

# 基于 UG/FEA 技术的平板显示产品缓冲包装初步设计

王柳, 王玉龙, 梁秀  
(武汉大学, 武汉 430079)

**摘要:** **目的** 设计一种组合材料的包装来满足平板显示产品的包装要求。**方法** 此款包装设计有 4 个角垫, 左右角垫对称, 上下角垫略微差异。4 个角垫均由瓦楞纸板折成的骨架、蜂窝纸板底板和与平板显示产品直接接触的 EPE 部件组等部分组成。运用 UG 与 MSC FEA 软件对包装件进行建模及有限元仿真试验。**结果** 在国标规定压力下, 平板显示器的最大内应力小于其极限应力。**结论** 缓冲包装满足平板显示器的防护要求, 但是安全系数偏大, 有优化空间。

**关键词:** 平板显示产品; 缓冲包装设计; 有限元建模; 仿真分析

**中图分类号:** TB485.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2016)17-0118-005

## Preliminary Design of Cushion Packaging for Flat Panel Displays Based on UG/FEA Technology

WANG Liu, WANG Yu-long, LIANG Xiu  
(Wuhan University, Wuhan 430079, China)

**ABSTRACT:** A new cushion packaging made of combination materials to meet the packaging requirements on flat panel displays. The cushion packaging consisted of four corner pads. There was a little difference between the upper and lower corner pads, while the one on the left was the same as that on the right. Each pad was composed of three parts, a skeleton folded by corrugated cardboard, a honeycomb paperboard and EPE parts. A three-dimensional geometric modeling of packaging was built by UG and finite element analysis experiments were did by FEA. According to national standard, the maximal stress of the flat panel display was less than the ultimate stress. In conclusion, the cushion packaging can meet the requirements of flat panel displays, but the safety factor is a little high. It can be further optimized.

**KEY WORDS:** flat panel displays; cushion packaging design; finite element modeling; simulation analysis

基于平板显示产品脆性较大, 故缓冲包装设计必须有较好的防振、抗冲击性能, 国内外学者进行了许多相关研究。杨朝丽<sup>[1]</sup>利用 EPS 材料对某大平面液晶显示器的缓冲包装结构进行改进设计。申利发<sup>[2]</sup>设计了一款平板电视缓冲垫, 并对其跌落分析研究。舒童<sup>[3]</sup>设计了可用于多种平板电视包装的全瓦楞纸板缓冲衬垫, 并应用 PROE 进行二次模

块开发。汪苗苗<sup>[4]</sup>对平板电视缓冲包装系统进行动力学描述, 建立缓冲包装系统的振动力学模型, 研究产品在受外界垂直激励力作用时的动态响应。Low K H 等人<sup>[5-6]</sup>研究产品跌落时其内部电子元件动态响应。都学飞等<sup>[7]</sup>对瓦楞纸板、EPE、EPS 等缓冲包装材料性能进行研究。赵郁聪<sup>[8]</sup>等人研究了计算机模拟类似产品跌落、碰撞等过程。文中以

收稿日期: 2015-12-05

基金项目: 武汉大学开放实验项目 (WHU-2016-KFSY-02)

