

# 液晶电视包装件多种工况跌落仿真

李铭,赵朋成,张锋,谭龙

(青岛科技大学 机电工程学院,山东 青岛 266061)

**摘要:**采用三维建模软件 Creo 建立液晶电视主部件及其包装的三维实体模型,导入 LS-DYNA 进行有限元运动仿真,研究液晶电视包装件在不同跌落工况下跌落冲击对液晶电视面板的影响;通过相应跌落实验进行验证。结果表明,角跌落过程中面板最大应力为 82 MPa,面跌落过程中面板最大应力为 78.7 MPa,后倾翻过程中面板最大应力为 82.1 MPa,这 3 种跌落工况最大应力均超过面板屈服强度,导致面板碎裂;而棱跌落过程中面板最大应力仅为 20.9 MPa,未超过面板屈服强度,面板不会碎裂。模拟计算和实验结果均表明:角跌落、面跌落和倾翻跌落条件下面板易碎,棱跌落工况下面板不易碎。

**关键词:**液晶电视;包装件;跌落仿真;屏碎分析

**中图分类号:**TB485.1;TP391.9 **文献标志码:**B **文章编号:**1671-5276(2022)02-0127-04

## Drop Simulation of LCD TV Package under Different Dropping Conditions

LI Ming, ZHAO Pengcheng, ZHANG Feng, TAN Long

(College of Electromechanical Engineering, Qingdao University of Science and Technology, Qingdao 266061, China)

**Abstract:** A 3D solid model is established by using Creo software for the main components of LCD TV and its packaging, and is imported into the LS-DYNA for finite element motion simulation to investigate the effects of impingement by drop impact on LCD TV screen under different dropping conditions. The corresponding experiments are carried out to verify the predicted data. The results show that the maximum stress of the screen is 82 MPa in the angle drop, 78.7 MPa in the surface drop, and 82.1 MPa in the back tipping. All the maximum stresses of the screen under the three drop cases exceed the yield strength of the screen, resulting in screen cracks. The maximum stress of the screen in the edge drop is only 20.9 MPa, less than the yield strength of the screen, therefore no cracks take place. The predicted and experimental results show that the screen is prone to be broken in the cases of angle drop, face drop and overturn drop, but not in case of edge drop.

**Keywords:** LCD TV; package; drop simulation; screen crack analysis

## 0 引言

液晶电视包装件在运输流通过程中会因各种意外产生跌落冲击,调查表明,跌落是液晶电视出厂后破损的主要因素之一<sup>[1]</sup>。液晶电视包装件跌落方式各异,根据跌落冲击位置通常归纳为角、棱、面 3 类。不同跌落状况对液晶电视损伤不同,为减少流通环节的破损率,寻找对其损伤较大的跌落状况尤为重要。传统液晶电视碰撞测试一般在实验室进行实物跌落,跌落冲击过程时间极短,肉眼不能观察到碰撞瞬间状态,难以控制各项参数完全一致,误差较大。对于液晶电视产品,大量实物跌落测试成本较高<sup>[2]</sup>。

计算机仿真技术可以很好地解决上述问题,计算结果能够显示电子产品及其包装在不同时刻各个部件应力、加速度等参数变化,对于产品设计和改进具有重要意义<sup>[3-4]</sup>。MA H J 等<sup>[5]</sup>基于 LS-DYNA 软件对大屏手机进行跌落仿真,研究了冲击力对手机各部件的影响,找到了手机的危险区域,提出了优化建议。MÜLKOĞLU O 等<sup>[6]</sup>

运用有限元法对洗碗机进行跌落仿真模拟,发现减小支撑板质量可以增加洗碗机耐撞性。潘迪等<sup>[7]</sup>基于 LS-DYNA 软件对液晶电视包装件进行跌落模拟,优化了 EPS 泡沫结构,降低了液晶电视加速度峰值,但是在建模时把电视机设置为刚体,忽略了电视机部件之间的相互作用。

本文利用 LS-DYNA 建立某液晶电视主部件及其包装件有限元模型,针对不同跌落工况对液晶电视包装件跌落过程进行分析,获得跌落过程中液晶电视及其包装件应力及加速度变化。取面板应力状态作为参考指标,研究不同跌落工况对电视机液晶屏伤害程度,为产品设计和改进优化提供理论参考。

## 1 跌落实验与方法

使用某型号液晶电视包装件进行跌落实验,包装件总质量 15 kg,长 1 400 mm,宽 840 mm,厚 170 mm。包装箱材料为瓦楞纸板,缓冲材料有 EPE 软泡沫和 EPS 硬泡沫。实验平台见图 1。实验设计为将包装件分别进行角、3 条棱、3 个面及前后倾翻的跌落,总计 9 种工况,见图 2。跌

