

建筑及采矿工程 实用爆破技术

〔瑞典〕斯蒂格·O·奥洛夫松 著

张志毅 史雅语 译

郑炳旭 王中黔 审校

煤炭工业出版社

建筑及采矿工程实用爆破技术

[瑞典]斯蒂格·O·奥洛夫松 著

张志毅 史雅语 译

郑炳旭 王中黔 审校

煤炭工业出版社

(京)新登字042号

内 容 提 要

这是一本关于建筑及采矿工程的实用爆破技术译著。主要内容有：爆破器材及起爆方法，台阶爆破，沟槽爆破，地下井巷爆破，周边爆破，谨慎爆破，水下爆破，特种爆破，爆破安全技术，爆破检测仪器及方法，爆破操作规范等。

本书内容丰富、实用性强、配套技术全面，可作为建筑、采矿、铁道、交通、水利、建材等部门从事爆破研究、教学和爆破设计专业人员的参考书，也可作为这些部门生产一线技术人员的实用爆破技术手册。

Stig·O·Olofsson

APPLIED EXPLOSIVES TECHNOLOGY FOR
CONSTRUCTION AND MINING 第1版

Nora Boktryckeri AB, S-640 43 ÄRLA, Sweden 1988年

建筑及采矿工程实用爆破技术

[瑞典]斯蒂格·O·奥洛夫松 著

张志毅 史雅语 译

郑炳旭 王中黔 审校

责任编辑：陈 昌

煤炭工业出版社 出版

(北京安定门外和平里北街21号)

煤炭工业出版社印刷厂 印刷

新华书店北京发行所 发行

开本787×1092mm^{1/32} 印张12^{1/2}

字数273千字 印数1—1,750

1992年9月第1版 1992年9月第1次印刷

ISBN 7-5020-0735-0/TD·679

书号 3502 G0230 定价 10.50元

译者序

这是一本1988年底在瑞典出版的爆破技术专著，作者是从事爆破研究和实践30余年的工程爆破专家斯蒂格·O·奥洛弗松先生。书中主要内容有：爆破器材和起爆方法；台阶爆破；沟槽爆破；地下开挖爆破；周边爆破；谨慎爆破（即复杂环境和条件下的爆破技术）；水下爆破；特种爆破；炮孔装药方法；爆破安全技术及相应的科学仪器。

与国内已出版发行的工程爆破译著相比，本书具有以下几个特点：

1. 实用性强。该书的理论基础是U·兰格福斯的岩石爆破理论，主要技术观点也源于由U·兰格福斯和B·基尔斯特略合著的《岩石爆破现代技术》一书，而本书仅用很少篇幅简述了爆破作用及炸药爆轰的物理过程，而将全书的重点和绝大部分篇幅放在对实际爆破方法的论述上。它将建筑和采矿工程爆破划分成若干类型，并针对不同的爆破条件、情况和要求给出了具体的解决方法和基本的爆破参数。这些方法和参数不仅符合公认的岩石爆破理论，而且经过世界各地多次成功爆破实践的检验，有的甚至直接来源于工程实践，所以，它们可完全地施用于实际爆破工作。另外，书中对爆破设计和施工程序、基本参数的确定进行了大量简化，给出许多实用的参数表格和曲线，同时，对实际爆破工程中可能出现的大部分问题及其处理方法作了深入讨论，这不仅使之更贴近工程实际，而且便于利用它解决实际爆破问题。

6.12.98/29

2. 内容广泛。本书在详细阐述了建筑和采矿工程中基本爆破方法（如台阶爆破，地下开挖爆破、周边、水下和沟槽爆破等）的基础上，进一步讨论了解决特殊问题的专门爆破方法，如谨慎爆破、特种爆破，而后者又包含了十几种专门的爆破手段，利用该书即可解决建筑和采矿工程中可能出现的绝大部分爆破问题。

3. 配套技术全面。书中全面地介绍了针对各种爆破方法的配套技术，如：爆破器材的现状及其使用方法；各类起爆、安全监测、作用特性观测的手段和仪器设备；大地震动、空气冲击波、水中冲击波以及飞石的形态和控制方法；爆破经济分析和实用操作规范等。完善的配套技术必将提高工程实践的可靠性和安全性，从而进一步提高了该书的实用价值。

4. 体现了国外爆破技术现状。因其出版时间不久，所介绍的许多内容都体现了国外建筑和采矿工程爆破技术的当今水平。这一点在起爆和装药设备、观测仪器方面显得尤为突出。它有助于使人们认清我国爆破技术与国外的差距，从而起到促进我国爆破技术进步的作用。

