

文章编号: 1006-9941(2010)06-0635-04

高分子钝感剂在两种发射药中的迁移性能

刘少武, 刘波, 郑双, 王琼林, 潘清, 张远波, 韩冰, 魏伦

(西安近代化学研究所, 陕西西安 710065)

摘要: 采用高分子钝感剂 NA 聚酯湿法钝感得到叠氮硝酸胺和高能硝酸胺两种钝感发射药, 用高温加速长贮寿命试验的方法来研究 NA 钝感剂在发射药中的迁移性能。利用密闭爆发器和内弹道试验法, 对加速长贮前后的两种钝感发射药动、静态燃烧性能进行研究, 结果表明, 加速长贮前后两种钝感发射药的爆热、 $p-t$ 曲线及内弹道性能没有明显变化。利用显微红外光谱法测定两种钝感发射药长贮前后 NA 钝感剂的浓度分布, 结果发现浓度分布也没有变化。表明 NA 钝感剂抗迁移能力强, 可以满足叠氮硝酸胺发射药和高能硝酸胺发射药的长贮性能要求, 用其制得的钝感发射药具有良好的弹道稳定性能。

关键词: 物理化学; 叠氮硝酸胺发射药; 硝酸胺发射药; 钝感剂; 迁移; 浓度分布

中图分类号: TJ55; O64

文献标识码: A

DOI: 10.3969/j.issn.1006-9941.2010.06.006

1 引言

发射药钝感处理始于 1943 年 Hirschfelder J O 的理论计算^[1], 该处理技术是在发射药表面层渗入钝感剂, 以减慢燃烧初期的气体生成速率, 当钝感层逐渐烧去时, 气体生成速率逐渐增大, 形成渐增性燃烧。钝感剂的分布及迁移是这类发射药研制中的关键因素^[2], 一方面钝感剂分布直接影响发射药的点火、燃烧、温度系数等性能; 另一方面, 发射药长期贮存中钝感剂的迁移作用, 将影响发射药的使用寿命和弹道寿命。因此, 研究钝感剂的迁移性能至关重要。

钝感剂迁移性评价方法大体上可以分为以下几类^[3]: (1) 采用密闭爆发器研究长贮前后定容燃烧性能的变化; (2) 内弹道实验检验长贮前后弹道性能的变化; (3) 长贮过程中钝感剂浓度分布变化。关于高分子钝感剂在发射药中的迁移性研究, Beat Vogel-sanger^[4-5] 采用 FTIR 考察了模拟长储条件下不同钝感剂在单基、双基火药中的扩散迁移和扩散系数; 潘清^[6-7] 采用显微红外光谱研究了改性单基发射药中聚酯钝感剂的扩散系数; 王琼林^[8] 采用密闭爆发器试验和内弹道试验法, 以 GR5 发射药为对象, 研究了钝感

剂分子量对发射药性能的影响。至于高分子钝感剂在叠氮硝酸胺发射药和高能硝酸胺发射药中的迁移性能研究, 还未见文献报道。

本实验通过密闭爆发器和内弹道试验测定了高分子钝感剂 NA 聚酯湿法钝感叠氮硝酸胺发射药和高能硝酸胺发射药高温加速长贮前后的爆热、 $p-t$ 曲线和内弹道性能, 并用显微红外光谱法测定了长贮前后钝感剂的浓度分布, 以此来研究高分子钝感剂 NA 聚酯在两种发射药中的迁移性能。

2 实验部分

2.1 样品制备

NA 聚酯、叠氮硝酸胺发射药、高能硝酸胺发射药由西安近代化学研究所提供。钝感方式采用湿法钝感。

将 NA 聚酯钝感的叠氮硝酸胺发射药和高能硝酸胺发射药在温度为 $(70 \pm 2)^\circ\text{C}$ 条件下的磨口烧瓶密闭贮存 130 d。

2.2 性能测试与表征

(1) 爆热

按 GJB770B-2005 方法 701.2 条进行。

(2) 密闭爆发器

在实验温度 20°C , 装填密度 $0.2\text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$, 点火药为 2 号 NC、药量 1.1 g, 点火压力 10 MPa 的条件下, 在密闭爆发器中测试长贮前后样品的静态燃烧性能, 得到 $p-t$ 曲线。

