

参 考 文 献

- [1] Bennett, F. D., *The Phys. of Fluids*, 5(1) (1962), 102 .
[2] Bagley, C. H., *Proc. 6th Int. Cong. High-Speed Photogra.*, (1966), 84.
[3] 杜鲍维光 A. C. 著, 高速流逝过程摄影记录, 科学出版社 (1976), 295.

APPLICATION OF THE HIGH-SPEED SCHLIEREN TECHNIQUE FOR DETONATION EXPERIMENTS

Huang Fu

Abstract

The principle and characteristics of the simple schlieren apparatus are described in this paper. The conditions needed for the joint of the schlieren instrument with the high-speed rotating mirror camera are also introduced. A typical optical system of the high-speed schlieren instrument for detonation test is illustrated. Finally, with this instrument, the detonating process of electrical initiators is recorded very well.

RJ系列乳化炸药的生产与应用

孙建鼎

(1983年1月16日收到)

乳化炸药是一种新型发展的工业炸药,它具有许多优点:生产成本低,防水和生产工艺简单。本文介绍了昆阳磷矿生产的RJ系列乳化炸药的理化性能,生产工艺和应用实例。

乳化炸药,也叫乳胶炸药。这是70年代国内外迅速发展起来的一类新型抗水工业炸药,它是通过使氧化剂水溶液的细液滴,均匀分散在含有分散气泡或空心玻璃和塑料微球的油相连续介质中,形成一种油包水型的乳胶体炸药。昆阳磷矿在长沙矿山研究院及昆钢八街铁矿的协助配合下,利用原有厂房和设施,只用了18天时间安装了乳化炸药生产设备,并投入试生

产。经过一年多的生产(五百多吨炸药)实践表明,设备运转正常,产品性能指标达到要求,每年可生产1000吨(日二班制),按昆阳磷矿目前所用炸药计算,若使用RJ系列乳化炸药每年仅防水包皮一项就可节约8~10万元;从而炸药每年则可节约17~35万元。

这种炸药既有浆状炸药和水胶炸药的优良抗水性,又克服了较钝感和成本较高的缺点。既有铵油炸药成本低的优点,又克服了铵油炸药不防水和易吸湿结块的缺点。它更具有铵油和浆状两种炸药的生产工艺简单的优点。因此,国外专家称它为工业炸药的未来。

一、组分及配方

我矿生产的RJ系列乳化炸药,主要由无机氧化剂水溶液、碳质燃料、乳化剂、敏化剂等组成,见表1。

表1 昆阳磷矿RJ系列乳胶炸药工业生产配比

组分 名称 (%)	硝酸铵	硝酸钠	乳化剂	废机油 (或柴油)	石蜡	敏化剂	发泡剂	水	其它
RJ-1	50-60	5-15	0.5-2	0.5-2	2-4	10-15	0.2-1	5-18	1-2
RJ-2	50-65	5-15	0.5-2	0.5-2	3-5	5-10	0.2-1	5-18	1-2
RJ-3	60-80	8-15	0.5-2	1-2	3-5	—	0.2-1	5-18	1-2

(一)无机氧化剂水溶液,在乳胶炸药中形成内相(又叫水相或分散相)。试验表明,使用混合无机氧化剂能提高炸药的物理性能、化学性能和改善炸药的炸轰性能。

1. 硝酸铵是乳胶炸药的主要氧化剂,含量为50~80%。

2. 硝酸钠可降低硝酸铵溶液的晶析点,以改善乳胶炸药的性能及调整乳胶炸药的氧平衡,RJ系列乳化炸药中硝酸钠含量为5~15%。

3. 水为氧化剂的溶剂,在爆炸时它吸热做功,所以过多的水会大幅度降低炸药的爆热,造成炸药的爆速、猛度和威力降低,而水分太少也将导致氧化剂晶粒的析出或胶体形成之后,很快出现硬化或油水分层。因为乳化炸药中氧化剂以细小水滴形成分散于油相之中,所以水是乳胶炸药中不可缺少的组分,昆阳磷矿生产的乳胶炸药水份含量为5~18%。

