

doi:10.3969/j.issn.1001-8352.2017.02.008

一种耐振动远距离输送的常温乳化基质的研制^{*}

王金龙 彭云昆 刘 桦
云南安化有限责任公司(云南昆明, 650301)

[摘 要] 介绍了一种耐振动、适宜远距离运输、现场装药车装药的乳化基质的研制。经检测,该乳化基质抗振动性好,在振动频率为1 Hz时,振动20 h后仍不破乳、不老化,敏化后爆速稳定;黏度适中,常温黏度为40 000 mPa·s,不仅有利于现场装药车泵送,且耐储存,储存期达到30 d;敏化后爆速比普通混装乳化基质高,达到5 000 m/s以上;安全性好,摩擦感和撞击感度均为0。可以满足长距离运输现场装药车装填的需要,适用于各类露天矿山远程配送装填使用。

[关键词] 耐振动;远距离运输;现场装药车装药;常温散装乳化基质

[分类号] TJ55;TD235.2⁺¹

Preparation of a Room Temperature Emulsion Matrix with Vibration Resistance in Long-distance Transportation

WANG Jinlong, PENG Yunkun, LIU Hua
Yunnan Anhua Co., Ltd. (Yunnan Kunming, 650301)

[ABSTRACT] A kind of shock-resistance mixed loading emulsion explosive favorable for long-distance transportation was developed. By examination, anti-vibration effect of this emulsion matrix is good. When the vibration frequency is 1 Hz, neither demulsification nor aging occurs after 20 h vibration. Its detonation velocity after sensitization is stable. The viscosity at room temperature is 40 000 mPa·s, which is not only beneficial to the charging pump, but also has a prolonged storage life of more than 30 days. The detonation velocity after sensitization is over 5 000 m/s, which is higher than that of common mixed loading emulsion matrix. Safety is ensured by the fact that both friction sensitivity and impact sensitivity are 0. It could satisfy the need of long-distance transportation packing, and be suitable for remote distribution in all kinds of open mining loading.

[KEYWORDS] resistance to vibration; long-distance transport; charging car charge; room temperature bulk emulsion matrix

引言

目前,国内使用的乳化炸药分为包装炸药和现场混装炸药^[1]。包装炸药主要是在中小型矿山和中小型的其他爆破工程中使用;乳化炸药现场混装车主要在大型矿山和大型电站建设项目中使用。随着矿山机械化程度的提高,中小型矿山急需一种新的炸药装药方式来提高装药效率,降低工人的劳动强度,减少现场作业人员的人数。这种方式就是“集中制药,远程配送”模式^[2-4],即在炸药厂定点生产乳化基质,远距离配送后,由乳化炸药装药车现场

敏化装药。但就目前国内现场混装乳化炸药的情况来说,虽然配方简单(表1),成本低,但乳化基质胶体易老化,储存期短,经车载运输颠簸后,易老化破乳后失效。该配方的炸药性能见表2。表2中,爆速测定用直径为150 mm的PVC管装药,450 g TNT起爆药柱起爆。

国内的炸药混装车属于一站一点式,即在一个大型矿山或一个大型电站基建项目建一个炸药混装车生产点,混装炸药车只服务于这一个点,不向周边矿山提供服务^[5]。国家的民爆产业政策是发展安全环保型工业炸药、无雷管感度的散装型工业炸药;进一步推进工业炸药生产方式由固定生产线向现场

^{*} 收稿日期:2016-05-12
作者简介:王金龙(1977-),男,工程师,从事炸药研制及检测。E-mail:1653878659@qq.com

表 1 目前露天矿使用的混装乳化炸药配方

Tab. 1 Formula of mixed loading emulsion explosive used in open pit mine				%
组 分	硝酸铵	柴 油	乳化剂 (Span80)	水
质量分数	76.0	4.8	1.2	18.0

表 2 目前露天矿使用的混装乳化炸药性能

Tab. 2 Performance of mixed loading emulsion explosive used in open pit mine			
爆速/ ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)	密度/ ($\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$)	黏度/ ($\text{mPa} \cdot \text{s}$)	储存期
4 200	1.10	3 400	7 d 开始有破乳现象

场混装作业方式发展,鼓励现场混装采用集中制备、远程配送的生产方式,鼓励地下矿爆破作业采用现场混装作业方式;鼓励民爆企业由传统的生产、销售业务模式向“一体化”服务模式方向发展。但如前所述,现在的混装乳化炸药配方还满足不了集中制药、远程配送后现场装药车装药的要求。

