

电器开关包装优化设计研究

陈景华, 宗源, 严美芳

(上海理工大学, 上海 200093)

摘要: **目的** 提高电器开关外包装结构缓冲性能,降低物流成本,尽量减少在运输及储存过程中发生损坏现象。**方法** 依据产品属性,分别针对瓦楞外包装材料和缓冲材料的选择及整体包装设计进行了阐述,并对整体包装进行了跌落测试。同时通过减小包装体积、减轻包装质量等方法降低了物流成本,并对原有包装及新包装的原材料及物流成本进行了综合对比分析。**结论** 新的整体包装解决方案明显提升了对产品的保护性能,新包装综合成本相对于原包装成本降低了8.11%。此电器开关包装优化设计方案具有可行性。

关键词: 电器开关; 优化设计; 缓冲保护; 物流成本

中图分类号: TB485.1 文献标识码: A 文章编号: 1001-3563(2014)01-0086-06

Optimal Design Research on Electric Switch Packaging

CHEN Jing-hua, ZONG Yuan, YAN Mei-fang

(University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai 200093, China)

ABSTRACT: **Objective** To improve the outer packing structure cushioning performance of the electric switch, to reduce the logistics cost, and to minimize the damage occur during transport and storage process. **Methods** The choices of packaging materials including outer and cushion materials and whole packaging structure designs were introduced according to the properties of product in this paper; and drop test was carried out for the whole packaging. The logistic cost of new packaging was confirmed to reduce through reducing the packaging size and weight, and the costs of raw materials and the logistic costs were compared between the original packaging and the new one. **Conclusion** Optimal design of new packaging was indeed improved in the cushion performance, and the new packing comprehensive cost was reduced by 8.11% compared with the original packaging cost. The optimum design scheme for electric switch packaging is thus feasible.

KEY WORDS: electric switches; optimal design; cushion protection; logistics cost

电器开关广泛应用于拥有大型机床、车床等工业设备制造企业中,用来控制和保护工厂用电设备,其年销售量近20亿元。由于电气开关市场巨大,因而在运输储存过程中其包装频繁出现问题,容易出现包装纸箱外观严重破损、瓦楞纸板面纸大面积脱落、电器开关手柄戳穿包装纸箱等情况。这些问题不仅造成外观损坏,更容易导致内包装电器开关损坏,影响

客户使用。在物流过程中还易使物流搬运工人受伤,引发一系列安全问题,轻者划伤,重者致残。由此,必须重视电器开关类产品的包装系统优化整合,以确保在物流运输中电器开关产品无破损,保证物流搬运工人的人身安全^[1]。文中就电器开关产品的缓冲包装及外包装进行优化设计及论证^[2]。

收稿日期: 2013-04-17

基金项目: 现代出版印刷国家级实验教学示范中心教学支持

作者简介: 陈景华(1972—),女,黑龙江人,博士,上海理工大学副教授,主要从事包装材料及运输包装设计的教学和研究。

1 产品

1.1 参数

包装设计主要针对 X 型电器开关产品,其额定电压为 380 V,额定电流为 50 A,整体质量为 2.43 kg,顶部开关扳手打开时高度为 31 mm,关闭时高度为 29 mm,即开关扳手打开状态时为最高尺寸。除顶部扳手,产品整体尺寸为 155 mm×140 mm×90 mm,且该开关产品整体前后均有 2 层阶梯。前台阶高度(由上至下):台阶 1 为 7 mm,台阶 2 为 10 mm;后台阶高度(由上至下):台阶 1 为 6.5 mm,台阶 2 为 9 mm,见图 1。

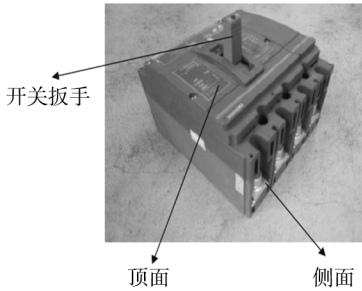


图 1 X 型号电器开关

Fig. 1 X Model of the electric switch

1.2 材料选择

1.2.1 外包瓦楞纸箱材料

瓦楞纸板的 2 个重要要素:原纸材料和瓦楞楞型^[3]。纸箱由包装纸箱公司提供,瓦楞纸板的材料有 2 种,第 1 种材料为 230 g 玖龙 3A 级牛皮卡纸+125 g 高强瓦楞纸+230 g 玖龙 3A 级牛皮卡纸,第 2 种材料为 230 g 玖龙 3A 级牛皮卡纸+120 g 高强瓦楞纸+250 g 玖龙 3A 级牛皮卡纸,其性能指标见表 1。

