

文章编号: 1006-9941(2010)02-0222-04

新型粉状铵油炸药实验研究

黄文尧, 颜事龙, 王晓光, 袁胜芳, 吴国群, 徐鹏

(安徽理工大学化学工程学院, 安徽 淮南 232001)

摘要: 为解决当前粉状铵油炸药生产工艺复杂, 爆炸能量低的难题, 在 $105 \sim 110 \text{ }^\circ\text{C}$ 将硝酸铵与地蜡、表面活性剂、吸附剂和水混溶制成浆状混合液, 并在真空度为 $-0.07 \sim -0.09 \text{ MPa}$ 压力下脱水干燥, 研磨过筛, 得到粉状铵油炸药。分析了炸药微观结构和感度, 研究了装药密度对炸药爆速和水下爆炸能量的影响。结果表明, 该炸药各组分混合均匀, 安全性好, 当炸药最佳装药密度为 $0.91 \sim 0.94 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ 时, 爆速大于 $4000 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, 水下爆炸能量接近于理论计算爆热值。

关键词: 应用化学; 粉状铵油炸药; 膨化; 感度; 爆速

中图分类号: TJ55; O69

文献标识码: A

DOI: 10.3969/j.issn.1006-9941.2010.02.022

1 引言

为提高工业粉状硝铵炸药的威力, 传统的方法是在硝铵炸药中加入 TNT 等猛炸药或金属铝粉来提高炸药爆炸能量, 如在我国沿用四十多年的 2 号岩石粉状硝铵炸药就加入了 11% 的 TNT。但 TNT 对环境和人身健康有不良影响, 研究人员近十几年来为了取消硝铵炸药中的 TNT, 主要在硝酸铵改性方面进行了大量研究, 以此提高硝酸铵对燃料油的亲和性。至 2008 年初, 我国已基本实现了无 TNT 敏化的粉状硝铵炸药, 如膨化硝铵炸药、改性粉状硝铵炸药等。前者是将硝酸铵与水 and 表面活性剂制成水溶液, 经抽真空脱水制成膨化硝酸铵后, 再加入燃料油和木粉通过碾混机或球磨机混合而成^[1-3]; 后者将硝酸铵与表面活性剂混合粉碎干燥得到改性硝酸铵, 再加入燃料油和木粉通过球磨机混合^[4]。

以上制备方法主要针对硝酸铵进行改性, 提高硝酸铵的细度和表面活性。虽然该炸药已实现连续化和自动化生产, 但生产设备投资大, 各组分也只是简单的机械混合, 不能保证硝酸铵与燃料油的混合均匀性, 炸药的威力较低^[5]。本实验选用成膜性较好的地蜡为可燃剂, 并加入表面活性剂和吸附剂, 使硝酸铵与地蜡

通过表面活性剂在分子状态下混合, 再通过吸附剂使混合液形成胶凝状, 然后采用真空脱水制备一种粉状铵油炸药。该炸药生产工艺简单, 能耗低, 无“三废”, 这对于工业炸药生产过程的高效、节能和环保都具有十分重要的现实意义。

2 实验

2.1 样品制备

2.1.1 原料

硝酸铵, 工业级, 安徽淮南化工股份有限公司; 地蜡, 工业级, 沧州森林蜡业有限公司; 十八烷胺磷酸盐, 自制; 吸附剂, 自制; 水为自来水。

2.1.2 仪器

SHZ-D(Ⅲ)循环水式真空泵(巩义市予华仪器有限责任公司), 500 mL 缓冲瓶(盐城市华鸥实业有限公司), 2000 mL 抽滤瓶(盐城市华鸥实业有限公司), 电热板(常州国华电器有限公司), L1090095 研钵(EHSY 西域集团公司)。

2.1.3 炸药的制备

炸药的配制: 准确称取硝酸铵 93.5 g, 地蜡 5.4 g, 十八烷胺磷酸盐 0.12 g, 吸附剂 1.5 g, 加入 9 mL 水加热至 $105 \sim 110 \text{ }^\circ\text{C}$, 倒入抽滤瓶中, 抽真空度为 $-0.07 \sim -0.09 \text{ MPa}$ 压力下脱水干燥 10 min, 出料研磨过 60 目筛, 即得粉状铵油炸药。

