

爆破手册

HANDBOOK OF BLASTING

主 编 汪旭光

副主编 郑炳旭 张正忠 刘殿书



冶 金 工 业 出 版 社
Metallurgical Industry Press

爆破手册

主 编 汪旭光
副主编 郑炳旭 张正忠 刘殿书

北 京
冶 金 工 业 出 版 社
2010

内 容 简 介

本书是中国工程爆破协会组织国内近百名专家、学者和工程技术人员编纂的一部大型综合性工具书,它全面、系统、与时俱进地总结、提炼、概括、升华了爆破行业在各个方面多年来几代人所取得的丰硕成果和科技进步。经过参审人员推敲、讨论,最终确定为11章,主要内容包括理论、工程技术及测试安全评估等,力求既全面系统,又突出重点,强调“科学性、指导性、新颖性、实用性”,是中国爆破界献给国际爆破行业的一份珍贵礼物。

本书囊括了爆破领域的方方面面,不仅对从事爆破理论研究的科研技术人员有很大帮助,而且对现场实施工程爆破的设计、施工、管理和指挥等各爆破岗位决策、管理、环保人员以及中等、高等专业院校师生都具有现实的指导意义。

图书在版编目(CIP)数据

爆破手册/汪旭光主编. —北京:冶金工业出版社,
2010.10

ISBN 978-7-5024-5345-9

I. ①爆… II. ①汪… III. ①爆破技术—技术手册
IV. ①TB41-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 181591 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 yjcbbs@cnmip.com.cn

总 策 划 曹胜利 责任编辑 程志宏 谭学余 美术编辑 李 新

版式设计 葛新霞 责任校对 刘 倩 李文彦 责任印制 牛晓波

ISBN 978-7-5024-5345-9

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

2010 年 10 月第 1 版, 2010 年 10 月第 1 次印刷

787mm×1092mm 1/16; 65 印张; 8 彩页; 1576 千字; 1019 页

180.00 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(100010) 电话:(010)65289081(兼传真)

(本书如有印装质量问题,本社发行部负责退换)

《爆破手册》编委会

名誉主任 冯叔瑜 康 义

主 任 汪旭光

副 主 任 闫正斌 谢先启 郑炳旭 管志强

委 员 (以姓氏笔画排序)

丁帮勤	于立志	于亚伦	于洪潮	于淑宝	亓希国	王中黔
王百姓	王霞明	王耀华	王茂玲	卢文波	刘建永	刘宏刚
刘红冠	刘治峰	刘殿书	龙 源	曲广建	池恩安	闫正斌
吴新霞	宋长青	宋锦泉	张 勇	张 超	张中雷	张可玉
张正宇	张正忠	张永哲	张志毅	张英才	李晓杰	李宏兵
杨 富	杨仁树	杨年华	杨旭升	杨朝阳	汪 浩	汪旭光
肖 纯	肖绍清	陈寿如	陈绍潘	陈国祥	范小雄	尚福山
周卫华	周家汉	周景蓉	郑长青	郑炳旭	金 沐	金教生
俞企成	查正清	贾永胜	郭昭华	顾毅成	梁锡武	殷怀堂
梅锦煜	章文义	程志宏	谢 源	谢先启	赖志成	熊代余
管志强	谭 权	谭学余	廖增亮	樊建民	潘剑林	颜事龙
薛培兴						

秘 书 长 高荫桐

副秘书长 朱 明

《爆破手册》撰写人员

(以下按姓氏笔画排序)

于亚伦	马芹永	王 峰	王中黔	王天寿	王文辉	王明林
王尹军	王茂玲	邓志勇	卢文波*	史秀志	史雅语	田运生
龙 源	伏 岩	刘文广	刘宏刚	刘美山	刘殿书*	曲广建
许彦才	池恩安	朱 明	何华伟	佟 铮	吴从清	吴金仓
吴新霞*	宋锦泉*	张双计	张引良	张可玉	张正宇*	张正忠*
张永哲	张志毅	张建勋	张 勇	张 超	李 泉	李 秦
李建设	李战军	李晓杰*	李萍丰	杨 军	杨年华*	汪 浩*
汪旭光	汪良忠	花 刚	肖文雄	沈兆武	沙祖光	吴国如
陈志刚	陈绍潘	陈敦科	周传波	周家汉	周景蓉	郑炳旭*
金 沐	林锋华	施富强	赵茵朝	赵 根	姜凤海	唐小再
夏 斌	徐天桂	殷怀堂	贾永胜	郭昭华	顾毅成	高文学
高荫桐	高毓山	梁向前	梅锦煜*	傅建秋	葛浩然	谢 源

