

定向断裂 控制爆破

张志呈 编著

重庆出版社

定向断裂 控制爆破

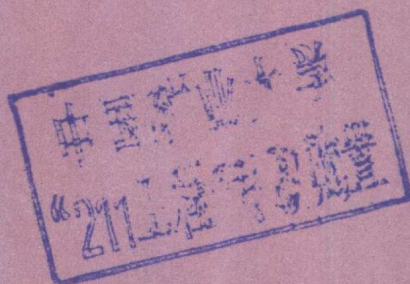
徐永贵 主编

中国矿业大学

TB41
Z-974

定向断裂 控制爆破

张志呈 编著



C00921386

BB080/140
重庆出版社

图书在版编目(CIP)数据

定向断裂控制爆破/张志呈编著. —重庆:重庆出版社,
2000.5

ISBN 7-5366-4930-4

I. 定... II. 张... III. 凿岩爆破:超爆控制爆破
IV. TD235.37

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 27626 号

责任编辑 刘 翼
封面设计 吴庆渝
技术设计 刘黎东

张志呈 编著
定向断裂控制爆破

重庆出版社出版、发行(重庆长江二路 205 号)
新华书店经销 四川外语学院印刷厂印刷

*

开本 850×1168 1/32 印张 20.375 插页 4 字数 497 千

2000 年 5 月第一版 2000 年 5 月第一版第一次印刷

印数: 1—1 500

*

ISBN 7-5366-4930-4/T·2

定价: 35.00 元

内 容 简 介

本书运用爆炸力学理论系统论述了不同装药条件下炸药的爆轰压力,根据炸药爆轰原理全面阐述了岩石炮孔内爆炸能的转化特点和应力波破岩机理,完善和充实了岩石定向断裂成缝理论,分析论述了岩石在动载荷作用下裂缝启动、扩展、分岔、止裂的过程和规律,系统的叙述了定向断裂控制爆破技术的特点、应用范围、设计及计算原理和工艺技术关键,系统总结了切槽爆破、切缝药包爆破、聚能药包爆破、光面爆破、预裂爆破等试验研究结果和工程应用实例和计算机实用程序。本书可供从事岩体爆破、石油开采、废旧船体及钢件拆除工作的研究人员和工程技术人员使用,也可供矿业、建筑等类大专院校的教师和学生参考。

序 言

采掘工业是国民经济的基础,而爆破则是采掘作业中重要工艺和破碎岩石的主要手段。随着我国国民经济的快速发展,在爆破领域,不断出现新的课题,新理论、新方法、新手段、新工艺随之应运而生。近几年来,在工程爆破方面的著作和文献出版不少,但像张志呈教授这样以岩石断裂力学理论为基础,结合其本人40余年的工程实践、教学、科研经验系统总结动态、静态应力破岩的作用机理和岩石定向断裂控制爆破技术,在国内尚属首次。

《定向断裂控制爆破》一书共有4篇18章,书中内容既有理论分析研究、爆破试验结果,又有生产应用实例,对设计方法,参数选择、炮孔布置、装药、堵塞、效果评定等都作了详尽论述。该书表现以下几个特点:(1)运用爆炸力学理论系统论述了不同装药条件下炸药的爆轰压力;(2)根据炸药爆轰原理全面阐述了岩石炮孔内爆炸能的转化特点和应力波破岩机理,完善和充实了岩石定向断裂成缝理论;(3)深入分析和详细论述了岩石在动载荷作用下裂缝启动、扩展、分岔、止裂的过程和规律;(4)较全面地总结了计算机在工程爆破中的应用,并较详尽地介绍了对爆破引起的岩石损伤的测试方法和手段;(5)系统地论述了岩石定向断裂控制爆破的各种实用技术,如切槽爆破、切缝药包爆破、聚能药包爆破等,并附有工程应用实例。

作者博采众家之长,结合自身的实践经验,系统地从事爆炸作用的基本机理与岩石断裂的特性等方面作了深入的论述,内容丰富、全面、系统、有理论、有实际,是一本理论与实践、教学和科研与实

