

钝感高能炸药撞击感度测试方法的探讨

胡庆贤 吕子剑

(中国工程物理研究院化工材料研究所)

摘要 本文报道了用于测试钝感高能炸药(IHE)撞击感度的撞击装置及IHE等炸药的50%爆炸特性落高的试验结果。结果表明,该撞击装置不仅可以比较合理地分出很多用标准撞击装置无法分开的钝感高能炸药的撞击感度次序,也可以测出许多敏感炸药的撞击感度。

关键词 高能炸药 撞击感度 特性落高

1 前言

国内测试炸药的撞击感度一般都使用落锤仪。试样放置在由击柱、击柱套、底座组成的撞击装置中,测试落锤在某固定落高下撞击试样的爆炸概率或50%爆炸特性落高。对钝感高能炸药(IHE)等,用10kg落锤、50cm落高、50mg试样测爆炸概率,或用10kg落锤、50mg试样测其50%爆炸特性落高。若用第一种测试方法,对TATB和以TATB为基的某些塑料粘结炸药,其爆炸概率接近或等于零,无法对这些炸药的撞击感度进行比较;而用第二种测试方法,在较高落高下击柱易发生变形,锤头的击针也会出现凹坑,因此,难以用该方法测试钝感高能炸药的感度。

美国能源部测试炸药感度是使用12型或12B型工具作为撞击装置,在落锤仪上进行50%爆炸特性落高试验,当感度与D炸药相当或更低时,判为钝感高能炸药。他们所使用的12型工具与美军标规定的标准基本相同,炸药放在5/0 石榴石(garnet)砂纸上进行试验,是一种非限制型的撞击装置^[1~3]。对建立12型工具测试技术,国内已进行很多工作^[4],但对钝感高能炸药测试结果的报导却很少。

本文报道了结合我国落锤仪及感度试验的具体情况、参考美军标设计的撞击装置和用该装置测试炸药50%爆炸特性落高的结果,并对此进行了讨论。

2 仪器和设备

1.8m落锤仪(锤重 $5 \pm 0.005\text{kg}$)、以及标准撞击装置(由击柱、击柱套、底座组成)。

本文所述的新撞击装置由燕尾座、击杆套、击杆、钢砧等组成,如图1所示。击柱直径3.175cm、长8.89cm;钢砧工作面直径3.2cm、高3.0cm,击柱及钢砧淬火硬度均为HRC 60~64;工作面粗糙度为 $Ra0.2\mu\text{m}$;击杆可在击杆套内自由滑动,击杆套固定在燕尾座上,燕尾座固定在1.8m落锤仪的中心导轨上;钢砧固定在落锤仪的定位套内。

落锤的撞击声压级用 CH11 型电容传声器、FDC-2A 型传声放大器和 NJ 型电平记录仪测定；电容传声器放在高 1m、距离声源 1m 的位置上；专用砂纸尺寸为 2.54cm×2.54cm。

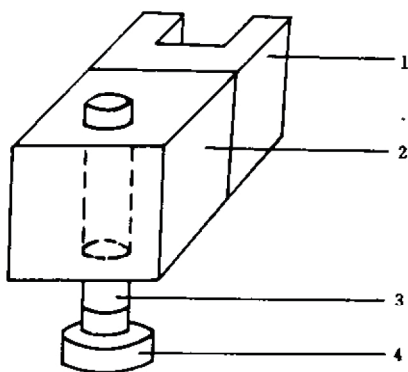


图 1 新撞击装置示意图

1——燕尾座；2——击杆套；3——击杆；4——钢砧。

Fig. 1 Scheme of new impact setup

1——Swallow-tail holder, 2——Striker holder,
3——Striker, 4——Anvil.

3 实验方法

3.1 落锤反跳高度试验

3.1.1 将由击柱、击柱套、底座组成的标准撞击装置放在落锤仪钢砧上的定位套内，观察并记录落锤自固定高度落下撞击击柱的反跳高度。取 10 次试验的平均值为落锤在该高度试验的反跳高度值。改变落高进行上述试验，取得不同落高下落锤的反跳高度。

3.1.2 安上新撞击装置，按 3.1.1 程序观察并记录落锤自不同高度撞击击柱的反跳高度。

3.2 实验室本底噪声和落锤“空打”噪声的测定

调好传声放大器和电平记录仪，在不通风设备和开启通风设备的情况下，测试实验室的本底噪声。

在开启通风设备的情况下，将落锤固定在某一固定高度，测定落锤撞击新撞击装置的声压级，重复进行 10 次试验，取 10 次试验的平均值，为落锤在该高度试验的撞击声压级。改变落高，测定落锤在不同落高下撞击击柱的声压级。

