

## 充气垫缓冲材料动态冲击性能评价

郭静, 康勇刚

(天津科技大学, 天津 300222)

**摘要:** **目的** 研究了2种不同宽度规格的充气垫缓冲材料在不同跌落高度下的缓冲性能。**方法** 对每种规格气垫在不同跌落高度下分别使用5个不同质量块进行了动态冲击试验,绘制了最大加速度-静应力曲线,研究了跌落高度对充气垫动态特性的影响,并比较了不同宽度规格充气垫动态缓冲应用特性。**结果** 同一规格的充气垫随着跌落高度的增加,最大冲击加速度逐渐增大;在同一跌落高度下,较宽规格的充气垫的最大冲击加速度较小。**结论** 在1~2 kPa 载荷范围内,充气垫冲击加速度在80~170 g 的范围内变化,跌落高度变化及气柱宽度规格变化的缓冲性能测试评价了充气垫缓冲材料的缓冲包装应用范围。

**关键词:** 充气垫; 动态缓冲特性; 跌落高度

**中图分类号:** TB485.1

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1001-3563(2014)01-0073-04

### Evaluation of Dynamic Buffering Performance of Air Filled Cushions

GUO Jing, KANG Yong-gang

(Tianjin University of Science and Technology, Tianjin 300222, China)

**ABSTRACT: Objective** To study the buffering performance of air filled cushions (AFC) with two different chamber widths. **Methods** Dynamic impact tests were carried out using five different masse blocks for each type of cushions under different drop heights, and the peak acceleration-static stress curve was obtained. The influence of the drop height on the dynamic characteristics was studied, and the dynamic buffering application features of the two types of cushions were compared. **Results** For AFCs of the same specification, with increasing the dropping height, the peak acceleration increases gradually; at the same drop height, AFCs with greater chamber widths had smaller impact acceleration. **Conclusion** Under 1~2 kPa static stress, the impact acceleration of the AFCs ranges from 80~170 g. Evaluations by the dynamic impact test to the AFC samples provide guide lines to cushion packaging applications.

**KEY WORDS:** air filled cushion; dynamic buffering performance; drop height

充气垫缓冲包装材料是一种新型环保材料<sup>[1]</sup>,由2层薄膜材料经结构设计后预制而成,通过逆止阀可以将压缩空气冲入结构腔室的缓冲材料,充气后空气占99%的空间,薄膜材料的体积只占缓冲包装材料体积的1%,利用被封闭在充气垫结构中的空气获得缓冲性能。充气垫缓冲材料具有充气前贮存运输空间小,操作使用方便,使用后便于回收等优点。其缓

冲特性是利用压缩气室内的空气产生变形来吸收外界能量,从而获得对被包装产品的缓冲保护功能。

充气垫原材料从早期的聚氯乙烯薄膜到聚氨酯材料<sup>[2]</sup>,至现今采用的共挤薄膜,不断从材料<sup>[3]</sup>、结构、环保和使用方便等方面进行了改进及完善。其研究内容主要包括充气量<sup>[4]</sup>、环境温湿度<sup>[5]</sup>对气垫缓冲特性的影响;气垫结构尺寸对充气垫承载能力的影

收稿日期: 2013-10-31

作者简介: 郭静(1989—),女,湖北人,天津科技大学硕士生,主攻运输包装材料及技术应用。

通讯作者: 康勇刚(1957—),男,辽宁人,天津科技大学教授,主要研究方向为运输包装材料加工与评价。

响<sup>[6]</sup>;气垫蠕变特性<sup>[7-8]</sup>、静态刚度特性<sup>[9]</sup>及某一特定跌落高度下气垫动态冲击特性<sup>[19]</sup>,研究多基于材料的静态特性。此外,还有学者研究充气垫缓冲材料的几何模型<sup>[11-12]</sup>,研究表明圆柱模型适合表征尺寸规格较小的充气垫;应用方面的研究主要通过使用充气垫对洗衣机、小型家电等产品进行包装评价后与原有包装进行对比分析<sup>[13-15]</sup>。动态压缩特性是表征材料缓冲特性最直接的试验方法,通过对2种规格的充气垫进行不同冲击高度条件下的动态跌落试验,系统地评价充气垫缓冲材料的包装性能,并为实际应用提供设计依据。

## 1 实验

### 1.1 材料

根据充气垫缓冲材料未充气前单个气室结构的宽度分为2种规格(30,40 mm),充气垫薄膜材料由PE/PA/PE 3层共挤复合构成,复合薄膜厚度为0.075 mm,由江阴艾尔贝缓冲材料科技有限公司提供,试验样品具体参数见表1。

