

双江口水电站 300 m 级坝肩开挖质量控制

康向文, 李鹏, 刘成友

(国家能源集团大渡河公司, 四川 成都 610041)

摘要:双江口水电站为大渡河流域水电梯级开发的上游控制性水库工程, 拦河大坝为世界第一高砾石土心墙堆石坝, 坝肩开挖质量好坏直接影响到后期大坝混凝土浇筑及固结灌浆等基础处理工作。为切实做好坝肩边坡开挖质量控制, 依托双江口智慧工程建设, 创新管理方式和管理手段, 针对双江口大坝坝肩开挖制定了一套行之有效的控制措施, 取得了良好的效果。

关键词:坝肩开挖; 质量管理; 控制措施; 质量评价

中图分类号: [TM622]; TV642.4+5; TS190.9

文献标识码: B

文章编号: 1001-2184(2019)增 2-0075-04

Quality Control of 300m Dam Abutment Excavation at Shuangjiangkou Hydropower Station

KANG Xiangwen, LI Peng, LIU Chengyou

(Dadu River Co., LTD, CHN Energy, Chengdu, Sichuan, 610041)

Abstract: Shuangjiangkou Hydropower Station is the upstream control reservoir project of hydropower cascade development in Dadu River Basin, and the dam on the river is the world's highest gravel earth core rockfill dam. The quality of dam abutment excavation directly affects the later dam concrete casting and consolidation grouting and other foundation treatment work. In order to control the excavation quality of dam abutment slope, a set of effective control measures for the excavation of Shuangjiangkou dam abutment has been formulated by relying on the construction of Shuangjiangkou Intelligent Project and innovation of management methods, which achieves good results.

Key words: dam abutment excavation; quality management; control measures; quality evaluation

1 工程概况

双江口水电站是大渡河流域水电规划“3 库 22 级”开发方案的第 5 级, 位于四川省阿坝州马尔康市、金川县境内大渡河上源足木足河、绰斯甲河汇口以下约 2 km 河段, 是大渡河流域水电梯级开发的上游控制性水库工程。工程为一等大(I)型工程。枢纽工程由拦河大坝、泄洪建筑物、引水发电系统等组成。拦河土质心墙堆石坝, 最大坝高 312 m, 坝顶高程 2 510.00 m。

左岸坝肩主体介于勘探剖面横 I 下游侧至横 IV 勘探剖面上游侧间, 整个坡段总长约 300 m, 总体走向 N50°~60°W, 自然坡度 35°~53°, 下游侧为崩坡积物覆盖, 崩坡积物厚度 10.1~32.70 m。左岸坝肩边坡无控制性规模较大的软弱结构面存在, 自然边坡和工程边坡整体稳定。左岸堆石坝心墙沿轴线开挖, 高度约 370 m~380 m, 心墙及

反滤区坝基边坡开挖坡比 1 : 1.15—1 : 1.3。右岸坝肩主体介于勘探剖面横 I 下游侧至横 IV 勘探剖面上游侧间, 基岩裸露, 坡段总长约 340 m, 总体走向 N65~75°W, 自然坡度一般 45~60°, 2 400 m 高程以下基岩陡壁坡度达 70~75°, 坡脚上、下游分布倒石堆, 为块碎石层。右岸坝肩虽发育规模较大的 F₁ 断层, 但其产状陡立, 边坡岩体致密坚硬, 风化弱, 边坡整体稳定。右岸堆石坝心墙沿轴线开挖高度约 350~360 m, 心墙及反滤区坝基边坡开挖坡比 1 : 0.58—1 : 0.8。

以此看来, 双江口水电站坝肩边坡河谷深切, 谷坡陡峻, 开挖高差大, 对工程质量控制是一个很大的考验。因此, 须高度重视双江口水电站坝肩开挖质量控制, 制定切实有效的质量管控措施。