对比表 1 中瓦楞纸板多项性能数值可知,第 1 种材料的边压、耐破、抗压强度均优于第 2 种材料,由此电器开关包装优化解决方案选用第 1 种材料。

表 1 不同材料性能指标

Tab. 1 Properties indexes of different materials

性能指标	边压强度 /(N·m ⁻¹)	耐破强度 /(kgf·cm ⁻²)	含水率 /%	抗压强度 /(kg·cm ⁻²)
第 1 种材料	6620	15.28	9	188
第 2 种材料	6270	14.42	10	144

一般情况下,楞型越大,纸箱的抗压强度越高,变形量越大;楞型越小,纸箱的抗压强度越小,变形量越小。楞型对形变量有一定的影响,如果纸箱过大,楞型很小,在抗压测试时纸箱很容易被压垮;纸箱过小,楞型很大,抗压测试时会出现形变量过大,缓冲时间过长,有效力值与最终力值偏差过大等现象。电器开关大多体积较小,但质量稍大,运输过程中主要依赖内部缓冲材料对电器开关产品进行保护,外包装箱能满足电器开关产品安全堆码、物流运输的需求^[4]。外包装瓦楞纸箱选用 3 层 C 瓦楞纸板,同时选用 UV 型瓦楞。

1.2.2 内包装缓冲材料

原有产品采用瓦楞纸板做缓冲材料,由于产品要经过海运,所以内部缓冲材料选用塑料泡沫缓冲材料。常用塑料缓冲材料中发泡聚丙烯(EPP)、发泡聚苯乙烯(EPS)需要模具成型,模具成本高,结构稍加改动会导致原有模具报废,且 EPS 不利于环保,在出口方面受到很大限制。另外发泡聚乙烯聚苯乙烯共聚物(EPO)原材料需要冷藏运输储藏,物流成本过高,目前仍不适宜于工业包装生产。发泡聚乙烯(EPE)较发泡聚苯乙烯(EPS)环保,可以完全分解,在结构成型中直接采用模切及热粘合工艺,大大降低了成型模具成本,增加了结构的灵活性^[5]。

常用发泡聚乙烯(EPE)材料主要有 23, 27, 35 kg/m³ 3 种,其性能对比见表 2,该实验选用密度为 27 kg/m³ 的 EPE。

表 2 3 种密度 EPE 泡沫缓冲材料性能对比

Tab. 2 Compared properties of three different cushion materials(EPE)

性能指标	密度/ (kg·m ⁻³)	泡孔平均直径 /mm	压缩强度 (25%~50%)/kPa	压缩恢复率(50%) /%	压缩蠕变率 (1000 h) /%	拉伸强度 /kPa	伸缩率 /%	撕裂强度 /(N·mm ⁻¹)	热稳定性 (27~23℃, 24 h)/%	导热系数 (29.98℃)/ (W·m ⁻¹ ·K ⁻¹)	吸水量/ (kg·m ⁻²)	静态衰减 /s
F3-23	23	1.8	40	21	<10	282	73	2.3				
F3-27	27	1.6	48	21	10	296	75	2.9	<1	0.07	0.1	<2.2
F3-35	35	1.4	57	15	<10	380	60	3.1				

2 结构设计

原有产品外包装及内部缓冲设计见图2,结构设计方向:在满足全面保护角\楞\面的基础上,要求包装选材轻便化,减轻整体质量;结构简化;缩小体积,降低物流成本^[6-7]。

