

乳化炸药 (第2版)

EMULSION EXPLOSIVES

2nd Edition

● 汪旭光 著



冶金工业出版社
<http://www.cnmip.com.cn>

乳 化 炸 药

(第2版)

汪旭光 著

北 京

冶 金 工 业 出 版 社

2008

内 容 提 要

本书第1版曾荣获全国优秀科技图书奖一等奖和国家图书奖提名奖,其英文版销往世界98个国家及地区,得到广泛欢迎和好评。应国内外读者和同行的建议,在对原有内容进行调整、完善、删减的基础上,更好地补充了近年来关于乳化炸药的国内外最新研究成果,包括新理论、新工艺、新技术、新设备及其新应用,使其内容更加系统、连贯、丰富,更注重理论上的先进性和指导性,技术上的实用性和可操作性,篇幅也由原来的9章扩展至11章。主要内容包括乳化炸药理论基础、乳化炸药的组分及其作用、乳化炸药的配方与生产工艺、乳化炸药的品种及其应用实例、乳化炸药现场混制装填、乳化炸药的稳定性和乳化炸药测试技术等。

本书可供从事工业炸药和工程爆破的研究、设计、生产或施工的有关工程技术人员和工人参考,也可作为有关高等院校的教学参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

乳化炸药/汪旭光著.—2版.—北京:冶金工业出版社,
2008.4

ISBN 978-7-5024-3381-9

I. 乳… II. 汪… III. 工业炸药 IV. TQ564.4

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第051583号

出 版 人 曹胜利

地 址 北京北河沿大街嵩祝院北巷39号,邮编100009

电 话 (010)64027926 电子信箱 postmaster@cnmp.com.cn

策 划 曹胜利 责任编辑 张熙莹 谭学余 美术编辑 李 心

版式设计 张 青 责任校对 刘 倩 责任印制 牛晓波

ISBN 978-7-5024-3381-9

北京盛通印刷股份有限公司印刷;冶金工业出版社发行;各地新华书店经销

1986年2月第1版,2008年4月第2版,2008年4月第3次印刷

787mm×1092mm 1/16;56.25印张;1366千字;881页;4921-9920册

150.00元

冶金工业出版社发行部 电话:(010)64044283 传真:(010)64027893

冶金书店 地址:北京东四西大街46号(100711) 电话:(010)65289081

(本书如有印装质量问题,本社发行部负责退换)

第 2 版序言

乳化炸药在国内外的广泛应用与发展，有幸使得《乳化炸药》（冶金工业出版社，1986年；1993年重印）和英文版《Emulsion Explosives》（冶金工业出版社，1994年）受到国内外广大读者的好评和厚爱。《乳化炸药》曾获得了第四届全国优秀科技图书奖一等奖和首届国家图书奖提名奖；《Emulsion Explosives》已销售至世界98个国家和地区，引起了国内外同行的广泛关注。这两种书早已售罄。2000年以来，经常有读者写信、电话给著者或出版社询购本书，尤其是美国国际炸药工程师学会（International Society of Explosive Engineering, ISEE）希望重印《Emulsion Explosives》的建议和著者的俄罗斯同行维克多诺夫·斯·德（С. Д. Вичторовъ）教授和斯达尔升诺夫·阿（Сташчноъ Алексанэр）博士已将《Emulsion Explosives》译成俄文建议出版俄文版的动意，促使著者下决心再版《乳化炸药》和《Emulsion Explosives》，以将最新进展收录其中。

近30年来，乳化炸药在我国已经获得了很大的发展。在技术与装备方面，不仅有了连续化自动化生产工艺技术、设备和岩石、煤矿许用型乳化炸药，而且独创了国外没有的粉状乳化炸药；不仅有了露天型乳化炸药混装车，而且利用水环减阻技术，开发了地下和露天中小直径乳化炸药装药车。乳化炸药生产技术和装药车不仅满足了国内的需要，而且出口到瑞典、蒙古、俄罗斯、哈萨克斯坦、越南、缅甸和朝鲜等国。在应用与产量方面，乳化炸药产品不仅应用于露天与地下矿岩爆破、地下煤矿采掘爆破、水下爆破、拆除爆破、爆炸加工等各种爆破作业，而且2006年乳化炸药产量已达109.3万t，超过了铵梯炸药和铵油炸药，成为我国工业炸药产量最大的品种。毫无疑问，乳化炸药的广泛应用和深入发展，已经引起了我国工业炸药研究、生产和使用技术的巨大变化，甚至用户也发生了很大的变化。著者修订本书时做了很大努力，广泛搜集了国内外有关资料，以尽量把不断涌现的新理论、新技术、新设备和新的使用方法及时收入本书中，以飨读者。但由于著者水平和时间有限，可能会遗漏某些新进展。如果本书能为著者的同行们提供一些有益的借鉴和参考，著者就感

