

阿尔塔什面板坝 600 m 级高陡边坡防护 施工技术研究

李 乾 刚， 石 永 刚， 孙 晓 晓

(中国水利水电第五工程局有限公司,四川 成都 610066)

摘 要:阿尔塔什面板坝右岸 600 m 级高陡边坡地质条件复杂、治理区域分散、岩体较为破碎、断层分布且节理裂隙发育,易引发各种工程安全问题。介绍了根据施工需要、利用软件及现场试验深入研究边坡稳定中存在的不确定性因素、提出合理的加固处理方案和措施过程,保障了高边坡防护处理进度,有效减少了高边坡作业的安全隐患。

关键词:高陡边坡;防护;研究;阿尔塔什面板坝

中图分类号:TV7;TV52;TV51 **文献标识码:** B **文章编号:**1001-2184(2019)03-0008-04

Construction Technology Study on 600m High and Steep Slope Protection at Aertash CFRD Project

LI Qiangang, SHI Yonggang, SUN Xiaoxiao

(Sinohydro Bureau 5 Co., LTD, Chengdu, Sichuan, 610066)

Abstract: The geological condition of 600m high and steep slope on the right bank of Aertash CFRD is complex with scattered governance areas, fractured rock mass, fault distribution and joint fissure developing which may cause various engineering safety problems. Base on construction needs, this paper introduces intensive study on uncertain factors in slope stability by applying software and field tests, and proposes reasonable reinforcing scheme and treatment measure processes to ensure high slope protection work progress as well as effectively reduces safety hazards during high slope construction.

Key words: high and steep slope; protection; study; Aertash CFRD Project

1 概 述

阿尔塔什水利枢纽工程水库正常蓄水位高程为 1 820 m,最大坝高 164.8 m,总库容为 22.4 亿 m³,属大(1)型 I 等工程。阿尔塔什水利枢纽坝址处地层岩性较为单一,主要由海相沉积的石炭系灰岩和白云质灰岩组成,强度高。坝址处的叶尔羌河自西向东流,河道较顺直,河谷狭窄,两岸山顶高程为 2 050~2 250 m,山体高峻,具备修建高坝大库的地形条件。坝址两岸大部分基岩裸露,河谷呈不对称的“U”型,右岸坡陡峻,坡高为 565~610 m,岸坡自然坡度在 1 960 m 高程以下为 50°~55°;以上为 75°~80°,局部陡立,自然边坡整体稳定。右岸岩体强风化层的水平深度一般为 1~2 m,弱风化层的水平深度为 15~20 m,其岩体表强风化层、不稳定岩体及松动岩块的存在与高陡地形为崩塌落石的发生提供了条件。

笔者针对以上实际情况进行了地质分析:

- (1)边坡内发育起控制作用的 F9 断层。尽管其反倾坡内,但 F9 断层的核部及其影响带范围厚约 20~30 m,该范围内的岩体以角砾岩、胶结的糜棱岩和断层泥为主,具有力学性质差、遇水易软化的性质。当水库蓄水至正常蓄水位高程 1 820 m 时,F9 断层的大部分将位于库水位以下,在水的物理化学作用下软化或被侵蚀,进而有可能使边坡上部的岩体处于悬空而导致失稳。
- (2)右岸高边坡因无大规模的顺层结构面,在天然条件下整体稳定性较好。施工期由于面板坝趾板的开挖,对边坡下部形成了切脚,形成了一个高约 90 m 的人工边坡。水库蓄水后由于边坡内部水文地质条件的改变,其稳定性必然会受到影
- (3)边坡内部卸荷裂隙、岩层层面等结构面十分发育,在边坡表面形成了大量、体积大小不等的

潜在不稳定块体。危岩体处理需进行的开挖施工主要集中在堆石坝面板正上方区域,一旦发生滑塌失稳破坏,必将对其下部的趾板造成严重威胁,进而直接影响到大坝的正常运行。

2 针对落石进行的研究

边坡中处于稳定状态的岩体受到外界自然因素的影响,从稳定状态逐渐发展变化为不稳定状态,最后从边坡上滚落,在其滚落过程中的破碎情况、能量变化、冲击力和最终停止位置等均为落石运动研究的重要因素。施工过程中,工程技术人员主要关心的是落石滚落后的最终位置,以便依据落石距离划定危险区域,保障边坡下部大坝填筑过程中的安全。

在边坡由上而下的开挖过程中,对于落石危害,工程技术人员利用 Rocfall 数值模拟分析软件对落石运动轨迹进行了研究。通过控制以下参数:落石起始高程、落石所在区域的剖面、落石质量进行了现场落石统计分析试验,确定了最大位移距离,最终依据研究结果划定危险范围。