2 质量管理体系

为了贯彻“百年大计, 质量第一”和“质量管理预防为主”的质量管理方针, 确定了“高标准通过

达标投产考核,争创国家优质工程奖”的质量目标,双江口建设分公司组织建立和完善了双江口水电站枢纽工程质量管理体系。

2.1 工程建设管理模式

双江口水电站枢纽工程建设按照国家法律法规和国家基本建设程序要求,严格执行了项目业主负责制、招标投标制、工程建设监理制和合同管理制度。按照工程建设中“业主(含项目管理单位)是核心、设计是龙头、监理是关键、承包商是保证、地方是保障”的关系界定,理顺五方关系。项目建设管理单位采用“5 中心+3 部门”负责枢纽工程建设管理。

2.2 引进专业技术管理

为提升双江口水电站枢纽工程建设质量管理水平,引进试验检测中心、安全监测中心、物探检测中心、测量中心、水情报测中心等专业技术管理中心,授权其代表项目管理单位对枢纽工程建设管理体系和各单位质量管理行为进行全面监督和检查。专业技术管理中心的引进,使得质量管理体系更加完整,工程管控重点更为突出,工程质量管理责任和环节更加明确。

2.3 智慧引领

依托智慧工程建设,创新管理手段,研发质量验评 PDA、安全管理 APP、智能安全帽等应用,促进工程建设管理高效有序;组建双江口水电站大坝工程坝肩开挖 QC 小组,积极开展争优创优和全面质量管理活动,攻关坝肩边坡开挖施工过程中遇到的质量、技术重难点等。

3 工序质量控制措施

3.1 工序质量控制

针对本工程开挖爆破施工特点,制定切实可行、便于操作的质量控制措施。加大对开挖爆破作业的全工序、全过程的监督检查力度,对主要工序实行全过程的跟踪控制。实行工序验收合格证制度,对主要工序都必须由技术人员验收并签发合格证,否则不准进行下一序的施工。根据技术要求和国家规范制定各工序的质量控制标准。对开挖爆破作业进行详细的工序划分,共分为 23 个工序进行控制,如图 1 所示。

3.1.1 爆破设计

钻爆作业施工前,技术人员根据设计开挖断面、开挖分区和施工顺序及施工道路的布置,结合

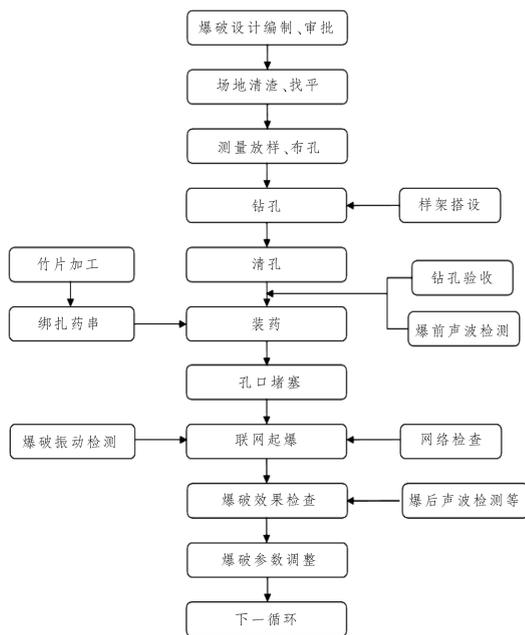


图 1 双江口水电站坝肩开挖爆破工序图

现场实际情况进行爆破设计。参数选择根据上一层开挖爆破所披露的地质情况,分区、段进行参数选定,预裂孔线装药量的调整,并在爆破设计参数表里反应出来。结合现场岩石构造及设计对单响药量、总装药量、爆破速度等参数,开挖总体布置、开挖方式等要求进行爆破设计。不断根据上次对应部位的爆破效果进行爆破参数的优化。使之与现场情况紧密结合,便于前方施工,并通过爆破设计来控制、规划、指导现场开挖施工工作。在爆破设计审批上执行层层把关、层层控制,审批通过以后才报送监理部进行最后的批准。爆破设计批复以后方可组织施工。

