

模组屏物流包装设计

孙聚杰

(青岛科技大学, 青岛 266042)

摘要: **目的** 研究模组屏物流包装形式、结构及包装工艺操作性。**方法** 针对模组屏自身特点, 对其原卧式包装形式进行改进, 设计模组屏立式包装。利用三维建模软件建立缓冲衬垫和模组屏模型后, 将两者进行装配。将包装三维模型导入仿真软件 Ansys Workbench 中, 设置材料属性后, 对其进行有限元网格划分, 再对各物理性能进行模拟仿真分析。**结果** 对模组屏立式包装提出了通用化包装设计方案, 实现了直下式模组屏立式包装。**结论** 采用通用化缓冲衬垫包装的模组屏在跌落过程中受到的加速度最大为 610.58 m/s^2 , 比原包装减小了 26.8%, 比每片同尺寸卧式包装的成本降低了 26.57%, 可通用 5 种原型机, 大幅度提高了包装效率, 降低了包装成本。

关键词: 模组屏; 跌落冲击; 跌落模拟; 三维建模

中图分类号: TB485.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2017)01-0037-05

Design of Logistics Packaging System for Screen Module

SUN Ju-jie

(Qingdao University of Science and Technology, Qingdao 266042, China)

ABSTRACT: The work aims to study the form and structure of screen module logistics packaging and the operability of packaging process. The original horizontal packaging of screen module was improved, and the vertical packaging was designed according to its own characteristics. After the cushion pad and the screen module model were built with the 3D modeling software, both of them were assembled. After the three-dimensional model of packaging was imported into the simulation software Ansys Workbench, and the material properties were set up, the finite element mesh was divided, and then the simulation of all the physical properties was analyzed. With the universal packaging design of vertical packaging put forward for screen module, the vertical packaging of direct-type screen module was realized. The maximum acceleration of the screen module packaged with universal cushion pad in the dropping process is 610.58 m/s^2 , 26.8% less than the original packaging. The cost is 26.57%, lower than that of each horizontal packaging of the same size. The universal packaging can be used for five kinds of prototypes, which has greatly improved the packaging efficiency and reduced the packaging costs.

KEY WORDS: screen module; drop impact; drop simulation; 3D modeling

家电行业竞争越来越激烈, 成本成为制约其发展的瓶颈, 在满足产品功能和质量要求的基础上, 各个企业都在想方设法地降低成本, 如改变产品结构、材料等方法。从 Mindlin 发表了关于缓冲包装的论文开始, 缓冲材料的力学特征、产品脆值测试、包装动力学模型、运输包装设计法相继被提出, 在缓冲包装理论研究方面取得了很大的发展^[1-5], 出现了缓冲包装 5 步法、6 步法等经典包装设计方法, 通过研究产品

的易损性和流通参数, 选择合适的包装材料和适当的包装结构, 完美实现包装的防护功能。这些理论在实际应用中有很大的局限: 脆值评价需要大量的实物产品实验; 包装材料缓冲曲线数据库不完善; 设计存在过度包装等^[6-9]。实际缓冲包装设计中, 考虑到成本因素, 很少有厂家严格使用缓冲包装 5 步法、6 步法。文中以海信模组屏为例, 对产品包装系统进行设计, 将原有包装进行优化, 获得更佳的包装效果, 降低包

收稿日期: 2016-07-21

作者简介: 孙聚杰 (1980—), 男, 硕士, 青岛科技大学讲师, 主要研究方向为运输包装、高分子包装材料。

装成本。

1 现有模组屏包装

模组屏即液晶显示屏或液晶面板,是将液晶显示器件、集成电路、PCB线路板、背光源、连接件、结构件装配在一起的显示组件。液晶电视中,模组屏通常占据 60%~70%的成本,是平板电视的核心部件,模组屏的包装防护功能极其重要。

