

doi:10.3969/j.issn.1674-7100.2012.02.008

# 基于 ANSYS 的打印机全瓦楞缓冲包装设计

李 杨, 陈 曲

(天津科技大学 包装与印刷工程学院, 天津 300222)

**摘 要:** 基于产品的基本参数与流通环境, 对 HP Deskjet F2188 打印机进行了缓冲包装设计。设计方案为: 整体包装采用全瓦楞局部缓冲包装, 缓冲垫采用折叠型双瓦楞纸质缓冲垫, 外包装采用 0201 型平盖箱, 黏合方式采用胶带黏合。其后, 确定打印机包装件的跌落高度为 100 cm, 在公路运输条件下的最大加速度约为 4g, 脆值为 60g。最后, 通过理论计算和 ANSYS 仿真 2 种方法进行校核, 证明该包装设计完全满足打印机的缓冲要求。

**关键词:** 缓冲包装; 结构设计; 瓦楞纸板; ANSYS 仿真

中图分类号: TB485.1

文献标志码: A

文章编号: 1674-7100(2012)02-0037-05

## Design of Full Corrugated Cardboard Cushioning Packaging for Printer Based on ANSYS

Li Yang, Chen Qu

(College of Packaging and Printing Engineering, Tianjin University of Science and Technology, Tianjin 300222, China)

**Abstract:** Cushioning packaging for printer HP Deskjet F2188 is designed based on the parameters and circulation environment of the product. Full corrugating with partial cushioning is adopted in overall packaging design with the cushion of folded form and double corrugated paper, external packing of type 0201 flat cover box and the adhesion type of adhesive tape. The drop height is determined at 100cm, the maximum acceleration in the highway transportation condition being 4g and brittle value being 60g respectively. It proves the packaging design can satisfy the cushioning demand through theoretical calculation and ANSYS simulation analysis.

**Key words:** cushion packaging; structural design; corrugated cardboard; ANSYS simulation

## 0 引言

在运输、搬运等流通过程中, 打印机会因为各种原因而造成损害。为降低其损坏率, 在打印机包装中经常使用大量的缓冲材料, 以减少流通过程中产生的损害风险。目前, 在进行包装设计时, 大多数公司采用可发性聚苯乙烯 (expandable polystyrene,

EPS) 和可发性聚乙烯 (expandable polyethylene, EPE) 泡沫塑料作为其主要缓冲材料。虽然泡沫塑料具有较好的包装防护能力, 但是无论从经济角度还是环境角度考虑, EPS 和 EPE 都不是理想的包装材料。目前, 在包装市场上, 缓冲包装材料主要为 EPE, 蜂窝纸板、EPS 等也有一定应用, 还有一些公司开始研发新型缓冲包装材料, 如瓦楞纸板、气囊等<sup>[1]</sup>。

收稿日期: 2011-12-09

作者简介: 李 杨 (1987-), 男, 安徽淮北人, 天津科技大学硕士生, 主要研究方向为包装材料与包装技术,

E-mail: 18722593145@139.com

有关研究测试发现,当瓦楞纸板设计为较复杂结构时,其缓冲性能接近于EPS<sup>[2]</sup>。随着生产瓦楞纸及纸板技术的提高,瓦楞纸作为缓冲包装材料的应用越来越广泛。目前,基于纸类材料而进行的产品缓冲包装设计是国内外包装界研究的热点<sup>[3-6]</sup>。包装材料用瓦楞纸具有以下优点:

1) 价格适宜,货源充足,易于加工,便于装箱,包装废弃物容易处理,不污染环境。

2) 弹性变形较大,缓冲性能较好。

3) 由于材料密度较小,故产品的质量较轻,且不易产生静电;材质柔软,不易擦伤箱内物品。

## 1 设计思路及基本参数

### 1.1 设计思路

基于产品的基本参数与流通环境,以及对瓦楞纸的各项性能进行的相关试验基础上,本设计组提出了如图1所示的具体设计思路。

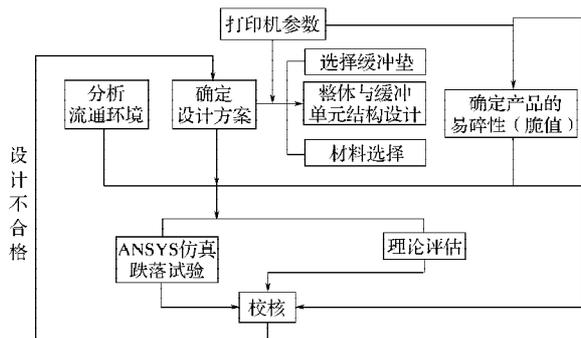


图1 打印机全瓦楞缓冲包装设计思路图

Fig. 1 The design idea of full corrugated cushioning packaging for printer

### 1.2 基本参数

设计对象: HP Deskjet F2188 打印机;

总质量: 6.2 kg;

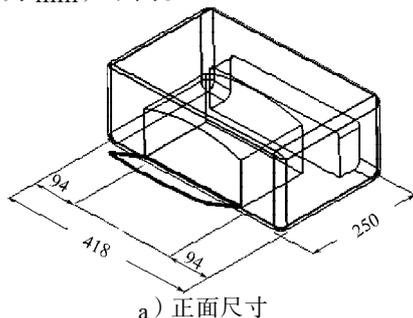
相对湿度: 20%~80%;

流通与储存温度: 15~30 ℃;

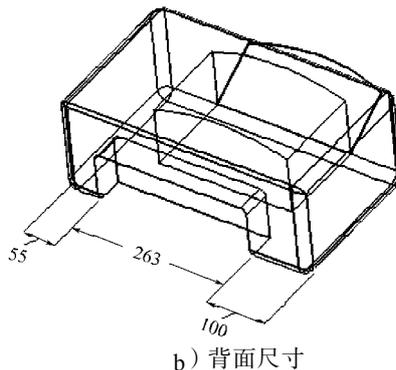
外形尺寸: 418 mm × 250 mm × 167 mm;

体积: 约0.0175 m<sup>3</sup>。

打印机的具体形状与尺寸如图2所示,图中各尺寸单位均为mm,下同。



a) 正面尺寸



b) 背面尺寸

图2 设计对象示意图

Fig. 2 The schematic diagram of the design object

## 2 缓冲包装设计方案

按照国内外惯例,一般采用5步法或6步法对各包装物品进行缓冲包装设计<sup>[7]</sup>,而由于瓦楞纸板结构的可塑性和成型性较差,并且其材料具有不连续性及独特的加工工艺特点,因而其包装设计方法有别于一般缓冲材料的缓冲包装设计,这也使得其不像EPE缓冲包装设计一样有理论依据可循<sup>[1]</sup>。因此,设计组重新修订了打印机全瓦楞缓冲包装结构的设计步骤,具体步骤如下:

1) 结构设计。进行结构设计前应根据打印机结构及尺寸进行缓冲衬垫设计,必须考虑到所设计结构的基本缓冲性能是否合适,具体可根据经验、纸板性能评估及常规理论来判定。

2) 结构选材选择。在缓冲结构设计完成后,可根据产品流通环境对包装性能的要求以及产品的测试要求等条件,选择瓦楞纸板的楞型、面纸、里纸及芯纸。

3) 原型包装试验。结构设计完成后,参照已有动态压缩试验数据,对包装进行受力分析及ANSYS跌落试验。

### 2.1 缓冲垫选择

目前,常选用折叠型瓦楞纸作为缓冲垫,这种新型缓冲型主要是通过瓦楞纸板开槽、压痕、折叠、黏结等方法制作而成的。相关研究表明,这种缓冲垫具有较好的缓冲性能。日本一些著名的电器公司,如TOSHIBA, Panasonic, NEC等都已采用这种新型折叠瓦楞纸缓冲垫作为其公司产品的缓冲包装形式<sup>[8]</sup>。