3.1.2 钻孔平台的找平清理

开挖范围内大面找平及对虚渣清理,使大面平整且露出岩面,便于布孔及钻机的定位。对该部位的上钻平台严格控制,首先开挖至设计高程;距预裂孔边线 2 m 范围内,大面平整控制在 20 cm;清除表面积水、虚渣和松动岩石,否则开口不易准确,同时避免岩渣掉入孔内,引起卡钻,孔口表面岩石必须垂直于钻杆,否则容易钻机上飘和下沉造成超欠挖,处理方法采用人工修凿或钻机只冲击不旋转,等凿出一个平台以后才进行钻进。

3.1.3 测量放样

预裂孔位测量逐孔进行放点,孔位点与方向点的误差必须在所要求的误差范围之内,保证放

点精度。坝基预裂孔必须对应 1 个方位点,位于孔位点对应的前方,并且距孔位不小于 2.5 m 位置,以保证 QZJ-100B 钻机方位控制的精度。

3.1.4 质控、施工方法技术交底

每一梯段爆破上钻前,由项目总工程师组织技术员、现场管理人员、钻工、爆破工副班长以上人员进行质量控制标准,施工方法,技术措施,计划完成时间的交底。每班上钻前作业队技术人员严格按照爆破设计内容(孔位、孔深、孔距、倾角等),过程控制方法(定位方法、倾角、测量方法、开口、复测方法等)向钻工作详细的书面交底,同时做好清孔、验孔及孔的保护工作。交底工作必须有记录,交底人须在交底记录上签名。

3.1.5 器具检查与校验

3.1.5.1 罗盘、量角器的校验

(1)每班钻孔前施工技术人员必须对当班使用的罗盘、量角器进行校验,校验工作必须在校准板上进行;(2)对使用的罗盘、量角器必须进行编号,并相应标识出误差值,以便在使用过程中进行修正误差值;(3)罗盘、量角器误差值超过 0.5° 必须停止使用;(4)做好检查、校验记录以备检查。

3.1.5.2 钻杆的检查

每班必须对使用于坝基预裂孔造孔的钻杆采用 1m 钢板尺进行检查,严禁使用弯曲的钻杆。

3.1.5.3 托钎器和限位挡板间隙的检查

在钻孔施工的过程中,钻机中下部位的托钎器和限位挡板,有控制孔向的作用,必须经常检查其间隙,间隙大了失去控制作用时,需更换。

3.1.6 造孔

开孔时严禁钻头偏移,使用小冲击少钻进的方法,钻进深度达到 10 cm,经检验合格后方可正常钻进,以后每钻进 0.5 m、1 m,每一根钻杆都要校核一次,各复测一次钻杆中心线顶面的倾角和方向,以了解成孔情况。钻孔倾角控制原则采用罗盘进行初调,以可调性的量角器控制为主,使量角器的线锤指针调整到设计角度;方位控制采用线锤和钻杆确定的三角平面来控制,使线锤与钻杆重合,并在钻机钻进过程中做到 3 m 以内每钻进一根钻杆检查校核一次。3 m 以上每 2~3 根钻杆校核一次。

3.1.7 终孔检查

每一孔造完以后,当班技术员应及时督促清

除孔内的石渣及岩粉,用测斜仪对孔深、孔倾角、方位角进行检查,合格后用编制袋进行堵塞保护。对于不合格孔将其用水泥浆进行填塞,进行返工处理。并填写《周边孔造孔验收记录表》。

3.1.8 验收

每一爆破区域造孔完以后,现场技术员应进行造孔检查验收,并提交验孔资料和造孔平面大样图。检查结束达到造孔质量要求。共同签发《造孔验收合格证》,进行爆破作业申请工作。

3.1.9 装药、网络联结、网络检查

炮工在接到《爆破申请单》和《造孔验收合格证》以后才能进行装药,并严格按照爆破设计执行,对于装药结构、网络形式、单孔药量、单响药量要进行严格控制,严格爆破操作规程和制作工艺,现场技术人员对装药联网的全过程进行控制,对整个网络联结要全部检查,无误后方可进行爆破。

