

技术专论

EPS 缓冲材料的静态压缩性能的试验研究

都学飞, 欧阳效卓, 张汪年

(九江学院, 九江 332005)

摘要: 比较分析了 4 种厚度 EPS 缓冲包装材料的压缩变形回复性、外力-位移曲线等性能。结果表明, EPS 缓冲材料的回复性、永久变形与材料的厚度有很大关系, 而它的外力-位移曲线的走向大致相同, 厚度越大吸收的能量越多, 缓冲性能越好。

关键词: 缓冲材料; 回复性; 外力-位移曲线

中图分类号: TB485.1; TB487 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2012)03-0039-03

Experimental Research on Static Compression Properties of EPS Buffer Material

DU Xue-fei, OUYANG Xiao-zhuo, ZHANG Wang-nian

(Jiujiang University, Jiujiang 332005, China)

Abstract: The reversion of compression distortion and force-displacement curves of four kinds of EPS buffer material with different thickness were compared and analyzed. The results showed that reversion and permanent deformation have great relation with thickness of material; the trend of force-displacement curves are roughly the same; when the material is thicker, the more energy to be absorbed and the buffer performance is the better.

Key words: buffer material; reversion; force-displacement curve

在包装设计过程中, 缓冲包装材料的各项性能是设计缓冲包装件的重要依据^[1]。包装用的缓冲材料是指包装物品在流通过程中因受外力的作用而遭到冲击和振动时, 能吸收外力产生的能量, 以防止产品遭受损坏而使用的保护材料^[2]。此类材料种类繁多, 应用的范围非常广泛, 但一般都采用具有高度的压缩性能和复原性能的弹性材料。发泡缓冲包装材料以其优良的缓冲性能在包装中得到了广泛的应用, 成为现代缓冲包装材料的研究热点。

发泡聚苯乙烯, 具有质量轻、力学强度高、介电性优良、吸水性小等^[3]突出特点, 是目前使用最多的一种缓冲材料, 主要应用于各类电器的缓冲包装、食品包装以及鲜鱼的活体包装箱等^[4-5]。发泡聚乙烯材料被广泛地用于缓冲包装设计, 在包装设计过程中, 缓冲包装材料的各项性能是设计缓冲包装件的重要依据, 因此对缓冲材料的性能研究是有必要的。马庭等人^[6]研究了发泡聚苯乙烯缓冲材料的静态压缩特

性, 刘乘等人^[7]研究了不同密度聚苯乙烯的压缩变形。笔者通过静态压缩试验研究了不同厚度聚苯乙烯的缓冲曲线, 并对其静态缓冲性能进行了初步讨论, 以促进聚苯乙烯缓冲材料在运输包装领域的推广和应用。

1 试验材料及测试方法

1.1 材料

聚苯乙烯缓冲材料是同种密度不同厚度的聚苯乙烯发泡结构材料, 其密度为 12.0 kg/m^3 。为了比较分析聚苯乙烯缓冲材料的压缩变形性、试验力-位移等力学性能, 选用了 4 种对比试验材料, 试样是规则的方体形状, 分别是 20, 30, 40, 50 mm 4 种厚度的发泡聚苯乙烯(EPS), 上、下面尺寸是 $100 \text{ mm} \times 100 \text{ mm}$ 。试验时根据厚度把试验材料分成 4 组, 每组厚度的试验材料个数为 10 个。

收稿日期: 2011-08-25

基金项目: 九江学院校级教学研究重点课题(jyzz11-17)

作者简介: 都学飞(1980-), 男, 安徽利辛人, 硕士, 九江学院助教, 主要研究方向为运输包装系统与现代物流。

1.2 方法

聚苯乙烯(EPS)缓冲材料力学性能的测试项目包括压缩变形回复性、实验力-位移等力学性能。试验条件是温度为 25 ℃、相对湿度 60%。试验之前,对所有试样在该温度、湿度条件下预处理至少 24 h。

参考“缓冲包装材料静态压缩实验方法”^[8]对 20,30,40,50 mm 4 种厚度的聚苯乙烯(EPS)缓冲材料进行测试分析,厚度压缩变形从不同角度反映了 EPS 材料缓冲变形的能力,压缩变形的实验内容有试样的初始厚度、最大压缩量、回复后厚度、永久压缩等。参考国家标准 GB 8168“包装用缓冲材料静态压缩实验方法”^[9]进行试验测试。试验仪器选用 WDW 3050 微控电子万能试验机,电脑同步信息采集系统,游标卡尺。

