

doi:10.3969/j.issn.1001-8352.2013.02.009

乳化炸药稳定性测试方法研究*

黄丽媛^① 张国虎^② 汤代红^② 李玉艳^③ 张 冉^④ 钱 华^{①③} 潘 峰^{①③}

①南京理工大学化工学院(江苏南京,210094)

②湖北凯龙化工集团股份有限公司(湖北荆门,448032)

③国家民用爆破器材质量监督检验中心(江苏南京,210094)

④湘潭大学化学学院(湖南湘潭,411005)

[摘 要] 采用高低温循环试验测试样品的爆速值、电导率和硝酸铵析出量,综合分析各测试方法的结果来评估乳化炸药的稳定性,并设计了实验原理图。实验研究表明:随着高低温循环次数的增加,乳化炸药的爆炸性能逐渐下降,电导率和 AN 析出量逐渐增加,且呈现相类似的变化趋势。18 次高低温循环后电导率增加更显著,当循环次数在 18~30 次内,破乳现象加剧,且乳化炸药的爆速逐渐降低,在 27 次循环后乳化炸药发生拒爆;将常温下爆速与高低温循环的爆速对比,得到高低温循环次数对应的自然存储天数,如高低温循环 5 次相当于自然存储 76.6 d。

[关键词] 乳化炸药 稳定性 高低温循环 爆速 电导率 硝酸铵析出量

[分类号] TQ 560.72

引言

乳化炸药的稳定性是评价其性能的一项重要指标,它通常是指乳化炸药在一定时间内,常温存储条件下,保持其物理状态不发生改变,爆炸性能没有明显变化的能力^[1-4]。评价乳化炸药稳定性最直接、最客观的方法是自然储存法,不同的乳化炸药在常温下进行自然储存试验,通过对比可以评价其性能的优劣^[5]。但是该方法受自然环境条件的影响较大,并且试验周期较长,因此在一般的科学研究中,通常采用显微观察法、电导率法、高低温循环法及水溶法等方法来评价乳化炸药的稳定性^[6-7]。

本文以高低温循环试验为基础,测量循环试验后样品的爆速、电导率以及硝酸铵析出量,对各参量进行系统的分析,找出各测试方法所得结果之间的相互关系,同时综合考虑自然存储条件与高低温循环条件下的爆速值,从而有效地对乳化炸药的稳定性进行客观评价。

1 实验原理

对乳化炸药样品进行高低温循环试验后,测量其爆速、电导率以及硝酸铵(AN)的析出量。然后根据高低温循环试验周期的爆速的变化规律,电导率与 AN 析出量之间的关系,来判定乳化炸药样品的

稳定性。实验原理如图 1 所示。

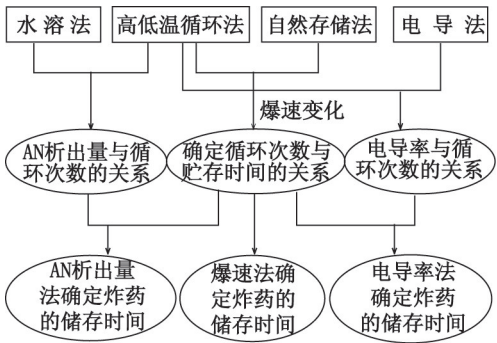


图 1 实验原理图

Fig.1 Experimental scheme

2 试样及测试方法

2.1 试验样品及处理

实验样品:南京长山化工厂规格为 $\varnothing 32\text{mm} \times 160\text{mm}$ 的乳化炸药。

高低温循环条件:将乳化炸药在高温 50°C 下保存 8h,再在低温 -40°C 保存 16h,作为一个循环。

2.2 爆速的测量

在高低温循环条件下,对乳化炸药样品每 3 次高低温循环后,测定其爆速,每次 2 组做平行实验。测试结果见表 1。自然存储条件下,对试验样品选

* 收稿日期:2012-10-13

作者简介:黄丽媛(1989~),女,硕士。主要从事粉尘爆炸等的研究。E-mail:liyuanh200713254@163.com

通信作者:潘峰(1971~),男,博士,副教授。主要从事含能材料和应用化学研究。E-mail:panfengiem@163.com

择每 15 d 测一次爆速。将试验样品在高低温循环后的爆速值与自然存储下的爆速值进行对比,来判断乳化炸药自身的储存稳定性(图 2)。

表 1 高低温循环后乳化炸药爆速
Tab. 1 The detonation velocity of emulsion explosive after temperature cycling

