

文章编号: 1006-9941(2012)01-0080-03

## 消焰剂降低枪口火焰的研究

刘波, 郑双, 刘少武, 王锋, 张远波, 韩冰, 姚月娟

(西安近代化学研究所, 陕西 西安 710065)

**摘要:** 选择了硫酸钾、硝酸钾、新型钾盐 AK 和 BK 四种不同结构性能的消焰剂, 采用在钝感和包覆时加入的两种添加工艺制备出装药样品。通过 B 门照相法测试了枪口火焰, 进行了消焰剂影响降低枪口火焰的试验研究。结果表明, 同种消焰剂不同的添加工艺对降低枪口火焰作用不同, 钝感时加入消焰剂对降低枪口火焰作用大, 而包覆时加入消焰剂对降低枪口火焰作用小。与常规消焰剂硫酸钾、硝酸钾相比较, 新型钾盐 AK 和 BK 吸湿性小, 在相同含量相同添加方式下消焰效果好。同种消焰剂相同添加方式下含量越高, 消焰效果越好。

**关键词:** 应用化学; 枪口火焰; 消焰剂; B 门照相法; 钾盐

**中图分类号:** TJ55; O69; TQ562

**文献标识码:** A

**DOI:** 10.3969/j.issn.1006-9941.2012.01.019

### 1 引言

随着武器对内弹道性能要求的提高, 越来越多的武器发射装药采用了钝感包覆发射装药技术<sup>[1]</sup>。这种钝感包覆发射装药在提高武器内弹道性能的同时暴露出一些新的问题, 如: 夜晚枪口火焰大容易暴露目标, 从而影响安全。因此, 在战场上不容易暴露目标的新颖低枪口火焰发射装药技术将成为武器发射装药发展的一大趋势<sup>[2-5]</sup>。众所周知, 目前降低装药枪口火焰主要方法是向发射药中加入碱金属化合物如冰晶石、硫酸钾、硝酸钾等消焰剂, 或者是将硝酸钾、硫酸钾等钾盐消焰剂作为装药组件之一装入药筒消焰<sup>[6-7]</sup>。但是这些消焰剂吸湿性很大, 在装药过程中容易吸收空气中的水分而结块, 影响消焰效果<sup>[8-11]</sup>。关于消焰剂在发射药中的应用以及消焰剂的吸湿性问题, 最近几年研究的不是很多。因此, 开展不吸湿的新型高效消焰剂及其相应添加工艺有着十分重要的意义。

本研究将自行合成的两种新型含能的有机钾盐 AK 和 BK 以及传统的硝酸钾、硫酸钾应用于发射药装药中进行了对比, 结果表明所采用的新型钾盐 AK、BK 常温不吸湿, 具有较好的消焰性能。

收稿日期: 2010-11-24; 修回日期: 2011-03-09

作者简介: 刘波(1972-), 男, 在读博士, 主要从事发射药配方及工艺研究。e-mail: liubliw@163.com

### 2 实验部分

#### 2.1 消焰剂的性能

自行合成的两种新型有机含能钾盐 AK 和 BK 及传统硝酸钾、硫酸钾的主要性能见表 1, 其中溶解性能按照 GB/T21845-2008 进行, 吸湿性能按照 GJB770B-2005 火药试验方法 404.1 吸湿性干燥器平衡法进行。

表 1 钾盐性能

Table 1 The properties of potassium salts

flame inhibitor	potassium content/%	solubility at R. T.	moisture absorption at R. T.
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	44.0	large	large
KNO <sub>3</sub>	38.6	large	large
AK	25.9	small	small
BK	20.7	small	small

#### 2.2 样品制备

首先将钾盐 AK、BK、K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>、KNO<sub>3</sub> 研磨并过 150 目标准筛备用, 然后将双基吸收药(NC: 85.0%, NG: 13.0%, C<sub>2</sub>: 2.0%) 经成球、烘药、筛分、钝感、烘药等工序制备出钝感发射药, 接着通过包覆工艺制备成适用于 5.8 mm 通用普通弹发射药装药样品。在这里, 钾盐 AK、BK、K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>、KNO<sub>3</sub> 有两种加入方式, 一种是在钝感时加入, 称之为添加工艺 A; 另一种是在包覆时加入, 称之为添加工艺 B。

### 2.3 仪器与设备

(1) 采用符合 WJ2127 - 93 方法 102 规定的 5.8 mm 通用普通测速弹道枪及弹部件。

(2) 高速彩色电荷耦合器件 (CCD): 感光尺寸 1280 × 1024 点, 感光器类型为互补金属氧化物半导体 (CMOS), 感光点尺寸为 12 μm × 12 μm。

(3) DVR Express cl160 采集卡, 全分辨率格式下速度为 500 f/s, 最快速度为 5000 幅/s, 图象输出格式为 8bit 彩色或灰度。