模组屏原先采用卧式包装,包装材料为低密度发泡聚苯乙烯 EPS,卧式包装结构见图 1。直下式模组屏由于前壳受力易变形破损,所以全部采用卧式包装。模组屏放置属于卧式,EPS 包装衬垫属于分离式,从下至上 EPS 包装层与模组屏交替放置。该包装形式具有在生产线上操作效率低、运输过程中反射片由于重力作用易错位、部分机型由于机器尺寸限制导致包装箱与集装箱间隙过大存在质量隐患等缺点,需突破前壳易变形的难点。

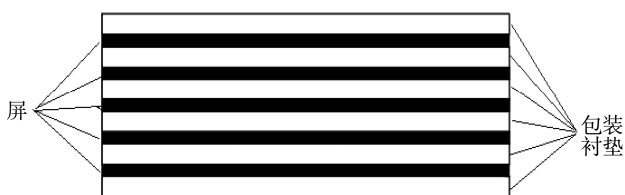


图 1 模组屏卧式包装结构

Fig.1 Schematic of horizontal package of screen module

2 模组屏包装改进

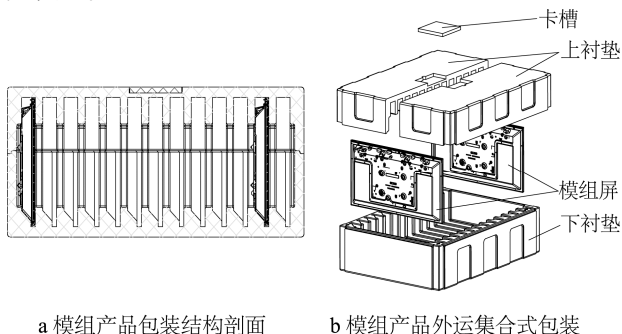
针对模组屏卧式包装的缺点,对其包装形式及结构进行改进,同时注重包装通用化,从而提高装箱质量、装箱效率、集装箱利用率等。模组屏有新机型外运时,量大时则需重新开 EPS 模具,新开的缓冲衬垫仅限于同一机型及相关派生机使用,开模费用高、周期长,长期申请新物料不利于物料管控与通用化设计,对于个别外运计划输入较晚的机型可能会影响海运出货时间,因此 EPS 衬垫的通用化设计非常重要。

2.1 立式包装方案设计

选取 46 英寸(1 英寸=2.54 cm) D-LED 模组屏进行设计,D-LED 模组 S 板侧背板处凸包较多,为保证机器与衬垫有足够的接触面,运输时采取 S 板朝上的方式放置。前壳易受力破损,设计时前壳与衬垫间隙需大于背板与衬垫间隙,避免前壳受力。

上、下衬垫的阶梯式咬合结构设计,以及上衬垫与小隔板结构的镶嵌式结构形式,充分实现了衬垫与衬垫的紧密配合,承担并分散在运输过程中所受到的冲击力、斜切力及负载重力,减弱力对产品

本身的冲击,保护产品。模组屏立式包装及其分解见图 2。



a 模组产品包装结构剖面 b 模组产品外运集合式包装

图 2 模组屏立式包装及其分解

Fig.2 Vertical package for screen module and its exploded view

2.2 立式包装仿真模拟

模组屏立式包装结构由三维建模软件 Pro/E 制作,并对其与模组屏进行组装装配,作为包装模型,它主要包括前壳、胶框、背板、面板、衬垫。跌落仿真分析在 Ansys Workbench 中的瞬态冲击模块中进行^[10],已有很多产品的缓冲包装使用过有限元软件进行分析^[11-14]。跌落试验标准中,总质量为 46 kg 的包装跌落高度为 28.4 cm。仿真分析中将重力加速度设为 9.8 m/s^2 。

