

975042

TV542
4428

《水利水电施工》
丛书

黄绍钧 郝志信

水下岩塞爆破技术

水利电力出版社



TV542
4428

975042

《水利水电施工》丛书

TV542
4428

水下岩塞爆破技术

黄绍钧 郝志信

水利电力出版社

542V
(京)新登字115号

内 容 提 要

本书简要而系统地介绍了国内外水下岩塞爆破技术和经验。它由9个方面的内容所构成。其中,以药包规划设计、岩塞爆破施工和岩渣处置等为主要篇幅。

此书可供从事水利电力建设的技术人员和院校有关专业师生参考。

《水利水电施工》丛书

水下岩塞爆破技术

黄绍钧 郝志信

*

水利电力出版社出版、发行

(北京三里河路6号)

各地新华书店经售

北京四季青印刷厂印刷

*

787×1092毫米 32开本 6.125印张 135千字
1993年7月第一版 1993年7月北京第一次印刷

印数0001—2650册

ISBN 7-120-01806-X/TV·649

定价4.65元

序

水是人类生存和社会生产必不可少的物质资源，水利工作的基本任务是除水害、兴水利，开发、利用和保护水资源，为工农业生产和人们的物质、文化生活创造必要的条件。普及水利科学技术知识，让更多的人了解和掌握水利科学技术，也是两个文明建设的内容之一。为此，针对水利战线职工和社会上不同文化程度读者的需要，分层次地编写出版水利科普读物是十分必要的。

为了帮助水利科技人员的知识更新，掌握一些现代科技知识，并使水利科技成果更广泛地得到推广应用，尽快地形成生产力；为了使广大农村水利工作人员，掌握一些实用的水利基础知识，并应用于生产实际；为了总结和宣传我国水利建设的伟大成就和悠久历史，介绍水利在四化建设和人民生活等方面的重要作用，激发广大人民群众和青少年热爱祖国江河、关心水利事业，我们组织编写了七套水利科普丛书，包括：《现代科技》丛书、《水利科技成果》丛书、《水利水电施工》丛书、《小水电技术》丛书、《农村水利技术》丛书、《中国水利史》小丛书、《水与人类》丛书。这些科普丛书将由水利电力出版社陆续出版。

编写和审定这些丛书时，力求做到以思想性和科学性为前提，同时注意通俗性、适用性和趣味性。由于我们工作经验不足，书中可能存在某些不妥和错误之处，敬请广大读者给予批评指正。

中国水利学会科普工作委员会

一九八四年七月

水利科普丛书编审委员会名单

主任委员 史梦熊

副主任委员 董其林

委员 (以姓氏笔划为序)

丁联臻	王万治	史梦熊	田 国
李文治	邴凤山	杨启声	张宏全
张林祥	沈增卿	陈祖安	陈春槐
汪景琦	郑连第	郭之章	赵珂经
茹 智	陶芳轩	谈国良	徐曾衍
蒋元驹	曹述互	曹松润	董其林
顾振元			

前 言

从水库或湖泊处开始修建引水或泄水水工隧洞时，先把后部的隧洞建好（包括开挖、混凝土衬砌和金属埋件安装等），仅在进口留下一块岩体，采用装药爆破法将其打开。这个处于较深水下貌似瓶塞子的岩体爆破，称之为水下岩塞爆破。

在19世纪70年代，国外就曾有过这种特种技术应用的报导。后来，加拿大、美国、英国、秘鲁与挪威等国都有实施的例子，其中，以挪威为最多。20世纪70年代，我国辽宁省211工程火力发电厂计划从清河水库取水 $8.0\text{m}^3/\text{s}$ ，鉴于水库已建成，东北电力设计院提出了引水洞取水口采用岩塞爆破的设想方案。万事起头难，当时国内许多人对此方案的安全问题表示疑虑。在水电部电力建设总局的支持下，东北电力设计院邀请水利水电施工研究所黄绍钧与东北勘测设计院郝志信同志等一起，与施工单位有关技术人员组成了岩塞爆破试验组，选择爆破试验点，研究爆破试验问题。历时多年，在有关单位同志的努力和密切配合下，完成了多项试验研究，取得了许多国内没有的很有价值的资料。就在此基础上，确定了正式爆破的基本方案。1971年7月211工程指挥部组织有关单位同志在现场审查了爆破设计方案，并积极准备爆破工作。7月18日的正式爆破，在我国第一个顺利地打开了隧洞取水口。后经各方检查，岩塞口成型良好，符合设计要求。距爆源750m的水库大坝及其附近的其他构筑物安全而无异常现象。初次岩塞爆破的成功，填补了我国在此方

