

汽车大灯的全纸运输包装设计

doi:10.3969/j.issn.1674-7100.2018.02.004

仲晨 夏征 张宜彩
宁如霞 李晓倩 高娜娜
丁长帅

曲阜师范大学
工学院
山东 日照 276800

摘要:针对汽车大灯运输包装的保护性、环保性较差的现状,以某品牌汽车大灯为例,提出全纸运输包装设计方案。采用缓冲包装设计“六步法”,先对国内物流运输环境及汽车大灯自身特性进行分析,确定设计目标;其次,选择合适的包装材料进行创新性包装结构设计;最后将设计方案制作实样,进行包装性能测试试验,并针对试验过程中出现的问题提出了改进措施。采用“1角3棱6面”方式对改进后的缓冲包装进行等效跌落高度1.2 m的自由跌落试验,结果显示面5的跌落对汽车大灯影响最大,冲击最大加速度为15.1g,远小于大灯脆值,且缓冲结构无明显破损。正弦扫频及随机振动试验结果显示,缓冲包装避开了汽车大灯自身的共振频率。该方案的内部缓冲件具备良好的缓冲、防振和堆码性能,且采用全纸包装材料,绿色环保,易于加工。

关键词:汽车大灯;运输包装;全纸;绿色环保

中图分类号: TB482.2

文献标志码: A

文章编号: 1674-7100(2018)02-0023-07

0 引言

随着生活水平的不断提高,汽车逐渐成为人们生活中不可或缺的代步工具。对于安装简便的零部件如大灯,越来越多的车主倾向于通过电商平台购买^[1]。大灯是易碎零部件,在物流运输中容易出现易损部件破损、透明灯罩磨损等现象,导致其失去商品的使用价值。因此,大灯对运输包装设计提出了更高的要求^[2]。

通过市场调研发现,汽车大灯的运输包装一般以发泡塑料作为主要缓冲材料,虽然其缓冲性能优良,但环保性差;而目前采用纸质环保材料的大灯运输包装多未经过专业的结构设计,其保护性能不佳,极易造成大灯破损。可见,目前大灯的运输包装存在环保性、保护性、用户体验感都较差的缺点^[3]。

在电子商务背景下,产品的流通环境变得更为复

杂,快递企业的服务质量参差不齐,更加剧了产品运输环境的风险^[4]。因此,针对当前的物流环境,本课题组提出了汽车大灯的全纸运输包装设计方案,以期产品的物流包装设计提供参考。

1 设计目标及思路

1.1 设计目标

运输包装设计的关键在于合理选择缓冲材料,并进行缓冲优化设计,以最低成本确保产品在流通过程中不会因冲击、振动而造成性能降低或失去使用价值^[5]。故针对汽车大灯的特点,运输包装设计主要完成如下4个目标:1)具有较好的缓冲保护性能;2)具有便携性,使产品在装卸搬运和使用过程中便于取用;3)绿色环保,不会造成环境污染;4)便于装箱操作,具有较高的实用价值。

收稿日期:2018-01-06

基金项目:曲阜师范大学校级科研基金资助项目(xkj201501),曲阜师范大学博士科研启动基金资助项目(BSQD20130158)

作者简介:仲晨(1979-),男,山东济宁人,曲阜师范大学讲师,博士,主要从事运输包装、包装结构设计方面的研究,

E-mail: 40247030@qq.com

1.2 设计思路

根据设计目标,设计思路遵循目前普遍使用的缓冲包装设计“六步法”^[6]:1)针对大灯产品,对国内快递物流环境进行调研,以确定包装件的外部流通环境条件;2)确定大灯的产品脆值;3)结合产品特点与缓冲材料特性,确定大灯的最佳受力点;4)选取合理的包装材料;5)从缓冲及减振2个角度进行包装结构设计;6)通过相应的性能测试明确设计方案是否实现了设计目标,并对方案进行改进,以确保最大限度的节省材料、组装方便,便于自动化生产。