落高度的选择与跌落工况和产品质量相关,根据 GB/T 4857—2005 和企业使用的跌落高度标准综合考虑,最终确定的跌落高度为角跌落 1 000 mm,棱、面跌落 460 mm,倾翻跌落 760 mm。



图 1 跌落实验平台

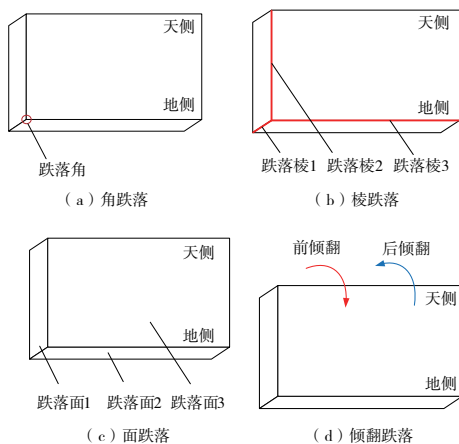


图 2 各工况跌落示意图

## 2 跌落有限元分析

### 2.1 有限元模型

液晶电视机主要由前壳、液晶面板、扩散板、支架、胶框、背板、后壳等结构组成,采用三维建模软件 Creo 对液晶电视机包装件所有组成结构进行建模,见图 3。为提高计算效率,对模型圆角、孔洞等细微结构进行简化,只保留主要受力结构。为与实际跌落实验相符合,对模型各个部件赋予相应材料属性,如密度、弹性模量、泊松比和屈服强度等。通过部分材料实验及查询资料得到了液晶电视包装件各部件材料参数<sup>[8]</sup>。

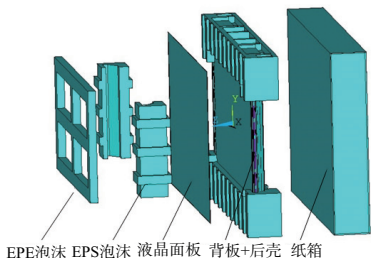


图 3 液晶电视包装结构示意图

有限元模型建立完成后,需要对各个部件划分网格才

能进行计算,通常选择六面体网格,只有形状复杂部件选择四面体网格。本研究中电视机包装件整机模型划分为 165 908 单元,135 516 节点。由于背板是薄板,单元结构选择壳单元 SHELL163,其他部件均采用实体单元 SOLID164。计算时各部件之间需定义接触,胶框及支架底部与背板间的接触定义为刚性接触,前后壳之间的接触定义为刚性接触,其他接触均定义为面-面接触。部分部件网格划分实例见图 4。

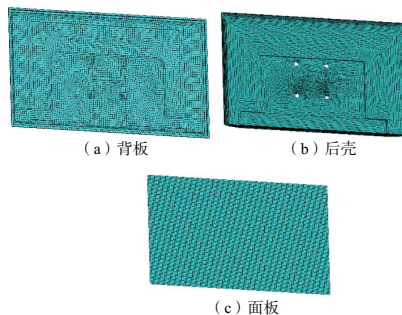


图 4 有限元模型网格

### 2.2 结果分析

利用 LS-DYNA 软件对建立的有限元模型进行各种工况跌落仿真,得到液晶电视包装件各工况跌落数据。由于通常以液晶电视机面板破损情况来判断产品是否受到破坏,所以取面板应力分布作为主要分析对象。面板应力云图可以直观显示不同跌落时刻面板中应力分布。图 5 为不同跌落方式中面板出现最大应力时刻应力云图,图 6 为跌落过程中面板最大应力随时间变化曲线图。由图 5、图 6 可知,液晶电视机包装件以不同方式跌落时面板应力云图和应力-时间曲线有很大差异,这说明不同跌落方式下电视机各部件受力情况完全不同。由于篇幅所限,本文仅选用角、棱 2、面 3 和后倾翻 4 种跌落方式进行分析。

图 5(a)是角跌落过程中产生最大应力值时刻面板应力云图。可以看出,面板应力主要集中在跌落角附近,并由角向两邻边延伸;面板中部应力很小,跌落角的对侧角出现应力集中。这是因为当包装角部接触地面时,包装箱和硬泡沫停止下跌,跌落角及其两边包装挤压电视机,继而导致背板及胶框挤压面板。所以角跌落中面板在冲击角及角两边同时受到背板和胶框作用力,而面板中部不受挤压,故此应力很小;面板搭接于背板,属于非固定连接,有一定活动空间,因此跌落时,面板与背板之间存在一定相对运动,背板跌落角的对侧角对面板造成挤压,对侧角应力升高。此刻面板应力峰值 82 MPa,位于角顶点,远超过面板屈服极限 60 MPa<sup>[8]</sup>,因此面板开裂。