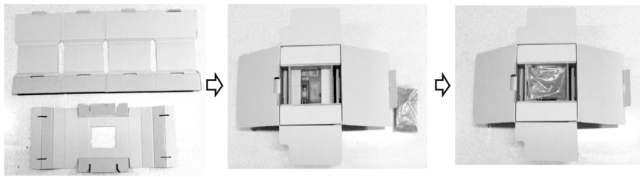


图2 原外包装及内部缓冲设计

Fig. 2 Original packaging diagram

2.1 内包装缓冲设计

该设计中产品侧面的多触头及顶部把手需要重点保护,同时结合成本和包装快捷性等方面要求^[8],缓冲垫结构设计采用局部缓冲方法,主要缓冲部位是开关左、右两侧面,确定主要承载部位和易损部位,设计缓冲衬垫结构。由于产品的重心位于几何中心,所以缓冲衬垫的重要承载部位是产品的中部。由于产品左右对称,且外形是比较规则的正方体,所以采用左右2只EPE缓冲衬垫,并向产品顶部、底部延伸的缓冲衬垫结构形式。缓冲衬垫的三视图和立体图见图3。

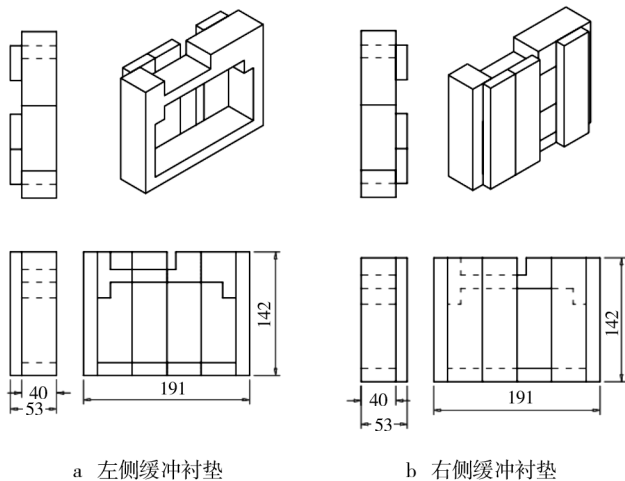


图3 缓冲包装设计三视图及立体图

Fig. 3 Three-view drawing and stereogram of cushion packaging design

由于X型电器开关产品附有配件,所以在顶部与

把手平齐处开槽,用于摆放产品附件,见图4。

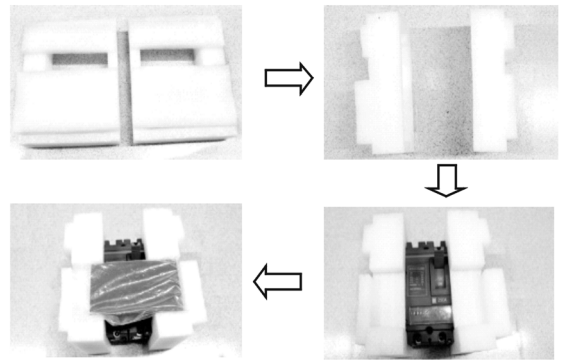


图4 缓冲包装设计实物

Fig. 4 Physical photo of cushion packaging design

2.2 外包装瓦楞纸箱设计

根据EPE缓冲衬垫及内装开关的尺寸,确定内装物的最大外尺寸为 $191\text{ mm} \times 166\text{ mm} \times 142\text{ mm}$ ^[9-10]。

对于折叠纸盒,在长度、宽度方向上一般设3~5 mm的尺寸修正系数,在高度方向上的修正系数为1~3 mm,则纸箱内尺寸为 $195\text{ mm} \times 170\text{ mm} \times 143\text{ mm}$ 。

该电器开关产品包装设计属复“U”型。制造尺寸修正系数一般为长、宽方向取2 mm,高度方向取1 mm,则制造尺寸为 $203\text{ mm} \times 175\text{ mm} \times 144\text{ mm}$ 。