熊代余

参加编辑人员 晨 阳 汪 平 金 慧 朱明秀 杨子君

注：凡姓名右上方有*者为各撰写组组长。

前 言

我国工程爆破事业取得了举世瞩目的成就，为推动国家经济建设和社会发展做出了重大贡献，并将在 21 世纪我国持续快速发展的国民经济建设中继续发挥着不可替代的作用。展望未来，必有更多的爆破工程任务和新的爆破技术应用领域，期待我们广大爆破工作者去开拓完成。在这种形势下，撰写出版一部《爆破手册》既是爆破行业的迫切需要，亦是冯叔瑜、边克信等老一辈爆破专家多年的夙愿。中国工程爆破协会秉承这种需求和夙愿，经过较长时间的调研、酝酿与安排，于 2008 年开始组织业内近百名教授、专家着手《爆破手册》的编纂工作。

我们深知，《爆破手册》是一部大型综合工具书，要求内容丰富、实用性强、水平较高，涵盖理论、设计、施工、测试与管理，并要有一定的前瞻性。也就是说，全书要保持全面性、新颖性、科学性，使其适用于爆破设计、研究、施工和测试的工程技术人员和中、高等专业院校师生以及爆破施工管理与行业管理人员。毋庸置疑，组织编纂这样一部大型综合性工具书，对中国工程爆破行业发展具有重要意义，是中国工程爆破协会理应承担的一项光荣而艰巨的工作，我们始终以高度负责和极其认真的态度来组织和落实这项工作。在《爆破手册》编委会的统一指导下，将近百名专家分成“岩石爆破理论”、“爆破器材、起爆方法与网路”、“爆破工程地质”、“工程爆破施工机械”、“露天爆破”、“地下爆破”、“水下爆破”、“拆除爆破”、“特种爆破”、“爆破安全与测试技术”和“爆破安全评估、监理与信息化”等 11 个撰写组，并于 2009 年 3 月 26 日~27 日召开了“爆破手册编写提纲”研讨会，与会人员经过认真、激烈的讨论交流，充分发表意见、建议，最后一致确立了要将本手册编纂成“有中国特色，国际一流”的努力目标。为了保证编写质量和编写进度等各项预期目标的顺利实现，各编写组负责人还与协会签订了责任承诺书。

为了将这部《爆破手册》打造成精品，中国工程爆破协会先后于 2009 年 11 月、2010 年 1 月、2010 年 4 月召开了三次审稿会，有三百余人次参加，其

中半数是非参编人员。此外,还邀请了涵盖爆破领域各个专业的知名的老、中、青专家、管理人员和相关部门领导座谈讨论,广泛听取他们的意见和建议,以使撰稿工作更客观、更全面。经过几次审稿会,明确要求手册文字叙述要简洁,数据图表要齐全,形式和格式上要符合工具书的出版要求;内容要达到全面、系统与新颖,并按照现行的国家标准《爆破安全规程》等规范进行统一,使其既能适应现代爆破设计、研究、施工、测试及相应管理工作的需要,又能与国际接轨,同时体现中国特色。各组撰写人员在组长带领下,按照手册的定位、内容范围和要求,进行了经常性的沟通和协调。其中“爆破器材、起爆方法与网路组”、“露天爆破组”、“地下爆破组”和“特种爆破组”还召开了专题研讨会。应该说,这部《爆破手册》从谋篇布局、章节安排到执笔纂写、修改定稿都是字斟句酌、精雕细刻、反复推敲,最终铸就精品。应该说,它是我国爆破行业集体智慧的结晶。

初稿完成后,编委会授权我和于亚伦、王中黔、文德钧、刘宏刚、刘殿书、李战军、宋锦泉、张正宇、张正忠、郑炳旭、高荫桐、顾毅成、管志强等14人组成执行编审组,负责本书后期编审工作,形成统一书稿。在此基础上,我再次对每一章进行了仔细审阅,做了一些内容修改和文字润饰工作,最终交付冶金工业出版社出版发行。

