

甲米一级水电站闸坝及引水隧洞施工技术方案综述

邓 鹏

(中国水利水电第七工程局有限公司,四川 成都 611730)

摘 要:甲米一级水电站闸坝基础为砂卵石、粉细砂,引水隧洞1#、2#、3#支洞均处于泥石流冲沟内,安全隐患十分突出。隧洞岩性为砂岩、泥岩与页岩、炭质页岩,部分洞段夹煤层及煤线,节理裂隙发育,结构面多卸荷、微张,岩体完整性差,具碎裂结构,以IV、V类围岩为主。通过采取有效的施工技术方案,节省了工期,降低了工程成本。

关键词:甲米一级水电站;施工技术方案;工期;工程成本

中图分类号:

文献标识码: B

文章编号:1001-2184(2013)06-0037-04

1 工程概述

甲米一级水电站位于四川省凉山州盐源县盐塘河干流甲米河上,取水枢纽位于盐塘河甲米村上游约5.3 km,距县城约54.7 km;厂区位于桃子乡跨棉村,距盐源县城约67 km,距西昌市区约220 km,盐泸旅游公路沿盐塘河于电站河对岸通过,交通方便。电站系具日调节功能的引水式电站,装机容量 3×12 MW,设计水头90 m,设计引用流量 $45.45 \text{ m}^3/\text{s}$ 。电站枢纽建筑物由首部枢纽、引水系统、厂区枢纽三部分组成。引水隧洞接进水口,首端底板高程2 146.65 m,隧洞设计纵坡为1.725‰,隧洞断面为马蹄形,开挖直径上半圆为6.2 m,下半部分侧拱半径为6.2 m,圆心角 30° ,底部为平底,底宽4.36 m。

2 地质条件

甲米一级水电站闸坝为砂卵石软基础,隧洞岩性为砂岩、泥岩与页岩、炭质页岩,部分洞段含夹煤层及煤线,常年性流水的瓦波拉达沟在其附近通过。瓦波拉达沟为泥石流沟,每年均发生不同规模的泥石流,地下水沿陡倾结构面下渗产生集中涌水、渗水。其中0+000~1+300段长1 300 m。围岩为三叠系中统白山组(T2b)灰岩、白云质灰岩,洞线基岩垂直埋深65~166 m。岩体结构松散,节理裂隙发育,具碎裂结构,以V类围岩为主,属不稳定围岩。桩号1+300~1+545段长245 m,围岩为三叠系中统盐塘组(T2y)长石岩屑砂岩、泥质灰岩、灰紫色粉砂岩夹长石石英砂岩,垂直埋深97 m,岩石呈弱风化,节理发育,地

面为一冲沟。岩体完整性差,具碎裂结构,以V类围岩为主,属不稳定围岩。桩号1+545~3+206段长1 651 m,围岩为三叠系中统盐塘组(T2y)含云母灰岩、长石岩屑砂岩与灰色粉砂岩互层,夹长石砂岩和砂砾岩,部分盐塘组泥灰岩夹紫灰色粉砂岩,节理裂隙发育,地表局部地段坡度较缓,地下水活动强烈。该段围岩完整性较差,多具碎裂结构,出露后极易泥化,围岩类别以IV、V类为主。桩号3+206~5+037段长1 831 m,围岩为三叠系下统青天堡组(T1q)紫色、灰绿色岩屑长石砂岩,夹同色泥岩、砾岩,岩石为强风化,节理发育,地面为一冲沟,地下水活动强烈。该段围岩类别以IV、V类为主,围岩稳定性极差,出露后极易泥化。桩号5+037~5+794段长757 m,该段地层为二迭系上统乐平组(P2L),岩性为中~薄层状砂岩,泥岩与页岩、炭质页岩互层,夹煤层及煤线,岩体破碎,稳定性差,地下水较发育,地质条件较为复杂。

