

测试缓冲材料性能的方法及其分析

刘 乘, 吴 莎

(陕西科技大学, 西安 710021)

摘要: 通过论述分析目前表征材料缓冲性能的常用方法及其特点(优缺点), 介绍了一种快速获得材料缓冲曲线的思路, 并且应用该思路编写的软件做了冲击试验数据分析。最后, 总结了该法的优越性、可行性以及使用的局限性。

关键词: GB 法; 能量法; 变形能; 冲击分析; 缓冲系数

中图分类号: TB485.1; TB487 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2011)13-0025-03

Cushioning Material Properties Testing Methods and Analysis

LIU Cheng, WU Sha

(Shaanxi University of Science & Technology, Xi'an 710021, China)

Abstract: Current general methods of material cushioning performance characterization and their characteristics were analyzed and discussed. A thought of quickly acquiring cushioning curve of material was introduced. The shock test data were processed by software programming in accordance with the thought. The superiority, feasibility, and limitations of the new thought were summarized.

Key words: GB method; energy method; deflection energy; shock analysis; cushioning coefficient

保护产品在流通过程中免遭冲击、振动等机械载荷损坏的最有效常用办法, 是在包装中使用缓冲材料。通过缓冲材料来吸收大量冲击和振动的能量, 避免内装物因冲击振动而引起损伤。通常用缓冲系数来表征缓冲材料的缓冲性能, 有 2 种测试缓冲性能的方法, 即静态压缩试验法和动态压缩试验法。在物流运输过程中, 缓冲材料在冲击作用下的变形速度不是静态的, 因此缓冲材料阻尼的影响就不能够忽略, 所以, 用动态试验方法来测定缓冲材料的缓冲性能更加符合实际工况。

1 测定缓冲性能的常用方法

目前测定缓冲性能的方法有 GB 法和能量法。

1.1 GB 法

GB 法要求有 5 种以上的重锤质量, 且每种质量试样数量不应少于 5 块。对 1 组 5 块试样逐块进行冲击, 每块试样冲击 5 次, 记录每块试样每次的加速度-时间曲线, 取后 4 次冲击的最大加速度的平均值

作为该块试样的最大加速度。将每组中的 5 块试样的最大加速度进行平均, 作为 1 种重锤质量冲击下的最大加速度, 也就是确定出了 $G_m-\sigma_{st}$ 曲线上的 1 个点^[1]。5 种重锤质量可确定 5 个离散点, 进行曲线拟合就可得 $G_m-\sigma_{st}$ 曲线。

该方法一次试验只能得到某种密度材料在某一跌落高度下的缓冲性能^[2], 而且至少需要使用 25 块试样, 冲击 125 次。若想要获得几种跌落高度以及不同厚度材料的缓冲性能, 就需要多次重复上述试验, 这样工作量就非常巨大, 使用的试样也非常之多。

1.2 能量法

能量法是 Matthew Daum 博士提出的一种测试材料缓冲性能的方法, 它是基于动态应力和应变能之间存在着如下的函数关系:

$$S_m = a \cdot e^{bE} \quad (1)$$

式中: S_m 为动态应力; E 为缓冲材料的应变能; a, b 为由材料性能决定的常数。

这样, 通过对材料进行冲击试验, 求出对应于不同应变能的动态应力的值, 从而拟合出动应力-应变

能曲线,得到 a, b 的值,用于描述该种材料的缓冲性能。

该方法相比 GB 法来说,可以用较少的试样和冲击次数获得材料的缓冲系数,并且通过计算就可以推得该材料在任意跌落高度下的缓冲性能^[2],提高了工作效率,也节省了材料。

能量法的应用是基于在冲击过程中没有能量损失的^[3],即重锤的势能全部转化为材料的变形能,但在实际过程中重锤的势能转化为了材料的变形能和重锤离开试样时的动能,所以其应用距实际情况有一定的误差。

2 新的测试思路

2.1 测试原理和方法

测试系统是由缓冲材料试验机和数据采集分析系统组成的。在 DY-3 冲击试验机上对试样进行动态压缩试验,由数据采集处理系统得到在冲击过程中试样的 $a-t$ 和 $s-t$ 曲线,然后利用冲击分析软件对其进行分析。