本手册撰纂过程中参阅引用了大量文献资料,在此对文献的作者表示衷心的感谢!每章后列出了主要参考文献,对于需要进一步了解某些问题的读者,可能有所裨益。

编纂手册是一件功在社会,利在千秋的公益性事业,也是一件艰辛而又令人敬畏的事情。尽管我们做了很大的努力,争取将本手册打造成精品,但由于主编的学识所限,手册中错误之处在所难免,敬请各位专家和读者指正。

最后,对于支持和帮助完成本手册的领导和国内外专家谨致由衷的感谢。

中国工程爆破协会理事长
中 国 工 程 院 院 士



2010年8月5日

目 录

1 岩石爆破理论	1
1.1 炸药的起爆与爆轰理论	1
1.1.1 爆炸及炸药的化学变化	1
1.1.2 炸药的起爆与感度	3
1.1.3 炸药的爆轰理论	7
1.1.4 炸药的氧平衡与热化学参数	13
1.1.5 炸药的爆炸性能	19
1.2 岩土爆破作用原理	25
1.2.1 岩石中的爆炸应力波	25
1.2.2 岩石爆破破碎机理	28
1.2.3 爆破漏斗理论	31
1.2.4 爆破药量计算原理	35
1.2.5 轮廓面及邻近区域的爆破原理	38
1.2.6 台阶爆破及毫秒延时爆破的原理	40
1.2.7 土中爆破机理	42
1.2.8 影响爆破作用的因素	44
1.3 相似理论及其在爆破工程中的应用	49
1.3.1 相似三定理	49
1.3.2 量纲分析	49
1.3.3 爆破量纲分析实例	51
1.3.4 爆破模型试验	52
1.4 爆破数值模拟与计算机辅助设计	52
1.4.1 数值模拟的过程	52
1.4.2 典型的爆破计算模型	53
1.4.3 爆破效果预测模型	55
1.4.4 常用爆破数值模拟软件介绍	56
1.4.5 爆破设计典型软件	57
1.5 精细爆破	57
1.5.1 精细爆破的理念	57
1.5.2 精细爆破的技术体系	58

1.5.3 精细爆破的可行性	60
参考文献	62
2 爆破器材、起爆方法与网路	65
2.1 常用工业炸药	65
2.1.1 工业炸药的特点与分类	65
2.1.2 常用工业炸药	69
2.2 起爆器材	94
2.2.1 工业雷管	94
2.2.2 工业导爆索	107
2.2.3 起爆具	109
2.3 地震勘探与油气井燃烧爆破器材	111
2.3.1 地震勘探用爆破器材	111
2.3.2 油气井燃烧爆破器材的分类	117
2.3.3 油气井爆破专用火、炸药	118
2.3.4 油气井用起爆器材	123
2.3.5 油气井传爆器材	127
2.3.6 油气井工程用爆破器材	129
2.3.7 油气井工程用燃烧器材	139
2.4 爆破器材测试	142
2.4.1 工业炸药	142
2.4.2 起爆器材性能检测	159
2.5 爆炸物品的化学示踪溯源技术、流向跟踪管控与安检新技术	169
2.5.1 爆炸物品化学示踪与溯源技术	169
2.5.2 爆炸物品的化学示踪流向管控	173
2.5.3 爆炸物品化学示踪安检新技术	175
2.6 起爆方法与起爆网路	176
2.6.1 概述	176
2.6.2 电力起爆法与电爆网路	176
2.6.3 导爆管雷管起爆法与导爆管起爆网路	189
2.6.4 导爆索起爆法与导爆索起爆网路	196
2.6.5 低能导爆索起爆系统	197
2.6.6 混合起爆网路	201
2.7 新型起爆器材与起爆网路	202
2.7.1 电磁雷管及起爆网路	202
2.7.2 数码电子雷管及起爆网路	203
2.7.3 声控雷管及起爆网路	208

