

# EPS 缓冲曲线的 Matlab/GUI 界面设计

俞坚道, 毛江淳, 朱安娜, 李雪, 计琳琳

(浙江大学宁波理工学院, 宁波 315100)

**摘要:** **目的** 从缓冲材料应力-应变曲线生成对应的缓冲曲线, 并设计一系列软件界面。**方法** 基于图片的像素值, 提取已发表文献的缓冲材料应力-应变数据。**结果** 以 EPS 泡沫材料为例, 得到了其缓冲系数-最大应力曲线和最大加速度-静应力曲线, 并利用 Matlab/GUI 得到了用户界面。**结论** 该方法为包装设计提供了有效途径。

**关键词:** 缓冲曲线; 泡沫; Matlab/GUI

**中图分类号:** TB485 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2017)01-0134-03

## Matlab/GUI Interface Design of Cushioning Curve of EPS

YU Jian-dao, MAO Jiang-chun, ZHU An-na, LI Xue, JI Lin-lin  
(Ningbo Institute of Technology, Zhejiang University, Ningbo 315100, China)

**ABSTRACT:** The work aims to obtain the corresponding cushioning curves based on the stress-strain curves of the cushioning materials and design a series of software interfaces. According to the pixel values of the image, the stress-strain data of the cushioning materials in the literatures that have been published were extracted. Taking EPS foam material as an example, its cushion coefficient-maximum stress curve and maximum acceleration-static stress curve were obtained. Moreover, Matlab/GUI was used to obtain the user interface. This method provides efficient ways for package design.

**KEY WORDS:** cushioning curve; foam; Matlab/GUI

在包装行业对产品进行包装设计时, 一般需要提供缓冲材料的缓冲曲线和数据<sup>[1-4]</sup>。获取缓冲材料缓冲曲线的一般方法是通过试验确定<sup>[5-8]</sup>, 进而对某缓冲材料的缓冲性能进行评估。EPS 泡沫属于传统的泡沫<sup>[6-15]</sup>, 对其研究已成熟, 这样可以通过一定的手段从已发表文献中提取。文中研究提取 EPS 应力-应变曲线的方法, 然后利用 Matlab/GUI<sup>[5]</sup>, 设计一系列软件界面, 为包装设计提供方便。

### 1 利用应力-应变数据计算并绘制缓冲曲线

应力-应变曲线通过数值积分, 得到最大缓冲系数-最大应力数据, 为绘制缓冲系数-最大应力曲线图提供条件。

#### 1.1 绘制缓冲系数-最大应力曲线图

将选取点转化后的试验数值  $(\xi_1, \sigma_1)$ ,  $(\xi_2, \sigma_2)$ ,  $(\xi_3, \sigma_3) \cdots (\xi_c, \sigma_c)$  导入工作区。根据缓冲系数公式 (1) 进行计算, 绘制 EPS 的曲线。

$$C = \sigma_m / E_c \quad (1)$$

式中:  $C$  为 EPS 的缓冲系数;  $\sigma_m$  为不同应变所对应的最大应力 ( $\text{N}/\text{m}^2$ );  $E_c$  为不同应力所对应的形变能 ( $\text{N}\cdot\text{m}$ )。

#### 1.2 绘制最大加速度-静应力曲线图

通过缓冲系数公式 (1) 计算缓冲系数-最大应力值, 形成矩阵  $[\sigma_m, C]$ 。设定跌落高度  $H = 0.6 \text{ m}$ , 在 EPS 缓冲衬垫的厚度为 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 cm 这 7 种情况下, 将缓冲系数-最大应力  $[\sigma_m, C]$  代入静应力

收稿日期: 2016-10-11

作者简介: 俞坚道 (1996—), 男, 浙江大学宁波理工学院本科生, 主攻包装软件。

通讯作者: 卢富德 (1982—), 男, 博士, 主要研究方向为包装动力学。

公式 (2), 算出静应力  $\sigma_{st}$ , 得到矩阵  $[\sigma_m, \sigma_{st}]$ 。

$$\sigma_{st} = \frac{h \cdot \sigma_m}{C \cdot H} \quad (2)$$

式中:  $\sigma_{st}$  为 EPS 产生的静应力 (Pa);  $h$  为 EPS 衬垫的厚度 (cm);  $\sigma_m$  为应变所产生的最大应力 (Pa);  $C$  为 EPS 的缓冲系数;  $H$  为实验跌落高度 (m)。

