

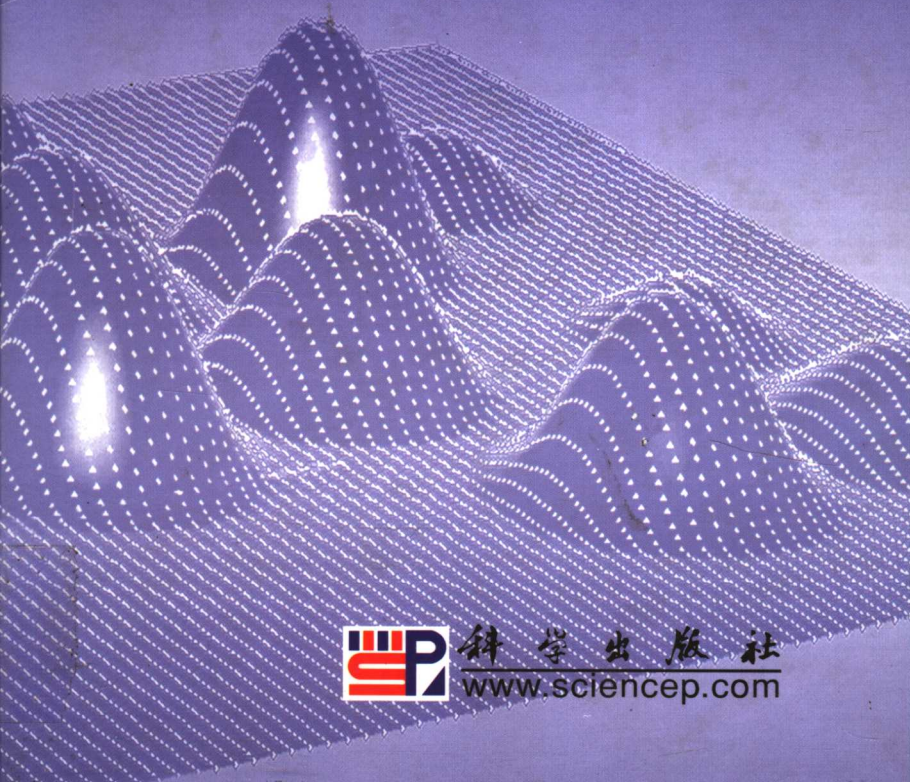
BAOPO GONGCHENG DIZHIXUE



北京工业大学
“211工程”资助出版

爆破工程 地质学

陈建平 高文学 著



科学出版社
www.sciencep.com



北京工业大学

“211 工程”资助出版

爆破工程地质学

陈建平 高文学 著

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书在大量爆破试验研究和生产实践所产生的重要科学理论和技术成果的基础上撰写而成。书中系统地提出了爆破岩体结构控制论的基本观点以及爆破岩体工程地质学基础理论。书中结合爆破设计和工程应用研究,提出了爆破岩体分类、爆破结构面分级、爆破工程地质灾害及其防治、爆破工程地质勘察、岩体控制爆破设计理论和方法等。

本书共分四篇十八章。第一篇(第一章至第三章)介绍了爆破工程地质学基础;第二篇(第四章至第九章)介绍了爆破岩体的工程地质特征;第三篇(第十章至第十六章)介绍了爆破岩体工程地质力学原理;第四篇(第十七章和第十八章)介绍了爆破工程地质勘察与岩体控制爆破设计。

本书可供从事冶金、煤炭、铁道、公路、水利水电、国防等工程建设研究的科研人员及高等院校相关专业的师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

爆破工程地质学/陈建平,高文学著. —北京:科学出版社,2005
ISBN 7-03-014759-6

I. 爆… II. ①陈…②高… III. 爆破-工程地质 IV. TB41

中国版本图书馆CIP数据核字(2004)第133528号

责任编辑:童安齐 / 责任校对:柏连海

责任印制:吕春珉 / 封面设计:耕者设计工作室

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

新蕾印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2005年1月第一版 开本:B5(720×1000)

2005年1月第一次印刷 印张:22 3/4

印数:1—3 000 字数:456 000

定价:45.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈新欣〉)

(销售部电话:010-62136131 建筑技术编辑部:010-62137026)

总 序

“211 工程”是目前我国教育领域唯一的国家重点建设工程,其宗旨是面向 21 世纪重点建设一百所高水平大学,使其成为我国培养高层次人才,解决经济建设、社会发展和科技进步重大问题的基地,形成我国高等学校重点学科的整体优势,增强和完善国家科技创新体系,跟上和占领世界高层次人才培养和科技发展的制高点。