到十分欣慰了。

第2版《乳化炸药》的内容有了很大的扩充，全书共分11章。第1~3章分别是：概论、表面活性剂和乳化液的概述，本次修订时未做较大的补充，基本维持原貌；第4章乳化炸药的组分及其作用，着重对聚异丁烯丁二酰亚胺等高分子乳化剂做了较为完整的补充；第5章乳化炸药的配方与生产工艺，则以相当大的篇幅补充叙述了生产设备与生产线工程设计、生产安全性和微机测控系统等；第6章粉状乳化炸药、煤矿许用乳化炸药及其他品种，其内容是全新的；第7章乳化炸药现场混制装填机械化，也基本上是新增加的；第8章乳化炸药的性能及其影响因素，则以较大篇幅增补了影响因素分析等相关内容；第9章乳化炸药的稳定性问题，对稳定性的影响因素和理论分析做了较多的补充；第10章乳化炸药的应用实例，尽量收录了乳化炸药实际应用的各种范例，旨在为爆破工程师和从事“一条龙服务”的工程师们提供更多的参考和借鉴；第11章乳化炸药的测试技术，比较全面地叙述了各种测试方法的技术与仪器设备，以使测试工程师和爆破工程师们了解乳化炸药测试技术的全貌。

各章均列出了参考文献，著者希望这些文献能为需要进一步了解和研究某些问题的读者提供有益的线索。在此，著者要特别感谢被引用文献的作者们，正是他们的研究成果，使著者获益匪浅！

著者再一次对于那些支持和帮助完成本书的专家们致以衷心的感谢！特别感谢王尹军博士协助收录、整理了大量的文献资料，并校阅了全书。

由于著者水平所限，书中不妥之处，敬请专家和读者批评指正。

著者

2007年12月18日

第 1 版序言

乳化技术在工业炸药中的应用与发展导致了油包水型乳化炸药的诞生。近二十年来，乳化炸药在工业炸药领域里已成为引人注目的炸药之一，受到了国内外工业炸药界的普遍重视。

1980 年以来，著者曾应云南省金属学会等有关单位的邀请，在云南、河北、四川等地举办的训练班上，以“矿用炸药的发展与新型炸药”为题，结合自己从事工业炸药，特别是乳化炸药的研究实践与体会，讲述了矿用炸药的技术进展、乳化炸药的基本理论、品种配方、性能特点及其生产使用和测试技术等。本书就是在上述讲稿的基础上，进一步补充著者和同事们从事乳化炸药研究的成果和实践经验，同时引入了国内外有关文献资料，扩充整理编写而成的。毫无疑问，在乳化炸药这样有深入开展研究前景的领域中将不断涌现出新的技术成果是可想而知的，要想将这些新成果都及时收入本书，是十分困难的。

乳化炸药在我国已取得了可喜的进展，20 世纪 70 年代以来，已有一批化工厂和矿山陆续开始了乳化炸药的生产、销售和使用。不难想象，乳化炸药的广泛应用，必将引起我国工业炸药生产和使用技术的变化，甚至用户也会有较大的变化。然而也应看到，在乳化炸药的广泛使用过程中，无论是乳化炸药本身的品种、性能，还是生产和使用技术都需要进一步完善。著者编写本书的目的之一，就是为了给同行们在进一步开展研究中提供一些线索。

全书共分九章。第一章综合叙述了工业炸药的主要技术进展，有利于读者了解全貌；第二、三章简要讨论了乳化炸药的基础理论——表面活性剂和乳化液；第四章阐述了乳化炸药的各种组分及其作用。这三章是作为认识乳化炸药本质的基础，也为后面的讨论提供了依据。第五、六、七章分别讨论了乳化炸药的配方与制备工艺、性能特点与影响因素以及稳定性问题。这些内容正是进

一步深入研究乳化炸药的规律，综合提高乳化炸药性能和稳定性应该知道的。第八章介绍了乳化炸药的使用技术和一些典型实例，它是影响和促进乳化炸药发展的另一个重要方面，无论是爆破工程师还是炸药工程师都需要掌握它。在第九章中，为了节省篇幅，只简要叙述了乳化炸药的一些理化性能和稳定性的测试技术，而远非是乳化炸药测试技术的全貌。

