

doi:10.3969/j.issn.1001-8352.2018.04.008

# 某型强光爆震弹的使用可靠性试验研究\*

杨 建<sup>①</sup> 崔晓萍<sup>②</sup> 汪 送<sup>②</sup>

①武警工程大学职业教育中心(陕西西安,710086)

②武警工程大学装备管理与保障学院(陕西西安,710086)

[摘 要] 为了考察某型强光爆震弹的使用可靠性,分别选用储存期内、满储存期和超储存期的弹药为样本,通过高速摄影机、SEM、DSC、光强仪及声级计等对其发火机构的点火可靠性、主装药状况及作战效果等进行表征和测试。结果表明:经5 a 储存后,击发机弹簧扭矩势能、点火管火焰长度和延期时间的平均值分别为0.455 N·m、305 mm 和3.31 s,均能保证弹药击发时的可靠点燃;主装药的SEM图表明,各组分经长期储存后依然分散均匀,没有出现明显的质量变化;DSC曲线中,主装药储存前、后的熔点位移幅度小于2℃,表明该配方具有良好的安定性能;声压和光强的测试表明,二者均随时间的延长而略有衰减,但在5 a 的使用期内,均能达到战术技术指标要求。以上研究表明该型强光爆震弹在使用年限内具有极高的可靠性,且使用期有延长的可能。

[关键词] 强光爆震弹;点火可靠性;主装药;安定性;作战效果

[分类号] TJ53

## Experimental Research on Operational Reliability of a Flashbang Ammunition

YANG Jian<sup>①</sup>, CUI Xiaoping<sup>②</sup>, WANG Song<sup>②</sup>

①Center of Vocational Education, Engineering University of PAP (Shaanxi Xi'an, 710086)

②College of Equipment Management and Support, Engineering University of PAP (Shaanxi Xi'an, 710086)

[ABSTRACT] In order to study the operational reliability of certain flashbang ammunition, samples were selected from the ammunition at several storage stages such as during storage, end of storage and expired ones. Ignition reliability of firing device, status of main charge and fighting effect were characterized and tested by a high-speed camera, scanning electron microscopy (SEM), a differential scanning calorimetry (DSC), a luminous intensity instrument, and a sound level meter. The results show that: after storage of 5 years, the ammunition can be reliably ignited resulting from the average potential energy of percussion lock spring at 0.455 N·m, the average flame length of ignitron at 305 mm and the average delay time at 3.31 s, respectively. SEM diagrams of the main charge show that the components are still distributed evenly after long-term storage without an obvious change in quality. DSC results imply that the stability of main charge is excellent, since the displacements of the melting temperatures between unstored and stored main charges are less than 2℃. Light intensity and sound intensity decrease with increasing storage time, but the changes are very small so as to meet tactical and technical requirement during storage of 5 years. Results above indicate that the tested flashbang ammunition sustains the extremely high reliability during lifetime, and the lifetime is likely to prolong.

[KEYWORDS] flashbang ammunition; reliability of firing; main charge; stability; fighting effect

### 引言

某型强光爆震弹是集声、光效应为一体,利用爆炸时产生的巨大声响和眩目强光,刺激有生目标的

耳朵和眼睛,使其暂时致聋、致盲的一种非致命性弹药。该弹具有良好的牵制和干扰作用,在目前武警部队装备的防暴弹药中,威力最大、震慑效果最好<sup>[1-3]</sup>。然而,该弹药的储存期为5 a,各构成在储存过程中均会发生不同程度的变化而对弹药的使用效

\* 收稿日期:2017-12-06  
基金项目:武警部队基础理论研究基金(WK2016-L7);武警部队军事应用研究基金(WK2015-J12);武警工程大学基础研究基金(WJY201508)  
作者简介:杨建(1974-),男,硕士,讲师,主要从事非致命武器方面的研究。E-mail:wjexp@126.com  
通信作者:崔晓萍(1975-),女,博士,教授,主要从事非致命武器及高性能材料方面的研究。E-mail:wjexp@126.com