我国高等教育发展迅猛,尤其是 1400 余所地方高等院校已经占全国高等院校总数的 90%,成为我国高等教育实现大众化的重要力量,也成为为区域经济和社会发展服务的重要生力军,“211 工程”建设对于北京工业大学实现跨越式发展、增强服务北京的能力起到了重大的推动作用。

在北京市委和市政府的高度重视和大力支持下,1996 年 12 月北京工业大学通过了“211 工程”部门预审,成为北京市属高校唯一进入国家“211 工程”重点建设的百所大学之一,2001 年 6 月以优异成绩通过国家“211 工程”一期建设验收,2002 年 10 月顺利通过国家“211 工程”二期建设可行性论证。北京工业大学紧紧抓住这一难得的历史性发展机遇,根据首都经济和社会发展的需要,坚持“科学定位,找准目标,发挥优势,办出特色”的办学方针和“立足北京,融入北京,辐射全国,面向世界”的指导思想,以学科建设为龙头,师资队伍建设为关键,重点建设了电子信息、新材料、光机电一体化、城市建设与交通、生物医药、环境与能源、经济与管理类学科,积极发展了人文社会科学类学科,加强了基础类学科,形成了规模、层次及布局合理的学科体系,实现了从工科大学向以工为主,理、工、经、管、文、法相结合的多学科性大学转变,从教学型大学向教学研究型大学的转变。

北京工业大学现有 9 个博士后站,6 个一级博士点,25 个二级博士点,55 个硕士点。教师中有院士 6 人,博士导师 150 人,教授 230 人,专任教师中有博士学位的达到 30%。北京工业大学年科研经费达到 23 000 万元,获国家自然科学基金项目近 40 项。获奖项目有:材料学科获百篇优秀博士学位论文奖,抗震减灾学科与交通学科的研制项目于 2002 年分别获得国家科技进步二等奖,计算机学科的研制项目于 2003 年获得国家科技进步二等奖。此外,光电子学科在新型高效、高亮度半导体发光二极管的研制,新医药与生物工程学科在国家 P3 实验室建设和抗 HIV 药物的研制,环境与能源工程学科在奥运绿色建筑标准与大气环境治理,光学学科在大功率激光器研制,管理科学与工程学科在国家中长期能源规划等方面都取得了特色鲜明的科研成果。

为了总结和交流北京工业大学“211 工程”建设的科研成果,学校设立了“211

工程”专项出版资金,资助出版系列学术专著。这些专著从一个侧面反映了我校的学科方向、研究领域、学术成就和教学成果。

展望北京工业大学的未来,我们任重而道远。我坚信,只要我们珍惜“211 工程”建设和奥运羽毛球馆建设这两大机遇,构建高层次学科体系,营造优美的大学校园,我校在建设成为国内一流大学的进程中就一定能够为“新北京、新奥运”的宏伟蓝图做出自己应有的贡献。

北京工业大学校长
中国科协副主席
中国工程院院士

左铁镛

2004 年 3 月

序

陈建平教授是我国工程地质界长期从事爆破理论与应用研究的专家,高文学博士是我国爆破界的青年专家,他们俩合著的《爆破工程地质学》可谓珠联璧合,相得益彰,使该专著更具有权威性。

爆破工程地质学,不仅研究地形条件与爆破作用的关系以及地质条件对爆破作用的影响,而且研究炸药能量与岩土介质相互作用的物理过程和作用机制,以及做功的结果。

爆破中炸药能量与岩土介质的相互作用及做功,如同该书指出的那样,必然取决于炸药能量特征和岩土介质特征及其相互作用的有机联系。炸药能量特征包括炸药种类和性能、药包结构形式、药包群组合形式、药包位置、药包质量、药包起爆方式等,这些是爆破设计和施工中依据岩土介质特征,包括岩土体的地表形态特征(主要指地表微地形特征)、物质组成特征(主要指岩土类型与性质、地下水等)、地质结构特征等及其与炸药能量特征相互作用之间的科学关系所要解决的问题。

作为爆破对象和介质的岩体是地质体,自然界中这种地质岩体实际上多为不连续介质体,其变形和破坏是受岩体内发育的节理、断裂、层面等构成的结构面控制,爆破作用机制和效果也多受岩体中存在的结构面控制。爆破中的力学问题,实际上多为不连续介质动力学问题。