用相结合的好书,相信本书的出版发行将有助于深化爆破理论,发展爆破技术,创新爆破方法,指导爆破工程实践等,从而使爆破领域的所有同仁受益。

中国工程院院士 冯叔瑜
铁道科学研究院教授

1997年8月7日于北京

前 言

采掘工业是国民经济的基础,爆破则是采掘作业中重要的工艺环节和破碎岩石的主要手段,并且在今后相当长的一段时期内,仍将占据绝对主导地位。为了安全、经济有效地进行各种岩体开挖工作,必须重视爆破技术的开发研究和总结提高,必须深入探索爆破基础理论,提高理论水平,促进爆破水平和技术的提高,使爆破行业持续发展,长盛不衰。

岩石爆破历来都被认为仅仅是利用炸药能量来破碎岩石的一种技术,很少有人比较深入地去研究它的原理或理论问题,直至50年代初期人们才逐渐认识到它不仅是一种技术,也是与物理学、化学以及力学紧密联系着的一门比较复杂的边缘科学,也就是在这段时间,W.J.Duvall等提出岩石爆破的反射波理论后,人们才开始比较科学地从微观上揭示在爆炸冲击载荷作用下岩石破碎的机理。并逐渐出现了许多爆破理论。例如冲击波的传播和衰减、径向环向裂纹的形成、反射波产生片落作用、爆生气体的气楔作用,以及爆破漏斗的形成和特性等,但是还需要继续完善和深入研究。

岩体爆裂的实质是岩石微裂纹的起裂、扩展、破裂所致。因此,岩石断裂力学是研究岩石爆破的理论基础。所要研究的是岩石在爆炸产生的强冲击载荷作用下造成的应变波的传播及其对介质的变形或破坏效应。即岩体中爆炸产生的应力波系、应力波与裂纹的相互作用应力波的传播及自由面效应等。

当然炸药爆炸产生爆轰气体,从而转换为岩体的破裂动能源。因而“爆炸力学”或“爆轰理论”也是爆破基础理论的研究内容之一。因为爆炸产生的冲击波是应力波的波源或应力波的先驱。而

爆轰波是决定围岩破碎的一个重要因素。爆炸力学是以热流体动力学与热化学的理论体系为基础的学科,对它的研究是以有效的利用炸药爆轰能为目的。

因此,“爆炸力学”或“爆轰理论”与岩石断裂力学相结合的研究方法能得到更准确的合乎客观实际的爆破机理。这样传统的爆破理论将日益让位于先进的、更科学的爆破理论。

当今的采掘工程从技术效果的要求,一般可分为二种情况:一种是将岩石破碎成适应装运要求的块度;第二种是爆破后围岩或岩体破裂面无明显爆破损伤,矿岩基本完好;或符合岩石爆破成型的要求。它的技术方法包括:切槽爆破、聚能药包爆破、切缝药包爆破、光面爆破、预裂爆破等。这些技术的爆破作用过程相似,都具有定向断裂爆破岩石的作用和用于相同工程项目的目的,这些技术的理论基础是岩石断裂力学,它与建立在爆破漏斗为基础理论的普通爆破,无论其目的、作用机制、装药结构、起爆方式,还是从炸药品种上都不相同,成为爆破领域的一个分支——故称《定向断裂控制爆破》。

国内外许多研究都对其技术方法作过不同程度的理论探讨和试验研究,有的技术早在 60、70 年代已推广使用取得较好的效果,其中对有一部分技术方法,只说明了切割岩石的可能性和实用性,然而这些方法对爆轰气体形成裂缝的物理过程和力学效应等技术理论问题还缺乏系统的研究或总结,施工工艺也不够完善,难于在实践中广泛推广。

《定向断裂控制爆破》的技术特征:利用导向孔控制裂缝的生成和发展定向;在炮孔内壁沿轴向切槽;与炮孔装药段长度相等的轴向开槽专用硬壳药包;轴对称侧向聚能药包。目的抑制爆轰波和爆轰气体传播随机性,控制爆炸应力波沿预定方向破裂岩石。