### 2.4 测试方法

采用 B 门照相法进行枪口火焰性能评价。试验温度 (20 ± 2) °C, 相对湿度 (60 ± 15)%。采集速度 4000 f/s, 曝光速度 200 μs, 光圈 2.8, 增益为 98, 增益表示火焰面积的放大倍数。由专业图像软件测出长、宽并计算出火焰面积。火焰辐射温度由专业图像软件并通过一定的计算公式计算得出。

## 3 结果与讨论

### 3.1 消焰剂添加方式对枪口火焰的影响

消焰剂含量为 0.8% 时, 不同添加方式对枪口火焰性能的测试结果见表 2。

表 2 消焰剂添加方式对枪口火焰的影响

Table 2 Effect of adding pattern of flame inhibitors on the muzzle flame

flame inhibitor	adding pattern	flame temperature/K	flame area/mm <sup>2</sup>
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	A	2599	3963
	B	2632	4037
KNO <sub>3</sub>	A	2631	4081
	B	2675	4100
AK	A	2507	3903
	B	2577	3945
BK	A	2482	3895
	B	2519	3965

从表 2 可以看出, 采用同种消焰剂相同含量时, 添加工艺 B 中消焰剂对枪口火焰同样具有抑制作用, 但较添加工艺 A 的效果略差一些。这主要是由于在包覆工艺过程中消焰剂的量有一定的损失, 相当于降低了消焰剂的含量, 因此消焰效果差一些; 其次由于该工艺添加的钾盐在发射药的最外层, 延迟了钾盐的分解, 可能也是其消焰效果差的另一个原因。因此本文采用添加工艺 A, 即在钝感时加入消焰剂。

### 3.2 消焰剂种类对枪口火焰的影响

在消焰剂含量 0.8%, 添加方式为工艺 A 下, 不同种类的消焰剂对枪口火焰的影响结果见表 3。

表 3 消焰剂种类对枪口火焰的影响

Table 3 Effect of the type of flame inhibitors on the muzzle flame

flame inhibitor	flame temperature/K	flame area/mm <sup>2</sup>	absorption /%
/	3059	8068	/
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	2599	3963	1.78
KNO <sub>3</sub>	2631	4081	1.25
AK	2507	3903	0.43
BK	2482	3895	0.35

从表 3 可以看出, 对比未加消焰剂, 添加钾盐消焰剂可以使枪口火焰面积以及火焰温度有较大幅度的降低。消焰剂在发射时与火药燃气一同逸出枪口, 由于存在钾离子, 提高了 H<sub>2</sub>、CO 的着火点, 促使了气相链锁反应的断裂, 阻止了 H<sub>2</sub>、CO 与氧气的化学作用, 起到消焰的作用, 在这种环境下钾盐是一种负催化剂。

较常用的钾盐 K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>、KNO<sub>3</sub>, 新型含能钾盐 AK、BK 的枪口火焰面积小 100 mm<sup>2</sup> 左右, 而且火焰温度也低大约 100 K, 在消焰效果上具有一定的优势。这主要是因为采用的 AK、BK 消焰剂对产生枪口火焰的链式反应具有更强的负催化作用。其次, 尽管新型含能钾盐 AK、BK 中钾含量低 (表 1), 但它们常温下不溶于水, 具有较低的吸湿性能, 使得含新型含能钾盐 AK、BK 的发射药中实际钾含量高于含 K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>、KNO<sub>3</sub> 的发射药中的钾含量。

### 3.3 消焰剂含量对枪口火焰的影响

采用添加工艺 A, 不同含量新型钾盐 AK 和 BK 消焰剂的枪口火焰性能测试结果见表 4。

表 4 消焰剂含量对枪口火焰的影响

Table 4 Effect of content of flame inhibitors in DB propellant on the muzzle flame

flame inhibitor	content of flame reducer /%	flame temperature/K	flame area /mm <sup>2</sup>
AK	0.6	2614	4065
	0.8	2507	3903
	1.0	2320	3777
BK	0.6	2556	3994
	0.8	2482	3895
	1.0	2201	3724

从表4可以看出,对于同一种消焰剂,随消焰剂含量的增加,枪口火焰温度降低,火焰面积减小,主要是因为消焰剂中起消焰作用的有效成份是钾离子,其含量对其消焰作用起决定性的作用。随着消焰剂含量的增加,作为负催化作用的钾离子对阻止可燃气体与氧气发生化学反应的作用更强,从而消焰效果更明显。

## 4 结 论

(1) 同种消焰剂相同含量时,采用钝感时添加比在包覆时添加的消焰效果要好一些。

(2) 与常用消焰剂硫酸钾、硝酸钾相比较,新型钾盐 AK 和 BK 吸湿性小,常温不溶于水,在相同含量相同添加方式下消焰效果好,对降低火焰亮度的作用更强,降低火焰面积效果更明显。

