

doi:10.3969/j.issn.1001-8352.2013.01.006

耐压高威力乳化震源药柱的制备及其性能研究^{*}

赵 洁^① 俞珍权^② 于永华^① 张凯铭^② 陈 静^① 秦卫国^① 倪欧琪^②

①湖北凯龙化工集团股份有限公司(湖北荆门,448000)

②国家民用爆破器材质量监督检验中心(江苏南京,210094)

[摘 要] 针对现有乳化震源药柱作功能力低、耐压性能差、低温起爆感度低等问题,研究了耐压高威力乳化震源药柱的配方和工艺,并对产品性能进行了全面的测试分析。试验结果表明,新研制的乳化震源药柱克服了现有乳化震源药柱的不足,作功能力可达 380 mL,在 0.3 MPa 的水压条件下,或在 -40℃ 的低温条件下均能够正常起爆,显著拓宽了乳化炸药的应用范围。

[关键词] 耐压 高威力 耐低温 乳化炸药 震源药柱 配方

[分类号] TJ450

引言

目前,用于地震勘探的震源药柱品种主要有铵梯震源药柱和乳化震源药柱两种^[1-4],它们虽然广泛地应用在地震勘探工程中,但都存在一定的不足。其中,铵梯震源药柱组分中含有梯恩梯,在制造过程中对环境对人体有一定的危害,在使用过程中易对环境造成二次污染^[5];现有的乳化震源药柱属环保型产品,但组分中含有大量的水,爆炸威力低,激发地震波的能量弱,药态软,耐压性能差,使用可靠性低,乳化体系的物理化学性能不稳定导致低温起爆感度低、储存稳定性差。

本文针对现有乳化震源药柱的不足,从配方和生产工艺上进行了深入的研究,探讨了提高乳化震源药柱作功能力、耐压性能和低温性能的新途径。

1 试验部分

1.1 试验仪器和药品

试验仪器:Fluko 乳化机,德国;爆速仪,南京理工大学;EXCAL5423-H 环境试验箱,法国 Climates;带压起爆装置。

药品:硝酸铵、硝酸钠、蒸馏水、复合蜡、乳化剂 A、玻璃微球、树脂微球。

1.2 耐压高威力乳化震源药柱制备

1) 乳胶基质制备。首先将水相材料硝酸铵、硝酸钠加水溶化后保温待用,将油相材料复合蜡、乳化剂加热熔化后保温待用。接着在乳化器中先加入待用的油相材料,并以一定的转速搅拌,然后缓慢地倒入水相材料。待水相全部加入后,调整乳化机的转

速继续乳化 1 min,乳胶基质制备完成。

2) 乳化炸药的制备。将乳胶基质冷却至所需温度,加入定量的敏化剂搅拌均匀,制成乳化炸药。

3) 震源药柱的制备。将制备的乳化炸药装入壳体,装入起爆具,盖上密封盖,用热封的方法将壳体密封,即得耐压高威力乳化震源药柱。

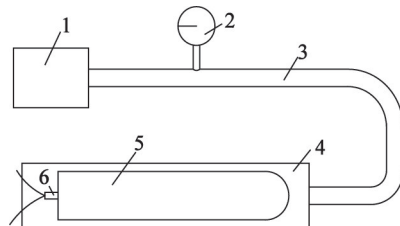
1.3 性能测试方法

1) 爆速。采用标准 GB/T13228—91 中所描述的测试仪法测量药柱的爆速。

2) 作功能力。采用标准 GB 12436—90 中所描述的方法和水下爆炸法测试药柱的作功能力。

3) 低温起爆感度。将药柱放在 -40℃ 环境中储存 8 h,取出后立即测量其爆轰感度。

4) 带压起爆。图 1 是模拟震源药柱在炮孔中的实际受压状态,将震源药柱与雷管装配好后放入特制的水压装置中保持 0.3 MPa 水压 48 h,在水压装置中带压起爆。



1 - 加压泵; 2 - 压力表; 3 - 连接管;
4 - 耐压圆筒; 5 - 震源药柱; 6 - 雷管

图 1 耐压测试装置示意图

Fig. 1 Pressure resistance testing device

^{*} 收稿日期: 2012-10-31

作者简介: 赵洁(1973~),女,工程师,主要从事民爆器材生产技术管理。E-mail:13908698468@139.com

通信作者: 倪欧琪(1953~),男,研究员,主要从事含能材料的制备和应用研究。E-mail:niouqimm@163.com

2 实验结果与讨论

2.1 爆速及其影响因素

乳化炸药的爆速与生产工艺有着极为密切的关系。乳化效果和炸药密度直接影响乳化炸药的爆速^[6]。乳化效果可以通过调节乳化器的剪切强度来控制,炸药密度可以通过敏化来调整。

