

大断面洞室开挖生产性爆破试验研究

邓昌奇, 于志强, 万 臣

(中国人民武装警察部队 水电第八支队, 重庆 401320)

摘 要:对白鹤滩水电站泄洪洞开挖预裂生产性爆破试验过程及成果进行了研究分析,确定了合理的预裂孔装药结构参数、线装药密度、梯段爆破布孔参数,主爆及缓冲孔钻孔超深参数和装药结构参数以及起爆网络参数等,为现场爆破施工提供了依据,可供类似工程参考。

关键词:大断面;洞室;爆破;试验;白鹤滩水电站

中图分类号:TV7;TV52;TV53;TV542;TV554

文献标识码: B

文章编号:1001-2184(2016)04-0021-03

1 概 述

白鹤滩水电站泄洪洞无压段为城门洞型断面,开挖断面宽度为17~20 m,高20~23 m,按上层、中层和底层分层开挖。介绍了所开展的中层开挖预裂生产性爆破试验,试验区选择在1#泄洪洞①泄0+070~①泄0+140,分七段。预裂梯段爆破试验区位于Ⅲ1类围岩开挖断面,开挖宽度为20 m,开挖面高度为13.5 m。

2 试验情况及效果分析

2.1 试验参数

2.1.1 钻孔参数

根据开挖爆破试验区的断面情况确定的布孔参数见表1,前缘抵抗线小于2 m,预裂孔及主爆孔造孔设备分别为100B和JK590,钻孔孔径均为90 mm。

2.1.2 装药参数

表1 中层爆破试验钻孔参数表

试验序号	预裂爆破		主爆孔		缓冲孔		备注
	孔距/m	排距/m	孔距/m	排距/m	孔距/m	排距/m	
1	0.7	1.5	3	2.5	1.5	1.5	
2	0.7	1.2	2.5	2.5	1.5	1.2	主爆孔的超钻深度为0.5 m
3	/	/	2.5	2	/	/	

为获得最佳单孔爆破单耗,确定主爆孔的单孔爆破单耗按0.7 kg/m³、0.65 kg/m³、0.6 kg/m³、0.55 kg/m³自大向小调整,主爆孔采用φ70乳化炸药连续装药。预裂爆破的线装药密度按0.6 kg/m、0.55 kg/m、0.5 kg/m、0.45 kg/m、0.4 kg/m自大向小调整,孔底部1~2 m加强装φ70乳化炸药,中上部为φ32乳化炸药。

2.2 爆破试验

2.2.1 主爆孔试验

根据不同的爆破参数组合,分部位进行了多次爆破,针对不同部位主爆孔采用的爆破参数调整情况见表2。主爆孔装药采用φ70乳化炸药药卷,为不耦合连续装药,根据所确定的单孔爆破单耗,调整主爆孔的孔、排距。

2.2.2 缓冲孔试验

根据不同的爆破参数组合,与主爆孔采用的爆破参数协调进行调整,缓冲孔负担的爆破区的单孔爆破单耗比主爆破区稍低,通过缩小间、排距,减少单孔装药量,在主爆区和预裂面间形成了一个缓冲带,缓冲孔调整情况见表3。

2.2.3 预裂孔试验

预裂孔的钻孔间距一般选取孔径的8~12倍,参考相邻工区预裂爆破施工参数,将孔距固定为0.7 m,仅对线装药密度进行了调整。采用φ32乳化炸药药卷间隔装药,孔底2 m采用2~3节φ70连续药卷作为底部加强药包,其余采用φ32药卷间隔绑扎在竹片上,对药卷间距进行调整以达到对线装药密度的调整。预裂孔的堵塞长度国内一般为0.6~2,本次试验控制在1 m。预裂孔

