

# 液晶显示器的全瓦楞纸板缓冲包装设计

郝天举

(深圳市卓尔雅包装技术有限公司 广东深圳 518000)

**摘要:** 本文就液晶显示屏全瓦楞纸板缓冲包装设计应用展开探究。首先对几种瓦楞纸力学性能参数、动态及静态缓冲性能进行测试, 基于液晶显示屏基本参数、脆值、流通环境及包装要求, 以瓦楞纸板为材料, 设计并制作一种全瓦楞纸板缓冲包装, 细致校核及验证包装结构及材质性能。结果显示, 该设计方案通过实验室安全性能检测测试, 能有效保护液晶显示屏运输安全, 其性能、环保、经济等均达标, 希望能为类似缓冲包装设计提供参考。

**关键词:** 液晶显示屏; 包装设计; 缓冲性能; 瓦楞纸板

瓦楞纸板具有质量轻、成本低、类型丰富、便于回收、易于成型等特征, 在压缩过程中, 变形模式较为稳定, 受到外界冲击时可以将大部分作用力吸收掉, 将其应用在包装运输领域, 可有效防护运输产品, 具有十分广阔的应用前景<sup>0</sup>。诸多学者对瓦楞纸板的力学性能展开了研究, 有学者提出, 可以对瓦楞纸板进行预压处理, 将处理后的纸板性能与未经处理的瓦楞纸板性能相互对比, 发现预压处理后的瓦楞纸缓冲性能更加优异。同时, 各种新型瓦楞纸板也不断涌现, 如 A 型、B 型、C 型、BE 型瓦楞纸板等。本文基于对这些类型的瓦楞纸板基本性能进行测试, 基于液晶显示屏特征精心设计全瓦楞纸板缓冲包装, 进一步加快全瓦楞纸板在缓冲包装领域的应用及推广。

## 1. 瓦楞纸板基本性能测试

为选择最为适宜的瓦楞纸板, 本文在实验室环境下, 对 A 型、B 型、E 型、AB 型、BC 型、BE 型六种类型瓦楞纸力学性能、纸板厚度、定量、耐破强、边压强度、戳穿强度及含水量进行策略测定, 测定结果见表 1。

表 1: 不同类型瓦楞纸力学性能分析

瓦楞类型	厚度 (mm)	定量 ( $g \cdot m^{-2}$ )	耐破强 (kPa)	边压强度 ( $N \cdot m^{-1}$ )	戳穿强度 (J)	含水量 (%)
A	4.36	753.7	411.0	2420	3.7	3.1
B	2.69	679.8	382.4	3502	4.3	4.5
E	1.75	813.5	395.6	4394	3.6	3.8
AB	6.85	1042.4	428.8	5756	6.5	3.4
BC	6.17	1136.2	413.8	5128	6.6	4.3
BE	4.33	1061.1	388.4	8238	6.8	3.1

综合分析可知, 双瓦楞纸力学性能普遍比单瓦楞纸板强, E 型瓦楞属于微型瓦楞, 楞高较低, 缓冲性能不佳, 比较不同类型瓦楞纸力学性能后, 决定选用 AB 型瓦楞纸板作为液晶显示屏缓冲衬垫主要材料<sup>0</sup>。

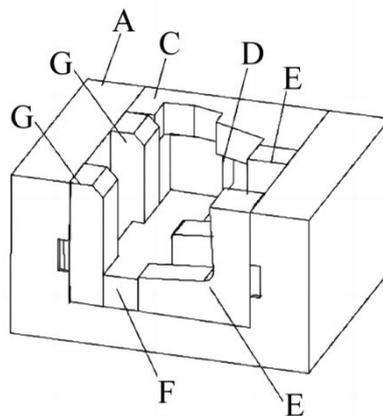
同时, 笔者在设计该缓冲包装时, 要严格遵循产品脆值标准, 结合相关算法计算产品冲击脆值, 如类比法计算、振动模型估算等, 最终确定液晶显示器脆值。