作者简介: 王柳 (1992—), 女, 湖南人, 武汉大学硕士生, 主攻运输包装。

通讯作者: 王玉龙 (1965—), 男, 江苏人, 武汉大学副教授, 主要研究方向为运输包装、包装结构优化设计。

某品牌液晶电视为研究对象,设计一款缓冲包装结构,并运用 UG 与 MSC FEA 软件对包装件进行建模及有限元仿真试验。

## 1 缓冲衬垫原始设计

以某品牌液晶显示器(不含底座)为例,为其设计角垫式缓冲衬垫。缓冲衬垫由瓦楞纸板,蜂窝纸板, EPE 衬垫组成。具体参数为:瓦楞纸板由外至内型号为 200/145B/200;蜂窝纸板由外至内型号为 220/140/220,孔径大小为 B 孔(15 mm),厚度为 30 mm; EPE 密度为  $0.03 \text{ g/cm}^3$ 。该衬垫底部和顶部的角垫稍有差异,左右角垫对,因此,该显示器的尺寸为  $908 \text{ mm} \times 588 \text{ mm} \times 96 \text{ mm}$ ,根据其厚度设计底部角垫布局见图 1。其中结构 A 由口字型瓦楞纸板折叠而成,其结构完全通过纸板折叠插合成型,增强了衬垫拆卸的可操作性及方便性,见图 2<sup>[9-10]</sup>。结构 F 为高 30 mm 的蜂窝纸板,有加强缓冲作用和抗压能力,见图 3<sup>[11-13]</sup>。结构 C, D, E 和 G 为厚度 30 mm 的 EPE,用来固定蜂窝纸板 F,以填补瓦楞纸板和产品间的空隙,加强了防护性能,见图 4<sup>[14-15]</sup>。通过调整部件 C 的位置和形状,就可以适用于不同的平板显示产品。

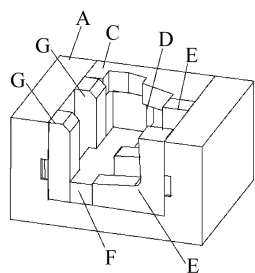


图 1 底部角垫布局  
Fig.1 Structure of the bottom corner pads

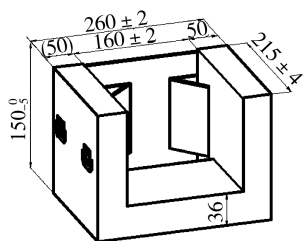


图 2 底部部件 A 结构  
Fig.2 Structure of the bottom component A

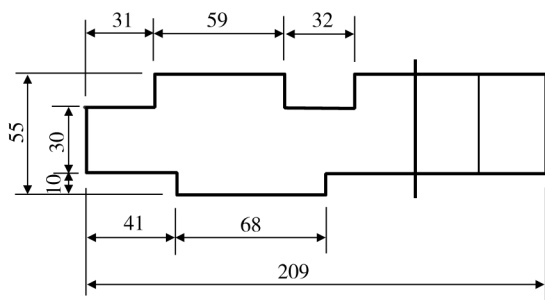


图 3 部件 F 结构  
Fig.3 Structure of component F

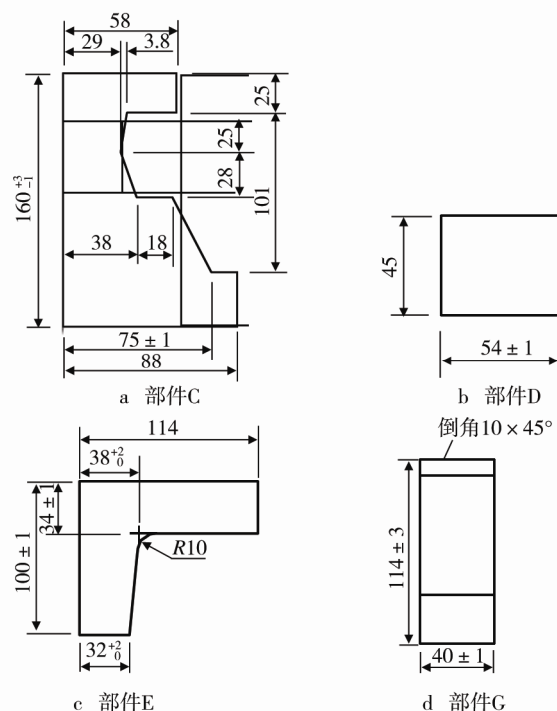


图 4 EPE 部件

Fig.4 Structure of EPE components

类似原理,可设计液晶显示器的顶部角垫布局见图 5。与底部角垫不同的是,根据显示器的外轮廓,调整底部角垫中的 E 部件为图 5 中的 E 部件。由于顶部角垫抗压强度小于底部衬垫,则修改 A 部件(见图 6),即可满足防护要求。

