

doi:10.3969/j.issn.1001-8352.2019.04.007

乳化炸药不合格品再处理敏化参数的研究^{*}

李贞亿
贵州久联民爆器材发展股份有限公司(贵州贵阳,550000)

[摘 要] 为了研究敏化剂添加量及敏化温度对乳化炸药不合格品处理的影响,建立了独立的乳化炸药不合格品处理生产线,对乳化炸药不合格品进行了返工处理试验及生产运行。根据试验及生产运行结果,确定了返工乳化炸药不合格品处理过程中的敏化工艺参数:发泡剂和促进剂尿素添加质量分别占混合基质质量的 0.20%~0.26% 和 0.06%~0.10%,敏化温度控制在 44~54℃,敏化后样品密度控制在 1.10~1.24 g/cm³。为了验证敏化工艺参数的合理性,对返工后的乳化炸药的爆速、猛度及殉爆距离进行了试验测试。测试结果表明,返工后乳化炸药的性 能均符合乳化炸药的质量要求。

[关键词] 乳化炸药;不合格品;敏化剂;返工;敏化温度

[分类号] TD235.2⁺1;TQ56

Sensitization Parameters Study on Disposal of Unqualified Emulsion Explosives

LI Zhenyi
Guizhou Jiulian Industrial Explosive Materials Development Co., Ltd. (Guizhou Guiyang, 550000)

[ABSTRACT] In order to study the effect of sensitizer and sensitization temperature on disposal of unqualified emulsion explosives, an independent production line for disposal of the unqualified emulsion explosives was developed, and a rework treatment test and production operation were carried out. According to the test and production results, the reworked parameters are as follows: addition proportion of the foaming agent and accelerator carbamide accounted for 0.20%-0.26% and 0.06%-0.10% of the mixed matrix, respectively. The sensitization temperature is 44-54℃, and the density is 1.10-1.24 g/cm³ after sensitization. In order to verify the rationality of the process, the explosive detonation performance of the reworked emulsified explosive was tested. The test results show that the properties of the reworked explosive meet the quality requirements.

[KEYWORDS] emulsion explosive; unqualified products; sensitizer; rework; sensitization temperature

引言

乳化炸药不合格品是指乳化炸药在生产、储存、使用过程中,由于性能达不到要求、包装破损等原因,必须回收处理的产品^[1]。传统的乳化炸药不合格品处理方法有水解法、烧毁法和掺合法等^[2]。对于水解法,水解分离过程需要加热,可能会因为水解过程中控制不当,加热过度,发生干烧的危险^[3]。对于烧毁法,会存在铺设不合理以及烧毁过程中风向、风力发生改变,引起燃烧转爆炸的安全隐患^[4]。对于掺合法,在新鲜的乳胶基质中添加适量的不合格品,与正常生产过程中的乳胶基质一起混合进行

再敏化^[5]。该方法简单,但由于这种乳化炸药不合格品处理方法是 将生产系统外的成品或半成品添加到生产系统中去,如果含有金属碎屑、砂石或硝酸铵结晶,那么在 这些杂质进入到密闭式敏化器或叶片泵装机时,可能会由于摩擦而引起爆炸,存在较大安全隐患。为了加强乳化炸药废药处理环节的安全管理,工信部发出文件明确禁止将废药、不合格品和废旧炸药在乳化炸药生产现场回收使用^[6]。

本文中,基于贵州久联民用爆破器材发展股份有限公司的 JK 型高温乳化炸药生产线(金奥博科技有限公司,年产 24 000 t)产生的乳化炸药不合格品为研究对象,研究寻找安全、合理的乳化炸药不合格品再处理工艺技术,确定乳化炸药不合格品返工

^{*} 收稿日期:2019-02-22
第一作者:李贞亿(1972-),男,高级工程师,主要从事民爆物品生产安全与管理的研究。E-mail:ghlclzy@126.com

处理中敏化工艺参数,为企业节约生产成本,解决存在的安全隐患与产品质量问题。

1 乳化炸药不合格品返工处理工艺

1.1 返工处理所需原料及设备

原料:乳化炸药不合格品,包括当天现场剥离的破损药卷、工艺环节中开机正常生产的料头和停产清理系统形成的料尾;2[#]岩石乳化炸药乳胶基质,高温车间当日生产且未加入发泡剂的乳胶基质,温度90~100℃,密度1.35~1.45 g/cm³;亚硝酸钠;硝酸铵;尿素。