3 闸坝工程施工技术优化方案

甲米一级水电站闸坝主要优化项目为右岸边坡开挖施工、围堰防渗技术处理、防渗墙轴线调整、左岸公路保通方案。这些优化项目的实施,不仅降低了工程施工成本,而且大幅度缩短了工期,确保了闸坝工程安全度汛。

3.1 坝轴线调整

甲米一级水电站闸坝工程右岸边坡岩石裂隙发育,开挖开口线高程为2 158 m,开挖高度52 m,山体陡峭,反铲无法到达作业面,只能采用人工撬撬开挖,开口线以上岩石相互切割,高处倒悬

收稿日期:2013-10-25

岩石多,稳定性较差,安全隐患大,支护工程量大,闸坝度汛目标无法完成;合同单价低,属于潜在亏损项目。通过实地踏勘,项目部建议业主、设计将坝轴线下移了42.25 m,避开了高边坡开挖,仅需对坡面松散岩体进行清撬,采取锚喷支护,进而为闸坝工程节约了3个月工期。

3.2 围堰防渗

甲米一级水电站围堰基础防渗原方案为高喷防渗,该工程围堰分两期施工,一期围堰设计长度240 m,二期围堰设计长度180 m,围堰堰体及堰基均为砂卵石。由于本工程围堰顶部至基坑最深处仅10 m,采用高喷防渗方案施工工期较长,材料消耗较大,水泥浆流失较大,成本较高,且因振冲桩工程量较投标时成倍增加,采用高喷防渗方法在工期和资金方面均不能满足项目要求。项目部根据围堰堰基及堰体地层特性,基于振冲法和高压喷射注浆法对振冲器进行了技术创新改造,形成了一种新的方法——气浆振冲注浆,该方法具有振冲法成孔快、高压喷射注浆法良好的加固效果,其有效桩径均高于振冲法及高压喷射注浆法,能够更有效的止水或提供更高的复合地基承载力;相对于高压喷射注浆法,其在设备、资金、材料投入上相对较少,施工成本低,工序简单,易于操作,缩短了工期,水泥浆液流失相对较少,在环保上具有明显的优势。该项目经过优化后,一期围堰施工时间为9 d,施工工期提前了30 d,二期围堰施工时间为6 d,施工工期提前了25 d,基坑抽水量控制在 $300 \text{ m}^3/\text{h}$ 以内。

3.3 防渗墙轴线调整

甲米一级水电站闸坝基础防渗墙为悬挂式,其设计布置位置在闸室底板,闸坝的施工顺序为基础振冲桩施工、防渗墙施工、闸坝基础开挖、闸坝混凝土浇筑,按此顺序施工,只有到4月份才能进行混凝土浇筑而无法满足闸坝度汛要求,因此,必须对施工项目进行优化。经与设计沟通并论证后,将防渗墙轴线位置调整到上游铺盖,方案调整后,防渗墙与闸室混凝土可同时施工,节约工期45 d。

3.4 左岸公路保通方案

甲米一级水电站左岸盐泸公路为旅游干线,车流量较大,为保证施工期间通行安全,原设计为人工挖孔灌注桩,灌注桩深度为10~15 m,该处

基础为砂卵石、堆石混合体且地下水丰富,但人工挖孔桩实施难度大,工期长,成本高,安全风险大。通过勘测,采取了以下措施:增加该部位振冲桩,间排距由原设计的 $2 \text{ m} \times 2 \text{ m}$ 调整为 $1 \text{ m} \times 1 \text{ m}$;对公路基础实行固结灌浆;分段开挖并及时浇筑贴坡混凝土;实行交通管制,单车道通行,设置沉降观测点;在闸室底板浇筑完成、左岸7#边墩浇筑2.5 m高后,施工小孔灌注桩。