综合考虑产品包装要求、流通环境、产品脆值、瓦楞纸板特性以及包装成本,设计组确定本次包装设计采用全瓦楞局部缓冲包装,缓冲垫采用折叠型双瓦楞纸质缓冲垫。具体设计如下:

选择4个0941型折叠衬垫结构,分别作为打印机的前后缓冲衬垫,4个衬垫是完全铺在外纸箱的底

部与顶部; 打印机的上下两面使用 4 个 0940 型折叠衬垫作为打印机上下面的缓冲衬垫; 两侧面使用 2 个 0940 型折叠衬垫作为缓冲衬垫<sup>[9]</sup>。导线放在缓冲垫之间的空隙中。整体装配如图 3 所示。

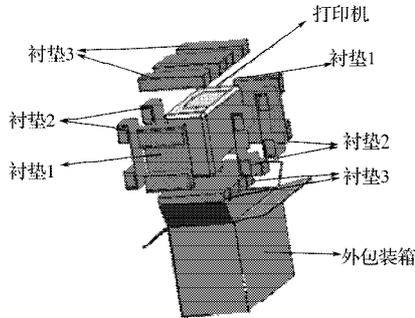


图 3 打印机全瓦楞缓冲包装装配示意图

Fig. 3 The assembly schematic diagram of full corrugated cushioning packaging for printer

### 2.2 缓冲单元的设计

产品设计的缓冲单元主要由 3 个部件组成, 分别为打印机两侧衬垫 1、打印机前后衬垫 2、打印机上下衬垫 3。

衬垫不仅要能承受一定的压力, 还要能起到较好的缓冲作用。因此, 针对质量为 6.2 kg 的打印机, 并基于瓦楞纸板的性能分析, 衬垫 1 选择 0940 型折叠结构, 尺寸为 250 mm × 180 mm × 50 mm, 材质为国 A175/105/国 A145 A 型瓦楞, 数量为 2 个; 衬垫 2 选择 0941 型折叠结构, 尺寸为 264 mm × 255 mm × 50 mm, 材质为国 A175/125/国 A175 A 型瓦楞, 数量为 4 个; 衬垫 3 选择 0940 型折叠结构, 尺寸为 250 mm × 100 mm × 50 mm, 材质为国 A175/105/国 A145, 数量为 4 个<sup>[10]</sup>。