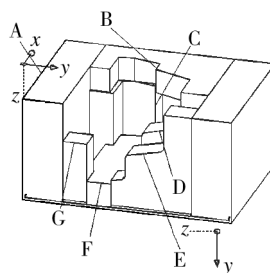


图 5 顶部角垫布局示意  
Fig.5 Schematic diagram of the top corner pads

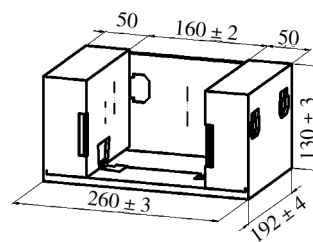


图 6 顶部部件 A 结构  
Fig.6 Schematic diagram of the top component A

## 2 缓冲衬垫有限元仿真分析

### 2.1 缓冲衬垫模型的建立

采用间接建模的方法,把缓冲衬垫分为瓦楞纸板、EPS、蜂窝纸板等 3 部分,依次建立实体模型并组装,缓冲垫模型见图 7。然后对其进行网格划分和单元属性赋值,建立包装件有限元模型。划分网格后 EPE、蜂窝纸板以及瓦楞纸板的有限元模型

见图 8。

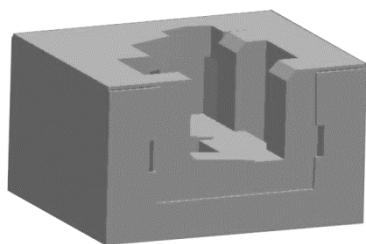


图 7 缓冲垫 3D 模型

Fig.7 3D model of cushion

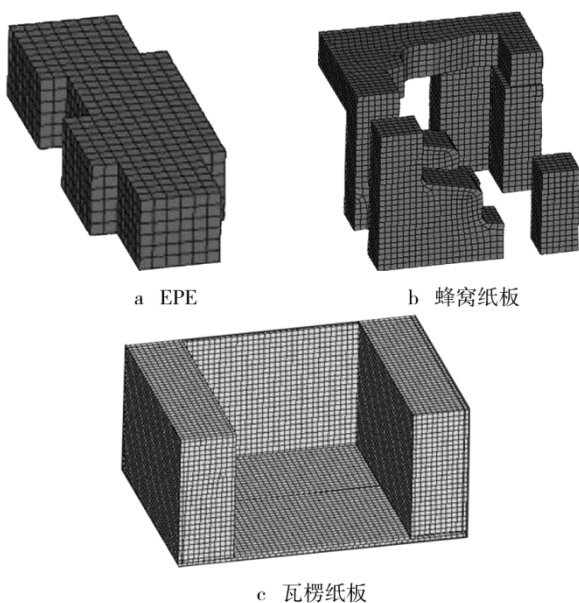


图 8 有限元模型

Fig.8 The finite element model

## 2.2 包装件抗压仿真实验

按照 GB/T 4857.4—2008《包装 运输包装件基本试验第 4 部分》，对包装件进行有限元仿真实验。施加压力按 220, 240, 260 N 等依次递增，直至液晶显示器的最大应力超过其极限应力 300 MPa。当施加压力为 4600 N，即 0.4 MPa 的压应力时，包装件的应力云图见图 9，其中液晶显示器的应力云图见图 10，此时液晶显示器的最大应力为 265.5 MPa，未超过其极限应力。

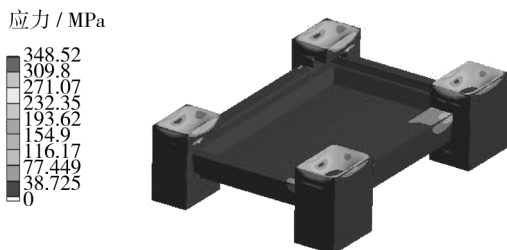


图 9 抗压实验包装件应力云图

Fig.9 The stress distribution of package in compression tests

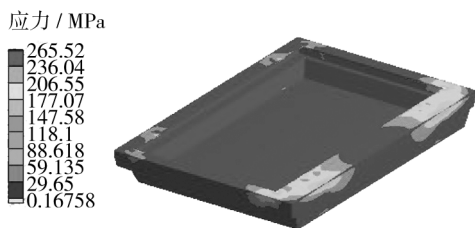


图 10 抗压实验液晶显示器应力云图

Fig.10 The stress distribution of LCD in compression tests

当施加力为 4620 N，即 0.5 MPa 的压应力时，液晶显示器的最大应力为 331.9 MPa，超过了极限应力 300 MPa，因此，液晶显示器的抗压强度为 0.5MPa，见图 11。