$a-t$ 和 $s-t$ 曲线是原始数据,应力-应变曲线是由前 2 条曲线得到的(分为压缩过程和回弹过程),缓冲系数曲线是由应力-应变曲线得出的^[4]。具体的推导过程和计算方法如下所述。

根据下面的公式求得 σ 和 ϵ :

$$\sigma = a \sigma_{st} \tag{2}$$

式中: σ 为试样在冲击过程中的动态应力; a 为试样在冲击过程中的加速度; σ_{st} 为静应力。

$$\epsilon = \frac{s}{t} \times 100 \% \tag{3}$$

式中: ϵ 为试样在冲击过程中的动态应变; t 为试样在冲击前的厚度; s 为试样在冲击过程中的压缩位移。

由 $\sigma-\epsilon$ 曲线,可按下面的公式求出缓冲系数^[5] :

$$E = \int_0^\epsilon \sigma d\epsilon \tag{4}$$

$$c = \frac{\sigma}{E} \tag{5}$$

式中: c 为缓冲材料的缓冲系数; σ 为试样在冲击过程中的动态应力; E 为单位体积的缓冲材料吸收的能量,它等于应力-应变曲线下的面积。

2.2 过程和结果

将试验分为 3 组,具体参数见表 1。

表 1 各组试验的参数
Tab.1 test data of different groups

试验参数	组数		
	1	2	3
长度/mm	120	120	100
宽度/mm	120	120	100
厚度/mm	48	48	60
跌落高度/cm	60	55	55
重锤质量/kg	5	5	5

利用软件对试验数据进行分析,得到应力-应变、缓冲系数曲线。其结果分别见图 1 和 2。

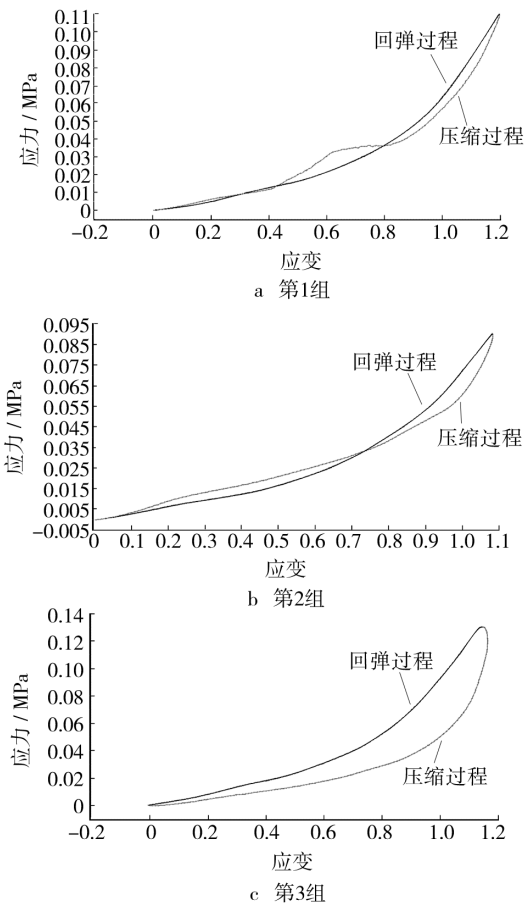


图 1 各组试验的应力-应变曲线
Fig.1 Stress-strain curves of 3 groups

2.3 结果分析

由图 1 和 2 可知,压缩过程中的最小缓冲系数值小于回弹过程中的最小缓冲系数,这说明在压缩过程中材料的缓冲性能比较好。导致这种结果的原因是试样在回弹的过程中,已经产生了一部分塑性变形,进而会有变形能的损失,从能量吸收的角度来说,缓