2.1.1 乳化器转速对爆速的影响

表 1 是不同乳化器转速制备的药柱的爆速。从表中数据得知,随着乳化器转速的降低,药柱的爆速逐渐减小,当转速足够低时药柱发生拒爆;乳化器转速升高至一定程度后炸药爆速趋于稳定。出现上述现象是因为随着乳化器转速的提高,油包水乳化体系中分散相液滴的尺寸越来越小,水油相的接触面积越来越大,混合均匀性不断提高,因此爆轰反应的速度越来越快。但是当转速达到一定值后,粒径减小的趋势变小,乳化炸药爆速也随之趋于稳定。

表 1 不同转速的药柱的爆速

Tab.1 The detonation velocities of seismic charge at different rotation speeds

乳化器转速/($r \cdot \min^{-1}$)	爆速/($m \cdot s^{-1}$)
1800	5300
1650	5300
1450	5100
1250	4700
1000	4300
800	3800
650	拒爆

2.1.2 密度对爆速的影响

表 2 是不同玻璃微球质量分数药柱的密度和爆速。从实验结果可以看出,乳化震源药柱的爆速受药柱密度的影响较大^[7-9]。为了使药柱具有较好的爆炸性能,本研究将药柱的密度控制在 1.05 ~ 1.15

表 2 爆速与玻璃微球质量分数和药柱密度的关系

Tab.2 The relationships between the glass bubble content and the seismic charge's density and detonation velocity

玻璃微球质量分数/ %	密度/ ($g \cdot cm^{-3}$)	爆速/ ($m \cdot s^{-1}$)
10	0.84	3900
8	0.93	4650
6	1.08	5300
5	1.13	5250
4	1.15	5200
3	1.17	4200
2	1.19	拒爆

g/cm^3 的范围内。

2.2 作功能力及其影响因素

2.2.1 水的质量分数对药柱作功能力的影响

水的质量分数对作功能力的影响如表 3 所示。从表 3 可以看出,炸药中水的质量分数越低,炸药的作功能力越大。本研究药柱水的质量分数控制在 3% ~ 5%。

表 3 不同水的质量分数药柱的作功能力

Tab.3 The strength of seismic charge with different water contents

水的质量分数/%	作功能力/mL
3.0	340
3.8	320
5.0	300
10.0	280

配方中较低的水的质量分数使得硝酸铵的溶化温度升高,不利于安全生产,因此需要加入添加剂来降低硝酸铵的溶化温度^[2]。在水相中添加硝酸钠能有效降低硝酸铵的溶化温度和析晶点。本研究在水的质量分数为 3% 的条件下探讨了硝酸钠的质量分数对硝酸铵析晶点的影响(表 4)。当硝酸钠的质量分数超过 8% 时,硝酸铵溶液的析晶点能够降低到 125℃ 以下。

表 4 硝酸钠质量分数与硝酸铵溶液析晶点的关系

Tab.4 The relationship between the sodium nitrate content and the crystallization temperature of ammonium nitrate

NH_4NO_2 /%	$NaNO_3$ /%	析晶点/℃
91	0	142 ~ 144
89	2	139 ~ 141
87	4	138 ~ 140
85	6	132 ~ 134
83	8	125 ~ 127
81	10	121 ~ 123

但是硝酸钠质量分数对药柱能量有影响。通过实验发现硝酸钠在配方中的质量分数从 5% 增至 15%,药柱的爆热由 3266.0 kJ/kg 先增至 3306.8 kJ/kg,然后又下降到 3188.7 kJ/kg,比容由 968.9 L/kg 下降到 929.8 L/kg^[10]。为了使药柱既有优良的爆炸性能,又具有很好的工艺性和安全性,配方中硝酸钠的质量分数为 7% ~ 10%。

2.2.2 敏化剂对作功能力的影响

考察了不同的敏化剂对药柱作功能力的影响,如表 5 所示。表明不同的敏化剂制备出的药柱的作

作能力不同。用树脂微球敏化的药柱的作功能力明显高于用玻璃微球敏化药柱。这是因为玻璃微球是一种惰性物质,它的加入在一定程度上降低炸药的能量。而树脂微球本身是一种可燃物,除了起到敏化作用外,还能够参与药柱的爆轰反应,从而提高了药柱的作功能力。