2 运输包装设计

2.1 物流运输环境调研

目前国内的汽车热门品牌有本田、大众、雪佛兰、比亚迪、福特等,各品牌生产厂商遍布全国各地。以国内比亚迪汽车为例,公司总部位于广东深圳,在广东、北京、陕西、上海、天津等省市共建有九大生产基地,其汽车零部件的分销仓库更是遍及全国,可见包装在物流运输过程中发挥着重要作用。经调查,汽车零部件的物流运输方式一般为公路运输,长途运输以高速公路为主,短途运输为一级、二级及三级公路^[7]。公路运输的振动能量绝大部分分布在0~200 Hz频带内,其中能量最集中处位于0~50 Hz频带内;随机振动功率谱密度在2 Hz和10 Hz附近各有一个最大峰值^[6]。因此,本课题组在上述物流运输环境下设计汽车大灯的缓冲包装。

2.2 产品特征分析

本课题组以图1所示的比亚迪汽车(速锐F3)的大灯^[8]为对象,进行缓冲包装设计。此款大灯的外形不规则,这也是汽车大灯的普遍特征之一。该灯最大尺寸规格为580 mm×300 mm×170 mm,质量为2 kg。灯罩材质为热固性塑料,碰撞后易出现裂痕;底部由橡胶制成,具有韧性、耐磨性的特点,其造型凹凸不平,上下边缘有突出的、用于固定大灯的爪手部件;灯罩和底部的2端均为尖角结构,形状极不规则。大灯的易损部件为爪手和灯罩,因此在产品运输包装设计时,应加强对这2部分的保护。

依据GB/T 15099—1994《使用冲击试验机测定产品脆值的试验方法》^[9]中的方法,得到大灯的脆值为40g~59g。根据脆值原理,产品的运输包装应保证外部冲击载荷传递到大灯上的最大冲击加速度小于

大灯脆值。

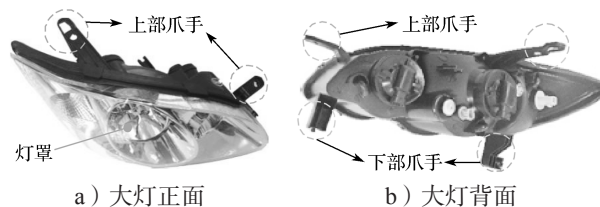


图1 汽车大灯

Fig. 1 Vehicle headlamp

2.3 包装材料选择

常用的包装材料以泡沫塑料、纸质材料为主。泡沫塑料由于在自然界中难以降解,回收再利用成本较高,已被列为限制使用材料^[10]。瓦楞纸板因具有易加工、成本低、绿色环保等优点^[11],近年其使用量猛增。为实践绿色环保理念,本课题组选择瓦楞纸板作为设计用缓冲材料。

2.4 缓冲结构设计

本课题组所设计的汽车大灯缓冲包装结构由内部“龟式”缓冲件和外部0201型瓦楞纸箱2部分组成。本设计的重点为内部缓冲件。内部缓冲件的制作工艺采用一体成型,并通过折叠最终形成类似“乌龟”的结构造型,其平面结构如图2所示。内部缓冲件具体的折叠步骤如下:面板①、②经过折叠与向上翻折90°的襟片③插合在一起,形成底座部分;面板④折叠形成4个空心矩形;面板⑤、⑥经穿插后形成对大灯的全面裹包形式;面板⑦经折叠、插锁,形成空心三角柱结构。