图 6(a)是角跌落时面板最大应力变化曲线。可以看出,面板应力首先在 0.017 s 缓慢升高,然后在 0.023 s 急剧升高,0.029 s 时达到峰值点,最后急剧下降。说明包装箱在 0.017 s 时接触地面,0.029 s 时包装反弹释放应力。应力曲线有缓升阶段是因为在角跌落时,跌落角处包装箱和硬泡沫发生形变,吸收动能<sup>[9]</sup>,导致面板应力增加缓慢。包装箱和硬泡沫变形到极点后,无法继续吸收动能,面板应力迅速增加,0.029 s 时达到峰值 82 MPa,之后迅速

下降。这是因为包装箱和硬泡沫压缩到极限后释放弹性变性能,电视机反向弹起,弹起过程中后壳、胶框和背板对面板的挤压作用减弱造成的。

棱2跌落最大应力值时刻面板应力云图见图5(c)。可以看出,面板应力主要集中在受冲击跌落棱边及其相邻两边,中心部位无应力集中,距离跌落棱较近面板部位以及对侧两角均出现应力集中。这是因为电视机包装件跌落到地面时,棱2对应的包装箱及硬泡沫首先接触地面并停止运动,对继续运动的电视机在跌落棱边及其两侧造成挤压,电视机后壳、胶框、背板受到挤压后对面板造成挤压,因此跌落棱对应的面板棱边及其周围出现应力集中现象。距离跌落棱较近面板部位出现应力集中是硬泡沫开口边对面板进行挤压造成的。应力峰值点出现在跌落棱对面板边,为20.9 MPa,低于面板屈服极限,面板没有开裂。

棱2跌落时面板最大应力变化曲线见图6(c)。可以看出,面板应力在0.008 s时迅速增大,0.015 s时达到最大峰值20.9 MPa,之后迅速下降,0.021 s后出现连续多个小峰值。说明棱2跌落时,包装箱在0.008 s时首次触地,0.015 s时面板受到最大应力,此时包装压缩到极致,电视机停止下跌,之后包装弹性能释放,电视机弹起,应力下降。多个小峰值是因为电视机弹起过程中面板与其相接触零件相互作用的结果。

面3跌落时最大应力值时刻面板应力云图见图5(g)。可以看出,面板四周及中部均有不同程度应力集中,天侧应力最大为78.7 MPa,远超面板屈服强度

60 MPa,地侧和两侧应力均达到52.5 MPa,接近面板屈服强度,面板中部多个部位出现应力集中。这是由于面板边缘搭放于背板边缘,中部放置多个支架进行支撑,面3跌落时,面板朝向地面一侧,电视机质量通过背板和支架传递到面板边缘及中部,产生应力集中。

面3跌落时面板最大应力变化曲线见图6(g)。可以看出,面板应力在0.01 s时迅速增加,0.019 s时达到峰值78.7 MPa,0.022 s时达到第二峰值,之后迅速下降为0。说明包装箱在0.01 s时触地,前后壳受挤压,继而背板和胶框挤压面板,出现最大应力78.7 MPa。之后电视机弹起,前后壳弹性不均匀变形挤压面板形成不规则震动,出现第二应力峰值。

后倾翻时最大应力时刻面板应力云图见图5(i)。可以看出,面板应力主要集中在天侧,其次是两侧和地侧边,内部有少许应力。这是因为天侧首先触地,受力最大,之后传递到两侧。跌落时非固定连接的背板与面板发生相对运动,继而背板对面板地侧进行挤压,产生应力。同时硬泡沫对面板的挤压引起面板内部应力升高。应力峰值点位于面板天侧,为82.1 MPa,超过面板屈服极限60 MPa,面板开裂。

后倾翻时面板最大应力变化曲线见图6(i)。可以看出,面板应力在0.007 s时迅速增加,0.014 s达到峰值82.1 MPa,之后迅速下降为0。说明电视机在0.007 s时触地,经过包装变形对冲击过程的缓冲,在0.014 s时面板受到最大应力。