(二)碳质燃料组分,为乳胶炸药中形成外相的材料,属易燃的碳氧化合物。它可使炸药具有良好的稳定性和敏感度。对比大量试验说明:废机油(或柴油)、石蜡的质量和比例及其在炸药中的含量,对炸药物化性能及爆炸性能都有影响,因此油蜡含量要适宜。昆阳磷矿乳胶炸药废机油(或柴油)含量为0.5-2%,石蜡含量为2-5%。

(三)乳化剂是制造乳胶炸药极为关键性的组分。其种类、质量和浓度对制成乳胶炸药质量、颗粒大小和炸药的爆轰性能起着显著的作用。

昆阳磷矿选用油包水型乳化剂司班-80(Span 80)。乳化剂是表面活性剂,它起着降低水相和油相之间的界面张力的作用,在机械强力搅拌作用下,油滴周围生成强韧的保护薄膜,防止粒子的再集合及凝聚使氧化剂水溶液均匀地分散在油相中。

(四)发泡剂和添加剂主要是增加炸药的稳定性。发泡剂为亚硝酸钠,它用于降低炸药的密度,提高其敏感性。添加剂为尿素,二乙二醇(或三乙二醇),它可保持乳化炸药的稳定性。

(五)敏化剂是甲胺硝酸盐,用来降低乳胶炸药的晶析点和提高其敏感度。在乳胶炸药中,敏化剂含量越高,炸药的爆速及猛度也越大,稳定性也越好,炸药的贮存期也越长,其含量一般为5-15%。

二、主要性能

乳化炸药的性能取决于合理的组分配比及正确的加工工艺。测试结果表明,该炸药具有良好的贮存稳定性,优良的抗水性,较高的爆轰感度以及良好的安全性。

(一)理化性能

1. 乳胶体结构及密度。形态似乳脂,具有强烈防止液—液分层和液—固分离的特性,密度为1.05-1.3克/立方厘米。

2. 抗水性能。RJ系列乳化炸药是氧化剂水溶液全被连续油相所保护(油相为外相),能防止药体本身水分的蒸发,并阻止外界水分渗入,因此具有很强的抗水性,见表二。

表2 昆阳磷矿RJ系列炸药与国内其它矿山乳胶炸药抗水性能测定

类 型 试验性能	昆 阳 磷 矿 RJ系列乳化炸药			昆钢八街 RJ系列乳化炸药		龙烟铁矿 EL系列 炸 药	鞍 山 乳 胶 炸 药
	RJ-1	RJ-2	RJ-3	RJ-1	RJ-2		
药卷直径(mm)	60	60	60	32	40	40	40
抗水时间(小时)	96	96	96	96	48	24	45
浸水前爆速(米/秒)	5420	5313	5397	4925	4167	4285	4925
浸水后爆速(米/秒)	4910	4789	4416	4321	4071	4166	4925

3. 腐蚀性。乳化炸药对铁、钢等金属有一定的腐蚀作用;对塑料、搪瓷、不锈钢、铝等材料无腐蚀作用。

4. 贮存性能。RJ系列乳化炸药的贮存性能与所采用的密度控制方法和是否加有稳定剂,敏化剂有关。贮存性能是指乳化炸药在其生产条件下,能保持其原有的炸药性能和理化性能的时间长短和能力。

(二)安全性能

1. 机械感度

(1)冲击感度。RJ系列乳化炸药在落锤重10公斤,落高25厘米的条件下测试,不发生爆炸。

(2)摩擦感度为零。

(3)枪击感度。用56式半自动步枪、63式全自动步枪射击,射距30米,入射速度为820米/秒。对塑料袋装2公斤乳化炸药,射中24发,未发生燃爆。

2. 热感度

(1)爆发点。RJ-1为390℃,RJ-2为400℃。

(2)火焰感度。用明火、酒精喷灯火焰、气焊火焰对500克乳胶炸药烧3分钟,不燃不爆。

(三) 量炸性能

乳化炸药的爆炸性能主要指爆力、猛度、殉爆度、临界直径、爆速等。

用导爆索比较法和BSS——2型十段爆速仪测定爆速。用爆破漏斗法测定爆力。用铅柱压缩试验法测定炸药的猛度。

采用爆破漏斗法在均质沙土中进行。按直径180mm，深80cm的炮孔取试验用炸药2公斤，以8号火雷管起爆后，用所形成的漏斗体积的大小，来比较各种炸药的爆力见表3。

表3 炸药漏斗容积比较

炮孔 炸药规格 系列 数量	炸药品种		乳 化 炸 药		备 注
	2" 岩石 炸药	粒 状 铵 油 炸 药	RJ-2	RJ-3	
炮眼直径 (mm)	180	180	170	180	粒状铵油炸药试验 药量2.0公斤, 其中 用10%RJ-2炸药 为起爆药包
炮眼深度 (mm)	800	840	840	800	
形成爆破漏斗体积 (m ³)	2.06	2.05	3.37	3.03	
使用炸药量 (kg)	2.0	2.0	2.0	2.0	