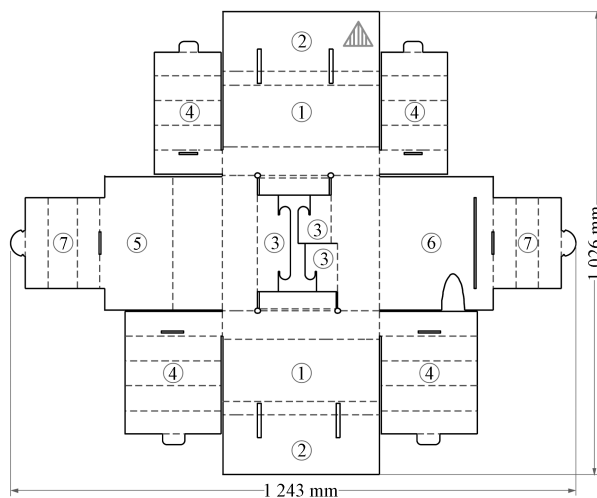


图2 改进前内部缓冲件的结构图

Fig. 2 Structural diagram of the preliminary cushion design

外部的0201型瓦楞纸箱的平面结构如图3所示。

本课题组在箱体侧面设计了“U”型便携式提手, 以方便用户搬运、提携产品。

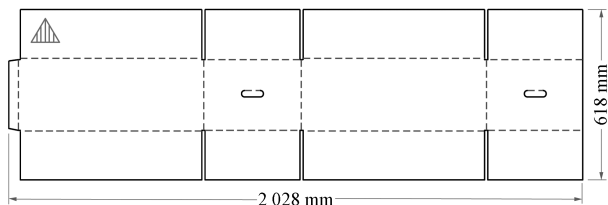


图3 瓦楞纸箱的结构图

Fig. 3 Structural diagram of the regular slotted container

2.5 瓦楞纸箱的最佳尺寸

在物流运输中, 瓦楞纸箱一般在托盘上进行堆码, 形成集合包装单元, 以保护产品, 提高运输车辆的空间利用率。为了获得瓦楞纸箱的最佳尺寸, 本课题组使用 Quick Pallet Maker 软件^[12]模拟瓦楞纸箱堆码情况, 选择国内物流运输中最常使用的托盘尺寸即 1 200 mm × 1 000 mm, 设置瓦楞纸箱的初始尺寸为 667 mm × 353 mm × 256 mm。通过软件计算, 得到瓦楞纸箱的最优堆码数为 12 箱, 堆码方式如图 4a 所示。为了提高货物运输效率, 本课题组将瓦楞纸箱的尺寸进行改进, 设置为 647 mm × 353 mm × 256 mm, 测试了多种堆码方式后, 得到最优堆码数为 16 箱, 堆码方式如图 4b 所示。综合衡量汽车大灯包装的保护性能和经济效益, 最终确定 647 mm × 353 mm × 256 mm 为瓦楞纸箱的最佳尺寸。

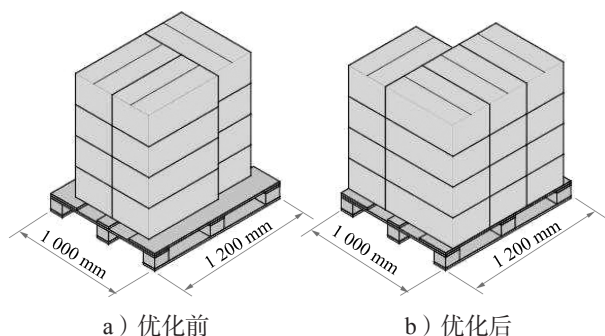


图4 瓦楞纸箱尺寸优化前后的堆码方式对比图

Fig. 4 The stacking comparison before and after improvement of the container dimension

3 运输包装件的性能测试及改进

为确保运输包装方案的可行性, 本课题组对实样进行了自由跌落试验、振动试验和空箱抗压试验, 检测其缓冲、减振及堆码性能。由于大灯易受损且经济价值较高, 因而其对包装材料的平压强度、抗压强度和缓冲性能的要求较高, 因此, 内部缓冲件材料采

用 B 型瓦楞纸板, 瓦楞纸箱材料采用 C 型瓦楞纸板。经测量, 2 种瓦楞纸板的平压强度、边压强度如表 1 所示。

表 1 瓦楞纸板的参数表

Table 1 Parameters of the corrugated boards		
楞型	平压强度 /kPa	边压强度 / (N·m ⁻¹)
B	529	5 295
C	286	3 274