果造成影响,轻者影响作战效果、贻误战机,重者则会付出血的代价。因此,对储存过的弹药的使用可靠性进行研究意义重大。

为了深入评价该弹药的使用可靠性,笔者以正常储存期内(储存3 a)、满储存期(储存5 a)和超储存期(储存8 a)等3个阶段的弹药为样本,分别对其发火机构点火可靠性、主装药状况及作战效果等进行全面测试和充分分析,为弹药的可靠使用提供理论依据和技术支撑。

1 试验部分

1.1 击发机弹簧能量测试<sup>[4,5]</sup>

对样弹击发机弹簧不同扭转角下的力矩进行测试,先测量100°和150°的力矩,通过式(1)计算240°(弹簧击发状态下的扭转角)的力矩。通过式(2)计算弹簧推动击针戳击火帽时的势能。

$$\frac{\gamma_3 - \gamma_1}{\gamma_2 - \gamma_1} = \frac{\varphi_3 - \varphi_1}{\varphi_2 - \varphi_1}; \tag{1}$$

$$U = \frac{\gamma_i \varphi_i}{2}. \tag{2}$$

式中: $\gamma_i$ 为力矩; $\varphi_i$ 为扭转角; $U$ 为击针击发时势能。

火帽全发火最小能量为

$$E_f = E_0 e^{-0.1\nu}. \tag{3}$$

式中: $E_0$ 为火帽感度上限,即点火管刺穿势能上限, $E_0 = 0.08 \text{ N} \cdot \text{m}$ ;  $\nu$ 为击针撞击速度。

求得 $U$ 后,即可将 $U$ 和 $E_f$ 相比较,当 $U \geq E_f$ ,弹药发火可靠。根据式(3)可知, $E_f < E_0$ ,故只要 $U > E_0$ ,弹药就可发火。

1.2 点火管火焰长度测量

将标有刻度的标尺置于摄影机视场,图1为输出火焰长度试验原理的示意图<sup>[6]</sup>。火焰长度计算公式为式(4)。样本数量为10,取其平均值。通过计算点火管喷口至火焰边界所占像元个数与标尺所

占相元个数之比,得到输出火焰的长度<sup>[6]</sup>。

$$\frac{H}{h} = \frac{L_H}{L_h}. \tag{4}$$

式中: $H$ 为火焰长度; $h$ 为标尺长度; $L_H$ 为火焰所占像元个数; $L_h$ 为标尺长度为 $h$ 处所占像元个数。

1.3 点火管延期时间

点火管的延期时间是出手时刻到引燃主装药时刻的时间间隔。用计时器(精确至0.01 s)对样本弹药的延期时间进行测定,至少5枚,取其平均值。参照GJB 6721—2009<sup>[7]</sup>执行。

1.4 主装药组分分布

为了观察主装药各组分在体系中的分散情况,采用Carl Zeiss Evo-50型扫描电镜(SEM)对试样的表面形貌进行表征。

1.5 主装药安定性测试

采用德国耐驰公司生产的DSC204F1测试仪在室温至590℃的温度范围内,对试样的安定性进行测试。全程在氮气保护下进行,具体操作参照GJB5891.17—2006实施<sup>[8]</sup>。