北京工业大学在这一领域的研究是很深入的,早在 20 世纪 70 年代,以王鸿渠、陈建平为首的爆破科研课题组就专门研究了各种微地形边界条件下的爆破作用原理及其规律性,从而得出了地形多边界条件下的药量计算公式及其相应的爆破设计方法,这是对爆破理论和技术的重要贡献。从 20 世纪 70 年代末以来,陈建平等又专门进行了“爆破岩体结构效应”、“爆破裂隙的形成机制与发育规律”、“爆破边坡稳定性”、“爆破工程地质灾害与防治”等课题的研究,从而深刻地揭示了不连续岩体介质中的爆破作用机制和效果的基本规律,即岩体结构特征控制的爆破冲击波的传播规律,爆破鼓包膨胀发育规律及鼓包内腔能量分配和表面介质运动规律,爆破岩体的变形和爆破规律,爆破漏斗的形状和大小、爆破岩块的形状和大小及其抛掷规律,爆破裂隙的形成机制与发育规律,爆破岩体的稳定性和各种爆破工程地质灾害的形成机制与规模等。为此提出了爆破岩体结构控制论的基本观点,系统地提出了爆破岩体工程地质力学的一系列基础理论。同时,这些理论应用于爆破工程实践,并结合爆破设计和施工实践的具体运用,进一步开展研究,提出了爆破岩体分类、爆破结构面分级、爆破工程地质勘察、岩体控制爆破设计等理论

与方法,从而形成了系统的爆破理论与方法体系,命名为“爆破工程地质学”。

该书在大量爆破试验研究和生产实践所产生的重要科学技术成果的基础上撰写而成,不仅具有理论创新价值,而且在国民经济建设中也具有重要的实践意义。这是对爆破理论与技术及工程地质学与岩体工程地质力学理论的重要贡献。该书的出版,将推动我国岩体工程爆破事业的进一步发展。

中国工程院院士

王恩敬

2004年9月

前 言

爆破在国民经济建设中的地位日趋重要,特别是我国为多山的国家,目前在国家基本建设中的土石方施工总量已达近千亿立方米。爆破理论和技术的发展将直接关系到国家的基本建设。然而,当今国内外的爆破理论大都是建立在均匀、连续介质力学基础上的,实际上爆破岩体介质多为不连续体,爆破作用机制和效果受岩体中发育的节理、断裂、层面等构成的结构面控制,爆破过程中的力学问题实际上是不连续介质力学问题。这种不连续介质问题简单地用连续介质理论来处理,显然是不符合实际的。针对这样的问题,著者自 20 世纪 60 年代中期就系统地开展了爆破工程的地质研究,首先于 1973 年起,著者与王鸿渠教授共同进行系统的微地形边界条件的爆破理论研究,于 1980 年联合出版了《爆破工程地质》,此后著者专门开展了“爆破岩体结构效应”、“爆破裂隙的形成机制与发育规律”、“爆破边坡稳定性”、“爆破岩体分类”、“爆破结构面分级”、爆破工程地质灾害与防治、“爆破工程地质勘察”、“岩体控制爆破设计”等一系列岩体爆破基础理论与应用研究,把爆破工程地质研究提高到爆破岩体工程地质力学研究的高度,提出了爆破岩体结构控制论的基本观点,即提出了岩体结构有效地控制着爆破作用机制和效果,形成了岩体控制爆破的一系列基础理论,开创了爆破岩体工程地质力学这一新兴学科领域,并将这些理论应用于爆破生产实践,取得了重大的经济效益、社会效益和环境效益。

爆破工程地质学的核心或理论基础,是爆破岩体工程地质力学原理,即炸药能量与岩体介质的相互作用原理。炸药能量与岩体介质的相互作用及其效果取决于炸药能量特征和岩体介质特征。炸药能量特征,包括炸药种类和性质、药包的结构形式、药包组合方案、药包埋置位置、装药量、药包起爆方式等,这是爆破设计解决的课题。岩体介质特征,包括岩体的地表形态特征、岩体的物质组成特征、岩体的内部结构特征等,这是爆破工程地质学研究的课题。同时,为了认识和研究岩体介质特征,需要具备相应的爆破工程地质学基础,并运用爆破岩体工程地质力学原理进行爆破工程地质勘察,为爆破设计提供可靠的岩体介质特征的科学依据。最后,运用爆破工程地质力学原理,针对不同的岩体介质来作相应的炸药能量特征的配置,这即是爆破设计。凡符合这种要求的,能够使炸药能量与岩体介质特征合理配置,并能够控制其相互作用规律和效果的爆破设计,称为岩体工程地质控制爆破设计,简称岩体控制爆破设计。所以,爆破工程地质学,包括爆破工程地质学的地质基础、爆破岩体工程地质特征、爆破岩体工程地质力学原理、爆破工程地质勘察、岩体控制爆破设计等组成部分。这样,从理论到应用,就形成了相互紧密结合的学科结构体系。

