

(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。

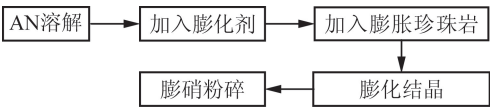


图 1 混合型膨硝制备工艺流程

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。

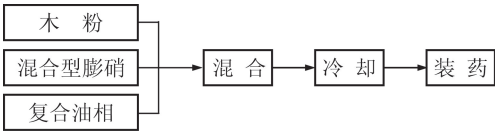


图 2 混合型膨化硝酸铵炸药制备工艺流程

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其不具有雷管感度。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 Ø32mm 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;Ø80mm 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/ (g · cm ⁻³)	药 温/ ℃	引爆 情况
膨化硝酸铵 Ø32mm	0.74	24	未引爆
膨化硝酸铵 Ø32mm	0.71	23	未引爆
膨化硝酸铵 Ø32mm	0.71	81	未引爆
膨化硝酸铵 Ø32mm	0.72	79	未引爆
膨化硝酸铵 Ø32mm	0.73	75	未引爆
膨化硝酸铵 Ø80mm	0.75	23	未引爆
混合型膨化硝酸铵 Ø32mm	0.77	24	未引爆
混合型膨化硝酸铵 Ø32mm	0.75	23	未引爆
混合型膨化硝酸铵 Ø32mm	0.75	82	未引爆
混合型膨化硝酸铵 Ø32mm	0.76	79	未引爆
混合型膨化硝酸铵 Ø32mm	0.74	75	未引爆
混合型膨化硝酸铵 Ø80mm	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 expended 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, expended perlite

doi:10.3969/j.issn.1001-8352.2013.03.008

影响液混式膨化硝酸铵炸药性能的因素分析^{*}

张茂林 赵荣霞

山西北化关铝化工有限公司(山西永济,044501)

[摘 要] 液混式硝酸铵炸药生产过程中的真空度、硝酸溶液浓度、硝酸溶液温度及喷头间隙是影响其膨化效果的关键因素。文章结合生产工艺的优化,详细研究了这些因素对膨化效果的影响。研究表明,真空度低于0.086 MPa,产品水分大,易结块;硝酸溶液浓度过高或过低都不利于膨化,一般控制在 92.5%~93.0%最佳;硝酸溶液温度以 120~128℃为宜,过低遇到附着面易产生结晶现象,过高膨化后物料发粘;喷头间隙以 3.0~5.0mm 为宜,过小膨化物料过于蓬松,过大导致筛上物增多。

[关键词] 膨化硝酸铵炸药 液混式生产工艺 质量影响因素

[分类号] TD235.2⁺¹ TQ564.4⁺²

引言

液混式膨化硝酸铵炸药生产工艺及设备是南京理工大学和原广东省力拓民爆器材厂共同研制的,采用先混合后膨化的技术,以零氧平衡为原则设计炸药配方^[1-11]。其制备的原理^[12]:将氧化剂硝酸与可燃剂油相,在输送管道中利用自身的湍流、混合器和泵送混合共同的作用,进行液态准分子状态的混合,形成水包油型分散体系溶液,然后在真空状态下干燥去水、膨化而制得成品。

此工艺真正实现了膨化和混药过程的连续性,与原间断膨化、轮碾混药工艺相比,炸药的爆炸性能明显提高;连续真空干燥,除水彻底,炸药中含水量小;制造方法简单,过程连续在一个工房内完成,减少了危险工序和在线操作人员;降低了劳动强度,提高了劳动效率,改善了作业环境;对提高生产企业的技术装备水平和本质安全程度起到了积极的推动作用。液混式膨化与间断膨化工艺的对比情况见表 1。水分分析为 WJ9026—2004 中的水分测试法;性能数据均为 Ø32mm 岩石膨化硝酸铵炸药测试数据;危险工序和固定操作人员仅指硝酸破碎、溶解、膨化、混药过程;实际生产能力的间断膨化工艺中轮碾机以 4 台计算,连续膨化工艺中膨化机为 2 台 Ø2000mm×1800mm,混药螺旋为 1 台 Ø900mm×4500mm。