表1 充气垫缓冲材料各规格参数

Tab.1 Parameters of air filled cushioning materials

宽度规格	充气压力	气柱个数	充气前长度	充气后宽度	充气后长度	充气后厚度
$t/\text{mm}$	$p/\text{kPa}$	$N$	$L_0/\text{mm}$	$W/\text{mm}$	$L/\text{mm}$	$\delta/\text{mm}$
30	70	10	205	206	200	18
40	70	8	205	220	200	25

注:充气垫缓冲材料规格是根据未充气前片材薄膜单个气室的宽度来划分的(包括热封线宽度);充气压力为企业实际应用的充气压力。

### 1.2 方法

参照 GB 8167—1987《包装用缓冲材料动态压缩试验方法》,结合 ISTA-1A 标准对2种规格充气垫进行了4个跌落高度(460,610,760,910 mm)条件下的动态冲击试验。试验采用冲击试验机(DY-2,陕西科技大学)及冲击、跌落时间采集和分析系统(TP3. etc, 兰斯蒙特公司,美国),在室温条件下,对每个规格的气垫缓冲材料样品用5个不同的质量块进行动态冲击试验。在给定高度条件下,每个质量块对样品冲击5次,根据试验得到不同规格气垫在不同高度下的最大加速度,并结合公式  $\sigma = W/A$  ( $A$  为试样平铺放置条件下的投影面积)计算出不同质量块对应的静应力,

最后绘制出不同规格充气垫在不同跌落高度下的最大加速度-静应力曲线。

## 2 结果与分析

### 2.1 设定跌落高度条件下不同宽度规格充气垫缓冲材料的动态冲击特性

在460 mm跌落高度下,各规格气垫的最大冲击加速度-静应力曲线见图1。从图1中可看出,在该跌落高度条件下,30,40 mm 2种宽度规格样品的冲击曲线在较大的静应力范围上较为平缓,冲击加速度变化范围较小。随着气柱宽度规格的增加,最大冲击加速度逐渐减小,在相同静应力条件下,30 mm 气垫的最大加速度相对40 mm 气垫高出20~30 g,其所能承受的静应力范围也略低于40 mm 规格的气垫。2种规格充气垫(30,40 mm)在460 mm跌落高度下,适于缓冲包装应用的静应力范围分别为0.97~1.92 kPa及1.36~2.03 kPa。

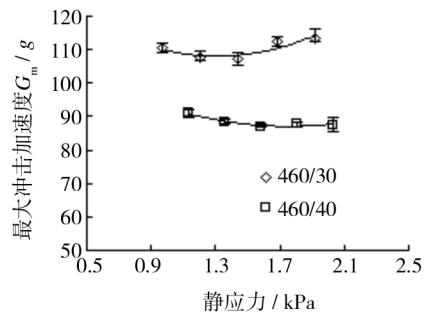


图1 跌落高度为460 mm下各规格的最大冲击加速度-静应力曲线

Fig.1 Peak acceleration-static stress curves of air filled cushions at drop height of 460 mm

在610,760,910 mm 3个跌落高度下,2种规格充气垫缓冲材料所对应的最大加速度-静应力曲线见图2—4。从图2—4可知,2种规格充气垫缓冲材料在不同跌落高度下的曲线均表现出相近的规律。即在给定的跌落高度下,30,40 mm 2种规格气垫缓冲材料的最大加速度-静应力曲线走势一致,但30 mm 气垫其静应力承载范围略低于40 mm 规格的气垫。

在相同静应力条件下,随着跌落高度的增加,较小宽度规格的充气垫缓冲材料表现出冲击加速度较大。其原因是随着充气垫缓冲材料宽度规格尺寸的增加,充气后充气垫缓冲材料的厚度随之增加,材料

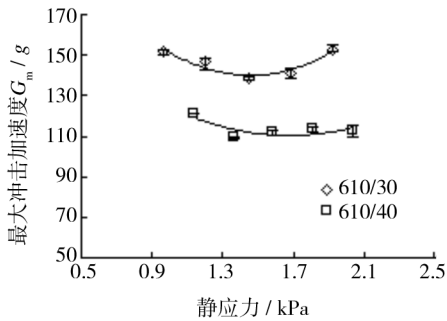


图 2 610 mm 跌落高度下各规格最大冲击加速度-静应力曲线

Fig. 2 Peak acceleration-static stress curves of air filled cushions at drop height of 610 mm