4 引水隧洞工程施工技术方案

引水隧洞岩性为砂岩、泥岩与页岩、炭质页岩,部分洞段夹煤层及煤线,节理裂隙发育,1#支洞控制段下游至2#支洞控制段上游洞线附近一定范围的山体受1976年两次中强地震(6.2~6.7级)的影响较严重,导致洞室围岩裂隙贯通性提升,岩石完整性变差,岩体向松弛或半松弛状态转化。桩号K2+680~K2+385段与地震滑坡体水平距离仅为26.5 m,且该洞单头最长施工长度为1550 m,每条支洞均为倒坡,通风散烟、抽排水难度大。

4.1 塌方应对处置方案

由于隧洞岩性为砂岩、泥岩与页岩、炭质页岩,通透性差,预先通过超前灌浆措施增加围岩自稳能力、延长自稳时间的效果并不明显,开挖支护时或开挖后变形、塌方较多。

4.1.1 一般塌方的处理

中小型塌方是指隧洞顶拱发生垮塌,在地下水的作用下无法自稳、随时掉块,采取常规手段施工无法保证施工机械和人员安全。对于此类塌方,采取了以下施工方案:

(1)回填开挖渣料,采用反铲挖掘机将渣料向垮塌空腔逐层回填。

(2)紧贴拱架下部用手风钻造孔后安装注浆小导管,孔深不小于4 m、间距40~50 cm、排距20 cm,第一排沿拱肩布置的仰角控制在 10° ;第二排仰角不小于 45° 。注浆小导管采用 $\varphi 42$ 的钢管制成,按梅花状布设出浆孔,前端制成锥体状。

(3)采用C20喷射混凝土对堆渣体进行封闭,达到一定强度后灌注水泥浆,灌浆压力为0.2~0.3 MPa,在浆液内加速凝剂,注浆至返浆即停;若不采用注浆方式,也可采用泵送混凝土回填。

(4)分上下半洞采用台阶法进行开挖,单循环进尺控制在60 cm。然后采用I14工字钢拱架

支撑,挂钢筋网并喷射 C20 混凝土封闭,钢支撑接头部位焊接钢板并采用螺栓连接,钢支撑基脚座落在坚硬的基础上以满足受力要求。

4.1.2 较大型塌方的处理

较大型塌方处理分两类:一类为塌方岩石为碎裂体,伴随较大涌水,粒径小于 50 cm;另一类塌方岩石为大块体,施工条件复杂。

(1) 第一类塌方处置措施。

该类塌方发生在 1#支洞控制段下游,涌水塌方段 K1 881 ~ K1 893.5 为红色泥岩夹泥层,层状向左侧呈 60° 倾角并与右边墙呈楔形切割,遇水泥化,伴有较大涌水,涌渣基本呈碎粒状结构,绝大部分粒径小于 10 cm,采取的应对措施为:

①排水供电措施:根据特大、较大涌水的施工预案,在涌水出现后,由支洞口向引水隧洞内安装了 $\varphi 108$ 、 $\varphi 159$ 各一趟排水管,在排水管未形成之前,利用 $\varphi 108$ 供风管作为临时排水管使用。将支洞上下游工作面供电线路分开,以减少各工作面用电负荷。

②塌方处理:先对已出现开裂部位锁口,保证塌方影响段不至于继续扩展;然后将 $L = 6$ m 的 $\varphi 89$ 钢管、 $\varphi 48$ 钢管加工成花管,分别采用挖机、手风钻将 $\varphi 89$ 钢管、 $\varphi 48$ 小导管按不同角度推入渣体及垮塌边墙范围内且使小导管置于设计边线以外,外露 50 cm 并分类编号标识,小导管间排距为 30 ~ 60 cm;封闭渣体,堵塞塌方孔口,采用水泥浆-水玻璃注浆,固结塌方体及设计线外的岩体;最后进行开挖支护施工。

