

基于 ANSYS 的笔记本电脑包装件跌落仿真研究

宋日恒,张治国

(浙江科技学院 轻工学院,杭州 310023)

摘 要: 电子产品的损坏原因有很大一部分是由于跌落碰撞,目前对此的测试方法需要耗费大量的人力和财力。应用 ANSYS 分析软件建立瓦楞纸箱、缓冲垫和笔记本电脑的有限元模型,模拟实际的运输流通环境和仓库堆码环境对模型进行跌落试验,得到笔记本电脑在不同条件下跌落的受力情况。通过这种有限元分析方法不仅能得到所需要的实验数据,同时还能有效地降低实际测试费用。

关键词: 运输包装;跌落仿真;有限元;ANSYS

中图分类号: TB485.3;TB487

文献标识码: A

文章编号: 1671-8798(2009)04-0332-04

Simulation on laptop package dropping by using ANSYS software

SONG Ri-heng, ZHANG Zhi-guo

(School of Light Industry, Zhejiang University of Science and Technology, Hangzhou 310023, China)

Abstract: Damage to electronic products is mostly caused by dropping impact and collision. The test method currently used takes a lot of human and financial resources. The finite element model of corrugated boxes, cushion and laptop computers is established by using ANSYS software to simulate model drop test with the actual environment, the flow of transport and warehouse stacking environment. The results of the model drop test show the difference under different conditions of environment and fit the experiment well. By the finite element analysis method, we can not only obtain the necessary experiment data, but also reduce the actual cost of testing effectively.

Key words: transport package; dropping simulation; finite element; ANSYS

在各种各样的冲击环境中,跌落是导致产品破坏的最关键因素,因为跌落冲击^[1]最为激烈,所以不管是商家还是设计人员最关注的就是产品的跌落冲击。尤其是高科技电子产品,比如笔记本电脑,它们的破损大多数是由于跌落冲击引起的。目前市场上这些产品的包装都采用瓦楞纸箱^[2]。瓦楞纸箱具有

重量轻、结构性能好等优点,在产品和包装件之间再设置缓冲衬垫,能有效地降低产品在跌落时受到的破损。本研究应用 ANSYS 分析软件建立笔记本电脑、衬垫和瓦楞纸箱的有限元模型,模拟实际运输流通环境和仓库堆码环境下模型的跌落情况^[3],从而求得不同情况下笔记本电脑的应力应变等情况。通

收稿日期: 2009-08-02

基金项目: 浙江省科技计划项目优先主题(2008C12062);浙江科技学院教学改革项目(2008-B21)

作者简介: 宋日恒(1986—),男,浙江淳安人,包装工程专业本科生。

通讯作者: 张治国,副教授,博士,主要从事包装材料学的教学与研究。

过分析所得实验结果,可以采取不同的防范措施来达到最大程度地降低产品破损率的目的。

1 有限元建模

1.1 ANSYS 软件简介

ANSYS 软件是一款大型的 CAE 通用有限元分析软件,它集结构、热、流体、电磁场、声场和耦合场分析于一体。ANSYS 用户涵盖了机械、航空航天、能源、交通运输、土木建筑、水利、电子、生物、医学和教学科研等众多领域。ANSYS 公司由美国著名力学专家、美国匹兹堡大学力学系教授 John Swanson 博士于 1977 年创建并发展起来,总部设在美国宾西法尼亚州的匹兹堡,是目前世界 CAE 行业中的最大公司。ANSYS/LS-DYNA 提供显式计算功能,用于解决高度非线性结构动力学问题,主要提供模拟板料成形、碰撞、爆炸、大变形冲击、材料非线性等计算能力。

1.2 ANSYS 建模

本研究选用的实验对象是神州笔记本电脑,型号为 F213E,规格为:长 338 mm、宽 247 mm、厚 32 mm,总重为 2.19 kg。根据所选用的型号和规格,采用的瓦楞纸箱的型号为 0201 型,楞型为 B 型,纸箱规格为 435 mm×162 mm×350 mm,纸板为单瓦楞纸板。衬垫(EPS)形式采用左右两侧全托形式。利用 ANSYS 的图形建模模块建立笔记本电脑、衬垫和瓦楞纸箱的实体模型。在建模前先对单元属性和模型的材料参数进行定义^[4]。