3.1.10 起爆

待网络连接结束并检查无误后,才能准予起爆。

3.1.11 爆破效果分析

为切实提高左、右岸坝肩开挖施工质量,对每一次较大规模的爆破,在爆破完毕后,对爆破效果在现场进行分析总结评定并填写评定表格。根据评定表格对爆破设计进行优化处理、改进,为下次爆破提供更优化的爆破参数。建立开挖爆破技术档案,对于每一次爆破及时进行记录资料的收集、整理、分析、总结并进行归档工作。以不断改进爆破参数,提高爆破施工技术水平。

3.2 过程质量控制

3.2.1 调整爆破参数

(1)针对基岩边坡爆破开挖后存在局部范围松动偏大的情况,明确在下阶段边坡开挖过程中,分别通过调整预裂孔距、单耗药量(单响药量、装药结构等)、爆破梯段高度及三者相互组合,控制爆破效果,提升边坡开挖质量;(2)优化调整期间的每次爆破施工,开展爆破振动监测和建基面爆破松弛深度检测,采集钻孔爆破参数,为调整开挖爆破施工参数提供数据依据。

3.2.2 控制施工环节

(1)强化钻孔作业人员技能培训和指导,合格后方可上岗作业;(2)加强管理措施,实行预裂孔钻孔责任到人(定机、定孔、定人),采取奖罚措施,

对钻孔多次不合格人员予以辞退或调换工作岗位;(3)严格爆破开挖过程工序控制,实行爆破开挖“三准证”制度,即准造孔证、准装药证、准爆破证;监理工程师须严格工序验收,合格后方能进入下道工序施工;(4)严格落实“一炮一设计”、“一炮一总结”,不断提高开挖水平,确保开挖质量满足设计及规范要求。

3.2.3 做好爆破开挖监测及其他工作

3.2.3.1 爆破质点振动速度监测

左右岸坝肩开挖共进行 16 次 141 个测点的爆破质点振动速度监测,开挖坡面质点振速除个别测点超标外,基本上均小于 10 cm/s,开挖爆破控制总体满足设计要求的控制标准。通过爆破质点振动速度监测,适时验证并调整爆破参数,从而控制爆破规模、检验爆破效果,确保爆破质量。

3.2.3.2 爆破松弛深度检测

经跨孔、单孔弹性纵波波速检测,左岸高程 2 340~2 194 m 坝坡爆破松弛深度 0.4~1.9 m,总体平均 1.0 m,爆破松弛层波速 3 542~4 847 m/s,平均波速 4 087 m/s;松弛深度以下波速 3 910~5 410 m/s,平均波速 4 680 m/s。距建基面 1 m、2 m、5 m 范围内的岩体爆前爆后声波波速衰减率分别为 4.5%~12.3%、0.5%~3.1%、0.1%~0.6%。右岸高程 2 360~2 194 m 坝坡爆破松弛深度 0.4~1.6 m,总体平均 1.1 m,爆破松弛层波速 3 589~4 791 m/s,平均波速 4 438 m/s;松弛深度以下波速 3 878~5 510 m/s,平均波速 5 141 m/s。距建基面 1 m、2 m、5 m 范围内的岩体爆前爆后声波波速衰减率分别为 5.2%~9.1%、0.2%~2.8%、0%~1.2%。开挖爆破控制总体满足设计要求的控制标准。

3.2.3.3 安全监测

根据左右岸坝肩表观位移、多点位移计、锚杆应力计或锚索测力计监测成果分析,大坝心墙建基面和坝肩边坡、左岸危岩体和右岸危险源累计变形量值总体较小,锚杆应力水平总体较低,锚索荷载基本稳定,边坡整体处于稳定状态。有效保证了施工期人员设备安全。

4 质量评价

经检测,左岸坝肩高程 2 510~2 340 m,最大超挖 18 cm,平均超挖 12 cm,无欠挖,半孔率 92.5%。左岸坝肩高程 2 340~2 194 m 范围最大