表 5 含不同敏化剂药柱的作功能力

Tab. 5 The strength of seismic charge with different sensitizers		
敏化剂	密度/($\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$)	作功能力/mL
玻璃微球	1.08	340
树脂微球	1.08	360

2.2.3 高能添加剂对作功能力的影响

表 6 是添加铝粉对乳化炸药作功能力的影响。可以看出铝粉的加入能够明显提高药柱的作功能力,这是因为铝粉的加入增加了药柱的爆热,进而提高了药柱的作功能力。

表 6 添加铝粉药柱的作功能力

Tab. 6 The strength of seismic charge containing aluminum powder		
炸药配方	铝粉/%	作功能力/mL
配方一	0	350
	3	380
配方二	0	310
	3	350
配方三	0	310
	3	350
配方四	0	340
	3	370

2.2.4 与现有乳化震源药柱爆炸能量的比较

采用水下爆炸法^[6]和爆热试验比较了耐压高威力乳化震源药柱与常用乳化震源药柱爆炸能量的差异。从表 7 的测试结果可以看出耐压高威力乳化震源药柱的爆炸能量显著高于常用乳化炸药。

2.3 带压起爆性能及影响因素

震源药柱使用中经常会遇到水孔,因此在水压情况下药柱的爆轰可靠性非常重要。普通乳化震源药柱由于药态较软,在一定水压下会产生严重变形、载药壳体容积减小,使得炸药密度增大,起爆感度下降,经常发生半爆、拒爆等情形^[6]。

乳化炸药的耐压性主要受乳化炸药刚度的影响。而刚度主要取决于氧化剂水相的结晶程度。结晶程度越高,炸药的刚度越大,其形变就越小。而水相的结晶程度可以通过调节分散相的分散程度来控

表 7 不同乳化炸药爆炸能量的比较

Tab. 7 The explosion energy comparison for different emulsion explosives			
炸药类型	爆热/ ($\text{mJ} \cdot \text{kg}^{-1}$)	总能量/ ($\text{mJ} \cdot \text{kg}^{-1}$)	TNT 当量
三级煤矿许用 乳化炸药	3.822	2.947	0.864
二级煤矿许用 乳化炸药	3.850	3.021	0.886
2 号岩石 乳化炸药	4.080	3.182	0.933
1 号岩石 乳化炸药	4.483	3.411	1.000
耐压高威力 乳化震源药柱	4.767	3.758	1.100
TNT	4.552	3.410	1.000

制。在炸药配方一定的情况下,乳化时的剪切强度越大,分散相液滴尺寸越小,同样温度下氧化剂水相的结晶程度就弱,乳化炸药的刚度就小。反之,乳化强度越小,则乳化炸药的刚度就越大。表 8 是不同乳化转速制备的乳化震源药柱经水压后的变形情况和爆速值。从表 8 可见,随着乳化机转速降低,炸药的刚度逐渐增加,药体的变形减小,但爆速则呈现下降的趋势。通过不同乳化转速的试验,从综合性能考虑,本研究选择的转速为 1350 r/min。

表 8 不同乳化转速制备的药柱的形变及爆速

Tab. 8 The deformation and detonation velocity of the seismic charges produced under different rotation speeds		
乳化器转速/ ($\text{r} \cdot \text{min}^{-1}$)	药柱受压后最小直径 (0.3MPa 水压下 48h)/mm	爆速/ ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)
1500	26	半爆
1350	43	5100
1000	47	4300
800	55	3800

注:药柱原直径为 $\varnothing 60\text{mm}$ 。

2.4 低温起爆性能

通过实验发现普通乳化震源药柱在 -40°C 时发生拒爆,而耐压高威力乳化震源药柱在 -40°C 时仍能够正常起爆。导致上述差异的主要原因是乳化体系微观结构变化的结果。乳化震源药柱具有油包水的微观结构,油膜均匀地包覆在分散相液滴表面。普通乳化震源药柱在常温时其油膜的流动性和延展性较温度较高时已经下降,而油膜内部的硝酸铵溶液仍然为液态。在环境温度降至 -40°C 的过程中,由于油膜的进一步脆化和硝酸铵结晶引起的体积变

化导致油膜破裂,乳化体系破坏,从而使得药柱拒爆。耐压高威力乳化炸药虽然微观结构与普通乳化炸药相同,但其在常温下已呈现固态。较低的水的质量分数和较大的液滴尺寸,使得分散相中的硝酸铵在较高的温度下就从溶液中结晶析出。而此时的油膜仍具有较好的流动性和延展性,结晶时的体积的变化不会导致油膜破裂,药柱仍具有完好的乳化微观结构。因此当温度降至 -40°C 时,耐压高威力乳化震源药柱仍然能够稳定爆轰。

