

doi:10.3969/j.issn.1001-8352.2013.03.007

膨胀珍珠岩和硝酸铵溶液混合制备 膨化硝酸铵炸药的实验研究*

陈靖宇 王万勇 苏焕欧 盘琳

高要市南虹化工有限公司(广东肇庆, 526114)

[摘要] 文章以硝酸铵溶液、膨胀珍珠岩、膨化剂为原料,通过向硝酸铵溶液中添加膨胀珍珠岩和控制硝酸铵膨化结晶制得一种新型膨化硝酸铵。并以92%膨化硝酸铵、4%复合燃料油和4%木粉混制出膨化硝酸铵炸药。检测结果表明,该炸药装药密度为 0.90 g/cm^3 时,爆速为 3805 m/s ,殉爆距离为 8 cm ,猛度为 14.7 mm 。经对比分析,该型炸药较传统膨化硝酸铵炸药装药密度和爆速分别提高了 0.04 g/cm^3 和 331 m/s ,同时该炸药的制备方法简单,易于应用。

[关键词] 膨化硝酸铵 膨化硝酸铵炸药 膨胀珍珠岩

[分类号] TD235.21

引言

膨化硝酸铵炸药作为无梯粉状工业炸药,以爆炸性能优良、生产成本低廉、安全性好、无毒无害等优点被广大生产厂家及客户认可;但在长期的生产实践中,其本身的一些缺点也逐渐显现,如装药密度和起爆感度较老铵梯炸药偏小且稳定性不佳^[1-2],易受膨化剂的种类和加入量、工艺条件等因素影响^[3-4]。这些在一定程度上限制了膨化硝酸铵炸药的应用与发展。为此,近年来国内众多学者就新型膨化硝酸铵炸药做了大量深入的研究,如液混式膨化硝酸铵炸药^[5-6],先粗乳后膨化的膨化硝酸铵炸药^[7-8]和水、油互溶膨化的膨化硝酸铵炸药^[9]等,这些都取得了很明显的效果。本文亦从膨化硝酸铵改性入手,通过添加物使大部分硝酸铵自发敏化,小部分在添加物内部结构约束的条件下受限制膨化结晶,制得改性膨化硝酸铵。经检测,自然堆积密度有了较大提高;与有机物混制出的炸药,经检测,装药密度、爆轰速度、殉爆距离较连续式膨化硝酸铵炸药明显提高。

1 理论依据

1.1 膨化硝酸铵自敏化理论

硝酸铵炸药的爆轰是一种非理想爆轰,在外界能量作用下,首先在炸药某些不均匀的局部形成能量集中的热点,热点内炸药快速分解放出热量,再引起周围炸药反应,直至形成整个体系的爆炸,热点可以由体系内的微气泡绝热压缩或颗粒棱角之间的剧烈

摩擦和碰撞形成。硝酸铵颗粒中引入微气泡,同时使颗粒歧形化、粗糙化,当其受到外界强烈激发作用时,不均匀的局部就可能形成高温高压的热点,进而发展为爆炸,达到自敏化目的^[10]。

1.2 硝酸铵歧化

当硝酸铵晶体中存在孔隙、气泡、晶体缺陷、不规则形貌、颗粒表面歧化等结构特征时,颗粒和颗粒间的空隙在外界能量刺激下很容易形成起爆热点,有利于提高硝酸铵炸药的冲击起爆感度^[11-13]。

1.3 膨胀珍珠岩结构

膨胀珍珠岩为多孔、轻质、蜂窝状结构物质,内部孔隙非常丰富,有的孔在外部,有的孔在内部^[14]。当膨胀珍珠岩被硝酸铵水溶液浸泡后,其外部孔隙和内部大部分孔隙必然被硝酸铵溶液填充,膨化结晶时,膨胀珍珠岩外部和外部孔隙中的硝酸铵,按照传统的膨化结晶习性膨化结晶,内部孔隙中的硝酸铵则在珍珠岩内部微孔隙的狭小空间内受约束膨化结晶。水分蒸发完后,内部微孔中的硝酸铵与微孔壁之间留下更小的孔隙,既保证了膨化硝酸铵自敏化特征,又增加了膨化硝酸铵整体歧化程度。