各章中列出了一些参考文献，对于需要进一步了解某些问题的读者，可能有所裨益。

由于著者学识浅薄，书中错误之处在所难免，请读者指正。

著者对于那些支持和帮助完成本书的领导和同志们，特别是袁经纬先生校阅了本书第二、三章，谨致衷心的感谢。

著者

1985年5月10日

第 1 版重印说明

承蒙广大读者的厚爱,《乳化炸药》一书已销售一空。目前经常有读者写信给著者或出版社问购本书。为了满足广大读者的需要,现决定重印此书。

自本书 1986 年出版以来,乳化炸药技术又有了很大的发展,涌现了不少新品种、新技术、新设备。著者趁本书重印之机,搜集补充了如下内容:

- 乳化粉状炸药
- 石油勘探用乳化型震源药柱
- 煤矿许用乳化炸药
- 连续乳化工艺与设备
- 化学发泡调节密度新技术
- 聚异丁烯丁二酰亚胺乳化剂及使用技术
- 现场炮孔混制装药机械化
- 乳化炸药组分分析方法

毋庸置疑,如将这些内容分散到有关章节中,势必增加排版印刷的工作量。为使本书重版本尽早与读者见面,著者将补充的内容单立一章——第十章《重版续编》。

著 者
1993 年 2 月

目 录

1 概论	1
1.1 工业炸药的技术进展	1
1.2 乳化炸药的定义与品种	3
1.2.1 乳化炸药的定义	3
1.2.2 乳化炸药的品种	5
1.3 乳化炸药的发展	7
1.3.1 乳化炸药的主要发展历程	7
1.3.2 乳化炸药的优势	8
1.3.3 我国乳化炸药的发展现状	10
1.3.4 我国乳化炸药的成果与发展方向	11
1.4 就我国乳化炸药发展现状的讨论	13
1.4.1 生产技术方面	13
1.4.2 生产安全方面	14
1.4.3 产学研相结合的研发模式	14
参考文献	15
2 表面活性剂	17
2.1 表面活性与表面活性剂	17
2.1.1 表面活性	17
2.1.2 表面活性剂	21
2.1.3 非离子表面活性剂	27
2.2 表面活性剂的作用及原理	31
2.2.1 润湿与渗透作用	31
2.2.2 增溶作用	32
2.2.3 起泡作用	34
2.2.4 乳化与去污作用	35
2.3 表面活性剂的化学结构与性质的关系	36
2.3.1 关于 HLB 值	36
2.3.2 表面活性剂的分子结构、相对分子质量与其性质之间的关系	44
2.3.3 表面活性剂的疏水基团的种类与其性质间的关系	46

参考文献	47
3 乳化液的概念	49
3.1 乳化液的基本概念	49
3.1.1 定义	49
3.1.2 乳化液的种类	50
3.1.3 影响乳化液类型的因素	52
3.2 乳化液的物理化学性质	54
3.2.1 对温度的依赖关系	54
3.2.2 粒子大小及其分布	55
3.2.3 黏度	57
3.2.4 光学性质	59
3.2.5 电性质	60
3.3 微乳化液	60
3.3.1 微乳化液的基本概念	60
3.3.2 微乳化液的性质	61
3.3.3 微乳化液的形成机理	62
3.3.4 形成微乳化液所需乳化剂量	63
3.4 乳化技术	64
3.4.1 制备乳化液的技术	64
3.4.2 乳化设备	68
3.4.3 制备乳化液时应考虑的几个影响因素	71
参考文献	73
4 乳化炸药的组分及其作用	75
4.1 形成连续相的油相材料	75
4.1.1 油相材料的作用	75
4.1.2 油相材料的选择	76
4.1.3 常用油相材料的种类与技术性能	77
4.1.4 一种新型油相材料——WQJ型无灰清净剂	86
4.2 形成分散相的氧化剂水溶液	87
4.2.1 氧化剂水溶液的作用	87
4.2.2 氧化剂水溶液的选择	88
4.2.3 几种常用氧化剂盐的性能	93
4.3 密度调整剂	100
4.3.1 概述	100
4.3.2 密度调整剂的类别	101