2.2 实验方法

颗粒形貌表征: 分别用日本 Nikon 偏光显微摄影仪和日立公司 TM-100 扫描电子显微镜观察炸药颗粒

收稿日期: 2009-07-16; 修回日期: 2009-09-08

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(505740040); 安徽省高校科研创新团队“新型爆破器材及现代控制爆破技术”(TD200705)资助项目

作者简介: 黄文尧(1964-), 男, 副教授, 从事含能材料的教学与科研工作。e-mail: wyhuang@aust.edu.cn

的结构特征。

机械感度测试：摩擦感度试验采用 GJB772A-97 方法 602.1, 仪器采用 WM-1 型摩擦感度仪；撞击感度试验采用 GJB772A-97 方法 601.1, 采用卡斯特落锤仪。

热感度测试：采用 GJB772A-97 方法 606.1 爆发点 5 s 延滞期法, 仪器采用 FCY-1A 型发火点(爆发点)测定仪。

爆速测试：采用 GB/T13228-91 工业炸药爆速测定方法, 仪器采用 WBS-2 爆速测试仪。

炸药水下爆炸能量测试：水下爆炸能量测试系统实验装置如图 1 所示, 该系统爆炸水池(直径 5.5 m, 水深 3.62 m)、被测炸药包、药包固定和定位装置、压力传感器、放大器、数据存储示波器(美国安捷伦公司 Agilent Infiniium 54815A 型存储示波器)和低噪声电缆等部分组成。文献[6-7]介绍了炸药包置于水池中心总深度的 2/3 处爆炸时, 来自水面和底部的边界效应可以相互抵消, 因而将药包置入水下约 2.4 m 处。压力传感器对准爆源中心且距爆心距离为 0.61 m。

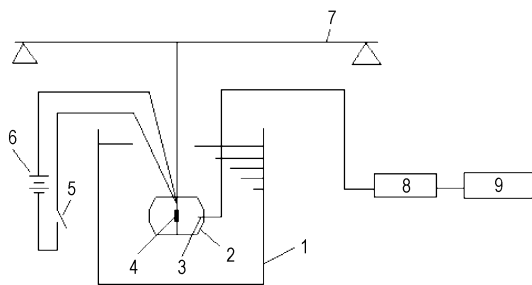


图 1 水下爆炸能量测试实验装置图

1—爆炸水池, 2—铁架子, 3—压力传感器, 4—炸药包, 5—开关, 6—电源, 7—行车, 8—放大器, 9—示波器

Fig. 1 Experimental set-up for underwater explosion energy test
1—explosion cistern, 2—iron shelf, 3—pressure sensor, 4—charge, 5—switch, 6—power supply, 7—beam engine, 8—amplifier, 9—oscilloscope

3 结果与讨论

3.1 粉状铵油炸药的微观结构

采用日本 Nikon 偏光显微摄影仪观察粉状铵油炸药单个颗粒特征(见图 2), 采用 TM-100 扫描电子显微镜观测炸药颗粒的外观进行了微观结构(见图 3), 从显微照片中可以清晰地观测到炸药颗粒外部形状极不规则, 颗粒内部有微孔、气隙结构, 且地蜡与硝酸铵紧密结合, 混合均匀性好。

由于无机硝酸铵水溶液与地蜡即使在高温下混合, 二者仍不相溶。但十八烷胺磷酸盐分子中的亲水基团和亲油基团具有表面活性作用, 同时, 在一定温度下, 吸附剂易在硝酸铵水溶液中溶胀水合, 使地蜡和硝酸铵水溶液混合成均匀的浆状液。当这种浆状混合液在真空度为 $-0.070 \sim -0.09$ MPa 压力下, 浆状液中的水份高度“沸腾”, 水份快速蒸发溢出, 并带走大量的热量。这时, 硝酸铵由不饱和溶液变为过饱和溶液, 最终快速膨胀结晶, 由于水的蒸发留有大量的通道, 在表面活性剂十八烷胺磷酸盐的作用下, 结晶的硝酸铵呈多孔和膨松状。同时, 地蜡以极薄的油膜附着在这种多孔和膨松状的硝酸铵晶体的表面和内部空隙中。显微结构观察表明, 硝酸铵与地蜡混合不仅均匀, 而且颗粒形状极不规则, 颗粒内部含有大量微孔。