收稿日期: 2010-03-13; 修回日期: 2010-04-03

作者简介: 刘少武(1970-), 男, 副研究员, 主要从事发射药配方及工艺研究。e-mail: 446969559@qq.com

通讯联系人: 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

(3) 内弹道试验

两种钝感发射药长贮前后的样品,分别选用 5.8 mm 和 14.5 mm 弹道机枪进行内弹道试验。初速测试方法按 GJB349.4-87 进行,膛压测试方法按 GJB349.5-87 进行。

(4) 钝感剂浓度分布测试^[6-7,9-10]

采用德国 Micron HM350 型显微切片机进行样品制备,切片厚度 6 μm 。

采用美国 Thermo-Fisher 公司 Nexus870 型傅里叶变换红外光谱仪及 Continuum 红外显微镜对样品进行检测,扫描次数 120 次,分辨率 8 cm^{-1} ,光谱采集范围 $4000\sim 650\text{ cm}^{-1}$ 。

3 结果与讨论

3.1 爆热

NA 聚酯钝感的叠氮硝胺发射药 DA-1/09 和高能硝胺发射药 GR5-3/09 长贮前后的样品分别进行三次重复条件下爆热试验,性能数据见表 1 和表 2。

表 1 叠氮硝胺发射药加速长贮前后样品爆热

Table 1 Explosion heat of 1,5-diazo-3-nitrazapentane (DIANP) propellants before and after long-term storage

sample number	Q_1 $/\text{J}\cdot\text{g}^{-1}$	Q_2 $/\text{J}\cdot\text{g}^{-1}$	$\Delta Q=(Q_1-Q_2)$ $/\text{J}\cdot\text{g}^{-1}$
DA-(1/09)-1	3895	3868	27
DA-(1/09)-2	3886	3868	18
DA-(1/09)-3	3891	3866	25

Note: Q_1 is explosion heat before long-term storage, Q_2 is explosion heat after long-term storage.

表 2 高能硝胺发射药加速长贮前后样品爆热

Table 2 Explosion heat of nitramine propellants before and after long-term storage

sample number	Q_1 $/\text{J}\cdot\text{g}^{-1}$	Q_2 $/\text{J}\cdot\text{g}^{-1}$	$\Delta Q=(Q_1-Q_2)$ $/\text{J}\cdot\text{g}^{-1}$
GR5-(3/09)-1	4043	4015	28
GR5-(3/09)-2	4038	4013	25
GR5-(3/09)-3	4041	4025	16

从表 1 和表 2 中可以看出,NA 聚酯钝感的叠氮硝胺发射药在 $70\text{ }^\circ\text{C}$ 条件下贮存 130 d 后,爆热最大降低了 $27\text{ J}\cdot\text{g}^{-1}$; 而 NA 聚酯钝感的高能硝胺发射药在同样条件下,爆热最大降低了 $28\text{ J}\cdot\text{g}^{-1}$ 。两种发射药长贮前后的爆热变化不大,相对减少量仅为 0.7%,原因可能是随着贮存时间的增加,发射药中的含能物质