液混式膨化硝酸铵炸药制备工艺自动化、连续化程度高,产品综合性能优良。但生产过程中若真空度、硝酸溶液的浓度、硝酸溶液的温度^[13]及膨化机

表 1 液混式膨化与间断膨化工艺对比

Tab.1 Comparison of liquid-mix and batch expanding process

项 目	间断膨化	液混式膨化
殉爆距离/cm	4~7	6~8
爆速/(m·s ⁻¹)	3200~3400	3300~3600
猛度/mm	12.0~14.0	13.5~15.5
成品水的质量分数/%	0.05~0.24	0.05~0.11
危险工序	3	1
固定操作人员/人	15	2
实际生产能力/(t·h ⁻¹)	1.8	6.0

喷头间隙等任何一个条件控制不当时,都会影响整条生产线的正常运行,且不利于产品质量的稳定。因此,它们是制约整个生产过程的重要因素。

1 真空度对膨化的影响

膨化过程实际上是一个溶液高度湍流、沸腾、汽化而导致的急剧膨胀过程^[14]。正是由于溶液中水分的逸散导致硝酸析晶而保持了这种膨化状态。降低外界压力必然促进水分的汽化,同时更有利于水分子的逸出。提高真空度,有利于水分蒸发,使成品中残留的水分减少,因此,真空度高一些为好。当真空度过大时,在干燥过程中进入真空水循环系统的药粉会略多,增加制造过程损耗;真空度过低则不利于水分汽化,最终导致产品水分过大,影响产品质量,严重时在成品包装后出现结块现象,影响膨化炸

^{*} 收稿日期: 2012-12-17

作者简介: 张茂林(1969~),男,工程师,主要从事炸药生产技术管理。E-mail: sxzhangmaolin@163.com

通信作者: 赵荣霞(1971~),女,工程师,主要从事炸药生产技术管理。E-mail: zrx_869@163.com

药爆炸性能。

表 2 的试验数据表明,一般真空度控制在0.088~0.090MPa 较好,最低不得低于0.086MPa(海拔约为400 m 左右)。真空度与当地海拔有一定的关系,应适当考虑。

表 2 真空度对膨化的影响

Tab. 2 Effect of vacuum degree on expanded ammonium nitrate				
真空度 /MPa	半成品水的质量分数 /%			其它现象
0.083	0.15	0.13	0.16	成品结块
0.086	0.05	0.05	0.06	—
0.088	0.04	0.04	0.05	—
0.090	0.03	0.04	0.03	—
0.093	0.03	0.04	0.04	冷凝水中 浮药增多

注:为便于指导生产,水分分析为快速测试法(10g 样品,50~60℃,5min)。

2 硝铵溶液浓度对膨化的影响

根据硝铵膨化机理^[15],硝铵溶液的浓度对膨化效果起着关键性作用。当硝铵溶液浓度偏低,其中的水分在一定时间和真空度下不能及时被带走而滞留于物料中,造成物料水分偏高;当浓度过低,硝铵溶液的粘稠度大大降低,体系呈“稀汤”状态,最终影响“发酵”和“膨胀”状态形成。根据经验,物料中水的质量分数偏高(≥0.08%),在膨化机和混药螺旋内会出现粘壁现象,不利于输送;严重时会使螺旋停机,影响生产正常进行。

不同硝铵溶液浓度对膨化效果的影响情况如表3所示。由表3可见,硝铵溶液质量分数为94.0%时大面积结块,硝铵溶液质量分数为93.5%时手感不松散,而硝铵溶液质量分数为92.0%发生粘壁现象。这是因为当溶液硝铵溶液质量分数过高时,膨