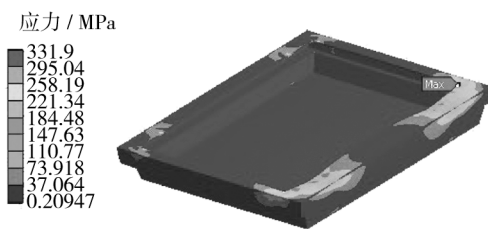


图 11 抗压实验液晶显示器应力云图

Fig.11 The stress distribution of LCD in compression tests

## 2.3 包装件堆码仿真实验

按照 GB/T 4857.3—2008《包装 运输包装件基本试验第 3 部分》进行试验。堆码方式采用 3 层重叠式堆码。

### 2.3.1 堆码高度

由于该显示器包装件的运输工具为汽车，按照国标选取堆码高度为 2500 mm，包装件的高度为 66 mm(底部角垫厚)+33 mm(顶部角垫厚)+588 mm(LED 屏宽)+8.1 mm(瓦楞纸箱厚)×2=703.2 mm，按照式(1)计算最大堆码层数为 3 层。

$$N_{\max} = \text{int}(H/h) \quad (1)$$

式中： $N_{\max}$  为最大堆码层数； $H$  为堆码高度(mm)； $h$  为包装件的高度(mm)。

### 2.3.2 计算包装件重量

包装件的重量为该液晶显示器重量、外包装瓦楞纸箱重量和缓冲角垫重量之和。

1) 已知该液晶显示器的质量为 12.7 kg，重力常数取 9.8 N/kg，则重量为 124.46 N。

2) 计算外包装箱重量。对于此款产品其外包装瓦楞纸箱的采用瓦楞纸板面积为 2.5 m<sup>2</sup>，型号为 200/145B/200/145A/200，楞型为 AB 楞。按照定量计算公式得到其综合定量为 1041.04 kg/m<sup>2</sup>，则重量为 25.59 N。

3) 计算缓冲衬垫的重量。缓冲衬垫由 2 个相同的底部角垫和 2 个相同的顶部角垫组成。而每个角垫均由瓦楞纸板折叠而成的骨架、蜂窝纸板和 EPE 组成。已知瓦楞纸板定量为  $604.20 \text{ g/m}^2$ , 面积为  $0.48 \text{ m}^2$ ; 蜂窝纸板容重为  $0.04 \text{ g/cm}^3$ , 体积为  $357.14 \text{ cm}^3$ ; EPE 密度为  $0.03 \text{ g/cm}^3$ , 体积为  $866.67 \text{ cm}^3$ 。计算得到底部角垫的重量为  $3.26 \text{ N}$ , 同理求得顶部角垫的重量为  $2.74 \text{ N}$ , 因此, 4 个缓冲角垫的重量和为  $12.01 \text{ N}$ 。

综上, 包装件的重量为  $162.05 \text{ N}$ 。

### 2.3.3 计算堆码实验施加的压力

因不考虑外包装的缓冲性能, 堆码实验时, 受力面积应为顶面 2 个顶部缓冲角垫的面积和, 应该为  $98\,800 \text{ mm}^2$ , 据式(2)计算施加载荷。

$$P=KW(N_{\max}-1) \quad (2)$$

式中:  $K$  为环境条件恶化系数;  $W$  为单个包装件重量(N);  $N_{\max}$  为最大堆码层数;  $P$  为载荷量(N)。此处  $K$  取 1, 因此, 算得施加载荷为  $324.1 \text{ N}$ , 则压应力大小为  $3.28 \text{ kPa}$ 。

