

宏大爆破技术丛书 HONGDA BAOPO JISHU CONGSHU

条形药包硐室爆破

郑炳旭 肖文雄 高荫桐 傅建秋 著



冶金工业出版社

<http://www.cnmp.com.cn>

宏大爆破技术丛书

条形药包硐室爆破

郑炳旭 肖文雄 著
高荫桐 傅建秋

北 京

冶金工业出版社

2009

图书在版编目 (CIP) 数据

条形药包硐室爆破/郑炳旭等著. —北京: 冶金工业出版社, 2009. 5

(宏大爆破技术丛书)

ISBN 978-7-5024-3392-5

I. 条… II. 郑… III. 硐室爆破 IV. TB41

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 067599 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 postmaster@cnmip.com.cn

责任编辑 程志宏 美术编辑 李 新 版式设计 葛新霞

责任校对 卿文春 责任印制 牛晓波

ISBN 978-7-5024-3392-5

北京百善印刷厂印刷; 冶金工业出版社发行; 各地新华书店经销

2009 年 5 月第 1 版, 2009 年 5 月第 1 次印刷

850mm × 1168mm 1/32; 16.875 印张; 448 千字; 522 页; 1-3000 册

50.00 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 (100711) 电话: (010)65289081

(本书如有印装质量问题, 本社发行部负责退换)

序

广东宏大爆破工程有限公司自1985年成立以来,在国内几十位爆破专家的扶持、指导下,先后完成了数千项爆破工程,其中有环境及条件十分复杂的城镇石方爆破及拆除爆破,有150m高烟囱的折叠定向爆破,有开采强度超过3万 m^3/d 的采石场爆破,有装药量达3000t以上的硐室爆破,这些工程磨砺了我们,也考验了我们,帮助我们成熟,促使我们奋发。经历了近20年的坎坎坷坷,爆破工作的辛酸苦辣、荣辱成败都沉积在我们心中,使我们深感爆破工作对社会、对人民负有重大的责任。因此,我们希望能把自己以往工作中的经验、教训加以总结,并参照一些兄弟单位的成功工程实例,进行一些条理化 and 规范化的探索,既作为我们今后工作的借鉴,也借此与同行进行交流,以促进爆破工程技术的进步。

基于上述想法,我们在专家的指导和帮助下,在冶金工业出版社的支持下,组织编

写了《宏大爆破技术丛书》。我们期望该丛书的出版与发行能为从事爆破安全管理、技术设计的同仁提供一些参考，同时也是我们为推动行业发展进行的一点尝试。

由于我们的工作和认识还带有一定的局限性，一些做法或看法偏颇之处在所难免，敬请爆破界同仁给予批评、指正。

广东省宏大爆破工程有限公司

2004年2月

前言

自从冶金工业出版社 1979 年出版了《露天爆破》一书以来，再未见到有关硐室爆破的专著出版。在其间的近三十年时间里，中国经济取得了举世瞩目的大发展，科技也取得了长足的进步。与此同时，硐室爆破的设计与施工技术及实践研究在学术和技术上也取得了举足轻重的进展，这些进展包括：

1. 提出了一套按爆堆级配要求优化爆破参数的设计模型，使硐室爆破设计由经验法转向计算机优化的设计方法；

2. 多平行剖面布药方法应用于定向筑坝爆破设计，形成了一套新的设计框架；

3. 通过试验验证了抛掷堆积形态基本符合几何相似规律，在试验的基础上本书作者提出了“散体抛掷堆积计算模型”，应用在工程中取得了良好的效果；

4. 形成了以“施工分解图”为核心的施工管理方法及一系列施工管理程序，并积累和总结了混装车配合现场装药的施工经验；

5. 对硐室爆破的过程有了更清晰、完整的认识，对安全保证有了更深刻的理解。

作者在整理、研究上述硐室爆破的重大科技进展基础上,结合自身的实践经验,写成了这本专著。本书内容多取材爆破工程实践,可供设计、施工单位及技术人员使用参考,也希望能为大家提供一个方便,为硐室爆破技术的发展铺垫一个新的踏脚点。

