

储水式电热水器缓冲包装设计

刘璐, 张业鹏

(湖北工业大学, 武汉 430068)

摘要: 以某品牌的储水式电热水器为研究对象, 对其进行了流通环境分析。结合传统的缓冲包装设计方法与衬垫结构制作的可实现性, 设计出了以聚苯乙烯泡沫材料为基材的缓冲衬垫结构, 并借助 SolidWorks 软件进行了三维建模, 较好地实现了电热水器缓冲衬垫结构设计。

关键词: 电热水器; 缓冲; 结构设计

中图分类号: TB482.2; TB485.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2013)03-0088-04

Cushion Packaging Structure Design for Electric Water Heater

LIU Lu, ZHANG Ye-peng

(Hubei University of Technology, Wuhan 430068, China)

Abstract: A certain brand of electric water heater was taken as the research object. The influencing factors in the circulation environment were analyzed. The cushion gasket structure using the polystyrene foam cushion as the base structure was designed by combining the traditional buffer packaging design method and realizability of making liner structure. Three-dimensional model of the electric water heater cushion structure was established by using SolidWorks software and the designed was better accomplished.

Key words: electric water heater; cushion; structure design

家电类产品在运输流通等环节中, 会不可避免地受到冲击、振动等外力作用, 为了有效保护产品在外力作用下外观不变形、内部元器件不破损, 科学、合理的缓冲要求及包装缓冲设计至关重要^[1]。目前, 对电热水器的研究主要集中在内部结构及关键技术的解决等问题上, 而对适用于电热水器的缓冲包装设计 & 缓冲性能改善上缺乏理论研究, 大多数时候是依靠经验进行。文中以市场上的某主流品牌储水式电热水器为研究对象, 对其缓冲包装设计进行研究, 在满足缓冲包装的要求下, 选择最合理的缓冲材料并设计出合理适用的包装结构。

运输过程中的易损部位是内胆。研究的储水式电热水器外形为滚筒圆柱形, 其质量为 25 kg, 长为 765 mm, 外圆直径为 400 mm, 额定压力为 0.75 MPa, 容量为 60 L, 其基本外观结构见图 1。

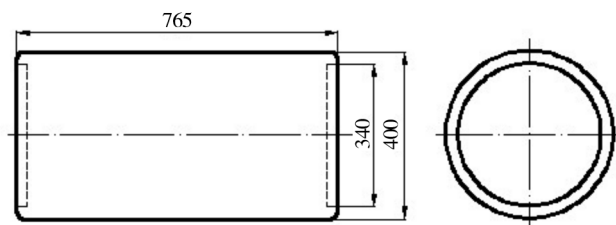


图1 电热水器外观结构尺寸

Fig. 1 Schematic diagram of the electric water heater appearance structure size

1 产品参数及流通环境分析

1.1 储水式电热水器参数

储水式电热水器的关键部件主要有内胆(双面凸形)、电加热管、镁阳极棒、保温层及防电墙, 其中在运

1.2 运输环境分析

在流通环境中, 要综合考虑其机械条件、气候条件及生物条件等, 但是冲击与振动是包装破损的 2 个

收稿日期: 2012-08-30

基金项目: 湖北省科技计划自然科学基金一般项目(ZRY0031)

作者简介: 刘璐(1987-), 女, 武汉人, 湖北工业大学硕士生, 主攻包装工程。

重要原因^[2],所以在设计时以缓冲减振为主要目的,可将运输环境简化为冲击环境与振动环境。

电热水器通常是在大型商场或者家电市场内进行销售,在配送时,生产厂家利用自己的运输车队进行供货,这就减少了搬运次数,降低了磨损率,但是只要存在搬运,就有可能产生机械的或者人为的包装件跌落。根据电热水器的质量来看,如果是人力搬运一般为2人搬运,搬运高度不会太高,但是如果一旦配合不好就容易造成电热水器包装件与地面形成冲击碰撞,冲击加速度取决于跌落高度,而冲击力大小除了取决于跌落高度外,还取决于包装件的质量、内衬垫缓冲性能及地面的刚性^[3]。在设计时,跌落高度选取太大,虽能减少破损造成的经济损失,但是会相应增加成本,高度选取过小,虽能在一定程度上降低成本但是会增加破损率。根据市场调查及我国国家标准规定的跌落试验的试验高度,跌落高度选取为600 mm,运输方式为公路。

在公路运输中,汽车振动的频率在0~200 Hz之间,加速度峰值在0.1g~3g之间,由于各个地区的路面情况不同,在我国,城市路面好于乡村路面,汽车在不同路面行驶时各个方向产生的最大加速度见表1。