2.7.4 激光雷管及起爆网路	209
参考文献	209
3 爆破工程地质	211
3.1 岩石性质及其分级	211
3.1.1 岩石与岩体的物理概念	211
3.1.2 岩石分类	212
3.1.3 岩石基本性质	214
3.1.4 岩石的动力学特性	217
3.1.5 岩石分级	218
3.2 地质构造	225
3.3 岩体结构特征	227
3.3.1 岩体结构面	227
3.3.2 岩体中结构面分级	228
3.3.3 岩体结构体	229
3.3.4 岩体结构类型	229
3.4 地形、地质条件对爆破的影响	230
3.4.1 岩石性质对爆破的影响	230
3.4.2 结构面对爆破的影响	230
3.4.3 地形对爆破的影响	234
3.4.4 特殊地质条件对爆破的影响	239
3.5 爆破对工程地质条件的改变	241
3.5.1 爆破对保留岩体的破坏	241
3.5.2 爆破对边坡稳定性影响	244
3.5.3 爆破对水文地质条件的改变	246
3.6 爆破工程地质勘察	246
3.6.1 爆破对工程地质勘察的基本要求	246
3.6.2 爆破工程地质勘察工作的内容及方法	247
3.6.3 爆破工程地质评价	248
3.6.4 爆破工程地质报告书编写	250
参考文献	250
4 工程爆破施工机械	252
4.1 钻孔机械	252
4.1.1 钻孔机械分类	252
4.1.2 凿岩机	252
4.1.3 凿岩钻车	266

4.1.4 潜孔钻机	279
4.1.5 牙轮钻机	289
4.1.6 水下爆破钻孔设备	299
4.1.7 环保措施	301
4.2 空压机	302
4.2.1 概况	302
4.2.2 分类	303
4.2.3 主要技术性能参数	303
4.2.4 空压机选择	307
4.3 钻孔机械计算及石方工程机械配套	312
4.3.1 选型计算	312
4.3.2 石方施工设备选型配套	317
4.3.3 石方工程机械配套实例	317
4.4 现场装药机械	324
4.4.1 概况	324
4.4.2 分类	324
4.4.3 主要特点及适用范围	325
4.4.4 主要技术性能参数	328
4.4.5 装药机械应用工程实例	331
参考文献	335
5 露天爆破	337
5.1 露天台阶爆破	337
5.1.1 基本概念	337
5.1.2 露天深孔台阶爆破设计	337
5.1.3 露天深孔台阶爆破施工工艺	353
5.1.4 露天浅孔台阶爆破	356
5.2 露天台阶爆破的应用	359
5.2.1 露天金属矿(煤矿)爆破技术	359
5.2.2 路堑开挖深孔爆破	367
5.2.3 水利水电石方保护层的设置及开挖	378
5.2.4 核电站核岛基坑石方控制爆破	383
5.2.5 建材与化工矿山爆破	387
5.2.6 城镇石方爆破	396
5.2.7 高温爆破	411
5.2.8 孤石与大块破碎	417
5.3 边坡控制爆破	418

5.3.1	基本概念	418
5.3.2	光面爆破设计	419
5.3.3	预裂爆破设计	423
5.3.4	光面爆破和预裂爆破施工	427
5.3.5	光面、预裂爆破质量评价	431
5.3.6	大孔径垂直预裂孔爆破	432
5.3.7	高陡石方多台阶边坡控制爆破	434
5.3.8	工程实例	436
5.4	硐室爆破	438
5.4.1	概述	438
5.4.2	硐室爆破设计程序与文件	439
5.4.3	硐室爆破的药包布置	442
5.4.4	爆破参数选择和设计计算	447
5.4.5	条形药包设计计算	457
5.4.6	定向爆破	466
5.4.7	硐室爆破施工组织管理	472
5.4.8	硐室加预裂一次成形爆破技术	478
5.4.9	硐室爆破工程实例	481
	参考文献	486
6	地下爆破	488
6.1	巷道掘进爆破	488
6.1.1	炮孔分类	488
6.1.2	掏槽爆破	489
6.1.3	爆破参数设计	494
6.1.4	爆破说明书与爆破图表	504
6.1.5	工程实例	505
6.1.6	交叉点施工	507
6.1.7	斜井掘进爆破	507
6.2	隧道掘进爆破	510
6.2.1	隧道爆破概述	510
6.2.2	常用掏槽形式	512
6.2.3	周边孔光面和预裂爆破	516
6.2.4	炸药单耗与药量计算	519
6.2.5	隧道爆破参数设计	524
6.2.6	工程实例	526
6.2.7	特殊条件隧道爆破	528