落石位置为现场施工中危岩体的开挖部位,主要为坡顶的 W1~W9 位置处。图 1、2 中的纵坐标 0 点处为实际高程 1 670 m 处,横坐标 0 点处为坡角处,落石质量选取 50 kg 和 500 kg 进行数值计算,分析了模拟 100 个石头落下时的轨迹,分析结束后统计其最终停落位置,落石运动轨迹见图 1、2。

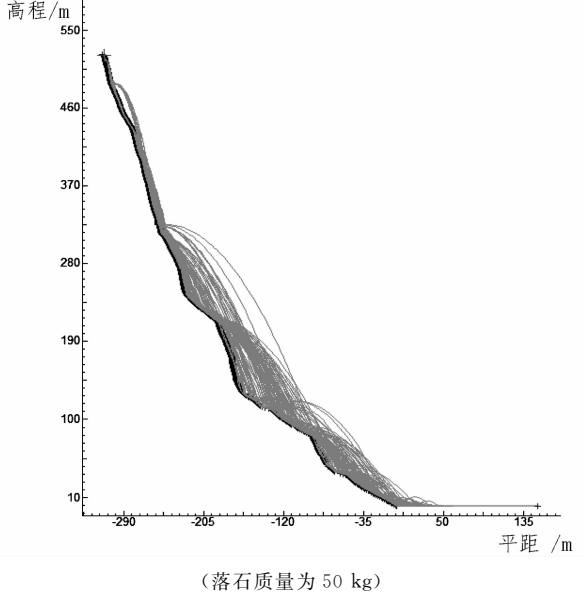


图 1 剖面落石运动数值计算结果图

开挖坡顶危岩体时,工程技术人员对各剖面的落石运动进行了分析,得到了落石质量为 50 kg 和 500 kg 时的落石运动距离计算结果(表 1)。

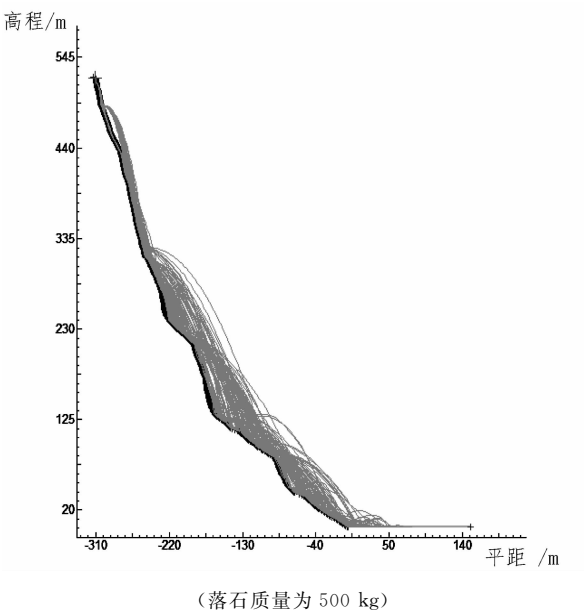


图 2 剖面落石运动数值计算结果图

表 1 落石起始位置在坡顶时各剖面落石运动距离计算结果表

剖面编号	质量/kg	最小距离/m	落石量累计达 80% 的距离 /m	最远距离/m
14—14	50	30.7	52	84
	500	20	52	73.3
18—18	50	23	83.6	109.7
	500	14.4	75	101
22—22	50	17.9	58.3	85.3
	500	17.9	58.3	71.8

从表 1 中的计算结果可以看出,落石运动的最大水平距离达 109.7 m,其余都在 100 m 范围内。在坡顶进行开挖时,工程技术人员依据各剖面落石最大的运动距离在现场划定了危险区域,较好地保证了施工安全。

3 综合治理方案的研究

3.1 边坡危岩体开挖

在对阿尔塔什水利枢纽右岸高边坡实地勘察与测量的基础上,工程技术人员对测量到的危岩体进行了分区与方量估算,确定了 31 个危岩体以及边坡表面的浅层卸荷体,总处理方量约为 70 万 m³。由于右岸高边坡较陡,开挖面狭窄,根据右岸危岩体分布特点及面板坝右岸高边坡处理原

则,为避免机械、人员在其上部施工时存在整体滑塌风险,采取沿山脊顶部自上而下分区分层开挖及支护的方式。坡面部位采取光面爆坡施工以增加坡面的平整度及岩体的整体性。同一层面的开挖支护施工按照“先开挖、后主被动网封闭跟进、同步下降”的方式进行。