在模拟仿真中,将跌落高度进行等效变换,以实际跌落中产品和地面接触时的速度作为初始速度参数,减少跌落高度,可缩短计算机仿真模拟的计算时间。模组屏在装卸过程中跌落高度为 28.4 cm,软件仿真中跌落高度设为 20 mm,同时需将包装件的初速度设为 v_0 , $v_0=2.36 \text{ m/s}$ 。在软件模拟的过程中,输入材料的相关参数见表 1。设好相关参数后,运用求解模块进行相应的计算。通过计算跌落中模组屏受到的冲击脆值 G_c 的大小,对模组屏易损性进行表征,看其在跌落过程中是否发生破损。判断包装是否符合要求,可以将包装件跌落仿真数据与模组屏的冲击脆值 G_c 进行比较,即实际跌落冲击过程中受到的最大加速度是否超过产品本身的冲击脆值。

表 1 产品及包装件主要参数

Tab.1 Main parameters of products and packages

参数	材料	密度/($\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$)	弹性模量/MPa	泊松比
前壳	hips	1.15	2070	0.35
胶框	PC+质量分数为 10% 的 GF	1.26	3200	0.36
背板	合金	7.80	190 000	0.3
面板	PET	1.40	3500	0.39
衬垫	EPS	0.02	6.71	0.08

产品脆值估算经验关系式^[15]:

$$G_c = am^{-b} \quad (1)$$

式中: m 为包装件质量; a , b 为 2 个经验参数, 根据冲击的严酷程度, 可以将经验参数 a 和 b 的取值进行归类简化。

该设计采用中等冲击数据, 取 $m=3.5$ kg, $a=203$, $b=0.306$ 代入式(1), 可得模组屏脆值 $G_c=138g$ 。跌落分析结果得出, 模组屏在跌落过程中受到的加速度最大为 610.58 m/s^2 , 小于脆值的经验估算值, EPS 衬垫具有较好的缓冲效果, 可保护产品在跌落过程中不受破坏。

对原卧式包装、立式包装进行跌落分析, 得到结果见图 3, 显示跌落过程中, 各部位所受到的最大加速度, 卧式包装跌落过程中受到的最大加速度为 1081.4 m/s^2 , 立式包装跌落过程中受到的最大加速度远小于卧式包装, 立式包装保护效果得到明显提升。

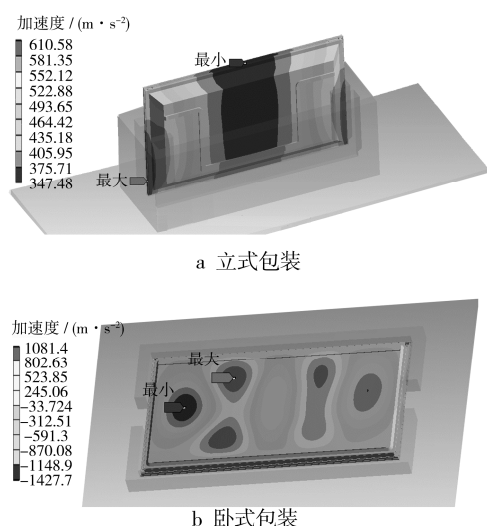


图 3 立式和卧式包装的跌落加速度云图

Fig.3 Acceleration cloud of vertical package and horizontal package

软件模拟结果满足使用要求, 进行包装衬垫开模, 对机器进行跌落试验, 使用 TP3 瞬时加速度检测仪器测得跌落过程中模组屏受到的最大纵向加速度为 595.46 m/s^2 , 并且模组屏外观及功能保持完好, 软件分析结果误差为 2.48%。

2.3 立式包装通用化设计

文中所设计及模拟仿真的模组屏机型为 46 英寸, 公司所生产的模组屏型号及尺寸众多, 不同尺寸机型的长度不同, 整体式衬垫无法满足使用要求, 需将衬垫由整体式变为分体式结构; 不同尺寸机型的高度不同, 大尺寸机型在使用小尺寸衬垫时, 由于衬垫高度较短, 需要保证在堆码过程中机器的主要受力部位——背板能满足使用要求; 不同型号机器的厚度、