3.3 炸药 50% 爆炸特性落高测定

3.3.1 用精密天平称取 35mg 试样，松散地堆放在砂纸的中心，每 25 个试样为一组。

3.3.2 将一张堆放样品的砂纸，放在新撞击装置的钢砧上，轻轻地放下击柱，使其放置在炸药堆的顶部。

3.3.3 将落锤从预先选定的高度撞击试样，判爆标准仍按沿用的规定凡出现试样变色、有分解气味、冒烟、发光、有爆炸声响等现象之一，判为爆。否则，判为不爆^[6]。

3.3.4 按“上下法”程序试验，若第一发试样爆，使落锤下降某一高度进行第二发试验；若第一发试样不爆，则使落锤上升某一高度进行试验。以后各发试验均根据试样是否爆炸，按上述原则决定落锤的落高，直至 25 发试样做完。

3.3.5 每一发试样被撞击后，提起击柱，将砂纸取出，用丙酮洗净击柱和击砧与试样接触的表面，再做下一次试验。

3.3.6 按“上下法”处理数据的程序,计算 H_{50} 。

4 实验结果

4.1 落锤反跳高度测试结果。

落锤在不同高度撞击不放样品的标准撞击装置,其反跳高度测试结果如表1所示。由表1可见,在所试落高范围内,落锤反跳高度随落高的增加而增加,其平均比值为63%。

表1 落锤撞击标准撞击装置时的反跳高度(锤重5kg)

Table 1 Rebound height of weight after impacting striker in confined setup

落高 H_0 /cm	落锤反跳高度 H /cm	$(H/H_0)/(\%)$
10	6.4	64
20	12.8	64
40	25.3	63
50	31.3	63
60	37.9	63
80	49.2	62

落锤自不同落高撞击新撞击装置,其反跳高度测试结果如表2所示。由表2可见, H/H_0 的比值随落高的增加略有减少,在所试范围内平均值为54%,其重复性较好。

表2 落锤撞击新撞击装置的反跳高度

Table 2 Rebound height of weight after impacting striker in new impact setup

落高 H_0 /cm	落锤反跳高度 H /cm	$(H/H_0)/(\%)$
10	5.5	55
20	11.2	56
40	22.1	55
60	31.6	53
70	36.5	52
80	41.9	52

4.2 实验室本底噪声和落锤“空打”噪声测试结果

实验室本底噪声、落锤撞击新撞击装置噪声测试结果如表3、表4所示。

表3 实验室本底噪声测试结果

Table 3 Background noise level in laboratory

	声压级/dB	声级/dB		
	线性	A	B	C
不开通风设备	53~57	32~34	42~43	49~51
开启通风设备	74~76	65~67	69~72	73~75

表 4 落锤撞击噪声测试结果

Table 4 Noise level at dropping weight impacting

落高	声压级/dB
10	101.7
20	101.3
40	104.0
60	104.1

注:测试条件为锤重 5kg,新撞击装置,风机开启。

由表 3、表 4 可见,在开启通风设备的情况下,实验室本底噪声为 74~76dB,是低频噪声。落锤的“空打”(新撞击装置中不加砂纸和试样)撞击噪声为 101~104dB,高于实验室本底噪声 20dB 以上。所以,试验中可以不考虑实验室本底噪声对试样爆炸声的影响。但落锤“空打”噪声在 100dB 以上,可以掩蔽试样的弱爆炸噪声,这在感度试验中是应当注意的。

4.3 单体炸药 50%爆炸特性落高测试结果

用新撞击装置测试几种单体炸药的 50%爆炸特性落高,其结果如表 5 所示。为了进行比较,表中还列出了劳伦斯·利物莫尔实验室(LLNL)和洛斯-阿拉莫斯国家科学实验室(LANL)的数据^[2,5],以及用标准撞击装置测试炸药感度的结果。

表 5 几种单体炸药感度测试结果

Table 5 Impact sensitivities of some pure explosives

样品名称	H_{50} /cm			爆炸概率 ³⁾ (%)
	本文	LLNL ¹⁾	LANL ²⁾	
泰安	7.2	11	12.5, 16.2	100
黑索今	21.2	28	23.3, 27.9	80
特屈儿	32.4	28	38.5	48
工业梯恩梯	64.4	80	157	12
TATB	>140	>100	>320	0

注:1) 为 5kg 落锤试验结果。2) 为 2.5kg 落锤试验结果。

3) 标准撞击装置;10kg—25cm—50mg。

由表 5 可见,用本文介绍的新撞击装置,能将所示的几种炸药的感度区分开。其感度次序和用标准撞击装置测试的次序一致。

4.4 几种混合炸药 50%爆炸特性落高测试结果

用新撞击装置测试了几种混合炸药的 50%爆炸特性落高,其结果如表 6 所示。

由表 6 可见,对于用标准撞击装置测试爆炸百分数为零或接近零的炸药,用新撞击装置仍能区分其感度的高低,当配方中 TATB 含量高时,炸药明显地变钝感。

表 6 几种混合炸药的感度测试结果

Table 6 Impact sensitivities of several composite explosives

试样名称	组 分		H_{50}/cm	爆炸概率/% ¹⁾
JO-9159	HMX/粘结剂等	95/5	19	15
JOB-9005	TATB/HMX/粘结剂	40/54/6	31	0
JHB-9001	TATB/RDX/粘结剂	50/45/5	57	8
JOB-9006	TATB/HMX/粘结剂	80/15/5	97	4
JB-9001	TATB/粘结剂	95/5	>130	0

