

硬梁包水电站混合围堰一次性微差爆破施工技术

何英建¹, 周建¹, 喻健¹, 白庆锋²

(1. 中国水利水电第七工程局有限公司, 四川 成都 610213; 2. 四川华能泸定水电有限公司, 四川 泸定 626100)

摘要:针对硬梁包水电站一期围堰结构复杂、截流难度大、分流以及安全防护要求高等特点,通过采用一次性微差爆破拆除工艺,设计合理的单孔药耗及布孔形式,保证了围堰拆除爆破十分成功,爆破后水下清渣顺利,无残梗,确保了导流明渠的分流效果,为大江截流创造了良好的条件。该项目拆除施工取得的技术经验,为类似工程应用提供有益参考。

关键词:硬梁包水电站;围堰;一次性爆破拆除

中图分类号:O643.2+23

文献标识码: B

文章编号:1001-2184(2023)01-0031-03

The Application of One-time Millisecond Blasting Technology in Mixed Cofferdam of Yingliangbao Hydropower Project

HE Yingjian¹, ZHOU Jian¹, YU Jian¹, BAI Qingfeng²

(1. Sinohydro Bureau 7 Co., Ltd., Chengdu Sichuan 610213;

2. Sichuan Huaneng Luding Hydropower Co., Ltd., Luding Sichuan 626100)

Abstract: Aiming at complex structure, high difficulty of channel closure, high requirements of diversion and safety protection of the first phase cofferdam of Yingliangbao Hydropower Project, through the application of one-time millisecond blasting demolition process, the reasonable design of single-hole explosive consumption and hole layout form, the success demolition of the cofferdam was ensured. After blasting, the underwater slag was successfully removed, which ensured the diversion effect of the open diversion channel and created favorable conditions for the channel closure. The demolition experience gained from the this project can provide reference for similar projects.

Key words: Yingliangbao Hydropower Project; Cofferdam; One-time explosive demolition

1 工程概况

硬梁包水电站一期围堰是保护导流明渠及明渠段基础处理施工的临时挡水建筑物,围堰结构为碾压式心墙堆石围堰,围堰上部防渗体系为复合土工膜心墙,下部防渗体系为悬挂式高喷防渗墙(混凝土防渗墙),IV级建筑物。挡水时段为2020年1月到2021年9月底,挡水标准为全年10a重现期洪水,相应洪水流量5020 m³/s。一期围堰在一期工程施工中发挥了重要作用,2020年汛期在经历大渡河超标、长历时洪水安全度汛。工程二期截流于2021年10月下旬进行,届时将拦断主河床,拆除一期导流明渠进出口围堰,改道河床为导流明渠过流。

2 工程特点

2.1 截流难度大、分流要求高

硬梁包水电站截流难度大,同时受上游电站发电和泄洪影响等不利因素,截流设计流量1238 m³/s,高峰期每小时抛投810 m³,龙口最大流速8.51 m/s,最大落差6.50 m,各项技术指标在国内主要江河水利枢纽截流中名列前茅。分流效果决定截流难度,这就要求导流明渠围堰拆除方案合理,确保爆破到位,清渣完善,不留残梗。

2.2 围堰挡水体结构复杂

进口围堰挡水堰体由水上填筑石渣、水下混凝土防渗墙和迎水面大块石、钢筋石笼防护组成,混凝土防渗墙厚度0.8 m,且进口围堰混凝土防渗墙施工完成后部分导向槽未拆除。出口围堰挡水堰体由水上填筑石渣、水下高喷防渗墙和迎水面大块石、钢筋石笼防护组成,高喷防渗墙厚度0.5 m。

2.3 安全防护要求高

爆区周围永久建筑物距离较近,出口围堰距

鱼类增殖站施工区 100 m,距拌和楼和砂石加工系统 260 m,进口围堰距导流明渠衬砌混凝土最近为 7.5 m。爆破安全控制标准要求高,必须严格控制爆破振动效应及飞石的影响,确保爆破区周围建筑物的安全。

3 围堰拆除方案

3.1 拆除工艺顺序

通过对围堰拆除方案及施工顺序比选后,结合大江截流施工节点要求,从 2021 年 9 月下旬

开始拆除一期导流明渠进出口围堰外侧的钢筋石笼、大块石。10 月上旬大渡河水位流量变小后开始拆除进出口围堰堰体至设计高程,先拆除水面以上的部分,再拆除水下部分,水下施工采用一次性微差爆破拆除法^[1]。首先将围堰背水侧的石渣进行挖除,然后再完成防渗墙的爆破拆除,防渗墙爆破渣体全部清理完成后,最后拆除围堰迎水面的石渣。导流明渠进出口剖面图见图 1。