3.1 缓冲性能测试与内部缓冲件的结构改进

3.1.1 初步自由跌落试验

为明确运输包装件的缓冲性能, 本课题组使用自由跌落试验机 (DT200 型, 深圳莱伯通试验设备有限公司) 对其进行初步自由跌落试验。首先使用打样机 (康斯博 V 系列, 比利时 ESKO 公司) 制作实样并装入汽车大灯, 即得试验运输包装件; 然后根据国标 GB/T 4857.1—1992《包装运输包装件 试验时各部位的标示方法》^[13] 中的要求对箱体进行编号; 最后按国标 GB/T 4857.5—1992《包装运输包装件 跌落试验方法》^[14] 中的方法进行自由跌落试验。试验时, 将加速度传感器固定于大灯上侧的平整刚性部位, 由 TP3 冲击数据采集仪 (Lite 系列, 美国 Lansmont 公司) 记录试验数据。结合本课题组的前期研究成果以及国内物流运输环境^[15], 跌落高度设置为 1.2 m, 跌落方式采用“1 角 3 棱 6 面”, 每种跌落姿态均进行 3 次重复试验。

图 5 为运输包装件改进前在不同跌落姿态下的加速度-时间曲线图。

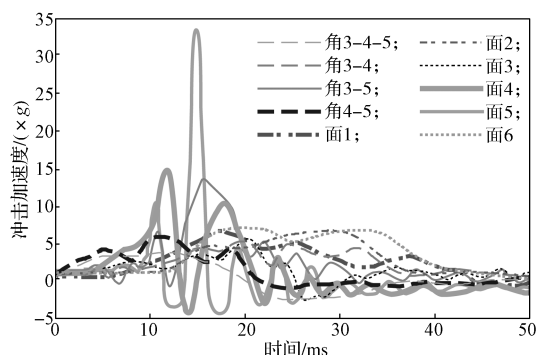


图5 改进前运输包装件的冲击加速度-时间曲线

Fig. 5 Acceleration-time curves of the package before improvement

由图 5 可以得到如下结论。

1) 面 5 (包装箱端面) 跌落的加速度值最大, 为 34.5g。该跌落姿态下不仅内部缓冲件严重破损, 而且大灯严重损坏。分析其原因主要有: a. 由于大灯下部爪手突出, 跌落时其与瓦楞纸箱发生触底损坏

(见图 6a 中 I 处); b. 内部缓冲件的底座左右两侧为单层纸板(见图 6b 中 II 处), 易损坏, 无法良好固定大灯; c. 单层瓦楞纸板的平压强度较低, 不能有效抵抗外界的冲击。

2) 面 4 (包装箱侧面) 跌落和棱 3-5 (包装箱端面底棱) 跌落的加速度值次之, 分别为 15.0g 和 14.1g, 但远小于面 5 跌落的加速度值。该结果与上述原因 a 和 b 有关。因瓦楞纸板的边压强度高于平压强度, 致使棱 3-5 跌落的加速度值小于面 4 的跌落加速度值。

3) 大多数面跌落及角跌落所对应的加速度值范围为 3.9g~7.4g。这些跌落方式对大灯的破坏性极小, 故在后续校验时可以忽略。

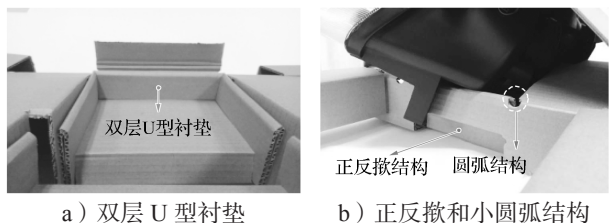


a) 放置大灯 b) 取出大灯
图 6 改进前内部缓冲件的跌落试验结果图

Fig. 6 Dropping experimental results before improvement

3.1.2 改进内部缓冲件结构

针对试验过程中出现的问题, 本课题组对内部缓冲件的结构提出了改进措施。针对内部缓冲件的底座两侧单层纸板易损坏的问题, 在原来的单层纸板和翻折纸板间增加双层 U 型衬垫(见图 7a); 针对单层瓦楞纸板的平压强度较低, 不能抵抗外界冲击的问题, 在下部爪手与底板接触的位置增加正反撇结构, 并配置 3 层纸板, 以提高纸板平压强度, 在底板的 4 个角各设计了一个小圆弧结构, 以分散冲击应力, 提高包装件的缓冲性能(见图 7b)。