3.2 主动网封闭

结合边坡危岩稳定分析结果和危岩体群开挖方案,最终确定的落石防治方针为:以主动防护为主,被动防护为辅。主动防护系统采用柔性支护,以钢丝绳网为主,其具有覆盖包裹作用,可以控制边坡上岩石的运动,能够很好地防止小体积岩块的掉落。被动防护网的组成有环形网、固定系统、减压环和钢柱四个部分,组合成一个整体后将形成区域防护,具有一定的抗冲撞、消减落石能量的能力,其能力大小主要取决于钢丝绳网的韧性、钢柱和锚固的强度。

以主动防护为主(高程1 910~2 230 m,从坝轴线上游65 m向上游方向延伸240 m布置)与被动防护相结合(高程1 820~2 000 m,从坝轴线上游40 m向上游方向延伸290 m布置4道被动网)。对于坡面上由未查明的小型危岩和由结构面切割形成的随机块体采用被动防护措施进行支护。

3.3 边坡加固处理措施

高陡边坡的加固对工程起到了至关重要的作用,所采用的主要加固方法包括锚、喷、灌、换、护、排等。

(1)在右岸高边坡高程约1 860~1 910 m范围布置了2 000 kN级有粘结预应力锚索,锚索间排距为5 m×5 m,锚索长度为30 m、35 m,间错布置,下俯15°;在高程约1 960~2 000 m范围W19(W20)危岩体处设置1 000 kN级预应力锚索,锚索间排距为5 m×5 m,锚索长度为35 m、40 m,间错布置。

(2)右岸高边坡高程1 820~2 230 m范围内挂网锚喷。砂浆锚杆长4.5 m、锚固长度为4.4 m,间排距3 m,锚杆拉拔力为100 kN;挂网钢筋间排距为0.2 m;喷C30混凝土,厚度为0.1 m。

(3)右岸高边坡高程2 000~2 230 m范围内设置间排距为6 m、长度为10 m的预应力锚杆,张拉力为150 kN。

(4)在边坡喷护范围内设置排水孔,孔径42 mm,间排距4 m,孔深3 m,仰角15°,与锚索及锚杆错开,梅花型布置。

3.4 F9断层和卸荷裂隙的综合治理

对F9断层影响带一定范围内的碎裂岩体进行了灌浆处理并对断层核部混凝土洞塞进行置换。对断层进行置换之前,对破碎带范围内进行了灌浆处理以提高断层影响带内岩体的整体性与变形模量。由于F9断层核部较宽且为糜棱岩,极易风化,因此,对坝轴线上游至趾板处出露的F9断层在出露面采用C25混凝土塞封闭。影响带核部置换情况见图3。

4 分梯段防护施工措施

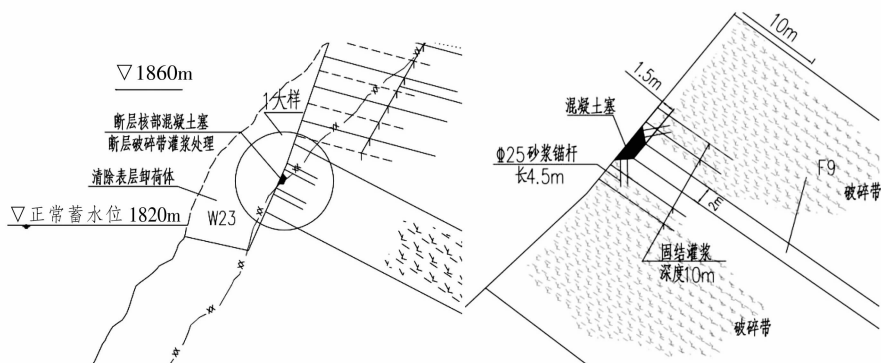


图3 F9断层灌浆处理、核部置换示意图

(1)施工道路的布置。

为满足高边坡处理的施工条件,施工人员的交通主要利用布置在右岸下游侧的安全检查通道以及边坡上随施工进展搭设的平行通道。水平栈

桥通道宽度按照2 m进行设计,通过设置水平和斜向插筋与12#槽钢结构焊接,斜向槽钢为利于受力,其外露部分与主要受力槽钢焊接,焊缝长度、宽度等指标需满足相关规范要求,以确保结构

的稳定性。栈道外侧设置防护栏杆,高度不得低于 1.2 m,栏杆等间距刷红白相间的油漆并挂设安全网对栏杆进行封闭。

(2) 简易索道的设置。

防护材料采用简易索道运输,索道锚点设置在边坡上,通过对索道覆盖范围、卷扬机工作效率和索道群经济合理性进行计算,确定了“下锚点固定、上锚点可动”的布置原则,采用单下锚点多上锚点的布置形式设置主、副索道并增加了安全防护措施,施工人员使用双安全绳加安全防坠器的双保险装置。施工过程中,钻机、工具、钻杆等机具采用安全绳单独进行固定,防止出现物体坠落打击。