2 实验部分

2.1 试剂和仪器

硝酸铵(AN,柳州产),膨化剂(湖南永州产),水(自来水),膨胀珍珠岩(河南信阳产,亲水性,堆积密度 58 kg/m^3 ,颗粒度 $20\sim 80$ 目95%),真空泵

* 收稿日期: 2013-03-11

作者简介: 陈靖宇(1976~),男,工程师,主要从事工业炸药技术管理与研究。E-mail:125259287@qq.com

(水环式,广东产),燃料油(由粉状炸药专用脂与机油按比例配制),木粉(松木粉 90% 过 40 目筛),膨化罐(自制),破碎混拌装置(自制),爆速仪(数显式,南京理工大学产),水分快速测定仪(上海产)。

2.2 膨胀珍珠岩、硝酸铵混合型膨化硝酸铵(以下简称混合膨化硝酸铵)制备

将硝酸铵配制成质量分数为 91% 的水溶液,加热至 125 ~ 130℃,向溶液中加入质量分数为 0.11% 的膨化剂,膨化剂完全溶解后,再加入质量分数为 2.5%、2.0% 的膨胀珍珠岩,持续搅拌,使膨胀珍珠岩处于悬浮状态;将硝酸铵溶液置于真空度小于 -0.092MPa 的真空罐内膨化结晶 10min;最后将混合型膨化硝酸铵粉碎至 85% 过 40 目筛细粉。工艺流程如图 1 所示。

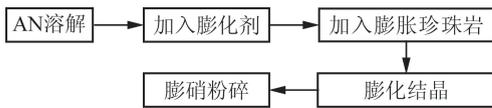


图 1 混合型膨硝制备工艺流程

Fig.1 Flow chart for the manufacture of mixed type expanded ammonium nitrate

2.3 混合型膨化硝酸铵炸药制备

按照氧化还原反应完全氧化原则和炸药配方设计的氧平衡原则(当炸药分子中实际含氧量与所含可燃元素完全氧化时,炸药爆炸所释放出的能量最大,爆炸后生成的有害气体最少^[10,15])和膨化硝酸铵炸药的基本配方^[10],将混合型膨化硝酸铵、木粉和燃料油按两种不同的配比混制成 A、B、C 3 种混合型膨化硝酸铵炸药,各组分的质量分数见表 1。

炸药混制工艺依然采用传统膨化硝酸铵炸药混制工艺,工艺流程见图 2。

3 炸药性能参数对比分析

混合型膨化硝酸铵炸药与传统膨化硝酸铵炸药各项性能检测值对比如表 2。对比可以看出,混合型膨化硝酸铵的堆积密度较传统膨化硝酸铵高,混合型膨化

表 1 混合型膨化硝酸铵炸药组分配比

Tab.1 Component proportion of mixed type expanded ammonium nitrate explosive

类别	膨胀珍珠岩	混合型膨硝	木粉	燃料油	%
A	2.5	92.5	3.5	4.0	
B	2.5	92.0	4.0	4.0	
C	2.0	92.0	4.0	4.0	

*注:膨胀珍珠岩质量分数是指制备混合型膨硝时膨胀珍珠岩占硝酸铵的质量分数。

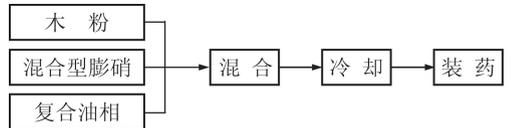


图 2 混合型膨化硝酸铵炸药制备工艺流程

Fig.2 Flow chart for the manufacture of mixed type expanded ammonium nitrate explosive

硝酸铵炸药在爆速、殉爆距离、猛度和装药密度上均高于传统工艺制备的膨化硝酸铵炸药。

4 炸药爆速提高的原因分析

膨化硝酸铵炸药爆速理论值与实际值存在较大差距,基本配方的膨化硝酸铵炸药在装药密度为 0.8、0.9、1.0g/cm³ 时,用 VLW 状态方程计算出的爆速理论值为 4211、4535、4869m/s,而实际产品爆速一般为 3400 ~ 3600m/s^[10],可见膨化硝酸铵炸药爆速仍有较大提升空间。实践也表明,膨化硝酸铵炸药爆速随着装药密度的增大而提高^[4]。由表 2 可以看出,混合型膨化硝酸铵炸药的装药密度较传统连续工艺的稍高,因此,较高的装药密度是导致混合型膨化硝酸铵炸药爆速高的主要原因之一。工业炸药爆轰时的化学反应首先从炸药组分表面开始,组分越细,比表面积越大,越有利于爆轰反应进行。因此,混合炸药的组分越细、各组分混合越均匀越有利于提高爆速^[15]。对制备工艺完全相同的膨化硝酸铵和混合型

