

文章编号: 1006-9941(2006)03-0218-03

发射药对射钉弹穿透性能的影响

田 新

(宜宾北方川安化工有限公司, 四川 宜宾 644219)

摘要:以射钉穿透能力为依据,对影响射钉弹发射药性能相关参数进行了试验研究。结果表明,在其它试验条件不变的条件下,适当降低发射药堆积密度、适当提高发射药中硝化棉(NC)含氮量、选用恒面燃烧的扁型药、降低发射药粒度均有利于提高射钉的穿透能力。

关键词:应用化学;射钉弹;穿透性能;药型尺寸;粒度;燃速

中图分类号:TJ55;O69

文献标识码:A

1 引 言

射钉弹作为一种新型的紧固器材,利用火药为能源,取代了铆、焊等传统的紧固方法。具有高效、安全、快捷等特点,已广泛应用于建筑、造船及维修等领域。

双基球形药作为射钉弹用发射装药,目前已相当成熟。穿透性能是衡量射钉弹质量的一个重要指标。其穿透性能的好坏,直接反映射钉弹的威力大小。目前国内生产的射钉弹与 Winchester、Hillt 等公司的产品相比较,常常显得威力不足,这已成为制约国内产品进入国际市场的一个重要原因。由于射钉器的结构特点,其一射钉枪的身管很短,火药在有限的时间内难以完全充分燃烧,使其能量不能得到有效的利用从而影响穿透性能;其二射钉弹弹壳容积较小,有效装药空间一般在 0.2 cm^3 左右,无法通过增加装药量来提高穿透性能,所以发射装药就成为影响射钉弹威力的关键因素,通过合理的装药设计和装药技术,控制火药装药的燃烧过程,可以有效地调节燃气的生成速率^[1];改善发射药的燃速,能使发射装药燃烧更加充分,提高火药的能量利用率,改善射钉弹的穿透性能,国内的相关研究鲜有报道。本文就双基球形药的堆积密度、化学成分、药型尺寸、粒度等对射钉弹穿透性能的影响进行了研究,以期提高射钉弹的威力。

2 试 验

2.1 方 法

采用对比法,每次取两组试样进行 10 发交叉穿透试验。

2.2 器 材

南山牌 SD603 射钉器,南山牌射钉,S1 弹壳,不同厚度的 A3 钢板,各种自制的双基球形药。

3 结果分析

3.1 堆积密度的影响

同一配方,两种不同堆积密度的双基球形药的穿透试验结果见表 1,穿透性能用钉头高度表征。钉头高度越小,穿透性能越好。从表 1 的试验数据可以看出,1#样与 2#样在能量水平和药型尺寸相近的条件下,其穿透性能随着堆积密度的降低而提高。造成这种差异的根本原因在于其真密度的不同。

表 1 堆积密度对穿透性能的影响

Table 1 Effect of bulk density on the penetrability of powder loads

| No. | bulk density / $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ | $Q^{(1)}$ / $\text{J} \cdot \text{g}^{-1}$ | grain size/mesh | loading capacity/mg | test numbers | $H^{(2)}$ /mm |
|-----|---|---|--------------------|------------------------|-----------------|------------------|
| 1 | 0.97 | about 5300 | 40 ~ 100 | 200 | 10 | 3.1 |
| 2 | 0.93 | about 5300 | 40 ~ 100 | 200 | 10 | 1.9 |

Note: 1) represents isochoric heat of explosion; 2) represents average height of nailhead.

从物理学的公式可知: $\rho_{\text{真}} = \rho_{\text{堆}} / V_{\text{真}}$
式中, $\rho_{\text{真}}$ 为火药的真密度; $\rho_{\text{堆}}$ 为火药的堆积密度; $V_{\text{真}}$ 为 1 cm^3 球型药中火药的真实体积。

由于 1#、2# 样的药型尺寸及粒度分布基本一致, $V_{\text{真}1} \approx V_{\text{真}2}$, 而 $\rho_{\text{堆}1} > \rho_{\text{堆}2}$, 所以 $\rho_{\text{真}1} > \rho_{\text{真}2}$, 说明 2# 样的真密度小于 1# 样, 对于配方和药型基本一致的火药, 其真密度的降低就意味着火药的药质变疏松和比表面积增大。药质疏松的火药在燃烧过程中, 火焰更容易向火药内部传播, 从而使火药燃速加快; 比表面积增大就意味着火药的初始燃面增加。这两者都有利于火药装药的完全燃

收稿日期: 2005-11-07; 修回日期: 2006-01-16

作者简介: 田新(1967-), 男, 高级工程师, 从事火化工生产与开发工作。e-mail: xiytx@sina.com

烧,所以,2#样比 1#样的火药装药燃烧得更加完全,残渣更少,火药的能量得到更加充分的应用,平均钉头高度由 3.1 mm 下降到 1.9 mm,比 1#样表现出更好的穿透性能。

