

文章编号: 1006-9941(2007)06-0597-03

增能钝感单基药的燃烧特性

梁勇, 王琼林, 于慧芳, 刘少武, 张远波, 李丽

(西安近代化学研究所, 陕西 西安 710065)

摘要: 为了优化单基药的弹道性能, 对其进行了改性研究。对 11/7 单基药进行硝化甘油浸渍及聚酯类材料阻燃处理, 得到一种增能钝感单基药。利用点火试验装置及密闭爆发器对该类型发射药进行了点火及燃烧性能试验, 点火试验结果表明: 与原单基药对比, 增能后的发射药点火延迟时间从 5.8 ms 缩短到 4.1 ms, 增能钝感后的发射药点火延迟时间从 5.8 ms 延长到 45.5 ms 以上; 密闭爆发器试验中增能钝感前后发射药燃烧时间与点火试验中点火延迟时间的变化趋势相同(原单基药为 9.5 ms, 增能后为 8.5 ms, 增能钝感后为 10.86 ms 以上), 增能后的发射药与原单基药相比具有一定的渐增性燃烧特性。

关键词: 应用化学; 发射药; 增能; 钝感; 点火; 渐增性燃烧

中图分类号: TJ55

文献标识码: A

1 引言

单基发射药的能量较低, 用于武器中弹丸威力小, 对其进行钝感处理后, 对提高弹丸初速有一定效果^[1]。但这种钝感的单基发射药总体能量较低, 不能满足现代武器的威力要求。20 世纪 90 年代由瑞士开发成功的挤压浸渍发射药 (extruded impregnated propellant, EI 发射药) 解决了钝感药能量低的问题^[2-3]。该钝感技术使用了含能材料、高分子钝感剂和新型制备工艺, 制备的发射药具有温度系数低、燃速渐增性强等优点, 钝感药的燃速渐增性较强即可望提高示压效率。国内未见此类发射药研究报道, 本研究参考文献[2-3], 制备了增能钝感发射药样品, 对它的燃烧特性进行了初步研究。

2 实验

2.1 样品制备

空白发射药为 11/7 单基药, 选用硝化甘油为增能剂, 选用聚酯类阻燃剂。在三口烧瓶中, 采用水相搅拌法工艺完成三个样品的增能处理。1 号样品经烘药、晾药完成样品准备, 2 号、3 号两个样品是在 1 号样品基础上加入不同阻燃剂含量采用水搅拌钝感工艺而成, 3 号样品阻燃剂含量稍高于 2 号样品。

2.2 燃烧性能表征及试验

2.2.1 样品燃烧性能表征

对传统未阻燃发射药, 常用 I 函数来评价其燃速

渐增性^[4], 而对阻燃发射药人们常用一种更便于计算的 L 函数来评价其燃速渐增性^[5], 因此阻燃发射药的燃速渐增性可用 L (发射药燃烧活度) - B (相对压力, 即某点压力与最高压力之比) 曲线来表征。为了使燃速渐增性数量化, 这里采用发射药燃烧分裂点处的 $L(B_a)$ 值与某中间点处 $L(B_b)$ 值之差 ΔL 来表征发射药的燃速渐增性: $\Delta L_{a-b} = L(B_a) - L(B_b)$, B_a 为燃烧分裂点处相对压力, B_b 为某中间点处相对压力。对于发射药药粒燃烧散布的大小可用分裂点位置反映, 即可用分裂点 B_a 值来反映多孔药粒燃尽的一致性^[6], 阻燃发射药与未阻燃发射药的 B_a 差值反映了阻燃发射药阻燃层均匀性和点火性能变化的大小, $\Delta B_a = B_a$ (阻燃发射药) - B_a (未阻燃发射药)。

2.2.2 点火试验

为试验处理后样品的点火性能, 采用可控点火参量模拟装置进行点火试验, 每个样品进行三发试验 (取平均值), 每发试验样品量为 10 g。点火条件是在自制底火 (0.3 g 二号硝化棉) 基础上, 增加 0.3 g 2 号小粒黑及 0.3 g 二号硝化棉 (为了对比说明点火条件影响, 有一组 3 号样品试验时没有额外增加二号硝化棉)。因为点火药燃烧建压为 5 MPa, 因此选择 5 MPa 作为各样品相对比较时的起始燃烧点。由于模拟装置点火条件与武器中实际情况差别较大, 因此试验结果只能用来相对比较样品的点火延迟时间。

2.2.3 密闭爆发器试验

将 1 号、2 号、3 号样品和空白药对比进行密闭爆发器试验, 密闭爆发器容积为 100 cm³, 试验样品装填密度为 0.2 g · cm⁻³, 采样间隔 0.04 ms, 点火药为二号硝化棉, 点火压力 10.98 MPa。每个样品均做了三发试验数