因此,有必要研发一种适宜于远距离运输和现场装药车装药的常温散装乳化基质。

1 新型乳化基质的研制及检测

1.1 对新型乳化基质的要求

该新型乳化基质需要满足以下条件:具有一定的抗振动性,以满足车载长距离运输后不被破乳;乳化基质需具有适中的黏度,以满足装药车泵送的要求;pH 值需适中^[6],以利于在常温下装药车装药时容易化学敏化乳化基质;该新型乳化基质需具有一定的储存期,以满足工厂生产后远距离运输和用户的使用和储存。

1.2 配方研制

在现有混装乳化基质配方的基础上,需要提高的是乳化基质配方的耐振动性和储存稳定性^[7],以满足远距离运输的要求,方便用户的储存和使用。

提高乳化基质稳定性的技术途径是^[8]:

1)降低氧化剂溶液的析晶点,抑制晶体的析出和增长。为了避免水相中氧化剂析晶对乳化基质稳定性的不利影响,既要保证分散相在乳化过程中不析晶,也要防止乳化基质在储存过程中的析晶的增长。前者要求乳化时氧化剂溶液的温度必须高于其析晶点,后者则要求尽量降低氧化剂溶液的析晶点,抑制晶体的析出和增长。新配方通过在水相中增加硝酸钠和尿素来降低水溶液的析晶点,控制所析出

的晶型,且硝酸钠和尿素又能增大供氧量。经过长期试验对比,水相的原材料选择硝酸铵、硝酸钠和尿素形成共溶物,把水相的析晶点降低到 58 ℃ 时,在提高乳化基质敏化后的炸药性能的同时,提高了乳化基质的储存稳定性,通过在水相中添加表面活性剂(K12),降低了乳状液的表面张力,提高了乳化基质的稳定性和耐振动性。

2)控制油相的黏度。油相材料的组成对于乳化液的稳定性有很大的影响。因为介面膜的厚度和乳胶粒子的大小与乳化剂和油相材料的性质密切相关。选择适当的油相材料使得制作的乳化基质的黏度增加,能够阻止分散相的聚集、分层和破乳;同时,也可以防止现场装药车化学敏化装药后气泡的散逸,有利于制得的炸药的稳定。因此,油相材料的选择决定了生产出来的乳化基质的黏度^[9]。乳化基质的黏度小,稳定性差,不利于乳化基质的运输和储存;乳化基质黏度过大,不利于现场装药车泵送。通过对比试验,确定柴油和机油配制成油相,制成的乳化基质黏度适中,既满足装药车泵送,又能满足远距离运输和用户的储存和使用。

3)选择合适的乳化剂种类及含量。在新配方中选择聚异丁烯丁二酰亚胺(T155)高分子乳化剂代替原有混装配方中的乳化剂(Span80)。研究表明,利用高分子量的乳化剂来制备乳化基质,能够明显地提高乳化基质的稳定性,高分子乳化剂 T155 良好的油溶性质和微乳化的优良性能,可形成均匀微细的乳胶粒子;同时,这种乳化剂能够形成乳胶粒子的立体保护膜,从而能够提高制得的乳化基质的稳定性。另外,高分子乳化剂有效期和使用寿命比 Span80 长,也使得用乳化剂 T155 制得的乳化基质储存稳定性更好。

通过各组分的调整试验,确定了在新型乳化基质中各组分的配比,见表 3。另外,在研制过程中,水相中每吨外加 30 g K12。

表 3 新型散装乳化基质的配比

Tab. 3 Formula of the new bulk emulsion matrix							%
组分	硝酸铵	硝酸钠	尿素	水	乳化剂 (T155)	柴油	机油
质量 分数	71.0	4.0	1.0	18.0	1.5	3.5	1.0

1.3 工艺控制

实践表明,混料方式、乳化时剪切力的大小、乳化工艺参数都对制得的乳化基质的稳定性有较大影响。将硝酸铵、硝酸钠、尿素、水按比例投入水相罐,

当水相温度升至 85 ℃ 的时候,按每吨水相 30 g K12 的比例投入 K12 至水相,并搅拌均匀,测定水相的析晶点及 pH 值。根据测定结果,用硝酸铵或水调整水相的析晶点到 58 ℃。用 63% 的硝酸将水相的 pH 值调整到 4.0。将乳化剂(T155)、柴油、机油按比例投入油相罐。温度控制在 50 ℃,搅拌均匀。在制作基质时,控制乳化器的转速为 900 r/min,以此制得乳化基质样品。