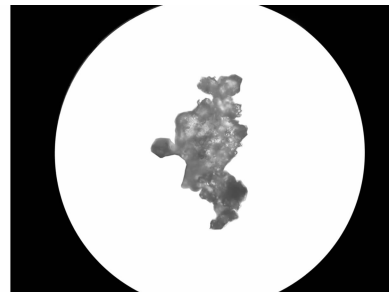


图 2 炸药样品单个颗粒的显微照片(×400)

Fig. 2 Microscopic photograph of single particle of the explosive sample(×400)

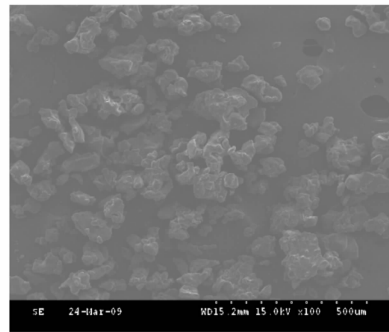


图 3 炸药样品的扫描电镜照片

Fig. 3 SEM photograph of the explosive sample

3.2 粉状铵油炸药的感度

实验测得粉状铵油炸药的感度, 结果见表 1。从表 1 可以看出, 粉状铵油炸药的摩擦感度、撞击感度均为 0。通常, 如果炸药中含有木粉、铝粉等质地坚硬、极易生热的敏感物质, 易引起炸药分解、燃烧或爆炸^[8]。但该炸药中的可燃剂不含木粉、铝粉, 仅仅是地蜡附着在多孔、膨松状的硝酸铵晶体的表面和内部空隙中, 而且

地蜡具有粘度低,软化点高,润滑、韧性好等性能,赋予炸药颗粒极优的外部润滑性,相当于炸药颗粒外部附着一层润滑剂,因而炸药的机械感度低。5 s 延滞期的爆发点为 412 °C,而实测改性铵油炸药的 5 s 延滞期的爆发点为 376 °C,因而炸药生产安全性好。

3.3 装药密度对粉状铵油炸药的爆速和能量的影响

装药密度对粉状铵油炸药的爆速和水下爆炸能量的影响结果见表 2。

表 1 粉状铵油炸药的感度

Table 1 Sensitivity of the powdery ammonium nitrate fuel oil explosive

friction sensitivity/%	impact sensitivity/%	thermal explosion temperature for 5 s delay/°C
0	0	412

表 2 装药密度对粉状铵油炸药的爆速和能量影响

Table 2 Effect of charge density on detonation velocity and underwater explosion energy of the powdery ammonium nitrate fuel oil explosive

charge density /g · cm ⁻³	detonation velocity /m · s ⁻¹	underwater explosion energy/kj · kg ⁻¹
0.85	3112	3451
0.88	3723	3662
0.91	4081	3764
0.94	4147	3787
0.97	3538	3528
1.00	3026	3326

从表 2 可以看出,粉状铵油炸药的爆速、水下爆炸能量随着装药密度的增大而增大,但当装药密度大于 0.94 g · cm⁻³ 以后,爆速和能量反而下降,这是由炸药爆轰的表面反应机理所决定的。虽然炸药中硝酸铵与地蜡在液-液状态下混合的均匀性较好,但炸药成品是一种松散多孔隙的固体粉状炸药,且无敏感成份。炸药的起爆和传爆只能靠炸药颗粒与颗粒之间的空隙或炸药颗粒内部空隙在受到冲击波的强烈压缩时,炸药的颗粒之间发生相互摩擦变形,颗粒间空隙中的气体或颗粒内部的气体受到绝热压缩形成“起爆中心”或“热点”并先发生化学反应,传到整个炸药层发生爆炸。当炸药的装药密度增大时,单位体积内炸药量较多,化学反应区所放出的能量增多,支持前沿冲击波的能量增大,因而炸药的爆速增大,炸药爆炸反应完全,水下爆炸能量增大。当装药密度大于 0.94 g · cm⁻³ 时,颗粒与颗粒之间的空隙和颗粒内部空隙减小,炸药爆轰反应区前