4.3.3	化学气泡调节乳化炸药密度的工业技术	113
4.4	油包水型乳化剂	127
4.4.1	概述	127
4.4.2	失水山梨糖醇单油酸酯	132
4.4.3	聚异丁烯丁二酰亚胺类乳化剂	142
4.4.4	复合乳化剂	162
4.4.5	硬脂酸盐乳化剂	167
4.5	其他添加剂	168
4.5.1	晶型改性剂	168
4.5.2	乳化促进剂	169
4.5.3	乳胶稳定剂	171
	参考文献	175
5	乳化炸药的配方与生产工艺	181
5.1	乳化炸药的配方设计	181
5.1.1	氧平衡及其计算	181
5.1.2	乳化炸药的配方设计原则和要点	184
5.1.3	乳化炸药配方设计的数学方法	185
5.1.4	各组分含量与爆热和比容的关系	189
5.1.5	乳化炸药配方举例	192
5.2	乳化炸药的生产工艺	195
5.2.1	概述	196
5.2.2	间断式生产工艺	198
5.2.3	连续乳化工艺流程	204
5.2.4	国内典型连续化乳化炸药生产线举例	216
5.2.5	国外乳化炸药生产工艺举例	226
5.3	微机测控系统	232
5.3.1	概述	232
5.3.2	系统的构成及工作原理	238
5.3.3	自控系统的硬件组成	244
5.3.4	控制器的工作原理与模糊控制器	246
5.3.5	系统的软件设计	249
5.4	生产设备与生产线工程的设计	251
5.4.1	水相溶解罐的搅拌器设计	251
5.4.2	乳化器的设计	252
5.4.3	冷却器的设计	258
5.4.4	混合机或敏化机的设计	268

· X · 目 录

5.4.5 连续化生产线的工艺和工程设计	271
5.5 乳化炸药生产的安全性	274
5.5.1 乳化炸药燃烧爆炸事故举例与原因分析	274
5.5.2 提高乳化炸药生产的安全性	287
5.5.3 乳化炸药连续生产设备及工艺技术危险性评价	298
参考文献	303
6 粉状乳化炸药、煤矿许用乳化炸药及其他品种	309
6.1 粉状乳化炸药	309
6.1.1 粉状乳化炸药的特点和组分	309
6.1.2 粉状乳化炸药的制备技术	312
6.1.3 粉状乳化炸药产品及生产工艺举例	316
6.1.4 粉状乳化炸药的性能	323
6.1.5 粉状乳化炸药的生产与使用安全性	330
6.2 煤矿许用乳化炸药	345
6.2.1 煤矿许用炸药的特点、分级和主要品种	345
6.2.2 瓦斯煤尘的爆炸原理和煤矿许用炸药的安全作用	346
6.2.3 煤矿许用乳化炸药与煤矿许用铵梯炸药的可燃气安全度比较	350
6.2.4 煤矿许用乳化炸药的组分、配方及制备工艺	353
6.2.5 煤矿许用粉状乳化炸药	359
6.3 乳化型震源药柱	363
6.3.1 概述	363
6.3.2 耐低温乳化型震源药柱	365
6.3.3 低爆速乳化型震源药柱	370
6.3.4 高威力乳化型震源药柱	373
6.4 高威力乳化炸药	377
6.4.1 提高乳化炸药爆炸威力的基本原理	378
6.4.2 乳化炸药组分和工艺条件对其爆炸威力的影响	378
6.4.3 添加高能材料的高威力乳化炸药	381
6.4.4 不添加任何高能物质的高威力乳化炸药	384
6.5 其他品种乳化炸药	387
6.5.1 小直径乳化炸药	387
6.5.2 含退役火药的乳化炸药	392
6.5.3 硬态不粘手乳化炸药	395
6.5.4 耐低温乳化炸药	396
6.5.5 抗酸性水乳化炸药	398
参考文献	401