表 2 混合型膨化硝酸铵炸药性能检测

Tab.2 Performance test results of mixed type expanded ammonium nitrate explosive

性能指标	膨硝堆积密度/ (g · cm ⁻³)	膨硝水的质量分数/ %	炸药装药密度/ (g · cm ⁻³)	炸药水的质量分数/ %	爆速/ (m · s ⁻¹)	猛度/ mm	殉爆距离/ cm	储存期/ 月
混合型膨硝炸药 A	0.46	0.04	0.89	0.18	3778	14.9	7	≥6
混合型膨硝炸药 B	0.48	0.03	0.90	0.17	3805	14.7	8	≥6
混合型膨硝炸药 C	0.46	0.03	0.88	0.16	3756	14.7	8	≥6
传统膨硝炸药	0.40	0.03	0.85	0.15	3448	14.5	6	≥6

膨化硝酸铵进行筛分,从表3可以看出,混合型膨化硝酸铵细度较好,因此混合型膨化硝酸铵炸药爆速高的另一原因是混合型膨化硝酸铵细粉率较高。此外,炸药爆速提高还可能由膨胀珍珠岩直接导致,因为粉末状无机矿物质,当其混入粉状炸药中对炸药爆速有直接影响。

表3中膨化硝酸铵和混合型膨化硝酸铵粉碎条件相同,均使用RT—08SC型实验室用粉碎机,转速设定为4000r/min;投料量定为500g;为了防止膨化硝酸铵在粉碎的过程中出现较大温升,粉碎时采用间断式粉碎即开机连续粉碎10s后停机,静置物料使其自然冷却10min,之后再次开机粉碎;共粉碎6次;空气相对湿度38%。振动筛分条件亦相同,均使用QJ3—ZD20实验室振动筛,空气相对湿度36%。

表3 膨化硝酸铵及混合型膨化硝酸铵筛分结果

Tab.3 Screening results of expanded ammonium nitrate and mixed type expanded ammonium nitrate %

类别	过40目筛	过60目筛	过150目筛
膨化硝酸铵	95.4	76.4	15.4
	94.1	75.3	14.5
	94.8	71.8	13.2
平均	94.8	74.5	14.4
混合型膨化硝酸铵	93.3	76.6	16.5
	94.1	80.2	14.3
	93.2	81.5	17.1
平均	93.5	79.4	16.0

5 混合型膨化硝酸铵炸药制备过程的安全性

5.1 混合型膨化硝酸铵的雷管感度

大量实验研究表明,膨化硝酸铵的雷管感度是可控的,在表面活性剂质量分数小于0.12%时,膨化硝酸铵将失去雷管感度^[16],而本实验加入的表面活性剂质量分数为0.11%,说明改性膨化硝酸铵在这方面能够保证不具有雷管感度。同时按照以上混合型膨化硝酸铵的制备工艺制得混合型膨化硝酸铵,粉碎后进行雷管感度试验,结果如表4。表4中,进行温度较高的 $\varnothing 32\text{mm}$ 药卷雷管感度试验时,从插入雷管到人员撤离试验场时间控制在6s以内; $\varnothing 80\text{mm}$ 药柱雷管感度试验按照GB14372《危险货物运输爆炸品分级程序》进行。由表4的试验结果可以看出,混合型膨化硝酸铵的雷管感度较膨化硝酸铵未发生变化。

5.2 膨胀珍珠岩对炸药安全性的影响

目前制备物理敏化型乳化炸药时,用于敏化乳

表4 膨化硝酸铵及混合型膨化硝酸铵雷管感度试验结果

Tab.4 Detonator sensitivity test results of expanded ammonium nitrate and mixed type expanded ammonium nitrate

