用的形式,纸质缓冲包装衬垫包括衬垫骨架和粘结在衬垫骨架上的缓冲体,塑料件粘结嵌入在衬垫底板上,其中的衬垫骨架由瓦楞纸板折叠而成,缓冲体由蜂窝纸板粘结而成[3]。本产品以瓦楞纸板作为底托、定位板和插板,以块状及条状蜂窝组件作为缓冲材料,中间通过塑料件嵌入粘合在块状蜂板上,大大提高了纸质缓冲包装衬垫的缓冲强度和抗震性能。并采用了有利于机械化生产的架构设计,便于机械化生产。纸质缓冲包装衬垫见图 1。



1. 瓦楞底托;2. 定位瓦楞纸板;3. 蜂窝底板左板;4. 蜂窝底板;5. 蜂窝底板前板;6. 蜂窝底板右板;7. 塑料件;8. 蜂窝底板后板

图 1 纸质缓冲包装衬垫

Fig. 1 Paper cushion

由图 1 可看出,该缓冲包装衬垫主要由瓦楞纸板、蜂窝板和塑料件组成,主要成型方式为粘胶固定、嵌入和折叠等。裁切好的瓦楞纸板和蜂窝纸板之间为白乳胶粘合固定,塑料件与蜂窝底板之间为嵌入和胶结固定,蜂窝纸板块和条之间为白乳胶粘合固定。瓦楞底托的外侧则采用辊涂的方式涂覆一层防水剂。纸板防水剂能明显改善纸板的耐水性,当水长时间落于纸板时,不会因沾湿而成水滴,能防止水分浸透纸板,起到超防水、超疏水效果。

1.2 性能要求

为了保证纸质缓冲包装衬垫在物流运输过程中能够起到良好的保护作用,需要测试带有洗衣机的纸质缓冲包装衬垫的机械性能(跌落和振动)和防潮性能。本纸质缓冲包装衬垫经过杭州松下家用电器公司检测检验,可以达到以下规定的项目。

1) 跌落性能。将洗衣机放置于以上所述的纸质缓冲包装衬垫上,打包包装好,连续经过 45 mm 高度的角跌落,60 mm 高度的两侧楞跌落,45 mm 高度的两侧面跌落以及 60 mm 高度的面跌落,洗衣机无变形和破损,洗衣机表面无划痕。

2) 振动性能。在 100 Hz 连续振动条件下,连续振动 40 h, 洗衣机均无变形,锁紧件无松动,洗衣机吊杆等易碎部件无破碎,洗衣机底部无划痕。

3) 堆码性能。将打包包装好的洗衣机放置于之上所述的纸质缓冲包装衬垫上,在洗衣机包装箱的顶部垂直分散施加 60 kg 压力,洗衣机包装箱高度变化不大于 3 mm。

4) 防潮性能。满足 JISZ 1537－1995 要求,即当水短时间落于其上时,不会因沾湿而成水滴,能防止水浸透纸板。

2 生产设备的工艺流程及关键机构设计

2.1 加工工艺流程分析

根据上文纸制缓冲包装衬垫结构和性能的分析,可确定纸制缓冲包装衬垫的成型方式为:瓦楞底托经摇翼折叠粘合成型,蜂窝底板胶粘固定在瓦楞底托上,蜂窝左板、右板、后板和定位板胶结固定在蜂窝底板上,塑料件部分嵌入蜂窝底板,并胶结固定在蜂窝底板上。基于其结构形式和成型方式的特点,确定该纸质缓冲包装衬垫的工艺原理。根据纸质缓冲包装撑条的结构设计,其加工过程可以分为瓦楞底托输送、涂胶,蜂窝块条移置、粘合,缓冲包装衬垫自动成型,塑料件移置、粘结等步骤,具体过程见图 2。

该纸质缓冲包装衬垫的加工工艺流程大致如下:

(1)在衬垫底托盒坯上表面指定位置涂胶;(2)蜂窝底板和蜂窝前板通过各自的物料供送机构和移置

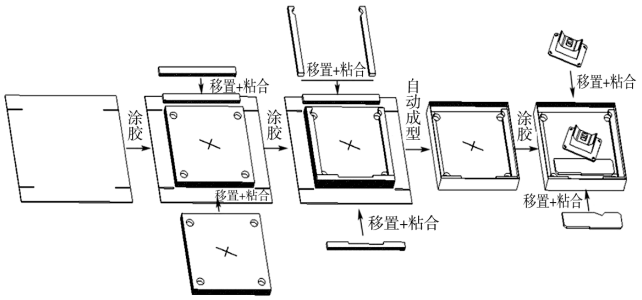


图 2　纸质缓冲包装衬垫加工工艺原理

Fig. 2 Schematic of the paper cushion process

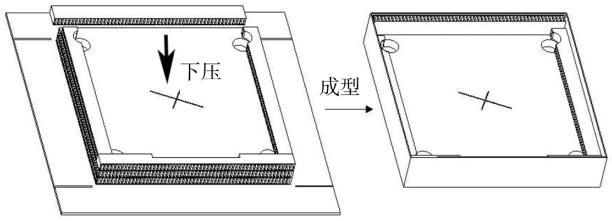


图 3　底托成型工艺原理

Fig. 3 Principle of bottom bracket molding process

机构,分别粘合固定在底托盒坯的相应位置;(3)在蜂窝底板上表面的指定位置涂胶;(4)蜂窝后板和蜂窝左右板通过各自的物料供送机构和移置机构,分别粘合固定在蜂窝底板的相应位置;(5)缓冲包装衬垫进入成型工位,通过底托成型机将衬垫底托成型;(6)在蜂窝底板上表面的指定位置涂胶;(7)瓦楞定位板和塑料件通过各自的物料供送机构和移置机构,分别粘合固定在蜂窝底板的相应位置。

为了实现上述工艺路线,同时保证各个设计要素的独立性,本设备须要包含如下子系统:物料供送系统、物料移置系统、涂胶系统、底托成型系统、输送链板系统等。

由上述工艺路线可以看出,要实现系统功能,整条生产设备设计必须合理,各工位除其机械结构安全可靠外,还必须实现机电一体化,各工位之间在控制子系统的作用下相互配合,协调动作[4]。

根据行业现状和生产设备,确定本系统的基本参数如下:适用物料为纸质缓冲包装衬垫;操作工人数量为 1 名;生产能力为每分钟 10～15 个;工作时间为每天 8 h;年工作日为 300 d;年生产量为 200 万个。

2.2　关键机构——瓦楞底托成型机构的设计

根据基本参数,要达到 10～15 个/min 的生产能力,则设计生产能力应该在 12 个以上,平均每个 5 s。瓦楞底托成型系统要完成施胶,瓦楞底托的折叠,襟片的粘合、保压几个动作,无疑成为整条生产线的瓶颈工序,故纸质缓冲包装衬垫的瓦楞底托成型系统为本生产线的关键子系统,其每个机构的结构设计以及动作的协调配合尤其重要。

2.2.1　成型工艺及结构组成

1) 成型工艺分析。

纸制缓冲包装衬垫加工到底托成型时,见图 3,蜂窝底板和前板已经粘合在底托上,而蜂窝后板和左右板粘合固定在蜂窝底板上。底托盒坯为一块已经模切压痕好的瓦楞纸板,底托成型即底托盒坯摇翼折起以及其襟片分别粘合成型的过程[5]。

根据该类型盒坯的结构形式特点,可确定其成型工艺为:将纸质缓冲包装衬垫置于自动成型机的成型模具上,在瓦楞底板 4 角的襟片处进行施胶处理,在蜂窝纸板上表面垂直向下加压,其摇翼以及粘贴襟片通过模具在下压过程中先后按顺序折起[6],粘贴襟片分别粘合,下压到模具最底部时,底托成型完成。