本书的科学技术特色:从炸药爆炸的爆轰压力和爆炸应力波理论出发,论述了炸药爆炸对岩石的作用过程;以岩石断裂力学为

理论基础,发展和完善岩石定向断裂孔壁成槽原理;以爆炸应力波的传播规律;研究岩石破裂机理,总结出任何一种爆破控制方法的效果,都取决于应力波在岩体中传播时吸收能量的波场形式和传播规律,以动载荷作用下岩石起裂和扩缝机制与变形特性;运用爆炸力学理论系统论述了不同装药条件下的炸药爆轰压力;创新切槽工具和孔壁成槽原理,提高了岩石定向断裂的效果;采用电镜和声波探测评价爆破效果;充实和发展,切槽爆破、聚能药包爆破、切缝药包爆破、光面爆破、预裂爆破等的基本理论、技术原理和技术方法;建立岩石爆破断裂分级方法;较全面总结了计算机在工程爆破中的应用方法。

全书共分4编18章,第1编1~7章为定向断裂控制爆破理论基础;首先论述了岩石爆破断裂分级从不同装药条件论述了炸药的爆轰压力,综述有关的爆炸应力波基本特征和传播规律,系统的介绍了爆炸作用下的岩体变形特性,对爆破破岩机理、定向断裂控制爆破成缝理论作了较全面论述,对动载荷作用下岩石的起裂、扩展、分岔和止裂进行了深入的理论分析。第2编8~13章为定向断裂控制爆破方法:全面论述了岩石定向断裂孔壁成槽原理,分别对切槽爆破、聚能药包爆破、切缝药包爆破、光面爆破和预裂爆破等技术工艺作了系统分析。第3编定向断裂控制爆破辅助措施:主要是论述装药结构形式和要求,堵塞的作用、堵塞材料的选择、堵塞方法的效果测定等,采用电子计算机技术,对断裂力学模型进行解算、对爆破参数进行优化、对试验数据进行处理。第4编17~18章为定向断裂控制爆破评价:用声波仪和电镜等测试手段对岩体爆破围岩和崩落矿石(料石)震伤程度进行评价,论述了爆破地震原理,评价了爆破地震的安全标准和振动的频谱分析方法。

书中内容,均有理论分析研究、爆破试验结果、生产应用实例,对设计方法、参数选择、炮孔布置、装药、堵塞、效果评定等都作了详细论述。

目前国内外相同专业或相近专业还没有这样的专著和教材,即使涉及到部分内容也是少量的。因而该书的出版将有助于深化爆破理论,发展爆破技术,创新爆破方法,是一本理论与实际相结合的专业书。

本书是作者多年从事教学、科学研究,开展工程爆破项目实践的内容,并博采众家之长编著而成,以适应培养跨世纪人才的需要。它的出版,将拓宽学生和爆破专业人员的知识,有助于读者启迪智慧,从实践中发挥自身的技术才能,必将产生显著的社会效益。本书可作为采矿工程、矿井建设、水利水电建筑工程、交通工程、港口航道及治河工程、农田水利工程等专业的工种技术人员、大专院校师生和研究生参考书。

参加编写的有肖正学、郭学彬、林秀英、张渝疆、胡健、李春晓、贾智艳、卢国胜、苏华友、李端明、周家钰,其中第1章胡健,第8章张渝疆,第9章肖正学、郭学彬、卢国胜、苏华友,第10章林秀英、李端明、周家钰,第16章李春晓、贾智艳,第17章肖正学、郭学彬。

重庆大学李通林教授审校了本书全稿,中国工程院院士、中国工程爆破协会第一副理事长、铁科院冯叔瑜教授为本书作序。中国科学院院士、中国力学学会副理事长、中国物理学会副理事长、中国物理学会高压物理专业委员会主任委员、中国工程物理研究院科技委副主任经福谦研究员,中国工程院院士,中国矿业大学钱鸣高教授,中国工程院院士、中南工业大学古德生教授,国务院学位委员会(地、矿、石油)评议组召集人、国家人事部博士后管委会专家组成员、中国矿业大学陈至达教授,中国工程爆破协会副理事长、全国粉尘防爆标准化技术委员会副主任委员、北京科技大学兼职教授、国家级专家、冶金部安全研究院爆破与防火防爆研究所所长徐天瑞教授及高级工程师,国家教委科技委地勘、矿业、冶金学科组成员、国家科委矿业工程学科组成员、中国非金属矿学会副理事长、武汉工业大学科学技术协会副主席徐长佑教授,湖北省爆破

