

动态缓冲特性测试

北京西科远洋机电设备有限公司

摘要：缓冲包装材料的动态压缩试验是用自由下落的重锤对缓冲包装材料施加冲击载荷，模拟装卸过程中缓冲包装材料受到的冲击作用，求得缓冲包装材料的动态缓冲特性及其曲线，如最大加速度-静应力曲线、缓冲系数-最大应力曲线。

关键词：缓冲包装材料 动态缓冲特性 最大加速度-静应力 缓冲系数-最大应力

缓冲包装材料的动态压缩试验是用自由下落的重锤对缓冲包装材料施加冲击载荷，模拟装卸过程中缓冲包装材料受到的冲击作用，求得缓冲包装材料的动态缓冲特性及其曲线，如最大加速度-静应力曲线（ $G_m-\sigma_m$ ）、缓冲系数-最大应力曲线（ $C-\sigma_m$ ）。这些数据 and 曲线可用于缓冲包装设计。

动态缓冲特性

动态缓冲特性是指从预定高度自由下落的重锤对缓冲包装材料施加冲击载荷时重锤所承受的最大加速度，一般采用重力加速度的倍数 G_m 来表示。图 1 是动态压缩试验原理。

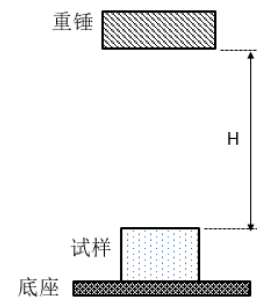


图 1 LANSMONT M23C 试验机原理

在缓冲包装材料受到重锤的跌落冲击过程中，如果忽略以热能形式耗散的很小一部分机械能，认为机械能守恒，则当缓冲包装材料达到最大变形量（ X_m ），或最大应变（ ϵ_m ）时，重锤在跌落高度（ H ）处所具有的重力势能就等于缓冲包装材料的变形能（ E ），即：

$$E = AT \int_0^{\epsilon_m} \sigma d\epsilon = WH$$

式中 W -重锤重量；
 T -试样厚度；
 A -试样的承载面积；
 H -重锤的跌落高度。

将上式代入缓冲系数 C 表达式中，得到动态压缩试验时的缓冲系数表达式，即：

$$C = G_m * T / H \quad (1-1)$$

$$\sigma_m = G_m * \sigma_s$$

式中 C -缓冲系数 材料所承受的静应力与单位体积变形能之比

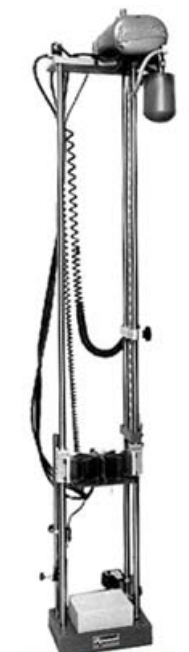
G_m -试样作用于重锤的最大加速度；

σ_m -试样所承受的最大应力；

σ_s -试验所承受的静应力，且 $\sigma_s = W/A$

式(1-1)描述了反映缓冲包装材料动态特性的物理量,即动态缓冲系数(C),最大加速度(G_m),最大应力(σ_s)与缓冲材料厚度,承载面积之间的关系。通过动态压缩试验,可得到缓冲包装材料的最大加速度-静应力($G_m-\sigma_s$)曲线,缓冲系数-最大应力($C-\sigma_m$)曲线。

测试系统



Lansmont M23C
缓冲材料试验机



Lansmont TP3
冲击信号分析仪

缓冲包装材料的动态缓冲特性测试系统如左图,包括冲击试验机 and 数据采集分析系统两部分。缓冲试验机由铸铁底座、导柱、冲击台、重锤(可用砝码调节重量)、提升装置、释放装置、制动装置等组成。冲击台面应平整,具有足够的刚度,其尺寸应大于被测试样的尺寸,在冲击过程中不能因其自身的振动而使测试波形发生畸变。冲击台面应与铸铁底座平行。铸铁底座应有足够的刚度。数据采集与处理系统包括数字滤波器、各种曲线(冲击加速度,时间曲线、最大加速度-静应力曲线、缓冲系数-最大应力曲线、动态应力-应变曲线等)的绘制以及各类数据文件的管理等。

该测试系统的工作原理是:试样放置在底座的中央,滑台上固定砝码和压电加速度计,提升装置用挂钩提起滑台,至预定高度时,释放装置使挂钩脱离滑台。滑台沿导轨自由落下,冲击试样。加速度传感器首先采集试样受到跌落冲击时传递给重锤的冲击加速度信号,加速度信号经TP3采集,由计算机软件处理,显示加速度-时间曲线。

