

文章编号: 1003-1480 (2021) 02-0049-04

珍珠岩对乳化炸药爆炸性能的影响

高玉刚

(中煤科工集团淮北爆破技术研究院有限公司, 安徽 淮北, 235000)

摘要: 为了研究敏化剂珍珠岩含量及粒度对乳化炸药爆炸性能的影响, 配制了不同粒度(40目、60目、80目)与含量(3%、4%、6%、10%、20%、30%)珍珠岩的乳化炸药, 通过爆速与猛度测试, 探究珍珠岩粒度及含量对乳化炸药爆速与猛度的影响, 确定珍珠岩的最佳含量。结果表明: 当珍珠岩含量低于3%时, 乳化炸药出现拒爆; 当珍珠岩粒度为60目、含量为4%时, 乳化炸药的爆速和猛度最高; 随着珍珠岩含量增加, 爆炸性能逐渐降低。本研究为乳化炸药的配方优化提供参考。

关键词: 乳化炸药; 敏化剂; 含量; 粒度; 爆轰性能

中图分类号: TQ564 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3969/j.issn.1003-1480.2021.02.013

The Effect of Perlite on Explosion Property of Emulsion Explosive

GAO Yu-gang

(Huabei Blasting Technology Research Institute Co. Ltd., CCTEG, Huabei, 235000)

Abstract: In order to study the influence of different content and particle size of perlite used as sensitizer on the explosion property of emulsion explosive, emulsion explosives containing perlite with particle size of 40 mesh, 60 mesh and 80 mesh, and content of 3%, 4%, 6%, 10%, 20% and 30% were prepared respectively. The effects of particle size and content of perlite on detonation velocity and brisance of emulsion explosive were investigated, and the optimum content of perlite was determined through detonation velocity and brisance tests. The test results indicate that: as the content of perlite is lower than 3%, the misfire phenomenon would appear for the emulsion explosive; as the perlite with 60 mesh and 4% content, the detonation velocity and the brisance of emulsion explosive is the highest, while with the increase of perlite content, the explosion property of emulsion explosive tends to be decreased. The study provided some references for the formula optimization of emulsion explosive.

Key words: Emulsion explosives; Sensitizer; Content; Particle size; Explosion property

目前, 为了提高乳胶基质的雷管感度, 可以通过增加气泡敏化剂来提高爆炸物的爆炸敏感性。气泡敏化剂是能够将许多均匀分布的微泡引入乳化炸药中的一类物质, 微泡的引入可以调整乳化炸药的密度和能量, 既通过加入不同含量的气泡敏化剂, 可以将乳化炸药的密度控制在要求的范围内^[1]。目前乳化炸药主要有物理敏化和化学敏化两种方式, 其中膨胀珍珠岩是应用较为广泛的一种物理敏化剂。膨胀珍珠岩颗

粒是一种白色多孔性的松散颗粒状物料, 堆积密度为 $0.07 \sim 0.20 \text{ g} \cdot \text{cm}^3$, 粒径以 $200 \sim 300 \mu\text{m}$ 为主, 外观呈圆球形, 表面有一层玻璃质^[2-3]。倪欧琪^[4]通过在敏化过程中加入适量比例的膨胀珍珠岩, 使得乳化炸药达到较好的爆炸效果。李雪交^[5]研究发现炸药的爆轰性能随着添加的固体颗粒敏化剂含量增加而降低, 同时添加小尺寸的固体颗粒可达到更好的敏化作用。上述研究表明添加不同粒度与含量的珍珠岩, 对乳化炸药

收稿日期: 2021-01-13

作者简介: 高玉刚(1984-), 男, 工程师, 主要从事民用爆破器材检测与民用爆破器材生产线研究工作。

的爆轰效果影响较大。

本文采用测试仪器法和铅柱压缩法,针对不同粒度与不同含量珍珠岩敏化的乳化炸药,分别测量其爆速与猛度并进行研究对比,探讨珍珠岩粒度及含量与乳化炸药爆炸性能的关系。确定珍珠岩的最佳含量,为乳化炸药的配方优化提供理论依据,同时也为爆炸焊接工艺中使用的低爆速乳化炸药优化生产提供参考。