1.4 样品测试

- 制成的乳化基质经理化分析可知:
- 1)乳化基质在 70 ℃时黏度为 25 500 mPa · s, 乳化基质常温时黏度为 40 000 mPa · s;
 - 2)乳化基质在常温时用精密 pH 试纸测定,pH 值为 4.5 左右。

经敏化后测试其爆炸性能如表 4。表 4 中,爆速测定用直径为 150 mm 的 PVC 管装药,450 g TNT 起爆药柱起爆。长距离(>700 km)运输后样品耐振动试验见表 5。表 5 中,振动、敏化后测爆速的 PVC 管装药的直径为 150 mm。用振动检测仪测定乳化基质运输车罐体的振动频率在空车行驶时为 1.0 ~ 1.3 Hz,而装入 8 t 乳化基质后行驶时,测定罐体振动频率为 0.4 ~ 0.6 Hz。

研制人员还跟踪确认了 3 次运输距离超过 800 km 的产品爆炸效果,炸药装填无异常,爆炸充分,爆炸效果较好。

2 结果与讨论

2.1 新型常温散装乳化基质稳定与耐振动的原因

水相的原材料选择硝酸铵、硝酸钠和尿素形成共溶物,既保证了充足的供氧量,又降低水相的析晶点,通过在水相中添加 K12 降低乳状液的表面张力,提高了乳化基质的稳定性和耐振动性。

油相材料选择在原来配方的基础上增加了机油,并用乳化剂 T155 替代乳化剂 Span80,使得制成的乳化基质的黏度增加,能够阻止分散相的聚集、分层和破乳,且 T155 高分子乳化剂良好的油溶性质和

表 5 乳化基质振动试验

Tab. 5 Vibration test of emulsion substrate

振动频率/ Hz	振动时间 /h	爆速/(m · s ⁻¹)	
0.5	10	5 100	5 104
0.5	20	5 106	5 104
1.0	10	5 098	5 096
1.0	20	5 090	5 092

微乳化的优良性能,可形成均匀微细的乳胶粒子。同时,这种乳化剂能够形成乳胶粒子的立体保护膜,从而提高了制得的乳化基质的稳定性和抗振动性。

2.2 新型常温散装乳化基质与原有混装乳化基质的差异

- 1)新型常温散装乳化基质的储存时间由原来的小于 7 d,提高到 30 d 以上,稳定性与储存性比原有混装乳化基质有明显提高。
- 2)新型常温散装乳化基质由于是在常温下化学敏化,气泡更小,分散更均匀,所制得的乳化炸药的爆炸性能比原有混装乳化基质制成的乳化炸药更好^[10]。
- 3)新型常温散装乳化基质由于是对常温乳化基质进行储存运输和使用,基质储罐只需单层不锈钢制得,不用保温设施和加热管道,因此,运输车及装药车比原有混装乳化基质的储存运输设备的自重更轻,成本更低。

4)原有混装乳化炸药出药温度大都超过 70 ℃,要求起爆器材耐高温,成本较高且安全性较低。而新型常温散装乳化基质由于是常温敏化,现场装药,对起爆器材要求较低,安全性更好。

2.3 尚需解决的问题

目前,国内关于乳化基质是炸药还是氧化剂尚未有明确的界定,且乳化基质的运输车辆没有统一的国家标准,以致企业设计、制造乳化基质运输车辆的时候无规可寻。

根据相关规定,现在乳化基质运输车目前暂不允许做成罐、车分离式,以后或许会跟国际接轨,允许使用罐、车分离式,以方便乳化基质生产企业运输

表 4 样品敏化后爆炸性能测试结果

Tab. 4 Explosion performance results of samples after sensitization

测试项目		外观	爆速/ (m · s ⁻¹)	炸药密度/ (g · cm ⁻³)	摩擦感度/ %	撞击感度/ %	热感度/ %
初始性能	透明或半透明胶体		5 200	1.20	0	0	合格
储存 30 d 后性能	透明或半透明胶体,未出现老化破乳现象		5 000	1.21	0	0	合格

