发泡聚乙烯包装系统动力学有限元分析

刘　学
（四川宜宾普拉斯包装材料有限公司，宜宾 644007）

摘要：设计了八角衬垫结构发泡聚乙烯包装系统。基于发泡聚乙烯的应力-应变数据，用有限元思想，计算了发泡聚乙烯包装系统角跌落冲击响应。得到了包装物品应力分布，为角跌落缓冲包装设计、计算提供了有效方法。

关键词：发泡聚乙烯；动态；有限元
中图分类号：TB484.3；TB487　**文献标识码**：A　**文章编号**：1001-3563(2011)13-0011-03

Finite Element Analysis of Dynamic Properties of Expanded Polyethylene Cushion Packaging System

LIU Xue
(Yibin Pulas Packaging Material Co., Ltd., Yibin 644007, China)

Abstract: Octagon-pad structure packaging made up of expanded polyethylene was designed. Based on the stress-strain data of expanded polyethylene, the drop response of expanded polyethylene packaging system was calculated by finite element method. The stress distribution of the packaged goods was obtained. The purpose was to provide reference for angle drop cushion packaging design and calculation.

Key words: expanded polyethylene; dynamic; finite element

大多缓冲包装的动力学响应研究，都是基于缓冲材料的平压状况，例如：卢富德[1-2]等人对立方非线性和正切非线性双层包装件在矩形方波冲击下的破损边界曲线进行的研究，系统的物体只有一个运动方向；高德[3]基于发泡聚乙烯的本构关系，建立了其单自由度缓冲模型并对缓冲材料进行了优化设计；卢富德[4]研究了发泡聚乙烯的隔振性能，这些文献仅研究单自由度的简化包装系统。还有一类包装，由于质量块的重心不在几何的中心，包装系统在跌落后，会引起缓冲材料的变形不均匀，出现转动现象，高德等人研究了具有转动包装系统的正切非线性模型冲击响应[5]。

在实际运输或包装装卸过程中，包装系统跌落时，可能不是平落，即某个角先落下，这时缓冲衬垫属于不规则变形，已不能利用平动对缓冲包装系统建立理论模型，而有限元方法是解决这类问题的很好途径。

1　发泡聚乙烯力学性能测试

发泡聚乙烯实物见图 1。这种材料具有独立的

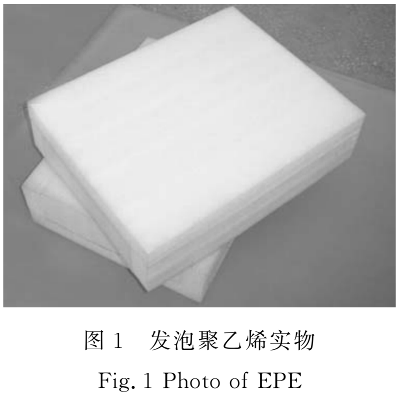


图 1　发泡聚乙烯实物
Fig. 1 Photo of EPE

气泡结构，密度小、柔性好、富有弹性，适用于精密的电子设备，光学仪器、仪表装置等，对包装质量要求较高的产品的包装。为获得其计算用基本数据，利用新

收稿日期：2011-04-30
作者简介：刘学(1981—)，女，四川宜宾人，四川宜宾普拉斯包装材料有限公司营销师。

三思公司生产的 CMT6103 万能拉压试验机对材料进行了测试,得到的应力-应变曲线见图 2,其弹性模量为 3 MPa。

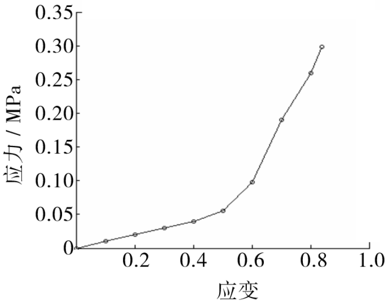


图 2　发泡聚乙烯应力-应变曲线

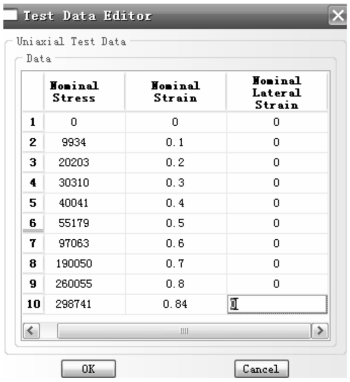
Fig. 2 Stress-strain curve of EPE

2　发泡聚乙烯包装系统有限元设计

2.1　前处理

1) 模型建立。利用有限元建模功能,建立一个参考点,用来定义重锤的刚体约束;建立长、宽、高分别为 60 cm×32 cm×29 cm 的缓冲材料几何模型图形;再以三维离散点刚体定义足够大地面,并在平面中心建立一个参考点,用来设置地面的约束,完成模型初建。

