



普通高等教育“十三五”规划教材

PUTONG GAODENG JIAOYU “13-5” GUIHUA JIAOCAI

爆破理论与技术基础

璩世杰 编



冶金工业出版社
www.cnmp.com.cn



普通高等教育“十三五”规划教材

爆破理论与技术基础

璩世杰 编

北 京

冶金工业出版社

2016

内 容 提 要

本书详细阐述了爆破理论与技术的基础知识,内容主要包括爆破技术的基本特点与历史发展、炸药爆炸的基本理论、常用工业炸药、起爆器材及起爆方法、岩石与岩体的基本特性、岩石爆破破坏基本理论、台阶炮孔爆破、井巷掘进爆破、地下落矿爆破、拆除爆破、爆破有害效应及其控制。

本书为高等院校采矿工程专业及相关专业的教材,也可供爆破行业中、初级技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

爆破理论与技术基础/璩世杰编. —北京:冶金工业出版社,
2016.8

普通高等教育“十三五”规划教材

ISBN 978-7-5024-7314-3

I. ①爆… II. ①璩… III. ①爆破技术—高等学校—教材
IV. ①TB41

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 209789 号

出 版 人 谭学余

地 址 北京市东城区嵩祝院北巷 39 号 邮编 100009 电话 (010)64027926

网 址 www.cnmp.com.cn 电子信箱 yjcbbs@cnmp.com.cn

责任编辑 杨 敏 美术编辑 吕欣童 版式设计 彭子赫

责任校对 王永欣 责任印制 牛晓波

ISBN 978-7-5024-7314-3

冶金工业出版社出版发行;各地新华书店经销;三河市双峰印刷装订有限公司印刷
2016 年 8 月第 1 版,2016 年 8 月第 1 次印刷

787mm×1092mm 1/16;19.25 印张;464 千字;293 页

45.00 元

冶金工业出版社 投稿电话 (010)64027932 投稿信箱 tougao@cnmp.com.cn

冶金工业出版社营销中心 电话 (010)64044283 传真 (010)64027893

冶金书店 地址 北京市东四西大街 46 号(100010) 电话 (010)65289081(兼传真)

冶金工业出版社天猫旗舰店 yjgycbs.tmall.com

(本书如有印装质量问题,本社营销中心负责退换)

前 言

爆破是利用炸药爆炸释放出来的能量破坏岩石。以钻孔爆破为主要形式的爆破技术一直广泛应用于矿山开采和路堑工程、隧道开挖、水电基础工程及建筑基坑等工程领域中。与岩体开挖的其他工程方法相比,爆破方法更易于实施,效率高,成本低,特别是在矿山企业,爆破作为一个主要生产工序,对采矿生产的效率、效益、安全,都具有十分重要的意义。近几十年来,随着我国国民经济建设的快速发展,爆破技术的应用更为广泛,在矿山开采和交通土建等工程领域里的地位也更加重要。在这一过程中,人们对岩石和岩体爆破破坏规律的认识更加深刻;工业炸药和起爆器材的品种更加多样化,性能显著改善;爆破技术得到了进一步发展,数字技术和计算机技术也得到了日益普遍的应用。本教材的编写,意在概括介绍爆破基本概念和理论的基础上,着重参考近年来有关企业、科研单位的爆破实践经验和不同院校的教学研究成果,尽可能充分地反映近年来爆破技术的发展与进步,以期能够更好地满足高等院校相关专业教学工作的需要。此外,本教材也可作为爆破行业中、初级技术人员的参考书。

本书共分11章。第1章简要介绍了爆破技术的基本特点与历史发展;第2章讲述了炸药爆炸的基本概念及炸药起爆与传爆的基本理论,同时简要介绍炸药的主要性能参数及其测试方法;第3章介绍了常用工业炸药的种类、成分、性能,简述爆破工程中炸药种类选择的一般依据;第4章介绍了爆破工程中的起爆方法与器材,细述各种起爆器材的特性、用途及使用方法,介绍起爆方法与起爆器材选择的基本原则;第5章介绍了岩石和岩体的基本物理力学性质与结构特征及其在爆破过程中的作用与影响,以及岩体介质的爆破分级方法;第6章介绍了岩石爆破破坏的基本理论,分析爆炸应力波和爆炸气体产物膨胀压力在爆破过程中的作用,总结岩石爆破破碎的机理,并简要介绍了自由面反射拉伸效应(霍普金森效应)、爆破漏斗理论和药量计算的一般原理;第7章讲述了露天台阶炮孔爆破(包括预裂爆破等几种控制爆破技术)的基本工艺技术