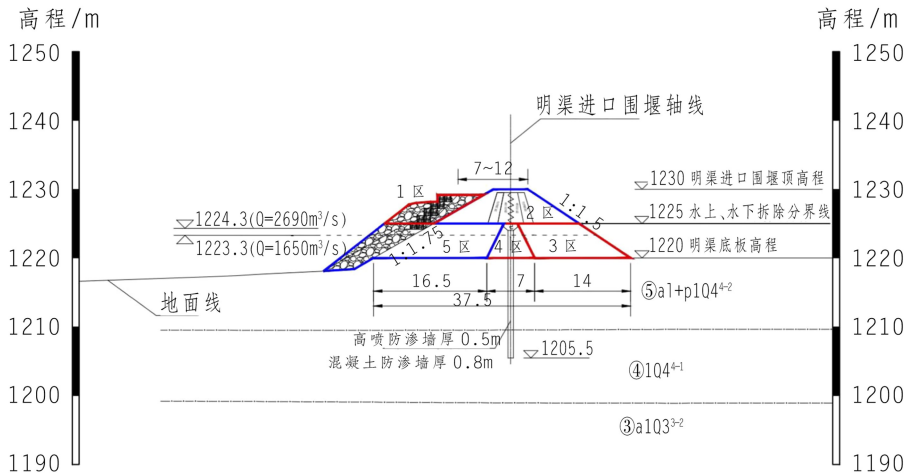


图 1 导流明渠进出口剖面图

3.2 拆除工艺关键技术

(1)爆破参数设计。爆破参数是工艺实施效果的关键,主要包括布孔形式、炸药单耗、装药结构、炸药类型等。

针对该工程围堰结构复杂、截流难度大、分流以及安全防护要求高的特点,对布孔形式和炸药单号设计计算如下:

①布孔形式。沿防渗墙中心线布置爆破孔,孔径 90 mm,间距 1 m,人工采用 CM351 履带式高压潜孔钻机钻孔,混凝土防渗墙导向槽未拆除部分增加随机爆破孔。进口围堰孔底高程 1 219.0 m,钻孔深度 6 m,超深 1.0 m;出口围堰孔底高程 1 215.0 m,钻孔深度 6.5 m,超深 1.0 m。

②炸药单耗。选用水下砖石混凝土爆破计算公式:

$$Q = m \times c \times w^3$$

式中 Q 为爆破所需装药量,kg; m 为材料强度系数,选择(无钢筋混凝土,取值 3.0); c 为装药系数,选择(水下钻孔爆破^[2],取值 2.7); w 为破坏半径或需破坏厚度,出口围堰考虑高喷水泥浆液

影响范围,取 0.45 m;进口围堰考虑混凝土防渗墙扩孔系数影响范围,取 0.5 m。

取单位长度 1 m 计算得到出口围堰 $Q = 3.0 \times 2.7 \times 0.45^3 = 0.738$ kg,为便于计量,施工中按单耗 0.75 kg/m³ 控制;进口围堰 $Q = 3.0 \times 2.7 \times 0.5^3 = 1.013$ kg,为便于计量,施工中按单耗 1.0 kg/m³ 控制。

③装药结构。采用间隔装药,孔底加强,药卷对半分开中部穿导爆索并固定于竹片上放入爆破孔,孔口上部采用黏土堵塞 1 m,孔口采用 20 kg 沙袋压孔,进口单孔药量 5.0 kg,出口单孔药量 4.0 kg。

④炸药类型。采用 2 号岩石乳化炸药,药卷直径 $\phi 60$ mm(条装)。

(2)爆破网络设计。起爆网络从堰体右侧开始,自右向左一次性微差爆破拆除,采用数码电子雷管接力式起爆网络,孔内下设导爆索,孔口采用 2 发数码电子雷管延期起爆时间间隔设定为 25 ms(双传爆网络),全部雷管用 1 根主线以串联形式连接至起爆器,以达到单孔间隔 25 ms 逐孔起爆。

(3) 爆破安全及防护。

① 爆破振动。爆破振动对建筑物的影响^[3]通过经验公式确定:

$$v = K \left(\frac{Q^{1/3}}{R} \right)^\alpha$$

式中 v 为地面质点峰值振动速度, cm/s; Q 为最大一段装药量, kg; R 为计算点到爆破中心的距离, m; K, α 为与爆破方式、装药结构、爆破点至计算点质检的地形、地质条件有关的系数和衰减系数。