表1 公路运输的振动最大加速度

Tab.1 Highway transportation vibration maximum acceleration

运输 种类	运行情况		最大加速度/g		
			上下	左右	前后
汽车	一般公路	良好路面	0.4~0.7	0.1~0.2	0.1~0.2
	20~40 km/h	不良路面	1.3~2.4	0.4~1.0	0.5~1.5
	铺装公路	空载	0.6~1.0	0.2~0.5	0.1~0.4
	50~100 km/h	满载	1.0~1.6	0.6~1.4	0.2~0.9

1.3 产品脆值分析

由于国内企业在测试产品脆值方面做的工作相对于美、英、日等发达国家来说较少,根据美国军用标准规定,确定储水式电热水器的脆值G为70g。

2 缓冲衬垫材料的选择

为缓解产品在运输过程中受到的冲击与振动等外力,缓冲材料要求具有高度的压缩和复原性,一般具有以下几点特性:冲击与振动能量的吸收性、复原性、吸湿性以及温湿度的稳定性等。目前,常用于家电产品的缓冲材料有塑料缓冲材料中的泡沫材料和

纸制品缓冲材料中的纸浆模塑材料。缓冲材料的发展趋势是以纸代塑,注重环保要求。纸浆模制品废弃物不污染环境,可回收利用,成为替代泡沫材料的环保型制品。纸浆模塑的特点是通过制品的几何形状构成为力学结构来增大缓冲性能^[4],根据国内外学者的研究进展情况来看,其在力学强度与结构关系的发展研究上还不成熟^[5],目前只是在小型家电的应用上取得了一定的研究成果,而在体积较大、质量较大的中、大型家电产品上发展不够成熟,不能够进行大范围的使用,所以纸浆模塑要想取代泡沫材料在中、大型家电产品应用上的地位还需要更多的研究。储水式电热水器属于中、大型家电,市场调查发现,泡沫材料在电热水器上的实际应用很广泛,但是在缓冲衬垫结构设计上基本都是依据经验进行,缺乏相应的理论依据。基于此背景笔者选用泡沫材料作为储水式电热水器的缓冲衬垫材料。泡沫材料中使用最广泛的是聚苯乙烯泡沫塑料,它具有抗压强度大,振动阻尼大,抗蠕变性能极好,光滑略有弹性的模塑表面不会磨损内装物以及不吸水、耐腐蚀、重载下的缓冲性能好^[6]等优点,而且在成本和材料质量上也优于其他泡沫类材料。综合考虑,在设计中,缓冲衬垫材料选用密度为0.012 g/cm³的聚苯乙烯泡沫材料。

3 缓冲设计与造型

3.1 缓冲衬垫的计算与校核

在运输过程中,包装件受到外界环境的冲击时,产品对衬垫的冲击并不能够用静态方式来模拟。因为这时的缓冲材料阻尼的影响不能忽略,需要采用更符合实际情况的动态缓冲系数来设计,即聚苯乙烯泡沫材料的最大加速度-静应力($\sigma_m-\sigma_{st}$)曲线。

假设电热水器底面积为A,则 $A=\pi r^2$,根据前面电热水器的尺寸可知, $r=20\text{ cm}$,即 $A=\pi r^2=3.14\times(20)^2=1256\text{ cm}^2$,根据静应力公式 $\sigma_m=\frac{W}{A}$ 可知^[7]:

$$\sigma_m=\frac{W}{A}=\frac{mg}{A}=0.0195\times10^5\text{ Pa} \tag{1}$$

式中: σ_m 为电热水器的静应力; W 为电热水器的重力; m 为电热水器的质量。

聚苯乙烯泡沫材料在跌落高度为600 mm时的 $a_m-\sigma_{st}$ 曲线见图2。

静应力 σ_m 与 $G=70g$ 的交点为图2上的a点,a

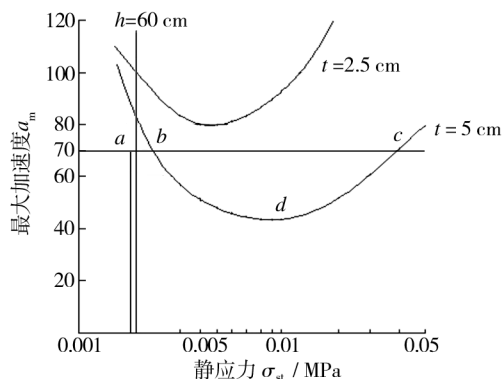


图2 跌落高度为600 mm的 a_m - σ_{st} 曲线

Fig. 2 The a_m - σ_{st} curve of 600 mm drop height

点位于缓冲曲线的左边,说明静应力过大,不需要对整个产品进行全面缓冲保护,可采用局部缓冲方案。在图2中取 $G=70g$ 作一条水平线,与 $t=5$ cm的缓冲曲线相交,得到b点与c点两个交点;由于水平线与 $t=2.5$ cm的曲线没有交点,说明2.5 cm的厚度过小,不能满足要求;依据 a_m - σ_{st} 曲线的使用方法,选择c点进行设计最省材料,则相应的静应力 $\sigma_c=0.04$ MPa,所需要的承载面积为:

$$A_c = \frac{W}{\sigma_c} \times 10^4 = 61.25 \text{ cm}^2 \quad (2)$$

从图2中不难看出,聚苯乙烯泡沫材料厚度为5 cm时曲线最低点为d点,其静应力大小为 $\sigma_d=0.01$ MPa,则所需的承载面积为 A_d :

$$A_d = \frac{W}{\sigma_d} \times 10^4 = 245 \text{ cm}^2 \quad (3)$$

这是最安全的设计方案。由于聚苯乙烯泡沫材料的缺点是不耐多次冲击、性脆、拉伸强度较低等^[8],当流通环境非常恶劣时,其缓冲性能会有所降低,因此选取缓冲面积最大的安全方案,即选取面积为 $A_d=245 \text{ cm}^2$ 。由于缓冲衬垫是由两块基本形状相同的缓冲衬垫组成,每块衬垫的承载面积为 A :

$$A = \frac{A_d}{2} = 122.5 \text{ cm}^2 \quad (4)$$

缓冲结构与尺寸的设计除了考虑按缓冲系数和脆值确定厚度外,还应该校核缓冲衬垫的压缩挠曲^[8]。厚度较厚的缓冲衬垫容易挠曲,降低承载能力,通常采用克斯特那经验公式进行校核:

$$\frac{A_{\min}}{(1.33t)^2} > 1 \quad (5)$$

式中: $A_{\min}$ 为最小承载面积; t 为缓冲衬垫的厚度。

将计算出的面积 A 作为最小衬垫面积,即 $A_{\min}=A=122.5 \text{ cm}^2$,同时将厚度 $t=5$ cm代入式(5)中得:

$$\frac{A_{\min}}{(1.33t)^2} = 2.77 > 1 \quad (6)$$

校核通过,满足压缩挠曲的要求。

3.2 缓冲衬垫的原型结构设计

根据前面计算分析可知,采用局部缓冲包装法。储水式电热水器的整体外形结构是圆柱体,不同于电视、冰箱、电脑主机等外观是立方体的电器产品,没有棱角,所以不适用一般的角垫支撑法。那么,在衬垫的圆型结构中,采用天地垫的方案,将电热水器的缓冲衬垫面积平分到上、下端面,每个端面各有一块衬垫。依据储水式电热水器在仓库及运输过程中的堆码方式,当电热水器横放时,上衬垫与下衬垫的下半部分需承担起主要的防震缓冲作用;当电热水器竖放时,下衬垫主要承担缓冲作用。综合来看,下衬垫结构的抗压能力需优于上衬垫。

在设计中,依据电热水器的上、下端面投影都是圆形的特点,两衬垫的内端面与电热水器的外端面相配合处设计成圆形凹槽,见图3。装配时电热水器的两端

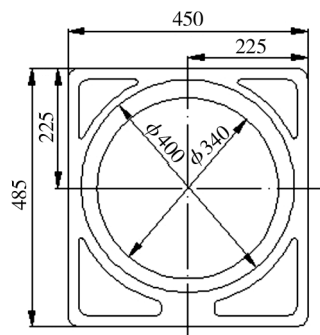


图3 缓冲衬垫结构尺寸

Fig. 3 The cushion structure size chart

分别嵌合进凹槽,装配效果见图4。上下两衬垫内端面

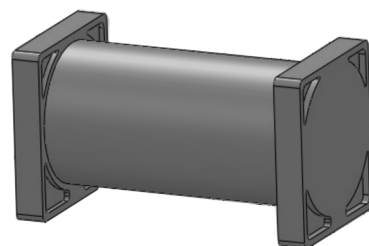


图4 电热水器缓冲包装装配三维效果图

Fig. 4 Three dimensional diagram of the electric water heater cushion packaging

的结构设计相同,其三维效果见图5。两衬垫结构的主

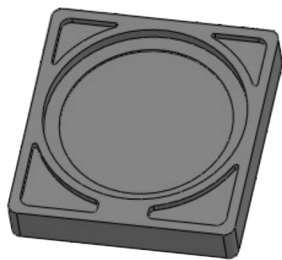
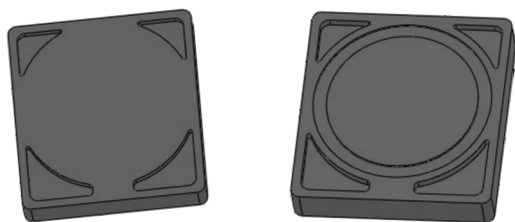