爆破的实质,是炸药能量与岩体介质的相互作用。爆破岩体工程地质力学原理所揭示的炸药能量与岩体介质之间的相互作用原理,是普遍规律,无论爆破的类型如何,炸药用量的多与少,其本质都是炸药能量与岩体介质的相互作用并做功,都服从爆破岩体工程地质力学原理。因此,爆破工程地质学,是各种岩体工程爆破的基本理论和工具。著者经过数十年的研究,出版本书,以期我国的爆破事业和国民经济的建设做出应有的贡献。

参加过本项研究的人员有王鸿渠、金淑湘、田墨林、陈福盛、刘运通、高贵田、冯骅、宋群、徐贺文、李枢和、吕江、赵忠林、魏茂光、廖振环、何耀福、郑志强、张荣达、张新、李之闻、冯翊、王小丰、曹春林、许革非、刘卓、承华、王莉、赵英华、何忠长、刘秀宽等。在本项目数十年研究过程中,多次做过重要指导的有中国地质大学张咸恭教授,原中国科学院地质研究所谷德振学部委员、王思敬院士、孙广忠教授,原中国科学院武汉岩体土力学研究所朱瑞赓教授;对本项目研究做过重大支持的有原北京市公路局胡东明、皋学柄、曹家庄、冯焕生等领导,借此向他们致谢。

著 者

2004年7月

目 录

总序

序

前言

绪论	1
0.1 爆破工程地质学的由来和形成	1
0.2 爆破工程地质学的本质和内涵	3
0.3 爆破工程地质学的研究对象、目的、任务和内容	6
0.4 爆破工程地质学的展望及其与其他学科的关系	6

第一篇 地质学基础

第一章 矿物和岩石及其肉眼鉴定	11
1.1 矿物及其肉眼鉴定	12
1.2 岩浆岩及其肉眼鉴定	22
1.3 沉积岩及其肉眼鉴定	33
1.4 变质岩及其肉眼鉴定	40
第二章 地质作用与地质年代	48
2.1 地质作用与地质时代概念	48
2.2 构造运动	52
2.3 风化作用	53
2.4 地下水及岩溶	59
2.5 斜坡岩体的物理地质作用	70
第三章 地质结构	77
3.1 层状结构及其接触关系	77
3.2 褶皱构造	88
3.3 断裂构造	90
3.4 原生结构	95
3.5 次生结构	101

第二篇 爆破岩体的工程地质特征

第四章 爆破岩体的物质组成特征	107
4.1 沉积岩建造	107
4.2 岩浆岩建造	108

4.3	变质岩建造	115
第五章	爆破岩体的内部结构特征	117
5.1	岩体的成层性	117
5.2	岩体的破裂性	120
5.3	岩体的岩石组合特征及岩组划分	123
第六章	爆破岩体的微地形特征	125
6.1	微地形特征的分类及其地质特征	125
6.2	垭口类型及其地质特征	129
6.3	微小型凹槽地貌及其地质特征	132
第七章	岩石物理力学特性	134
7.1	岩石的物理性质	134
7.2	岩石的力学性质	136
7.3	岩石强度理论	139
7.4	岩石的动力特性	144
第八章	岩体结构特征	164
8.1	岩体结构面	164
8.2	岩体结构体	173
8.3	岩体结构类型	175
8.4	岩体结构分析	177
第九章	爆破工程地质条件及爆破工程地质问题	197
9.1	爆破工程地质条件	199
9.2	爆破工程地质问题	206

第三篇 爆破岩体工程地质力学原理

第十章	岩体爆破作用基本原理	217
10.1	岩体爆破机理的几种观点	217
10.2	岩体的爆破作用	219
10.3	利文斯顿爆破漏斗理论	222
10.4	影响爆破作用的主要因素	224
第十一章	微地形边界条件下的爆破作用原理和效果	229
11.1	水平地形边界条件下的爆破作用原理	230
11.2	倾斜地形边界条件下的爆破作用原理	232
11.3	多面临空(凸型)地形边界条件下的爆破作用原理	237
11.4	凹陷垭口地形边界条件下的爆破作用原理	241
11.5	各种微地形边界条件下爆破漏斗体积公式	244
11.6	各种微地形边界条件下药量计算公式	245