作者谨以此书作为对改革开放三十年的献礼。

本书在编写过程中,得到了刘殿中教授的指导和帮助,在本书出版之际,作者特向他致以谢意。

作 者

2008年12月

目 录

1	条形药包硐室爆破技术概述	(1)
1.1	硐室爆破技术的发展	(1)
1.1.1	国外硐室爆破技术简况	(1)
1.1.2	我国硐室爆破技术	(1)
1.2	硐室爆破的特点及其应用	(3)
1.2.1	硐室爆破特点	(3)
1.2.2	硐室爆破的应用	(6)
1.3	条形药包硐室爆破技术	(10)
1.4	条形药包和集中药包	(12)
1.4.1	条形药包取代集中药包的 原因	(12)
1.4.2	条形药包爆破应力波场特性 ...	(13)
1.4.3	条形药包爆破振动场特性	(15)
1.4.4	条形药包爆破漏斗特性	(16)
1.4.5	条形药包设计计算方法	(17)
1.4.6	分集药包	(21)
1.5	硐室爆破的物理过程	(23)
1.5.1	数据分析	(23)
1.5.2	硐室爆破物理过程	(24)
1.5.3	工程实例	(30)
1.5.4	爆破漏斗以外岩体破坏现象 ...	(34)
1.6	爆破工程地质	(38)
1.6.1	描述矿岩性质的基本参数	(38)
1.6.2	岩石分级	(46)

1.6.3	地质构造对硐室爆破的影响	(55)
1.6.4	硐室爆破带来的工程地质问题	(66)
1.6.5	炸药和岩石的匹配问题	(68)
1.6.6	硐室爆破工程对工程地质勘测的要求	(71)
1.7	评价硐室爆破工程效果的三项标准	(73)
1.7.1	安全标准	(73)
1.7.2	经济效益	(74)
1.7.3	社会效益	(75)
2	爆破器材和起爆方法	(76)
2.1	炸药概述	(76)
2.1.1	化学爆炸的 4 个条件	(76)
2.1.2	炸药化学反应的 4 种形式	(77)
2.1.3	炸药感度及影响感度的物理因素	(78)
2.1.4	爆轰理论简述	(81)
2.1.5	常用爆破器材的检验及测试方法	(85)
2.2	常用硝铵类炸药	(91)
2.2.1	硝酸铵	(91)
2.2.2	铵梯炸药	(93)
2.2.3	乳化炸药	(96)
2.2.4	铵油炸药	(97)
2.2.5	可用于硐室爆破的其他新型炸药	(100)
2.3	常用起爆方法和起爆器材	(102)
2.3.1	导爆索起爆法	(102)
2.3.2	电力起爆法	(106)
2.3.3	非电导爆管起爆法	(125)
2.4	爆破器材的购买、运输、贮存和销毁	(132)
2.4.1	爆破器材的购买	(132)
2.4.2	爆破器材的运输	(132)
2.4.3	爆破器材的贮存	(136)

2.4.4	爆破器材的销毁	(138)
2.5	铵油炸药现场加工	(140)
2.5.1	加工场地的选择	(140)
2.5.2	铵油炸药混装车生产质量控制	(141)
2.5.3	铵油炸药混装车生产安全管理	(146)
2.5.4	宁夏大峰煤矿硐室爆破铵油 炸药现场加工实例	(148)
3	硐室爆破工程设计	(155)
3.1	设计管理	(155)
3.1.1	设计资质	(155)
3.1.2	设计基础资料	(157)
3.1.3	设计阶段	(159)
3.1.4	设计文件	(160)
3.1.5	设计文件的报批	(160)
3.1.6	硐室验收及修改设计	(161)
3.2	条形药包硐室爆破设计的 K-R-D 数学模型	(161)
3.2.1	K-R-D 数学模型简介	(162)
3.2.2	用 K-R-D 数学模型核算硐室 爆破大块率	(167)
3.2.3	用 K-R-D 数学模型计算平均单耗 q_d 对 大块率的影响	(169)
3.2.4	用 K-R-D 模型计算最小抵抗线 W 对 大块率的影响	(171)
3.2.5	用 K-R-D 数学模型计算岩石性质 对大块率的影响	(173)
3.3	设计方案选择及设计计算	(175)
3.3.1	设计原则	(175)
3.3.2	爆破范围的确定	(175)
3.3.3	爆破性质的选择	(176)