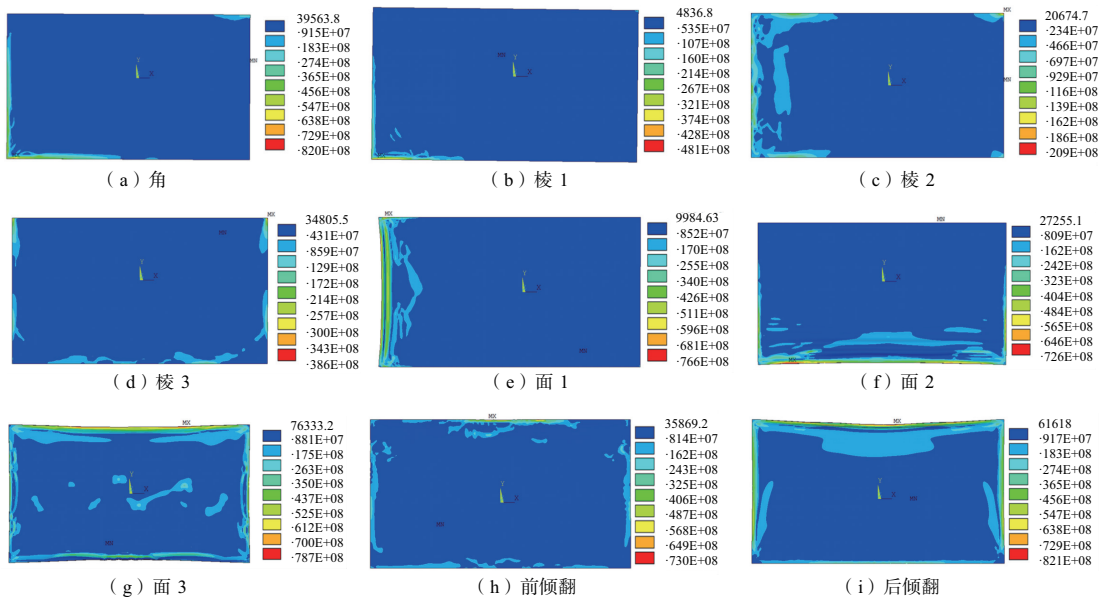
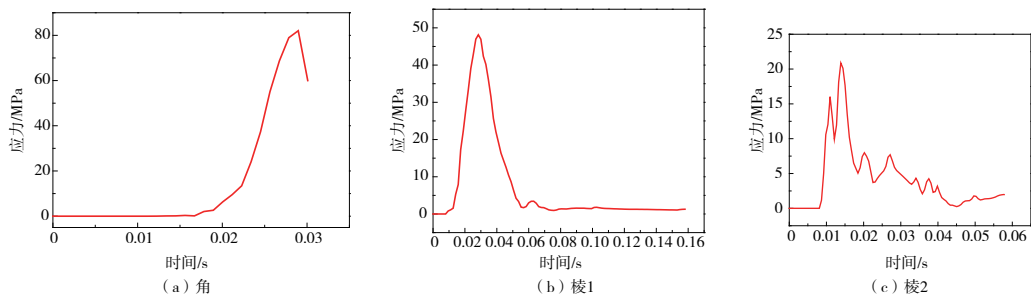