得到矩阵  $[\sigma, \sigma_{st}]$  后, 将矩阵代入最大加速度公式 (3), 计算最大加速度  $G_m$ , 得到不同应力所对应的最大加速度  $G_m$ , 即矩阵  $[\sigma_{st}, G_m]$ 。

$$G_m = \frac{\sigma_{st}}{\sigma} \quad (3)$$

式中:  $G_m$  为最大加速度 ( $g$ )。

通过绘图函数, 绘制成 EPS 的  $G_m-\sigma_{st}$  曲线图。

### 2 缓冲曲线界面程序制作

在计算缓冲系数、最大加速度等设计程序的基础上, 利用 Matlab/GUI 程序, 通过句柄实现图形、文本框、编辑文本、函数间的逻辑关系, 将求解缓冲系数、最大加速度等步骤做成软件包, 用于绘制 EPS 缓冲材料的应力-应变曲线、缓冲系数-最大应力曲线和最大加速度-静应力曲线, 见图 1。只要导入拍摄所需要的 EPS 材料应力-应变曲线照片, 设定跌落高度  $H$ , 便可求解并绘制 EPS 材料的最大加速度-静应力等曲线, 见图 2。

### 3 示例

将 EPS 材料应力-应变曲线图片导入工作区, 利用“epschuli1”程序对图像进行处理后, 所得到的曲线坐标值会以文本文件的形式保存在工作区。后利用“epschuli2”程序, 将该文本文件中的数据计算并绘制成 EPS 的, 见图 3a, 图 3b 为应力-应变数据。所运行得到的缓冲曲线结果见图 4。

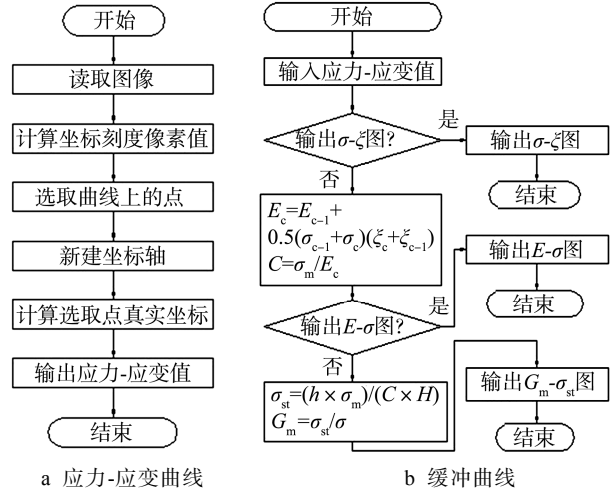
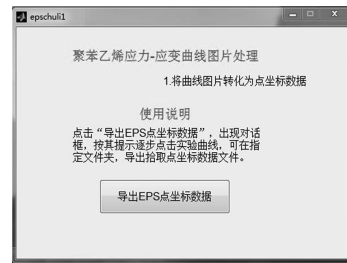
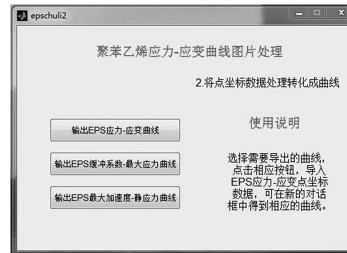