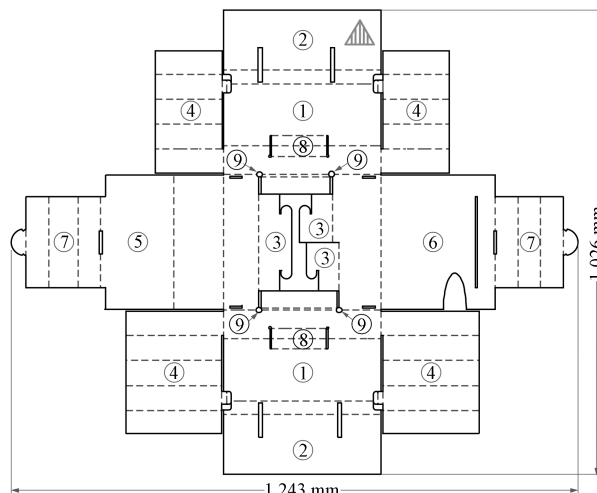
a) 双层 U 型衬垫 b) 正反撇和小圆弧结构

图 7 改进后的内部缓冲件结构图

Fig. 7 Structural diagram of internal cushion after improvement

改进后的内部缓冲件由外部结构和内衬结构组成, 其平面结构如图 8 所示。图 8a 为外部结构, 其在图 2 的基础上增加了正反撇(序号⑧)和小圆弧(序

号⑨)结构; 图 8b 为内衬结构即双层 U 型纸板, 2 个双层 U 型纸板放置于缓冲件外部结构的底座两侧, 以增强底座的支撑强度。改进前后的内部缓冲件的组装过程基本一致。



a) 外部结构

b) 内衬结构

图 8 改进后缓冲件结构图

Fig. 8 Structural diagram of the improved cushion design

改进后的内部缓冲件可分为 3 部分(见图 9)。其一是底座部分。底座采用 3 层瓦楞纸板结构, 中间形成矩形凹槽, 方便固定大灯, 使受力点位于大灯具有良好韧性的橡胶部分; 底座的两侧设计正反撇结构, 以提高竖直方向的抗压强度及缓冲性能; 在矩形凹槽的 4 个角的位置, 采用小圆弧来分散冲击应力; 底座两侧放置 U 型纸板, 使其形成 3 层纸板, 从而为大灯提供良好的缓冲保护。其二是上部裹包部分。该部分是从底座两侧分别延伸的一页纸板, 用“裹包”形式固定大灯, 2 个空心三角柱结构起到与外箱隔离、缓冲及固定作用, 同时可作为提手以便于将大灯从箱中提出(见图 10)。其三是“四腿”支撑部分。在底座的左右两侧设计了用纸板制作的空心矩形结构, 以避免大灯在左右方向与外箱由于直接接触而受损的现象, 达到大灯与外箱完全隔离的目的, 有效降低外箱受到冲击时对大灯的损坏。

为明确优化后设计方案的合理性, 本课题组对优化后的实样进行了自由跌落试验, 并在此基础上增加

了振动试验和抗压试验,以全面检测其缓冲、防振和堆码性能。

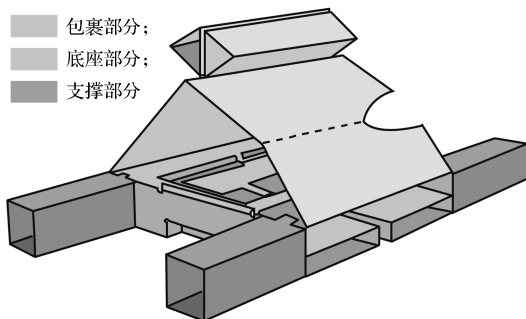


图9 内部缓冲件示意图

Fig. 9 Illustration of the inner cushion



图10 装箱实物图

Fig. 10 Final package

3.2 内部缓冲件改进后的自由跌落试验

试验材料、试验设备及参数设定均同前。改进前后的试验数据对比如图11所示。由图可知,改进前面5的最大加速度高达34.5g;改进后其最大加速度降为15.1g。开箱检验发现内部缓冲件仅出现局部变形。由此可见,改进后的包装件对汽车大灯具有良好的保护效果。