面的技术空白，为后继同类工程的爆破设计与施工提供了先例，在思想上树立了信心。该工程运行一直良好。为了引水（发电、灌溉等）、泄水（泄洪、放空水库等）的需要，截止1985年止，我国胜利完成的岩塞爆破一共九起，它们为爆破设计施工技术、岩渣处置、工程安全等许多方面，积累了较丰富的经验，而且有些做法显示了较高的技术水平。在这个基础上，结合作者在若干工程设计与施工实践中的体会，编写了这本书。我们的意愿，除了系统介绍此项新技术的基本知识和经验外，希望从事水利水电工程的技术人员和有关专业的师生利用本书的资料与介绍的方法，能进行岩塞爆破的勘测设计；还希望他们了解爆破器材的性能，掌握实践的要领，贯彻安全准爆施工。

本书初稿完成后，曾请同行蒋相泰、贾学广、钱瑞五和谢良安等同志先后作了校阅（或部分校阅），他们各自提了有益的意见，在此深表谢意。由于作者水平有限，错误可能难免，务请大家批评指正。

作 者

1992年9月于北京

目 录

序

前言

第一章 岩塞爆破的特点与展望	1
第一节 问题的提出	1
第二节 岩塞爆破在国内外的应用情况	1
第三节 国外经验和我国实施工程的特点及其技术成就	7
第二章 进水口及其地形地质工作	11
第一节 进水口位置的选择	11
第二节 地形测量	12
第三节 地质工作的重要性及其具体要求	12
第四节 进水口的形状和尺寸	19
第三章 药包规划设计	22
第一节 药包规划布置	23
第二节 药包量计算	25
第三节 钻孔底至库水岩面的距离	38
第四节 控制爆破设施	39
第五节 起爆时间间隔的确定	44
第六节 关于爆岩的破碎度问题	47
第四章 起爆网路设计	51
第一节 电雷管的特征参数和串联的准爆条件	51
第二节 常用的网路型式与有关设计计算	56
第三节 电爆网路设计中应注意的问题和准、齐爆措施	69
第四节 关于利用导爆管系统实施药包起爆问题	71
第五章 国产爆破材料基本性能和在水下使用条件	74
第一节 炸药	74

第二节	雷管	94
第三节	导爆索	105
第六章	爆破岩渣处置和水工模型试验	106
第一节	岩渣的处置	106
第二节	水工模型试验	117
第七章	岩塞爆破施工	128
第一节	导洞与药室、聚渣坑与缓冲坑的开挖施工	128
第二节	渗漏情况和具体的防渗措施	130
第三节	爆破材料试验和有关参数测定	135
第四节	有关施工中的安全问题	145
第五节	装药和堵塞工作	148
第六节	网路的敷设和合闸起爆	149
第八章	水工建筑物的安全和爆破观测	150
第一节	关于水工建筑物的安全问题	150
第二节	爆破观测	157
第九章	工程爆破实例和有关问题的讨论	166
第一节	岩塞爆破设计实例	166
第二节	有关问题的讨论	177
附录 I	装药量计算表	182
附录 II	深孔或炮孔爆破药包装药量计算表	186
参考文献		188

第一章 岩塞爆破的特点与展望

第一节 问题的提出

如果一个引水或泄水隧洞的进口处于水库或湖泊的深水之下，需要把进水口打开，按照通常的做法，围绕这个进口作一个围堰，把里面的水抽掉后进行开挖与衬砌。可是，这个方法花钱多、历时长，而某些技术问题难度较大。采用岩塞爆破则是一个好办法。在做好地形、地质勘测工作的基础上，确定岩塞位置、开口尺寸与厚度，进行合理的爆破设计和确立岩渣处置方式，重视有关安全问题，那末，将会得到切实可靠与经济的效果。

第二节 岩塞爆破在国内外的应用情况

岩塞爆破是国外先创的。据报导，实施最多的国家是挪威，已进行了500多例。我国从1971年在清河211工程取水口采用之后，已实施了9个工程。其兴建目的不甚相同，有引水发电、灌溉与泄洪的，也有专为放空水库的。国内外岩塞爆破工程爆破时作用水头不等，低者数米，高者达到105m。从地质岩性而论，在火成岩、沉积岩和变质岩中进行了成功的爆破。岩塞的几何尺寸，就厚度（ H ）与直径（ D ）之比，有的小于1.0，有的大于1.0~2.0。爆破方法，有的采用峒室集中或条形药包爆破的；有的采用钻孔（深孔或炮孔）药包爆破的；有的是峒室和钻孔药包相结合的。为了使