1.6 作战效果测试

光强测试:将光强仪置于距炸点6 m处,对样弹爆炸时产生的闪光强度进行测试。试验参照GJB 5214.20—2003<sup>[9]</sup>进行。

声压测试:将声级计置于距炸点6 m处,对样弹爆炸时产生的声压进行测试。具体参照GJB 5214.21—2003<sup>[10]</sup>执行。

2 结果与讨论

2.1 发火机构可靠性分析

2.1.1 击发机弹簧能量

击发机弹簧是弹药发火机构的重要组成部分,通过击针轴与击针连接并固定于击发座(图2)。

弹簧平时处于张紧状态而具备足够的势能;击发时,弹簧在扭矩的作用下带动击针高速翻转,撞

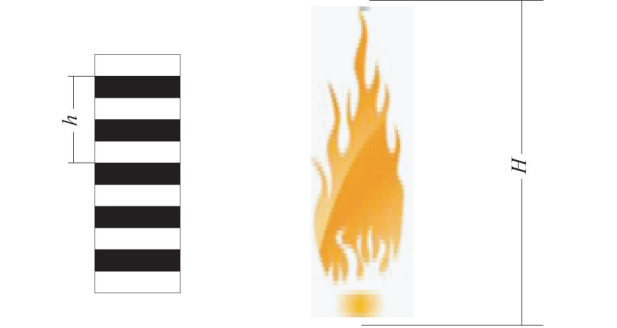
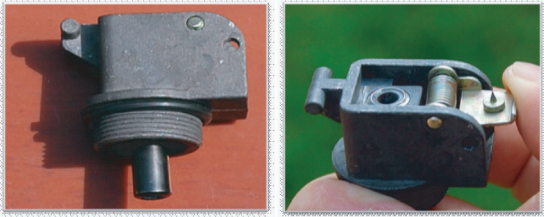


图1 火焰长度试验原理示意图<sup>[6]</sup>

Fig. 1 Schematic diagram of test principle for flame length



(a) 正视图 (b) 俯视图

图2 击发座及组件实物

Fig. 2 Real object of firing device and its element

击并刺穿点火管的火帽,从而启动点火序列。因此,弹簧势能的大小是防暴弹药能否成功点火的直接决定因素。但是在一般情况下,弹簧的势能会随张紧时间的延长而降低,很大程度上影响着弹药使用的可靠性能。

某型强光爆震弹储存 3、5、8 a 及新品的弹簧势能测试结果如表 1 所示。从表 1 中所测数据不难发现:所测弹簧的最小势能和平均势能均随储存时间的延长单调衰减,其变化趋势与预测情况保持一致;这是金属元器件长期疲劳的正常现象。同时发现,储存满 3、5 a 和 8 a 的弹簧势能平均值是点火管刺穿势能上限  $E_0$  (0.08 N·m) 的 6.2 倍、5.7 倍和 5.4 倍,而样弹储存 8 a 后弹簧的最小势能仍然是  $E_0$  的 4.2 倍;这充分表明,储存期内,该类弹药在弹簧扭矩作用下能够实现可靠点火。

表 1 击发机弹簧势能测试结果

Tab. 1 Potential energy results of percussion lock spring

储存时间/ a	平均势能/ (N·m)	最小势能/ (N·m)	结果 判定
0	0.557	0.534	合格
3	0.495	0.396	合格
5	0.455	0.347	合格
8	0.434	0.338	合格

2.1.2 点火管火焰长度

测试弹药点火时采取径向方式,在点火管点燃的基础上,发出的火焰应穿过传火管而贯穿整个防暴弹,这样才能确保主装药被点燃,故火焰长度应 $\geq 126$  mm(弹长)。样弹储存 3、5、8 a 及新品的点火管火焰长度及发火率测试结果如表 2 所示。由于样品数量有限,点火管发火率按样本数量 10 计算,故会存在偶然性。

试验过程中,5 a 内的所有受试试样的点火管全部发火;并且从图 3 曲线中容易看出,最短和平均火焰长度随储存时间的延长略有降低,但浮动幅度较小,最大分别为 5.0% 和 6.1%;同时,储存后弹药的平均火焰长度分布在 292~309 mm 之间,远