用游标卡尺测量试样的初始厚度,按顺序测量试样 4 个角的厚度,取其平均值 T_0 。用 WDW 3050 微控电子万能试验机以 12.5 mm/min 的速度对试样沿

厚度方向逐渐增加载荷,当压缩载荷急剧增加时停止试验,获得材料的最大压缩量 T_1 。卸载 5 min 后,测量试样厚度,作为试样经压缩试验后的厚度 T_2 。

回复率按恢复的厚度与最大压缩量的比值进行计算,回复率为:

$$\eta=\frac{T_2-(T_0-T_1)}{T_1}\times 100\%$$

永久压缩率按永久压缩的厚度与初始厚度的比值进行计算,永久压缩率为:

$$C=\frac{T_0-T_2}{T_0}\times 100\%$$

2 试验结果及分析

2.1 压缩变形回复性试验结果分析

试验结果见表 1。分析这些数据,得到以下结论:

表 1 4 种厚度的 EPS 材料的压缩试验结果

Tab.1 Experimental results of compression test of EPS with four kinds of thickness

试样厚度 /mm	初始厚度平均值 T_0 /mm	最大压缩率 /%	最大压缩量平均值 T_1 /mm	回复后厚度平均值 T_2 /mm	回复率 /%	永久压缩平均值 T_3 /mm	永久压缩率 /%
20	20.71	82.13	17.01	13.53	57.79	7.18	34.67
30	30.30	84.19	25.51	18.65	54.33	11.65	38.45
40	40.58	83.81	34.01	20.79	41.81	19.79	48.77
50	50.42	84.31	42.51	21.47	31.90	28.95	57.42

1) 试验时由于试样的压缩接近压实状态,由最大压缩率可以看出,对于 4 种厚度(20,30,40,50 mm)的 EPS 缓冲材料,其压缩变形量为 82.13%~84.31%,平均值为 83.61%,4 种厚度的材料压缩变形量很接近,这是因为当压缩量达到 83%左右试样处于压实状态,当压力增大趋于无穷时而压缩量变化甚微(几乎不变)。

2) 回复性。厚度对 EPS 回复率的影响见图 1,在 20,30,40,50 mm 4 种厚度的 EPS 材料中,20 mm 厚的 EPS 材料的回复性最好,达到 57.79%,随着 EPS 材料厚度的增加,回复性呈明显下降趋势;30 mm 厚的 EPS 材料与 20 mm 厚的 EPS 材料相比,回复率降低 5.99%;40 mm 厚的 EPS 材料与 30 mm 厚的 EPS 材料相比回复率降低 23.04%,50 mm 厚的 EPS 材料与 40 mm 厚的 EPS 材料相比回复率降低 23.70%,而 50 mm 厚的 EPS 材料与 20 mm 厚的

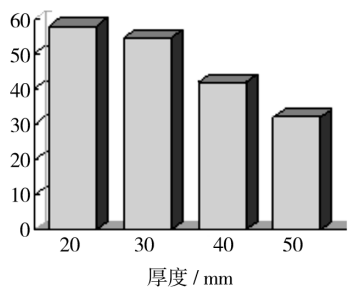


图 1 厚度对 EPS 回复率的影响

Fig.1 Reversion rate of EPS with different thickness

EPS 相比,回复率降低 44.80%。从试验结果可以看出,随着厚度的增大,EPS 缓冲材料的回复率呈下降趋势,且降幅较大。

3) 永久变形。厚度对 EPS 永久压缩率的影响见图 2,从试验的情况看,塑料缓冲材料的厚度越大永久变形即塑性变形越大,厚度越小永久变形(塑性变

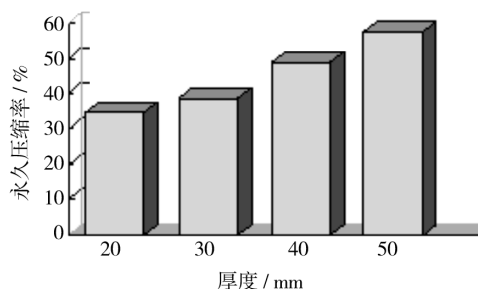


图2 厚度对EPS永久压缩率的影响

Fig. 2 Permanent compression rate of EPS with different thickness

形)越小, 20 mm 为 7.18%, 30 mm 为 11.65%, 40 mm 为 19.79%, 50 mm 为 28.95%, 厚度对永久变形影响较大, 随厚度增大永久变形呈增大趋势。