在译、校过程中，对发现的一些印刷错误已予更正；对其中一些差错作了译注。

该书第一章～第五章及引言、序言和专业术语由张志毅译，第六章～第十二章由史雅语译，全书由郑炳旭、王中黔审校。对于译文中的不妥之处，恳请读者指正。

译者

1992年6月

原 版 序 言

1980年，本人在马来西亚着手本书的编写，其目的旨在消除人们对岩石爆破及其工作者的某种神秘感。

在此之前，本人在三大洲的工作中一直使用瑞典岩石爆破技术，并致力于其科学性和适用性的探讨。实践表明，建立于1940~1950年瑞典卓越工作基础上的这一技术，在瑞典以外的地区和不同于瑞典的岩石条件下，同样可以获得令人满意的结果。

瑞典爆破技术能走在世界的前列，当归功于U·兰格福斯博士的科学研究。他的研究成果使爆破技术摆脱了凭人为经验、技巧和直觉的状态，走上了以技术科学为基础的道路，其开拓性的工作不仅实现了人为控制爆破作用效果的理想，还为爆破技术能在更大范围内安全经济地应用开创了先河。

毫不夸张地讲，U·兰格福斯博士对爆破技术发展的贡献完全可与阿尔弗雷德·诺贝尔取得的民用高能炸药研究成就相媲美。

本书中有关爆破技术的主要观点源于U·兰格福斯和B·基尔斯特略合著的《岩石爆破现代技术》一书，只是其中的计算公式被简化或代之以图表，进而更利于读者理解和接受。

另外，本书简化了台阶爆破、隧道爆破、水下爆破的计算方法和施工设计，其计算过程和步骤变得更为简单。

本书阐述了爆破施工中可能出现的大部分问题，因而，本人认为将其作为爆破设计和施工的参考和指导手册对读者是有裨益的。

斯蒂格·O·奥洛夫松

1988年10月

目 录

译者序

原版序言

绪 论..... 1

本书涉及的专业术语 4

第一章 爆破器材.....17

第一节 炸药17

第二节 起爆器材和起爆方法41

第三节 辅助装置71

第二章 爆破作用原理74

第三章 台阶爆破.....78

第一节 概述78

第二节 装药量计算82

第三节 低台阶爆破 119

第四节 二次爆破 125

第五节 台阶的开挖爆破 126

第六节 岩石破碎度 128

第七节 膨胀 143

第八节 抛掷和飞石 144

第九节 覆盖 150

第十节 爆破费用分析 153

第四章 沟槽爆破..... 158

第一节 一般概念 158

第二节 常规沟槽爆破 160

第三节 光面沟槽爆破 162

第四节	高效沟槽爆破	166
第五章	地下爆破	168
第一节	隧道掘进	168
第二节	立井开挖	206
第三节	地下硐库	221
第六章	周边爆破	226
第一节	综述	226
第二节	线性钻孔法	228
第三节	缓冲爆破	229
第四节	光面爆破	231
第五节	预裂爆破	237
第六节	组合爆破方法	241
第七节	周边爆破经济分析	242
第七章	炮孔装药	244
第一节	概述	244
第二节	制作起爆药包	246
第三节	装药方法	252
第八章	谨慎爆破	259
第一节	概述	259
第二节	大地震动	260
第三节	装药量计算	283
第四节	靠近初凝混凝土的爆破	306
第五节	飞石	308
第六节	空气冲击波	308
第九章	水下爆破	314
第一节	概述	314
第二节	钻孔和爆破方法	315
第三节	爆破震动和水冲击波	330
第十章	特种爆破	333

第一节	天然孤石爆破	333
第二节	沟槽爆破	336
第三节	石料开采爆破	337
第四节	线杆基坑爆破	338
第五节	树桩爆破	339
第六节	冻土爆破	341
第七节	冰的爆破	344
第八节	混凝土开口爆破	346
第九节	混凝土爆破	349
第十节	小孔爆破	350
第十一节	拆除爆破	360
第十一章	爆炸材料的销毁	362
第十二章	实用操作规范	365
第一节	爆破员和助理人员的资格证明及委任	365
第二节	炸药和起爆系统的选择	366
第三节	工地贮存仓库	367
第四节	爆破材料的机动车辆运输	368
第五节	爆破设计及一般安全知识	368
第六节	起爆药包准备	370
第七节	炮孔装药	371
第八节	起爆准备	372
第九节	起爆前后的警戒	374
第十节	盲炮处理	375
第十一节	环境条件	376
第十二节	地下爆破 (煤矿或隧道爆破)	379
第十三节	露天台阶爆破	380
第十四节	土木工程中的爆破	381
第十五节	拆除爆破	383
第十六节	水下爆破	384