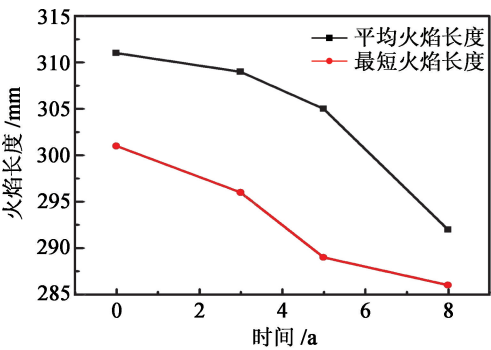


图 3 储存时间对点火管火焰长度的影响

Fig. 3 Effect of storage time on flame length of ignition

远大于样弹的弹长 126 mm,因此能够确保弹药发射时被成功点燃。

2.1.3 点火管延期时间

点火管恰当的延期时间是防暴弹药能够安全投至作战区域并发挥作战效能的保证;若延期时间过短,则出现早爆现象,甚至会在投掷人员近身处爆炸而造成安全事故;相反,若延期时间过长,弹药在落地时仍未起爆,未能及时达到作战状态而贻误战机,还可能给对方捡拾并反投留有充足时间。在该类弹药战术技术指标中,要求点火管延期时间为  $(3.0 \pm 0.5)$  s。某型强光爆震弹储存 3、5、8 a 及新品的点火管延期时间变化趋势分别如表 3 和图 4 所示。

测试结果表明:样弹点火管的延期时间随储存时间的延长而递增,这是由于在内外等多种因素的综合影响下,点火管中延期药剂感度随时间延长而降低所引起的。对储存满 5 a 的样弹而言,其点火平均、最短和最长延期时间分别为 3.31、2.93 s 和 3.45 s,均处于 2.5~3.5 s 范围之内,符合规定要求,

表 3 点火管延期时间的测试结果

Tab. 3 Delay time results of ignition

储存时 间/a	平均延期 时间/s	最短延期 时间/s	最长延期 时间/s
0	3.10	2.63	3.25
3	3.26	2.85	3.36
5	3.31	2.93	3.45
8	3.46	3.12	3.60

表 2 点火管火焰长度的测试结果

Tab. 2 Flame length data of ignition

储存时间/a	平均火焰长度/mm	变化率/%	最短火焰长度/mm	变化率/%	点火管发火率/%
0	311	0	301	0	100
3	309	0.6	296	1.7	100
5	305	1.9	289	3.6	100
8	292	6.1	286	5.0	90

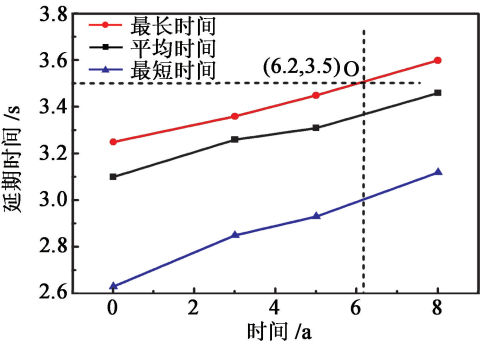


图4 储存时间对点火管延期时间的影响

Fig.4 Effect of storage time on delay time of ignition

为弹药作战效果的正常发挥提供了保证。另外,对于储存8 a的样本,其平均延期时间和最短延期时间均在指标要求范围之内,仅有最长的延期时间超出上限0.10 s。从图4中可推出,当最长延期时间为3.5 s时,相应的储存时间可达6.2 a;该结果可间接表明:在可靠点火的前提下,该弹药的使用期存在延长的潜力。

2.2 主装药安定性分析

2.2.1 主装药的 SEM 分析

图5(a)~图5(d)分别为防暴弹药原主装药(标准试样,0 a)和储存了3、5 a及8 a后的主装药的SEM照片。

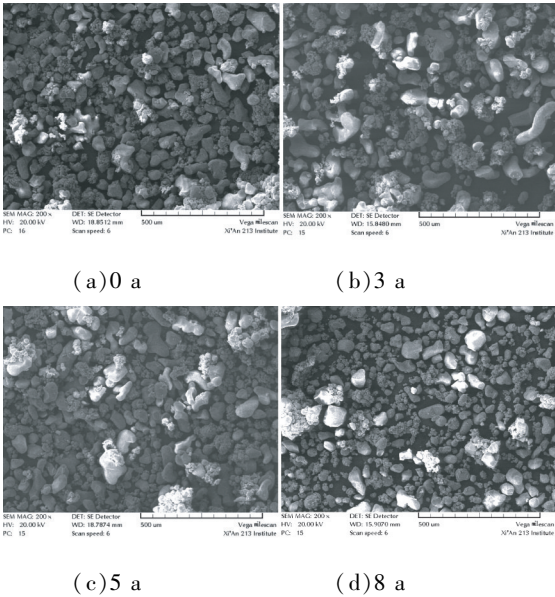


图5 主装药各组分不同储存年限的SEM照片

Fig.5 SEM images for different storage times of each component in main charge

通过对图5中4幅图片的比较可以得出:体系中主装药剂各组分经过不同时间储存后,分散状况没有出现明显变化,整个体系均匀一致。这可以间接说明主装药剂各组分之间具有较好的稳定性,是