2) 材料属性定义。发泡聚乙烯材料的非线性应力应变关系分为线弹性部分和非线性弹性部分。对于弹性部分,弹性模量为 3 MPa,泊松比设定为 0.01,密度为 29 kg/cm^3。根据图 2,利用 ABAQUS 材料库中的弹性泡沫模型 Hyperfoam 定义材料属性,见图 3。


Test Data Editor

Uniaxial Test Data

Data

	Nominal Stress	Nominal Strain	Nominal Lateral Strain
1	0	0	0
2	9934	0.1	0
3	20203	0.2	0
4	30310	0.3	0
5	40041	0.4	0
6	55179	0.5	0
7	97063	0.6	0
8	190050	0.7	0
9	260055	0.8	0
10	298741	0.84	

OK　Cancel

图 3　材料属性定义

Fig. 3 Definition of material properties

3) 部件装配。按照软件工具区的旋转图标和移动图标,ABAQUS 分析软件里提供不同跌落姿态的仿真环境,设定包装件绕 y 轴倾斜 30°,划分网格。对部件进行定位,其模型见图 4。

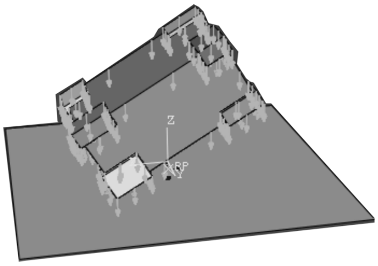


图 4　发泡聚乙烯跌落系统有限元模型

Fig. 4 Finite model of EPE packaging system dropping

4) 网格划分。由于模型中的 3 个部件比较规则,用扫描网格划分技术,对重锤建立显式、线性 C3D4 单元,建立衬垫显式、线性 C3D8R 单元,建立的地面为 R3D4 的单元,建立网格图形见图 5。

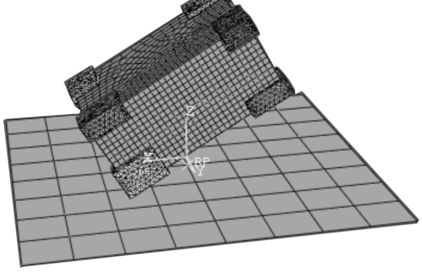


图 5　发泡聚乙烯跌落系统有限元网格

Fig. 5 Finite element meshing of EPE packaging system dropping

2.2　定义分析步骤和输出要求

利用前处理建立的实体模型,在 step 分步模块中定义一个 Dynamic,Explicit 分析步 Drop,并自动开启非线性分析(Nlgeom)选择压缩过程所需的总时间,定为 0.002 s。

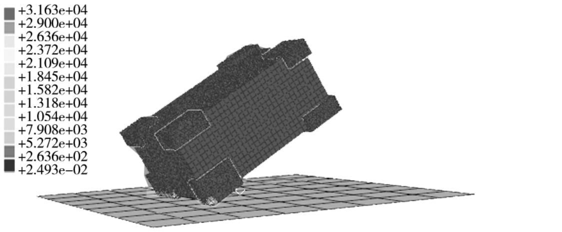
2.3　定义接触和边界条件

在 Interaction 模块中,定义相互接触属性,命名为 contact,在 Edit Contact Property 对话框中,选择 Mechanical-Tangential behavior 命令;选择 Penalty 作为摩擦公式,并指定摩擦系数为 0.3。在 Drop 分析步里,创建自接触方式。

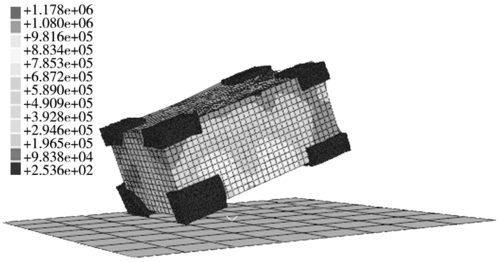
在 load 模块,约束地面参考点的所有自由度。在分析中,使用模拟方法,即让钢板和材料在一个十分接近于地面的初始位置,指定一个大小为 4.439 m/s 的初始速度,来模拟从 100 cm 高处的下落,也就是钢板具有大小为 4.439 m/s 的向下的冲击速度,见图 4。