2.2 试验力-位移结果分析

压缩变形量设置为样品厚度的 85%, 用万能试验机对试样以 12.5 mm/min 的速度沿厚度方向对试样逐渐增加载荷, 当压缩量达到 85% 左右、压缩载荷急剧增加时停止试验。压缩过程的同时利用电脑同步信息采集系统记录压缩载荷及其变形量, 试验完成后从测试软件中导出试验数据, 对数据进行处理得到 EPS 材料的压缩载荷-变形量曲线, 4 种厚度 EPS 缓冲材料的试验力-位移曲线见图 3。分析这些曲线, 得到以下结论。

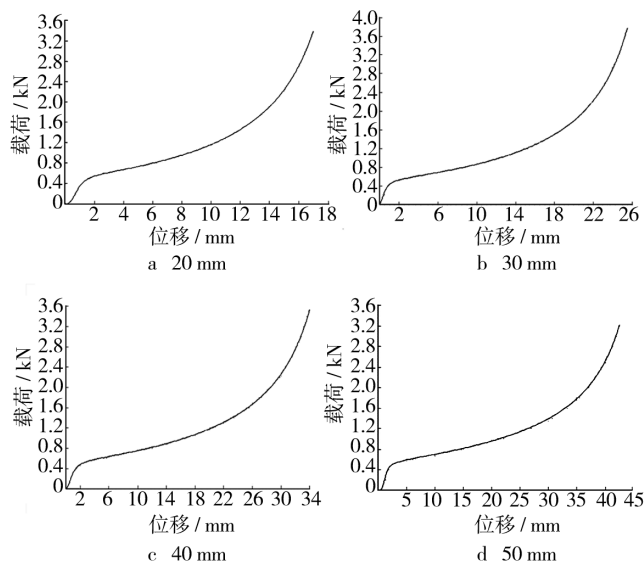


图3 EPS压缩载荷-位移曲线

Fig. 3 Force-displacement curves of EPS

1) 根据图 3 中不同厚度的 EPS 试验力-位移曲线, 可以看出 EPS 属于不规则型弹性材料, 其曲线的

走向大致相同, 都具有明显的 3 个变形区域, 刚开始的一段是小应变的弹性变形区, 大约在应变为 0~10% 之间; 其后是一段平台区 (即屈服段), 压力变化不大, 而变形量急剧变化阶段, 大约在应变为 10%~60%; 最后一段压实区 (即致密区), 曲线呈正切型, 变形量不大, 压力急剧上升而趋于无穷, 大约在应变为 60% 之后。

2) 对于 4 种厚度的材料, 在弹性变形区其最大试验力很接近, 变形量随着材料厚度的增加而增大, 而且曲线和横坐标所组成的面积也逐渐增大, 这说明缓冲材料所吸收的冲击能量逐渐增大。

3) 在平台区所对应的试验力分布随厚度的增加趋于变大的趋势, 对于 EPS 缓冲材料, 材料刚好被压缩到平台区末端时, 最大试验力为平台区末端对应的试验力, 在试验力相同时, 厚度大的材料对应的变形量也大, 而且曲线和横坐标所组成的面积也较大, 因此, 材料所吸收的能量也就越大, 这说明当产品经受较大的冲击时, 采用较厚的缓冲材料可以有效地缓冲产品所受到的冲击, 从而避免产品损坏。

3 结论

1) EPS 缓冲材料经压缩后, 厚度有明显的回复, 随着厚度的增大回复率下降。

2) 厚度对永久变形影响较大, 厚度增大永久变形呈增大趋势。

3) EPS 缓冲材料的厚度越大, 吸收的能量越多, 缓冲性能也越好。

参考文献:

- [1] 杨延梅, 朱大鹏. 运输包装学[M]. 成都: 西南交通大学出版社, 2010.
YANG Yan-mei, ZHU Da-peng. Transport Packaging [M]. Chengdu: Southwest Jiaotong University Press, 2010.
- [2] 彭国勋. 物流运输包装设计[M]. 北京: 印刷工业出版社, 2006.
PENG Guo-xun. Logistics and Transport Packaging design[M]. Beijing: Printing Industry Publishing House, 2006.
- [3] 杨玲, 安美清. 包装材料及其应用[M]. 成都: 西南交通大学出版社, 2011.