循环次数	序号	质量/g	药包长度/cm	时间/ μs	爆速 $\times 10^3 / (\text{m} \cdot \text{s}^{-1})$	平均爆速 $\times 10^3 / (\text{m} \cdot \text{s}^{-1})$
1	1	153.5	16.4	13.8	3.7037	3.7458
	2	148.0	16.4	13.8	3.7879	
3	1	158.0	16.9	13.5	3.6765	3.6499
	2	158.0	16.8	13.2	3.6232	
9	1	155.5	16.4	13.8	3.6232	3.6232
	2	145.0	15.8	13.8	3.6232	
12	1	151.0	16.0	14.0	3.5714	3.5714
	2	150.0	15.8	14.0	3.5714	
15	1	157.0	16.5	14.3	3.4965	3.4965
	2	161.0	16.8	14.3	3.4965	
18	1	152.0	15.9	14.4	3.4722	3.4844
	2	153.6	16.1	14.3	3.4965	
21	1	161.2	17.0	14.4	3.4722	3.4722
	2	158.1	16.7	14.4	3.4722	
24	1	154.3	16.7	15.5	3.2258	3.3265
	2	144.2	16.2	20.6	3.4272	
27	1	139.1	15.9	拒爆	—	—
	2	156.5	16.5	拒爆	—	

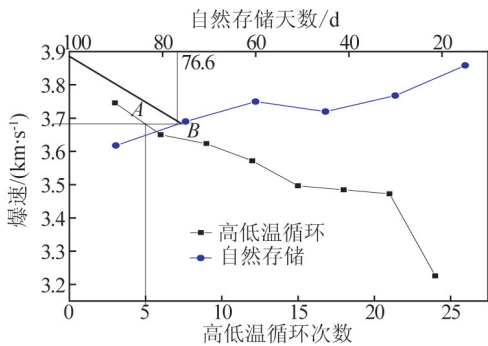


图 2 循环次数与自然存储天数的对应关系
Fig. 2 Detonation velocity trend changes with the cycle times

由图 2 可知:1)随着高低温循环次数的增加,乳化炸药的爆速逐渐降低。说明其在热力学上属于不稳定体系^[8]。因此环境温度的剧烈变化会导致乳化胶体被破坏,最终结晶析出,从而使爆炸性能恶化。2)在经过 27 次高低温循环后,乳化炸药发生拒爆。3)在同一爆速下,对应一个高低温循环次数和自然存储天数。以某一爆速值为基点,划一条平行于横坐标的直线。如图 2 所示交于 A 和 B 两点,分别找出对应的存储天数,即可确定循环次数与自

然存储天数的对应关系,部分数据如表 2 所示。

表 2 循环次数与自然储存天数的对应关系

Tab. 2 The relationship of cycles and natural storage days							
循环次数	3	4	5	6	7	8	...
自然储存天数/d	60.9	69.6	76.6	83.5	84.9	86.6	...

2.3 电导率和 AN 析出量的测量

试样预处理:将乳化炸药放入 $\varnothing 60\text{mm}$ 的培养皿中,压实,并把表面刮平,将处理完毕的 40 个样品,放入托盘中,并密封防水,进行高低温循环。

通过高低温循环和电导率法及 AN 析出量相结合,经过循环试验后,对乳化炸药样品电导率和 AN 析出量进行分析,来检测乳化炸药样品的稳定性。每 3 次高低温循环后,将试验样品放置在 25°C 下浸泡 1h,分别测试乳化炸药的电导率和 AN 析出量。观察电导率和 AN 析出量随着高低温循环次数的变化趋势(图 3),以及乳化炸药物理状态的变化情况。

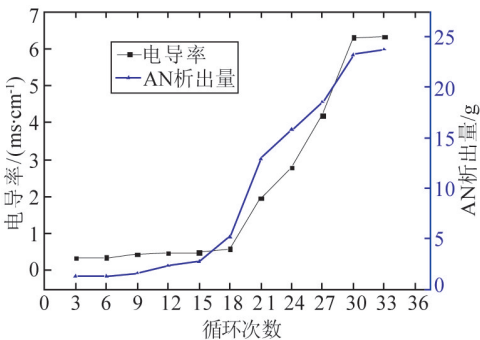


图 3 硝酸铵析出量和电导率随循环次数的变化对比趋势

Fig. 3 Cycle number dependence of ammonium nitrate precipitation amount and conductivity

对图 3 进行分析:1)乳化炸药试样的电导率随着高低温循环次数的增加而不断增加。循环次数在 18 次以内时,电导率基本不变;当循环次数在 18 ~ 30 次内,破乳现象加剧,电导率也明显增加,在此范围内,乳化炸药逐渐丧失爆炸性能,并最终彻底破乳。2)乳化炸药试样的 AN 析出量随着高低温循环次数的增加而不断增加。循环次数在 15 次以内时,硝酸铵的析出量基本保持不变;循环次数在 15 次后,AN 的析出量开始增加,说明随着温度的变化,乳化炸药试样的油膜出现了加速老化的现象;循环次数 18 次后,AN 析出量增加显著,说明乳化炸药试样的油膜已经破裂,有大量的内相溶液析出。3)电导率的变化情况和硝酸铵析出量的变化相类似,也验证了这两种检测方法的可靠性。电导率法和 AN