特点、作用原理、技术参数计算或选取的方法,并简介爆破效果的评估方法;第8章介绍了井巷掘进爆破技术,简述地下工程中井巷掘进和隧道工程中掘进爆破的基本技术特征、技术设计与施工的基本方法,讨论爆破效果的评估方法;第9章讲述了地下落矿爆破,重点介绍上向扇形中深孔爆破的基本技术特征、技术设计及爆破效果控制的基本方法;第10章介绍了建构筑物拆除爆破技术;第11章讲述了爆破有害效应及其危害与成因、观测手段及相应的安全防护措施。

本书的绘图及文字录入等工作得到了编者学生们的帮助,他们是:申旭鹏、王福缘、衣方、李焕君、李岩、何皇兵、王靖、易巧明、万鹏鹏、胡学龙等,在此一并向他们致谢!

本书的出版得到了北京科技大学教材建设经费的资助。在编写过程中参考了一些文献,在此向文献作者表示感谢。

由于编者水平有限,书中不足之处,恳请读者批评指正。

编者

2016年5月

目 录

1 绪论	1
1.1 炸药与爆破技术的发展简介	1
1.2 爆破工程的基本类别及特点	2
1.2.1 露天台阶炮孔爆破	2
1.2.2 浅孔（眼）爆破	3
1.2.3 周边控制爆破	3
1.2.4 拆除爆破	4
1.2.5 特殊爆破技术	4
1.3 爆破安全	5
1.4 现代爆破技术的发展趋势	5
1.4.1 爆破控制的精确化	5
1.4.2 爆破技术的科学化	6
1.4.3 爆破技术的数字化	6
2 炸药爆炸的基本理论	7
2.1 炸药和爆炸的基本概念	7
2.1.1 炸药及其基本特点	7
2.1.2 爆炸现象及其分类	8
2.1.3 炸药的爆炸现象及其特征	8
2.1.4 炸药化学反应的基本形式	9
2.2 炸药的起爆与敏感度	10
2.2.1 炸药的起爆机理	10
2.2.2 炸药的敏感度	12
2.2.3 影响炸药敏感度的因素	13
2.3 炸药的传爆理论	14
2.3.1 冲击波的基本概念	14
2.3.2 爆轰波基本理论	15
2.3.3 炸药的爆轰反应机理	18
2.3.4 炸药的热化学参数	19
2.3.5 炸药的传爆质量及其影响因素	23
2.4 炸药的氧平衡	27
2.4.1 氧平衡的概念	27

2.4.2 氧平衡值的计算	28
2.5 炸药的爆炸性能指标	30
2.5.1 炸药的做功能力	30
2.5.2 爆力	31
2.5.3 猛度	33
2.5.4 爆速	34
2.5.5 殉爆距离	36
2.5.6 沟槽效应	38
2.5.7 聚能效应	39
习题	40
3 常用工业炸药	42
3.1 工业炸药的一般特点	42
3.2 工业炸药的分类	43
3.2.1 按用途分类	43
3.2.2 按使用场合分类	43
3.2.3 按炸药主要成分分类	44
3.2.4 按物质构成特点分类	44
3.3 起爆药	46
3.3.1 雷汞	46
3.3.2 叠氮化铅	46
3.3.3 二硝基重氮酚	46
3.4 单质猛炸药	46
3.4.1 梯恩梯	47
3.4.2 黑索金	48
3.4.3 太安	48
3.4.4 奥克托今	49
3.4.5 硝化甘油炸药	49
3.5 硝铵类炸药	50
3.5.1 铵梯炸药	50
3.5.2 粉状铵梯油炸药	52
3.5.3 粉状铵油炸药	53
3.5.4 改性铵油炸药	53
3.5.5 多孔粒状铵油炸药	54
3.6 含水炸药	55
3.6.1 浆状炸药	55
3.6.2 水胶炸药	56
3.6.3 乳化炸药	58
3.6.4 重铵油炸药	59