重锤从预定跌落高度自由冲击缓冲包装材料,通过固定在重锤上的加速度计获得冲击加速度-时间曲线,冲击波形,冲击持续时间及最大加速度。在不改变缓冲包装材料厚度和跌落高度的情况下,只改变重锤重量,则得到一系列最大加速度和静应力,以静应力为横坐标、最大加速度为纵坐标,可得到缓冲包装材料的一条最大加速度-静应力曲线。若保持跌落高度不变,仅改变缓冲包装材料的厚度,可得到以厚度为变量的最大加速度-静应力曲线簇。若保持缓冲包装材料的厚度不变,只改变跌落高度和重锤重量,则得到以跌落高度为变量的最大加速度-静应力曲线簇。

测试方法

按照国家标准 GB 8167“包装用缓冲材料动态压缩试验方法”进行试验。具体试验步骤如下。

- 1) 将试样放置在缓冲试验机的底座上,并使试样中心与冲击台重心在同一垂线上,适当固定试样,但在固定时不应使试样产生变形。丝状、粒状等试样可利用压缩箱进行试验,要求压缩箱具有足够的强度,不能因为施加载荷而发生变形。
- 2) 使预定载荷的冲击台从预定的等效跌落高度落下,冲击试样。连续冲击5次,每次冲击脉冲的时间间隔不小于1mm。记录每次冲击的加速度-时间曲线,计算试样在该载荷时的平均冲击加速度值。试验过程中,若未达到5次冲击就已确认试样发生破损或丧失缓冲能力时,则终止试验。
- 3) 试验结束3min后测量试样厚度,作为试样动态压缩后的厚度。
- 4) 对所有试样按照上述方法进行试验。根据需要,可改变冲击台上的砝码质量、试样厚度

和等效跌落高度。为了精确地绘制出最大加速度-静应力曲线、缓冲系数-最大应力曲线，应合理地选择5种以上的重锤重量进行试验，若在某一次试验条件下，试样经5次冲击后的动态压缩残余应变已达到10%，则在其他试验条件下使用新的试样。

5) 数据计算

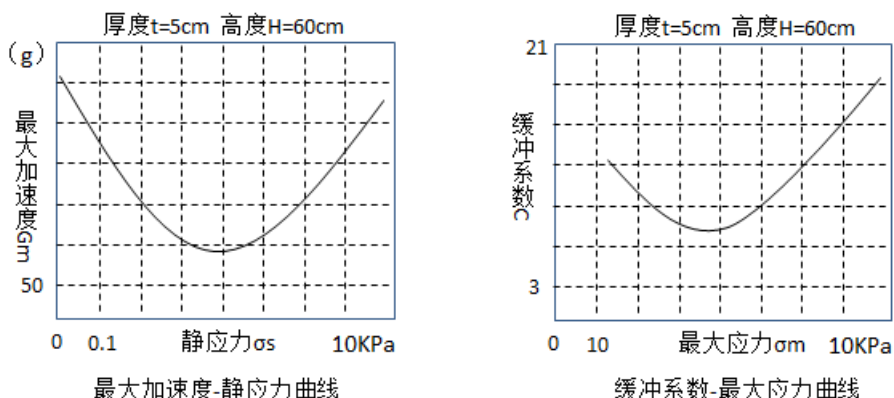
静应力 $\sigma_s = W/A$

最大加速度值 以5次连续冲击的后4次的最大加速度的平均值作为每次试验的最大加速度值

最大应力 $\sigma_m = G_m * \sigma_s$

缓冲系数 $C = G_m * T/H$

绘制动态缓冲特性曲线



如上图是瓦楞纸板的动态缓冲曲线，显然，动态缓冲曲线呈凹谷状，开口向上，且只有一个极点，即随着静应力的增加，峰值加速度先减少（缓冲性能提高），到最优点后再增加（缓冲性能下降）。对于同种类型纸板，随着跌落高度的增加，动态缓冲曲线的凹谷点向左上方偏移（缓冲性能下降）。最大加速度越小，缓冲性能越好，同种材料对某一质量的负载有最好的缓冲性能，质量变大，或质量变小，缓冲性能都将下降。

参考文献：

1. 美国蓝氏（LANSMONT）缓冲包装设计六步法 1986 Bresk
2. 美国蓝氏（LANSMONT）M23C 缓冲材料试验机
4. 美国蓝氏（LANSMONT）TP3 冲击测量系统
5. 《包装测试技术》化工大学出版社
6. ASTM D1596
7. GB/T 8171-2008 使用缓冲包装材料进行的产品机械冲击脆值试验方法
8. GB 8167 包装用缓冲材料动态压缩试验方法