收稿日期: 2006-12-13; 修回日期: 2007-06-18

作者简介: 梁勇 (1976 -), 男, 工程师, 学士, 主要从事发射药配方与工艺研究。e-mail: edao3@sina.com

据(表2中数据为三发平均值), p_m 为燃烧最大压力, t_m 为样品点燃到 p_m 的时间。对 p_m 及 t_m 数据进行处理,得到 L - B 曲线及 ΔL_{a-b} 、 B_a 及 ΔB_a (B_b 值取0.10)值。

3 结果分析与讨论

3.1 增能与阻燃处理对发射药点火延迟时间的影响

常温点火试验样品的最高压力值 p_m 及延迟时间 t 见表1。

表1 点火模拟试验特征参数

Table 1 Characteristics of ignition test

sample	ignition condition	maximum pressure	
		p_m /MPa	delay time t /ms
blank	percussion cap + 0.3 g 2 [#] BP + 2 [#] NC	28.59	5.8
1	percussion cap + 0.3 g 2 [#] BP + 2 [#] NC	29.40	4.1
2	percussion cap + 0.3 g 2 [#] BP + 2 [#] NC	27.57	45.5
3	percussion cap + 0.3 g 2 [#] BP + 2 [#] NC	23.91	49.1
3	percussion cap + 0.3 g 2 [#] BP	21.82	101.7

分析表1结果可知:

a. 与空白药相比,增能处理后的1号样品点火延迟时间短,阻燃处理后的样品点火延迟时间较长,阻燃剂含量较高的3号样品时间长于阻燃剂含量较低的2号样品。

b. 试验样品中2号与3号点火延迟性相差不多,而与1号及空白样品相差很大,说明经阻燃处理后的样品起始燃烧状态变化明显,点火持续时间长。

c. 在底火基础上只采用小粒黑作为点火源,样品不易点燃,点火延迟时间长达101.7 ms;改善点火条件(增加适量硝化棉)后,延迟时间缩短一半以上,可减小到45.5 ms。

3.2 增能与阻燃处理对发射药燃烧渐增性的影响

四种样品的密闭爆发器试验结果及对相关数据处理得到 ΔL_{a-b} 、 B_a 及 ΔB_a 见表2, p - t 、 L - B 曲线分别如图1和图2所示。

分析表2中 t_m 及 p_m 数据可知,发射药经过硝化甘油浸渍处理后(1号样品)能量提高,燃烧时间缩短;再经过少量阻燃剂阻燃处理后(2号和3号样品)能量有所降低,燃烧时间延长,而且阻燃剂含量越高燃烧时间越长,这一规律从图1也可看出,而且前期燃烧缓慢。这一现象说明经过一定阻燃处理可以控制发射药样品的初始燃速,可根据这一点来调节发射药装药在不同武器中的应用。

表2中空白样品的 ΔL_{a-b} 结果为负值,而1、2、3号样品的 ΔL_{a-b} 结果均为正值,说明处理后的三个样品均

具有一定的燃速渐增性,几种样品的燃速渐增性顺序为,样品3 > 样品2 > 样品1 > 空白样品。从表2还可以看到,各样品的燃烧分裂点 B_a 从空白样品到样品3越来越小,分裂点差值 ΔB_a 的绝对值逐渐增大。即阻燃剂含量越高,燃烧分裂点 B_a 越小,差值 ΔB_a 越大,多孔药粒燃尽的一致性越差,这说明含阻燃剂的发射药阻燃层均匀性不好和点火性能差,并且阻燃剂含量越高均匀性和点火性能越差,各样品燃烧活度 L 变化情况见图2。

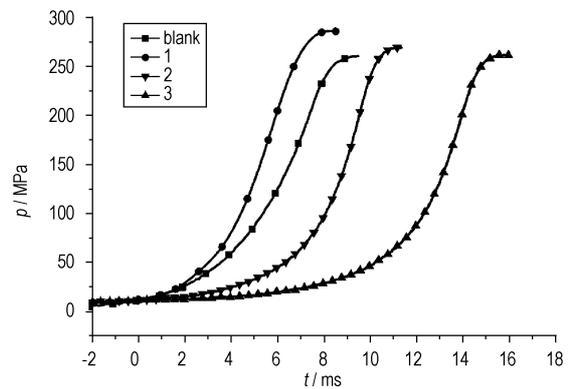


图1 处理样品与空白样品的 p - t 曲线

Fig. 1 p - t curves of disposed and original propellant

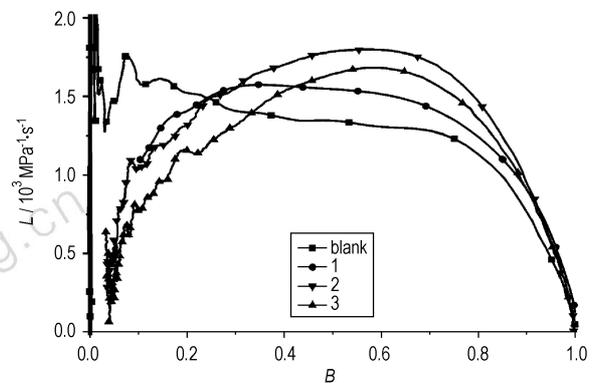


图2 处理样品与空白样品的 L - B 曲线

Fig. 2 L - B curves of disposed and original propellant

表2 密闭爆发器试验处理结果

Table 2 Disposed test results of the closed bomb

sample	t_m /ms	p_m /MPa	ΔL_{a-b} /MPa ⁻¹ · s ⁻¹	B_a	ΔB_a
blank	9.50	260.89	-0.36	0.75	0
1	8.50	286.93	0.33	0.69	-0.06
2	10.86	269.88	0.75	0.61	-0.08
3	13.96	261.87	0.90	0.58	-0.11