3.7 新型炸药	60
3.7.1 膨化硝铵炸药	60
3.7.2 粉状乳化炸药	61
3.8 炸药的选用	62
习题	64
4 起爆器材及起爆方法	65
4.1 火雷管	66
4.2 电雷管	67
4.2.1 电雷管的一般特征	67
4.2.2 毫秒延期电雷管	68
4.2.3 秒延期电雷管	71
4.2.4 抗杂散电流、抗静电毫秒电雷管	71
4.2.5 煤矿许用电雷管	72
4.2.6 电起爆网络使用注意事项	72
4.3 非电塑料导爆管雷管	73
4.4 导爆索	74
4.4.1 导爆索起爆网络的组成	75
4.4.2 导爆索起爆网络的连接方式	75
4.4.3 低能导爆索及起爆系统	76
4.5 新型起爆器材及其发展	76
4.5.1 电子雷管	77
4.5.2 电磁雷管	83
4.5.3 激光雷管	84
4.5.4 无雷管激光起爆技术	84
4.5.5 新型非电导爆管	85
4.5.6 工业雷管编码与管理	85
习题	87
5 岩石与岩体的基本特性	88
5.1 岩石和岩体的基本概念	88
5.2 岩石的分类	89
5.3 岩石的物理力学性质	91
5.3.1 岩石的物理性质	92
5.3.2 岩石的主要力学性质	93
5.4 岩体结构面及其影响	98
5.4.1 岩体结构面的类型	99
5.4.2 结构面物质特性及其影响	100
5.4.3 裂隙密度的表达和计算方法	100

5.5 岩石的可钻性	100
5.5.1 基本概念	100
5.5.2 岩石可钻性的评价方法	101
5.6 岩体的可爆性及其分级	103
5.6.1 岩体可爆性的影响因素	104
5.6.2 岩体可爆性分级判据指标	105
5.6.3 岩体可爆性的评价方法	106
习题	112
6 岩石爆破破坏基本理论	113
6.1 岩石爆破破坏机理	113
6.1.1 爆炸应力波的作用	114
6.1.2 爆炸气体产物膨胀压力的作用	116
6.1.3 爆炸应力波和爆炸气体产物膨胀压力的共同作用	117
6.2 爆破破坏的区域特征	118
6.3 爆破漏斗与装药量计算原理	118
6.3.1 爆破漏斗及其几何参数	118
6.3.2 爆破作用指数与爆破漏斗的基本形式	119
6.3.3 基于爆破漏斗的装药量计算原理	119
6.4 利文斯顿爆破漏斗理论	121
6.4.1 弹性变形区	121
6.4.2 弹性破坏区	121
6.4.3 破碎区	122
6.4.4 空爆区	122
习题	122
7 台阶炮孔爆破	123
7.1 台阶炮孔爆破的技术类型	124
7.2 台阶几何要素	125
7.3 爆破技术参数及其确定	126
7.3.1 炮孔布置形式	126
7.3.2 炮孔参数	127
7.3.3 炮孔装药量	128
7.3.4 装药结构	129
7.3.5 起爆方式	132
7.3.6 孔口填塞	133
7.4 压碴爆破	136
7.4.1 压碴爆破的特点	136
7.4.2 压碴爆破的技术参数	137

7.5 毫秒延时起爆技术	138
7.5.1 毫秒延时起爆的作用原理	139
7.5.2 延时起爆的网络连接形式	139
7.5.3 延期时间的确定	142
7.5.4 孔内分段延时起爆	144
7.5.5 台阶炮孔爆破效果及其控制	144
7.6 露天台阶控制爆破	150
7.6.1 缓冲爆破	150
7.6.2 预裂爆破	152
7.6.3 光面爆破	161
7.6.4 密集空孔	162
7.7 露天钻孔爆破工艺及流程	163
7.7.1 基础资料收集与分析	163
7.7.2 爆破工艺方案的制定	163
7.7.3 爆破设计	163
7.7.4 露天台阶炮孔爆破施工	164
习题	171
8 井巷掘进爆破	173
8.1 井巷掘进爆破的基本特点	174
8.2 巷道掘进工艺方法及其选择	174
8.2.1 全断面法	175
8.2.2 台阶法	175
8.2.3 导坑法	176
8.3 炮孔分类	176
8.4 掏槽形式及参数	177
8.4.1 倾斜掏槽	178
8.4.2 直孔掏槽	180
8.4.3 混合掏槽	184
8.5 爆破参数及其选取	185
8.5.1 循环进尺	185
8.5.2 炮孔参数	185
8.5.3 炮孔装药量计算	188
8.5.4 起爆方式	191
8.5.5 炮孔起爆顺序与延期时间	192
8.6 井巷掘进光面爆破	192
8.6.1 技术参数	193
8.6.2 光面爆破施工技术设计	196
8.6.3 光面爆破效果的影响因素	197