1 试验方案

1.1 试验样品和材料

乳化基质: 84.5%氧化剂; 9%水; 4%可燃剂; 2.5%乳化剂^[6]。珍珠岩试样: 目数分别为 40、60、80 的珍珠岩^[7-8]。药卷尺寸: 直径 (32±1) mm, 长度 (200±5) mm。

按照上述乳化基质的配方生产样品,用目数 40 的珍珠岩,分别配备珍珠岩含量为 3%、4%、6%、10%、20%、30%的乳化炸药。同理,用 60 目及 80 目的珍珠岩,采用相同的工艺敏化乳化基质,配备样品待用。

1.2 试验仪器

测试场所: 爆炸试验场,设计最大试验药量 1kg。测时仪: DDBS-20 多段时间间隔测量仪,测时精度 0.1 μs。传感元件: 丝式探针传感元件,采用断-通式,用直径 Φ0.15mm 铜芯漆包线制作。游标卡尺: 分度值 0.02mm; 钢板尺: 长度 1m,分度值 1mm。天平: 感量 0.1g。起爆器材: 8 号工业雷管。

1.3 爆速测试方法和步骤

根据 GB/T 13228-2015 工业炸药爆速测定方法的标准^[9],本文采用测时仪法测试工业炸药爆速,测试原理图如图 1 所示。

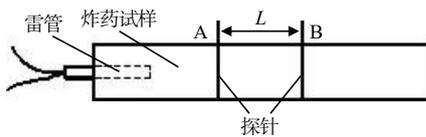


图 1 爆速测试装置示意图

Fig.1 Schematic diagram of detonation velocity test device

试验时测距 L 取 50mm, A 探针与雷管底部的距离应不低于炸药直径的 2 倍,此段距离大于 75mm, 2 个探针平行放置,在炸药内部的探针应该保持较直的状态,在炸药外部的探针应向炸药传爆的方向折

叠,并用胶布将探针固定在乳化炸药的药卷上。将 2 个探针的引线分别与爆速测试仪连接,并对整个试验仪器系统进行检查,确保试验正常进行。将炸药放入炸药碉堡内,并将 8 号雷管插入到乳化炸药中,插入深度为 15mm。将爆速仪处于待机状态,起爆后,记录爆速测试仪的数据。

$$\text{爆速的计算公式为: } D_i = \frac{L}{t_i} \quad (1)$$

式(1)中: D_i 为第 i 次爆速值, $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$; L 为测距, m ; t_i 为仪器测得的第 i 段时间间隔值, s 。

同时利用式(2)计算爆速的平均值,并修约成整数。

$$\bar{D} = \sum_{i=1}^n \frac{D_i}{n} \quad (2)$$

式(2)中: \bar{D} 为爆速平均值, $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$; n 为测试数据个数, $n=3$ 。

1.4 猛度测试方法和步骤

猛度是指炸药爆炸时粉碎与其接触介质的能力。铅柱压缩法要求在一定规格参量铅柱的条件下,即一定的质量、密度、体积尺寸下,炸药在爆炸时对铅柱进行压缩,以压缩后铅柱高度的变化作为猛度的衡量值。根据 GB 12440-90 炸药猛度试验 铅柱压缩法^[10]进行猛度试验。

炸药试样: 准备与测量爆速时相同组分的乳化炸药,每种乳化炸药称量 (50±1) g,倒入准备好的纸卷内,将药卷内的乳化炸药压实,在药卷的一侧插入 1 发 8 号工业雷管,插入深度为 15mm。

测量铅柱: 在铅柱端面的一侧用铅笔画出十字线,用游标卡尺沿十字线分别测量 4 次,取 4 次测量值的算术平均值作为铅柱的平均高度 h_0 。

试样装配: 将钢制底座放在爆炸碉堡内,底座保持平坦,向上依次放置铅柱(十字线朝下)、钢片、炸药药卷,尽量使每样物品的轴心保持在一条直线上,用固定绳固定。将起爆器与雷管连接,进行起爆,如图 2^[11]所示。