3.3.4	药包的布置原则和方法	(176)
3.3.5	爆破参数选择及药量计算	(178)
3.3.6	用 K-R-D 数学模型优选爆破技术方案的程序	(183)
3.3.7	爆破漏斗计算	(184)
3.3.8	堆积形态计算	(188)
3.4	起爆网路设计与试验	(193)
3.4.1	硐室爆破常用的起爆网路	(193)
3.4.2	起爆电源和连接电线的选择	(194)
3.4.3	正、副起爆体及辅助起爆体的制作要求	(194)
3.4.4	电力起爆网路计算	(195)
3.4.5	电力起爆网路试验	(196)
3.5	硐室爆破安全设计	(198)
3.5.1	硐室爆破安全事故分析	(198)
3.5.2	硐室爆破安全距离	(203)
3.5.3	爆破内部安全距离	(223)
3.5.4	预防爆破事故的一般性问题	(225)
3.6	科研观测设计	(227)
3.7	硐室爆破设计实例——5500t 剥离爆破技术设计	(228)
3.7.1	概述	(228)
3.7.2	技术设计特点及设计方法	(231)
3.7.3	技术设计简述	(238)
3.7.4	施工图设计	(263)
3.8	公路硐室爆破设计	(267)
3.8.1	半壁路堑爆破	(267)
3.8.2	多临空面山型爆破	(269)
3.9	计算机多媒体技术在硐室爆破中的应用	(273)
3.9.1	多媒体技术在工程实践中的应用	(274)
3.9.2	硐室爆破技术设计现状	(275)

3.9.3	药室三维立体布置和抛掷动画制作	(276)
3.9.4	硐室爆破三维图像制作技术要点	(279)
3.9.5	建议	(281)
4	定向爆破筑坝设计	(283)
4.1	定向爆破筑坝综述	(283)
4.2	爆岩运动方向控制	(285)
4.2.1	最小抵抗线原理	(285)
4.2.2	群药包定向抛掷	(285)
4.2.3	定向中心	(285)
4.2.4	靠重力作用定向滑移	(285)
4.3	定向爆破筑坝的条件	(286)
4.3.1	地形条件	(286)
4.3.2	地质条件	(288)
4.3.3	整体布置条件	(289)
4.4	药包布置原则	(290)
4.4.1	崩塌爆破和抛掷爆破	(290)
4.4.2	单岸爆破和双岸爆破	(291)
4.4.3	药包布置高程	(295)
4.4.4	群药包布置的原则	(297)
4.4.5	对起爆时间间隔的认识	(303)
4.5	堆积形态计算简介	(306)
4.5.1	体积平衡法	(306)
4.5.2	抛体堆积法	(314)
4.5.3	三维离散元模型简介	(330)
4.6	定向爆破筑坝设计步骤	(335)
4.6.1	方案优化阶段	(335)
4.6.2	剖面设计	(335)
4.6.3	由剖面设计转化为平面设计	(336)
4.6.4	由平面设计返回剖面设计	(336)