(2) 第二类塌方处置措施。

该类塌方发生在 3#支洞控制段上游 K5 + 012 ~ K5 + 038 段,距离 3#支洞交叉口 900 m,距离 2#支洞交叉口 1 500 m,采取大管棚工程技术方案。由于洞内存在钢模台车、满堂架混凝土衬砌、回填固结灌浆、底板保护层开挖多工序交叉作业,且因该洞为瓦斯隧洞,各工序相互制约,通风散烟十分困难,安全隐患大,较之常规大管棚方案实施难度更大。

①通风:在洞内增设一台风机,增加空气流通速度,在作业面局部设置风扇加强通风。

②在回车道布置一套灌浆系统与洞外的灌浆系统接力,解决了长距离灌浆压力不足的问题。

③在大管棚内设置 3 $\varphi 22$ 钢筋束,以增加管

棚刚度。

④受混凝土浇筑影响,空间狭窄,将风管理入混凝土内,待管棚施工完成后再回填混凝土。

⑤管棚施工仰角为 2° ~ 5°,上游部分进入已浇筑顶拱混凝土 2 m。

4.2 瓦斯防治方案

3#支洞控制段上游开挖进尺到 K5 + 794 时出现煤层,煤层厚度为 0.1 ~ 1.5 m,在未通风情况下,用瓦检仪对 3#支洞控制段上游掌子面进行了瓦斯检测,瓦斯浓度高达 10%,二氧化碳浓度为 0.56%,后进行通风测试,瓦斯浓度降为 0.26%,二氧化碳浓度为 0.1%,属高瓦斯隧洞。对此,采取了以下措施:

(1)成立瓦斯安全生产监督管理办公室,配置专业瓦斯检测员,瓦斯检测仪 24 h 全程监控。检测频率:每隔 0.5 ~ 1 h 检查一次。

(2)配置 1 台 2 × 55 kW 鼓风机,有效供风能力为 2 000 m³/min,采用 24 h 不间断连续供风,隧洞施工通风风机采用防爆型,设两路电源并备 300 kW 柴油发电机,当系统电源停止供电时,发电机电源在 15 min 内启动,在掌子面增设 3 kW 局部风扇。

(3)隧洞开挖以短进尺、弱爆破为原则,开挖进尺控制在 1.2 m 内,炸药单耗量控制在 0.8 ~ 1 kg/m³。整个爆破作业过程实行“一炮三检制”。开挖后立即将岩石开挖面进行封闭。

(4)爆破器材选用 3 级煤矿许用岩石乳化炸药,雷管使用延时 130 ms 以内、段位 1 ~ 5 段的煤矿许用电雷管,起爆器使用 200 型防爆起爆器。

(5)机电设备改造:在支洞口安置矿用低压变压器,洞内安装防爆电缆(VV3 × 120 mm² + 1 × 70 mm²)。照明采用 ExdI 型矿用防爆照明灯,操作工人采用 KL205 型矿灯。对洞内施工的机械均安装排气管、阻火器、防爆开关、过热保护装置、温度检测报警装置并涂刷摩擦防火花涂层,加强日常保养维护。

(6)对所有施工作业及管理人员进行瓦斯安全技术培训。进洞作业人员必须穿棉质工作服,配置专用矿灯、矿帽、矿鞋。

4.3 隧洞施工工期保证方案

隧洞衬砌后底宽 4.36 m。由于施工机械无法双向通行,原方案为 500 m 设置一个回车道,但

围岩状况、地下水条件、道路状况均不能满足开挖、混凝土浇筑施工工期要求,因此,必须采取有效措施确保工程进度。

4.3.1 增设回车道、错车道

工期控制点主要在机械运转时间。根据施工统计分析,开挖期间,在资源配置足够的情况下,在距错车道80 m洞段每茬炮(循环进尺2.5 m)出渣时间为2 h左右;在距错车道100 m洞段每茬炮(循环进尺2.5 m)出渣时间为3 h左右;在距错车道150 m洞段每茬炮(循环进尺2.5 m)出渣时间为5 h左右。因此,根据各作业面的实际情况,按160~200 m布置一个错车道,按160~200 m布置一个回车道,错车道与回车道间隔布置;在混凝土浇筑期间,错车道全部封闭,回车道不封闭,作为材料堆放、机械停放、错车场地,待标准断面混凝土浇筑完成后再进行封闭。