(3) 施工排架的设计。

为有效解决右岸边坡高陡开挖之后无马道、后期支护过程中施工难度大等问题,有针对性的开挖脚手架搭设平台,平台高差不超过 50 m 并进行加固处理,以保证所搭设的脚手架下部基础稳定,然后再以平台为基础,搭设一定高度后再在边坡岩体上钻设锚杆,由支撑锚杆和落地杆承受荷载。排架立杆步距采用 1.6 m,立杆横向间距为 1.5 m,立杆纵向间距为 1.5 m;采用 $\phi 48.3 \times 3.6$ mm 的钢管搭设,结构为三排,最内侧的立杆距岩面 0.3~0.5 m,当其距离超过时增设立杆,其横向搭建宽度不小于 3 m,纵向的长度依据支护范围确定。

(4) 安全监测设施。

对高边坡各区支护制定了相应的安全监测措

施,减少了施工区域及区域下方大坝填筑施工存在上下交叉作业、相互干扰的情况,安设了一台自动报警测风仪和一套防雷装置,安装了 300 万像素(50 倍变焦)高清网络球机对右岸高边坡施工进行 24 h 监控,以保障施工安全。

5 结 语

阿尔塔什面板坝右岸高陡边坡地质条件复杂、治理区域较分散、岩体较为破碎、断层分布且节理裂隙发育,容易引发各种工程安全问题。该工程通过科学分析,确定了高边坡施工处理原则和总体方案并采取了与之相适应的边坡防护处理技术,进行了有效的施工,保障了高陡边坡施工处理工期,进而保证了主体工程施工进度,减少了高边坡施工对下部大坝填筑、面板浇筑过程中的危害,有效地解决了边坡处理过程中坡下施工的安全问题。

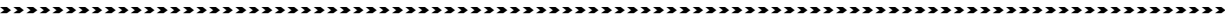
参考文献:

[1] 李万奎.激光扫描在阿尔塔什右岸高边坡稳定性分析中的应用[J].水利与建筑工程学报 2011,9(2):66—72.
[2] 秦定龙,田 洪,杨福蓉.长河坝水电站工程特陡高边坡开挖施工技术[J].水力发电,2010,36(10):32—34.

作者简介:

李乾刚(1988-),男,河南商丘人,项目工程技术部副主任,助理工程师,从事水电工程施工技术与管理工作;
石永刚(1992-),男,陕西西安人,助理工程师,从事水电工程施工技术与管理工作;
孙晓晓(1995-),女,四川达州人,助理工程师,从事水电工程施工技术与管理工作。

(责任编辑:李燕辉)



水电五局再添 60 项中国电建施工工法,创历史新高

1 月 28 日,中国电建集团公司发文表彰了 2018 年度中国电建施工工法,由水电五局申报的《无人驾驶振动碾自动碾压施工工法》《超低能耗建筑土建及气密性检测施工工法》《BIM 仿真模拟大直径盾构机盾体安装施工工法》《高速铁路短距离有砟轨道道床快速一体化施工工法》《高速公路陡坡地形异型截水沟施工工法》等 60 项工法榜上有名,再创历史新高,标志着公司施工工法的开发水平取得了新的突破。其中《无人驾驶振动碾自动碾压施工工法》《超大型沉井施工工法》《碾压式土石坝碎石心墙填筑施工工法》3 项工法获得推荐申报国家级工法的资格。据悉,2018 年度集团公司公布的施工工法共计 397 项,推荐申报国家级工法的有 14 项,水电五局获评中国电建工法数量和推荐申报国家级工法数量均名列第一。

创新驱动未来,水电五局上半年再添 98 项专利

2019 年伊始,水电五局知识产权工作捷报频传,上半年再添 98 项专利。由公司自主研发的《一种砂砾石覆盖层集成式固结灌浆施工方法》《一种平面定轮闸门定轮孔的加工方法》等 4 项成果获得了发明专利授权;《一种竖井滑模混凝土压光装置》《一种高墩大跨径钢箱梁平移装置》《泄洪洞洞身衬砌混凝土智能化养护系统》等 62 项成果获得了实用新型专利授权;《全自动击实仪》《一种砾石土洗筛装置》等 4 项成果获得外观设计专利授权,共计 70 项专利,再次创下历史新高,充分彰显了公司的创新能力。