3.2 NC 含氮量的影响

NC 含氮量对穿透性能的影响见表 2。由表 2 可

见,3#和 4#样能量水平、药型尺寸和堆积密度基本一致,但 4#样穿透性能比 3#样好,钉头高度仅为 2.2 mm。这说明,NC 含氮量高的 4#样与 NC 含氮量低的 3#样相比较具有较高的燃速,因此 4#样的火药装药比 3#样的火药装药燃烧得更完全,穿透钢板时的威力更大。

表 2 NC 含氮量对穿透性能的影响

Table 2 Effect of the nitrogen content of NC on the penetrability of powder loads

| No. | bulk density/ $g \cdot cm^{-3}$ | nitrogen content of NC/% | $Q^1/J \cdot g^{-1}$ | grain size/mesh | loading capacity/mg | test numbers | H^2/mm |
|-----|---------------------------------|--------------------------|----------------------|-----------------|---------------------|--------------|----------|
| 3 | 0.94 | 11.8 | about 5200 | 40 ~ 100 | 200 | 10 | 4.1 |
| 4 | 0.94 | 13.25 | about 5200 | 40 ~ 100 | 200 | 10 | 2.2 |

Note: 1) represents isochoric heat of explosion; 2) represents average height of nailhead.

根据美国 T2 和 SU 两种火药配方燃速数据的比较^[2],可以说明这一点。T2 和 SU 两种配方火药成分相近,其爆热 T2 为 $3858 J \cdot g^{-1}$,SU 为 $4054 J \cdot g^{-1}$,密度均为 $1.58 g \cdot cm^{-3}$ 。T2 火药中的 NC 含氮量为 13.25%,SU 火药中的 NC 含氮量为 12.2%,但是在 25 °C,6.86 MPa 下测得的燃速 T2 为 $9.9 mm \cdot s^{-1}$,SU 为 $7.9 mm \cdot s^{-1}$ 。前者明显高于后者,说明 NC 含氮量的增加,有利于火药燃速的提高。虽然射钉弹中火药的工作压力远远高于几兆帕,但含有高氮量 NC 的火药比含低氮量 NC 的火药有较高燃速,这种趋势不会改变。

3.3 药型尺寸的影响

双基球形药和双基球扁药的穿透试验结果见表 3。由表 3 可见,6#样比 5#样的穿透能力强,这可由内弹道知识进行解释。

表 3 药型尺寸对穿透性能的影响

Table 3 Effect of explosive shape on the penetrability of powder loads

| No. | $Q^1/J \cdot g^{-1}$ | density/ $g \cdot cm^{-3}$ | explosive shape | loading capacity/mg | test numbers | H^2/mm |
|-----|----------------------|----------------------------|--|---------------------|--------------|----------|
| 5 | about 5300 | 1.6 | 40 ~ 100 mesh, spheroid | 200 | 10 | 3.0 |
| 6 | about 5300 | 1.6 | 40 ~ 60 mesh, oblate spheroid $2e = 0.18$ | 200 | 10 | 2.0 |

Note: 1) represents isochoric heat of explosion; 2) represents average height of nailhead.

根据内弹道的知识知道,球形火药的燃烧为典型的减面燃烧,片状火药在燃烧过程中基本为恒面燃烧^[3]。其在膛内工作的 $p-t$ 曲线如图 1 所示。

由图 1 可以看出,当装药为球形药(5#样)时,被点燃后,压力迅速上升至最高膛压(曲线 1),随着活塞向前推进,一是膛内的体积不断增大,二是球形火药的燃

烧面积不断减小导致气体的生成量不断减少,造成膛内压力迅速下降。当装药为片状药(6#样),则发生恒面燃烧,气体的生成量变化不大,仅仅是因膛内体积的增大,使其压力降低(曲线 2),所以压力下降相对缓慢。

根据 $p-t$ 曲线计算冲量,结果表明, $I_1 < I_2$ 。从物理学的原理知道冲量等于动量的增量^[4]。所以, $m\Delta V_1 < m\Delta V_2$ (其中 m 为射钉的质量), $\Delta V_1 < \Delta V_2$,由此可以看出与 5#样相比,6#样可以给射钉提供更高的出口速度,故而穿透能力较强。