设备:LMH型敏化机,杭州强力机械有限公司,产能3~7 t/h;LRD型装药机,杭州强力机械有限公司,规格Ø50~Ø200 mm。

1.2 乳化炸药不合格品返工处理流程

为了避免处理乳化炸药不合格品引发事故,严格按照《民用爆炸品工程设计安全标准》(GB50089—2018)设计建造不合格品处理工房,安装安全防护设施^[7]。乳化炸药不合格品的处理工艺如下:

- 1)收集乳化炸药不合格品,转至不合格品处理工房,对乳化炸药不合格品中的杂物进行彻底清理;
- 2)将清理后的不合格品与2[#]岩石乳化炸药的乳胶基质在LMH型敏化机中搅拌混合3~5 min;
- 3)待乳胶基质与乳化炸药不合格品混拌均匀后,按比例加入发泡剂和促进剂,搅拌3~5 min;
- 4)待发泡剂和促进剂与乳胶基质混拌均匀后,取样检测温度、密度及爆炸性能;
- 5)检测合格的药体由LRD型装药机装药、包装并抽样检验,合格后入库。

无论岩石或是煤矿型乳化炸药不合格品,经返工处理后,统一包装为2[#]岩石乳化炸药Ø70 mm,1.6 kg。

为提高乳化炸药不合格品处理过程的安全性,不合格品处理工房内处理的不合格品,是针对在生产过程中产生的物理状态、性能指标达不到要求的乳化炸药。对于储存期内变质或是超过储存期变质硬化的乳化炸药不合格品,严格按照民爆物品销毁处置相关规定制度,进行销毁处理。

1.3 敏化工艺

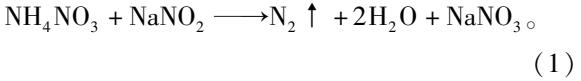
乳化炸药不合格品返工时,选择合适的敏化剂种类,确定合适的敏化剂添加比例及敏化温度,对返工后乳化炸药的各项性能有着非常重要的影响。为了解敏化参数对返工后乳化炸药爆炸性能的影响,

依据企业制定的《不合格品返工处理规程》,在处理乳化炸药不合格品返工过程中,不合格品与乳胶基质混合质量比为1:1.0~1:1.5,不合格品单次返工量不超过220 kg。混合后的乳胶基质采用化学敏化方法处理,返工样品进入敏化机进行敏化时加入发泡剂(亚硝酸钠、硝酸铵、软水质量比为20:30:50)和促进剂(尿素)。促进剂配制方法是将质量分数为50%的尿素加水稀释为40%的尿素。

2 结果与分析

2.1 发泡剂含量

对不同发泡剂添加量下的返工后乳化炸药的密度、爆速、猛度及殉爆距离进行了测量,结果如表1所示。可以看出,发泡剂的质量分数为0~0.14%时,返工乳化炸药的爆速、殉爆距离和猛度均未测出,产品不合格。这是由于在敏化过程中,发泡剂中的硝酸铵与亚硝酸钠发生了如下的反应:



当发泡剂的质量分数为0~0.14%时,发泡剂添加量较少。由反应方程式(1)可以看出,发泡剂在敏化过程中产生的氮气不足,在返工乳化炸药中引入的气泡较少。根据热点理论^[8],当乳化炸药引入气泡较少时,较少的微小气泡受到外界起爆能量作用,发生绝热压缩,产生的温度经热传递在基质中耗散,不足以激发乳化炸药发生爆炸。从发泡后乳化炸药的密度测量结果可知,返工后的乳化炸药密度较高,敏化程度明显不够。因此,在雷管起爆作用下不能发生爆炸。

当发泡剂的质量分数增加到0.16%,返工后的乳化炸药爆速、猛度和殉爆距离均测得,表明样品在实验条件下发生了爆炸;但是测得的爆速、殉爆距离及猛度较小,没有达到《工业炸药通用技术条件》(GB 28286—2012)^[9]对2[#]岩石乳化炸药的要求标准,产品不合格。当发泡剂的质量分数增加到0.20%时,返工后乳化炸药爆炸参数测量结果较高,能够达到《工业炸药通用技术条件》(GB 28286—2012)对2[#]岩石乳化炸药的要求标准^[9],产品合格。其原因是发泡剂增加到一定量,在敏化过程中氮气产生速率和含量达到一定量,在乳胶基质中引入一定体积和数量的微小气泡,在外界起爆能量的强力作用下会被绝热压缩,机械能转变为热能,微小气泡不断被加热升温,在短时间内形成一系列的高温灼热点,从而激发乳化炸药爆炸。