各衬垫的具体结构及尺寸见图 4~6。

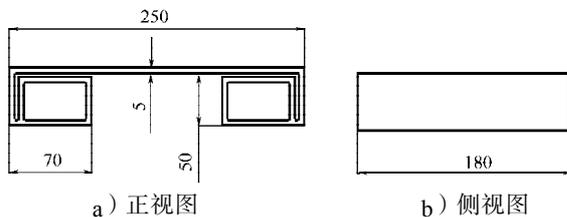


图 4 衬垫 1 的结构与尺寸示意图

Fig. 4 The structure and size diagram of liner 1

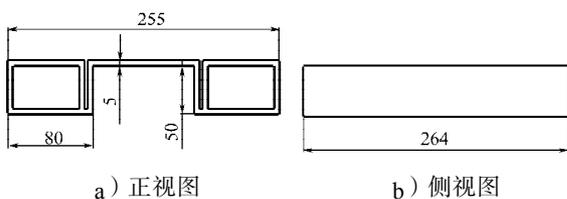


图 5 衬垫 2 的结构与尺寸示意图

Fig. 5 The structure and size diagram of liner 2

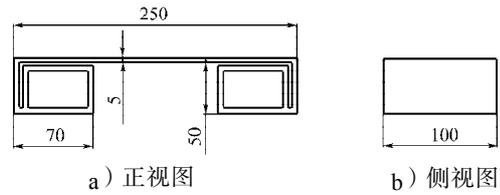


图 6 衬垫 3 的结构与尺寸示意图

Fig. 6 The structure and size diagram of liner 3

### 2.3 材质选择与外包装的设计

根据产品对包装的要求、运输环境对产品包装的约束、产品的测试要求等, 对各个包装结构进行材质选择, 具体参数见表 1。

表 1 缓冲设计所用瓦楞纸板的性能指标

Table 1 The performance of the corrugated cardboard in cushioning design

材 质	瓦楞楞型	横向边压 / 纵向边压 / 耐破度 / (N · m <sup>-1</sup> )	(N · m <sup>-1</sup> )	kPa
国 A175/105/国 A145	A	2 800	3 900	784
国 A175/125/国 A175	A	3 500	4 500	900
高强 230/150/国 A200	B	4 000	5 900	1 200

综合分析设计对象与缓冲单元的设计尺寸, 确定: 外包装采用 0201 型平盖箱, 材质为高强 230/150/国 A200 B 型瓦楞 (具体结构及外径尺寸见图 7); 黏合方式采用胶带黏合。0201 型平盖箱具有省料、牢固、生产效率高等优点, 适宜于自动化机械生产。

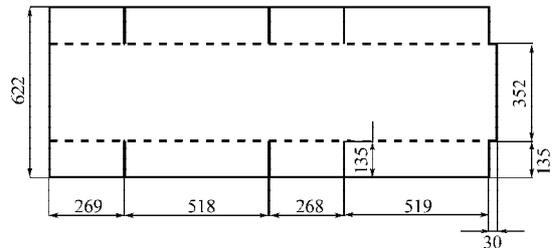


图 7 外包装的结构设计图

Fig. 7 The structure diagram of the external package

## 3 冲击与振动环境分析

### 3.1 冲击环境

确定包装件的冲击环境就是确定包装件的设计跌落高度, 这关系到缓冲包装的经济效益<sup>[11]</sup>。跌落高度的确定过程如下:

1) 货物 (包装件) 在装卸作业中的跌落高度是通过广泛调查和测试确定的。在对这种调查和测试资料进行分析时发现, 包装件的跌落高度与其质量和尺寸有关。根据统计数据, 初步确定打印机在装卸时的跌落高度为 55~100 cm。

2) 根据 GB/T 4857.5—1992《包装 运输包装件

跌落实验方法》及GB/T 4857.18—1992《包装 运输包装件 编制性能试验大纲的定量数据》中规定的跌落实验的实验高度要求，进一步确定包装件的跌落高度为80 cm左右。

3) 美国 MTS 测试和研究获得的包装件跌落高度的统计数据表明，质量约为 6.5 kg 的包装，其跌落高度超出 60 cm 的概率为 10%，超出 80 cm 的概率为 1.0%，超出 105 cm 的概率为 0.26%，超出 120 cm 的概率为 0.1%。因此，设计组进一步确定打印机的设计跌落高度为 80~100 cm。

综合以上分析，最后确定打印机包装件的跌落高度为 100 cm。

### 3.2 振动环境

振动环境有 2 种情况：按简谐振动计算，振动环境指的是加速度频率曲线；按随机振动计算，振动环境指的是功率谱密度曲线。因打印机的运输环境主要是汽车运输，确定打印机的振动环境为：在汽车运输条件下的最大加速度。由文献[11]所提供的汽车振动的加速度频率曲线和汽车的功率谱密度，确定打印机在公路运输条件下的最大加速度约为 4g。

### 3.3 产品脆值

在进行缓冲包装设计时，必须首先确定产品的冲击脆值。本设计主要依据中国机械标准化研究所制定的产品脆值标准，同时也参考了美国、英国和日本的产品脆值标准，综合经验估算法、振动模型估算法、类比法计算的结果，最后确定所设计的打印机的脆值为 60g。