2) 主要结构组成。

经瓦楞底托成型机成型工艺分析可知,成型机主要由涂胶设备、推送机构和成型机构 3 部分组成。涂胶设备负责在底托盒坯襟片处施加胶水,推送机构负责完成将衬垫送进与送出成型工位的动作,而成型机构负责完成将衬垫底托加工成型的工序。缓冲包装衬垫底托的整个成型时间为 5 s。

2.2.2　涂胶机构

纸质缓冲包装衬垫瓦楞底托成型时间短,所使用的胶水须要具有粘结强度高、固化速度快的特性。综合其工艺要求、企业利益和人性化设计原则等因素,成型机采用包装用热溶胶,配以相对应的热熔胶胶机。

热熔胶机的结构通常包括熔缸、齿轮泵、分岐座、输胶喉管、枪体、电控制系统和外罩壳等部件[7]。热熔胶放入熔缸进行加温预热,当熔缸预热到 135 ℃(可自由设定)便接通自动跟踪箱电源。当所有的温控点达到预设定温度后便开始工作。启动或自动马达,热熔胶经过齿轮泵作用泵出熔缸,经过滤网通过回流阀输出,再经过保温管进入枪体,达到喷胶涂胶的目的。

根据纸质缓冲包装衬垫的成型工艺以及热熔胶机的结构特点,可选择无锡冉信热熔胶机械设备有限公司生产的喷胶机设备,在纸质缓冲包装衬垫 4 个襟

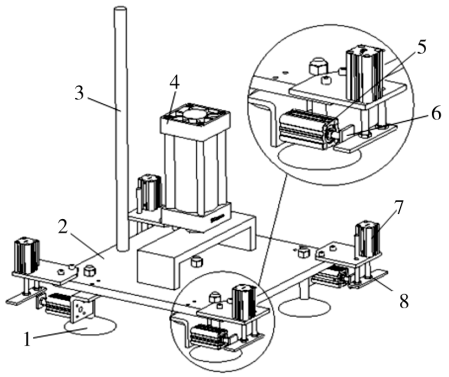
片处分别配备有 4 个枪体,独立喷胶。

2.2.3 成型机构

基于衬垫底托的成型工艺分析,成型机的成型机构由提供压力的压板组件和使衬垫底托的摇翼及襟片按顺序折起和粘合的成型组件组成。

1) 压板组件设计。

压板组件的功能主要是提供底托成型压力,并且使折起的襟片下压至正确位置。按要求设计的成型机构压板组件见图 4。



1. 压板; 2. 支座; 3. 导杆; 4. 升降气缸; 5. 保压气缸; 6. 保压推板; 7. 气缸; 8. 推板

图 4 成型机构压板组件

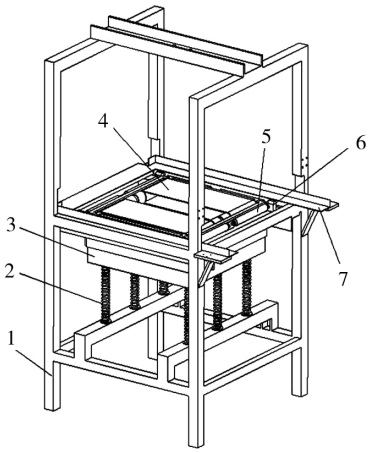
Fig. 4 Plate components of molding mechanism

升降气缸 3 上端固定在成型机机架上,下端连接支座 2,导杆 3 在压板组件升降时起到导向的作用。压板组件的工作原理为:升降气缸 4 驱动支座 2 下降,通过固定在支座 2 上的 5 个压板 1 下压衬垫,使其在成型组件上逐渐成型,同时支座 2 上的气缸 7 驱动推板 8 将折起的襟片下压至正确位置,同时保压气缸 5 驱动保压推板 6 将襟片与底托瓦楞纸板压实保压,保压 3 s 后压板组件复位,取出缓冲包装衬垫。