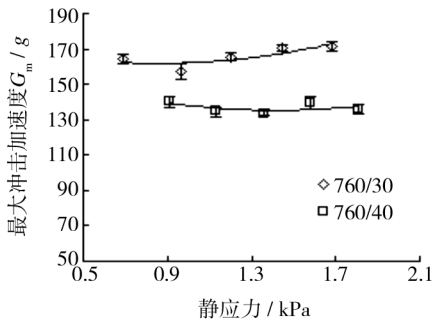


图 3 760 mm 跌落高度下各规格最大冲击加速度-静应力曲线

Fig. 3 Peak acceleration-static stress curves of air filled cushions at drop height of 760 mm

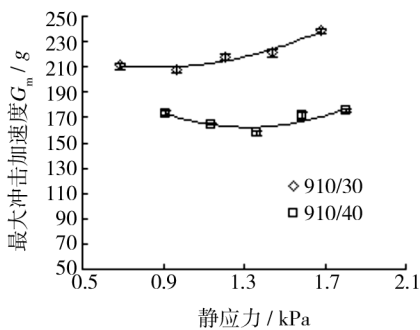


图 4 910 mm 跌落高度下各规格最大冲击加速度-静应力曲线

Fig. 4 Peak acceleration-static stress curves of air filled cushions at drop height of 910 mm

变形空间越来越大,所能吸收的能量也越来越多,表现出同一跌落高度条件下充气垫气柱宽度规格越大其对应的最大加速度越小。同样,随着跌落冲击高度增加,冲击能量越大,相对于充气垫所能吸收能量的能力范围,表现出加速度数值随着冲击重锤质量的增加而升高。

2 种规格充气垫缓冲材料在 4 个相同跌落高度条件下,适于缓冲包装应用的静应力范围见表 2。从表 2 可知,同一规格充气垫随着跌落高度的增加,其承载静应力有减小的趋势;同一跌落高度条件下,随着气垫宽度规格的增加,其所能承载的静应力逐渐增加。

表 2 不同规格充气垫在不同跌落高度下最合适的静应力范围

Tab. 2 Static stress of air filled cushions of different specifications at varied impact drop heights

适用静应力范围/kPa	宽度规格为 30 mm	宽度规格为 40 mm
跌落高度为 460 mm	0.97 ~ 1.92	1.36 ~ 2.03
跌落高度为 610 mm	1.20 ~ 1.68	1.36 ~ 1.81
跌落高度为 760 mm	0.69 ~ 1.20	0.91 ~ 1.81
跌落高度为 910 mm	0.96 ~ 1.20	0.91 ~ 1.81

### 2.2 同一宽度规格充气垫缓冲材料在 4 种跌落高度下的动态冲击特性

2 种宽度规格的充气垫在不同跌落高度条件下的最大加速度-静应力曲线见图 5—6。从图 5—6 可知,同一宽度规格的充气垫缓冲材料,随着冲击跌落高度的增加,最大加速度逐渐增加,2 种规格气垫缓冲材料所能承受的静应力随着跌落高度的增加而减小。

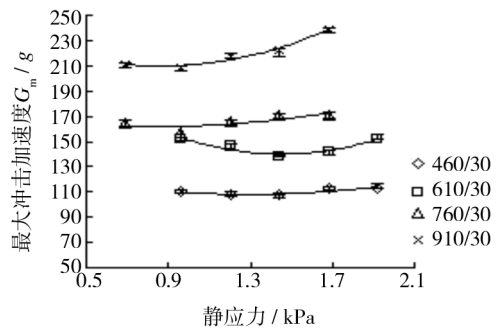


图 5 30 mm 气垫在 4 种跌落高度下最大冲击加速度-静应力曲线

Fig. 5 Peak acceleration-static stress curves of 30 mm wide air filled cushions at four different drop heights height

充气垫缓冲材料中的复合材料受到冲击载荷作用时,冲击动能在被充气垫缓冲材料吸收的过程中,部分能量压缩缓冲材料使其发生变形,同时另一部分外力在压缩充气垫样品时形成因气室压力增加对复合材料的拉伸应变。当这种拉伸变形超出材料的弹性范围时,则造成不可恢复的变形和破坏。越重的包

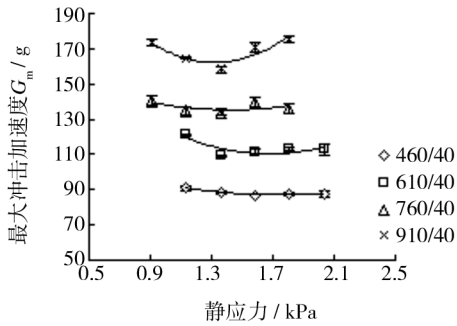


图6 40 mm气垫在4种跌落高度下  
最大冲击加速度-静应力曲线

Fig.6 Peak acceleration-static stress curves of 40 mm wide air filled cushions at four different drop heights