学会理事长、中国工程爆破协会理事、中国力学学会专业委员会委员、国际发展地球科学家协会委员、国家建材局科技委委员,全国非金属矿类教育指导委员会副主任、国家安全生产专家组成员、爆破专家、武汉工业大学博士生导师朱瑞庚教授,中国力学学会岩石破碎专业委员会党务理事、铁道部工程爆破专业委员会副主任、湖北省爆破协会副理事长、武汉工程爆破协会副理事长、武汉工程爆破研究所总工程师关志中教授级高级工程师,中国劳保学会防爆专业委员会委员、中国金属学会矿山通风安全委员会委员、中国人才研究会工程人才专业委员会委员、湖北省爆破学会理事、武汉工程爆破研究所副所长、冶金部爆破安全技术考核专家组成员、冶金部环保研究院普永发高级工程师等对本书内容给予了评价和推荐出版。中国工程爆破协会副理事长、中国力学学会常务理事、水利电科学院前院长霍永基教授,中国工程爆破协会副理事长、中国力学学会工程爆破专业委员会副主任、国家教材局科学技术委员会委员、中国建筑材料企业管理协会常务理事、中国建筑材料工业建筑总公司原总工程师史家育教授级高级工程师等对本书的编写提出了宝贵的意见和建议。在此一并表示衷心感谢。

此外台湾四川籍学友熊茂生先生、广东惠来冠龙实业有限公司经理方包先生、方韩先生、原《定向断裂控制爆破理论研究》课题组成员、有关领导为本书的出版给予了大力支持,在此深表谢意。

书中引用了凌伟明、陈益蔚、朱振海、郑泽岱、杨仁树、黄理兴、朱瑞庚、陶颂霖、张云鹏、郭培均、吴立、王平、张继春、王树仁、濮绍平、寇绍全、王文龙、林德余及其他专家的资料,在此向他们表示诚挚的感谢。

由于编写时间仓促、加之水平有限,书中的缺点和错误在所难免,敬请读者批评指正。

作 者

1997年8月9日

Synopsis

This book applies explosion dynamics to the systematic exposition of the detonation pressure of explosives on various conditions of charge. It, on the basis of the detonation principle, makes a thorough exposition of the characteristics of the transformation of the explosion energy in the blast hole, and an exposition of the mechanism of stress wave breaking rock as well, which consummates and substantiates the theory of directional fracture and crack-forming. This book analyzes and expounds the process and law of the initiating, expanding, forking and arresting of the crack when the dynamic load on the rock. It elaborates the characteristics, sphere of application, design and calculation principle and the key points of the technology about the technology of directional fracture controlled blasting. It sums up the results of such tests and research as v-shape blasting, joint-cutting cartridge bag blasting, accumulating cartridge bag blasting, smooth-surface blasting and pre-split blasting. Furthermore, it takes specific applications as instances and lists some practical computer programs.

This book is designed for those research workers and engineers who work on rock mass blasting, face stone exploitation, excavation, open-air side slope blasting, oil production and waste and old hull and steelwork dismantling. It can also be used for reference by teachers and students in mining or building institute.

Foreword

The excavating industry is the foundation of the national economy, in which blasting is the primary technology and main means to rupture rock. With the fast development of our national economy, many new problems, theories, methods and means, and technology emerge as the times require in the field of blasting. Many works and documents on engineering blasting came off the press recently, but this is the first time to publish a works like Prof. Zhang Zhi-cheng's. Professor Zhang combines the theory of rock fracture mechanism with his over 40-year's practice, teaching and research experience and makes a systematic summary of the action mechanism of rock fracture by dynamic and static stress and the technology of directional fracture controlled blasting.