第十二章	爆破岩体结构效应研究	250
12.1	十三陵爆破岩体结构效应的研究.....	250
12.2	其他爆破结构面效应实例.....	255
第十三章	爆破岩体结构控制原理	261
13.1	岩体结构对爆破能量传播和运动规律的控制.....	261
13.2	岩体结构面对爆破岩体变形和破坏机制的控制.....	264
13.3	结构面对爆破漏斗及爆破岩块形状和大小控制.....	264
13.4	结构面控制着爆破裂隙的形成机制和发育规律.....	267
13.5	结构面控制着爆破岩体的稳定性、渗漏以及其他各种爆破灾害性 事故.....	268
第十四章	爆破裂隙形成机制与发育规律的研究	272
14.1	爆破裂隙的形成机制.....	272
14.2	爆破裂隙的发育规律.....	275
14.3	避免爆破裂隙对工程建筑不利影响的途径.....	279
第十五章	爆破岩体边坡稳定性的研究	280
15.1	公路边坡稳定性现场调查研究.....	280
15.2	爆破岩体边坡稳定性评价.....	281
第十六章	爆破岩体分类	288
16.1	爆破岩体分类的目的和依据.....	288
16.2	爆破岩体分类.....	289

第四篇 爆破工程地质勘察与设计

第十七章	爆破工程地质勘察	297
17.1	爆破工程地质勘察的目的、任务、内容和方法.....	297
17.2	爆破工程地质评价.....	303
17.3	编写爆破工程地质勘察报告.....	307
第十八章	岩体控制爆破设计	310
18.1	岩体控制爆破设计程序.....	311
18.2	岩体控制爆破药包布置.....	311
18.3	岩体控制爆破的药量计算.....	327
18.4	岩体结构对小药量爆破的影响.....	331
18.5	岩体控制爆破设计实例.....	334
参考文献		350

绪 论

经济和生产力的发展,严格地受科学技术发展水平的控制。科学技术的发展水平及速度,严格地受其基础理论的发展状况的控制。哪个领域的基础理论研究好一些,哪个领域的科学技术就高一些,该领域的生产力的发展就快一些。我国提出科教兴国方针,其道理就在这里,这是具有战略意义的。

当前,我国的基本建设以空前的规模发展,这就要求为其服务的科学技术应该提前获得相应的发展。爆破,是国家基本建设中一项重要的工程技术手段,然而,爆破理论和爆破技术的发展状况,是不能满足我国国民经济建设发展要求的。满足现状或看不到这一问题的严重性,将会严重影响到国民经济建设的进一步发展。因此,研究和发​​展爆破理论和技术,是当前爆破界人士的使命。笔者就是根据这种形势的紧迫要求和我国爆破工程发展现状,经过数十年的研究和实践,创建了爆破工程地质学理论体系及其应用技术,以满足当前爆破工程和国家国民经济建设的实际需要。

任何一门学科的建立,都有着它的产生背景、发展阶段、应用领域和范围,都有着它的研究目的、任务、对象和内容,从而决定了它的理论体系和解决问题的基本方法。爆破工程地质学也不例外,完全符合这一规律和要求。

0.1 爆破工程地质学的由来和形成

爆破工程地质学,是人类生产过程中形成和发展起来的,是社会生产力发展到一定历史阶段、现代国民经济基本建设发展的产物。

火药是我国古代四大发明之一,最早火药只是为军事服务,作为战争中消灭敌人的一种武器。直到17世纪欧洲资本主义产业革命后,生产力和社会经济得到了长足发展,黑火药被用做开采矿石,这是爆破技术开始萌芽,人们开始利用炸药能量与地质矿体进行斗争,以获得开采矿石的最大效率。

19世纪中期,由于西方化学工业的发展,1868~1875年瑞典科学家诺贝尔,先后发明了硝化甘油炸药、雷管和硝化棉炸药,此后又出现了许多新品种炸药,这些有力推动了爆破技术向各个基本建设领域广泛发展。20世纪初期,英、美等国家的经济发展迅速,基本建设规模也相应扩大,一次装药量达到几十吨或几百吨的大药量药室爆破已在矿山、铁路、公路等工程建设中广泛应用。20世纪30年代,苏联开始执行第一、第二个五年计划,矿山、水利水电、铁路等大规模国民经济建设项目广泛开展,促使装药量达到数百吨甚至一千吨以上的药室大爆破普遍应用,这也有力