图 1 获得缓冲材料曲线流程  
Fig.1 Procedure of obtaining cushioning curve

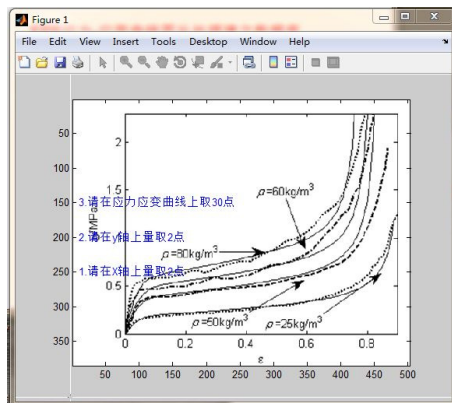


a 应力-应变曲线界面

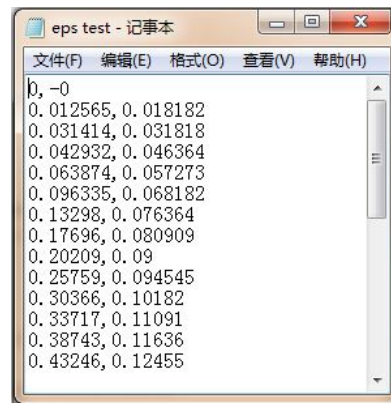


b 缓冲曲线界面

图 2 界面设计  
Fig.2 Interface design

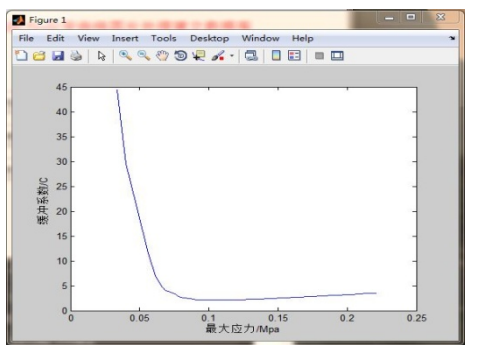


a 应力-应变曲线

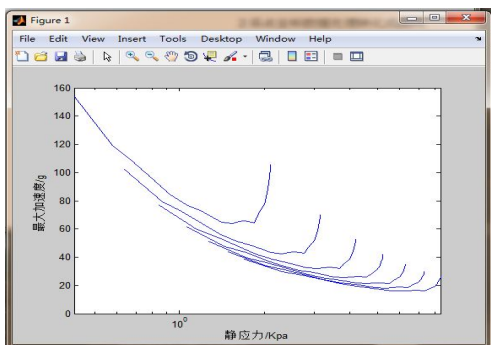


b 应力-应变曲线数据

图 3 EPS 应力-应变数据  
Fig.3 Stress-strain data of EPS



a 缓冲系数-最大应力曲线



b 最大加速度-静应力曲线

图4 缓冲曲线结果

Fig.4 Running result of cushioning curves

### 4 结语

基于拍摄所得的 EPS 缓冲材料应力-应变曲线图片, 利用 MATLAB/GUI 开发出用于求解并绘制该材料的应力-应变曲线、缓冲系数-最大应力曲线和最大加速度-静应力曲线, 并可脱离 Matlab 程序。该软件方便、易操作, 导入应力-应变曲线图片, 可计算获得应力-应变、缓冲系数-最大应力和最大加速度-静应力数据。该广源大大方便了包装缓冲结构设计, 促进了实验数据共享, 能更好地用于实践。

### 参考文献:

[1] WANG J, DUAN F, JIANG J, et al. Dropping Damage Evaluation for a Hyperbolic Uangent Cushioning System with a Critical Component[J]. Journal of Vibration and Control, 2012, 18(10): 1417—1421.

[2] 卢富德, 高德. 功能梯度泡沫动力学响应分析[J]. 振动与冲击, 2014, 33(15): 54—57.  
LU Fu-de, GAO De. Dynamic Response of a Functionally Graded Foam Structure[J]. Journal of Vibration and Shock, 2014, 33(15): 54—57.

[3] 卢富德, 刘雄建, 高德. 多胞缓冲材料本构模型与应用进展[J]. 浙江大学学报(工学版), 2014, 48(7): 1336—1344.  
LU Fu-de, LIU Xiong-jian, GAO De. Review of Constitutive Model and Its Application of Cellular Cushioning Material[J]. Journal of Zhejiang University (Engineering Science), 2014, 48(7): 1336—1344.