4.6.5	体积平衡计算	(336)
4.6.6	安全计算	(337)
4.6.7	设计修正及细化	(337)
4.6.8	施工设计	(337)
4.6.9	因爆设计	(337)
4.7	设计实例——青海赛什塘定向爆破 筑尾矿坝工程	(338)
4.7.1	工程概况	(338)
4.7.2	设计依据和设计原则	(342)
4.7.3	定向爆破筑坝设计	(342)
4.7.4	抛掷堆积离散元数值模拟过程及 计算结果	(370)
4.7.5	定向爆破筑坝抛掷堆积	(373)
4.7.6	抛掷堆积效果比较	(378)
5	硐室爆破工程施工	(380)
5.1	硐室爆破施工的一般性问题	(380)
5.1.1	施工单位的资质与安全监理	(380)
5.1.2	施工准备	(387)
5.1.3	硐室开挖施工	(393)
5.1.4	装药堵塞施工	(396)
5.1.5	爆破网路施工	(400)
5.2	应对复杂条件下的施工技术	(401)
5.2.1	陡峻山区的施工便道	(401)
5.2.2	塌陷区、破碎带硐室掘进	(403)
5.2.3	高温区施工	(409)
5.2.4	毒气区施工	(414)
5.2.5	冬季施工供水	(417)
5.3	以安全高效为核心的施工 管理经验	(419)

5.3.1	科学管理理念	(419)
5.3.2	作业指导书	(429)
5.3.3	安全操作规定和施工管理制度	(435)
5.3.4	硐室爆破应急预案	(443)
6	硐室爆破试验研究和科研观测	(447)
6.1	硐室爆破模拟试验研究	(447)
6.1.1	研究目的和意义	(447)
6.1.2	试验研究条件	(447)
6.1.3	布药结构与爆破效果研究	(448)
6.1.4	影响抛掷距离主要参数的试验研究	(462)
6.1.5	条形药包不耦合装药爆破试验研究	(488)
6.1.6	布药结构与爆破振动试验研究	(491)
6.2	硐室爆破现场试验研究	(495)
6.2.1	不同品种炸药爆破漏斗试验研究	(495)
6.2.2	电雷管与炸药耐高温性能试验研究	(500)
6.2.3	高温硐室爆破装药安全试验研究	(509)
6.2.4	粉尘、有害气体监测	(514)
	参考文献	(520)

1 条形药包硐室爆破技术概述

1.1 硐室爆破技术的发展

爆破技术的发展是伴随着工业炸药的产生与应用以及炸药工业的进步而发展的。炸药在不同行业爆破作业中所发挥的巨大威力和产生的宏观效益,促使技术人员对炸药、起爆器材和爆破技术以及爆破理论进行了大量的科学研究,并取得了诸多可喜的研究成果,从而推动了爆破技术和爆破理论的迅速发展。

1.1.1 国外硐室爆破技术简况

硐室爆破是在爆破技术发展过程中产生的,根据资料记载俄国于 1548 ~ 1572 年开凿聂曼河航道工程时首次使用硐室爆破技术。到了 20 世纪初,苏联在国民经济建设中已经普遍采用硐室爆破技术,例如,1929 年开始在铁路建设中大量使用硐室爆破技术,1931 年后又成功地应用于水利、矿山等部门的建设中。英、美等国在矿山和铁路部门采用硐室爆破技术相对较晚,1827 ~ 1830 年间英国首次将硐室爆破技术应用于利物浦—曼彻斯特的铁路建设。直到 20 世纪 60 年代,苏联在硐室爆破技术方面一直处于世界领先地位。

1.1.2 我国硐室爆破技术

我国硐室爆破技术的应用和发展经历了以下 3 个阶段。
20 世纪 50 年代,在学习和引进苏联爆破经验和技术的基礎上,冯叔瑜院士开始在铁路系统采用硐室爆破技术,随之水利、冶金、农田等部门也逐渐采用。1951 年首次将硐室爆破技术应用于修建康藏公路;1954 年 9 月,我国铁路部门第一次在铁路

新线跌落崖工地采用硐室爆破方法施工,当时一个药室装药只有4500kg,一次爆破岩土方量为 38324m^3 。其后,又从苏联引进了有关硐室爆破的先进经验,自1955年起在宝成、鹰厦等线进行了二百多处硐室爆破。硐室爆破技术的采用大大提高了石方开挖工效,加快了铁路新线的施工进度。修建宝成铁路时,全线共计148处路段采用了硐室爆破技术施工。