8.6.4	光面爆破效果的评价	198
8.7	井巷掘进钻爆施工	199
8.7.1	工作面(掌子面)测量	200
8.7.2	岩体分级	200
8.7.3	爆破设计	201
8.7.4	炮孔布置	202
8.7.5	钻孔	203
8.7.6	炮孔验收	203
8.7.7	装药	203
8.7.8	炮孔堵塞	203
8.7.9	起爆网络及其连接	204
8.7.10	安全警戒	204
8.7.11	起爆	204
8.7.12	爆破效果检查	204
8.7.13	盲炮的预防与处理	204
	习题	205
9	地下落矿爆破	206
9.1	地下浅孔落矿爆破	206
9.1.1	炮孔排列形式	207
9.1.2	炮孔直径和深度	207
9.1.3	最小抵抗线和炮孔间距	208
9.1.4	单位炸药消耗量	208
9.1.5	装药和堵塞	208
9.1.6	炮孔起爆顺序及微差时间	209
9.2	地下深孔落矿爆破	209
9.2.1	炮孔布置形式	210
9.2.2	钻孔参数	211
9.2.3	炮孔装药参数	213
9.3	上向扇形中深孔爆破	213
9.3.1	爆破参数	214
9.3.2	切割槽及其形成方法	219
9.3.3	上向扇形孔爆破施工工艺步骤	221
9.3.4	扇形中深孔爆破效果及其控制	223
9.4	VCR 爆破法	225
9.4.1	爆破参数	225
9.4.2	施工工艺	226
9.4.3	工程实例	226
	习题	228

10 拆除爆破	229
10.1 拆除爆破的一般特点	229
10.1.1 拆除爆破的环境特点	229
10.1.2 爆破对象的结构特点	230
10.2 拆除爆破的一般原理	230
10.2.1 最小抵抗线原理	231
10.2.2 等能原理	231
10.2.3 分散化原理	231
10.2.4 失稳原理	231
10.2.5 缓冲原理	231
10.3 楼房、厂房拆除爆破	231
10.3.1 常见方案及其选择	232
10.3.2 建筑物倾倒倒塌的基本条件	235
10.3.3 楼房拆除爆破的技术设计	237
10.3.4 楼房拆除爆破的施工和安全防护	240
10.3.5 楼房拆除爆破工程实例	241
10.4 烟囱、水塔拆除爆破	248
10.4.1 爆破拆除方案的确定	249
10.4.2 定向倒塌拆除爆破的技术设计	250
10.4.3 烟囱拆除爆破的预处理	253
10.4.4 施工中的注意事项	253
10.4.5 烟囱、水塔拆除爆破工程实例	254
10.5 水压爆破	257
10.5.1 作用原理	257
10.5.2 水压爆破参数的确定	258
10.5.3 水压爆破施工	263
10.5.4 工程实例	265
习题	267
11 爆破有害效应及其控制	268
11.1 爆破震动	268
11.1.1 爆破地震波的特征参数与安全判据	268
11.1.2 爆破震动测试方法	270
11.1.3 爆破震动预测方法	273
11.1.4 降震措施	277
11.2 飞石	277
11.2.1 爆破飞石成因	277
11.2.2 安全距离	278

11.2.3 飞石控制与防护	279
11.3 空气冲击波	279
11.3.1 空气冲击波成因	279
11.3.2 空气冲击波的基本特征	280
11.3.3 空气冲击波的危害	280
11.3.4 空气冲击波超压的测量方法	282
11.3.5 空气冲击波安全距离	283
11.4 有毒气体	284
11.4.1 爆炸产生有毒气体的种类	284
11.4.2 有毒气体的允许含量	284
11.4.3 有毒气体的测试方法	284
11.4.4 有毒气体生成量影响因素及应对措施	285
11.5 噪声	286
11.5.1 爆破噪声的危害	286
11.5.2 噪声的物理参数	286
11.5.3 爆破噪声的测试方法与仪器	287
11.5.4 噪声允许标准	288
11.5.5 爆破噪声的防护措施	288
习题	288
参考文献	290