## 4 试验原型包装校核

### 4.1 理论计算校核

由于本全瓦楞纸板缓冲包装设计采用的是折叠型双瓦楞纸板衬垫，因此，可以根据参考文献[6]所测定的动态压缩试验数据，并且结合表 1 中的数据进行理论计算，从而对缓冲包装设计的跌落性能进行校核。

由上文可知，打印机的总质量是 6.2 kg，脆值为 60g，那么，由此可判断其在跌落的一瞬间产生的力： $F=M \times V/t$ 。因为做跌落测试时跌落时间极短，加速度变化较大，此处视加速度为恒定值，视  $F$  为恒定力，为保守起见，以脉冲的顶峰加速度为计算值（这里按产品的脆值计算）。经计算得到打印机跌落时产生的力  $F=3\ 645.6\ N$ 。

打印机前后所能承受的力为衬垫 2 的横向边压强度和外包装瓦楞纵向边压强度之和，经计算，为 9 701 N，前后受力完全满足要求。

打印机两侧所能承受的力为衬垫 3 的横向边压强度和外包装瓦楞横向边压强度之和，经计算，为 6 860 N，两侧受力完全满足要求。

打印机上下所能承受的力为衬垫 2 的横向边压强度和外包装瓦楞横向边压强度之和，经计算，为 10 772 N，上下受力完全满足要求。

### 4.2 ANSYS 仿真分析校核

对打印机进行全瓦楞缓冲包装 ANSYS 跌落测试，实验应力云图见图 8，实验加速度曲线图见图 9。

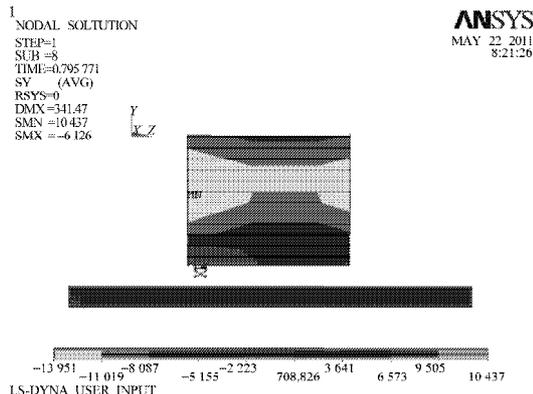


图 8 打印机全瓦楞缓冲包装 ANSYS 跌落试验应力云图

Fig. 8 The stress nephogram of drop test of full corrugated cardboard cushioning packaging for printer by ANSYS

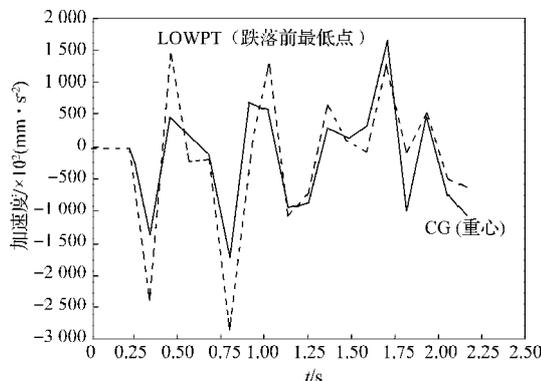


图 9 打印机全瓦楞缓冲包装 ANSYS 跌落试验加速度曲线图

Fig. 9 The acceleration nephogram of drop test of full corrugated cardboard cushioning packaging for printer by ANSYS

在打印机包装件跌落与地面接触的瞬间，于接触位置处形成一危险区域，如图 8 所示。但其中最大的应力未超出瓦楞纸板的应力极限，因此，跌落带来的冲击能形成的最大应力，不会导致打印机包装件外壳的破裂、变形。

由图 9 可知，整个包装在跌落过程中的最大加速度接近 280 000 mm/s<sup>2</sup>，远远低于打印机的脆值 60g。综合以上数据分析可知，全瓦楞缓冲包装在抗