瓦楞纸外箱图纸由Artios CAD软件输出,见图5。

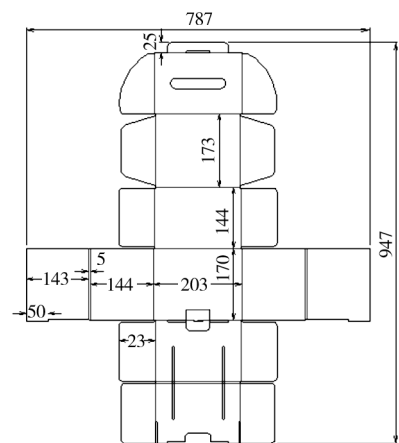


图5 瓦楞纸外箱及详细尺寸

Fig. 5 Drawing and detailed size of fluting paper master carton

3 包装件跌落测试

3.1 材料及设备

实验材料:新包装3套(瓦楞纸箱、EPE)、电器开

关3台;原有包装件3套。

实验设备:Lans-PDT56ED 跌落试验机及配套设备。

3.2 结果与分析

测试结束后,打开包装,发现外包装无撕裂等严重损伤,内装电器开关没有明显损伤,且电性能正常,因此该包装通过跌落测试。

测试中测定了电器开关包装于高度为91 cm处的跌落G值(采样频率为330 Hz),其测试结果与原包装方案对比,见表3。

表3 测试结果及对比

Tab.3 Testing result and comparison *g*

方案	角 235	楞 25	楞 23	楞 35	面 2	面 4
原包装方案	151	147	150	151	204	194
新包装方案	97	133	137	139	149	147
方案	面 5	面 6	面 3	面 1	最大值	
原包装方案	163	171	255	145	255	
新包装方案	136	141	150	125	150	

由表3可以看出,该电器开关包装设计解决方案

表4 原包装成本

Tab.4 Cost of original packaging

产品名称	功能模块	物料名称	材料质量/g	面积/m ²	价格/元
某品牌 XXX 型号 电器开关产品	外包装箱	瓦楞纸板	B 型 250/120/250	0.740 667	1.78
	内缓冲	瓦楞纸板	E 型 170/120/170	0.348 229	0.64
	工艺组装时间 2.5 min			总价	2.42

表5 新包装成本

Tab.5 Cost of new packaging

产品名称	功能模块	物料名称	材料质量	面积/m ²	价格/元
某品牌 XXX 型号 电器开关产品	外包装箱	瓦楞纸板	E 型 230 g/120 g/230 g	0.745 289	1.57
	内缓冲	EPE	27 kg/m ³	0.239 577	1.82
	工艺组装时间 25 s			总价	3.39

根据表4及表5可知,电器开关新包装方案成本比原包装成本高40.08%。工艺组装时,相同时间内新包装的组装产量是原包装的6倍,在一定程度上节省了人工费用。同时,通过跌落测试可以看出,跌落时G值明显下降,可以更好地应对电器开关在运输中发生的各种状况^[13]。

4.2 物流成本

在物流运输中,由于电器开关包装体积较小,需要通过栈板堆码后转入集装箱内再进行运输。新包

在对角跌落时有明显优势,原包装方案角跌落的G值是新包装方案的近2倍,对有触头的2个侧面,即面2与面3的G值明显下降。

跌落高度以91 cm为起点高度,以每10 cm为升高单位,同一包装样品同一测试角(角235)重复跌落,原包装在高度为121 cm处跌落时发生了严重破损,内装物塑料开关件上出现了裂痕。新包装方案在高度为501 cm处跌落时仍保持内装开关完好,最终在高度为771 cm处跌落时发生破损,但只有包装严重撕裂,内装物并无损坏^[11-12]。

4 成本对比分析

4.1 原材料成本

原方案包装设计由瓦楞纸包装箱和内部瓦楞纸缓冲结构构成,即外包装箱瓦楞纸+内部瓦楞纸缓冲结构,具体成本见表4。新方案包装设计由瓦楞纸包装箱和内部EPE缓冲结构构成,即外包装箱瓦楞纸箱+内包装EPE缓冲结构,具体成本见表5。

装设计方案同原包装设计方案相比,包装后的产品体积明显减小。通过CAPE PACK软件分析新包装与原包装堆码数目的区别,确定包装物流成本差异^[14]。

在国际运输中,通常使用1200 mm×1000 mm的托盘栈板运输,具体码放形式见图6。新包装设计方案托盘栈板的面积使用率高达96.6%,与原包装设计方案(89.6%)相比多7%。在单层码放上,电器开关新包装设计方案有明显优势,单层码放数为39台,而原包装方案只能码放30台,新方案比原方案高出30%。在物流运输上,新包装设计方案具有明显优