有限元模型采用 4 节点薄壳单元和 8 节点实体单元。外包装箱用壳单元 shell163 模拟,缓冲衬垫用 solid164 实体单元模拟,地面用壳单元 shell163 模拟。为分析方便,将笔记本电脑当成一个集中质量并用 solid164 实体单元模拟。有限元模型中共有 3 048 个单元节点和 10 424 个单元。模型各部分之间接触界面均采用面-面接触。模型中各部分主要材料参数见表 1,模型见图 1。

表 1 材料参数

| Table 1 Parameters of material model | | | | |
|--------------------------------------|------------------------------|-----------------------|------|----------------------|
| | 密度/ (kg·m ⁻³) | 弹性模量/ Pa | 泊松比 | 屈服强度/ Pa |
| 缓冲衬垫 | 2.5×10 ³ | 8.0×10 ⁵ | 0.45 | 5.65×10 ⁵ |
| 瓦楞纸箱 | 2.0×10 ² | 4.8×10 ⁴ | 0.15 | 7.84×10 ⁵ |
| 笔记本电脑 | 8.2×10 ² | 4.5×10 ⁷ | 0.30 | 3.0×10 ⁷ |
| 地面 | 1.71×10 ³ | 1.72×10 ¹¹ | 0.20 | |

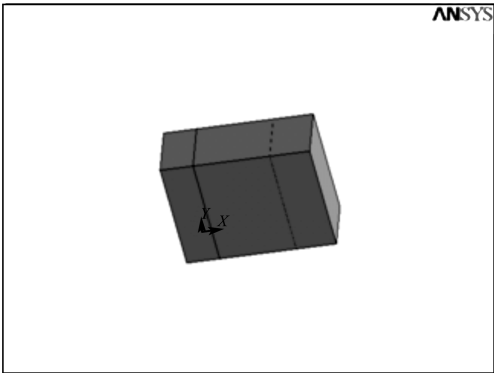


图 1 瓦楞纸箱实体模型

Fig.1 Solid model of the corrugated box

1.3 网格化实体模型

建立好模型后,要对模型进行网格化^[5]。ANSYS 的运算要通过有限元法才能进行,所以划分有限单元是进行 ANSYS 分析的一个重要内容。

ANSYS 系统提供 2 种网格划分,一种为自定义网格划分,另一种为系统智能划分,但不论是哪种划分方式,对实体模型网格划分得越细,ANSYS 软件分析得出的结果越精确,但分析所需要的时间也越长。利用系统智能划分法对实体进行网格划分,网格划分后图形如图 2 所示。

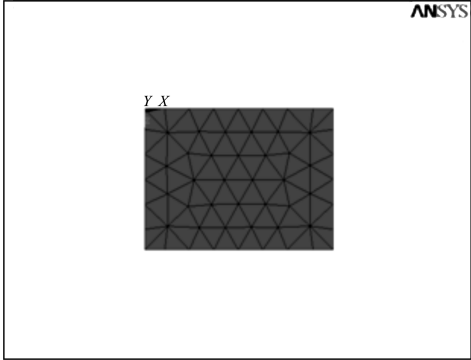


图 2 网格划分后的实体模型

Fig.2 Solid model of the corrugated box after meshed

2 跌落试验

动态跌落仿真分析也是一种瞬态动力学分析,也称时间历程分析,是用于确定任意随时间变化载荷的结构动力学响应的一种方法。可以用瞬态动力学分析确定结构在静载荷、瞬态载荷作用下随时间变化的位移、应力和应变等情况。载荷与时间的相关性使得惯性力和阻尼变得很重要,瞬态动力学分析求解的基本运动方程如下:

$$[M]\{\ddot{u}\}+[C]\{\dot{u}\}+[K]\{u\}=\{F(t)\}$$

式中:[M]为质量矩阵;[C]为阻尼矩阵;[K]为刚度

矩阵; $\{\ddot{u}\}$ 为节点加速度向量; $\{\dot{u}\}$ 为节点速度向量; $\{u\}$ 为节点位移向量。

在任意给定的时间 t , 这些方程都可以看作是一系列考虑了惯性力和阻尼力的静力学平衡方程^[6]。

2.1 仿真模拟条件

本试验分 2 种情况做跌落模拟^[7]。一种是运输流通环境, 假设笔记本电脑在运输途中不小心跌落, 跌落的高度为 500 mm, X 方向速度为 5 m/s, 与地面刚性撞击。另外一种是在仓库堆码环境, 假设笔记本电脑在仓库堆码时由于某种因素而跌落, 跌落的高度为 500 mm, 与地面刚性撞击。这 2 种情况都是与地面发生刚性撞击, 并且假想的是一种理想化的平跌落。