昆阳磷矿生产RJ系列乳化炸药爆炸性能与其它炸药性能比较见下页表4。

(四) 稳定性

对乳胶体稳定性的检测，我们一般采用两种方法。

1. 常温观测油水分离及析晶法。在常温下，存放一段时间后，观测油水是否分离或由于乳胶被破坏而析出硝酸铵白色结晶颗粒，以此确认乳胶体稳定存放时间。

2. 常温测试性能法。常温下，间隔存放一段时间后测试其爆炸性能，从而确认乳胶体稳定存放时间，以此判断其稳定性的好坏，见表5。

表5 RJ系列炸药贮存期与稳定性

试验炸药系列	贮存期 (天)	有无析晶油 水分分离现象	爆 速 (米/秒)	炸药直径 (毫米)	用八号电 雷管起爆	殉爆度 (厘米)
RJ-1	4	无	>4900	32	全爆	>8
	8	无	>4600	32	全爆	>8
	45	无	>4300	32	全爆	>8
RJ-2	4	无	>4700	65	全爆	>6
	8	无	>4400	32	全爆	>6
	45	无	>4000	32	全爆	>6
RJ-3	4	无	>4400	65	全爆	>6
	8	有	>3000	32	爆一半	
	45	严重析晶	未 测	32	拒爆	

表4 各系列乳化油炸药与其它炸药性能比较表

炸 药 名 称	炸				药				性				能		炸 药 成 本 (元/吨)	备 注
	临界直径 (mm)	殉爆距离 (Cm)	猛 度 (mm)	爆 力	水 分 (%)	抗水性能及储 存日期	药包直径 (mm)	密 度 (g/Cm ³)	爆速测定值 (m/s)							
昆钢八 街铁矿	RJ-1	12-16	>9	16-19	301mm		良好的抗水性	33	1.15-1.3	4500~5400	738.87	储存55天爆速仍 大于3600 m/s				
	RJ-2	12-16	>7	15-17	283mm		储存四个月	33	1.05-1.3	4000~5000	604.42					
龙烟铁矿	EL	18-12	11-15	15-17			储存五个月	32-40	1.05-1.35	4000~5000	450-85					
鞍山露天乳化炸药	48						浸泡4-5小 时后爆速不变		1.11-1.35	4500~5030	461.70					
美 国	阿特拉斯(10)	13-32	2.5-15				良 好	35-50		4100~4900						
	埃列克 化学公司	12-19					良 好 储存六个月	28		4100~4500						
	2#岩石硝铵		>5	>13	320mm	<0.5	不 防 水	32	1.0	4300	1500					
	1#松松蜡		>5	>12	300mm		贮存180天	32	0.9-1.0	3300	960					
	2#松松蜡		>5	>12	310mm		贮存120天	32	0.9-1.0	3300	960					
	多孔粒状铁油		>3	8-10	240~280 mm		不防水 大于90天	32	0.9-1.0	3300	860					
	铵 沥 蜡		>4	>9	270mm		贮存180天	32	0.35-0.9	3000						
	TNT		10-13	18	285mm			32	1.3-1.5	7000						
	浆状炸药(日本鞍 胶质代拿买特)		12-14	24		0.4		32	0.93-0.98	6100						
昆 阳 磷 矿	RJ-1		8	16-19			良 好	32-180	1.05-1.3	4400~5000	667.70	材料成本中硝酸 铵以300元/吨 计算。				
	RJ-2	10-18	4	15.5-17	3.37m ³		良 好	32-180	1.05-1.3	4200-4800	559.40					
	RJ-3	10-14	6	16~17	3.03m ³		良 好	32-180	1.05-1.2	>4000	463.80					