析出量法同高低温循环方法相结合,可从整体上衡量乳化炸药在经过恶劣环境变化后的性能变化,为以后判定乳化炸药的稳定性提供了较好的方法。

3 结论

对几种常见的表征乳化炸药稳定性的测试方法进行了研究。

1) 乳化炸药的爆速随着高低温循环次数的增加而逐渐降低,在 27 次循环后乳化炸药发生拒爆。说明乳化炸药是一种热力学不稳定体系,环境温度的剧烈变化导致乳化胶体被破坏,最终结晶析出,使爆炸性能恶化。再将常温下的爆速与高低温循环的爆速对比,可得高低温循环次数对应的自然存储天数。

2) 电导率和硝酸铵析出量随高低温循环次数的变化相类似,也验证了这两种检测方法的可靠性。循环次数在 18 次以内时,乳化炸药破乳不明显;循环次数在 18~30 次范围内,破乳现象加剧,所测数值也明显增加。在此范围内,乳化炸药逐渐丧失爆炸性能,并最终彻底破乳。

参 考 文 献

- [1] 李冰. 乳化炸药的稳定性及其表征方法的研究[D]. 淮南:安徽理工大学, 2008.
Li Bing. Study on the stability of the emulsion explosive and the method of characterizations [D]. Huainan: Anhui University of Science and Technology, 2008.
- [2] 陈丽花. 浅谈如何提高乳化炸药稳定性[J]. 能源与环境, 2012(4): 135-136.

Chen Lihua. Discussion on how to improve the stability of emulsion explosives[J]. Energy and Environment, 2012 (4): 135-136.

- [3] Wilson L J, Pienaar A. Emulsion explosives: EP, 2360133A2 [P]. 2011-08-24.
- [4] 宋锦泉, 汪旭光. 乳化炸药的稳定性探讨[J]. 火炸药学报, 2002, 2(1): 36-40.
Song Jinquan, Wang Xuguang. Discussion on stability of emulsion explosives[J]. Chinese Journal of Explosives & Propellants, 2002, 2(1): 36-40.
- [5] 杨仁树, 胡坤伦. 几种表征乳化炸药稳定性方法的实验研究[J]. 煤矿爆破, 2007(2): 1-4.
Yang Renshu, Hu Kunlun. Experimental research on several methods of characterizing the stability of emulsion explosive[J]. Coal Mine Blasting, 2007(2): 1-4.
- [6] 胡坤伦, 李光, 尤奎, 等. 影响乳化炸药稳定性物理性能试验研究[J]. 爆破器材, 2010, 39(4): 15-17.
Hu Kunlun, Li Guang, You Kui, et al. Experimental study on physical properties affecting the stability of emulsion explosive[J]. Explosive Materials, 2010, 39(4): 15-17.
- [7] Satonkina N P, Pruehl E R, Ershov A P, et al. Electrical conduction of emulsion explosives[J]. Journal of Engineering Thermophysics, 2011, 20(3): 315-319.
- [8] 罗宁, 胡坤伦, 徐国财. 乳化基质的合成及其稳定性的初步研究[J]. 中国矿业, 2006, 15(3): 67-69.
Luo Ning, Hu Kunlun, Xu Guocai. Emulsion explosive substrate compound and the analysis of its properties [J]. China Mining Magazine, 2006, 15(3): 67-69.

Testing Method Study on the Stability of Emulsion Explosives

HUANG Liyuan^①, ZHANG Guohu^②, TANG Daihong^②, LI Yuyan^③, ZHANG Ran^④, QIAN Hua^{①③}, PAN Feng^{①③}

①School of Chemical Engineering, Nanjing University of Science and Technology (Jiangsu Nanjing, 210094)

②Hubei Kailong Chemical Group Co., Ltd. (Hubei Jingmen, 448032)

③National Quality Supervision and Inspection Center for Industrial Explosive Materials (Jiangsu Nanjing, 210094)

④School of Chemical Engineering, Xiangtan University (Hu'nan Xiangtan, 411005)

[ABSTRACT] The circulation of high and low temperature combined with detonation velocity, conductivity and the amount of potassium nitrate precipitation was carried out to evaluate the stability of emulsion explosive. The relationship between these stability characterization methods was discussed and experimental schematic was designed. The results show that with the increase of high and low temperature cycles, the explosion performance of emulsion explosives decreases gradually, while the conductivity and AN precipitation increase gradually, presenting a similar change trend. The conductivity increases more significantly after 18 high and low temperature cycles, and demulsification exacerbates in the range of 18 to 30 cycle days. In addition, emulsion explosive detonation velocity decreases gradually and the misfire happens after 27 cycles. The natural conservative days corresponding to the cyclic days between high and low temperature can be deduced through the detonation velocity comparison under two different temperature conditions. For example, preservation at high and low temperature cycle 5 days is equivalent to a natural storage for 76.6 days.

[KEY WORDS] emulsion explosive, stability, the circulation of high and low temperature, detonation velocity, conductivity, the amount of AN precipitation