爆破是岩体开挖工程的主要施工手段，主要应用于采矿和交通土建、水电及港口等工程领域。所谓爆破，即是利用炸药爆炸释放出来的能量使岩石（或矿石）发生破坏，为后续的矿岩铲装和运输创造条件。目前仅我国主要冶金矿山企业的年矿岩采剥总量即达 10 亿吨以上，消耗炸药约 50 万吨。而在铁路、公路、水库、机场、港口等基础设施建设领域，也都采用爆破技术作为岩体开挖的施工手段。由此可见，爆破在我国国民经济建设中具有重要的地位和作用。另外，从经济角度考虑，爆破工程费用一般占矿山开采工程总费用的 30%~50%，开采强度和采掘生产效率的高低以及整个开采工程的成本与效益，都与爆破技术与工艺密切相关。可以认为，在目前以至可预见的未来，大规模的矿山采掘与基建开挖工程都将依然依赖于爆破技术。

鉴于上述，系统学习爆破这门专业基础课程，掌握相关知识，对学生能在将来科学地运用爆破技术，可靠地从事爆破生产实践，具有重要意义。

1.1 炸药与爆破技术的发展简介

炸药的爆炸能够快速地向外界释放能量，是爆破工程实践所必需的能源来源。早在公元 6~7 世纪，中国发明了黑火药。唐代孙思邈所著《丹经内伏硫黄法》中已记载了由硫、硝、炭三种成分混制而成的黑火药。但当时黑火药仅用来制造鞭炮和焰火，直到南宋时期才用于军事，而未用于采掘工业。13 世纪黑火药传入欧洲，直到 1627 年匈牙利首先将黑火药用于采矿工程。1867 年，诺贝尔（A. Nobel）开创性地发明了雷管，同时发明了以硅藻土为吸收剂的硝化甘油炸药，标志着世界上第一代工业炸药的诞生，为爆破技术的形成和工业化的爆破工程提供了基本的技术基础和物质基础。

20 世纪初，一次意外硝酸铵爆炸事故使人们发现了硝酸铵的爆炸性能。1925 年，以硝酸铵为主要成分的粉状硝铵炸药问世，出现了第二代工业炸药。这种炸药的推广使用，使爆破技术向着安全、经济、高效的方向迈进了一大步，使爆破技术的普遍应用成为可能。

1919 年制成了以太安为药芯的导爆索；1946 年制成了毫秒电雷管，使爆破技术又大大提高了一步。

20 世纪 50 年代以后，以硝酸铵和柴油为主要成分的铵油炸药在世界各国得到了广泛使用，目前在全世界铵油炸药的生产使用量占全部工业炸药的 50% 以上。从 20 世纪 60 年代起，多孔粒状铵油炸药得到了迅速的推广应用，这种炸药加工工艺简单，抗水性能比粉状铵油炸药高，爆炸性能良好，成本更低。

有水场合，需要炸药具有足够的抗水性以保证其爆炸性能。1956 年，迈尔文·库克发明了浆状炸药，之后又研制成功了水胶炸药。以浆状炸药为代表的抗水硝铵炸药被称为第

三代工业炸药。20 世纪 70 年代研制成功了乳状炸药,这种新型的抗水炸药,被称为第四代工业炸药,其抗水性、经济性、安全可靠都达到了一个新的高度。

1967 年,诺贝尔公司发明了导爆管非电导爆系统,标志着起爆器材技术的一大革新。目前,电子雷管已在爆破生产实践中得到了成功的试验应用。

与此同时,对爆破理论的研究也有长足的发展。由于测试技术的日益进步,在生产实践中人们对岩石爆破破坏基本规律的认知更为深刻,先后提出了自由面和最小抵抗线原理、爆破流体力学理论、应力强度理论、应力波和爆生气体共同作用原理、反射波拉伸作用、爆破漏斗理论以及爆破断裂力学理论等。这些理论都来源于实践又指导实践,促进了爆破技术的进步。近代计算机技术的发展,为人们运用现代计算机技术建立数学模型,研究爆破破岩机理,预测爆破破碎效果等,提供了一种新途径。