乳化基质、用户使用和储存乳化基质。

3 结 论

该新型乳化基质具有一定流动性,其爆炸性能稳定,具有良好的爆炸性能,能满足装药车现场装药要求;经长距离(> 700 km)运输后,不破乳、不老化,且性能没有明显衰减,并在 30 d 的储存期内,性能衰减较小,可以满足长距离运输现场装药车装填的需要。解决了爆破一体化过程中的集中制药、远程配送后装药车现场机械化装填对散装乳化基质的要求,为爆破一体化服务打通了瓶颈。

参 考 文 献

- [1] 汪旭光. 乳化炸药[M]. 2 版. 北京:冶金工业出版社, 2008.
- WANG X G. Emulsion explosive[M]. 2nd ed. Beijing: Metallurgy Industry Press, 2008.
- [2] 祁茂富,程飞,刘晓明. 乳胶基质远程配送可行性研究[M]//吕春绪. 民用爆破器材理论与实践. 北京:兵器工业出版社, 2012:169-172.
- QI M F, CHENG F, LIU X M. Research on related techniques of long-distance delivering system of emulsion matrix[M]//LÜ C X. Theory and Practice of Industrial Explosive Materials. Beijing: Weapons Industry Press, 2012:169-172.
- [3] 李宏兵. 乳胶远程配送系统相关技术研究[J]. 爆破, 2010, 27(2): 88-91.
- LI H B. Research on related techniques of long-distance delivering system of emulsion matrix [J]. Blasting, 2010, 27(2): 88-91.
- [4] 韦锦初,开俊俊. 乳胶基质远程配送及储存技术的探讨[J]. 煤矿爆破, 2011(4): 35-36.
- WEI J C, KAI J J. Discussion on the techniques of long-distance delivery and storage of emulsion matrix[J]. Coal Mine Blasting, 2011(4): 35-36.
- [5] 王艳平,陈锐. 推进我国民爆生产与爆破服务一体化实质性发展的对策研究与实践探讨[J]. 煤矿爆破, 2015(3): 1-7.
- WANG Y P, CHEN R. Countermeasures research and practical discussion on promoting industrial explosive materials' production combined with blasting services[J]. Coal Mine Blasting, 2015(3): 1-7.
- [6] 戴佑林. 水相 pH 值对一号岩石乳化炸药爆速和猛度的影响[J]. 爆破器材, 2006, 35(1): 8-10.
- DAI Y L. Effect of the pH value of water phase on the detonation rate and brisance of rock emulsion explosive [J]. Explosive Materials, 2006, 35(1): 8-10.
- [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 Y L. Analysis on the factors affecting the stability of emulsion explosive[J]. Explosive Materials, 2011, 40(2): 17-19.
- [8] 陈丽花. 浅谈如何提高乳化炸药的稳定性[J]. 能源与环境, 2012(4): 135-136.
- [9] 马平,谭本岭,叶辉,等. 乳胶基质黏度影响因素研究[J]. 工程爆破, 2015, 21(3): 9-12.
- MA P, TAN B L, YE H, et al. Studies on the influence factors of emulsion matrix viscosity[J]. Engineering blasting, 2015, 21(3): 9-12.
- [10] 李文艺,任流润,袁治雷,等. 化学发泡条件下对乳化炸药性能的影响[J]. 爆破器材, 2013, 42(5): 35-37.
- LI W Y, REN L R, YUAN Z L, et al. Research on impact factors of chemical foaming of emulsion explosive [J]. Explosive Materials, 2013, 42(5): 35-37.
- [11] 石少卿,康建功,汪敏,等. ANSYS/LS-DYNA 在爆炸与冲击领域内的工程应用[M]. 北京:中国建筑工业出版社, 2011: 20-30.
- [12] LIU Y B. SHEN Z W. Numerical simulation on formation and penetration target of powder metal shaped charge jet[C]//2010 International Conference on Computer Application and System Modelling. IEEE, 2010: V9-518-V9-521.

(上接第 34 页)

- [9] 黄培云. 粉末冶金原理[M]. 2 版. 北京:冶金工业出版社, 2006: 201-202.
- [10] 郑宇,王晓鸣,李文彬,等. 双层药型罩射流形成的理论建模与分析[J]. 火炸药学报, 2008, 31(3): 10-14.
- ZHENG Y, WANG X M, LI W B, et al. Theoretical modeling and analysis on jet formation of double-layered conical liner[J]. Chinese Journal of Explosives & Propellants, 2008, 31(3): 10-14.