爆后铅柱测量: 清洗铅柱后,用游标卡尺沿十字线方向测量,分别测量 4 次高度,取平均值作为爆后铅柱的高度 h_1 。

铅柱的压缩量为:

$$\Delta h = h_0 - h_1 \quad (3)$$

式(3)中: Δh 为铅柱压缩量, mm; h_0 为试验前铅柱的高度, mm; h_1 为爆炸后铅柱的高度, mm。

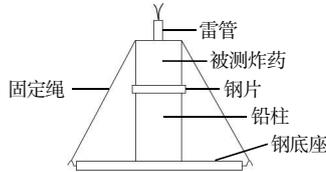


图2 猛度测定装配图

Fig.2 Brisance measurement assembly drawing

2 试验结果与分析

2.1 珍珠岩含量和粒度对乳化炸药爆速的影响

对每种配方炸药进行爆速测试,试验结果见表1。

表1 含不同珍珠岩含量及粒度的乳化炸药爆速 ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)
Tab.1 Detonation velocity of emulsion explosive with different content and particle size of perlite

目数	$w_{\text{珍珠岩}}/\%$					
	3	4	6	10	20	30
40	拒爆	4 650	4 360	3 534	2 762	2 012
60	拒爆	4 832	4 605	3 766	3 025	2 426
80	拒爆	4 722	4 423	3 568	2 682	2 113

将表1数据作图,分析珍珠岩含量及粒度对乳化炸药爆速的影响,如图3所示。

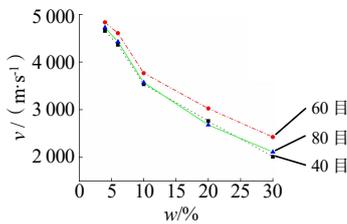


图3 不同珍珠岩含量及粒度对乳化炸药爆速的影响
Fig.3 The influence of different content and particle size of perlite on detonation velocity of emulsion explosive

由表1及图3可见:珍珠岩含量为3%时,乳化炸药拒爆。珍珠岩目数和含量分别为60目和4%时,乳化炸药的爆速最高。珍珠岩含量大于4%时,随着珍珠岩含量增加,乳化炸药爆速降低。出现这种情况可能是因为珍珠岩含量过低时,敏化效果不好,当含量过高时,膨胀珍珠岩为惰性物质,不参与爆炸反应,所以降低了乳化炸药的性能。并且当珍珠岩含量较高时,乳化炸药密度减小,导致乳化炸药爆速下降。

此外,膨胀珍珠岩目数过高时,乳化炸药的爆速也下降。出现这种情况可能是因为当目数过高时,膨胀珍珠岩所含有气泡过少,膨胀珍珠岩中的气泡不能充分地混入到乳胶基质当中,不能很好地起敏化作用,降低了乳化炸药的性能^[12-13]。膨胀珍珠岩目数过

低时,乳化炸药的爆速也出现下降,其原因可能是较大颗粒珍珠岩对界面膜有一定的破坏作用,尤其是在机械混药和装药过程中被挤压时,其破坏作用更加明显,容易造成乳化炸药破乳失效,从而影响爆炸性能。

2.2 珍珠岩含量和粒度对乳化炸药猛度的影响

对每种配方炸药进行猛度测试,试验结果见表2。

表2 含不同珍珠岩含量及粒度的乳化炸药猛度 (mm)
Tab.2 Brisance of emulsion explosive with different content and particle size of perlite

目数	$w_{\text{珍珠岩}}/\%$					
	3	4	6	10	20	30
40	拒爆	14.27	13.36	11.06	9.13	7.47
60	拒爆	15.14	14.66	13.21	11.20	8.53
80	拒爆	14.32	13.12	10.68	9.32	6.33

将表2数据作图,分析珍珠岩含量及粒度对乳化炸药猛度的影响,如图4所示。

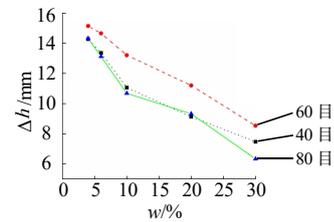


图4 不同珍珠岩含量及粒度对乳化炸药猛度的影响
Fig.4 The influence of different content and particle size of perlite on brisance of emulsion explosive