超挖 28 cm,平均超挖 12.3 cm,最大欠挖 10 cm,超欠挖合格率 86.2%~98.7%,平均 97.27%;平整度合格率 82.4%~100%,平均 94.59%;预裂残孔率 61.4%~94.3%,平均 87.28%。

右岸坝肩高程 2 510~2 360 m,最大超挖 20 cm,平均超挖 14 cm,无欠挖,半孔率 90.0%。右岸坝肩高程 2 360~2 194 m 范围最大超挖 27 cm,平均超挖 11.6 cm,最大欠挖 9 cm,超欠挖合格率为 87.5%~98.2%,平均 96.93%;平整度合格率 81.8%~100%,平均 96.03%;预裂残孔率 60.1%~95.01%,平均 91.38%。

根据超欠挖、平整度、预裂孔半孔率等检测结果,坝基开挖体型及外观质量总体满足设计要求。坝肩开挖单元工程质量评定共计单元工程 491 个,合格率 100%,优良率 93.48%,满足规范及设计要求,开挖质量达到了“拱肩槽式”开挖质量效果。

5 结语

双江口水电站坝肩开挖通过建立健全质量管理体系,创新管理模式,智慧引领,综合运用各种检测及监测手段,强化过程质量管控,及时总结提升,达到了“拱肩槽式”坝肩开挖质量效果,为国内同类型工程提供了参考和借鉴。

参考文献:

- [1] 段斌.300m 级心墙堆石坝筑坝关键技术研究[J].人民长江,2018,(1):7-13.
- [2] 孟顺,张国平,周建平.提高拱坝坝肩槽开挖质量的控制措施[J].人民长江,2018,49(24):72-75.
- [3] 李永利,唐茂颖,段斌等.无人机航摄技术在双江口水电站智慧工程建设中的应用[J].神华科技,2018,16(8):65-69.
- [4] 吴杨.两河口水电站坝肩开挖质量控制[J].四川水力发电,2016,(8):101-103.
- [5] 张国平.浅谈杨房沟水电站大坝坝肩槽开挖质量管控要点[J].四川水力发电,2018,(8):173-174.
- [6] 李永利,唐茂颖,段斌等.双江口水电站智能大坝系统建设探索.人民长江,2018.12.28.
- [7] 唐茂颖,李善平,段斌等.双江口水电站智慧工程建设探索与实践[A].四川省水力发电工程学会 2018 年学术交流会暨“川云桂湘粤青”六省(区)施工技术交流会论文集,2018.11.14.
- [8] 明明,陈佳文,刘洋.乌东德水电站坝肩槽开挖施工技术及其质量控制研究[J].科技视界,2018.10.25.
- [9] 张华南.白鹤滩水电站高边坡开挖与质量控制技术应用[J].水利技术监督,2018.9.13.

(下转第 100 页)

[2] 郭进平,新编爆破工程实用技术大全[M].北京:光明日报出版,2012.1325-1350.

[3] 唐军峰,复杂开挖条件下大断面洞室围岩的变形及力学研究[J].北京:地质力学学报,2009.vol.15.No.3. 45-49.

[4] 贵州省岩石力学与工程协会 2013 年度学术交流论文集[A].胡中阔,缓倾角薄层围岩下大断面洞开挖与支护施工[C].昆明市:贵州省岩石力学与工程协会:2013.120-124.

[5] 章朝峰,玛尔挡水电站地下厂房洞室围岩稳定三维有限元分析[J].南昌市:科技市场经济,2017(5).

[6] 王勇,某电站地下厂房洞室围岩稳定性研究[J].北京:低碳世界;2016,(13):73-75.

[7] 张福宏,大楔形掏槽在隧道全断面开挖中的应用[J].乌鲁木齐:西部探矿工程;2001,(2):47-51.

[8] 刘国山,楔形掏槽爆破技术在青岛滨海公路仰口隧道全断

面开挖中的应用[J].科技创新导报,2010,(1):32-35+65

作者简介:

林开盛(1983-),男,汉族,福建上杭人,工程师,学士,现于国电大渡河流域水电开发有限公司从事水电工程建设技术及其管理工作;

涂胜(1973-),男,汉族,湖北宜昌人,高级工程师,学士,现于中国葛洲坝集团第一工程有限公司,从事水利水电工程施工爆破技术工作;

李鹏鑫(1993-),男,汉族,甘肃陇南人,助理工程师,学士,现于中国葛洲坝集团第一工程有限公司从事水利水电工程施工工作.