表 1-1 国内外部分岩塞爆破工程简要综合表

序	工程名称	建洞 目的	爆 破 日 期	爆破 时 水 深 (m)	工程地质	岩塞尺寸			爆破药包 设计	总装 药量 (kg)	爆落 方量 (m ³)	石渣处置 方 式	爆破结果
						直径 (m)	厚度 (m)	厚度 与直 径之 比					
1	清河 211 取水工程 (中国辽宁)	火电 厂引水	1971.7	24	长石石英 片岩、绿泥 石片岩等	6.0	7.5	1.25	洞室与钻 孔结合, 以 洞室为主	1190.4	800 (松方)	聚渣 (渣 坑加平洞)	国内首次爆 破成功, 爆破 成型与设计相 符
2	“七一”水 库引水工程 (中国江西)	灌溉 发电	1972.11	18	泥质页岩	3.5	4.2	1.20	洞室、钻 孔和裸露药 包	938		泄 渣	爆通, 石渣 泄至下游河床
3	镜泊湖电 站 310 引水 工程 (中国 黑龙江)	发电	1975.11	23	闪长岩、 花岗岩等	8 × 9 (宽 × 高)	8	1 ≈ 0	洞 室 (单层)	1230.2	1890 (松方)	聚渣 (矩 形渣坑)	爆通成型, 与设计基本相 符
4	丰满电站 250 泄水工 程 (中国吉 林)	泄水 及放空 水库	1979.5	19.8	变质砾岩	11	15	1.36	洞 室 (三层)	4075.6	3794 (实方) 5600 (松方)	聚渣 (靴 式渣坑)	爆通成型, 与设计基本相 符

续表

序	工程名称	建河 目的	爆破 日期	爆破 水深 (m)	工程地质	岩塞尺寸			爆破药包 设计	总装 药量 (kg)	爆炸 方量 (m ³)	石渣处置 方式	爆破结果
						直径 (m)	厚度 (m)	厚度与直径之比					
5	香山水库 泄水工程 (中国河南)	防洪 泄水	1979.1	24.1	花岗岩	3.5	4.52	1.29	钻孔	256	247 (实方)	泄渣(深 缓冲坑)	爆破成功
6	梅山水库 泄水工程 (中国湖北)	防洪 泄水	1979.7	10.3	灰岩	2.6	3.61	1.38	钻孔	318.7		部分泄 渣、部分聚 渣(长方形 渣坑)	爆破成功
7	密云水库 泄水工程 (中国北京)	防洪 泄水	1980.7	34.2	片麻岩、 辉绿岩	5.5	5.80	0.91	钻孔	738.9	769 (松方)	泄渣(浅 缓冲坑)	爆破成功, 石渣排至下游 渠首部
8	小子溪电站 引水工程 (中国浙江)	发电	1978.1	8.7	凝灰岩	2.2	3.35	1.35	钻孔	537.6	600	泄渣(无 缓冲坑)	爆破成功

续表

序	工程名称	建洞 目的	爆 破 日 期	爆破 时水 深 (m)	工程地质	岩塞尺寸			爆破药包 设 计	总装 药量 (kg)	爆落 方量 (m ³)	石渣处置 方 式	爆破结果
						直径 (m)	厚度 (m)	厚度 与直径 之比					
9	横锦水库 泄水工程 (中国浙江)	防洪 泄水灌	1984.9	21.8	流 纹 岩	6	9	1.5	洞室与钻 孔 (前后布置)	627.1	764.3 (实方)	泄渣 (较 浅缓冲坑)	爆破成功
10	列德罗湖 (意大利)		1928	27.0			3		洞室与钻 孔	566		聚 渣	爆破成功
11	纳湖与哈 格达尔斯湖 (挪威)	引水	1932	17.0		4	5	1.25	钻 孔	150 150		聚 渣 (灌坑)	双进水口爆 破成功
12	弗利埃尔 湾(挪威)	引海水	1935	22.0		1.8 × 1.5	5.6	2.69	钻 孔			聚 渣	爆破成功
13	玛尔克湖 引水工程 (挪威)	发电	1938.4	28.0		2 × 2.2	4	1.77	钻 孔	9.0		聚 渣	爆破成功

续表

序	工程名称	建洞 目的	爆破 日期	爆破 水深 (m)	工程地质	岩塞尺寸			爆破药包 设计	总装 药量 (kg)	爆炸 药量 (m ³)	石渣处理 方式	爆破结果
						直径 (m)	厚度 (m)	厚度与 直径之 比					
14	斯科尔湖 引水工程 (挪威)		1938	30.0		1.5 × 1.7	6	1.85	裸露药包	297		聚渣	第一次未炸 开, 8次爆破 才完成
15	芬尼奇湖 引水工程 (英国)	发电	1950.9	24.7		4.6	4.6	1.0	钻孔	958		聚渣	爆破成功
16	伊萨尔横 斯湖(法国)		1953	37.0	花岗岩	2.1	2.7	1.29	钻孔	102.5		聚渣	爆破成功
17	阿尔托斯 湖引水工程 (秘鲁)	发电	1966.9	35.0	花岗岩	2.1	4.1	1.95	钻孔	96		聚渣	爆破成功