该次作业 Q 最大一段装药量小于 15 kg; R 导流明渠上游面(Z3 块结构边线)到爆破点的最近距离为 7.5 m, K 值取 100, α 取软岩石的 2, 计算得到 v 值为: 10.8 cm/s。

按照《爆破手册》中表 10-1-3 爆破振动^[4]安全允许标准中, 新浇筑大体积混凝土在龄期 7~28 d 是安全的, 允许振动速度为 7~12 cm/s, 因此该工程爆破振动安全。

② 作业安全防护^[5]。进行孔口封堵时要密实、连续, 堵塞物中应避免夹杂碎石, 并保证设计堵塞长度。

在雷管联网结束后, 在每个爆破孔孔口采用 20 kg 沙袋压孔, 减少爆破飞石, 确保安全。

拌和楼和砂石加工系统在 300 m 警戒半径内, 但在爆破飞石方向。爆破前将拌和楼和砂石加工系统工作人员撤离。拌和楼设备无需覆盖防护, 将窗体打开, 防止冲击波震动破损。

在爆破范围(水平距离 300 m)内的设备可移动设备和人员全部撤离, 300 m 范围不能撤离的设备采用竹跳板、轮胎等遮盖防护。并安排专人于爆破前 1 d 对附近居民进行告知。

4 爆破拆除施工工艺

4.1 水面上部分拆除

水面以上部分堰体开挖采用倒退法开挖, 边开挖边装车。反铲先开挖块石部分并单独收集、单独装车, 再开挖石渣料, 不同开挖料堆放在不同的场地。进口围堰开挖至 EL1 225、出口围堰开挖至 EL1 221.5 高程以形成钻爆平台。

4.2 钻孔爆破

人工采用 CM351 履带式高风压潜孔钻机钻孔, 每孔均采用测量放样, 使用红色自喷漆精确标注钻孔位置和轴线。人工钻孔前先将孔口两侧清

理干净, 并整理平整, 钻孔时在钻杆旁设置吊线锤, 随时监控钻孔方向。钻孔完成后, 换钻杆依次进行加深作业, 直到设计深度。钻孔完成后由专人对钻孔进行检查, 检查孔深、孔斜, 对于不符合要求的钻孔, 进行补钻。炮孔造孔完成经过检查验收后, 将炮孔逐孔编号, 事先将装药参数(孔号、孔深、装药结构)打印成表, 装药前对作业人员进行详细交底, 并核对孔深、炸药数量、品种、雷管型号, 雷管由专人发放。

4.3 水下拆除

爆破后优先将防渗墙爆破渣体全部清理干净。再将围堰迎水面降低高程开挖至水面以上 50 cm。最后进行水下开挖, 水下开挖由反铲采用倒退法分段开挖, 开挖时首先挖除大粒径料, 不能漏挖。然后沿堰体范围从右向左方向、从水面到水下进行纵向兜底梳状开挖, 并将铲斗放平, 沿明渠底板进行平刮。开挖设备采用 2.0 m³ 反铲大半径作业, 不能站在水中作业。临水边可用开挖大块石填在水下护边, 确保设备开挖基础稳定。

5 结 语

导流明渠出口、进口围堰分别于 2021 年 10 月 15 日、10 月 18 日顺利爆破拆除, 经爆后现场仔细检查, 鱼类增殖站、拌和楼、砂石加工系统和导流明渠衬砌混凝土均没有任何破坏。爆破后渣体块度基本在 60 cm 以下, 清渣顺利, 经水下地形测量, 拆除范围均开挖至设计高程, 导流明渠分流效果良好, 经测算导流明渠分流比达到 80%, 为大江截流创造了良好的条件。

碾压式(混凝土、高喷防渗墙心墙)堆石围堰, 优先拆除防渗心墙背水面石渣, 再完成防渗墙的爆破拆除, 最后拆除围堰迎水面的石渣, 在防渗墙迎水面石渣挡水的情况下, 可确保爆破后在干地将防渗墙爆破渣体全部清理干净, 不留残梗。

实践证明, 一次性微差爆破应用在围堰爆破拆除中既可以提高爆破效果, 又可以减少爆破地震效应、冲击波和飞石危害。为确保围堰拆除至过流面, 爆破应尽可能按高单耗设计, 以保证为大江截流提供良好分流条件。

参考文献:

- [1] 陈靖敏. 向家坝右岸坝后电站下游围堰爆破拆除设计[J]. 西北水电, 2018(05): 56-59.