2.2 仿真计算及结果分析

本研究利用 LS-DYNA 程序^[8]进行计算求解, LS-DYNA 的计算结果及后处理可以提供整体结构或某一点的动态响应。某一点的信息包括某位置的应力、变形随时间的变化情况或包装件质心的加速度等。

图 3~6 分别是某任意时刻笔记本电脑在 2 种不同情况下跌落的应力分布云图和加速度随时间变化的曲线图。

在跌落过程中, 如果产品的最大加速度值超过了产品的脆值 G , 这时产品就会发生破损。图 3 和图 4 表明在运输过程中跌落引起产品的应力集中在产品的中间, 而在仓库堆码跌落时产品的应力分布相对比较分散。图 5 和图 6 表明在运输过程跌落时产品的最大加速度比堆码跌落时要大, 这也说明如果在运输过程时跌落更容易达到产品的脆值, 从而引起产品的损坏。

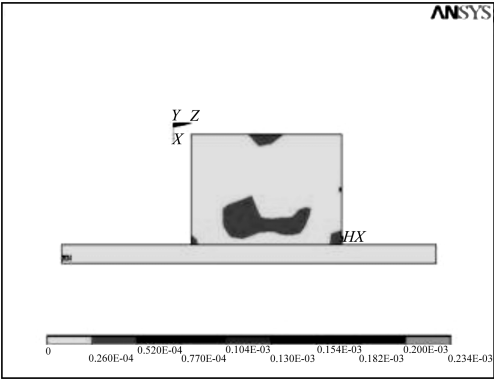


图 3 产品运输过程中跌落的应力分布图
Fig.3 Stress distribution when dropping during transportation

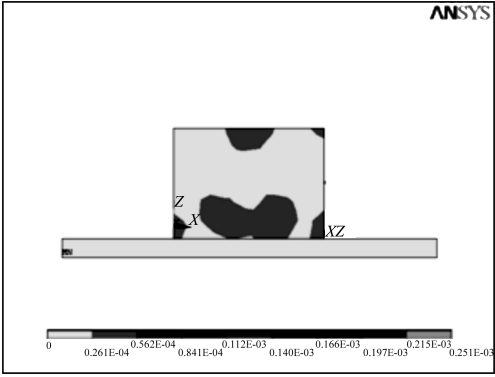


图 4 产品仓库堆码时跌落的应力分布图
Fig.4 Stress distribution when dropping during stacking

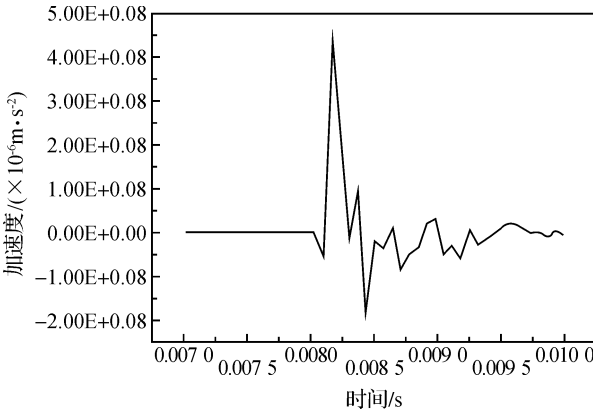


图 5 产品运输过程中跌落时的加速度曲线
Fig.5 The curve of laptop acceleration when dropping during transportation

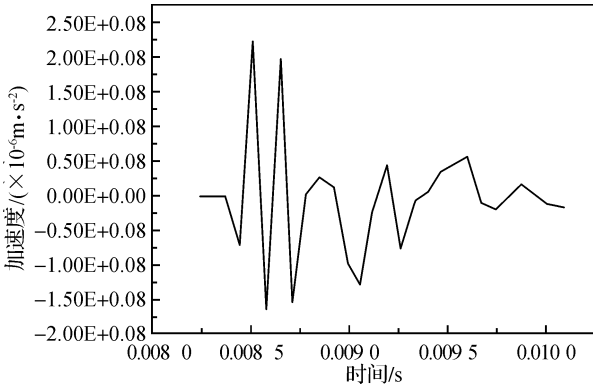


图 6 产品仓库堆码时跌落的加速度曲线
Fig.6 The curve of laptop acceleration when dropping during stacking