装产品在越高的跌落高度产生的冲击能量越高,对充气垫缓冲材料的强度要求也越高。若冲击力对充气垫缓冲材料所形成的拉伸应力过大时,将会导致材料的破损。

经综合分析,2种规格充气垫缓冲材料在460 mm跌落高度下表现出的最大加速度-静应力曲线均较为平缓,近似一条直线,气垫在较宽静应力范围内表现出相同的缓冲特性。随着冲击跌落高度的增加,充气垫缓冲材料的最大冲击加速度-静应力曲线整体呈近似于开口向上的“U”形抛物线。在静应力逐渐增加的过程中,材料的变形逐渐增大,吸收的冲击能量也随之增多。当充气垫缓冲材料冲击能量吸收与应力的比值关系达到最大时,其最大冲击加速度降至低点,当材料变形继续增加,并接近到极限时,最大冲击加速度持续增大。

不同规格充气垫在不同跌落高度下的峰值加速度见表3。从表3可知,随着跌落高度的增加,峰值加速度逐渐增加;同一跌落高度下,随着气柱宽度的增加,峰值加速度逐渐减小,实际应用时可根据产品脆值选择不同宽度规格的充气垫。

表3 不同规格充气垫在不同跌落高度下的峰值加速度

Tab.3 Peak acceleration of air filled cushions of different specifications at different drop heights

峰值加速度/g	宽度规格	宽度规格
	为30 mm	为40 mm
跌落高度为460 mm	107.34	86.99
跌落高度为610 mm	138.56	109.29
跌落高度为760 mm	157.35	133.45
跌落高度为910 mm	208.05	158.57

### 3 结语

充气垫缓冲材料的宽度、动态冲击跌落高度及静应力的变化范围对缓冲性能有着不同程度的影响。同一宽度规格的气垫缓冲材料随着跌落高度的增加,最大冲击加速度也增加,所能承载的最适应静应力则减小。同一跌落高度条件下,随着气柱宽度的增加,最大冲击加速度减小,所能承载的最适应静应力逐渐增加。在1~2 kPa的载荷范围内冲击加速度变化范围为80~170 g,气柱宽度的变化、跌落冲击高度的变化对材料缓冲特性影响的评价结果在实际包装应用时可以作为结合产品脆值、流通环境等因素进行充气垫规格选择的依据,以便做到材料在运输包装设计及应用中合理、可靠、适度。

### 参考文献:

- [1] TAKAHASHI. Development of Environment-Friendly Cushioning Materials[J]. JPI Journal, 1997, 35(2): 166—173.
- [2] SASAKI H, SAITO K, et al. Development of an Air Cushioning Material Based on a Novel Idea[J]. Packaging Technology Science, 1999, 12: 143—150.
- [3] SAITO K. New Air-cushioning Material[J]. JPI Journal, 1998, 36(10): 1010—1016.
- [4] 赵德坚. 充气量对充气缓冲包装垫缓冲性能的影响研究[J]. 包装工程, 2011, 32(13): 32—34.  
ZHAO De-jian. On Influence of Gas Volume on Cushioning Property of Air Cushion[J]. Packaging Engineering, 2011, 32(13): 32—34.
- [5] MITSUD T. Characteristics of the Air Chain for Package Design[J]. JPI Journal, 1999, 29(12): 1345—1351.
- [6] 沈剑锋, 卢立新, 任冬远. 柱状塑模空气垫承载与缓冲性能的试验研究[J]. 包装工程, 2008, 29(6): 6—7.  
SHEN Jian-feng, LU Li-xin, REN Dong-yuan. Research on Loading and Cushioning Performance of Plastic Cylinder Airbag[J]. Packaging Engineering, 2008, 29(6): 6—7.
- [7] KANG Yong-gang. Air Filled Cushioning Material, Structures and Properties[C]. Proceedings of the 17th IAPRI World Conference on Packaging, 2010: 1—4.
- [8] 刘功, 宋海燕, 刘占胜, 等. 空气垫缓冲包装性能的研究[J]. 包装与食品机械, 2005, 23(2): 18—20.  
LIU Gong, SONG Hai-yan, LIU Zhan-sheng, et al. The Study on Performance of Air Cushion Mats[J]. Packaging and Food Machinery, 2005, 23(2): 18—20.

(下转第91页)