(责任编辑:卓政昌)

(上接第 75 页)

[10] 胡振邦,沈凯,彭冰.某坝肩边坡开挖优化设计方案研究.水利与建筑工程学报.2017.8.15.

[11] 涂扬举.建设智慧企业 推动管理创新[J].四川水力发电.2017.2.15.

[12] 段斌,李善平,严锦江等.300m 级心墙堆石坝可研阶段坝坝关键技术研究[J].西北水电.2017.3.14.

[13] 张世殊,杨建,田雄等.大渡河双江口水电站区域构造稳定性评价[A].2011 年全国工程地质学术年会论文集.2011.8.3.

[14] 张继宝,陈五一,李永红.双江口土石坝心墙拱效应分析

[J].岩土力学.2008.11.10.

[15] 许峰.金沙江叶巴滩水电站左坝肩岩体质量评价[J].成都理工大学.2014.5.1.

作者简介:

康向文(1981-),男,湖南新化人,高级工程师,硕士,主任工程师,主要从事水电工程建设项目及技术管理工作;

李鹏(1980-),男,湖北钟祥人,高级工程师,硕士,副总经理,主要从事水电工程建设项目及技术管理工作;

刘成友(1990-),男,河南商丘人,硕士,专责,主要从事水电工程建设项目及技术管理工作.

(责任编辑:卓政昌)

(上接第 80 页)

双江口水电站高坝泄洪消能研究成果较为丰富,并明确了实施阶段泄洪系统工程技术研究方向和主要内容。以上研究成果和思路,为双江口水电站泄洪系统建设奠定坚实的技术基础,可供 300 m 级高坝泄洪建筑物设计和建设参考借鉴。

参考文献:

[1] 孙双科.我国高坝泄洪消能研究的最新进展[J].中国水利水电科学研究院学报,2009,(02):249-255.

[2] 戴会超,许唯临.高水头大流量泄洪建筑物的泄洪安全研究[J].水力发电,2009,(01):14-17.

[3] 谢省宗,吴一红,陈文学.我国高坝泄洪消能新技术的研究和创新[J].水利学报,2016,(03):324-336.

[4] 郑林平.国内泄洪隧洞洞内消能工的研究及应用进展[A].中国水力发电工程学会水工及水电站建筑物专业委员会.2004 年水工专委会学术交流会议学术论文文集[C].中国水力发电工程学会水工及水电站建筑物专业委员会:,2004:6.

[5] 王晓鹏.我国高坝泄洪消能研究现状[J].中国水运(下半

月),2015,(05):164-165+167.

[6] 李善平,段斌.建设中的世界第一高坝——双江口心墙堆石坝[J].Engineering,2016,(03):30-33.

[7] 陈五一,余挺,李永红等.四川大渡河双江口水电站可行性研究报告[R].中国电建集团成都勘测设计研究院有限公司.2014.

[8] 张岩,肖培伟,邢丹.双江口水电站泄洪系统的关键技术问题及解决方案[J].四川水力发电,2017,(02):140-143.

作者简介:

严沁之(1992-),男,四川汉源人,工学硕士,助理工程师,主要从事水电工程建设技术和管理工作的;

邹婷(1992-),女,湖北天门人,工学硕士,助理工程师,主要从事水电工程建设技术和管理工作的;

段斌(1980-),男,四川北川人,工学博士,高级工程师,主要从事水电工程建设技术和管理工作的;

雷厚斌(1983-),男,重庆渝北人,工程硕士,高级工程师,主要从事水电工程建设技术和管理工作的;

魏雄伟(1987-),男,湖北天门人,工学硕士,工程师,主要从事水电工程建设和技术管理工作.

(责任编辑:卓政昌)