伴随着硐室爆破技术的发展,技术人员在总结实践经验的基础上,利用最小抵抗线原理实现了岩石介质的定向抛掷,1956年修建内昆铁路内宜段号志口2号点时,首次采用了定向抛掷爆破技术并获得成功,从此定向爆破技术逐渐发展并成熟起来。定向爆破技术的应用大大提高了石方开挖效率,加快了新线铁路的施工速度,20世纪50~60年代,在铁路和公路建设中采用定向爆破技术达到了高潮。

20世纪60年代以来,冯叔瑜、马乃跃、朱忠节等在不断总结硐室爆破工程实践经验的基础上,提出了“体积平衡法”,建立并完善了爆破设计理论,推动了硐室爆破技术的进一步发展,硐室爆破技术也发展为成熟的铁路石方爆破的重要手段。铁路采用硐室爆破规模最大的工程是成昆线上道林子车站爆破工点,一次爆破总装药量大于400t。与此同时,王鸿渠先生在总结我国公路爆破经验的基础上建立并完善了“多边界石方爆破体系”,提出了多种因地制宜的爆破设计方法。20世纪90年代,杨人光先生借鉴体积平衡法,依托弹道理论及诺模图方法提出了一套整体弹道计算法,将爆破漏斗分成正体和偏体,每个药包均有一定比例的药量(能量)作用于正体和偏体,这样正、偏体均有各自的平均单耗,此“平均单耗”就决定了该岩体体积的初始速度 v ,并按弹道轨迹在重力场中运动;运动岩体落地后各“体积”叠加,按诺模图方法堆积成一定形状。这套设计方法被爆破界许多技术人员接受,具有一定的影响范围。这些技术的成功应用是硐室爆破技术发展的第二阶段。

除了铁路和公路采用硐室爆破开挖路堑和填筑路堤外,水利

水电及冶金矿山等部门在 20 世纪 50 ~ 70 年代, 广泛采用定向爆破技术堆筑了 40 多座水库挡水坝、尾矿坝、泥石流防护坝等。广东南水水利枢纽工程的挡水坝一次定向抛掷爆破筑成, 后经加高坝体, 坝高达 81m。至今, 它仍然是采用定向爆破方法筑成的大坝工程中规模较大、效益较好的工程。

条形布药设计方法是我国硐室爆破技术发展的第三阶段。

条形药包硐室爆破技术的研究与应用以苏联最为先进和具有代表性, 而欧美等工业发达国家有关柱状药包的基本特性研究, 也为条形药包爆破技术的发展提供了许多宝贵的基础资料。

早在 20 世纪 60 年代初, 苏联就开始了有关条形药包的生产性试验, 80 年代后广泛采用条形药包硐室爆破方法进行定向爆破筑坝、运河和路堑开挖等。我国于 1966 年首次采用条形药包技术, 1970 年后条形药包爆破技术研究和应用得到发展。例如, 渡口万吨级爆破、炮台山万吨级爆破都是以条形药包为主的硐室爆破工程, 条形药包已经作为主要布药形式取代集中药包。

硐室条形药包技术是对台阶爆破条形药包的借鉴与发展, 在参考台阶爆破利用 K - R 数字模型进行优化设计的基础上, 通过分析与研究近二十余年来条形药包硐室爆破工程, 20 世纪 90 年代郑炳旭提出了条形药包优化设计的 K - R - D 数模, 并在宁夏大峰煤矿 5500t 级硐室爆破工程中作为主导设计方法应用, 取得了理想的爆破效果。将 K - R - D 数字模型与传统的体积平衡法结合起来, 组成一套新的可以预测爆后堆积级配及大块率, 并在设计时对布药参数进行优化的设计方法, 将硐室爆破设计推到了一个新的阶段。

1.2 硐室爆破的特点及其应用

1.2.1 硐室爆破特点

20 世纪 50 年代, 我国开始引进苏联的硐室爆破技术。1956 年白银铜矿露天剥离, 在苏联专家指导下实施了万吨级硐室爆