2)成型组件设计。

成型组件的功能主要是借助压板组件的下压力,并通过成型组件各个部件,将衬垫底托的各个摇翼和襟片按顺序分别折起和粘合,最后使衬垫底托完全成型。按要求设计的成型机构成型组件见图 5。

升降底座 3 通过其底部 6 根导杆和复位弹簧 2 与成型机机架 1 连接,升降底座 3 上的 2 个皮带 4 为工作平面,且其四周分别布置着一组辊轮 5 和一个襟片挡块 6,图中 7 为衬垫的导槽。成型组件的工作原理为:置于工作平面皮带 4 上的衬垫底托在压力组件的压力作用下,随着升降底座 3 逐渐下降并压缩复位



1. 机架; 2. 复位弹簧; 3. 升降底座; 4. 皮带; 5. 辊轮; 6. 襟片挡块; 7. 导槽

图 5 成型机构的成型组件

Fig. 5 Molding components of the molding mechanism

弹簧 2,底托的襟片首先被挡块 6 逐渐折弯,同时其摇翼分别随辊轮的转动而折起,当升降底座 3 下降至最底部时,底托的摇翼和襟片都完全折起并且分别粘合,压力组件复位,升降底座 3 在复位弹簧 2 的作用下上升至初始位置。

2.2.4 底托成型机构工作循环

该系统的执行机构由襟片推板、压板和保压推板组成,所述的执行结构均由单行程气缸[8]进行驱动。为了减少不必要的等待时间,提高生产效率,合理安排各执行机构的动作顺序也很重要。根据各动作的配合要求,绘制出系统各执行机构的工作循环图,见图 6。

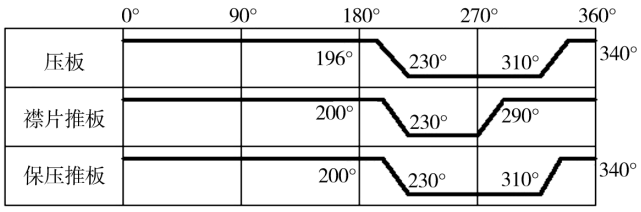


图 6 底托成型系统工作循环图

Fig. 6 Working cycle diagram of bottom bracket molding system

3 结语

研究的新型纸质缓冲包装衬垫由瓦楞纸板、蜂窝纸板和塑胶件组成,具有良好的缓冲性能。通过对纸质缓冲包装衬垫加工工艺的分析,确定了加工过程所涉及到的子系统,并对其中纸质缓冲包装衬垫底托成

型系统进行了机构设计。该底托成型样品机的实际生产能力为每分钟 10～15 个，可基本满足缓冲包装衬垫的实际生产需要。

参考文献：

[1] 杨铭锐，余华，徐少科，等. 缓冲包装材料的开发应用[J]. 中国包装工业，2009(12)：41－44.
YANG Ming-rui，YU Hua，XU Shao-ke，et al. Development and Application of the Cushion Packaging Materials[J]. China Packaging Industry，2009(12)：41－44.

[2] 郭彦峰，张景绘，许文才，等. 蜂窝纸板及其衬垫缓冲特性研究[J]. 包装工程，2002，23(5)：110－112.
GUO Yan-feng，ZHANG Jing-hui，XU Wen-cai，et al. Research on the Cushioning Properties of Honeycomb Paperboard and Its Cushion[J]. Package Engineering，2002，23(5)：110－112.

[3] 杨昌茂. 波轮洗衣机包装缓冲衬垫：中国，CN201756283U[P]. 2011-03-09.
YANG Chang-mao. The Packaging Cushion of Washing Machine：China，CN201756283U[P]. 2011－03－09.

[4] 张进. 工业炸药中包包装生产线关键技术的研究与设计[D]. 武汉：武汉工业学院，2008.
ZHANG Jin. Research and Design of the Key Technologies of Industrial Explosives in the Packaging Production Line[D]. Wuhan：Wuhan Polytechnic University，2008.