(下转第 51 页)

表1 IV类围岩常规段部分桩号测量断面最大超挖数据统计表

桩号	1+289	1+290	1+291	1+292	1+293	1+294	1+295	1+296	1+297	1+298	1+299
最大超挖深度/m	1.031	0.749	0.588	0.921	0.655	0.357	0.828	0.898	1.281	0.825	0.637

表2 IV类围岩偏差洞段部分桩号测量断面最大超挖数据统计表

桩号	0+809	0+810	0+811	0+812	0+813	0+814	0+815	0+816	0+817	0+818	0+819
最大超挖深度/m	0.537	0.579	0.774	0.805	0.809	0.650	0.620	0.770	0.627	0.642	0.448

角度,在现场施工条件满足时,尽可能以大角度钻孔施工。确保小导管注浆对下半洞围岩的约束作用,进一步减小地质超挖,控制开挖体型。

(2)加强注浆小导管注浆质量及注浆压力控制,施工过程严格控制注浆压力及水灰比,注浆浆液按照由稀到浓逐级变换,针对碎裂结构围岩等可灌性较好的洞段可适当提高注浆压力等级,确保松散岩层能得到最大范围的加固。

(3)加强下半洞开挖地质预报,针对同一桩号范围内下半洞开挖与上半洞开挖出现围岩变差情况,必要时及时增加注浆小导管施工以进一步加固围岩,确保围岩安全稳定。

6 结 语

注浆小导管具有施工作业不受工作面限制,可在隧洞内多点同时展开,且不占用作业面正常开挖时间,可以实现快速高效施工。通过对比IV类围岩常规洞段下半洞开挖以及IV类围岩偏差段(已施工加强支护措施)下半洞开挖的体型测量断面数据,得出以下结论:

(1)在下半洞开挖之前,对IV类围岩腰部部位进行注浆小导管施工可以极大的控制开挖体型及地质超挖,对确保围岩安全稳定起到极大的作用。

(2)在下半洞开挖施工过程中应加强地质预报,对在下半洞开挖过程中地质条件变差部位及时进行加强支护,确保下半洞开挖安全稳定及开

挖体型。

(3)注浆小导管施工不仅能有效控制洞室开挖体型,减少地质超挖,同时在施工过程中具有可多工作面同时展开、快速、高效、经济等特点。

参考文献:

- [1] 张卫华,孙根江,罗勇.长距离大断面水工隧洞下半洞开挖施工技术研究[J].四川水力发电,2021,40(03):40-43.
- [2] 戴波,吴旭.天生桥一级水电站引水隧洞群开挖施工[J].四川水力发电,2000(03):3-7+94.
- [3] 张金龙,王洪源.黄金坪水电站引水隧洞强卸荷花岗区大洞室不良地质洞段施工[J].水利水电技术,2014,45(05):63-65.
- [4] 陈旭东.天生桥一级水电站4号引水隧洞下半洞开挖爆破设计[J].红水河,1997(04):48-50.
- [5] 孟令滨.引水隧洞施工中遇不良地质段的处理措施分析[J].工程建设与设计,2020(06):122-123.

作者简介:

- 周 强(1991-),男,湖南沅江人,中国安能集团第三工程有限公司,工程师,本科,从事工程项目管理工作;
- 李 凯(1991-),男,江西新余人,中国安能集团第三工程有限公司,工程师,本科,工程项目管理;
- 温哲昊(1992-),男,四川成都人,四川华能泸定水电有限公司,工程师,本科,从事水利水电工程管理工作;
- 杨树仁(1981-),男,四川凉山州人,四川华能泸定水电有限公司,助理工程师,本科,助理工程师,从事征地移民及水利水电工程施工与管理工作。

(编辑编辑:吴永红)

(上接第33页)

- [2] 赵根,黎卫超.水下爆破技术发展[J].爆破,2020,37(01):1-12.
- [3] 黄迪.水下爆破振动对周围建筑物影响研究[D].湖南大学,2019. DOI:10.27135/d.cnki.ghudu.2019.003738.
- [4] 蒋峰.水电站围堰拆除爆破振动控制研究[D].长江科学院,2008.
- [5] 樵平,卜俊锐,张维明,等.两河口围堰拆除爆破[J].爆破,2016,33(04):90-93.

作者简介:

- 何英建(1994-),男,重庆荣昌人,助理工程师,学士,从事水利水电工程施工技术与管理;
- 周 建(1990-),男,重庆合川人,工程师,学士,从事水利水电工程施工技术与管理;
- 喻 健(1990-),男,四川眉山人,助理工程师,学士,从事水利水电工程施工技术与管理;
- 白庆锋(1988-),男,云南昭通人,工程师,学士,从事水电工程机电金结安装管理工作。

(责任编辑:吴永红)