收稿日期:2016-07-12

调整情况见表4。

2.3 效果分析

表2 泄洪洞主爆孔爆破参数调整过程表

项目	试验次数						
	1	2	3	4	5	6	7
试验部位	1#泄洪洞						
试验桩号	0+070- 0+080	0+080- 0+090	0+090- 0+100	0+100- 0+110	0+110- 0+120	0+120- 0+130	0+130- 0+140
炮孔角度/°	89	89	89	90	90	90	90
孔距/m	2.5	2.5	2.5	2.5	3	3	3
排距/m	2	2	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
孔径/mm	90	90	90	90	90	90	90
药卷直径/mm	70	70	70	70	70	70	70
单孔单耗 /kg·m ⁻³	0.65	0.6	0.7	0.65	0.65	0.6	0.55
堵塞长度/m	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15

表3 泄洪洞缓冲孔爆破参数调整过程表

项目	试验次数						
	1	2	3	4	5	6	7
试验部位	2#泄洪洞						
试验桩号	0+070- 0+080	0+080- 0+090	0+090- 0+100	0+100- 0+110	0+110- 0+120	0+120- 0+130	0+130- 0+140
炮孔角度/°	90	90	90	90	90	90	90
孔距/m	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
排距/m	1.5	1.5	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
孔径/mm	90	90	90	90	90	90	90
药卷直径/mm	70	70	70	70	70	70	70
单孔单耗 /kg·m ⁻³	0.65	0.6	0.6	0.55	0.55	0.5	0.5
堵塞长度/m	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15

表4 泄洪洞预裂孔爆破参数调整过程表

项目	试验次数						
	1	2	3	4	5	6	7
试验部位	3#泄洪洞						
试验桩号	0+070- 0+080	0+080- 0+090	0+090- 0+100	0+100- 0+110	0+110- 0+120	0+120- 0+130	0+130- 0+140
炮孔角度/°	90	90	90	90	90	90	90
孔距/m	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
排距/m	1.5	1.5	1.5	1.2	1.2	1.2	1.2
孔径/mm	90	90	90	90	90	90	90
药卷直径/mm	32	32	32	32	32	32	32
线装药密度/g·m ⁻¹	600	600	550	550	550	500	450
堵塞长度/m	1	1	1	1	1	1	1

在排除个别爆破中因前沿抵抗线设置不合理的情况后,对爆破效果进行分析如下。

2.3.1 主爆孔试验情况

爆破试验区主要以Ⅲ1类围岩为主,采用0.7(kg/m³)和0.65(kg/m³)的单孔单耗时,主爆孔的孔、排距为2.5m×2m、2.5m×2.5m,爆堆松散,破碎块度基本在0.8m以下,但主爆孔钻孔量

偏大,炸药消耗较大。采用0.6(kg/m³)、0.55(kg/m³)的单孔单耗时,主爆孔的孔、排距为3m×2.5m,爆堆松散,破碎块度基本在1.2m以下,满足挖装设备的需要,主爆孔钻孔量适中。

2.3.2 缓冲孔试验情况

缓冲区单孔爆破单耗比主爆区的单孔单耗降低一个等级,爆破效果随同主爆区发展变化,经过对比,采用0.65(kg/m³)和0.6(kg/m³)的缓冲孔

单孔单耗时,预裂面情况较采用 $0.55(\text{kg}/\text{m}^3)$ 和 $0.5(\text{kg}/\text{m}^3)$ 时有损伤。

2.3.3 预裂孔试验情况

从现场情况看,线装药密度为 $500\text{ g}/\text{m}$ 和 $450\text{ g}/\text{m}$ 时半孔率约为96%,较 $600\text{ g}/\text{m}$ 时高,但残留根底较多;线装药密度为 $550\text{ g}/\text{m}$ 时半孔率也在92%以上;同时对半孔进行观察,发现线装药密度为 $600\text{ g}/\text{m}$ 时,在裂隙发育地区的半孔完整存在率较低;线装药密度为 $550\text{ g}/\text{m}$ 时,在裂隙发育地区的半孔完整存在率较线装药密度为 500

g/m 时低,但均保存有半孔,开挖平整度均满足要求。

3 推荐成果

3.1 预裂孔参数

根据爆破试验情况,推荐预裂孔孔径为 90 mm ,孔距 0.7 m ,按设计开挖线开孔,孔底距建基面 20 cm 。全孔平均线装药密度取 $550\text{ g}/\text{m}$,采用导爆索起爆, $\phi 32$ 乳化炸药药卷间隔装药,孔底连续装3节 $\phi 70$ 乳化炸药药卷,竹片绑扎间隔,孔口堵塞 1 m 。预裂孔装药结构见图1。