Directional Fracture controlled Blasting consists of 4 sections and 18 chapters. It includes analysis of the theories, results of blasting tests and instances of application, in which the author expounds the methods design, the choice of parameters, the arrangement of blast hole, Change blockage and the evaluation of the effect, This book embodies several features as follows: (1) It applies explosion dynamics to the systematic exposition of the detonation pressure of explosives on various conditions of charge, (2) It, on the basis of the detonation principle, makes a thorough exposition of the characteristics of the transformation of the explosion energy in the blast hole, and an exposition of the mechanism of stress wave breaking rock as well, which consummates and substantiates the theory of directional fracture and crack forming, (3) This book analyzes and ex-

pounds the process and law of the initiating, expanding, forking and arresting of the crack when the dynamic load cuts on the rock. (4) It makes a comparatively thorough summary of the use of computer in engineering blasting and a detailed introduction of methods and means to test the damage of the rock caused by blasting. (5) This book elaborates all sorts of practical technique about directional fracture controlled blasting such as, v-shape blasting, joint-cutting cartridge bag blasting, accumulating cartridge bag blasting.

The author learned widely from others strong points. With his own practice experience, he makes a systematic and profound exposition of basis mechanism of blasting reaction and the characteristics of rock-rupturing. This book is abundant, comprehensive, systematic in contents. It combines practice with theory, teaching and research with application. The publication of this book, we are sure, will help further the blasting theories, develop the technique, innovate the methods and means and direct us in engineering blasting so as to benefit the field for many years to come.

The Academician of Chinese Academy of Engineering Sciences and
Professor of Research Institute of Railway Sciences

Feng Shu-yu

October 7th, 1997, Beijing

Preface

Excavating industry is the basis of national economy, while blasting is the important process in excavating and the main approach in rock breaking. Furthermore, it will play an absolutely leading role for a long time. In order to carry out the excavating of various rocks, We must emphasize the blasting techniques, study the basic theory of blasting and develop the blasting theory and techniques, thus the blasting industry can keep steady development.

Blasting was regarded as only a technique to break rock by using explosive. Seldom did people make a further study of its principle and theory. It was in the early 1950's that people began to realize that it was not only a technique but also a complicated boundary science. During this period, after W.J. Durall giving the theory of reflected wave, people began to study the theory of rock breaking. Gradually, there were many blasting theories, such as the spread and decrease of shock wave, etc.

The substance of rock cracking is the crack initiation, expansion and crack. So fracture mechanism is the basis of blasting theory. It studies the spread of stress wave and the deformation or damage to the rock medium under the effect of impact load. It also studies the stress wave system, the interaction between stress wave and crack, the spread of stress wave and the effect of free-surface.

The denotation vapor after explosion changes into the energy for rock cracking. So the explosion mechanics or detonation theory is one of the research parts of basic blasting theory. Because the shock wave after ex-

plosion is the resource or the precursor of stress wave, while detonation wave is a main factor in rock breaking. Explosion mechanics is based on the theory system of heat flow mechanics and thermochemistry. And it is aimed to study the effective usage of explosive.

So a more accurate and practical blasting theory can be found if we take the method of combining explosion mechanics and detonation theory. Naturally a more advanced and specific blasting theory will take place of the traditional one.

In accordance with technical effect requirements, extractive engineering nowadays can be divided into two cases. One is to make rocks break into pieces, which can be fit for the loading requirement. The other is that there is no obvious damage on the rock surface after explosion; that the mineral rock is not damaged on fit for the requirement of blasting forming. It's techniques includes v-shape blasting, accumulative cartridge bag blasting, joint-cutting blasting, smooth blasting, pre-splitting blasting etc. These techniques are very much alike in the process of blasting. They have the effect of directional fracture controlled blasting and the purpose of the same engineering project.

These techniques have a basic theory on rock fracture mechanics. Compared with the general blasting which is based on blasting cone, they defer from purpose, mechanism of action, the charge structure, initiating method and the kinds of explosive. So it becomes a branch of blasting field —— 'Directional Fracture Controlled Blasting'.

There are some theoretical studies and experimental studies about the techniques at home and abroad. Some techniques were popularized and applied in 1960's or 1970's. Some techniques only explained the possibility and practical applicability of cutting rock, and these techniques are lack of system research or summary in the physical process of the detona-