2.3 实验结果对照

在近似工况下, 在跌落实验机上进行上述 2 种情形的产品跌落测试。实验结果表明, 在模拟运输过程中跌落时, 产品的最大加速度可达 56g, 而在仓库堆码中跌落时, 产品的最大加速度只有 46g, 这与

软件仿真结果一致,说明了仿真结果的可靠性。

3 结 语

利用 ANSYS 有限元法来模拟分析产品的跌落和受力情况,可以节省很多成本^[9],避免了破坏性试验带来的不必要的损失。通过分析还可以得到更多优化的保护产品的措施,减少产品在运输和堆码时因意外跌落引起的损坏。通过模拟得到的各种信息可为包装箱和缓冲垫等结构设计提供依据。根据本实验结果可知,运输流通环境跌落比仓库堆码环境跌落更容易破坏产品,所以在运输过程中要采用有效措施防止产品因跌落而损坏。值得指出的是,本研究中笔记本电脑、缓冲垫和瓦楞纸箱及组合都进行了简化处理,因此上述结果具有一定的局限性。

参考文献:

- [1] 苏运.缓冲包装理论基础与应用[M].北京:化学工业出版社,2006.
- [2] 刘小静,周廷美,席兵.组合式瓦楞纸板包装结构设计

(上接第 318 页)

3 结 论

以缔合相平衡模型为基础,实验数据采用非线性最小二乘法回归。这种相平衡模型和计算程序都是可靠的,可为化工热力学汽液平衡数据教学提供一种新思路。

参考文献:

- [1] 陈钟秀,顾飞燕,胡望明.化工热力学[M].北京:化学工业出版社,2001.
- [2] 彭勇,徐嵘,张丽娜,等.醋酸+二甲基亚砷等压汽液平衡研究[J].化学工程,2008,36(12):41-43.
- [3] GMEHLING J, ONKEN U. Vapor-liquid equilibrium data collection, DECHEMA Chemistry Data Series [M]. Frankfurt: DECHEMA, 1977.

与跌落仿真[J].包装工程,2009,30(1):18-21.

- [3] 王兵臣,石兵,刘国彪.基于 ANSYS/LS-DYNA 核废物包装钢筒的跌落仿真分析[J].核工程研究与设计,2008,73(4):47-50,38.
- [4] LILANA B, GORAN S, LARS S. Paperboard packages exposed to static loads finite element modelling and experiments[J]. Package Technol Sci, 2001, 14: 171-178.
- [5] 何涛,杨竞,金鑫.ANSYS10.0/LS-DYNA 非线性有限元分析实例指导教程[M].北京:机械工业出版社,2007.
- [6] 华丽,钱静.洗衣机运输包装件的跌落仿真分析[J].包装工程,2008,29(4):61-62,80.
- [7] 谢涛.线性系统的跌落冲击解研究[J].无锡职业技术学院学报,2005,4(3):32-34.
- [8] 龚曙光.ANSYS 工程应用实例解析[M].北京:机械工业出版社,2003.
- [9] WANG Y Y, LU C, LI J, et al. Simulation of drop/impact reliability for electronic devices[J]. Finite Elements in Analysis and Design, 2005, 41: 667-680.

- [4] PENG Y, PING L J, LU S L, et al. Vapor-liquid equilibria for water plus acetic acid plus N,N-dimethylformamide or dimethyl sulfoxide at 13.33 kPa[J]. Fluid Phase Equilibria, 2009, 275(1):27-32.
- [5] 彭勇,平丽娟,周宇,等.醋酸-N,N-二甲基甲酰胺物系等压汽液平衡数据的测定[J].石油化工,2008,37(7):689-692.
- [6] 彭勇,梁菊,平丽娟,等.缔合体系汽-液平衡数据的热力学一致性检验[J].石油学报:石油加工,2009,25(4):770-778.
- [7] 张文林,侯凯湖,米冠杰,等.噻吩-正辛烷-环丁砜三元体系液-液平衡数据的测定与关联[J].石油学报:石油加工,2007,23(2):104-108.
- [8] RIDDICK J A, BUNGER W B, SAKANO T K. Organic Solvents[M]. 4th ed. New York: Wiley-Inter Science, 1986.