推动着爆破理论的发展。

我国建国以来,工程爆破在铁路、交通、水利水电、矿山以及其他国民经济建设部门中得到了广泛应用,有力推动了国家基本建设事业的发展。特别是我国实行改革开放以来,国民经济蓬勃发展,工程爆破在国家各个建设领域中发挥着巨大作用。矿山露天大爆破、公路石方控制爆破、水库定向筑坝大爆破、建筑场地平整松动大爆破、海港抛掷填海大爆破等,其规模达到数千吨甚至一万吨以上,其爆破技术难度也是空前的。这些爆破工程实践为我国爆破理论和技术的发展提供了基础。首先于1978年我国召开了首届全国土岩爆破经验交流会,并出版了有关土岩爆破方面的论文集。1980年,冯叔瑜、马乃耀出版了《爆破工程》专著。就在这部著作中,专门列章研究爆破工程地质问题,论述了地形条件与爆破作用的关系、地质条件对爆破作用的影响、爆破作用所引起的工程地质问题,以及爆破工程地质勘察工作等。另外,在国内外的爆破药量计算公式中,多数都引入了地形、地质修正系数。上述都说明在当时国内外爆破界已开始认识到地形、地质条件对爆破作用的影响,以及在爆破过程中引起的不良的爆破地质灾害,并已开始研究和解决这个问题。

20世纪60年代,也是我国山区公路大发展时期。开山放炮、筑路修道,成为了当时我国公路建设蓬勃发展的历史创举。这一方面有力推动了公路爆破事业的发展,另一方面,公路工程中的爆破灾害性事故,也随着爆破工程数量的增多而增加,并随着爆破炸药量的增大而更加严重。许多公路建成了,路堑边坡失稳,灾害不断,造成公路运营、养护中的难题。因此,在全国公路界产生了爆破后患无穷论,以致至今国内外高速公路施工规程中,仍明确规定禁止使用大爆破施工。这充分说明,国内外爆破地质灾害是一个普遍存在的问题,于是在爆破界也有人认为,大爆破技术已没有什么发展前途了。所以我国自改革开放以来,大量引进和发展深孔凿岩设备,深孔爆破技术目前已在国内各个基本建设领域中普遍推广应用。爆破工程的机械化,是工程爆破发展的一个方向,减少一次起爆用药量,确实也是减少爆破对岩体破坏作用的一种有效途径。但是,对于那些大量石方集中地段,无论从经济上,还是从施工效率上,硐室爆破最为优越。同时,也必须看到目前的预裂爆破不能有效预裂,光面爆破达不到光面效果,深孔爆破照样产生冲炮、欠爆、超爆或飞石等灾害性事故。为什么仍然产生这些现象呢?著者认为,从根本上讲都与地质条件有关,一方面是由于爆破工程地质勘察工作的深度不够、质量不高,另一方面是由于爆破设计与施工对爆破工程地质勘察资料认识不足,爆破设计方案及施工措施与地质条件不符或针对性不强。而最根本的原因是在爆破理论上仍存在不足,没有深入研究和揭示爆破能量与岩体介质相互作用及其效果的客观规律。因此,要从根本上解决这些问题,必须系统开展爆破工程地质研究,创建和发展爆破工程地质学的理论体系。

著者自1964年开始参与公路爆破生产实践,不断发现了上述存在的问题,特别是自1973年以来,王鸿渠教授与著者联合开展地形、地质边界条件下爆破作用

原理及效果的研究,1980年我们联合出版了《爆破工程地质》专著。在这本著作中,著者已明确提出了爆破工程地质条件的概念,并指出在爆破过程中,必须一方面要考虑到爆破工程地质条件对爆破作用的影响;另一方面,也要考虑到爆破作用对爆破区域地质环境所带来的深远影响;同时还指出,随着爆破技术的发展和运用,全面研究爆破工程地质条件与爆破能量的相互作用,显得越来越重要,这就为形成和发展爆破工程地质学这一新兴学科指出了明确的方向。

首先,我们认识到爆破的实质,是炸药能量与爆破介质的相互作用。因此,爆破效果取决于爆破能量特征和爆破介质特征及其相互作用。爆破能量特征是爆破工程学所研究的课题;而爆破介质特征,即爆破工程地质条件特征,以及爆破能量与爆破介质的相互作用特征是爆破工程地质学所要研究的问题。