使用过程中发挥正常战术作用的前提和基础。

2.2.2 主装药的 DSC 分析

安定性是防暴弹药主装药在一定储存时间内,保持其物化性质及爆炸等烟火效应不致发生改性的能力,是反映药剂分解难易程度的重要衡量指标,对装备的安全储存和可靠使用作用重大<sup>[11]</sup>。

于10℃/min的升温速率下,对标准试样和经过储存3、5 a和8 a的主装药安定性能进行测试,具体DSC曲线如图6所示。

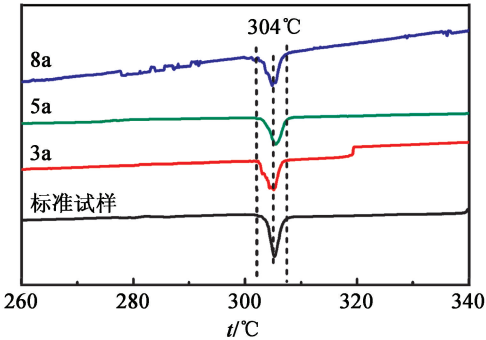


图6 不同储存时间主装药的DSC曲线

Fig.6 DSC curves of main charges with different storage times

从图6可以非常清晰地看出,受试试样的DSC曲线中均有明显的熔融吸收峰,集中于304℃左右;经过不同时间储存后,主装药的熔融吸收峰虽略有移动,但储存8 a后起始熔点和完全熔融温度的变化幅度 $\Delta t$ 均较小(表4),分别为1.77℃和0.55℃,二者均小于2℃;故可推断,受试主装药的原始组分配方设计科学,在长期储存过程中具有较好的安定性能,为该弹药的可靠使用提供了根本保障。

表4 不同储存时间主装药的DSC测试结果

Tab.4 DSC results of main charges with different storage times		
储存时间/a	起始熔点/℃	完全熔融温度/℃
0	302.07	304.62
3	302.56	305.05
5	303.43	305.48
8	303.84	305.17
$\Delta t/^\circ\text{C}$	1.77	0.55

2.3 作战性能

受试防暴弹爆炸时产生的发光强度和声压级别是其重要的性能和作战效果衡量指标。根据脉冲噪声对人耳的损伤声压和威慑声压<sup>[12]</sup>以及人眼的闪光刺激辐射能量,该弹药的战术技术指标中规定:距爆心6 m处的爆炸声压范围为120~140 dB、发光强

度范围为  $10^7 \sim 10^8 \text{ cd}^{[13]}$ 。受试样弹的平均声压和光强测试数据如表 5 所示。

表 5 受试弹药光强和声压的测试结果

Tab.5 Luminous intensity and sound pressure of the tested ammunition

储存时间/a	平均声压/dB	平均光强/cd
0	139	$7.0 \times 10^7$
3	137	$5.8 \times 10^7$
5	131	$5.1 \times 10^7$
8	123	$4.5 \times 10^7$

表 5 的测试结果表明,受试样弹爆炸后产生的声响和闪光强度随着储存时间长度的增加而降低,但是二者的变化程度均不明显,平均声压和光强分别分布在 123 ~ 139 dB 和  $4.5 \times 10^7 \sim 7.0 \times 10^7 \text{ cd}$  范围,符合战术技术指标要求,即在保质期内乃至超期 3 a 后均有显著的作战效果。这进一步反映出该弹药的主装药剂具有很强的安定性能,与 DSC 测试和 SEM 照片的结果一致。