1.2 爆破工程的基本类别及特点

按爆破工程地点与地表的空間关系,爆破工程有露天爆破和地下爆破之分。前者是指在地表进行,如在绝大多数露天矿山采用的露天台阶炮孔爆破、基建工程中时有采用的山体硐室爆破等。后者是指在地下进行的,包括地下开采和井巷掘进等地下工程。露天台阶炮孔爆破多采用大直径深孔装药爆破,而地下爆破所用的炮孔直径和深度大都较小,多称为浅孔(或浅眼)爆破。除此之外,以控制岩体开挖边界围岩质量为主要目的的光面爆破等控制爆破技术,以及用于拆除建(构)筑物的拆除爆破技术,也在矿山和工民建领域常有应用。

1.2.1 露天台阶炮孔爆破

露天台阶炮孔爆破广泛应用于露天矿开采、铁路和公路路基工程、水电工程及基坑开挖等大规模岩石开挖工程。

露天台阶炮孔爆破,按工程目的分掘沟爆破、台阶爆破、二次爆破、周边控制爆破等。

1.2.1.1 掘沟爆破

掘沟爆破是为形成台阶状地形而进行的。与一般的台阶爆破工程类似,掘沟爆破也是在地平面上进行的,但它没有台阶坡面作为炮孔的自由面(图 1-1)。

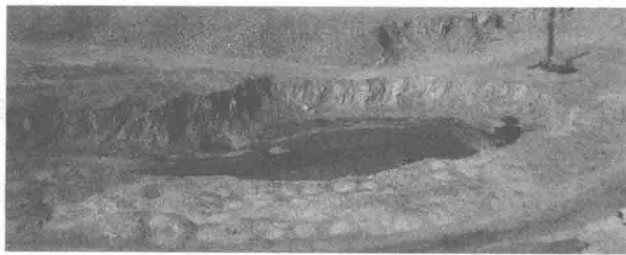


图 1-1 露天矿山采场掘沟爆破形成的台阶

1.2.1.2 台阶爆破

台阶爆破(bench blasting)是现代爆破工程应用最广的爆破技术,也是在露天矿山爆

破实践中最为常见的一种爆破方式。露天矿开采、铁路和公路路堑工程、水电工程及基坑开挖等大规模岩石开挖工程都离不开台阶爆破。由于台阶爆破可与装运机械匹配施工,机械化水平高,因此施工速度快、效率高、安全性好。随着深孔钻机等机械设备的不断改进发展,深孔爆破技术在石方开挖工程中占有越来越重要的地位。

除炮孔所在的地平面作为各个炮孔的自由面外,台阶坡面对爆区前排炮孔也起着自由面的作用。充分利用台阶坡面作为爆区前排炮孔的初始自由面,是台阶爆破的一个重要特征。

台阶爆破中的毫秒延时爆破和预裂爆破是控制爆破技术发展的重要方向。毫秒延时爆破(millisecond delay blasting)是一种巧妙地安排各炮孔起爆次序与合理时差的爆破技术,能有效减小爆破后出现的大块率,减小地震波、空气冲击波的强度和碎块的飞散距离,得到良好的便于挖运的堆积体。1986年葛洲坝围堰爆破,创造了将3000多炮孔分为300多段起爆的成功经验。目前在露天及地下开挖和城市控制爆破中已普遍采用,这种技术还有更为广阔的发展前途。

1.2.1.3 二次爆破

此外,在露天矿山的爆破工程实践中,难免会产生尺寸过大的不合格大块及根底、岩墙等爆破质量问题。采用爆破方法破碎大块,处理根底和岩墙,称为二次爆破。在二次爆破过程中,由于炮孔一般都很浅,炮孔抵抗线小,故容易出现“飞石”现象,对爆破安全具有潜在威胁。目前,随着液压冲击破碎技术的推广,越来越多的露天矿山改用液压冲击锤对不合格大块岩石和根底及岩墙进行二次破碎,故二次爆破技术的应用日益减少。

1.2.2 浅孔(眼)爆破

浅孔(眼)爆破常用于井巷掘进、地下开采及露天小规模岩体开挖。

1.2.2.1 掘进爆破

岩石中掘进工程是地下矿山开拓、交通水电工程以及地下洞库开挖不可或缺的项目。掘进爆破(exploitation blasting)技术是整个掘进工程的首要部分,爆破效果直接关系着工程质量和使用年限。