图5 电热水器缓冲衬垫内端面三维结构

Fig.5 Electric water heater cushion inside face three dimensional structure diagram

要区别在外端面,具体结构见图6,对这2个图形进行



a 下衬垫外端面

b 上衬垫外端面

图6 衬垫外端面三维结构

Fig.6 Three dimensional diagram of the liner

比较,可以直观清晰地看出,上衬垫的外端面开了一个近似于内端面的凹槽,开此槽的目的,一是可以省料,二是可以放置一些电热水器的搭配零件。不在下衬垫外端面开槽的目的是为了增强衬垫在电热水器竖放时的抗压能力。为了节省材料,在上、下两衬垫的内外端面的角落处各自分别开了4个省料孔。文中所有三维结构图都是由SolidWorks软件绘制。

储水式电热水器结构看似复杂,不同于常规的六面体形状的家产品,但是只要抓住其本质为圆柱体的特点,无论其两端面的结构如何变化,都可以依据端面的投影为圆形来考虑设计缓冲衬垫的基础外形,而具体的细节部分则可以根据电热水器的端面结构来调整。

4 结论

对家电产品中某储水式电热水器的缓冲包装结构进行了理论研究,运用传统的缓冲包装设计方法及二维、三维绘图工具完成了结构设计与方案设计,为电热水器缓冲衬垫的理论研究与设计提供了可靠的依据,并对电热水器缓冲衬垫的结构设计提供了一套

基本的设计思路。

由于重点是对储水式电热水器的缓冲衬垫提供结构设计的理论方法,所以需要保证设计的衬垫厚度在绝对安全范围之内,没有从经济学的角度考虑采用最省材料的理论曲线进行计算;而且受到实验条件的限制,这套缓冲衬垫还未能进行实际运输条件的检验,但是后续工作可以在ANSYS仿真软件中进行进一步的静力学分析和跌落分析研究,评估其缓冲性能,并对衬垫结构进行优化改进。

参考文献:

- [1] 邓丽. 家电气产品的运输包装设计[J]. 国外包装技术, 1990(3):31-34.
DENG Li. The Transport Packaging Design of Home Electrical Products[J]. International Packaging Technology, 1990(3):34-34.
- [2] 王俊丽,陈喜春. 缓冲包装的跌落仿真[J]. 包装工程, 2007,28(9):8-10.
WANG Jun-li, CHEN Xi-chun. Drops Simulation of Cushion Packing, Packaging Engineering[J]. Packaging Engineering, 2007,28(9):8-10.
- [3] 孙聚杰,任艳玲,郝笑梦. Lenovo 3000 G430A 笔记本电脑缓冲包装设计[J]. 包装学报,2010,2(4):23-25.
SUN Ju-jie, REN Yan-ling, HAO Xiao-meng. Cushioning Package Design for Lenovo 3000 G430A Notebook Computer[J]. Packing Journal,2010,2(4):23-25.
- [4] 计宏伟,邵文泉,王和敏,等. 纸浆模塑材料在不同加载条件下的力学特性[J]. 包装工程,2007,28(8):10-13.
JI Hong-wei, SHAO Wen-quan, WANG He-min, et al. Mechanical Properties of Molded Pulp under Various Loading Conditions[J]. Packaging Engineering,2007,28(8):10-13.
- [5] 曹国荣,张勇,田羽,等. 纸浆模塑制品的研究进展[J]. 包装工程,2006,27(1):21-23.
CAO Guo-rong, ZHANG Yong, TIAN Yu, et al. Progress in The Development of Moulded Pulp Products[J]. Packaging Engineering,2006,27(1):21-23.
- [6] 骆光林. 包装材料学[M]. 北京:印刷工业出版社,2006.
LUO Guang-lin. Packing Materials [M]. Beijing: Printing Industry Press,2006.
- [7] 汤伯森,向红. 包装动力学[M]. 长沙:湖南大学出版社,2001.
TANG Bo-sen, XIANG Hong. Dynamics Packing[M]. Changsha: Hunan University Press,2001.
- [8] 彭国勋. 运输包装[M]. 北京:印刷工业出版社,2006.
PENG Guo-xun. Transport Packing [M]. Beijing: Printing Industry Press,2006.