(3) 对新型钾盐 AK 和 BK 而言,钾离子含量越高,其消焰效果越好。

### 参考文献:

- [1] 王琼林,刘少武,郝宁,等. 一种新型的聚合物钝感包覆发射药[J]. 兵工学报-火化工分册,1997(1): 28-30.  
WANG Qiong-lin, LIU Shao-wu, HAO Ning, et al. A new type of polymer deterrent-coated gun propellant[J]. *Acta Armamentarii - The Fascicule of Explosives & Propellants*, 1997(1): 28-30.
- [2] 中国北方化学工业总公司. 火炸药理论与实践[M]. 北京: 中国北方化学工业总公司, 2001.
- [3] 王宏,孙美,冯伟,等. 发射药枪口烟焰检测技术研究[J]. 火炸药学报, 2002, 25(2): 57-58.  
WANG Hong, SUN Mei, FENG Wei, et al. Study on the measurement technique for muzzle smoke and flash of deterred propellants[J]. *Chinese Journal of Explosives & Propellants*, 2002, 25

- (2): 57-58.
- [4] Beat Vogelsanger, Ulrich Schädeli, Dominik Antenen, et al.  $El^+$  - A new, nitro-glycerine free and sensitiveness reduced propellant for medium caliber and mortar applications [C] // 33rd International Annual Conference of ICT, Karlsruhe. 2002; 18/1-18/15.
- [5] Juhani Lumia, Juha Pursiainen, Rose Ammy. High energy nitro-cellulose propellant: nitroglycerine enhanced single base [C] // 6th International Propellant Symposium, New Jersey. 1994.
- [6] (美)路德维希·施蒂弗尔,著. 火炮发射技术[M]. 杨葆新,袁亚雄,译. 北京: 兵器工业出版社, 1993.
- [7] 吉丽坤,张丽华. 高分子消焰剂聚(N-丙烯酰基-甘氨酸钾)的合成及表征[J]. 化学推进剂与高分子材料, 2010, 8(3): 46-48.  
Ji Li-kun, ZHANG Li-hua. Synthesis and characteristics of poly(potassium N-acryloyl-glycinate) as macromolecular flame inhibitor [J]. *Chemical Propellants & Polymeric Materials*, 2010, 8(3): 46-48.
- [8] 王泽山,何卫东,徐复铭. 火药装药设计原理与技术[M]. 北京: 北京理工大学出版社, 2006.
- [9] 赵凤起,陈沛,杨栋,等. 含钾盐消焰剂的硝化棉基钝感推进剂燃烧性能研究[J]. 火炸药学报, 2000, 23(1): 10-13.  
ZHAO Feng-qi, CHEN Pei, YANG Dong, et al. Combustion properties of insensitive nitrocellulose based propellant containing potassium compounds as flash suppressors [J]. *Chinese Journal of Explosives & Propellants*, 2000, 23(1): 10-13.
- [10] 熊立斌,应三九,罗付生. 一种新型增燃球扁药的研究[J]. 火炸药学报, 2001, 24(4): 10-11.  
XIONG Li-bin, YING San-jiu, LUO Fu-sheng. A new method to improve the burning performance of oblate spherical propellant [J]. *Chinese Journal of Explosives & Propellants*, 2001, 24(4): 10-11.
- [11] 陈天云,吕春绪. 表面活性剂和添加剂降低硝酸铵吸湿性研究[J]. 火炸药学报, 1998, 21(4): 19-21.  
CHEN Tian-yun, Lü Chun-xu. Study on reducing an absorptivity with surface active agents and additives [J]. *Chinese Journal of Explosives & Propellants*, 1998, 21(4): 19-21.

## Research of Reducing the Muzzle Flame by Flame Inhibitor

LIU Bo, ZHENG Shuang, LIU Shao-wu, WANG Feng, ZHANG Yuan-bo, HAN Bing, YAO Yue-juan

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

**Abstract:** Four kinds of flame inhibitors with different structure and functionalities,  $K_2SO_4$ ,  $KNO_3$ , new potassium salts AK and BK were selected and the powder charge samples were made using two patterns of adding flame inhibitors in desensitized and coated course. The muzzle flames were tested with a B-shutter photography method. The effects of flame inhibitor on muzzle flame were experimentally studied. Results show that different adding patterns of the same flame inhibitors have different effect on reducing flame. The effects on reducing flame when adding in the desensitized course are better than that in the coated course. The new potassium salts AK and BK are not hygroscopic and have better effect on reducing muzzle flame than the common flame inhibitors,  $K_2SO_4$  and  $KNO_3$ . Under the conditions of same inhibitor and adding pattern, the more flame inhibitor adds, the better effect on muzzle flame reduces.

**Key words:** applied chemistry; muzzle flame; flame inhibitor; B-shutter photography method; potassium salt

**CLC number:** Tj55; O69; TQ562

**Document code:** A

**DOI:** 10.3969/j.issn.1006-9941.2012.01.019