背板凸包等不同, 设计时需全部避让凸包, 根据不同结构, 通过衬垫与机器不同部位的卡合满足不同厚度机型的使用要求。

该项目设计 2 套通用化衬垫, 一套用于 40, 42 英寸模组屏, 兼容 HD400DF-E32, HD400DU-B31, HD426DF-B52, HD426DU-B51(110), HD426DU-B51; 另一套用于 50, 55 英寸模组屏, 兼容 HD500DF-F54, HD500DU-B02, HD550DF-E33, HD550DF-F51, HD550DF-B32。通过软件模拟确定大尺寸机型是否能够满足堆码强度及衬垫是否能满足跌落强度要求。

上、下衬垫可以提供纵向支撑, 保护机器在运输过程中不受力, 堆码过程中, 受力面依然为机器与衬垫的接触面, 受到的力为机器自重。通过在包装衬垫四角增加纸护角的方式提高纵向抗压强度, 在衬垫中部增加纸管, 进一步提高包装的纵向抗压强度, 模拟得到衬垫应力云图, 见图 4a, 背板受到的最大静应力为 1.86 MPa, 在屈服强度范围内; 模拟得到衬垫应变云图, 见图 4b, 最大应变为 0.077%, 纸护角、纸管变形量很小, 满足使用要求。

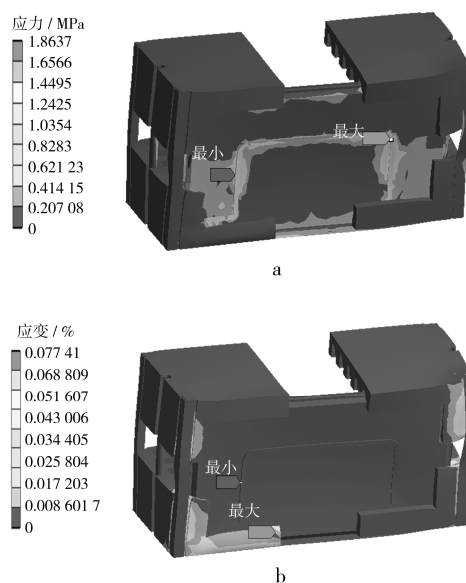


图 4 衬垫应力和应变云图

Fig.4 Stress and strain cloud map of cushion pad

40, 42, 50, 55 英寸机型跌落过程中受到的加速度云图见图 5, 跌落过程中的最大加速度分别为 433.41 , 461.39 , 791.54 , 472.65 m/s^2 , 可知跌落的最大加速度均小于产品脆值。该设计可实现保护功能。