沿冲击波压缩时炸药形成的热点少,炸药爆炸反应不完全,炸药的爆速和能量反而下降。其最佳装药密度为 0.91 ~ 0.94 g · cm⁻³ 时,炸药水下爆炸的最大能量接近于理论计算爆热值 3790 kJ · kg⁻¹[5]。

4 结 论

(1) 硝酸铵与地蜡、表面活性剂和吸附剂混合膨化,生产工艺简单,膨化温度低,炸药生产的安全性较高。

(2) 显微结构观察表明:炸药颗粒内部空隙多,炸药各组分混合均匀性好,有利于提高炸药的爆轰感和爆炸反应的完全性。

(3) 感度试验结果表明:炸药的撞击感和摩擦感度较低,炸药使用的安全性较好。

(4) 对炸药爆速和能量测试表明,该炸药的装药密度是影响炸药性能的重要因素,炸药的装药密度为 0.91 ~ 0.94 g · cm⁻³ 时,炸药的爆炸性能最佳。

参考文献:

- [1] Lü Chun-xu, LIU Zu-liang, LU Ming. A study on self-sensitization theory of expanded ammonium nitrate explosives[C] // Proceedings of International Autumn Seminar on Propellants, Explosives and Pyrotechnics. Guilin, China. 2003: 724 - 731.
- [2] 陆明, 吕春绪. 硝酸铵的膨化机理研究[J]. 兵工学报, 2002, 23(1): 30 - 34.
LU Ming, Lü Chun-xu. A study on the expansion mechanism of ammonium nitrate[J]. *Journal of Chinese Weaponry Industry*, 2002, 23(1): 30 - 34.
- [3] 吕春绪. 膨化硝酸铵炸药[M]. 北京: 兵器工业出版社, 2001.
- [4] 刘厚平, 阳宁, 李泽沛, 等. 一种改性粉状硝酸铵炸药及其制造方法: 中国, 03124419[P]. 2003.
- [5] 黄文尧, 颜事龙. 炸药化学与制造[M]. 北京: 冶金工业出版社, 2009.
- [6] 张立, 陆守香, 汪大立. 有限水域中煤矿工业炸药爆炸能量的测试研究[J]. 煤炭学报, 2001, 26(3): 274 - 278.
ZHANG Li, LU Shou-xiang, WANG Da-li. Test research of exploded energy of coal mineral industrial explosive under limited water field[J]. *Journal of China Coal Society*, 2001, 26(3): 274 - 278.
- [7] 王建灵, 赵东奎, 郭炜, 等. 水下爆炸能量测试中炸药入水深度的确定[J]. 火炸药学报, 2002, 25(2): 30 - 32.
WANG Jian-ling, ZHAO Dong-kui, GUO Wei, et al. Determination of the reasonable depth of explosives in water to measure underwater explosive energy[J]. *Chinese Journal of Explosives & Propellants*, 2002, 25(2): 30 - 32.
- [8] 张兴明, 倪欧琪. 岩石粉状乳化炸药的微观结构与其安全性的关系[J]. 爆破器材, 2003, 32(1): 8 - 11.
ZHANG Xing-ming, NI Ou-qi. The relationship between the microstructure of rock powdery emulsion explosive and its safety [J]. *Explosive Materials*, 2003, 32(1): 8 - 11.