根据测试结果和分析可知:珍珠岩含量为3%时,乳化炸药拒爆。珍珠岩目数和含量分别为60目和4%时,乳化炸药的猛度最高。珍珠岩含量大于4%时,随着珍珠岩含量的增加,乳化炸药的猛度下降。从上述结果可得到乳化炸药的猛度测试结果与爆速很相似。猛度测试的结果一方面印证了爆速结果的可靠性,另一方面进一步说明了乳化药的猛度与爆速性能具有一定的一致性。

根据GB 28286-2012工业炸药通用技术条件^[14],二级岩石乳化炸药爆速不小于3 200 m/s,猛度不小于12mm,对照本文试验中珍珠岩含量10%配制的3种粒度乳化炸药,测得的爆速为3 500~3 700m/s,但40目与80目珍珠岩配制的乳化炸药猛度已不满足GB 28286-2012工业炸药通用技术条件中的要求。

3 结论

基于同一配方的乳化基质,通过采用不同含量及粒度的珍珠岩敏化剂配制乳化炸药,并对其爆速及猛

度性能进行测试分析,得到以下结论:

(1) 当不同粒度的珍珠岩含量低于3%时,乳化炸药均出现拒爆现象。

(2) 通过测试结果分析可知,珍珠岩目数和含量分别为60目和4%时,乳化炸药的爆速与猛度最高。

(3) 珍珠岩含量为10%时,40目、60目、80目3种粒度配制的乳化炸药爆速均满足GB 28286-2012工业炸药通用技术条件二级岩石乳化炸药的爆速标准要求,但40目与80目粒度配制的乳化炸药猛度测试值低于12mm,已不满足GB 28286-2012工业炸药通用技术条件二级岩石乳化炸药的猛度标准要求。

(4) 当珍珠岩含量大于4%时,随着珍珠岩含量的增加乳化炸药的爆速与猛度性能出现下降的趋势。珍珠岩含量达到30%时,乳化炸药的爆速达到2000m/s,本研究为低爆速乳化炸药配方提供参考。

参考文献:

- [1] 汪旭光. 乳化炸药[M]. 北京: 冶金工业出版社, 2008.
- [2] 李志峰,迟淑萍,宋仁峰. 国内外乳化炸药现状及技术发展建议[J]. 矿业工程, 2011, 9(5): 21-25.
- [3] 宋敬埔,吴红梅. 我国乳化炸药的研究近况及发展建议[J]. 爆破器材, 2003, 32(4): 5-10.
- [4] 倪欧琪,俞明熊. 粉状乳化炸药的研究与发展[J]. 爆破器材, 2000, 29(2): 15-18.
- [5] 李雪交. 槽型界面爆炸复合板界面效应及结合机理的研究[D]. 合肥:中国科学技术大学, 2016.
- [6] 黄文尧,颜事龙. 炸药化学与制造[M]. 北京:冶金工业出版社, 2009.
- [7] 孙启成,沈华承. 乳化炸药敏化方法的研究[J]. 矿业快报, 2006, 26(5): 24-26.
- [8] 周新利,刘祖亮,吕春绪. 含水炸药敏化剂膨胀珍珠岩敏化机理探讨[J]. 非金属矿, 2005, 28(3): 15-17.
- [9] GB 12440-90 炸药猛度试验 铅柱压缩法[S]. 国家技术监督局, 1991.
- [10] GB/T 13228-2015 工业炸药爆速测定方法[S]. 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会, 2015.
- [11] 张立. 爆破器材性能及爆炸效应测试[M]. 合肥:中国科学技术大学出版社, 2006.
- [12] 陈飞,何颖. 珍珠岩敏化技术参数对乳化炸药性能的影响[J]. 爆破器材, 2002, 31(1): 25-27.
- [13] 周新利,刘祖亮,吕春绪. 含水炸药敏化剂膨胀珍珠岩敏化机理探讨[J]. 非金属矿, 2005, 28(3): 75-79.
- [14] GB 28286-2012 工业炸药通用技术条件[S]. 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会, 2012.