图5 最大应力时刻面板应力云图



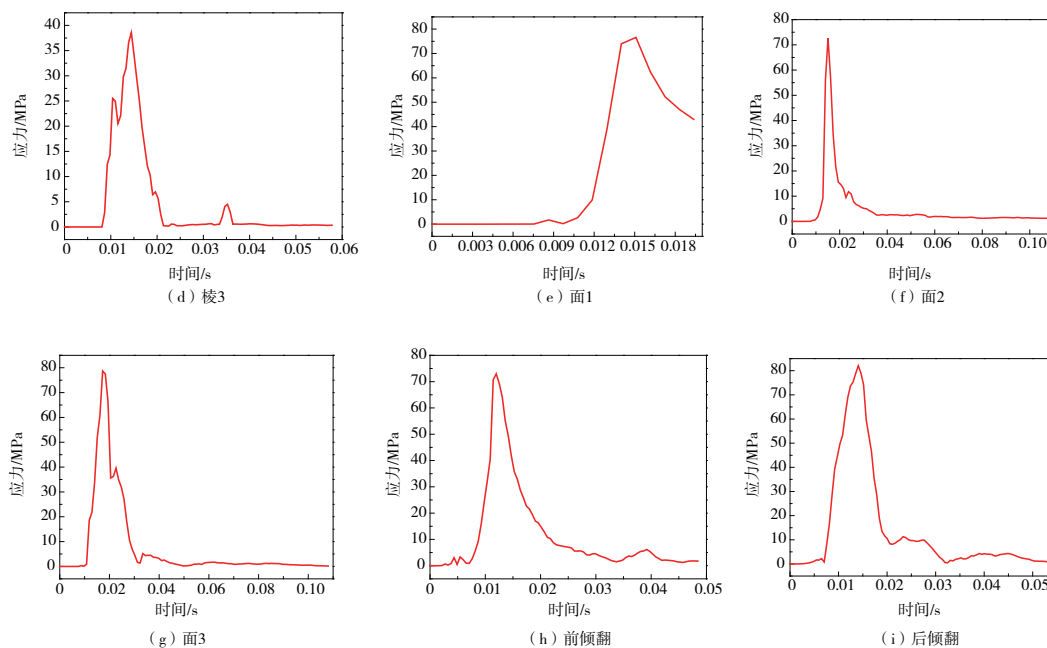


图6 面板最大应力变化曲线图

### 3 实验验证

为验证模拟结果合理性,在电视机外部安装型号为BWT61CL的加速度计,记录跌落过程中电视机包装件加速度变化情况,见图7(本刊黑白印刷,相关疑问咨询作者)。对比实验所得和模拟预测加速度曲线可知,两曲线在重要节点相重合,随时间的变化趋势相似,因此有限元模拟计算结果可以很好地反映电视机包装件实际跌落情况。模拟计算过程中物理模型的简化以及对运动过程的假设是两条加速度曲线出现些许偏差的主要原因。

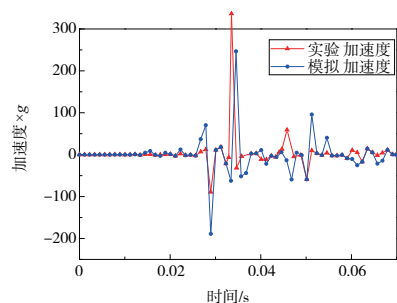


图7 实验加速度与模拟加速度对比曲线

### 4 结语

电视机包装件在不同工况下跌落时面板应力大小有很大差异。

1)角跌落和后倾翻的面板应力峰值最大,均达到80 MPa以上,前倾翻和面跌落的面板应力峰值也达到了70 MPa以上。这几种跌落方式的面板应力峰值都超过面板屈服强度60 MPa,均会导致面板破碎。

2)棱跌落时,面板应力峰值最大为48.1 MPa,没有超

过面板屈服极限,可知棱跌落不是造成面板破碎的主要原因。因此在后续跌落测试中推荐侧重角、面及倾翻测试,减少棱跌落测试。

3)有限元模拟结果可以很好地反映电视机实际跌落情况,验证了计算机仿真的可能性,模拟计算得出的各项应力参数对后续产品研发具有重要参考价值。

#### 参考文献:

- [1] KUN G, XI W. Design and analysis of cushioning packaging for home appliances[J]. Procedia Engineering, 2017, 174: 904-909.
- [2] PERFETTO D, DE LUCA A, LAMANNA G, et al. Drop test simulation and validation of a full composite fuselage section of a regional aircraft[J]. Procedia Structural Integrity, 2018, 12: 380-391.
- [3] NAMADCHI A H, ALAMATIAN J. Explicit dynamic analysis using dynamic relaxation method[J]. Computers & Structures, 2016, 175: 91-99.
- [4] 王行仁. 建模与仿真技术的发展和应[J]. 机械制造与自动化, 2010, 39(1): 1-6, 45.
- [5] MA H J, GAO Q. Drop simulation analysis of a large screen mobile phone[J]. Applied Mechanics and Materials, 2014, 687/688/689/690/691: 275-278.
- [6] MÜLKOĞLU O, GÜLER M A, ACAR E, et al. Drop test simulation and surrogate-based optimization of a dishwasher mechanical structure and its packaging module[J]. Structural and Multidisciplinary Optimization, 2017, 55(4): 1517-1534.
- [7] 潘迪, 韩勇, 张坤伦, 等. 液晶电视包装件跌落仿真及结构优化[J]. 包装工程, 2019, 40(11): 94-99.
- [8] 赵朋成, 张锋, 谭龙. 某型号液晶电视包装件角跌落仿真及破碎分析[J]. 包装工程, 2020, 41(17): 139-146.
- [9] 常江, 巩雪. 电饭煲运输包装设计及其跌落仿真分析[J]. 包装学报, 2019, 11(5): 38-43.

收稿日期: 2020-12-28