表 1 发泡剂的质量分数对返工样品的密度及爆炸参数的影响

Tab. 1 Effect of mass fractions of foaming agent on density and detonation parameters of reworking samples

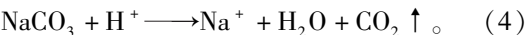
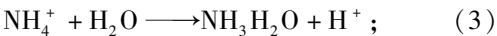
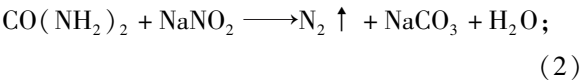
序号	发泡剂 质量分数/%	敏化温度/ ℃	敏化前密度/ (g·cm ⁻³)	敏化后密度/ (g·cm ⁻³)	爆速/ (m·s ⁻¹)	殉爆距离/ cm	猛度/ mm
1	0	48	1.33	1.32	未测出	未测出	未测出
2	0.02	49	1.34	1.31	未测出	未测出	未测出
3	0.04	46	1.34	1.31	未测出	未测出	未测出
4	0.06	47	1.35	1.30	未测出	未测出	未测出
5	0.08	46	1.32	1.30	未测出	未测出	未测出
6	0.10	48	1.32	1.29	未测出	未测出	未测出
7	0.12	46	1.32	1.28	未测出	未测出	未测出
8	0.14	48	1.29	1.28	未测出	未测出	未测出
9	0.16	47	1.30	1.27	2 980	2	9.98
10	0.18	46	1.33	1.26	3 130	2	10.08
11	0.20	52	1.34	1.23	4 600	4	12.70
12	0.22	55	1.34	1.19	4 750	4	12.90
13	0.24	47	1.35	1.16	4 932	4	13.13
14	0.26	53	1.36	1.13	4 800	4	13.04
15	0.28	46	1.34	1.09	3 659	3	11.56
16	0.30	54	1.33	1.09	3 476	2	10.78
17	0.32	46	1.34	1.08	3 187	2	10.04
18	0.34	48	1.32	1.08	3 045	2	9.89
19	0.36	53	1.32	1.07	2 688	2	9.09
20	0.38	54	1.31	1.06	2 606	2	8.67
21	0.40	54	1.30	1.06	2 573	2	8.56

从表 1 还可以看出,当发泡剂的质量分数增加到 0.28% 以上,返工的乳化炸药爆炸性能明显下降,这是由于发泡剂的添加量过高时,乳胶基质产生的微小气泡体积和数量过多,乳化炸药的密度降低,引起炸药威力的相应下降,从爆破使用的角度考虑,对爆破效果不利^[10]。同时,发泡剂的添加量过高时,在较高的敏化温度条件下,会造成药卷胀冒、破肚,即产生所谓的后效问题^[10]。

结合返工后乳化炸药的爆炸性能测试结果,在敏化过程中,发泡剂的质量分数为 0.20% ~ 0.26% 较为适宜,测得敏化后样品的密度为 1.13 ~ 1.23 g/cm³。

2.2 尿素含量

针对不同的尿素添加量,对返工后乳化炸药的密度及爆炸参数进行测量,发泡剂的质量分数为 0.20%,试验结果如表 2 所示。可以看出,返工后乳化炸药的爆速、猛度和殉爆距离随着尿素添加量的增加先增大后减小。这是由于加入促进剂尿素以后,在敏化过程中,亚硝酸钠除了发生方程式(1)的反应,还发生的反应有:



亚硝酸钠、硝酸铵和尿素发生了式(1)~式(4)的化学反应,使得返工乳化炸药在敏化过程中短时间内产生更多的气体,在乳胶基质中形成更多分布均匀的热点,进而提高了返工乳化炸药的感度和爆炸性能。当尿素的质量分数达到 0.11% 时,返工后乳化炸药的爆速、猛度和殉爆距离下降较明显,且不能达到 2[#]岩石乳化炸药的要求标准^[9]。这是由于尿素的添加量过高,在较高的敏化温度条件下,发泡剂与促进剂相互作用,产生更多的气体,造成药卷胀冒、破肚、密度下降等后效问题,乳化炸药的爆炸性能降低。从表 2 中可以看出,当促进剂尿素的质量分数在 0.06% ~ 0.10% 范围内,乳化炸药不合格品返工处理后的爆炸参数达到最优。同时,测得敏化后乳化炸药的密度为 1.12 ~ 1.20 g/cm³。