注: 1) 测试条件同表 5 中注 3。

5 讨 论

5.1 在落锤撞击未装药的撞击装置时,落锤撞击撞击装置的总能量平衡,可近似地用下式表示:

$$K = A + B$$

式中: K ——落锤在撞击瞬间以前所获得的能量; A ——不可逆地损耗于落锤系统中的能量; B ——撞击装置和落锤金属部件的弹性形变能量。而:

$$K = mgH_0$$

式中: m ——落锤质量; H_0 ——落高; g ——重力加速度。

金属的弹性形变能量 B 消耗于落锤的反跳上^[7]。用 5kg 落锤撞击标准撞击装置时,在所试范围内,落锤反跳高度 H 随落高的增加而增加,其 H/H_0 平均值为 63% 左右,表明当落锤撞击未装药的标准撞击装置时,损耗于系统中的能量,平均约占总撞击能量的 37% 左右。当落锤撞击新撞击装置时,在所试范围内 H/H_0 平均值为 54%,表明此时损耗于系统中的能量平均约占总撞击能量的 46%,比落锤撞击标准撞击装置时不可逆损耗于系统中的能量高,有部分能量可能主要损耗于击柱的反跳上。但在所试范围内 H/H_0 的变化比较小,我们认为此装置可用于炸药的感度试验。

5.2 判爆标准与 LLNL、LANL 及美军标中所述的判爆标准有所不同。上述实验室的标准中以爆炸声响作为唯一判爆标准,只有当声压级超过某一规定值时,才判为爆,而作为标准的声压级值是人为规定的。因此,有些试样,特别是像 TNT 一类的炸药,当受落锤撞击后,有时发现试样部分变色,有燃烧的痕迹,但爆炸声响轻微,往往被落锤“空打”的噪声所掩蔽,用声压级无法分辨试样是否发生了反应。只有增加落高,使落锤从更高的高度冲撞试样,引起试样更强烈的反应,其爆炸声响才能与落锤“空打”声相区别。因而,用爆炸声响作为判别试样是否爆炸的唯一标准比用我们所采用的判爆标准测出的 H_{50} 高,这可能影响到炸药以 H_{50} 值排队的次序。因此,该问题还有待进一步进行研究。

5.3 由表 5 可见,本文报道的黑索今、特屈儿的 H_{50} 值分别为 21.2cm、32.4cm,和 LLNL 报道的数据不一致。但从 LANL 用 2.5kg 落锤测试这两种炸药的 H_{50} 值看,黑索今的 H_{50} 比特屈儿的 H_{50} 值低,表明黑索今比特屈儿更敏感。这也与国内通常采用的 10kg-25cm-50mg 的条件下的测试结果一致。因此,认为本文报道的数据是合理的。

5.4 用新撞击装置测试炸药 50% 爆炸特性落高时,是将定量的炸药试样松散地堆积在

砂纸中间。试验发现,砂纸的规格型号和试样的堆积方式对实验结果有一定的影响。若将炸药试样平摊在砂纸上,测出的 H_{50} 值比将试样堆积在砂纸上测得的值明显增加。对同一种塑料粘结炸药,当颗粒较细时,试样堆积较容易;而颗粒较大时,则很难将试样堆积起来,这也影响测试结果的一致性。因此,试样的堆积方式对实验结果的影响也是值得进一步探讨的。

5.5 由表 5、表 6 可见,用本文所述的新撞击装置,可以评价钝感高能炸药感度的高低,对一些感度高的单体炸药,也能评价其感度。

致谢:新撞击装置由崔怀林同志设计,甘绍清、张艳丽、花成、邢泽文等同志也参加了本工作,在此表示感谢。

参 考 文 献

- 1 MHSMP-84-12, 1984.
- 2 Gibbs T R 著. 九〇三所情报室译. LASL 炸药性能数据手册. 1982.
- 3 MIL-STP-1751(USAF).
- 4 尹孟超. 炸药的安全性评价方法与撞击感度试验鉴定技术. 火炸药, 1991 (3): 23~32
- 5 UCRL-14592
- 6 董海山, 周芬芬编. 高能炸药及相关物手册. 北京: 科学出版社, 1989. 104~106
- 7 鲍姆 P A 著. 众督译. 爆炸物理学. 北京: 科学出版社, 1964.

STUDY ON TEST METHOD FOR IMPACT SENSITIVITY OF INSENSITIVE HIGH EXPLOSIVES

Hu Qingxian Lü Zijian

(Institute of Chemical Materials, CAEP)

ABSTRACT This paper reports an new impact setup of impact sensitivity test for IHEs and their characteristic drop height obtained therefrom. The results show that not only a lot of IHEs' sensitivity which is otherwise difficult to evaluated but also the sensitivity of susceptible explosives can be rationally distinguished by using this setup.

KEY WORDS high explosive, impact sensitivity, charactersitic drop height.