7 乳化炸药现场混制装填机械化	405
7.1 概述	405
7.1.1 现场混装机械化技术的优点	405
7.1.2 现场混装车的发展历程	407
7.2 车制乳化炸药	408
7.2.1 可泵送的脂膏状乳化炸药	409
7.2.2 乳化粒状铵油炸药（重铵油炸药 ANFO）	415
7.2.3 车制乳化炸药举例	422
7.3 可泵送脂膏状乳化炸药混装车	428
7.3.1 乳化炸药混装车的主要构成部分及其工作原理	428
7.3.2 国外乳化炸药混装车举例	435
7.3.3 BCRH-15 型乳化炸药现场混装车	439
7.3.4 BCJ 系列中小直径乳化炸药混装车	447
7.4 乳化粒状铵油炸药现场混装车	452
7.4.1 国内外乳化粒状铵油炸药的混制生产工艺与混装车举例	452
7.4.2 BCZH-15 型乳化粒状铵油炸药现场混装车	456
7.4.3 BCZH-25 型乳化粒状铵油炸药混装车	458
7.5 乳化炸药现场混装机械化爆破技术	460
7.5.1 车制乳化炸药的起爆	460
7.5.2 车制乳化炸药的不耦合装药爆破技术	462
7.5.3 乳化炸药现场混装预装药爆破技术	463
7.5.4 乳化炸药混装车水孔爆破的优越性	465
参考文献	466
8 乳化炸药的性能及其影响因素	469
8.1 理化性能及影响因素	469
8.1.1 外观状态及其控制	469
8.1.2 密度及其影响因素	475
8.1.3 内相粒子的大小与分布	477
8.1.4 抗水性	494
8.1.5 耐低温性能	497
8.2 乳化炸药的爆炸性能及其影响因素	498
8.2.1 爆轰敏感度	498
8.2.2 殉爆距离	503
8.2.3 临界直径	505
8.2.4 爆速	506

· XII · 目 录	
8.2.5 猛度	517
8.2.6 做功能力	520
8.2.7 TNT 当量	525
8.2.8 热化学能	528
8.2.9 沟槽效应	531
8.2.10 压力减敏	534
8.2.11 乳化炸药爆炸性能的其他影响因素	544
8.3 乳化炸药的冲击起爆过程	551
8.3.1 乳化炸药冲击起爆的实验测试结果	551
8.3.2 乳化炸药冲击起爆过程的理论分析	552
8.3.3 热点的形成	555
8.4 安全性能	557
8.4.1 概述	557
8.4.2 机械感度	557
8.4.3 热安定性	559
8.4.4 乳胶基质的爆轰感度	569
8.4.5 危险感度的实例及影响因素	571
8.4.6 有毒气体	575
参考文献	576
9 乳化炸药的稳定性问题	587
9.1 乳化液稳定性理论的概述	587
9.1.1 早期的乳化液稳定性理论	587
9.1.2 乳化液稳定性理论的近代发展	590
9.1.3 乳化液稳定性的电理论	593
9.1.4 固体粉末的稳定作用	595
9.1.5 乳化液的分层、变型与破乳	597
9.2 与乳化炸药稳定性相关的物理性能试验结果	599
9.2.1 基质粒子大小的观测结果	599
9.2.2 界面膜强度对稳定性影响的试验结果	601
9.2.3 乳胶粒子带电性质对稳定性影响的试验结果	603
9.2.4 油水界面张力的测定及其影响因素	606
9.2.5 外相黏度对稳定性影响的试验结果	609
9.3 乳化炸药稳定性的影响因素	610
9.3.1 概述	610
9.3.2 油相材料对稳定性影响的试验结果	611
9.3.3 乳化剂对稳定性影响的试验结果	614

9.3.4	内相对稳定性影响的试验结果	622
9.3.5	添加剂对稳定性影响的试验结果	624
9.3.6	工艺条件对稳定性影响的试验结果	627
9.3.7	敏化剂对稳定性影响的试验结果	633
9.4	乳化炸药稳定性的理论分析	635
9.4.1	乳化炸药稳定性的破坏过程	635
9.4.2	界面膜的破裂过程	637
9.4.3	配方设计的稳定性考虑	640
9.4.4	渗透压的定义和零渗透压规则的导出	641
9.4.5	零渗透压规则的验证	642
9.4.6	乳胶体系的电学稳定机理	643
9.4.7	乳化炸药渗透溶胀机理	647
9.4.8	表面活性剂分子在界面膜的几何排列	648
9.4.9	Span-80 在乳化炸药储存过程中可能发生的化学反应	650
9.5	提高稳定性的技术途径	651
9.5.1	降低氧化剂盐水溶液的析晶点抑制晶体的析出和增长	651
9.5.2	恰当选择油相材料控制外相的黏度	653
9.5.3	合适的乳化剂种类及其含量	653
9.5.4	选择适当的添加剂	655
9.5.5	利用高分子技术提高乳化炸药的稳定性	656
9.5.6	利用凝胶化技术提高乳化炸药的稳定性	659
9.5.7	稳定工艺条件	660
	参考文献	661
10	乳化炸药的应用实例	665
10.1	概述	665
10.1.1	炮孔中的爆炸作用	665
10.1.2	最优爆破	666
10.1.3	影响乳化炸药选择的技术要点	667
10.1.4	在井巷掘进掏槽爆破作业中反向起爆的优越性	669
10.2	在露天爆破作业中的应用	672
10.2.1	乳化炸药袋装品或散装品在龙烟铁矿等露天矿的应用	672
10.2.2	乳胶与粒状铵油炸药掺和产品在美国马丁·康蒂露天煤矿 (Martin County Coal Mine) 的应用	674
10.2.3	散装乳化炸药在德兴铜矿的应用	677
10.2.4	乳化粒状铵油炸药在唐钢矿业公司棒磨山铁矿的应用	679
10.2.5	乳化炸药在蒙古国额尔登特公司露天矿的应用	681