表 3 硝铵溶液浓度对膨化的影响

Tab. 3 Effect of concentration of ammonium nitrate solution on expanded ammonium nitrate				
硝铵溶液 质量分数/%	真空度 /MPa	半成品水的质量分数/%		现 象
94.0	0.088	0.10	0.11	大面积结块
93.5	0.090	0.10	0.08	手感不松散
93.0	0.089	0.03	0.05	松散
92.5	0.088	0.04	0.03	松散
92.0	0.091	0.08	0.10	粘壁

注:水分分析为快速测试法,试验所用硝铵为陕西兴化集团有限责任公司生产。

化过程中水分汽化量不够,水分汽化形成的膨胀力小于硝铵分子间的作用力,因而不能形成有效膨化所必需的“沸腾”状态,从而影响膨化效果;包装后成品不松散,甚至出现结块现象。

总之,硝铵溶液浓度过高或过低都不利于膨化,经过大量实践证明,在其它条件适宜的情况下,一般硝铵溶液的质量分数控制在92.5%~93.0%为最佳状态。

3 硝铵溶液温度对膨化的影响

液混式膨化硝铵炸药生产过程中,油相保温温度一般在80℃左右,水相的会相对高些,且两者流量的比例基本控制在4:96左右。因此硝铵溶液的温度决定了整个液相温度,直接影响着膨化过程的“沸腾”状态,对物料的膨化效果起着重要作用。

硝铵极易溶于水,随着温度的升高溶解度大幅提高。根据大量实践证明,当硝铵溶液保温温度过低时,从混合器出来的液相流经料斗进入螺杆泵时,料斗壁上有晶粒析出;且在膨化机内明显看到物料膨胀高度降低、混药螺旋内小颗粒增多,膨化效果差。当溶液温度偏高,膨化过程出现热粘性现象,不利于出料;温度过高(接近160℃)状态下易发生热分解^[16],会导致爆炸事故发生,不利于安全生产。

硝铵溶液温度对膨化效果的影响如表4所示。由表4可见,在120~128℃内,硝铵溶液质量分数为92.6%时膨化效果较好,但根据实际生产情况,夏季硝铵溶液温度一般控制在120~123℃为宜,冬季控制在126~128℃为宜,其它季节一般在122~125℃。具体温度与当地外界气温有一定关系。另外,生产中为确保水、油相温度稳定,均采用夹套保温管道输送。特别引起注意的是:一般不需启用管道保温系统,以免引起液相温度过高导致膨化效果不佳,或引起水、油相过滤器中憋气,造成流量的不稳定。当外界气温达0℃以下时,可略微打开管道

表 4 硝铵溶液温度对膨化的影响

Tab. 4 Effect of temperature of ammonium nitrate solution on expanded ammonium nitrate			
硝铵溶液温度 /℃	真空度 /MPa	析晶现象	热粘现象
115	0.091	有	无
120	0.090	无	无
123	0.089	无	无
126	0.088	无	无
130	0.089	无	无
138	0.088	无	有

注:硝铵溶液的质量分数92.6%。

保温系统,以避免输送过程热量损失而造成液相温度过低,影响膨化效果。

4 喷头间隙对膨化的影响

液混式膨化生产过程中,在其它条件一定的情况下,膨化机喷头间隙不同,物料膨化状态也有所区别。喷头间隙偏大,物料进入膨化机后会形成细股状粘附于底盘形成堆积,不利于水分的逸出,影响膨化效果;当与木粉混合经滚筒筛(孔径 4mm)过筛后,筛上物明显增多。间隙偏小时,在泵送和真空度下物料以雾状喷洒在膨化机底盘上,水分在很短时间内迅速汽化,膨化状态好;但当物料过于蓬松时,在输送螺旋、混药螺旋设备容积一定的条件下,因其体积增大最终会制约产能提高,且不利于后续装药。喷头间隙对膨化影响的试验结果如表 5 所示。由表中结果可见,一般单台膨化机(Ø2000mm × 1800mm)生产能力约 2t/h 时,喷头间隙控制在 3.0 ~ 5.0mm 为宜。适宜的间隙对提高炸药装药密度也有一定作用。