4.3.2 排水排浆

由于地下水丰富,岩石泥化严重且各支洞均为倒坡,排水排浆成为影响施工进度的关键因素,排水排浆沟设计尺寸为1 m×1 m,集水集浆坑尺寸为3 m×1.5 m×1 m,掌子面附近20~30 m形成一个集水集浆坑,已开挖洞段每150~250 m设置一集水集浆坑,由专人清理泥浆。为了不影响道路通行,在隧洞边墙墙角部位超过设计边线1~2 m布置。

排污管线布置:根据各支洞控制段情况,分别布置1~2趟 $\phi 108$ 钢管。1#支洞控制段下游布置 $\phi 108$ 、 $\phi 159$ 钢管各1趟,上下游泥浆泵并联将泥浆抽排集中至交叉口,再通过交叉口部位布置的2台22 kW泥浆泵排至洞外,交叉口至支洞口布置两趟 $\phi 108$ 钢管,一趟 $\phi 159$ 钢管。

4.3.3 道路

因围岩遇水泥化严重,道路承载力低,难以满足道路通行要求,必须对道路路面进行整修、维护。

(1)挖出软弱基础,清理泥浆,挑拣块石形成路肩墙,以保证不挤压排水排浆沟。

(2)结合筛分系统生产的弃料,换填粒径60~120 mm粗骨料,换填厚度为50~100 cm;对于地质条件差的洞段,根据现场实际情况进行加深,形成泥结石路面,以达到透水、滤浆效果。

(3)维护;道路换填后,对于被载重车辆来回碾压淤泥质较多部位挖除后重新换填,对道路坑洞进行填补、整平。

5 冲沟防护

由于1#、2#、3#支洞均处于泥石流冲沟内,安全隐患十分突出,采取了以下措施:

(1)清理泥石流冲沟,将之拓宽挖深,设置重力式混凝土挡墙,对墙背进行回填。

(2)在1#、2#支洞口设置5 m长钢拱架明拱,现浇混凝土洞脸;在3#支洞口浇筑15 m长混凝土明洞。由于3#支洞右上方另有一条冲沟,在其明洞顶部现浇混凝土渠道,以保证水流畅通。

(3)在冲沟上游设置钢筋石笼挡墙,定期清理。

6 渣场布置

由于场地狭窄,渣场因地制宜布置,1#支洞控制段渣场利用进场道路分左右两幅堆存,以保证道路畅通,3#支洞控制段在支洞下游、冲沟沟口设置渣场并浇筑混凝土挡墙进行防护。两处渣场的合理运用,不仅降低了施工费用,也节省了征地、复耕费用,减少了工程投资。

7 结语

甲米一级水电站工程地质条件复杂,制约因素多,但通过合理的施工组织、有效的施工技术方案、手段,降低了工程施工成本。2009年7月28日,主体工程第一个工作面开工,2012年4月30日完工,施工水平对类似电站建设具有重要的指导、借鉴意义。

参考文献:

- [1] 水利电力部水利水电建设总局. 水利水电工程施工组织设计手册(第二卷):施工技术[M]. 北京:中国水利水电出版社,1997.
- [2] 公路隧道施工技术规范,TGF60-2009[S].
- [3] 杨玉银,卢学文,等. 某隧洞特大涌渣流砂事故原因分析及经验教训[J]. 工程爆破,2010,16(3):52-55.
- [4] 卫修君,林柏泉,主编. 煤岩瓦斯动力灾害发生机理及综合治理技术[M]. 北京:科学出版社,2009.

作者简介:

邓鹏(1978-),男,四川中江人,分局工程部主任,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)