注:昆阳磷矿炸药成本中的原料和包装费,不包括人工工资、固定资产及设备折旧、燃料、电耗等。

三、工艺流程

乳化炸药的性能不仅取决于合理的配方，也取决于合理的加工工艺。

(一) 水相的制备

硝酸铵经破碎机破碎，再经轮碾机细碎后，由皮带输送机输送，并与硝酸钠，甲胺硝酸盐和水一起按比例投入熔化罐。加热熔化并搅拌，混合均匀。熔化时间保持在15—20分钟。

(二) 油相的制备

将一定百分比数量的石蜡，柴油（或废机油）投入油相熔化器中加热，直至全部石蜡熔化为止。其温度控制在75°—80℃左右。

(三) 乳化

水相及油相放入乳化罐，开动乳搅拌器，并逐步加快速度搅拌10—20分钟后，乳化完毕。控制合理的乳化温度是获得良好乳胶体的重要条件。

(四) 混 合

按一定比例将用于降低炸药密度和提高炸药敏感性的发泡剂亚硝酸钠，以及保持炸药稳定性的添加剂，加入混合罐中的乳胶体内。其温度控制在55°—70℃之间。

(五) 凉药及包装

严格控制乳化炸药的凉药，发泡温度，以保证炸药的稳定性，提高炸药的爆轰感和抗水性能。

乳胶炸药可用一般的塑料袋包装。

四、结 论

根据昆阳磷矿对乳化炸药的生产和应用说明乳化油炸药的爆轰感度高，爆炸威力大，抗水性能强，运输、生产和使用安全可靠。其殉爆距离、猛度，均大于2°岩石炸药、铵松蜡炸药、多孔粒状铵油炸药，其爆速接近或超过2°岩石炸药，但防水性能是以上几种炸药远远不能相比的。尤其在露天深水孔中作业及井下涌水量大的爆破中，可取得优于浆状，水胶或2°岩石炸药的技术经济效果，我矿的经验证明：乳化炸药与粒状铵油炸药配合使用，收效较好。举例说明如下：

昆阳磷矿24°线2185—2190水平下层矿F = 7—9。矿体平均厚2.96米、倾角18°。用YQ—150钻机在斜坡上穿垂直孔。正三角形布孔。眼间距3.5米。排间距3.0米，孔深3.8米。采用平行顺序压碴微差挤压爆破，总孔数92个。总孔深368米。爆破量4475米³。爆破后块度小而均匀，采用RJ—1乳化炸药800公斤，粒状铵油炸药800公斤。

技术经济指标

单位炸药消耗量：0.35公斤/米³。

延米爆破量：10.5米³/米。

每米装药量：4.35公斤/米。

钻机台班效率：26米/台班。

PRODUCTION AND APPLICATION OF RJ SERIES EMULSIFIED EXPLOSIVES

Sun Jianding

Abstract

Emulsified explosive is a new developed industrial explosive. It has many remarkable advantages; low cost of production, water-proof and simplicity of manufacture technology. In this paper, the chemical and physical properties of RJ series emulsified explosives produced by Kunyang Phosphorus Mine are presented. The technological processes and example of application in Mine are also described.

会议消息

1. 第二次爆轰会议将于1983年11月底在南京召开。这次会议的专题包括炸药应用与安全、爆轰理论研究和测试技术、爆轰产物的状态方程和爆轰参数计算、冲击波起爆炸药和燃烧转变为爆轰、以及本专业国内外动态的综合性评论等。

2. 1983年12月底, 中国空气动力学研究会物理气体动力学专业委员会定于在厦门召开“炸药爆轰压力专题讨论会”。会议上拟举行: 专题报告会; 技术交流讨论会; 有关爆轰测试标准方法探讨会; 大型图片或实物展出等。报告内容: (1) 有关炸药爆轰压力及其测定的意义、作用和计算方法, 测试技术等方面的理论或实验研究论文, 重点在固体炸药, 特别是非均质炸药。(2) 各种固体炸药用不同测试方法得到的爆轰压力数据和对比分析。(3) 与炸药爆轰压力及其测定密切相关的其它内容, 如炸药爆轰理论; 爆轰波相互作用; 爆轰波结构; 炸药冲击起爆研究; 爆轰增长过程研究; 炸药性能评估方法; 炸药能量利用以及爆压测试新技术探讨等方面的学术论文。