3 结 论

以某型强光爆震弹的不同储存时间样弹为样本,对其在使用期内和满使用期的可靠性进行研究,所得结论如下:

1)由发射机构的测试结果得知:储存期内和超出储存期 3 a 的击发机弹簧及点火管依然具有足够的势能 and 火焰输出,能够确保该类弹药使用过程中的可靠击发。

2)主装药 SEM 图片和 DSC 曲线研究表明:主装药经过 5 a 甚至 8 a 的储存后,各组分在体系中分散均匀、没有明显的聚集和皲裂现象,这与 DSC 测试结果一致,表明主装药剂配方设计科学合理,品质未随时间的推移而发生显著变化。

3)由距爆心 6 m 处的爆炸声压和光强的测试结果可以看出:在不同储存阶段,该类弹药的作战效果均符合战术技术指标要求。

综上所述,某型强光爆震弹在使用年限内(5 a)具有极好的安全可靠性能,能够确保作战时预期的战术效能;通过研究分析认为,该类弹药的使用期初步表现出潜在的延长可能性。

参 考 文 献

[1] 班超. 非致命弹药发展综述[J]. 化学工程与装备,

2016(1):185-187.

[2] 庞维强,樊学忠. 非致命武器在反恐中的应用进展及发展趋势[J]. 国防技术基础,2009(3):46-50.

[3] 蒋大勇,白云. 某型强光爆震弹的处废方式研究[J]. 爆破器材,2016,45(6):26-31.

JIANG D Y, BAI Y. Study on destruction methods for abandoned flashbang ammunition [J]. Explosive Materials,2016,45(6):26-31.

[4] 严楠,蔡瑞娇,华光. 针刺火工品的动态发火性能研究[J]. 兵工学报,1994(4):20-24.

YAN N,CAI R J,HUA G. A study on the dynamic firing performances of stab initiation explosive devices[J]. Acta Armamentarii,1994(4):20-24.

[5] 严楠,蔡瑞娇,华光. 动态针刺起爆实验与理论研究的新进展[J]. 火工品,1994(1):1-11.

YAN N,CAI R J,HUA G. New progresses on the experimental and theoretical research of dynamic stab initiation [J]. Initiators & Pyrotechnics,1994(1):1-11.

[6] 李博. 催泪弹贮存失效特性与寿命趋势预测研究[D]. 西安:武警工程大学,2014.

[7] 中国人民解放军总参谋部军训和兵种部. 刺激剂防暴弹药退役与销毁要求:GJB 6721—2009[S]. 北京:总装备部军标出版发行部,2009.

[8] 中国兵器工业集团公司. 火工品药剂试验方法:第 17 部分 相容性试验 差热分析和差示扫描量热法:GJB 5891. 17—2006 [S].

China North Industries Group Corporation Limited. Test method of loading material for initiating explosive device: Part 17 Compatibility test Method of DTA and DSC:GJB 5891. 17—2006 [S].

[9] 中国兵器工业集团公司. 特种弹效应试验方法:第 20 部分 声光弹发光强度试验:GJB 5214. 20—2003 [S].

China North Industries Group Corporation Limited. Test method of function for special projectile:Part 20 Luminous intensity test for sound-light stun grenade: GJB 5214. 20—2003 [S].

[10] 中国兵器工业集团公司. 特种弹效应试验方法:第 21 部分 声光弹声压级试验:GJB 5214. 21—2003 [S].

[11] 范小花,蔡治勇,易俊,等. 烟火剂安定性的影响因素分析[J]. 爆破器材,2009,38(2):38-40.

FAN X H, CAI Z Y, YI J, et al. Analysis of influencing factors on the stability of pyrotechnic composition [J]. Explosive Materials, 2009,38(2):38-40.

[12] 刘禄胜,卢志刚. 从声光的特性看声光弹药[J]. 轻兵器,2002(12):14-15.

[13] 秦华杨. 闪光爆震弹装药设计研究[D]. 西安:武警工程大学,2014.