其次,我们认识到在爆破介质中,地形特征和岩体结构特征是对爆破作用和效果产生影响的最普遍、最关键的因素。因此,我们专门进行了地形边界条件下爆破作用原理和效果,以及爆破岩体结构效应的研究。

于是,我们首先做了有机玻璃箱及地面堆砂的各种地形边界条件的爆破模拟试验,并通过高速摄影、烟火发光块、间断曝光、混凝土埋块等测试手段,精确测量和记录了不同地形边界条件下的爆破作用机制和效果的规律。同时,我们也用普通的电影摄影、高速摄影以及各种观测标志等进行现场爆破观测试验研究,以探讨岩体结构对爆破作用机制和效果的影响,即爆破岩体结构面效应的研究。

这两类试验研究,都以动态画面真实地反映了不同地形及地质边界条件下的爆破作用机制和效果,深刻揭示了土岩爆破理论中的关键问题。在此基础上,王鸿渠教授又对不同地形边界条件下所形成的爆破漏斗图形进行了分析整理,并获得不同地形边界条件下的药量计算公式;陈建平又分别对爆破岩体结构效应、爆破裂隙的形成机制与发育规律、爆破边坡稳定性、爆破岩体分类爆破结构面分级、爆破工程地质灾害与防治、爆破工程地质勘察、岩体控制爆破设计等基本问题进行了专题研究。这两大方面的研究成果,从本质上健全了爆破工程地质理论基础,同时又将这些理论运用于爆破工程实践,获得了重大成功,不仅大大节省了炸药,降低了工程造价,而且确保了爆破效果。这样可以认为,爆破工程地质学的理论体系已经确立,爆破工程地质学已成为专门为土岩爆破工程服务的一门新兴应用学科。

0.2 爆破工程地质学的本质和内涵

爆破,这一词的本质概念就是爆炸,它是某一物质系统在有限空间和极短时间内,大量能量迅速释放或急剧转化的物理、化学过程。通常人们常讲的爆破,是指土体和岩体介质中的爆破,也称土岩爆破。土岩爆破一般是用来作为开挖土岩体为目的的工程手段,因此常把土岩爆破的全部过程,包括爆破设计、爆破施工,以及爆破所获得的工程效果,统称为爆破工程。爆破的实质,是炸药能量与土岩介质的相互

作用,并作功。因此,爆破的效果,取决于炸药能量特征、土岩介质特征以及相互作用特征这三大要素。

炸药能量特征,包括炸药种类和性质、爆破方法、药包结构形式、药包组合方式、药包埋置位置和深度、药量、药包起爆方式等。这些是爆破设计中根据介质特征,依据炸药能量与介质的作用原理,通过爆破设计、施工,达到爆破效果和目的。这种爆破设计、爆破施工、爆破效果和爆破目的的统一和组合体系,称为爆破工程。研究爆破工程的科学,称为爆破工程学。

爆破能量,是炸药爆炸后形成的冲击波能量和高温高压气体鼓包膨胀能量。炸药爆炸后,爆炸冲击波在介质中传播,爆炸鼓包在介质中运动,这种传播和运动的范围随药量而变。作为土岩爆破,其最小用药量的浅孔爆破如以公斤计,其作用和影响范围可达数百立方米至数千立方米;而以吨级药量计的大药量爆破作用和影响范围可达数千立方米至数百万立方米。如此尺寸的爆破介质,绝不是细小的土粒或岩石块体,而是具有一定规模的土岩体。工程中大部分人仍把这种爆破介质称为土或岩石,这种概念上的错误,往往造成了观念上的错误,因而歪曲了爆破介质的本质,应严格将土岩爆破介质称为土体或岩体,更多的是岩体,故可称为爆破岩体。

爆破岩体是地质体,属于地质历史产物,是在不同的地质作用过程中形成的,其后又经历了不同的、复杂的地质作用和改造,才形成现今状态的岩体。它具有不同的地表形态、物质组成和内部结构。岩体的物质组成,除主要为固体的岩石外,还有存在于岩体的各种空隙中的气体和液体(主要为地下水)。岩体的内部结构是指由成岩作用、构造作用、风化作用、卸荷作用等地质作用所形成的各种地质界面,也称结构面。这些结构面把岩体切割破碎,使岩体具有非均匀性、各向异性、不连续性等特点。不同结构面及其组合把岩体切割和包围的大小不一、形状各异的岩石块体,称为结构体。岩体就是由结构面和结构体组合而成的,故从岩体的内部结构特征来讲,称结构面和结构体的组合特征为岩体结构特征。另外,在一定地质条件和一定地质作用下,还形成岩溶、崩塌、滑坡等自然物理地质现象。