- [2] ASTM S. Designation: E96-E80 Standard Test Methods for Water Vapor Transmission of Materials[S].
- [3] ASTM Standard. Designation: F 1249-90 Standard Test Methods for Water Vapor Transmission Rate Through Plastic Film and Sheeting Using a Modulated Infrared sensor[S].
- [4] 陈默, 王志伟, 胡长鹰, 等. 水蒸汽在软包装薄膜中的传递行为[J]. 高分子材料科学与工程, 2009, 25(10): 42-45.
CHEN Mo, WANG Zhi-wei, HU Chang-ying, et al. Vapor Permeation in Flexible Packaging Films[J]. Polym Mater Sci & Eng, 2009, 25(10): 42-45.
- [5] GB/T 26253-2010, 塑料薄膜和薄片水蒸汽透过率的测定 红外检测器法[S].
GB/T 26253-2010, Determination of Water Vapor Transmission Rate for Plastics-film and Sheeting-infrared Detection Sensor Method[S].
- [6] 滕丽菊. 壳聚糖复合膜的制备及其性能研究[D]. 广州: 暨南大学, 2008.
TENG Li-ju. Preparation and Property of Chitosan Complex Film[D]. Guangzhou: Food Science of Jinan University, 2008.
- [7] 陈默. 大豆分离蛋白抑菌膜性能评价及抑菌剂释放研究[D]. 无锡: 江南大学, 2010.
CHEN Mo. Properties of Soy Protein Isolated Films and Release of Antimicrobial from Films [D]. Wuxi: Jiangnan University, 2010.
- [8] 陈平, 廖明义. 高分子合成材料学[M]. 北京: 化学工业出版社, 2010.
CHEN Ping, LIAO Ming-yi. Synthetic Materialogy of High Polymer [M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2010.
- [9] WURSTER D E, BHATTACHARJYA S, FLANAGAN D R. Effect of Curing on Water Diffusivities in Acrylate Free Films as Measured via Sorption Technique[J]. AAPS Pharm Sci Tech, 2007, 8(3): 70-71.
- [10] TANO K, MATHIAS K O, DOYON G, et al. Comparative Evaluation of the Effete of Storage Temperature Fluctuation on Modified Atmosphere Packages of Selected Fruit and Vegetables [J]. Post Harvest Biology and Technology, 2007, 46(3): 212-221.
- [11] 颜钰. 果品保鲜包装用塑料薄膜的阻隔性能研究[D]. 西安: 西安理工大学, 2010.
YAN Jue. Research on Plastic Film Barrier Properties of Fresh Fruits Packaging [D]. Xi'an: Xi'an University of Technology, 2010.

(上接第 41 页)

- YANG Ling, AN Mei-qing. Packaging Materials and Its Applications [M]. Chengdu: Southwest Jiaotong University Press, 2011.
- [4] 罗辉甲, 曹国荣, 刘全校. 基于静态压缩实验的包装缓冲材料性能研究[J]. 中国科技博览, 2009, 32: 119-120.
LUO Hui-jia, CAO Guo-rong, LIU Quan-xiao. Based on the Static Compression Test of Buffer Packaging Material performance[J]. China Science and Technology Review, 2009, 32: 119-120.
- [5] 杨嫣红, 王志伟. 缓冲包装材料及其性能研究进展[J]. 包装工程, 2003, 24(4): 96-99.
YANG Yan-hong, WANG Zhi-wei. Research Progress in Cushioning Materials and Their Properties[J]. Packaging Engineering, 2002, 23(4): 96-99.
- [6] 马庭, 王一临, 万军, 等. 常用缓冲包装材料静态压缩特性试验研究[J]. 包装工程, 2002, 23(2): 4-8.
MA Ting, WANG Yi-lin, WANG Jun, et al. Common Buffer Packing Materials Static Compress Property Testing Study[J]. Packaging Engineering, 2002, 23(2): 4-8.
- [7] 刘乘, 王宝霞. 几种常用缓冲材料的性能研究[J]. 包装工程, 2005, 26(6): 85-86.
LIU Cheng, WANG Bao-xia. Research on Properties of Several Cushion Materials [J]. Packaging Engineering, 2005, 26(6): 85-86.
- [8] 郭彦峰, 许文才. 包装测试技术[M]. 北京: 化学工业出版社, 2006.
GUO Yan-feng, XU Wen-cai. Packaging Testing Technology [M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2006.
- [9] GB 8168, 包装用缓冲材料静态压缩实验方法[S].
GB 8168, Static Compression for Package Cushioning Materials Experiment Method[S].