6.2.8 地铁隧道施工	533
6.3 立(竖)井掘进爆破	534
6.3.1 立(竖)井掘进爆破概述	534
6.3.2 常用的掏槽方式	534
6.3.3 爆破参数设计	536
6.3.4 起爆网路	541
6.3.5 工程实例	543
6.3.6 盲井(暗立井)施工爆破	549
6.3.7 立(竖)井冻结段爆破	552
6.4 地下采矿爆破	553
6.4.1 地下采矿爆破特点	553
6.4.2 地下采矿浅孔爆破	554
6.4.3 地下采矿深孔爆破	556
6.4.4 地下采矿大直径深孔爆破	562
6.5 水电地下洞室群爆破	571
6.5.1 洞室布置	571
6.5.2 三大洞室顶层的开挖爆破	572
6.5.3 岩锚梁层的开挖爆破	577
6.5.4 临近岩锚梁层的开挖爆破	578
6.5.5 直立边墙区层的开挖爆破	579
6.5.6 水平孔台阶爆破法	581
6.5.7 肘管锥管层开挖爆破方法	582
6.5.8 尾水调压井底层、主变压室底层开挖爆破	582
6.5.9 圆筒式调压室开挖爆破	582
6.5.10 竖井斜井开挖	583
6.5.11 引水平洞、尾水洞、母线洞、交通洞等平洞的开挖爆破	584
6.5.12 爆破振动速度控制	586
6.6 煤矿井下爆破	587
6.6.1 概述	587
6.6.2 半煤岩巷掘进爆破	589
6.6.3 煤巷掘进爆破	590
6.6.4 采煤工作面爆破	590
6.6.5 急倾斜煤层采煤爆破	595
6.6.6 放顶煤松动爆破	596
6.6.7 煤矿井下特殊爆破作业	598
6.7 放射性矿床开采爆破	602
6.7.1 铀矿开采爆破特点	602

6.7.2 铀矿原地爆破浸出开采	605
6.7.3 爆破参数	609
6.7.4 铀矿开采爆破筑堆实例	610
6.8 高温硫化矿爆破	612
6.8.1 高温硫化矿爆破的特点	612
6.8.2 自爆评价方法	612
6.8.3 硫化矿用安全炸药	616
6.8.4 高温硫化矿爆破隔热措施	617
6.8.5 高温爆破作业技术措施	619
参考文献	620
7 水下爆破	623
7.1 水下钻孔爆破	623
7.1.1 工程特点	623
7.1.2 施工船机与钻孔工艺概况	624
7.1.3 水下爆破器材与参数	626
7.1.4 水下钻孔爆破起爆网路	630
7.1.5 施工工艺及方法	631
7.1.6 水下钻孔爆破施工质量	635
7.1.7 爆破作业注意事项	635
7.1.8 工程实例	636
7.2 水下裸露爆破	643
7.2.1 特点与适用范围	643
7.2.2 爆破技术与施工	643
7.2.3 施工质量与施工安全	645
7.3 水下硐室爆破	646
7.3.1 适用范围	646
7.3.2 药量计算和参数选择	647
7.3.3 施工工艺	648
7.4 水下岩塞爆破	648
7.4.1 岩塞位置与尺寸确定	649
7.4.2 岩塞爆破设计与施工	649
7.4.3 工程实例	650
7.5 水下构筑物拆除爆破	652
7.5.1 水下拆除爆破的特点	652
7.5.2 水下拆除爆破设计	653
7.5.3 水下拆除爆破施工	660