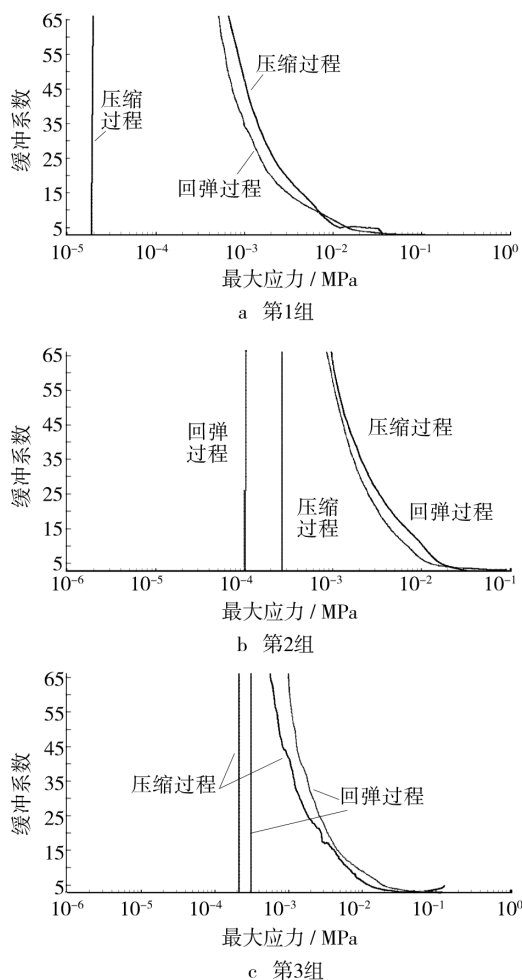


图2 各组试验的缓冲系数-应力曲线

Fig. 2 Cushing coefficient-stress curves of 3 groups

冲效果会相对差点,这也是将压缩与回弹过程进行分段处理的原因,为了安全起见,可以参考回弹过程中的缓冲系数进行设计。

在不同厚度和跌落高度的条件下,由图2可以看出,其缓冲系数的最小值点在3.3~3.5之间,对应的应力值在0.09~0.10 MPa之间,其误差在可承受的范围之内。充分验证了缓冲系数与高度、厚度、材料的面积无关的结论,证明了该法的可行性。

3 结论

该方法相比GB法和能量法来说具有以下优点。

1) 充分利用了加速度的信息^[6],反映的是试样在整个压缩过程中的真实的信息情况,而GB法和能量法都只用了加速度的最大值。

2) 只需要一次冲击就可以得到应力-应变曲线,

从而快速求得缓冲系数曲线。

3) 得到的缓冲系数-动态应力曲线是一条连续的曲线^[7],并且是由计算得到的,非拟合得到,结果更加精确。

4) 该法大大减小了试样数量,提高了试验效率,节省了试验成本。

5) 变形能是根据 $\int_0^{\epsilon} \sigma d\epsilon$ 求得的,结果非常准确,并且分为压缩和回弹2部分进行计算,考虑到了能量损失产生的影响。

当然,这种方法也有一定的局限性,由于其是建立在一次冲击的基础上,因此为了减少随机误差而产生的结果偏差,可以在同一条件下对几块试样进行试验,取加速度和位移的平均值作为 $a-t$ 曲线和 $s-t$ 曲线中的有效值,从而获得缓冲系数曲线;也可以通过在不同跌落高度、不同厚度的条件下进行多次试验,对得到的缓冲系数曲线进行加权平均来得到缓冲曲线。

参考文献:

- [1] GB 8167-87, 包装用缓冲材料动态压缩试验方法[S].
- [2] 张波涛. 应力-能量法在测定泡沫塑料缓冲曲线中的应用[J]. 包装工程, 2008, 29(1): 59-60.
- [3] 刘乘, 刘晶. 应力-能量法在求取包装材料最大加速度-静应力曲线方面的应用分析[J]. 包装工程, 2011, 32(1): 74-75.
- [4] 刘乘, 刘伟. 冲击测试与分析虚拟仪器[J]. 包装工程, 2008, 29(10): 150-151.
- [5] 彭国勋. 物流运输包装设计[M]. 北京: 印刷工业出版社, 2006.
- [6] 山静民. 材料缓冲系数的快速测试方法[J]. 包装工程, 1999, 20(3): 66-68.
- [7] 山静民, 刘乘, 彭国勋, 等. 缓冲材料冲击试验机的数据采集和处理系统[J]. 中国包装, 1999, 19(3): 98-99.