当施加  $3.28 \text{ kPa}$  的均匀分布的压应力时, 施力面为 2 个顶部角垫的顶面。此时包装件的应力云图见图 12。液晶显示器的应力云图见图 13, 最大应力为  $3.3 \text{ MPa}$ , 远小于电视机极限应力  $300 \text{ MPa}$ 。

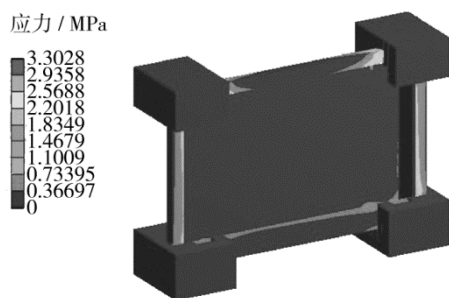


图 12 包装件静载荷堆码试验应力云图

Fig.12 The stress distribution of package in the static load stacking tests

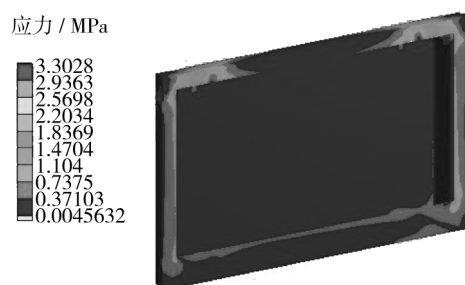


图 13 LCD 屏静载荷堆码试验应力云图

Fig.13 The stress distribution of LCD in the static load stacking tests

当施加  $0.5 \text{ MPa}$  的压应力时, 液晶显示器应力为  $251.77 \text{ MPa}$ , 接近显示器的极限应力, 见图 16, 因此, 当显示器接近  $300 \text{ MPa}$  极限应力时, 仍然可继续施加载荷。

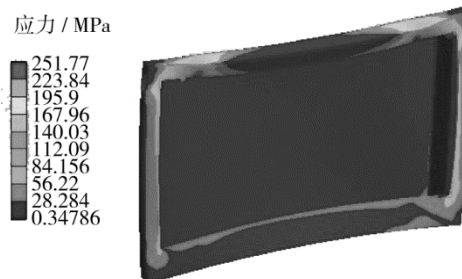


图 14 静载荷堆码实验液晶显示器的压溃

Fig.14 The crushing schematic of LCD in the static load stacking tests

## 3 结语

文中总结了前人的运输设计方法, 以某品牌液晶显示器为例, 设计了一款 EPE、瓦楞纸板以及蜂窝纸板材料组合的缓冲衬垫, 并运用了 CAD/CAE 进行验证试验。在国标压力  $220 \text{ N}$  的压力下, 显示器最大内应力小于其极限应力  $300 \text{ MPa}$ 。在 3 层堆码仿真实验中, 显示器的内应力也远远小于其极限应力, 因此, 运输包装满足液晶显示器的防护要求, 但是安全系数偏大, 有优化空间。对该品牌平板显示产品的缓冲包装设计有待进一步优化。由于时间及条件的限制, 设计模型进行了理论上的仿真分析, 尚未将结构改进为实际模型, 试验工作有待进一步进行。

## 参考文献:

- [1] 杨朝丽. 大平面液晶显示器的缓冲包装结构设计与研究[J]. 包装工程, 2009, 30(8): 52—54.  
YANG Chao-li. Research and Design of the Cushion Packaging Structure for LCD with Large Plane[J]. Packaging Engineering, 2009, 30(8): 52—54.
- [2] 申利发. 平板电视缓冲包装性能模拟分析计算[D]. 济南: 山东大学, 2014.  
SHEN Li-fa. Simulation Analysis on the Performance of Cushioning Packaging for Flat Panel TV[D]. Jinan: Shan Dong University, 2014.
- [3] 舒童. 平板电视瓦楞纸板缓冲衬垫及其 PROE 应用模块开发[D]. 无锡: 江南大学, 2008.  
SHU Tong. Corrugated Cardboard Cushion for Flat TV and Secondary Developing Module by PROE[D]. Wuxi: Jiangnan University, 2008.
- [4] 汪苗苗. 平板电视缓冲包装件的力学特性研究[D].