第十七节	在热介质中的爆破	385
第十八节	黑火药的爆破	386
第十九节	冰和雪的爆破	387
第二十节	农业爆破	388

绪 论

17世纪初欧洲采矿业开始采用黑火药进行岩石爆破，使它取代了原始的放火燃烧而成为松动岩石的主要方法。在此之前，采矿作业一般是将木材堆架在矿体表面放火燃烧，待岩石加热后再用水喷洒，使其内部产生张力来达到破碎岩石的目的。显然，这种方法的生产速度很慢，矿山附近的森林也会被砍伐一空，代价巨大。另外，当矿山附近森林伐光之后，木材的运输也必将变成人们面对的严重问题。所以，使用黑火药爆破岩石的方法在采矿业得到迅速地推广应用。至17世纪末，欧洲大部分矿山都已采用该法松动岩石，到18世纪后，该法在建筑作业中也已得到广泛应用。当时，黑火药的起爆作业相当危险。1831年英国的威廉·伯克福特发明了“矿工用导火索”，使黑火药的起爆有了比较可靠和安全的手段。

为了探求破碎岩石作用更强的材料，人们耗费了大量精力研究新型炸药。1846年，意大利的阿斯卡尼奥·舍彼里奥发明硝化甘油，但当时他认为这种东西无论是生产还是使用都很危险，其使用效果也难以预测。但是，这一新发明却引起了瑞典的阿尔弗雷德·诺贝尔和其兄弟们的注意，他们全面检验了硝化甘油，发现使用它来爆破瑞典的坚硬花岗岩具有极好的效果，为此，阿尔弗雷德·诺贝尔于1864年建成他的第一家炸药公司——Nitroglycerin Aktiebolaget，用来生产硝化甘油。

作为炸药，硝化甘油的主要问题是 如何 确保其安全准爆。1867年，阿尔弗雷德·诺贝尔发明的雷汞起爆雷管，成功地解决了这一难题，当它与导火索配套使用时即组成一个完整的硝化甘油起爆系统。

硝化甘油很快就占领了世界市场，生产厂家遍及全球。然而，在生产或使用中经常发生灾难性爆炸事故，使人们体验到了它的危险性，所以，许多国家制订了使用硝化甘油的安全法规。

为了提高硝化甘油炸药使用的安全性，1866年阿尔弗雷德·诺贝尔发明了一种新炸药，它是将硅藻土掺入硝化甘油。与硝化甘油相比，这种炸药单位体积的重量和冲击敏感度都大大降低。若把这种硝化甘油与硅藻土的混合物揉成一定形状的药卷，包上纸皮，就得到我们所熟知的最早一代“代那买特”炸药，它的威力是黑火药的20倍。此后，代那买特炸药得到进一步改进。1875年，阿尔弗雷德·诺贝尔将硝化纤维溶入硝化甘油，生产出另一种可在土木工程中使用的烈性炸药——胶质炸药。

1920年，人们在代那买特炸药中加入硝化醇，致使该炸药的冰点大幅度下降。1964年，瑞典建立了一套新的代那买特炸药生产工艺，因在其中加入了二硝基甲苯，使得该炸药在生产和使用时更加安全，它就是商业上称之为代那麦克斯的安全炸药。

在代那买特炸药不断完善的同时，起爆新方法的研究也在加紧进行。20世纪初，电力起爆法问世。1922年延迟电雷管（具有1 s 延迟时间）首次实际使用。1940年微差电雷管（10~100ms）诞生，它的生产和使用开创了现代爆破技术发展的新纪元。70年代初，发明了新的非电起爆系统（如导

爆管) 并得到迅速地发展应用。

截至1955年, 美国与欧洲的爆破技术发展状况大致相同。

1955年, 罗伯特·W·阿克雷在美国煤炭展览会上首次提出关于艾克利麦特炸药的报告, 它是粒状硝酸铵和碳黑的一种混合物, 为防止使用中发潮, 须装在聚乙烯袋中。

在瑞典的约翰·诺尔宾和约翰·V·奥尔森获得含不同敏化剂铵基炸药专利权89年后的1956年, 铵油炸药(ANFO)在美国问世。之后, 铵油炸药迅速占领了美国的大部分市场, 从1956年到1975年其年消耗量已达100万t, 而同期代那买特炸药的年用量则从34万t下降到13.5万t。在欧洲, 铵油炸药没能取得如此大的成功, 直到1980年代那买特炸药还始终占据着优势地位。1985年, 瑞典硝基-诺贝尔(Nitro Nobel)公司研制出一种新型的抗水铵油炸药——艾克沃诺尔, 促使铵油炸药的应用范围进一步扩大。