## 2. 液晶显示屏全瓦楞纸板缓冲包装设计

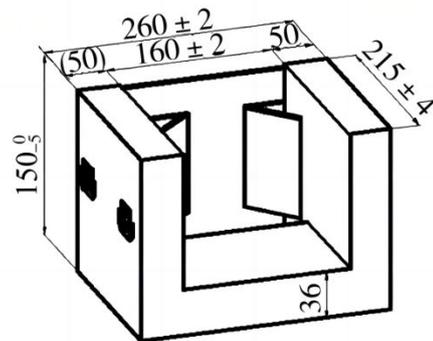
### 2.1 全瓦楞纸板衬垫的结构设计

本设计对应液晶显示屏尺寸为  $908 \times 588 \times 96$  mm, 总重量为 124.46 N, 质量及重力常数为 12.7 kg、9.8 N/kg, 产品整体重量适中, 结合产品流动环境分析及脆值计算, 可采用角垫式缓冲衬垫。本文使用缓冲衬垫为双瓦楞纸, 即 AB 型瓦楞纸板 (厚度为 6.85mm), 左右角垫对称, 上下角细微差异, 由瓦楞

纸板、蜂窝纸板及 EPE 衬垫组成。其中, 衬垫 A 结构是一个瓦楞纸板折叠而成的口字型结构, 大大增加了衬垫拆卸的可能性, 还可根据液晶显示屏类型调整位置和形状, 整体布局及衬垫 A 结构见图 1。



(a)



(b)

图 1 底部角垫整体布局 (a); 衬垫 A 部件结构图 (b)

结构 C、D、E、G 均为 EPE (厚度为 30mm), 主要功能是固定结构 F, 一个由 30mm 高的蜂窝纸板组成的结构, 具有较强抗压能力和抗缓冲能力, 还具有填补瓦楞纸板和液晶显示屏之间空隙的作用, 进一步强化该结构整体防护性能。参考同类型原理可进行顶部角垫布局及部件结构设计, 顶部角垫抗压强度略低于底部角垫, 为满足防护要求, 需要根据液晶显示器外轮廓适当调整底部角垫 E 部件结构, 使其更贴合显示器轮廓。

同时, 设计人员应当选择适宜瓦楞纸板材料, 作为一种抗压强度高、缓冲性能优良的缓冲包装材料, 在各个领域均有十分广泛的用途<sup>0</sup>。目前, 瓦楞纸板种类繁多, 其内在结构各不相

同,对应缓冲性能高低不一,较为常见的结构交错方式为正交、平行、重叠、折叠等方式,其中,奇偶交错式的结构方式下,平面静压下,瓦楞纸板初始峰压力、平台应力、密实化比吸能等均显著提升,若沿着瓦楞纸方向侧向静压下,抗压强度和平台应力分别减少<sup>0</sup>。当纵横交错达到一定角度后,在共同冲击荷载下,总能量吸收与冲击能将呈现出一种近似函数关系,进而有效改善瓦楞纸板缓冲性能。

## 2.2 运输过程跌落缓冲过程研究

根据相关标准及要求,对包装件进行跌落试验和跌落缓冲过程研究。设计人员应充分掌握产品生产要求以及跌落实验相关标准,依次开展底面跌落、棱跌落和角跌落试验,详细记录实验数据及实验结果,掌握包装件及产品损坏情况,建立对应非线性跌落模型,根据模型计算出动力学方程<sup>0</sup>。设计人员可采用控制变量法进行研究,已知定包装件质量、跌落高度、结构尺寸及承受最大加速度,把持相关数值不变。假设角跌落高度为45cm,面跌落、棱跌落高度为60cm,瓦楞纸板厚度为6.85mm。在设计缓冲结构尺寸时,瓦楞纸板面积为唯一变量,对其进行优化缓冲设计要在保障包装缓冲性能的基础上,尽可能减少材料用量,据此建立优化目标函数,即:

$$\begin{cases} \min(F(x)) = A \\ \text{满足} \begin{cases} \min(G) = \frac{G_m}{n_x} \\ 0 < A < A_0 \\ h > 0 \end{cases} \end{cases}$$

式中, A——缓冲材料面积; G——包装件无量纲加速度;  $G_m$ ——包装件无量纲最大加速度;  $n_x$ ——安全系数(x为设计变量,等同于A);  $A_0$ ——包装件最大底面积; h——跌落高度。根据该目标函数进行包装缓冲优化设计以及跌落实验后发现,包装件底部衬垫轻微变形,液晶显示屏整体外观及质量完好,可以正常使用,通过测试。

## 2.3 包装件抗压实验

设计人员按照运输包装件实验要求,对包装件进行抗压实验。在实验中,依次向包装件施加压力,220N、240N、260N等,直至超过液晶显示器最大应力300MPa。当施加力为4600N时,压应力为0.4MPa,液晶显示器最大应力为265.5MPa,未超过液晶显示器最大应力。当施加力为4620时,压应力为0.5MPa,液晶显示器最大应力为331.9MPa,超过了液晶显示器最大应力。