2.4　计算结果

将以上前处理模型创建为一个动态分析作业提交，经过显式积分程序的计算，得到的结果见图 6。



a　触地时刻



b　回弹时刻

图 6　发泡聚乙烯包装系统的主应力分布(Pa)

Fig. 6 Principal stress distribution of EPE packaging system

由图 6b 知，最大应力发生在离左端面 25 cm 处，最大应力为 1.178 MPa。

3　结论

运用有限元方法，建立了发泡聚乙烯八角衬垫包装系统的跌落有限元模型，解决了角跌落实验不能用理论方法求解的问题，为角跌落问题提供了很好的方法。

参考文献：

[1]　卢富德，高德，梁爱锋. 立方非线性双层包装在矩形方波冲击下破损边界曲线的研究[J]. 包装工程，2008，29(12)：7－10.

[2]　高德，卢富德. 两自由度正切非线性系统的冲击响应研究[J]. 哈尔滨商业大学学报(自然科学版)，2010，26(6)：748－752.

[3]　GAO De，WANG Yu，LU Fu-de. Cushioning Packaging Design of Article Based on Polyethylene Foam Constitutive Model[C]. Thirteenth National Conference on Packaging Engineering，Wuhan，2010：51－55.

[4]　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.

[5]　高德，卢富德. 具有转动包装系统的正切非线性模型冲击响应研究[J]. 振动与冲击，2010，29(10)：131－136.

(上接第 3 页)

3　结论

采用 HNO_3-HF 进行金属包装样品前处理，ICP-MS 法同时分析测定样品消解液中 As，Ba，Cd，Cr，Pb，Sb，Se，Hg 等 8 种可溶性有害元素。利用 Au 标准溶液作为样品中汞的稳定剂，消除 Hg 的吸附，优化了 ICP-MS 工作参数，讨论了方法的干扰及其校正。该方法具有简单、快速、准确的特点，能准确测定金属包装材料中有毒有害元素的含量，为金属包装材料的质量控制提供了依据。

参考文献：

[1]　刘国信. 金属包装的性能特点与生态化设计[J]. 中国包装，2010(4)：53－56.

[2]　李捷. 食品用金属包装容器内壁涂料质量安全专项调查分析报告[J]. 福建质量信息，2008(12)：26－29.

[3]　戴宏民，戴佩华，李媛媛. 食品包装安全的绿色壁垒及对策研究[J]. 食品工业科技，2008，29(9)：224－230.

[4]　杨祖彬，曾莉红. 金属包装材料涂层防腐技术[J]. 表面技术，2009，38(4)：66－69.

[5]　张辉，王家民. 包装设计与视觉需求[J]. 包装工程，2008，29(3)：190－191.

[6]　席涛. 论包装设计的绿色效能[J]. 包装工程，2005，26(2)：97－98.

[7]　庞晋山. 不锈钢食具容器重金属逸出迁移量的机理研究[J]. 包装工程，2007，28(7)：16－18.

[8]　钱国英，李纲. 基体改进剂石墨炉原子吸收光谱法直接测定尿中的铅[J]. 中国卫生检验杂志，2007，17(2)：360－361.

[9]　耿振新，张静. 水中痕量砷和硒的原子荧光光谱法同时测定法[J]. 职业与健康，2010，26(24)：2948－2950.

[10]　李政军，赵泉，翟翠萍，等. ICP-MS 测定镀锌板镀层中铅、镉、铬的含量[J]. 分析实验室，2010，29(3)：69－71.

[11]　张立雄，张涛，高水宏. 电感耦合等离子体-质谱(ICP-MS)测定矿泉水中 7 种微量元素[J]. 光谱实验室，2009，26(3)：653－656.

[12]　邱静，郑平，韩芳，等. 微波消解-电电感耦合等离子体-质谱(ICP-MS)同时测定塑料包装材料中有毒有害元素[J]. 包装工程，2011，32(3)：9－11.

[13]　倪朝敏，汤建国，王海丽，等. 动态反应池电感耦合等离子体质谱法同时测定彩色卷烟纸中 7 种重金属[J]. 光谱实验室，2010，27(2)：472－476.