[4] WANG Zhi-wei. Mathematical Modelling of Energy Absorption Property for Paper Honeycomb in Various Ambient Humidities[J]. Materials & Design, 2010,

31(9): 4321—4328.

[5] 郭勇, 卢富德, 高德, 等. 基于 Matlab/GUI 缓冲包装动力学优化设计[J]. 振动与冲击, 2014, 33(2): 81—83.  
GUO Yong, LU Fu-de, GAO De, et al. Development of Software for Optimization Design of Cushioning Packaging System Based on MATLAB/GUI[J]. Journal of Vibration and Shock, 2014, 33(2): 81—83.

[6] 卢富德, 高德. 蜂窝纸板一维动态本构关系及应用[J]. 振动工程学报, 2016, 29(1): 38—44.  
LU Fu-de, GAO De. One-dimension Constitutive Relationship and Its Application for Honeycomb Paperboard[J]. Journal of Vibration Engineering, 2016, 29(1): 38—44.

[7] 卢富德, 高德. 考虑蜂窝纸板箱缓冲作用的产品包装系统跌落冲击研究[J]. 振动工程学报, 2012, 25(3): 335—341.  
LU Fu-de, GAO De. Study on Drop Impact of Packaging System Considering the Cushioning Action of Honeycomb Paperboard Box[J]. Journal of Vibration Engineering, 2012, 25(3): 335—341.

[8] 卢富德, 陶伟明, 高德. 串联缓冲结构压缩响应虚拟质量分析[J]. 浙江大学学报(工学版), 2012, 46(8): 1431—1436.  
LU Fu-de, TAO Wei-ming, GAO De. Compression Responses of Series Cushioning Structures by a Virtual Mass Method[J]. Journal of Zhejiang University (Engineering Science), 2012, 46(8): 1431—1436.

[9] 张绍云, 储火, 卢富德, 等. 蜂窝-泡沫缓冲系统动力学有限元分析[J]. 振动与冲击, 2014, 32(2): 52—54.  
ZHANG Shao-yun, CHU Huo, LU Fu-de, et al. Finite Element Analysis for Dynamic Response of Cushioning System Made Out of Honeycomb Paperboard and Foam[J]. Journal of Vibration and Shock, 2014, 32(2): 52—54.

[10] 卢富德, 高德. 植物纤维餐具碗在运输包装环境抗冲击行为有限元分析[J]. 振动与冲击, 2015, 34(6): 137—139.  
LU Fu-de, GAO De. Finite Element Analysis for Anti-impact Behavior of Biogradable Plant Fibre Bowls with Foam Cushioning Packaging[J]. Journal of Vibration and Shock, 2015, 34(6): 137—139.

[11] GARCIA-ROMEU-MARTINEZ M A, SEK M A, CLOQUELL-BALLESTER V A. Effect of Initial Pre-compression of Corrugated Paperboard Cushions on Shock Attenuation Characteristics in Repetitive Impacts [J]. Packaging Technology and Science, 2009, 22(6): 323—3345.

[12] LU Fu-de, GAO De. Quasi-static and Impact Responses of Multi-layered Corrugated Paperboard Cushion by Virtual Mass Method[J]. Packaging Technology and Science, 2014, 27(11): 867—881.

[13] LU Fu-de, TAO Wei-min, GAO De. Virtual Mass Method for Solution of Dynamic Response of Composite Cushion Packaging System[J]. Packaging Technology and Science, 2013, 26(S1): 32—42.

[14] 卢富德, 许晨光, 高德, 等. 悬臂梁易损部件在矩形加速度脉冲激励下的动力学响应与有限元分析[J]. 振动与冲击, 2016, 35(5): 191—195.  
LU Fu-de, XU Chen-guang, GAO De, et al. Shock Response and Finite Element Analysis of Critical Component with Cantilever Beam under the Action of Rectangular Acceleration Pulse[J]. Journal of Vibration and Shock, 2016, 35(5): 191—195.

[15] 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.  
LU Fu-de, ZHANG Shao-yun, DU Qi-xiang. Study of Vibration Isolation Performance of Cone Structure[J]. Packaging Engineering, 2011, 32(11): 1—4.