## 2.4 包装件堆码仿真实验

设计人员按照相关标准,计算堆码高度、包装件重量。在计算堆码高度时,采用三层重叠式堆码方式进行试验,假设液晶显示器的运输方式为汽车,包装件装卸搬运以机械为主,人工搬运为辅的方式,装卸过程中满足一定高度跌落试验需求<sup>00</sup>。包装件高度为703.2m(底部角垫厚度、顶部角垫厚度、LED屏宽、瓦楞纸箱厚度之和),堆码高度为2500mm,按照相关公式计算最大堆码层数( $N_{max}$ ),计算公式如下:

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

式中, H——堆码高度; h——包装件高度。

在计算包装件重量时,分别计算包装箱重量(外包装瓦楞纸及缓冲角垫重量之和)、液晶显示器重量。根据上文,液晶显示器的总重量为124.46N。瓦楞纸箱使用瓦楞纸板类型为AB型,纸板面积共2.5m<sup>2</sup>,利用定量计算公式计算后,获得外包装箱总重量为1041.04kg/m<sup>2</sup>,总重量为25.59N。外包装缓冲垫由底部角垫(2个)和顶部角垫(2个)组成,每个角垫由瓦楞纸板、蜂窝纸板及EPE组成。其中,瓦楞纸板定量及面积分别为604.20g/m<sup>2</sup>、0.48m<sup>2</sup>,蜂窝纸板体积及容重为357.14cm<sup>3</sup>、0.04g/cm<sup>3</sup>,EPE的体积和密度为0.03g/cm<sup>3</sup>、866.67cm<sup>3</sup>。计算得出顶部角垫和底部角垫的重量分别为2.74N、3.26N,由此可计算出4个缓冲角垫总重为12.01N,包装件总重量为162.05N。

在上述基础上,设计人员在外包装受力面积基础上,计算其施加荷载。已知外包装受力面积之和为98800mm<sup>2</sup>,按照计算公式计算出对应施加荷载为324.1N,压应力为3.28kPa。当压应力均匀施加在顶部角垫时,对应液晶显示器最大应力为3.3MPa,比电视机极限应力小。若施加压应力为0.5MPa时,对应液晶显示器最大应力为251.77MPa,与显示器极限应力相近,此时,仍可继续施加荷载。

## 2.5 振动试验

按照相关标准,设计人员对液晶显示器包装件进行随机振动试验,可借助公路随机振动功率密度曲线进行试验,测试结束后,设计人员检查发现,除底部护栏部分出现轻微压痕外,外包装整体完好,液晶显示器也完好无损,可以正常投入使用。

## 3. 结束语

综上所述,本文对现阶段瓦楞纸板基本性能进行测试,从抗压性能、耐破强、边压强度、戳穿强度等展开论述,对全瓦楞纸板在液晶显示屏包装设计中的应用进行分析。本文以液晶显示屏为例,设计一款瓦楞纸板、蜂窝纸板、EPE材料组合的缓冲衬垫,并对其缓冲性能进行验证,如运输过程跌落缓冲过程研究、包装件抗压实验、包装件堆码仿真实验、振动试验,结果显示该包装缓冲设计满足安全运输标准,适合进行推广及应用。

## 参考文献:

- [1]何潇.环保型缓冲包装材料的现状及发展前景[J].科学家,2017,5(05):4-5.
- [2]王绍丽.了解应用情况 合理选用瓦楞纸板[J].印刷技术,2017(11):59-61.
- [3]黄友文,吴志坚,高慧珠.一种新型的小家电产品运输缓冲包装设计——以咖啡壶产品为例[J].河北软件职业技术学院学报,2018,20(01):69-72.
- [4]刘滨,苗红涛,张岩.基于能量吸收法的U型纸质缓冲材料性能模拟分析[J].包装工程,2018,39(21):58-62.
- [5]孙爽.基于面纸和芯纸相互作用的瓦楞纸板纵向压缩力学行为研究[D].江南大学,2021.
- [6]刘武,钟云飞.三角瓦楞缓冲衬垫设计及缓冲性能研究[J].包装工程,2020,41(11):90-95.
- [7]尹兴,陈志强,崔久刚,郑秋月.快递包装EPE/瓦楞纸板动态缓冲性能[J].包装工程,2022,43(01):52-57.

作者简介:郝天举(1972年10月)男,汉族,山东省济宁市,研究生,总经理,研究方向:高档环保纸箱配套生产和包装。