压、跌落等方面对打印机能起到较好的保护作用。

## 5 结语

针对所选定的打印机,进行了全瓦楞缓冲包装设计,同时通过理论计算和 ANSYS 仿真 2 种方法进行校核,证明了该包装设计完全满足打印机的缓冲要求。因此,基于 ANSYS 仿真分析全瓦楞纸板缓冲包装设计是可行的。由于缓冲包装采用的全瓦楞纸板,不但可以有效降低产品包装对环境造成的污染,而且成本较低,因而具有较好的发展前景。

### 参考文献:

- [1] 彭国勋,张波涛.液晶电视全瓦楞纸板缓冲包装设计[J].包装工程,2007,28(7):19-21.  
Peng Guoxun, Zhang Botao. LCD TV's Cushioning Structure Design with Corrugated Board[J]. Packaging Engineering, 2007, 28(7): 19-21.
- [2] 王惠民.流体力学基础[M].北京:清华大学出版社,2005:95-96.  
Wang Huimin. Basic Fluid Mechanics[M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2005: 95-96.
- [3] 耿东伟,许文才,曹国荣.环保型缓冲包装材料的现状及发展前景[J].包装工程,2004,25(4):11-13.  
Geng Dongwei, Xu Wencai, Cao Guorong. Present Situation and Developing Prospect of Environmental Protection Buffer Packaging Materials[J]. Packaging Engineering, 2004, 25(4): 11-13.
- [4] 李志强,刘 乘,李国志.液晶电视的瓦楞纸板缓冲结构设计[J].包装工程,2007,28(11):103-104.  
Li Zhiqiang, Liu Cheng, Li Guozhi. Corrugated Board Cushion Structure Design for LCD TV[J]. Packaging Engineering, 2007, 28(11): 103-104.
- [5] Eagleton D E, Marcondes J A. Cushioning Characteristics of Molded Pulp[J]. Packaging Technology and Science, 1994(7): 65-72.
- [6] 段瑞斌,管兰芳,张宏利.多媒体音箱的纸质缓冲包装设计[J].包装与食品机械,2009,27(3):43-45.  
Duan Ruibin, Guan Lanfang, Zhang Hongli. Cushioning Package Design of Multimedia Speakers[J]. Packaging and Food Machinery, 2009, 27(3): 43-45.
- [7] 张云波,彭国勋.26寸液晶显示器缓冲包装优化设计[J].包装工程,2008,29(6):12.  
Zhang Yunbo, Peng Guoxun. Optimum Design of Cushion Packaging for Twenty-Six Inches LCD[J]. Packaging Engineering, 2008, 29(6): 12.
- [8] 邱丽萍.折叠型瓦楞纸质缓冲垫的发展前景[J].株洲工学院学报,1999,13(1):17-20.  
Qiu Liping. Developing Perspective of Cushioning Pads with Folding Corrugated Paperboard[J]. Journal of Zhuzhou Institute of Technology, 1999, 13(1): 17-20.
- [9] 郭彦峰,付云岗,马宴莘.折叠型双瓦楞纸板衬垫动态缓冲特性的试验研究[J].包装工程,2008,29(2):1-3.  
Guo Yanfeng, Fu Yungang, Ma Yanping. Experimental Research on Dynamic Cushioning Property of Folded-Type Double-Wall Corrugated Paperboard Cushion[J]. Packaging Engineering, 2008, 29(2): 1-3.
- [10] 张克宏,杜俊娟,夏业鲍,等.液晶显示器的全瓦楞纸板缓冲包装设计[J].包装与食品机械,2009,27(6):11-13.  
Zhang Kehong, Du Junjuan, Xia Yebao, et al. LCD's Cushioning Package Design with Corrugated Board[J]. Packaging and Food Machinery, 2009, 27(6): 11-13.
- [11] 苏 元,汤伯森.缓冲包装理论基础与应用[M].北京:化学工业出版社,2006:152-154.  
Su Yuan, Tang Bosen. Fundamental and Application of Cushioning Packaging[M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2006: 152-154.

(责任编辑:徐海燕)