微量地从发射药基体中挥发了。结果表明在 $70\text{ }^\circ\text{C}$ 条件下贮存 130 d,发射药能量和组成没有明显变化。

3.2 密闭爆发器

NA 聚酯钝感的叠氮硝胺发射药 DA-1/09 和高能硝胺发射药 GR5-3/09 长贮前后密闭爆发器的 $p-t$ 曲线如图 1 和图 2 所示。

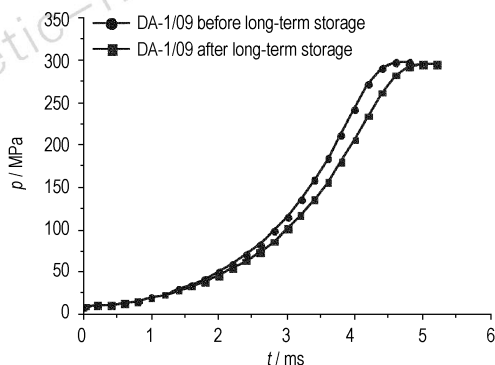


图 1 叠氮硝胺发射药长贮前后的 $p-t$ 曲线

Fig. 1 $p-t$ Curves of DIANP propellants before and after long-term storage

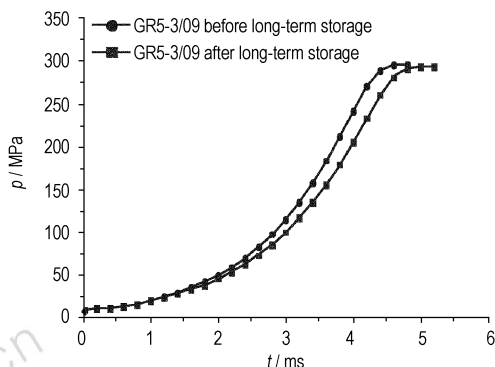


图 2 高能硝胺发射药长贮前后的 $p-t$ 曲线

Fig. 2 $p-t$ Curves of nitramine propellants before and after long-term storage

从图 1 和图 2 中可以看出,NA 聚酯钝感的叠氮硝胺发射药和高能硝胺发射药长贮后达到最大压力的时间略有增加,而最大压力与长贮前的最大压力相同,估计是由于长贮后爆热稍微降低造成的,但发射药燃烧特性没有发生明显变化。结果表明长贮后,NA 聚酯在发射药中未发生迁移变化,具有良好的抗迁移性能。

3.3 内弹道试验

NA 聚酯钝感的叠氮硝胺发射药和高能硝胺发射药长贮前后的样品,内弹道试验结果如表 3、表 4 所示,膛压、初速为五发平均结果。

表 3 叠氮硝胺发射药长贮前后内弹道性能

Table 3 Interior ballistic of DIANP propellants before and after long-term storage

sample category	propellant mass/g	maximum pressure/MPa	Δp /MPa	muzzle velocity/ $m \cdot s^{-1}$	$\Delta v/m \cdot s^{-1}$
before long-term storage	1.72	274.2	7.4	916.4	8.7
after long-term storage	1.72	268.9	7.5	909.1	7.8

表 4 高能硝胺发射药长贮前后内弹道性能

Table 4 Interior ballistic of nitramine propellants before and after long-term storage

sample category	propellant mass/g	maximum pressure/MPa	Δp /MPa	muzzle velocity/ $m \cdot s^{-1}$	$\Delta v/m \cdot s^{-1}$
before long-term storage	29.5	284.8	8.5	986.9	7.3
after long-term storage	29.5	279.9	8.2	978.8	8.8

从表 3 和表 4 可知,NA 聚酯钝感的叠氮硝胺发射药长贮前后,五发的膛压差小于 3%、初速差小于 1%;与长贮前相比较,长贮后膛压仅下降 1.9%、初速下降 0.8%。NA 聚酯钝感的高能硝胺发射药长贮前后,五发的膛压差小于 3%、初速差小于 1%;与长贮前相比较,长贮后膛压下降 1.7%、初速下降 0.8%。两种发射药长贮前后的内弹道性能变化不大,具有良好的弹道稳定性能^[11]。结果表明高分子钝感剂 NA 聚酯在两种发射药中没有迁移,具有较好的抗迁移性能。

3.4 钝感剂浓度分布测试

NA 聚酯钝感的叠氮硝胺发射药 DA-1/09 和高能硝胺发射药 GR5-3/09 长贮前后钝感剂浓度分布曲线如图 3 和图 4 所示。

从图 3 和图 4 中可以看出,NA 聚酯钝感的叠氮硝胺发射药和高能硝胺发射药长贮前后钝感剂浓度分布变化不大。进一步表明长贮后,NA 聚酯在发射药中具有良好的抗迁移性能。其原因可能是由于 NA 聚酯的分子量较大,其扩散系数小,这一点与文献[4]的结论一致。