样品	装药密度/ ($\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$)	药温/ $^{\circ}\text{C}$	引爆情况
膨化硝酸铵 $\varnothing 32\text{mm}$	0.74	24	未引爆
膨化硝酸铵 $\varnothing 32\text{mm}$	0.71	23	未引爆
膨化硝酸铵 $\varnothing 32\text{mm}$	0.71	81	未引爆
膨化硝酸铵 $\varnothing 32\text{mm}$	0.72	79	未引爆
膨化硝酸铵 $\varnothing 32\text{mm}$	0.73	75	未引爆
膨化硝酸铵 $\varnothing 80\text{mm}$	0.75	23	未引爆
混合型膨化硝酸铵 $\varnothing 32\text{mm}$	0.77	24	未引爆
混合型膨化硝酸铵 $\varnothing 32\text{mm}$	0.75	23	未引爆
混合型膨化硝酸铵 $\varnothing 32\text{mm}$	0.75	82	未引爆
混合型膨化硝酸铵 $\varnothing 32\text{mm}$	0.76	79	未引爆
混合型膨化硝酸铵 $\varnothing 32\text{mm}$	0.74	75	未引爆
混合型膨化硝酸铵 $\varnothing 80\text{mm}$	0.76	24	未引爆

化基质的材料主要是膨胀珍珠岩。实践证明,膨胀珍珠岩与硝酸铵的化学相容性较好,不会对硝酸铵的热安定性产生不利影响。在安全性方面,陆明等人对此做了相关研究,当以珍珠岩、食盐为稀释剂与膨化硝酸铵、木粉和复合油相混合制备成炸药时,其撞击感度为0,摩擦感度为0~4%,可见混合型膨化硝酸铵炸药的制备过程比较安全可靠^[17]。

另外,膨化珍珠岩已广泛应用于乳化炸药,具有材料来源广,价格低廉和质量稳定等特点,因此混合型膨化硝酸铵炸药的制备成本不会高于膨化硝酸铵炸药。

6 结论

通过向硝酸铵溶液中加入膨胀珍珠岩,膨化结晶制备出混合型膨化硝酸铵并混制出混合型膨化硝酸铵炸药的实验研究可知,该方法制备出的炸药较传统膨化硝酸铵炸药具有较高的装药密度、爆速、猛度和殉爆距离,同时该方法工艺简单、安全性较好,便于实施,具有较好的应用价值。

参考文献

- [1] 叶志文,刘祖亮. II型膨化硝酸铵炸药的研究[J]. 中国矿业,2007,16(6):106-108.
Ye Zhiwen, Liu Zuliang. Research on II expanded ammonium nitrate explosive [J]. China Mining Magazine, 2007, 16(6): 106-108.
- [2] 王天明,李公华,张靖. 提高连续膨化硝酸铵炸药密度与流散性的探讨[J]. 爆破器材,2011,40(2):14-16.