- 哈尔滨: 东北林业大学, 2010.
- WANG Miao-miao. Research on the Mechanical Characteristics of the Flat-panel TV Cushioning Package [D]. Harbin: Northeast Forestry University, 2010.
- [5] LOW K H, WANG Y Q, HOON K H, et al. A virtual Boundary Model For a Quick Drop-impact Analysis of Electronic Components in TV Model[J]. *Advances in Engineering Software*, 2004, 35(8/9): 537—551.
- [6] LOW K H, WANG Y Q, HOON K H. Initial Global-local Analysis for Drop-impact Effect Study of TV Products[J]. *Advances in Engineering Software*, 2004, 35(3/4): 179—190.
- [7] 都学飞, 欧阳效卓, 张汪年. EPS 缓冲材料的静态压缩性能的试验研究[J]. *包装工程*, 2012, 33(3): 39—45.
- DU Xue-fei, OUYANG Xiao-zhuo, ZHANG Wang-nian. Experimental Research on Static Compression Properties of EPS Buffer Material[J]. *Packaging Engineering*, 2012, 33(3): 39—45.
- [8] 赵郁聪, 张丽娜, 刘乘. 液晶电视跌落测试动态脆值分析[J]. *包装工程*, 2013, 34(9): 40—42.
- ZHAO Yu-cong, ZHANG Li-na, LIU Cheng. Analysis of Dynamic Fragility of LCD TV in Drop Test[J]. *Packaging Engineering*, 2013, 34(9): 40—42.
- [9] BIANCOLINI M E, BRUTTI C, PORZIANI S. Analysis of Corrugated Board Panels under Compression Load[J]. *Steel and Composite Structures*, 2009, 9(9): 1—17.
- [10] 张丽, 王保升, 武华. 瓦楞纸板缓冲结构的缓冲性能影响因素研究[J]. *包装工程*, 2013, 34(15): 59—63.
- ZHANG Li, WANG Bao-sheng, WU Hua. Factors Influencing Cushioning Performance of Corrugated Paperboard Structures[J]. *Packaging Engineering*, 2013, 34(15): 59—63.
- [11] 钟玲珠, 陈安军. EPE/EPS 与蜂窝纸板组合静态缓冲性能的研究[J]. *包装工程*, 2013, 34(9): 36—39.
- ZHONG Ling-zhu, CHEN An-jun. Study on Static Cushion Performance of EPE/EPS and Honeycomb Paperboard Combination[J]. *Packaging Engineering*, 2013, 34(9): 36—39.
- [12] GUO Yan-feng, BECKER W, XI Wen-cai, et al. Vertical Static Compression Performance of Honeycomb Paperboard[J]. *International Journal of Material Research*, 2013, 104(6): 598—602.
- [13] 刘冰, 阮红斌, 曹海斌, 等. 蜂窝-瓦楞复合纸板的内外承载及静态缓冲性能研究[J]. *包装工程*, 2012, 33(7): 4—8.
- LIU Bing, RUAN Hong-bin, CAO Hai-bin, et al. Research on Outside Bearing and Static Cushioning Performance of Honeycomb-corrugated Composite Paperboard[J]. *Packaging Engineering*, 2012, 33(7): 4—8.
- [14] 肖雯娟, 郝阳. 常用密度 EPE 的静态压缩缓冲特性试验研究[J]. *中国包装工业*, 2015, 36(8): 116—120.
- XIAO Wen-juan, HAO Yang. The Experimental Research on the Static Compression of the Common Density EPE[J]. *China Packaging Industry*, 2015, 36(8): 116—120.
- [15] ZHANG Wei, XUE Fei, LU Fu-de, et al. Impact-response Analysis of the System Composed of Critical Component and EPE Cushion[J]. *Journal of Vibration and Shock*, 2015, 34(9): 116—119.