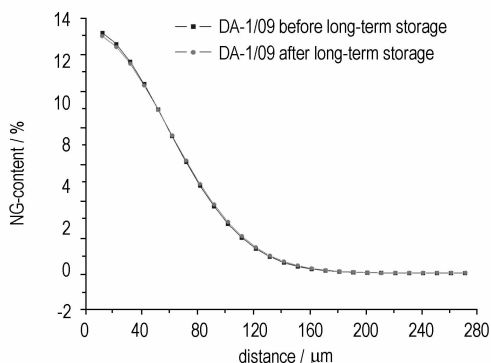


图 3 叠氮硝胺发射药长贮前后的钝感剂浓度分布曲线

Fig. 3 Concentration profiles of deterrent NA in DIANP propellant before and after long-term storage

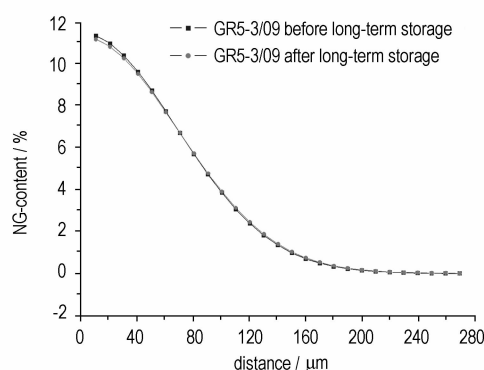


图 4 高能硝胺发射药长贮前后的 p-t 钝感剂浓度分布曲线

Fig. 4 Concentration profiles of deterrent NA in nitramine propellant before and after long-term storage

4 结论

(1) 采用湿法钝感的叠氮硝胺发射药和高能硝胺发射药,长贮前后爆热、静态燃烧性能(p-t 曲线)、内弹道性能及钝感剂浓度分布变化不明显。

(2) NA 聚酯钝感剂抗迁移能力强,可以满足叠氮硝胺发射药和高能硝胺发射药的长贮性能要求。

(3) 采用 NA 聚酯钝感剂制得的叠氮硝胺发射药和高能硝胺发射药具有良好的弹道稳定性能。

参考文献:

- [1] Reed J R. Inhibited gun propellants[C]//17th JANNAF Combustion Meeting,1980,2: 241-258.
- [2] 王琼林,李上文,王泽山. 高分子钝感剂在发射药中的扩散性能研究[J]. 火炸药学报,2000,23(1): 14-16.
WANG Qiong-lin, LI Shang-wen, WANG Ze-shang. Research development for diffusion of deterrent in gun propellant [J]. Chinese Journal of Explosives & Propellants,2000,23(1): 14-16.
- [3] 王琼林. 高能钝感发射药原理及技术基础[D]. 西安: 西安近代化学研究所,2000.