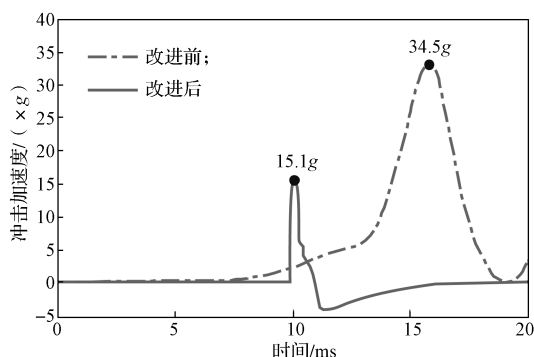


图11 改进前后自由跌落试验结果对比

Fig. 11 Comparison between the acceleration-time curves before and after improvement

3.3 减振性能测试

为测试改进后运输包装件的减振性能,首先进行裸灯的正弦扫频试验以明确大灯的共振频率,进而对运输包装件进行随机振动试验。

正弦扫频试验时,先将裸灯固定于电磁振动试验机(DC-600型,苏州苏试试验仪器股份有限公司)的振动台面中央,再将加速度传感器固定于大灯上部的平整位置。试验参数设置如下:频率为5~200 Hz;扫描速率为2 oct/min;扫描方式为双向回扫。最终得到裸灯的共振频率约为12.8 Hz。

随机振动试验的功率谱密度(power spectral density, PSD)曲线设定为GB/T 4857.23—2012《包装 运输包装件基本试验第23部分:随机振动试验方法》^[16]附录1中图A1“公路运输不同严酷水平随机振动PSD曲线”的水平II(见图12中虚线)。试验参数设置如下:频率为5~200 Hz,振动时间为15 min。整理试验数据得到振动传递率曲线,见图12中2条实线。通过对比分析可知:运输包装件的共振频率为61.1 Hz,不仅避开了裸灯的共振频率12.8 Hz,还避开了公路运输随机振动PSD可能出现的最大加速度峰值频率(10 Hz左右),同时也避开了公路运输振动能量最集中的0~50 Hz频带,这说明运输包装件的减振效果良好。

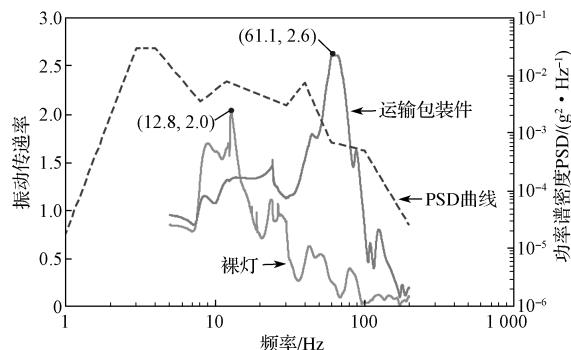


图12 振动试验曲线

Fig. 12 The curves of the vibration test

3.4 堆码性能测试

为了确定所选择的0201型瓦楞纸箱的空箱堆码抗压性能以及最高堆码层数,参照GB/T 4857.3—2008《包装 运输包装件基本试验 第3部分:静载荷堆码试验方法》^[17],使用纸箱抗压试验仪(i-Boxtek 1710型,济南兰光机电技术有限公司)对0201型瓦楞纸箱进行了空箱堆码试验。参数设置如下:预压力为220 N,压缩速度为12.7 mm/min。5次重复试验的数据如表2所示。由表可知,空箱的最大压溃力F

的平均值为 1 324 N。根据 F 可求得纸箱最高堆码层数, 即

$$F=9.81 Km(n_{\max}-1), \quad (1)$$

式中: K 为安全系数, 设置 $K=4$; m 为纸箱质量, $m=2.9$ kg; n_{\max} 为理论堆码层数。

将上述参数代入式 (1) 中, 得 n_{\max} 约为 12.6 层。实际堆码层数 N_{\max} 的计算式为

$$N_{\max}=\text{INT}(n_{\max}), \quad (2)$$

式中 INT() 为取整函数。

将 n_{\max} 代入式 (2) 中, 得 $N_{\max}=12$ 。由此可知, 在仓库高度不受限制的情况下, 纸箱的最高堆码层数是 11 层, 堆码高度约为 3.1 m (含托盘高度)。这满足了目前绝大多数仓库对纸箱堆码层数的要求。