7.5.4 工程实例	661
7.6 软基处理水下爆破	667
7.6.1 爆破填石挤淤筑堤	667
7.6.2 爆炸夯实	674
7.6.3 工程实例	677
参考文献	680
8 拆除爆破	683
8.1 概述	683
8.1.1 拆除爆破的原理、分类和特点	683
8.1.2 拆除爆破技术设计	685
8.2 建(构)筑物拆除爆破	695
8.2.1 建(构)筑物拆除爆破的形式	695
8.2.2 砖混结构拆除爆破	697
8.2.3 大板结构拆除爆破	700
8.2.4 框架结构的拆除爆破	703
8.2.5 框-剪结构的拆除爆破	705
8.2.6 框-筒结构的拆除爆破	707
8.2.7 全剪力墙结构的拆除爆破	709
8.3 高耸构筑物拆除爆破	713
8.3.1 烟囱拆除爆破	713
8.3.2 联体筒仓拆除爆破	723
8.3.3 冷却塔拆除	725
8.4 基础工程拆除爆破	730
8.4.1 基础拆除爆破	730
8.4.2 地坪拆除爆破	734
8.4.3 基坑支撑拆除爆破	735
8.5 围堰拆除爆破	744
8.5.1 围堰拆除爆破特点	744
8.5.2 围堰拆除爆破技术设计	746
8.5.3 围堰拆除爆破施工特点	747
8.5.4 工程实例	749
8.6 桥梁拆除爆破	754
8.6.1 拱桥拆除爆破	754
8.6.2 梁桥拆除爆破	756
8.6.3 斜拉桥与悬索桥拆除爆破	760
8.7 水压爆破	764

8.7.1 水压爆破原理及特点	764
8.7.2 水压爆破设计	765
8.7.3 水压爆破施工	770
8.7.4 工程实例	772
8.8 静态破裂技术	774
8.8.1 概述	774
8.8.2 普通型破裂剂性能及其应用	776
8.8.3 快速型破裂剂性能及其应用	780
8.8.4 药卷型破裂剂性能及其应用	782
8.9 拆除爆破施工	784
8.9.1 拆除爆破施工组织	784
8.9.2 拆除爆破的降尘措施	784
8.9.3 危房拆除爆破施工	788
8.10 拆除爆破理论模型及数值模拟	791
8.10.1 概述	791
8.10.2 拆除爆破数值模拟过程	791
8.10.3 拆除爆破理论模型	793
8.10.4 典型爆破模拟应用软件	797
8.10.5 典型建(构)筑物拆除爆破过程的数值模拟	809
参考文献	818
9 特种爆破	821
9.1 爆炸加工	821
9.1.1 爆炸焊接	821
9.1.2 爆炸成形	848
9.1.3 爆炸消除焊接残余应力	858
9.1.4 其他爆炸加工方法	860
9.2 聚能爆破	865
9.2.1 炸药爆炸的聚能原理	865
9.2.2 聚能装药结构	867
9.2.3 影响聚能药包效果的因素	868
9.2.4 聚能药包的应用	871
9.3 油气井燃烧爆破技术	876
9.3.1 油气井的井身结构及爆破特点	876
9.3.2 典型的油气井爆破技术	877
9.3.3 典型的油气井燃烧技术	888
9.4 地震勘探爆破	899

9.4.1 基础知识	899
9.4.2 地震波的爆破激发	901
9.4.3 地震波的接收	905
9.5 其他特种爆破技术	906
9.5.1 金属破碎切割爆破	906
9.5.2 高温凝结物解体爆破	911
9.5.3 冰体爆破	916
9.5.4 冻土爆破	920
9.5.5 农林爆破	925
9.5.6 抢险救灾爆破	928
参考文献	933
10 爆破安全与测试技术	935
10.1 爆破振动及塌落振动	935
10.1.1 振动产生及危害	935
10.1.2 爆破振动测试	935
10.1.3 爆破振动安全允许标准和评价方法	940
10.1.4 爆破地震反应谱	948
10.1.5 降低爆破振动的技术措施	948
10.2 爆破水中冲击波及超压	949
10.2.1 爆破水中冲击波及超压测试	949
10.2.2 水中冲击波的安全允许标准和评价方法	951
10.2.3 水中冲击波及超压的控制与防护	953
10.2.4 水中生物的保护	954
10.3 爆破个别飞散物(飞石)	954
10.3.1 个别飞散物产生的原因	954
10.3.2 个别飞散物安全允许距离的计算	955
10.3.3 个别飞散物的防护措施	957
10.4 爆破空气冲击波及噪声	958
10.4.1 爆破空气冲击波	958
10.4.2 爆破噪声	961
10.4.3 爆破空气冲击波测试系统	962
10.4.4 降低空气冲击波及爆破噪声的技术措施	963
10.5 爆破粉尘	966
10.5.1 爆破粉尘的分类	966
10.5.2 爆破粉尘测试	967
10.5.3 降低露天爆破粉尘的技术措施	969