2.3 敏化温度

对不同敏化温度下的返工后乳化炸药的密度及

表 2 尿素的质量分数对返工样品的密度及爆炸参数的影响
Tab.2 Effect of on density and detonation parameters of reworking samples

序号	尿素质量 分数/%	敏化温度/ ℃	敏化前密度/ (g·cm ⁻³)	敏化后密度/ (g·cm ⁻³)	爆速/ (m·s ⁻¹)	殉爆距离/ cm	猛度/ mm
1	0	52	1.34	1.23	4 600	4	12.70
2	0.01	48	1.35	1.24	4 930	4	12.89
3	0.02	47	1.30	1.20	4 998	4	13.45
4	0.03	48	1.30	1.25	5 087	4	13.34
5	0.04	50	1.29	1.23	5 102	4	13.89
6	0.05	48	1.31	1.21	5 200	4	14.03
7	0.06	48	1.29	1.20	5 389	5	15.65
8	0.07	46	1.30	1.19	5 451	5	15.78
9	0.08	49	1.34	1.18	5 532	5	16.14
10	0.09	49	1.29	1.13	5 498	5	16.03
11	0.10	50	1.28	1.12	5 332	5	15.84
12	0.11	52	1.29	1.09	4 600	4	11.67
13	0.12	49	1.29	1.09	4 360	3	11.45
14	0.13	50	1.33	1.08	4 078	3	10.87
15	0.14	52	1.35	1.08	3 966	3	10.02
16	0.15	52	1.36	1.08	4 023	3	9.89
17	0.16	54	1.36	1.06	3 889	2	10.05
18	0.17	49	1.33	1.05	3 267	2	9.78
19	0.18	51	1.32	1.05	3 100	2	9.67
20	0.19	52	1.33	1.04	2 955	2	8.32
21	0.20	51	1.35	1.03	2 912	2	8.08

爆炸参数进行测试,试验中发泡剂的质量分数为 0.20%,尿素的质量分数为 0.10%,具体试验结果如表 3 所示。

从表 3 的返工后的乳化炸药的密度和爆炸参数测试结果可以看出,敏化温度的高低直接影响了返工处理后乳化炸药的性能。返工后乳化炸药的爆炸参数随着敏化温度的增加先增大、后减小。当敏化温度低于 44℃时,返工后乳化炸药的爆速、猛度和殉爆距离较低,这是由于敏化温度过低时,乳胶基质的黏度较大,发泡反应速率慢,造成气泡太小,影响返工后乳化炸药的爆炸性能。随着温度升高,敏化过程中,会使反应方程式(1)~式(4)向右进行,同时乳胶基质的黏度降低,有利于气泡在乳胶基质中分散传播、均匀分布。因而,在一定的敏化温度范围内,返工后乳化炸药的爆炸参数随着敏化温度的增加而增大。但当敏化温度高于 56℃时,发泡敏化后的乳化炸药密度为 1.08 g/cm³,从爆炸参数的试验测试结果可知,其爆炸能力下降,达不到 2#岩石乳化炸药的标准要求^[9]。这是由于发泡温度过高,敏化过程产生气体速度过快,容易形成不稳定的大气

泡,造成药卷胀冒、破肚、密度下降,炸药的爆炸性能降低。从表 3 中可以看出,当敏化温度控制在 44~54℃范围内,乳化炸药不合格品返工处理后的爆炸参数达到最优。同时,测得此时的敏化后乳化炸药的密度为 1.10~1.24 g/cm³。综合前面试验结果,混合基质敏化后的密度可反映敏化效果是否良好,是产品质量控制的重要工艺参数。通过统计可以看出,其范围在 1.10~1.24 g/cm³之间,返工后的乳化炸药的爆炸参数都能满足工业炸药的爆炸性能。

3 结论

根据企业乳化炸药生产点的基本情况,建立了独立的乳化炸药不合格品处理生产线,对乳化炸药不合格品进行了返工处理。得到了如下的结论:

1) 不合格品返工处理工艺中,敏化温度、发泡剂和促进剂的添加量会对返工后乳化炸药的密度及爆炸参数产生重要的影响。随着敏化剂添加量的增大和敏化温度的升高,返工后乳化炸药的爆炸参数先增加、后降低。根据爆速、猛度及殉爆距离试验确