势,每一层多码放9台。以一个托盘栈板码放10层计算,一个栈板将多码放90台,一个集装箱更是能增加上百台^[15-16]。

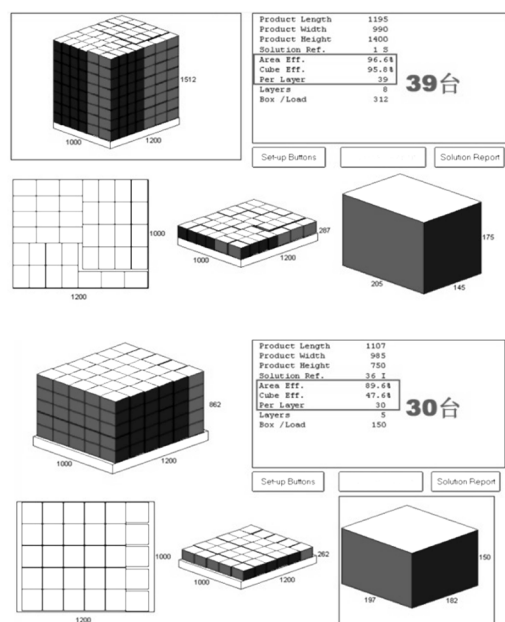


图6 托盘栈板堆码对比

Fig. 6 Pallet stacking comparison

原包装方式在材料成本上有明显优势,而新包装方式在物流成本上有优势,由此,对比原包装方式与新包装方式的综合成本见表6。

表6 综合成本对比

Tab. 6 Combined cost comparison

项目	原方案	新方案	改善情况
包装方式	外包装瓦楞纸+内瓦楞纸缓冲结构	外包装瓦楞纸+内包装EPE缓冲结构+PP提手	
物料个数/个	3	4	
工艺组装时间	2.5 min	25 s	
包装材料成本/元	2.42	3.39	
单位操作成本/元	0.625	0.104	
包装总成本/元	3.045	3.494	+14.74%
托盘码放单层数量	30	39	
托盘成本/元	3200	3200	
每货柜运输成本/元	10 189	10 189	
单位运输成本/元	4.3	3.3	-30.30%
单位总成本/元	7.345	6.794	-8.11%

注:1.人工成本:0.25元/分(15元/时);2.负数为降低的百分数,正数为增加的百分数。

5 结语

该电器开关包装优化设计主要以提高包装缓冲性能、降低物流成本为目的,尽量减少在运输及储存过程中发生损坏现象。向减少包装件体积,降低其质量的绿色方向进行优化设计。通过包装件测试实验表明,新包装设计方案在跌落测试性能上有明显提高,该结构设计能更好地满足运输过程中对产品的保护功能。通过对原包装件和新包装件的包装综合成本对比可知,新包装综合成本相对于原包装成本降低了8.11%。此电器开关包装优化设计方案具有可行性。

参考文献:

- [1] 黄涛,陈满儒.基于瓦楞纸板缓冲系统的电子产品绿色包装解决方案[J].包装工程,2009,30(4):61-64.
HUANG Tao, CHEN Man-ru. Electronic Product Green Packaging Solution Based on Corrugated Fiberboard Cushioning System[J]. Packaging Engineering, 2009, 30(4): 61-64.
- [2] 杨铭瑞,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):41-43.
YANG Ming-ru, YU Hua, et al. The Development and Application of Cushion Packaging Materials[J]. China's Packaging Industry, 2009(12): 41-43.
- [3] 高德,刘壮,董静,等.瓦楞纸板包装材料的性能及其发展前景[J].包装工程,2005,26(1):1-4.
GAO De, LIU Zhuang, DONG Jing, XU Shao-ke, et al. The Property and Prospect of the Corrugated Paper Board[J]. Packaging Engineering, 2005, 26(1): 1-4.
- [4] 付云岗,郭彦峰,许文才,等.不同温湿度条件下双瓦楞纸板力学性能的试验研究[J].包装工程,2008,29(4):51-53.
FU Yun-gang, GUO Yan-feng, XU Wen-cai, et al. Study on Mechanical Properties of Double-wall Corrugated Paperboard under Different Relative Humidity[J]. Packaging Engineering, 2008, 29(4): 51-53.
- [5] 卢富德,张绍云,杜启祥.发泡聚乙烯隔振性能研究[J].包装工程,2011,32(11):1-4.
LU Fu-de, ZHANG Shao-yun, DU Qi-xiang. Study of Vibration Isolation Performance of EPE[J]. Packaging Engineering, 2011, 32(11): 1-4.
- [6] 陈满儒,马领校.EPE泡沫缓冲托盘结构设计[J].包装