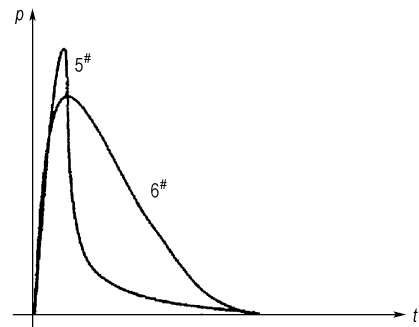


图 1 两种药型的膛压-时间曲线图

Fig. 1 $p-t$ curves of two explosives

3.4 粒度对穿透性能的影响

粒度对穿透性能影响的试验结果见表 4。

表 4 粒度对穿透性能的影响

Table 4 Effect of grain size on the penetrability of powder loads

| No. | bulk density/ $g \cdot cm^{-3}$ | $Q^1/J \cdot g^{-1}$ | grain size/mesh | loading capacity/mg | test numbers | H^2/mm |
|-----|---------------------------------|----------------------|-----------------|---------------------|--------------|----------|
| 7 | 0.95 | about 5300 | 40 ~ 100 | 190 | 10 | 5.0 |
| 8 | 0.95 | about 5300 | 60 ~ 140 | 190 | 10 | 2.1 |

Note: 1) represents isochoric heat of explosion; 2) represents average height of nailhead.

从表4可以看出,药料的平均粒度减小,穿透性能明显增强,主要原因:一是平均粒度减小,药料的比表面积增大,在相同装药量的情况下,初始燃烧面积增大,在同样的时间内,产生的气体多,故而膛压升高,火药的燃烧速度随着压力的增加而增大,有利于火药装药的完全燃烧;二是药粒的平均直径减小,药料的燃烧弧厚减小,在相同的条件下火药燃完的时间减少。因此8#样比7#样燃烧得更完全,有利于火药能量的充分利用,所以相同的时间内,能够提供更多的火药燃气用于射钉的穿透。因而8#样的穿透性能远远好于7#样。

4 结论

(1) 在其它条件相近的前提下,发射药堆积密度适当降低有利于射钉弹穿透性能的提高。

(2) 用高氮量的NC取代双基球形药中的低氮量NC,会提高射钉弹的穿透性能。

(3) 调整药型尺寸,调整弧厚或改变粒度等,可改善射钉弹的穿透性能。

参考文献:

- [1] 徐复铭,王泽山. 重视创新,实现火炸药的跨越式发展[J]. 火炸药学报,2001,24(2): 3.
- XU Fu-ming, WANG Ze-shan. Stressing innovation for overleaping development of explosives and propellants [J]. *Chinese Journal of Explosives and Propellants*, 2001, 24(2): 3.
- [2] 陆安舫,李顺生,薛幸福. 国外火药性能手册[M]. 北京:兵器工业出版社,1991.
- [3] 张柏生. 火炮与火箭装药内弹道原理[M]. 北京:北京理工大学出版社,1997.
- [4] 程守洙,江之永. 普通物理学(第四版)[M]. 北京:高等教育出版社,1982.

Influence of Gun Propellant on the Penetrability of Powder Loads

TIAN Xin

(Yibin North Industries Chuan An Chemical Corporation, Yibin 644219, China)

Abstract: Based on the penetrability of powder loads, the relative parameters affecting characteristics of gun propellant for powder loads were studied. The results show that the penetrability of powder loads can be improved when suitably reducing bulk density and grain size of gun propellant, increasing nitrogen content of NC and choosing oblate spheroid explosive respectively under the constant test conditions.

Key words: applied chemistry; powder load; penetrability; explosive shape; grain size; burning rate

(上接 194 页)

- [8] 孙承纬,卫玉章,周之奎. 应用爆炸物理[M]. 北京:国防工业出版社,2000.
- [9] 经福谦. 实验物态方程导引(第二版)[M]. 北京:科学出版社,1999.
- [10] <http://www.soarise.com/>, 外国公司 PFA 技术指标[OL].
- [11] Laurence E F, Souers P C. BKWC: An empirical BKW parametrization-based on cylinder test data[J]. *Propellants, Explosives, Pyrotechnics*, 1996, 21: 215-223.
- [12] Dobtatz B M, Crawford P C. Explosive handbook properties of chemical explosives and explosive stimulants[M]. UCRL-52997-chg.2.

Manufacture of Low Equivalent Liquid Explosive Lens without Lead

LI Sai-nan, ZHOU Xian-ming, YUAN Suai, SONG Ping, WANG Wei, YEI Su-hua

(Institute of Fluid Physics, CAEP, Mianyang 621900, China)

Abstract: By using Teflon as the rectifying plate, a kind of low equivalent liquid explosive lens with nitromethane was designed. The results of dynamic tests and numerical simulations show that except the inert rectifying plates have effect on the retardation of the explosive shock wave, the difference of velocity of detonation for booster pellet and nitromethane, and strong detonation are the main factors to influence the lens wave. The experimental results indicate that the strong detonation can be reduced by decreasing the thickness of booster pellet.

Key words: explosion mechanics; detonation wave; liquid explosive len; strong detonation