综上所述,作为爆破介质的岩体特征包括:地形地貌、岩体结构(即岩石和地质结构)、地下水、自然物理地质现象等。其中地形地貌和岩体结构会对爆破作用机制和效果产生控制作用,而且这也是组成爆破介质的最基本的元素,而地下水和自然物理地质现象不是普遍存在的,许多爆破工程中经常遇不到这些条件,这时就不需要考虑这些因素对爆破的影响。

岩体,既是爆破介质,也是爆破对象和环境,是爆破的基本物质条件,故也将地形地貌、岩体结构、地下水和自然物理地质现象等爆破介质的物质特征要素,称为爆破工程地质条件。

炸药能量与岩体介质的相互作用,称为岩体爆破作用,故炸药能量与岩体介质的相互作用特征,称为岩体爆破作用特征。由于岩体介质与一般理想介质有着本质的区别。一是岩体具有不同的地表形态;二是岩体具有复杂的内部结构,这些都使

介质中的爆破物理过程、爆破现象、爆破作用机制和效果等基本爆破作用原理与理想介质中的爆破作用原理有着本质的差别。另外,爆破是为土岩开挖工程服务的,它有着明确的工程目的和严格的工程质量要求,如爆破后的岩体必须稳定,爆破后不能产生岩体渗漏等。

这样,炸药能量与岩体介质相互作用特征包括:不同地形边界条件下的爆破物理过程、爆破现象、爆破作用机制和效果、爆破岩体结构面效应、爆破岩体的变形破坏规律(即爆破裂隙的形成机制和发育规律)、爆破岩体的稳定性和渗漏问题,以及爆破岩体结构分类等。这些,全面系统地反映了岩体爆破的基本原理和特征,亦就形成了岩体爆破的基本理论体系。由于炸药能量对岩体介质而言,是一种瞬间的动载作用,炸药能量与岩体介质的相互作用,属于岩体动力学课题,因此我们把上述岩体爆破的基本原理和特征称为爆破岩体工程地质力学基本原理,这就确立了爆破岩体工程地质力学基本理论体系。由此可知,爆破岩体工程地质力学基本理论体系,既是爆炸力学的延伸和发展,又是爆破工程学和岩体力学的完善和发展,也是工程地质学的创新和发展。因此,爆破岩体工程地质力学本身,是爆炸力学、爆破工程学、岩体力学、工程地质学相互交叉、渗透和有机结合的产物,是这些学科的观念、思维和方法相互融会贯通的产物。爆破岩体工程地质力学是专门研究炸药能量与岩体介质相互作用的科学。

显然,爆破岩体工程地质力学,是爆破工程地质学的理论核心,它是一门应用理论科学体系。它的具体应用,一方面还必须让人们明确并掌握爆破岩体的工程地质特性,从而深入了解和掌握炸药能量与岩体介质的相互作用,并灵活应用爆破岩体工程地质力学原理,合理开展爆破设计和施工工作;另一方面,必须应用爆破工程地质勘察手段,详细调查实际爆破岩体的工程地质特征(条件),应用爆破岩体工程地质力学理论作指导,对这些爆破工程地质条件作出分析和评价,以合理利用爆破工程地质条件,并预测不利的爆破工程地质条件在爆破过程中和爆破后可能产生的地质问题(即爆破灾害),从而提出合理的爆破设计方案和爆破灾害防治措施,以既实现最优爆破效果,又确保最佳爆破质量和安全的目的。所以,爆破岩体工程地质特征、爆破岩体工程地质力学原理,以及爆破工程地质勘察三者之间是互相密切联系、不可分割的有机体系,它们组成了专门为爆破工程服务的应用理论和技术的学科体系,称为爆破工程地质学。

由此可知,爆破工程地质学,是一门专门的地质学,它一方面运用爆破工程学的观念来研究地质环境对炸药能量的作用条件;另一方面,也用岩体力学和工程地质学的观点来研究炸药能量对地质环境的反馈机制与作用效果。它源于工程地质学,在理论和方法上具有工程地质学的继承性,但它是科学观念、思维、方法经历了深刻变革和创新的产物,它的研究对象、目的、任务和内容已向特定范畴发生了变革,已成为专门为爆破设计、施工和管理服务的一门新兴应用工程地质学,它是工程地质学的分支学科,也是爆破工程学的重要组成。