(12m孔深,单孔6.6kg,全孔平均线密度550g/m)

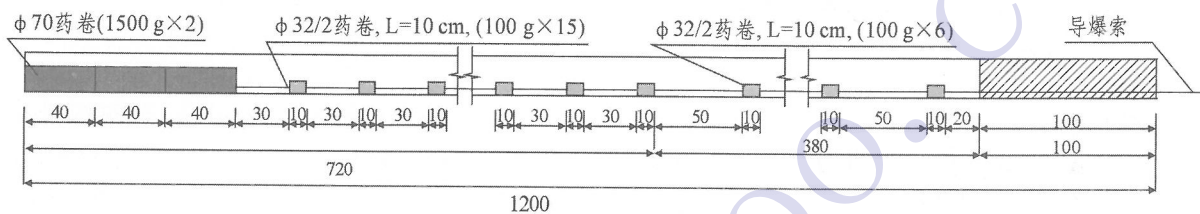


图1 预裂孔装药结构图

3.2 主爆孔参数

鉴于主爆孔爆破效果,主爆孔孔径为 90 mm ,孔距取 3 m ,排距取 2.5 m ,孔底距建基面 1 m ,主爆孔单孔单耗 $0.55\text{ kg}/\text{m}^3$, $\phi 70$ 乳化炸药药卷连续装药,孔口堵塞长度为 2.5 m ,非电毫秒微差塑料导爆管雷管起爆。由于孔内有水,为保证主爆孔装药到位及爆破效果,主爆孔亦采用导爆索装药。

3.3 缓冲孔参数

缓冲孔孔径为 90 mm ,间距为 1.5 m ,孔距预裂孔 1.2 m ,间距为 1.5 m ,距主爆孔为 2.15 m 。

孔底距建基面 1 m ,缓冲孔单孔单耗 $0.5\text{ kg}/\text{m}^3$, $\phi 70$ 乳化炸药药卷连续装药,孔口堵塞长度为 2 m ,非电毫秒微差塑料导爆管雷管起爆。

3.4 网路设计参数

采用预裂孔先响,主爆孔次之,缓冲孔最后响的爆破网络。爆破网络采用非电毫秒微差塑料导爆管雷管连接,主爆孔按照两孔一响,缓冲孔按照 $3\sim 4$ 孔一响,预裂孔按照 $7\sim 14$ 孔一响,控制单响药量不大于 100 kg 。

采用推荐的爆破参数,在1#泄洪洞 $0+140\sim 0+210$ 段进行了验证施工,预裂爆破效果见图2。



图2 中层预裂爆破效果图

(下转第52页)

为龙落尾第VI-2层开挖提供便利和通道;第二期抽槽降坡开挖至龙落尾底板高程处,为龙落尾第VII、VIII层的开挖提供作业平台和通道。

第VI-2层的开挖方式仍然沿用光面爆破,分中导洞及边墙扩挖,与第I层的开挖方法相同。第VI-1、VII层的开挖方式则与第II层的开挖方法相同,而对于第VIII层的开挖方法则采用水平光面爆破的方法,造孔设备采用YT28手风钻,底板厚度为2~4m。具体的开挖顺序为:4#施工支洞第一期开挖支护→WVI-2层中导洞开挖支护→WVI-2层两侧边墙开挖支护→WVI-1区中层开挖支护→4#施工支洞第二期降坡开挖支护→WVII区中层开挖支护→WVIII层底板开挖支护。