表 3 不同敏化温度下返工样品的密度及爆炸参数

Tab.3 Density and detonation parameters of reworking samples at different sensitization temperatures

序号	敏化温度/ ℃	敏化前密度/ (g·cm ⁻³)	敏化后密度/ (g·cm ⁻³)	爆速/ (m·s ⁻¹)	殉爆距离/ cm	猛度/ mm
1	30	1.31	1.30	2 879	2	8.24
2	32	1.33	1.29	2 930	2	9.89
3	34	1.30	1.28	3 098	2	10.15
4	36	1.30	1.27	3 187	2	10.89
5	38	1.32	1.28	3 202	2	10.91
6	40	1.33	1.27	3 532	3	10.94
7	42	1.34	1.26	3 689	3	11.89
8	44	1.35	1.24	4 921	5	16.78
9	46	1.29	1.20	5 605	6	18.90
10	48	1.31	1.16	5 488	6	17.03
11	50	1.28	1.12	5 332	5	15.84
12	52	1.33	1.11	5 203	5	15.67
13	54	1.30	1.10	4 960	5	14.45
14	56	1.33	1.08	3 778	3	11.87
15	58	1.28	1.06	3 166	2	10.02
16	60	1.32	1.04	3 023	2	9.89

定敏化工艺参数如下:敏化温度控制在 44 ~ 54 ℃ 之间;发泡剂和促进剂尿素的质量分数分别为 0.20% ~ 0.26% 和 0.06% ~ 0.10%。

2) 混合基质敏化后的密度可反映敏化效果是否良好,是产品质量控制的重要工艺参数。通过统计可以看出,其范围在 1.10 ~ 1.24 g/cm³ 之间,返工后的乳化炸药的爆炸参数能够满足工业炸药的爆炸性能。

参 考 文 献

[1] 宋锦泉,熊代余,汪旭光. 不合格乳化炸药的回收处理[J]. 金属矿山,2001(6):20-22,44.
SONG J Q, XING D Y, WANG X G. Recycle technology of unqualified emulsion explosives [J]. Metal Mine, 2001(6):20-22,44.

[2] 申晴晴,张兴明,史艳敏. 不合格品乳化炸药破乳剂及破乳条件的选择[J]. 爆破器材,2014,43(4):32-36.
SHEN Q Q, ZHANG X M, SHI Y M. Selection of demulsifier and demulsification conditions for waste emulsion explosive [J]. Explosive Materials, 2014,43(4):32-36.

[3] 潘涛,龙玉国. 乳化炸药返工药回收工艺技术[J]. 煤矿爆破,2006(1):33-34.
PAN T, LONG Y G. Techniques on recycling the rejected

emulsion explosive [J]. Coal Mine Blasting, 2006(1):33-34.

[4] 殷雅婷. 乳化炸药不合格品的破乳实验及破乳机理研究[J]. 煤矿爆破,2017(6):9-13.
YIN Y T. The Study on the demulsification and demulsification mechanism of emulsion explosives demulsification [J]. Coal Mine Blasting, 2017(6):9-13.

[5] 李仕洪,肖师宇,李建设,等. 乳化炸药不合格品返工工艺的研究[J]. 爆破器材,2013,42(4):31-34.
LI S H, XIAO S Y, LI J S, et al. Research on the rework process of unqualified emulsion explosives [J]. Explosive Materials, 2013, 42(4):31-34.

[6] 工业和信息化部. 民用爆炸物品行业“十二五”发展规划[EB/OL]. 工业和信息化部网站, 2011-11-30.

[7] 中国兵器工业集团公司. 民用爆炸物品工程设计安全标准:GB50089—2018 [S]. 北京:中国计划出版社, 2018.

[8] ARMSTRONG R W, AMMON H L, ELBAN W L, et al. Investigation of hot spot characteristics in energetic crystals [J]. Thermochemica Acta, 2002, 384:303-313.

[9] 工业和信息化部. 工业炸药通用技术条件:GB28286—2012 [S]. 北京:中国标准出版社,2012.

[10] 汪旭光. 乳化炸药[M]. 2 版. 北京:冶金工业出版社,2008.
WANG X G. Emulsion explosives[M]. 2nd ed. Beijing: Metallurgical Industry Press,2008.