从图2中可以清楚地看出,空白样品活度在燃烧初始期高,在中后期呈下降趋势,说明空白样品起始燃

烧活度大,但在中高压区活度变小。将这种空白样品用于武器中,在药室中燃烧高压期出现早,随着弹后空间的增大及燃气生成速率的迅速减小,压力很快降低,使得药粒燃速减慢,在推动弹丸向枪炮口运动的过程中显得“后劲不足”,不能有效提高弹丸的初速。处理后的样品(1号、2号和3号样品)与空白样品相比均具有渐增性的燃速特性,其中样品2及样品3在中后期一直具有较好的燃速渐增性,燃烧活度要远远高于没有经过阻燃处理的样品。

分析处理后样品的燃烧活度变化情况,1号样品经过硝化甘油浸渍及洗涤处理后,药粒表面硝化甘油浓度低于次外层,因此与空白药相比起始燃速具有一定渐增性,在燃烧中后期由于硝化甘油高浓度层燃尽及燃面减小,因而燃烧活度降低;选用聚酯类阻燃剂处理后(即2号、3号样品),较大的分子不易进入因浸渍而几乎被密封的药粒内孔,使得初始燃烧从内孔开始,随着燃面变大生成气体量增多;另外药粒从外到内阻燃剂浓度由大到小形成一个梯度,起始外表面燃烧缓慢,药粒减面速度得到抑制,在燃烧中后期,阻燃剂不断减少,加速燃烧放出越来越多的气体,因而具有明显的渐增性。将这种增能钝感后的样品应用于武器中,在药室中燃烧高压期出现迟,随着燃烧的进行气体生成速率越来越大,弥补了弹后空间的增大,此时膛压不

降或降幅很小,为弹丸在身管中的运动提供了充足的动力,从而有效提高了弹丸的初速。

4 结 论

与空白样品相比,经过硝化甘油浸渍处理及阻燃处理的样品均有一定渐增性燃烧特性;燃烧中后期渐增性较好,阻燃剂含量高的比低的渐增性好;阻燃剂含量越高的样品点火性能越差,燃尽一致性越差,为获得较好的装药效果,阻燃剂含量不宜过大,但亦不宜过小。增能钝感发射药工艺条件优化尚待进一步研究。

参考文献:

- [1] 王琼林,杨文宝,郝宁. 国外发射药钝感包覆技术研究进展[J]. 火炸药,1994,(3): 40-43.
- [2] Beat Vogelsanger, Ulrich Schadel, Dominik Antenen, et al. A new nitroglycerine free and sensitiveness reduced propellant for medium caliber and mortar applications[C]//33rd ICT,2002.
- [3] Juhani Lumia, Juha Pursiainen, Rose A. High energy nitrocellulose propellant: Nitroglycerine enhanced single base[C]//The Sixth International Propellant Symposium, Picatinny Chapter of the American Defense Preparedness Association,14-17 November 1994.
- [4] 内弹道学[M]. 华东工学院编. 1973.
- [5] Swiss Federal. Propellant Plant,Improvement of Ballistic Performance with Surface-Coated DB Propellant[R].
- [6] 鲍廷钰. 内弹道势平衡理论及其应用[M]. 北京:国防工业出版社,1987.

Combustion Properties of the Energy-increased Desensitized Single-base Propellant

LIANG Yong, WANG Qiong-lin, YU Hui-fang, LIU Shao-wu, ZHANG Yuan-bo, LI Li

(Xi'an Modern Chemistry Research Institute, Xi'an 710065, China)

Abstract: A energy-increased desensitized propellant was obtained by dipping of nitroglycerine and addition of fire-retardant polyester materials into 11/7 single-base propellant. The tests were carried out in an ignition apparatus and a closed bomb. The results of ignition test show that ignition delay time of the energy-increased propellant decreases from 5.8 ms to 4.1 ms, while that of the energy-increased desensitized propellant increases from 5.8 ms to 45.5 ms. The results of the closed bomb show that combustion time of the original single-base propellant is 9.5 ms, the energy-increased propellant is 8.5 ms, and the energy-increased desensitized propellant is 10.86 ms, respectively. The energy-increased desensitized propellant has very progressive combustion properties.

Key words: applied chemistry; propellant; energy-increased; desensitized; ignition; progressive combustion