表 2 空箱抗压试验数据

Table 2 Experimental data of the compressive test for empty corrugated box

序号	最大压溃力 /N	变形量 /mm
1	1 260	5.8
2	1 541	9.3
3	1 186	4.6
4	1 341	8.1
5	1 292	6.5
平均值	1 324	6.9

4 结语

随着汽车市场的日益扩大, 以及淘宝、京东等电商平台的飞速发展, 人们越来越喜欢通过电商平台购买汽车大灯。然而, 目前汽车大灯包装存在环保性差、保护性不佳等缺陷。为了解决上述问题, 本课题组提出了汽车大灯全瓦楞纸包装设计方案。该运输包装件的生产方式为一体成型, 纸板利用率高, 组装方便; 通过对运输包装件的性能测试, 证明了本设计方案切实可行, 且实用价值较高, 能促进国内汽车大灯交易。

参考文献:

- [1] 诸涛, 倪蔚颖. 电商物流“最后一公里”快递收发点发展现状和对策研究[J]. 现代商业, 2017(17): 9-12. ZHU Tao, NI Weiyang. Research on the Development Status and Countermeasures of the “Last Mile” Express Delivery Point of E-Commerce Logistics[J]. Modern Business, 2017(17): 9-12.
- [2] 俞光明. 瓦楞纸板在汽车零部件包装设计中的应用[J]. 上海包装, 2014(10): 36-38.
- [3] 于含, 张昶, 张蕾. 电商包装存在问题及对策[J]. 包装工程, 2017, 38(7): 228-232. YU Han, ZHANG Chang, ZHANG Lei. The Problems and Countermeasures of E-Commerce Packaging[J]. Packaging Engineering, 2017, 38(7): 228-232.
- [4] 吴艳叶, 王可可, 姜玉. 纯水机瓦楞纸板电商缓冲包装设计[J]. 印刷技术, 2016, 16: 37-40. WU Yanye, WANG Keke, JIANG Yu. Pure Water Machine Corrugated Paperboard Buffer Packaging Design[J]. Printing Technology, 2016, 16: 37-40.
- [5] 刘乘, 任亚东. 几种常用缓冲材料的性能研究[J]. 包装工程, 2010, 31(7): 117-119. LIU Cheng, REN Yadong. Research on Properties of Several Cushion Materials[J]. Packaging Engineering, 2010, 31(7): 117-119.
- [6] 彭国勋. 物流运输包装设计[M]. 2版. 北京: 印刷工业出版社, 2012: 106-138. PENG Guoxun. Logistics and Transportation Packaging Design [M]. 2nd ed. Beijing: Printing Industry Press, 2012: 106-138.
- [7] 中国交通运输部. 公路工程技术标准: JTG B01—2014[S]. 北京: 人民交通出版社, 2014: 59-62. Ministry of Transport of the People's Republic of China. Technical Standard of Highway Engineering: JTG B01—2014[S]. Beijing: Standards Press of China, 2014: 59-62.
- [8] 淘宝网. 关键字: 比亚迪, F3[EB/OL]. [2018-03-07]. <https://www.taobao.com>. Website of Taobao. Keywords: BYD, F3[EB/OL]. [2018-03-07]. <https://www.taobao.com>.
- [9] 中国国家标准化管理委员会. 使用冲击试验机测定产品脆值的试验方法: GB/T 15099—1994 [S]. 北京: 中国标准出版社, 1994. Standardization Administration of the People's Republic of China. Test Methods for Mechanical Shock Fragility of Products, Using Shock Machines: GB/T 15099—1994[S]. Beijing: Standards Press of China, 1994.
- [10] 缪丽娜, 仲金泉, 张新昌. 瓷砖产品的全瓦楞纸板缓冲包装设计[J]. 包装工程, 2010, 31(21): 64-67. MIAO Lina, ZHONG Jinquan, ZHANG Xinchang. Design of Cushioning Packaging for Ceramic Tile Products with All Corrugated Board[J]. Packaging Engineering, 2010, 31(21): 64-67.
- [11] 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): 14–17.
ZHANG Kehong, DU Junjuan, XIA Yebao, et al. LCD's Cushioning Packaging Design with Corrugated Board[J]. Packaging and Food Machinery, 2009, 27(6): 14–17.
- [12] Koonal LLC. User Manual of Quick Pallet Maker (Ver. 4.8.2)[EB/OL]. [2018–03–20]. <http://www.koonal.com/qpm/>.
- [13] 中国国家标准化管理委员会. 包装运输包装件 试验时各部位的标示方法: GB/T 4857.1—1992[S]. 北京: 中国标准出版社, 1992: 249–251.
Standardization Administration of the People's Republic of China. GB/T 4857.1 Packaging-Complete, Filled Transport Packages-Identification of Parts When Testing[S]. Beijing: Standards Press of China, 1992: 249–251.
- [14] 中国国家标准化管理委员会. 包装运输包装件跌落试验方法: GB/T 4857.5—1992[S]. 北京: 中国标准出版社, 1992: 262–264.
Standardization Administration of the People's Republic of China. Packaging-Transport Packages-Vertical Impact Test Method by Dropping: GB/T 4857.5—1992[S]. Beijing: Standards Press of China, 1992: 262–264.
- [15] ZHONG Chen, LI Jiang, KAZUAKI Kawaguchi, et al. Measurement and Analysis of Shocks on Small Packages in the Express Shipping Environment of China[J]. Packaging Technology and Science, 2016, 29(8/9): 437–449.
- [16] 中国国家标准化管理委员会. 包装运输包装件基本试验第23部分: 随机振动试验方法: GB/T 4857.23—2012[S]. 北京: 中国标准出版社, 2012: 1–12.
Standardization Administration of the People's Republic of China. Packaging-Basic Tests for Transport Packages-Part 23: Random Vibration Test Method: GB/T 4857.23—2012[S]. Beijing: Standards Press of China, 2012: 1–12.
- [17] 中国国家标准化管理委员会. 包装运输包装件基本试验第4部分: 采用压力试验机进行的抗压和堆码试验方法: GB/T 4857.3—2008[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008: 1–3.
Standardization Administration of the People's Republic of China. Packaging-Basic Tests for Transport Packages-Part 4: Compression and Stacking Tests Using a Compression Tester: GB/T 4857.3—2008[S]. Beijing: Standards Press of China, 2008: 1–3.