10.2.6	BCRH-15 型混装车及 TM 系列乳化炸药在金堆城露天矿的应用	682
10.2.7	BCZH-25 型混装炸药车在俄罗斯大型矿山的应用	684
10.3	在地下爆破作业中的应用	686
10.3.1	乳化炸药在庞家堡铁矿中的应用	686
10.3.2	地下现场混装技术的应用	689
10.3.3	乳化炸药在“引滦入津”工程输水隧洞掘进施工中的应用	692
10.3.4	粉状乳化炸药在遂昌金矿矿山开采中的应用	694
10.4	在 VCR 方法中的应用	697
10.4.1	概述	697
10.4.2	爆破漏斗系列试验	698
10.4.3	球形药包崩矿	700
10.4.4	联合崩矿	702
10.4.5	主要技术经济指标	704
10.5	在煤矿开采中的应用	705
10.5.1	乳化炸药在淮北矿务局海孜矿的应用	705
10.5.2	许用乳化炸药在开滦矿务局的应用	709
10.5.3	在峰峰矿务局羊渠河矿和通二矿的应用	712
10.5.4	在徐州矿务集团有限公司三河尖煤矿的应用	714
10.5.5	煤矿许用粉状乳化炸药在抚顺矿务局老虎台煤矿的应用	715
10.6	在水下与特种爆破中的应用	718
10.6.1	在长江道人矶水道炸礁拓道中的应用	718
10.6.2	在洋山港水下炸礁爆破中的应用	721
10.6.3	在岩塞爆破中的应用	726
10.6.4	在冰凌爆破中的应用	730
10.7	在水电建设中的应用	732
10.7.1	现场混装车在水利建设中的应用	732
10.7.2	在三峡永久船闸一期和二期工程中的应用	737
10.7.3	混装车技术在开采堆石坝级配料中的应用	744
10.7.4	在三峡工程围堰拆除中的应用	747
10.8	在光面爆破、预裂爆破和城市拆除爆破中的应用	754
10.8.1	在空气间隔装药光面爆破中的应用	754
10.8.2	在大孔径预裂爆破中的应用	757
10.8.3	在高烟囱折叠拆除爆破中的应用	760
10.8.4	在广州体育馆拆除中的应用	761
	参考文献	764

11 乳化炸药的测试技术	769
11.1 概述	769
11.2 乳化炸药组分的测定	770
11.2.1 简述	770
11.2.2 水溶性物质及水相析晶点的测定	771
11.2.3 油溶性物质的测定	777
11.2.4 水分含量的测定	779
11.2.5 煤矿许用乳化炸药中消焰剂的测定	782
11.2.6 乳化炸药组分的测试结果举例	783
11.3 密度的测定	786
11.3.1 散装成品乳化炸药密度的测定	786
11.3.2 药卷装成品乳化炸药密度的测定	787
11.3.3 炮孔装药密度的确定	789
11.4 黏度和流变性的测定	789
11.4.1 黏度测定方法的分类	789
11.4.2 旋转法	790
11.4.3 堕球法	791
11.4.4 流变性的测试	791
11.5 粒子大小及其分布的观测	794
11.5.1 试样的制备	794
11.5.2 显微镜观测法	795
11.5.3 TAS 自动图像分析仪测量法	796
11.5.4 离心浊度计测量法	796
11.5.5 扫描电子显微镜测量法	797
11.6 乳化炸药稳定性的观测	798
11.6.1 动态平衡法	799
11.6.2 高低温循环试验法	800
11.6.3 常温储存试验法	800
11.6.4 电导和电泳测定	801
11.6.5 水溶性测试	802
11.6.6 显微观察法	803
11.6.7 溶胀率测定	803
11.7 抗水性的测定	804
11.7.1 实验室测定法	804
11.7.2 现场实测法	805
11.8 冲击波感度的测试	805