表 5 喷头间隙对膨化的影响

Tab.5 Effect of nozzle gap on expanded ammonium nitrate

喷头间隙 /mm	真空度 /MPa	水的质量 分数/%	装药密度 /(g·cm ⁻³)	筛上物 /%
2.5	0.090	0.04	0.71	1.3
3.0	0.088	0.05	0.72	1.2
3.5	0.090	0.04	0.75	1.5
4.0	0.091	0.04	0.82	1.3
4.5	0.088	0.06	0.85	3.2
5.0	0.089	0.06	0.84	3.6
6.0	0.090	0.09	0.87	5.1

不同油相材料生产的成品,筛上物的比例会出现差异。本试验为 2 台膨化机同时运行,生产能力 3.8t/h,硝酸溶液的质量分数为 92.6%、温度 126 ~ 128℃。

5 工艺优化前后的对比

通过对膨化硝酸铵炸药生产过程的真空度、硝酸溶液浓度、硝酸溶解温度及膨化机喷头间隙的试验,解决了物料在螺旋内输送不畅、产品结块、筛上物偏多、膨化过程发粘等问题,确保了产品质量的稳定和生产过程的正常运行,同时对提高爆炸性能、改善储存和使用效果均起到了一定作用。工艺优化前后的炸药性能如表 6 所示。

6 结论

1) 硝酸溶液的浓度是膨化过程的本质条件,浓度过高或过低都不利于膨化,其质量分数一般控制

表 6 工艺优化前后测试数据对比

Tab.6 Comparison of test data before and after production optimization

项 目	殉爆距离 /cm	爆速 /(m·s ⁻¹)	猛度 /mm	成品水的质 量分数/%
优化前	4 ~ 7	3200 ~ 3500	12.3 ~ 14.7	0.05 ~ 0.11
优化后	6 ~ 8	3400 ~ 3600	14.0 ~ 15.5	0.05 ~ 0.07

注:水分分析为 WJ9026—2004 中水分测试法;性能数据均为 Ø32mm 岩石膨化硝酸铵炸药测试数据。

在 92.5% ~ 93.0% 为最佳状态。

2) 硝酸溶液的温度是浓度的配合条件,溶液的充分溶解是保证其有效膨化的重要条件。温度过低会造成析晶现象;过高膨化后出现热粘性,且不利于安全。生产过程确保在 120 ~ 128℃ 为宜(应兼顾当地气温)。

3) 真空度是膨化过程必不可少的因素,一般真空度控制在 0.088 ~ 0.090MPa 较好,最低不得低于 0.086MPa(海拔约为 400m 左右)。

4) 膨化机喷头间隙对最终膨化效果会产生直接影响。间隙偏小膨化状态好但不利于后续装药;间隙偏大筛上物增多,过程废品率提高。

总之,以上因素相互协调,有机配合才能确保过程的实现和质量的稳定。

参 考 文 献

[1] 吕春绪. 工业炸药理论[M]. 北京:兵器工业出版社, 2003:280-310.

[2] 陆明. 工业炸药配方设计[M]. 北京:北京理工大学出版社,2002:76-103.

[3] Lu Ming, Liu Qifa. A novel mathematical model of formulation design of emulsion explosive[J]. Journal of the Iranian Chemical Research, 2008(1):33-40.

[4] 陆明. 表面活性剂及其应用技术[M]. 北京:兵器工业出版社,2007.

[5] Lu Ming, Lü Chunxu. A computer model for formulation of ANFO explosives[J]. Science and Technology of Energetic Materials, 2007, 68(4):117-119.

[6] 胡坤伦,杨仁树,李冰. 敏化温度影响乳化炸药稳定性的实验研究[J]. 煤炭学报,2008,33(9):1011-1014. Hu Kunlun, Yang Renshu, Li Bing. Experimental research of sensitive temperatures on influencing the stability of the emulsion explosives[J]. Journal of China Coal Society, 2008, 33(9):1011-1014.