- [4] Vogelsanger B, Ossola B, Bronnimann E. The diffusion of deterrents into propellants observed by FTIR microspectroscopy-quantification of the diffusion process [J]. *Propellants, Explosives, Pyrotechnics*, 1996, 21: 330-336.
- [5] Vogelsanger B, Ryf K. El-technology - The key for high performance propulsion design [C] // 34th Annual Gun and Ammunition Symposium and Exhibition, Monterey ca, 1999.
- [6] 潘清, 王琼林, 于慧芳, 等. 显微红外光谱法测定 EI 发射药中钝感剂扩散系数 [J]. *含能材料*, 2008, 16(5): 521-524.
PAN Qing, WANG Qiong-lin, YU Hui-fang, et al. Determination of diffusion coefficient of deterrent in EI propellant by FTIR microspectroscopy [J]. *Chinese Journal of Energetic Materials (Hanneng Cailiao)*, 2008, 16(5): 521-524.
- [7] 潘清, 王琼林, 王明, 等. 显微红外光谱法测定改性单基发射药中功能组分的浓度分布 [J]. *火炸药学报*, 2009, 32(3): 79-82.
PAN Qing, WANG Qiong-lin, Wang Ming, et al. Determination the concentration profile of functional components in modified single base propellant by FTIR microspectroscopy [J]. *Chinese Journal of Explosives & Propellants*, 2009, 32(3): 79-82.
- [8] 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.
- [9] 潘清, 陈智群, 王明, 等. 光声光谱法测定枪药表面高分子钝感剂的浓度分布 [J]. *光谱实验室*, 2005, 22(5): 908-912.
PAN Qing, CHEN Zhi-qun, WANG Ming, et al. Study on determination of polymer deterrent concentration profile in gun propellant by S² FT-IR PAS [J]. *Chinese Journal of Spectroscopy Laboratory*, 2005, 22(5): 908-912.
- [10] 王琼林, 刘少武, 潘清, 等. 小尺寸枪药表面高分子钝感剂浓度分布测试研究 [J]. *火炸药学报*, 2000, 23(3): 13-15.
WANG Qiong-lin, LIU Shao-wu, PAN Qing, et al. Study on determination of polymer deterrent concentration profile in small-sized gun propellant [J]. *Chinese Journal of Explosives & Propellants*, 2000, 23(3): 13-15.
- [11] 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: 219.

Migration of Polymer Deterrent in Two Kinds of Propellants

LIU Shao-wu, LIU Bo, ZHENG Shuang, WANG Qiong-lin, PAN Qing, ZHANG Yuan-bo, HAN Bing, WEI Lun

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

Abstract: Two kinds of desensitized propellants 1,5-diazo-3-nitrazapentane (DIANP) propellant and high-energy nitramine propellant) were desensitized with polymer deterrent NA in water medium. The migrations of NA deterrent in two kinds of propellants were investigated by accelerated aging tests, closed-bomb tests and interior ballistic tests respectively. The concentration profiles of deterrent NA in two kinds of propellants before and after long-term storage were studied by FTIR microspectroscopy. Results show that there are not significant changes in the explosion heat, $p-t$ curves, interior ballistic and the concentration profiles. The migration ability of NA deterrent is weak in DIANP and nitramine propellants. The propellants desensitized by polyester NA should be stable in the interior ballistic.

Key words: physical chemistry; DIANP propellant; nitramine propellant; deterrent; migration; concentration profile

CLC number: TJ55; O64

Document code: A

DOI: 10.3969/j.issn.1006-9941.2010.06.006



2010 年火炸药技术学术研讨会在广西桂林召开

2010 年 11 月 4 日 ~7 日, “2010 年火炸药技术学术研讨会”在广西桂林隆重召开。

本次研讨会由总装备部火炸药技术专业组、火炸药燃烧国防科技重点实验室和中国兵工学会火炸药专业委员会共同主办, 并由总装备部火炸药技术专业组承办。

本次研讨会的主题是: 立足火炸药军事需求, 实践“继承、创新、跨越”。会议邀请了火炸药行业及相关专业的专家、学者作了专题报告, 来自相关高校、科研院所、部队、工厂等 30 余家单位的 150 余位科技工作者参加了学术交流。

本次研讨会得到了总装备部、国家国防科技工业局、中国兵器工业集团公司、中国兵工学会的关怀和支持, 也得到了国内相关行业的科研院所、部队、厂矿的大力支持。大会共收到各类学术论文 236 篇, 其中炸药及应用技术论文 82 篇, 发射药及装药技术论文 29 篇, 推进剂及应用技术论文 78 篇, 分析测试技术论文 47 篇。本次研讨会的召开为火炸药行业的科技工作者搭建了一个交流和学习的平台, 增进了相关单位的合作与交流, 有力地推动了火炸药技术创新体系的构建和火炸药跨越式的发展。

(《含能材料》编辑部供稿)