3 包装工艺及成本分析

模组屏卧式包装和立式包装工艺过程见图 6, 可知, 通过采用立式包装方式, 包装效率得到了提高, 箱装量由原来的 5 片增加到 14 片。

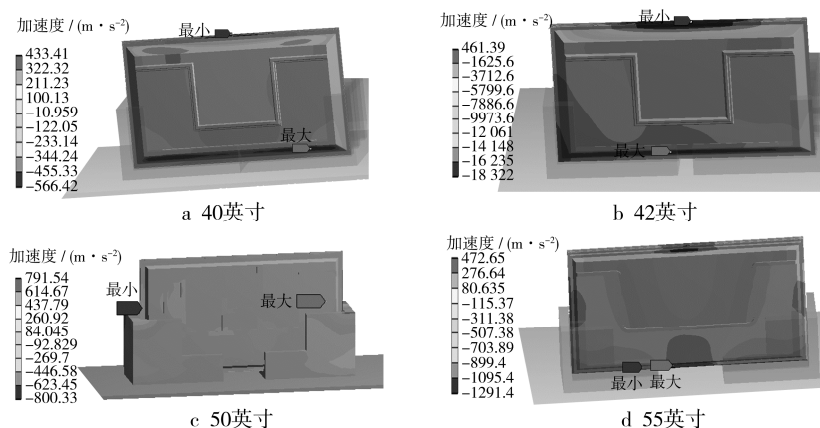


Fig.5 Drop acceleration cloud map of universal packaging

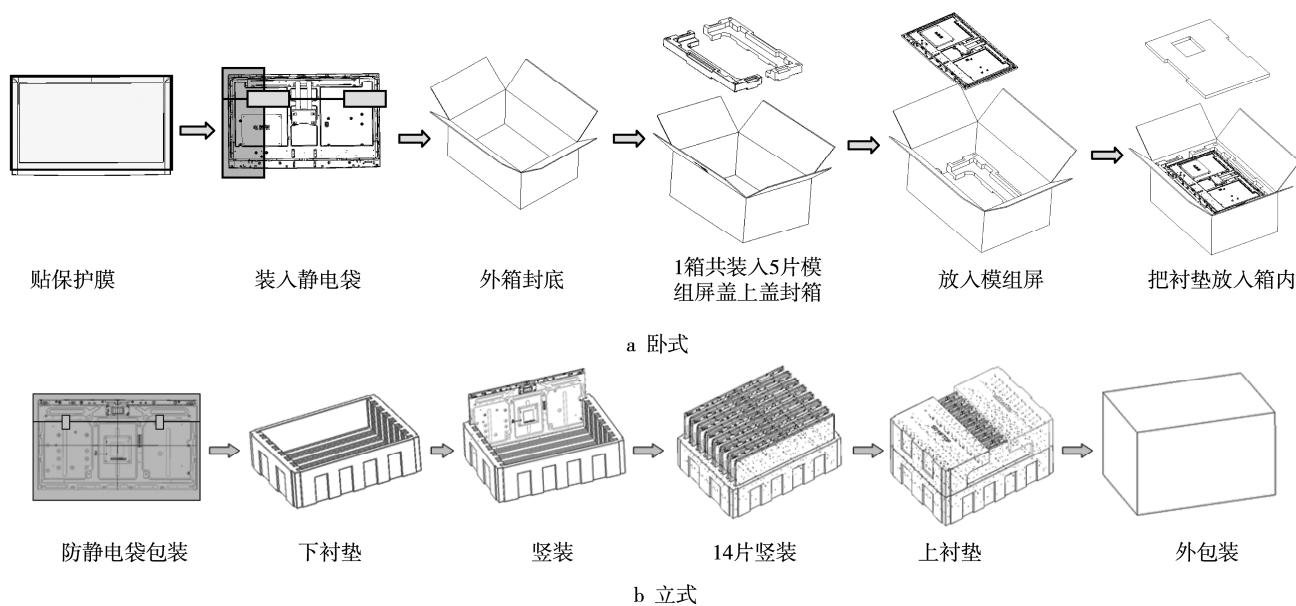


Fig.6 Horizontal packaging and vertical packaging process

原卧式包装的下衬垫、上衬垫、存放箱的成本分别为 8.72, 1.54, 5.43, 总成本为 15.69 元; 立式包装的下衬垫、上衬垫、存放箱的成本分别为 4.42, 3.41, 3.69, 总成本为 11.52 元。可知, 模组屏立式包装比每片同尺寸卧式包装成本降低 26.57%。

4 结语

通过该设计实现了直下式模组屏立式包装, 比每片同尺寸卧式包装的成本降低了 26.57%; 通过 Ansys Workbench 软件的分析, 通用化设计缓冲衬垫比原包装形式在模组屏跌落过程中受到的最大加速度减小了 26.8%; 通用化缓冲衬垫可通用 5 种原型机。该设计大大提高了包装效率, 降低了包装成本。

参考文献:

[1] MINDLIN R D. Dynamics of Package Cushioning[J].

Bell System Technical Journal, 1945, 24(3): 353—461.

[2] BURGESS G J. Effects of Fatigue on Fragility Testing and the Damage Boundary Curve[J]. Journal of Testing and Evaluation, 1996(4): 419—424.

[3] 王振林, 吴长富, 奚德昌. 物品包装系统位移损坏边界[J]. 振动工程学报, 1998, 11(4): 434—442.