Preparation and Performance of a New Powdery Ammonium Nitrate Fuel Oil Explosive

HUANG Wen-yao, YAN Shi-long, WANG Xiao-guang, YUAN Sheng-fang, WU Guo-qun, XU Peng

(School of Chemical Engineering, Anhui University of Science and Technology, Huainan 232001, China)

Abstract: A new powdery ammonium nitrate fuel oil explosive was produced to solve the problems of complicated production process and low explosion energy. The explosive was made of ozocerite, surfactant, gelatinizer and water, which were made into slurry mixed solution at 105–110 °C, and was dehydrated from –0.07 MPa to –0.09 MPa. The microstructure and sensitivity of the explosive were analyzed, and the effects of the charge density on detonation velocity and underwater explosion energy were also studied. Results show that the mixing uniformity of the components and safety are good. When the charge density is 0.91–0.94 g·cm⁻³, the detonation velocity is more than 4000 m·s⁻¹, and the underwater explosion energy is more than 3700 kJ·kg⁻¹, which is close to the theoretical calculation value.

Key words: applied chemistry; powdery ammonium nitrate fuel oil explosive; expansion; sensitivity; detonation velocity

CLC number: TJ55; O69

Document code: A

DOI: 10.3969/j.issn.1006-9941.2010.02.022

读者·作者·编者

2004–2006年《含能材料》被引频次较高的论文

No.	题 名	作 者	年	期	被引频次
1	甲苯的氟两相硝化反应研究(I)	易文斌,蔡春	2005	01	18
2	纳米铝粉微胶囊的制备及表征	张凯,傅强,范敬辉,周德惠	2005	01	16
3	钼磷酸催化下甲苯的选择性硝化	程广斌,侍春明,彭新华,吕春绪	2004	02	12
4	固体推进剂用非铅燃速催化剂研究最新进展	宋秀铎,赵凤起,陈沛	2004	03	11
5	TATB基高聚物粘结炸药的蠕变特性研究	李明,温茂萍,何强,庞海燕,敬世明	2005	03	10
6	不同粒径RDX的燃烧特性研究	祝明水,龙新平,蒋小华	2004	01	9
7	以取代氧丁环为母体制备含能粘合剂	胡中波,甘孝贤	2004	01	9
8	纳米铝粉的活性分析及寿命预测	范敬辉,张凯,吴菊英,马艳	2004	04	9
9	发射药燃速压力指数变化规律的研究	黄振亚,王泽山,张远波	2006	02	9
10	3,3'-二氨基-4,4'-偶氮呋啉及其氧化偶氮呋啉的研究进展	李洪珍,黄明,黄奕刚,董海山,李金山	2005	03	8
11	超临界CO ₂ 抗溶剂法重结晶AP微细颗粒的研究	闻利群,张景林	2005	05	8
12	含黑索今的混合炸药废水可处理性研究	艾翠玲	2004	01	7
13	两种炸药的微波干燥	郁卫飞,曾贵玉,聂福德,秦德新	2004	02	7
14	三维空间中的膨胀石墨对毫米波衰减性能实验研究	关华,潘功配,王广,周遵宁	2004	05	7
15	铝粉对炸药性能的影响	殷海权,潘清,张建亮,王国柱,杨前生	2004	05	7
16	HC基新型抗红外发烟剂研究	王玄玉,潘功配	2005	03	7
17	超细硼粉的3,3'-双(叠氮甲基)环氧丁烷-四氢呋喃共聚醚包覆研究	张琼方,张教强,国际英,庞维强,寇开昌	2005	03	7
18	纳米过渡金属粉对AP热分解的催化作用	杨毅,曹新富,刘磊力,刘宏英,李凤生	2005	05	7
19	高氮含能化合物的研究新进展	周阳,龙新平,王欣,舒远杰,田安民	2006	04	7

说明:被引频次根据《中国知识资源总库》中《中国学术期刊网络出版总库》《中国博士学位论文全文数据库》《中国优秀硕士学位论文全文数据库》和《中国重要会议论文全文数据库》的引文数据得出,统计日期截止2008年底。

(中国学术期刊(光盘版)电子杂志社 花平寰供稿)