在一个自由面条件下进行巷道掘进,岩体的夹制作用一般都很大。为了保护围岩的稳固性,一般都需要在巷道周边应用光面爆破技术。

1.2.2.2 地下回采爆破

与露天开采相比,空间狭小是地下回采爆破的显著特点。通过井巷从地表到达地下矿体之后,需以已形成空间为自由面开始回采矿石,进而可在一定限度内扩大作业空间。正是由于这一原因,地下回采爆破多采用小直径浅孔。

按采矿方法的不同,地下回采爆破主要有上向平行浅孔和下向平行浅孔、水平浅孔,以及上向扇形中深孔爆破几种类型。

1.2.3 周边控制爆破

在露天台阶爆破过程中,邻近采场边坡时,为保护边坡岩体的稳固性,多采用周边控制爆破技术。与之类似,在地下开采的井巷掘进过程中,也需要采用周边控制爆破技术,

以求最大限度地保持井巷围岩的稳固性。

露天钻孔爆破工程中的控制爆破,一般是指为在岩体中形成一个连续贯通的裂面而进行的特殊爆破,其作用一是降低各光面炮孔起爆时对边坡岩体产生的冲击破坏作用,二是降低采场内爆破活动在边坡岩体产生的震动效应,这两种作用都利于维持边坡岩体原有的稳固性。

预裂爆破(presplitting blasting)与光面爆破(smooth blasting)在获得光滑的岩面、保护围岩免遭破坏方面具有相同的目的。预裂爆破在完整的岩体开挖前预先爆破预裂孔,使沿着开挖部分和保留部分的分界线裂开一道缝隙,用以隔断爆破作用对保留岩体的破坏。国内露天矿靠帮爆破所采取的控制爆破措施中,多数矿山采用预裂爆破,少数矿山采用缓冲爆破和光面爆破。

周边控制爆破技术的种类可包括:密集钻孔(小直径、小孔距、少装药或不装药)、光面爆破(主爆区爆破之后,再进行光面爆破钻爆施工)、预裂爆破(与主爆区一次爆破,但最先起爆预裂孔,之后再起爆其他炮孔)、缓冲爆破(与主爆区一次爆破,但须在主爆区炮孔起爆之后,再起爆缓冲孔)。露天矿邻近边坡所采取的周边控制爆破,多为预裂爆破或“预裂+缓冲”爆破,而较少采用缓冲爆破或光面爆破。

1.2.4 拆除爆破

拆除爆破(demolition blasting)是近50年来迅速发展起来的一类控制爆破技术。拆除爆破具有如下特点:首先,拆除爆破一般处在闹市区、居民区或厂区,爆区附近的环境十分复杂,对爆破设计提出了更高的要求;其次,爆破拆除的对象各不相同,其建筑结构也各不相同,针对不同的拆除对象必须采用不同的爆破方式。如对于烟囱、水塔和高层建筑物的拆除,爆破设计只需炸毁结构的要害部位,利用结构失稳倒塌实现整体破碎;对于基础、地坪等实体构筑物破碎,爆破时则按照单位炸药消耗量参考岩石松散爆破有关规律设计。

拆除爆破的关键在于控制爆破规模和药包质量的计算与炮孔位置的安排,以及有效的安全防护手段。使用炸药并不是拆除爆破的唯一手段,近些年来出现的燃烧剂、静态膨胀破碎剂等方法,扩大了爆破手段的选择范围。大型机械化拆除技术的兴起,对爆破拆除市场形成了巨大的冲击,机械破碎配合爆破拆除可以改善工作条件,提高爆破拆除效率。使用时可以根据爆破的规模、安全要求和被爆破对象的具体条件选择合理有效的拆除方法。

1.2.5 特殊爆破技术

特种爆破是指爆破介质和对象、爆破方法及药包结构、爆破环境或爆破目的等不同于普通爆破的特殊爆破技术。近年来金属爆炸冲压成型、金属焊接、表面硬化和切割技术、爆炸合成金刚石、高温超导材料、非晶和微晶新材料等技术的应用领域越来越广,已建立和发展一批具有特殊装备的爆炸加工专业队伍。

炸药爆炸的聚能原理和它所产生的效应一直用于穿甲弹的军事目的,近年来才逐渐转为民用。利用聚能效应在冻土内钻孔,为出钢口射孔、石油井内射孔或排除钻孔故障,以及在工程上用来切割金属板材和大块二次破碎等方面都取得了广泛的应用,其中油气井爆破技术,包括地震勘探、测井、射孔、压裂和修井技术已成为特殊爆破的重要分支。