20世纪60年代, 出现了水胶和浆状炸药, 70年代初, 发明了乳胶炸药——埃玛利特, 80年代, 一种新的铵油类炸药——埃玛兰问世。本书中将着重说明代那麦克斯、埃玛利特、埃玛兰和铵油炸药的使用, 其中后三种炸药的发展前景更为光明, 而代那麦克斯M型炸药也不会短期内退出历史舞台。

本书涉及的专业术语

支点 (Abutment): 隧道壁与拱顶交接处的断面位置。

支点高度 (Abutment Height): 隧道底板到支点的距离。

加速度 (Acceleration): 表示爆破震动量级的参数, 用 g 表示, $1g = 9.81\text{m/s}^2$ 。

进口隧道 (Access Tunnel): 由地表到地下工作区域的隧道。

平巷 (Aduit): 到采区的水平巷道。

进尺 (Advance): 一个爆破循环的隧道开挖长度。

空气冲击波 (Air blast, Air Overpressure): 由炸药爆轰引起的空气中的冲击波, 它可由岩石运动或爆生气体在空气中释放而产生。

铝粉 (Aluminum)*: 炸药或爆破剂中经常作为敏化剂的金属, 它还可增加炸药的发热值。

振动幅值 (Amplitude, Displacement): 爆破震动位移量, mm。

硝酸铵 [Ammonium Nitrate (AN)]: 应用最广的一种炸药或爆破剂中的氧化剂。

铵油炸药 (ANFO): 由硝酸铵和柴油混制的粉状炸药, 是一种应用最为广泛的爆破剂。

拱高 (Arch Height): 隧道支点到其拱顶最高点的垂直

* 铝粉英文Aluminite powder, 此处疑误用——译者。

高度。

轴线起爆 (Axial Priming): 使起爆药芯贯穿药柱来起爆爆破剂的系统。

后裂 (Back Break): 最后排炮孔限界之外的岩体破裂。

主起爆药 (Base Charge): 雷管中的主爆药。

台阶 (Bench): 水平岩体构成的开挖形式。

台阶爆破 (Bench Blasting): 至少具有两个自由面的台阶的爆破。

爆破 (Blast): 为了破碎岩石的炸药爆炸作用。

爆破区域 (Blast Area): 爆破作业地点的周围区域, 可以包括飞石和爆破震动影响的范围。

爆破工 (Blaster): 有资格从事爆破作业的工人。

炮孔 (Blasthole): 为放置炸药在岩体上钻凿的孔眼。

爆破剂 (Blasting Agent): 满足起爆感度规定标准的炸药。

雷管 (Blasting Cap, Detonator): 管内含有高感度炸药并用于起爆炸药的元件。

电力起爆网路 (Blasting Circuit): 用来点燃一个或多个电雷管的电力网路。

爆破日志 (Blasting Diary): 记录各次爆破情况且存放在作业地点的日志。

起爆器 (Blasting Machine, Exploder, Initiating Machine): 为起爆电雷管或其它起爆药包而特制的设备。

爆破防护帘 (Blasting Mat, Covering): 置于爆区之上阻挡飞石的覆盖物, 一般用废轮胎、圆木、绳索或线形链制做。

爆破方案 (Blasting Plan): 简要说明爆破作业钻孔、装

药、起爆和安全测量计划的技术方案。

大块二次破碎炮孔 (Blockhole): 为了放置一个小药包来爆破破碎大块而在其上钻取的炮孔。

中继药包 (Booster): 用来增进爆轰稳定性和加强炸药爆炸效果的高能(烈性)炸药包。

下台阶 (Bottom Bench): 上导坑开挖后待爆的下部台阶。

爆破大块 (Boulder): 来自爆破的超大岩块。

桥丝 (Bridge Wire): 电雷管引火头中的细金属丝。电流通过桥丝产生的热点燃引火头,进而由引火头起爆雷管。

猛度 (Brisance): 与爆轰速度(VOD)类似的炸药爆炸特性参数。具有高爆速的炸药其猛度也大。

气泡能 (Bubble Energy): 爆生气体膨胀的能量,可由水中试验测得。

散装炸药 (Bulk Explosive): 为使用而准备的无药包形状的散装爆炸材料。

炸药体积威力或强度 (Bulk Strength, Volume Strength): 给定体积炸药与同体积代那买特炸药相比的爆炸威力或强度。

大孔 (Bull Hole): 平行炮孔掏槽(属直眼掏槽类)中位于中心部位的大直径空孔。

抵抗线 (Burden): 炮孔中药包到最近自由面的距离。

线型掏槽 (Burn Cut): 炮孔具有小间距的平行炮孔掏槽,其中一个或几个炮孔为空孔。

残孔 (Butt, Socket): 爆后遗留的部分炮孔,其中可能存有残药,因而具有一定的危险性。

装有雷管的导火索 (Capped Fuse): 一发雷管已被联接