Full-Paper Transportation Packaging Design of Vehicle Headlamps

ZHONG Chen, XIA Zheng, ZHANG Yicai, NING Ruxia, LI Xiaoqian, GAO Nana, DING Changshuai

(Engineering College, Qufu Normal University, Rizhao Shandong 276800, China)

Abstract: Aimed at the current issues such as insufficient protection in transportation and poor environmental friendliness, a full-paper transport packaging for the vehicle headlamps was proposed by taking a branded vehicle headlamp as an example. Firstly, the logistics environment data of the headlamps were collected and the characteristics of the headlamps were analyzed to determine the design objectives based on “six steps” method for the transportation packaging design. Then the appropriate packaging materials were chosen for the innovative packaging structural design. Finally, the testing samples were made and the performance tests were carried out, and the improvement measures were put forward to solve the problems occurred in the tests. Neither headlamps nor the improved package suffered obvious damage after the shock test based on “one corner, three edges and six faces” method in which the equivalent drop height was set at 1.2 m. The experimental results showed that the peak impact acceleration of the package was 15.1g on side 5, which was far smaller than the fragility of the headlamps. The results of sine sweep and random vibration tests showed that the packaging avoided the resonance frequency of the contents. In conclusion, the proposed design indicated good cushioning, vibration isolation and stacking performance. Moreover, the design was environmentally friendly and easy to process owing to its full paper packaging.

Keywords: vehicle headlamp; transportation package; full paper; environmentally friendly