- Wang Tianming, Li Gonghua, Zhang Jing. Discussion on improving the density and fluidity of expanded AN explosive in continuous line[J]. Explosive Materials, 2011, 40(2):14-16.
- [3] 陆明, 吕春绪, 刘祖亮. 岩石膨化硝酸铵炸药的生产工艺和质量控制[J]. 火炸药学报, 1998(4):16-18, 15.
- Lu Ming, Lv Chunxu, Liu Zuliang. Production technique and quality control of rock expanded ammonium nitrate explosive [J]. Chinese Journal of Explosives & Propellants, 1998(4):16-18, 15.
- [4] 徐鸿儒. 提高岩石膨化硝酸铵炸药的堆积密度研究[J]. 爆破器材, 2010, 39(2):10-13.
- Xu Hongru. Study on increasing the bulk density of rock expanded AN explosive [J]. Explosive Materials, 2010, 39(2):10-13.
- [5] 陆明, 张汉平, 甘德淮, 等. 液混式膨化硝酸铵炸药生产技术研究[J]. 爆破器材, 2009, 38(6):14-16.
- Lu Ming, Zhang Hanping, Gan Dehuai, et al. Study on the productive technology of expanded ammonia nitrate explosive with liquid mixing [J]. Explosive Materials, 2009, 38(6):14-16.
- [6] 甘德淮, 陆明, 吴仕峰, 等. 现有膨化硝酸铵炸药生产线“液混式”工艺设备改造建议[J]. 爆破器材, 2010, 39(1):10-12.
- Gan Dehuai, Lu Ming, Wu Shifeng, et al. Reconstruction suggestions for liquid mix-style productive technology of expanded ammonium nitrate explosive [J]. Explosive Materials, 2010, 39(1):10-12.
- [7] 唐秋明, 吴应飙, 胡能钦. 一种乳膨炸药及其制造方法: 中国, 2004100469453 [P]. 2005-05-11.
- [8] 吴应飙. 液混式改性铵油炸药的研究与发展 [C]//2009 年工业炸药及其生产工艺技术研讨会论文集. 长沙: 工业和信息化部安全生产司, 2009:100-105.
- [9] 颜事龙, 黄文尧, 徐国财, 等. 硝酸铵与燃料油混合膨化制粉的实验研究 [C]//2009 年工业炸药及其生产工艺技术研讨会论文集. 长沙: 工业和信息化部安全生产司, 2009:356-371.
- [10] 吕春绪. 膨化硝酸铵炸药 [M]. 北京: 兵器工业出版社, 2001.
- [11] 曾贵玉, 黄辉, 郁卫飞, 等. ANFO 炸药的微观结构 [J]. 火炸药学报, 2007, 30(5):19-22.
- Zeng Guiyu, Huang Hui, Yu Weifei, et al. Microstructures of ANFO explosives [J]. Chinese Journal of Explosives & Propellants, 2007, 30(5):19-22.
- [12] 惠君明. 膨化硝酸铵的制备技术 [J]. 火炸药学报, 2000, 23(2):16-19.
- Hui Junming. A technology of manufacturing expanded ammonium nitrate [J]. Chinese Journal of Explosives & Propellants, 2000, 23(2):16-19.
- [13] 梅震华, 曾贵玉, 钱华, 等. 硝酸铵自敏化结构与爆轰性能 [J]. 含能材料, 2011, 19(1):33-36.
- Mei Zhenhua, Zeng Guiyu, Qian Hua, et al. Self-sensitizing characteristics and detonation performance of ammonium nitrate. [J]. Chinese Journal of Energetic Materials, 2011, 19(1):33-36.
- [14] 汪旭光. 乳化炸药 [M]. 2 版. 北京: 冶金工业出版社, 2008.
- [15] 吕春绪, 刘祖亮, 倪欧琪. 工业炸药 [M]. 北京: 兵器工业出版社, 1994.
- [16] 吕春绪, 刘祖亮, 惠君明. 膨化硝酸铵自敏化理论形成与发展 [J]. 火炸药学报, 2000, 23(4):1-4.
- Lv Chunxu, Liu Zuliang, Hui Junming. The advancement and development self-sensitization theory for expanded ammonium nitrate [J]. Chinese Journal of Explosives & Propellants, 2000, 23(4):1-4.
- [17] 陆明, 吕春绪, 刘祖亮. 低爆速膨化硝酸铵炸药及其安全性的研究 [J]. 爆破器材, 2002, 31(2):1-4.
- Lu Ming, Lv Chunxu, Liu Zuliang. Study on low detonation velocity expanded ammonium nitrate explosive and its safe property [J]. Explosive Materials, 2002, 31(2):1-4.

Experimental Research on Expanded Ammonium Nitrate Explosive Prepared with Ammonium Nitrate Solution and Expanded Perlite

CHEN Jingyu, WANG Wanyong, SU Huan'ou, PAN Lin
Gaoyao South Rainbow Chemical Co., Ltd. (Guangdong Zhaoqing, 526114)

[ABSTRACT] A novel expanded ammonium nitrate was prepared by the addition of expanded perlite into ammonium nitrate solution and the control of ammonium nitration expanded crystallization. 92% new expanded ammonium nitrate, 4% compound fuel and 4% coal powder were mixed in developing the new expanded ammonium nitrate explosive. Test results show that the new explosive has excellent explosion performance with charging density of 0.90 g/cm^3 , detonation velocity of 3805 m/s , transmission distance of 8 cm , and brisance of 14.7 mm . As a result of comparison and analysis with the conventional counterparts, the new explosive features an increase of 0.04 g/cm^3 in charging density and an increase of 331 m/s in detonation velocity. Furthermore, the preparation method of present explosive is simple and easy to use in industry.

[KEY WORDS] expanded ammonium nitrate, expanded ammonium nitrate explosive, expanded perlite