4.4.2 通风竖井的开挖

通风竖井的开挖采用先导井、后扩挖的施工方法进行开挖,先采用LM-300反井钻机钻 $\phi 250$ 的导孔,钻至井底与泄洪洞上层贯通,拆掉导孔钻头、换上扩挖钻头由下向上进行扩孔,扩孔后导井直径为1.4m,然后自上而下分层进行开挖。竖井扩挖采用YT-28手风钻钻孔,人工装乳化炸药进行钻爆开挖,扩挖施工循环进尺为2m。

扩挖施工每循环完成后立即进行系统支护,然后进入下一循环开挖。为便于物资运输,拟定在每个竖井上口设置型钢井架,配置一套JM10型慢速卷扬机系统,扩挖施工时卷扬机用于运送物资及移动吊篮。

4.4.3 掺气坎开挖

龙落尾段共设有三处掺气坎,掺气坎部分结构扩挖渐变结构较复杂,在较短的距离(4m、6m)范围内自小断面向大断面、然后又由大断面向小断面变化,且变换偏角较大,扩挖深度不一,致

(上接第23页)

4 结语

由于地质条件的复杂性及洞室施工的特殊性,大断面洞室爆破开挖施工对爆破技术的要求很高,必须通过一系列的科学试验对爆破参数进行研究分析,在综合运用各种开挖爆破施工技术的同时,加强科学管理,使整个开挖爆破施工工艺向规范化、程序化、标准化发展,才能有效提高爆破开挖质量。

参考文献:

使在开挖施工中无法一次成型。实际施工中,将掺气坎扩挖段暂时留出,待向前开挖5~6m距离、利于钻机摆放再回头进行掺气坎周边轮廓的开挖。对掺气坎扩挖槽的死角部位和无法进行周边光爆孔造孔的部分,采用直孔配合斜孔掏槽的方式进行开挖。造孔作业中,控制孔深、减少超挖;对于局部欠挖处,后期采用液压破碎锤凿除。

5 结语

白鹤滩水电站1#泄洪洞龙落尾开挖是整个泄洪洞的重点和难点。经过项目部科学组织、精心筹划,采用新增施工设计、扩挖已有支洞、分区分层开挖的施工方法,使白鹤滩水电站1#泄洪洞龙落尾段的开挖工程达到了预期效果,不仅提高了项目部工程练兵的技术和水平,而且也进一步丰富了施工经验,可为下一步开展类似工程练兵提供参考和借鉴,从而提高遂行任务的能力。

参考文献:

- [1] 黄亚梅,张军. 水利工程施工技术[M]. 北京:中国水利水电出版社,2014.
- [2] 张守金,康白赢. 水利水电工程施工组织设计[M]. 北京:中国水利水电出版社,2008.
- [3] 吴登明,张元继,刘金娟. 溪洛渡水电站左岸泄洪洞龙落尾开挖支护施工技术研究[J]. 四川水力发电,2010,29(6):44-45.
- [4] 吴世明,刘金娟. 溪洛渡水电站左岸泄洪洞龙落尾开挖施工技术[J]. 四川水力发电,2010,29(S2):42-44.

作者简介:

- 万 臣(1987-),男,湖北宜都人,工程师,硕士,从事水利水电工程施工技术与管理工作;
于志强(1980-),男,河南新野人,工程师,学士,从事水利水电工程施工技术与管理工作;
邓昌奇(1986-),男,四川乐山人,工程师,硕士,从事水利水电工程施工技术与管理工作. (责任编辑:李燕辉)

- [1] 水工建筑物地下开挖工程施工技术规范,DL/T5099-1999[S].
- [2] 刘殿中. 工程爆破实用手册[M]. 北京:冶金工业出版社,1999.

作者简介:

- 邓昌奇(1986-),男,四川乐山人,工程师,硕士,从事水利水电工程施工技术与管理工作;
于志强(1980-),男,河南新野人,工程师,学士,从事水利水电工程施工技术与管理工作;
万 臣(1987-),男,湖北宜都人,工程师,硕士,从事水利水电工程施工技术与管理工作. (责任编辑:李燕辉)