序	工程名称	建洞 目的	爆破 日期	爆破 水深 (m)	工程地质	岩塞尺寸		爆破药包 设计	总装 药量 (kg)	爆破 方量 (m ³)	石渣处置 方式	爆破结果
						直径 (m)	厚度 (m)	厚度 与直径之 比				
18	雪湖引水 工程(美国)	鱼道	1939.10	50.0	花岗岩	1.36 × 1.36	2.1	1.36	100		分散集渣 (共5个渣 坑)	爆破成功
19	阿斯卡拉 引水工程 (挪威)	发电	1970	85	砂 岩	2.24 与 2.45	5	2.96 2.82	180 (高岩塞) 250 (低岩塞)		聚渣(长 方形渣坑)	两处同时 起爆成功
20	休德巴斯 引水工程 (加拿大)	引水	1960	15	副片麻岩 与花岗岩 岩	18 × 18	21	1.03	27200	10000	聚 渣	爆破成功
21	洛米引水 工程(挪威)	发电	1978	75	石英云母 片岩	4.65	4.50	0.97	404	79.2	聚 渣	爆破成功
22	蒂依湖引 水工程(挪 威)	发电	1983.9	50	花岗岩 岩	3.18	2.5	0.78 3.0	143.6	22.5	聚 渣	爆破成功

岩塞爆破的周边轮廓较好，一般都采用了控制爆破技术（包括提前于主药包起爆的预裂爆破或滞后于主药包的修整型的光面爆破）。爆破石渣的处置方法，基本上分两类：一类为聚渣；一类为泄渣。国外的岩塞爆破几乎都采用聚渣方式，有单聚渣坑与双聚渣坑之别。国内的几个工程，从清河211工程取水口岩塞爆破开始，也多为聚渣方式。渣坑分别为矩形、靴形等，或者渣坑与平洞相结合的形式。后来，发展了泄渣方案，即爆破的石渣借水流将其排至下游河床中去。泄渣方式，如果对隧洞混凝土衬砌面磨损轻微，又不破坏门槽的埋件，不影响将来的运行，并对发电的尾水位不起抬高作用，确是一个很好的设计方案。特别适用于中小型水库工程。现将国内外收集到的岩塞爆破工程概况，示于表1-1。

第三节 国外经验和我国实施工程的特点及其技术成就

1. 挪威岩塞爆破的经验 挪威岩塞爆破实施的经验，可这样简要地归纳为下列几点：

- （1）岩塞爆破点岩石的质量良好，覆盖层浅。
- （2）精心勘探、做好帷幕和细心爆破，可使岩塞厚度减薄。
- （3）钻孔爆破，至少要有两组相互平行的掏槽孔。
- （4）用高威力的耐水炸药爆破。
- （5）爆破所用单位体积耗药量为 $3 \sim 8 \text{ kg/m}^3$ ，其具体数据，主要根据其断面大小和深度而定。
- （6）岩塞下部建立空气缓冲垫，以减少冲击波对闸门或隔墙（Bulkhead）的作用影响。

2. 国内工程的技术特点和成就

(1) 重视地形和地质工作。岩塞面和岩塞厚度在大比例测图的基础上, 用探测孔或探洞进行补充修正。地质工作, 使用多种手段, 多方面说明情况与问题, 为爆破设计提供可靠的资料。

(2) 爆破的用药量较低, 峒室爆破的单位耗药量 $0.9 \sim 1.2 \text{kg/m}^3$, 钻孔爆破的单位耗药量 $1.0 \sim 1.4 \text{kg/m}^3$ 。

(3) 采用微差分段爆破。若干工程实施的“先预裂和后爆通”的设计方案, 结果“一次爆通”, 周边轮廓成型也较好, 减少了水头损失, 水力学条件好。

(4) 在岩渣处置上, 按工程实际情况和要求出发, 有聚渣, 也有泄渣。爆破时有“堵”(下门或用隔墙)和有“敞”(开门通水)。

(5) 重视附近建筑物的安全。有的工程正式爆破前先用试验爆破的观测数据, 分析正式爆破对建筑物的安全问题, 多方面搜集资料, 对提高此方面的技术控制水平有现实意义。丰满岩塞爆破前, 通过试验爆破, 利用反应谱和有限元法, 对大坝地震力进行动力分析, 论证了爆破和大坝安全问题。

(6) 对岩塞的渗漏水处理(包括堵与排的措施), 爆破孔的钻进, 山体的稳定加固, 准爆和安全措施, 都积累了经验。

(7) 有的工程在大流量、高流速的泄流过程中, 仅用数分钟就成功地进行动水关闭闸门。相反, 也有出现失利而损失大量库水的例子。正反两方面经验, 对今后工程实施很有参考意义。

(8) 工程运行情况良好, 满足工程建设要求, 有的已