[5] 段瑞侠，孙诚. 浅谈折叠纸盒结构的优化设计[J]. 印刷技术，2009(4)：21－24.
DUAN Rui-xia，SUN Cheng. Optimization Design of Folding Carton Structure[J]. Printing Technology，2009(4)：21－24.

[6] 刘天植，张新昌. 纸盒的高速自动折叠机构及其原理[J]. 包装工程，2008，29(2)：41－43.
LIU Tian-zhi，ZHANG Xin-chang. High Speed Carton Automatic Folding Mechanism and Its Principle[J]. Package Engineering，2008，29(2)：41－43.

[7] 宋晓明，赵华. 热熔胶涂布技术的应用[J]. 广东印刷，2009(6)：21－24.
SONG Xiao-ming，ZHAO Hua. The Application of Hot Melt Adhesive Coating Technology[J]. Guangdong Print，2009(6)：21－24.

[8] 陆建萍，李小宁. 复杂多叶面小型纸盒气动自动包装机的研究与开发[J]. 中国制造业信息化，2004(11).
LU Jian-ping，LI Xiao-ning. Research and Development of Automated Packing Machine for Multi-leaf Cardboard Cartons[J]. Manufacturing Information Engineering of China，2004(11).

（上接第 56 页）

参考文献：

[1] CAROSIO Federico，ALONGI Jenny，et al. Layer by Layer Ammonium Polyphosphate-based Coatings for Flame Retardancy of Polyester-cotton Blends[J]. Carbohydrate Polymers，2012，88(4)：1460－1469.

[2] DREVELLE C，LEFEBVRE J，et al. Thermal And Fire Behaviour of Ammonium Polyphosphate/Acrylic Coated Cotton/PESFR Fabric[J]. Polymer Degration and Stability，2005，88(1)：130－137.

[3] WANG Jun-sheng，LIU Yun，et al. Metal Compound-enhanced Flame Retardancy of Intumescent Epoxy Resins Containing Ammonium Polyphosphate[J]. Polymer Degration and Stability，2009，94(4)：625－631.

[4] LIU Gou-sheng，CHEN Wen-yan，et al. Controllable Synthesis and Characterization of Ammonium Polyphosphate with Crystalline form V by Phosphoric Acid Process[J]. Polymer Degration and Stability，2010，95(9)：1834－1841.

[5] KE Chen-hao，LI Juan，et al. Synergistic Effect between A Novel Hyperbranched Charring Agent and Ammonium Polyphosphate on the Flame Retardant and Anti－Dripping Properties of Polylactide[J]. Polymer Degration and Stability，2010，95(5)：763－770.

[6] ZHAO Chun-xia，LIU Ya. Synergistic Effect of Ammonium Polyphosphate and Layered Double Hydroxide on Flame Retardant Properties of Poly(vinyl alcohol)[J]. Polymer Degration and Stability，2008，93(7)：1323－1331.

[7] BOURBIGOT Serge，BRAS Michel Le，et al. XPS Study of an Intumescent Coating：II. Application to the Ammonium Polyphosphate/Pentaerythritol/Ethylenic Terpolymer Fire Retardant System with and without Synergistic Agent[J]. Applied Surface Science，1997，120(1)：15－29.

[8] DUQUESNE S，DELOBEL R，BRAS M Le，et al. A Comparative Study of the Mechanism of Action of Ammonium Polyphosphate and Expandable Graphite in Polyurethane[J]. Polymer Degration and Stability，2002，77(2)：333－344.

[9] VROMAN I，GIRAUD S，et al. Polypropylene Fabrics Padded with Microencapsulated Ammonium Phosphate：Effect of the Shell Structure on the Thermal Stability and Fire Performance[J]. Polymer Degration and Stability，2010，95(9)：1716－1720.