WANG Zhen-lin, WU Chang-fu, XI De-chang. The Displacement Damage Boundary of Product Packaging System[J]. Journal of Vibration Engineering, 1998, 11(4): 434—442.

[4] SEK M, MINETT M, ROUILLARD V, et al. A New Method for the Determination of Cushion Curves[J]. Packaging Technology and Science, 2000, 13(6): 249—255.

[5] 刘乘, 卢杰, 陈满儒. 运输包装件振动特性的计算机仿真[J]. 包装工程, 2002, 23(4): 20—22.

LIU Cheng, LU Jie, CHEN Man-ru. Computer Simulation of Vibration Characteristics for The Product/Pack-

- ages in Transportation[J]. Packaging Engineering, 2002, 23(4): 20—22.
- [6] 孙聚杰, 卢立新. 疲劳振动对瓦楞纸板承载能力与缓冲性能的影响[J]. 包装工程, 2007, 28(5): 21—23.
SUN Ju-jie, LU Li-xin. Influence of Fatigue Vibration on the Load Capacity and Cushion Performance of Corrugated Fiberboard[J]. Packaging Engineering, 2007, 28(5): 21—23.
- [7] 周明砚, 张峻岭. 缓冲包装设计理论的发展及方向[J]. 包装工程, 2005, 26(2): 70—71.
ZHOU Ming-yan, ZHANG Jun-ling. The Progress and Development Trend of the Theory of Cushioning Packaging Design[J]. Packaging Engineering, 2005, 26(2): 70—71.
- [8] ZHEN J. Development of A Spectral-based Substructuring Technique for Modeling and Vibratory Response of Complex Vehicle Structures[D]. Alabama: University of Alabama, 2000.
- [9] 孙聚杰. 包装衬垫疲劳强度与疲劳缓冲性能的研究[D]. 无锡: 江南大学, 2007.
SUN Ju-jie. Research on Fatigue Strength and Fatigue Cushion Performance of Package Pad[D]. Wuxi: Jiangnan University, 2007.
- [10] 张岩. Ansys Workbench 15.0 有限元分析从入门到精通[M]. 北京: 机械工业出版社, 2014.
ZHANG Yan. Ansys Workbench 15.0 Finite Element Analysis[M]. Beijing: Machinery Industry Press, 2014.
- [11] 丁玉平, 钱怡. 包装件仿真跌落分析与结构优化设计[J]. 包装与食品机械, 2014, 32(4): 44—47.
DING Yu-ping, QIAN Yi. Drop Simulation and Structure Optimization on Overall Package[J]. Packaging and Food Machinery, 2014, 32(4): 44—47.
- [12] 王长智, 陈文革. 基于 Ansys 软件的产品跌落分析与耐跌结构设计[J]. 包装工程, 2013, 34(1): 44—46.
WANG Chang-zhi, CHEN Wen-ge. Drop Simulation Analysis and Structure Design of Product Based on Ansys[J]. Packaging Engineering, 2013, 34(1): 44—46.
- [13] UMUD E O, GUNAY A. Finite Element Analysis of Expanded Polystyrene Foam under Multiple Compressive Loading and Unloading[J]. Materials and Design, 2011, 32(2): 773—780.
- [14] 孙德强, 孙玉瑾, 郑波波, 等. 六边形蜂窝芯异面类静态压缩力学行为的仿真分析[J]. 包装工程, 2014, 35(1): 18—22.
SUN De-qiang, SUN Yu-jin, ZHENG Bo-bo, et al. Simulation Analysis of the Out-of-plane Quasi-static Compression of Hexagonal Honeycomb Cores[J]. Packaging Engineering, 2014, 35(1): 18—22.
- [15] LI F, DIANA T D, GOFF J W. Method for Deriving the Correlation between Free Fall and Shock Machine Drop Height[J]. Packaging Technology and Science, 1993(6): 139—146.