3 结论

1) 本文研究了耐压高威力乳化震源药柱的配方、工艺和性能,探讨了配方和生产工艺对耐压高威力乳化震源药柱作功能力、爆速和低温性能的影响。

2) 研制的耐压高威力乳化震源药柱较现有乳化震源药柱在作功能力、耐压性和低温性能方面得到了显著的提高。该震源药柱的作功能力为 340mL, 含高能添加剂的配方作功能力可达 380mL; 在 0.3MPa 的水压条件下,或在 -40°C 的低温条件下均能够正常起爆,显著提高了乳化震源药柱爆炸性能,拓宽了应用范围。

参 考 文 献

- [1] 陆明,吕春绪.低爆速震源药柱的配方研究[J].火炸药学报,2006,29(1):14-16.
Lu Ming,Lü Chunxu. Study on the Formulation of low detonation velocity seismic explosive column[J]. Chinese Journal of Explosives&Propellants,2006,29(1):14-16.
- [2] 黄文尧.震源药柱用低爆速炸药的研制[J].爆破器材,2001,30(2):12-14.
Huang Wen Yao. A study of low detonation velocity explosive for seismic charge[J]. Explosive Materials,2001,30(2):12-14.

- [3] 吕淑然,黄文尧.低爆速炸药震源药柱的配方研究[J].爆破器材,2002,31(5):16-19.
Lü Shuran, Huang Wen Yao. A study on the formulation of seismic charge with low detonation velocity[J]. Explosive Materials,2002,31(5):16-19.
- [4] 陆明,吕春绪,刘祖亮.膨化硝酸铵震源药柱配方的优化设计[J].兵工学报,2000,21(3):217-219.
Lu Ming, Lü Chunxu, Liu Zuliang. Stoichiometrical design and optimization of expanded ammonium nitrate seismic explosive columns[J]. Acta Armamentarii, 2000,21(3):217-219.
- [5] 程景才.炸药毒性与防护[M].北京:兵器工业出版社,1994,8:68-70.
Cheng Jingcai. Explosive toxicity and protection[M]. Beijing: Arms Industry Press,1994,8:68-70.
- [6] 汪旭光,乳化炸药[M].2版.北京:冶金工业出版社,2008:189-190.
Wang Xuguang. Emulsion explosive[M]. Second edition. Beijing: Metallurgy Industry Press,2008:189-190.
- [7] Deribas A A, Medvedev A E, Reshetnyak A Yu, et al. Detonation of emulsion explosives containing hollow microspheres[J]. Doklady Physics,2003,48(4):163-165.
- [8] 汪旭光,申英锋.乳化炸药结构与稳定性关系的研究[J].中国工程科学,2000,2(2):24-29.
Wang Xuguang, Shen Yingfeng. Relation ship of structure and stability emulsion explosive[J]. Engineering Science,2002,2(2):24-29.
- [9] Lee Jaimin, Per-Anders Persson. Detonation behavior of emulsion explosives[J]. Propellants, Explosives, Pyrotechnics,1990,15(5):208-216.
- [10] Cudzilo S, Kohlicek P, Trzcinski V A, et al. Performance of emulsion explosives[J]. Combustion, Explosion and Shock Waves,2002,58(4):463-469.

Preparation and Performances Research on a High Strength Pressure-resistant Emulsion Seismic Charge

ZHAO Jie^①, YU Zhenquan^②, YU Yonghua^①, ZHANG Kaiming^②, CHEN Jing^①, QIN Weiguo^①, NI Ouqi^②

^①Hubei Kailong Chemical Group Co., Ltd (Hubei Jingmeng, 448000)

^②National Quality Supervision Testing Center for Industrial Explosive Materials (Jiangsu Nanjing, 210094)

[ABSTRACT] Presently emulsion seismic charges have the defects of low strength, poor pressurization, low detonate sensitivity at low temperature. The formula and manufacture technique of a pressurization and high strength emulsion seismic charge are studied, and the properties of the new product were fully measured in this paper. The results show that the new emulsion seismic charge has overcome the shortcomings of the present emulsion seismic charge, with the strength up to 380ml. The new product can completely detonate under 0.3MPa hydraulic pressure or at -40°C respectively, which remarkably widen the applied field of emulsion explosives.

[KEY WORDS] pressurization, high strength, emulsion explosive, seismic charge, formula, technique, performance