[7] 陈银良. 影响乳化炸药稳定性的因素分析[J]. 爆破器材, 2011, 40(2):17-19. Chen Yinliang. Analysis on the factors affecting the stability of emulsion explosive[J]. Explosive Materials, 2011, 40(2):17-19.

[8] Yunoshev A S, Plastinin A V, Silvestrov V V. Effect of the density of an emulsion explosive on the reaction zone width [J]. Combustion, Explosion and Shock Waves, 2012, 48 (3) : 319-327.

[9] Masalova I, Malkin A Y. The engineering rheology of liquid explosives as highly concentrated emulsions [J]. Chemical Engineering Research and Design, 2013, 91 (2) : 204-210.

[10] Plastinin A V, Bordzilovskii S A, Karakhanov S M, et al. Critical detonation diameter of a cased low-velocity emulsion explosive [J]. Combustion, Explosion and Shock Waves, 2010 ,46(6) :708-711.

[11] Sumiya F, Tokita K, Nakano M, et al. Experimental study on the channel effect in emulsion explosives[J]. Journal of Materials Processing Technology, 1999, 85 (1-3) : 25-29.

[12] 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.

[13] 胡炳成,刘祖亮,吕春绪,等.影响膨化硝酸铵性能的因素[J].爆破器材,2000,29(2) :16-18.
Hu Bingcheng, Liu Zuliang, Lü Chunxu, et al. Factors which influencing the performance of expanded AN[J]. Explosive Materials, 2000,29(2) :16-18.

[14] 吕春绪.膨化硝酸铵炸药[M].北京:兵器工业出版社, 2001.

[15] 吕春绪,刘祖亮,叶志文.硝酸铵膨化机理研究[J].火炸药学报, 1998(2) :16-18.
Lü Chunxu, Liu Zuliang, Ye Zhiwen. Research on expanded mechanism of ammonium nitrate[J]. Chinese Journal of Explosives & Propellants,1998(2) :16-18.

[16] 陆明,刘祖亮,吕春绪.膨化硝酸铵炸药连续生产工艺与安全性研究[J].爆破器材,2007,36(2) :9-12.
Lu Ming, Liu Zuliang, Lü Chunxu. Study on the continuous production technology and the safety of expanded ammonium nitrate explosive [J]. Explosive Materials, 2007,36(2) :9-12.

Influencing Factors Analysis on the Performance of Liquid-mixed Expanded Ammonium Nitrate Explosives

ZHANG Maolin,ZHAO Rongxia
Shanxi Beihuaguanlv Chemical CO.,Ltd. (Shanxi Yongji,044501)

[ABSTRACT] The degree of vacuum in production process, concentration and temperature of ammonium nitrate solution and nozzle gap are key influencing factors for the expansion of liquid-mixed ammonium nitrate explosives. Combined with optimization of explosive production process, the effects of these key factors on the puffed performance were thoroughly studied. The results show that a vacuum below 0.086MPa leads to increased water content and hardening in the explosives; the concentration of ammonium nitrate solution needs to be controlled in the range of 92.5% ~ 93.0% as a higher or lower concentration goes against puffing; the temperature of ammonium nitrate solution is determined as 120 ~ 128℃ since crystallization will happen at lower temperatures when the solution encounters the attachment surface while sticky materials will be generated at higher temperatures upon puffing; the favorable nozzle gap has a favorable value of 3.0 ~ 5.0 mm due to the appearance of fluffy extruded materials at smaller gap nozzle and increased oversized materials at larger gap nozzle.

[KEY WORDS] expanded ammonium nitrate explosive; liquid-mixed production process; quality influencing factors

声 明

1、本刊对发表的文章拥有出版电子版、网络版版权,并拥有与其他网站交换信息的权利。本刊支付的稿酬已包含以上费用。

2、本刊文章版权所有,未经书面许可,不得以任何形式转载。

《爆破器材》编辑部