

甲米一级水电站 1#支洞控制段两次改线施工

代 劬

(中国水利水电第七工程局有限公司,四川 成都 610081)

摘 要:甲米一级水电站位于凉山州盐源县境内,1#支洞控制段下游侧因地质原因出现了两次涌水塌方。本着安全第一,保障有效的原则,结合工程本身的进度需要,果断地选择了两次改线施工,达到了预想的效果。

关键词:1#支洞;改线施工;甲米水电站

中图分类号:TV7;TV554;TV52

文献标识码: B

文章编号:1001-2184(2014)06-0041-03

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。电站系具有日调节功能的引水式电站,总装机容量为 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。

当1#支洞控制段下游开挖至 K1 + 597.00 桩号时,因围岩与地下水的同时作用,40 m 已开挖支护好的顶拱出现突然涌水现象,顶拱形成漏斗状涌渣,遂决定改线;当开挖进尺至桩号 K1 + 899.3 后再次出现类似第一次涌水涌渣情况。

2 场地区域地质及水文地质条件

2.1 1#支洞控制段地质条件及评价

第一段:0 + 000 ~ 1 + 300,段长 1 300 m,洞线基岩垂直埋深 65 ~ 166 m,轴线方向为 $S64^\circ 2' 9'' W$,与岩层走向夹角为 86° 。围岩为三叠系中统白山组(T2b)灰岩、白云质灰岩,岩石倾向坡外。支洞进口 20 m 段边坡岩体结构松散,节理裂隙发育。由于该段洞室埋深较浅,受风化卸荷影响,结构面多卸荷、微张,个别张开宽度达 5 ~ 20 cm,岩体完整性差,具碎裂结构,以 V 类围岩为主,属不稳定围岩。由于该洞段岩层裂隙倾角较缓、走向与洞轴线夹角中等,受局部结构面不利组合及缓倾角结构面切割,围岩稳定性差,易产生顶拱掉块、楔型失稳体及局部小

规模塌方等。

第二段: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,与隧洞轴线夹角为 58° ,垂直埋深 97 m,岩石呈弱风化,节理发育,地面为一冲沟,预测地下水活动为中等。该段岩体完整性差,具碎裂结构,以 V 类围岩为主,属不稳定围岩。由于该洞段岩层裂隙倾角较缓,走向与洞轴线夹角中等,受局部结构面不利组合及缓倾角结构面切割,围岩稳定性差,易产生顶拱掉块、楔型失稳体及局部小规模塌方。

第三段:1 + 545 ~ 2 + 387,段长 842 m,围岩为三叠系中统盐塘组(T2y)含云灰岩、长石岩屑砂岩,与灰色粉砂岩互层,局部夹紫灰色粉砂岩,与隧洞轴线夹角为 52° ,于稳定有利,垂直埋深 150 ~ 390 m,局部洞段地下水较发育,施工开挖时可能存在掉块、楔型的顺层挤压破碎带。

2.2 其它影响因素

(1) 地下水情况。

洞顶为常年流水冲沟,裂隙发育,地下水丰富。受地震影响,原有裂隙贯通性较好,形成管道状裂隙水,塌方段虽已穿过冲沟,但离沟底不远,仍在冲沟汇集地表水及地下水的范围内,裂隙水的补给源是分水岭地段的地下水及冲沟汇集到的两侧地表水的入渗。

(2) 地震影响情况。

1#支洞控制段下游至 2#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

收稿日期:2014-09-06

态转化。

(3)与地震滑坡体的关系。

从蓝图《甲电(施)—水工(隧)—01》可以看出,涌水塌方段K1+597距离1976年地震滑坡体上游边线水平距离约400 m。

3 涌水塌方前的施工情况

3.1 第一次涌水塌方

2010年2月11日,当掌子面开挖至桩号K1+597,约17:00时,发现距离掌子面约20 m处(桩号约为K1+577)一榀拱架右侧拱肩以下发生变形,喷护混凝土开裂,裂缝宽度约5 cm,裂缝中有少量涌水。2月12日下午洞内出现大量涌水,14:00派员乘坐装载机(此时洞内积水深已超过50 cm,无法步行)到洞内查看,发现距离掌子面约11 m处(桩号为K1+586)顶拱部位有一直径约40 cm的出水空洞,水流中夹带大量碎渣。16:00左右再次进洞查看时,发现出水点已被涌渣掩埋无法看到,涌渣量约3 400 m³。

3.2 第二次涌水塌方

2010年10月21日13:30,在出完洞渣扒面时,K1+899.3(改1)右侧边墙及右顶拱2 m范围出现塌方并呈现漏斗状,伴发大量涌水、流渣,发生涌水塌方事故,流渣堆至K1+865(改1)桩号。1#支洞控制段下游侧围岩左侧为灰岩,较完整;右侧为红色泥岩,成层状向左侧呈60°倾角并与右边墙呈楔形切割,岩石破碎,遇水泥化。施工过程中严格按V类围岩支护方式进行施工。

4 涌水塌方的原因分析

4.1 第一次涌水塌方

本次涌水、塌方洞段围岩岩性为三迭系中统盐塘组(T2y)。岩性以长石岩屑砂岩为主,夹泥质灰岩。砂岩具细粒结构,岩屑成份为石英、长石、岩屑、云母等,少量有机质碎片。灰岩具细晶结构,岩石成份以方解石为主,含有白云石及少量黄铁矿,自生石英,自生长石和泥质。经调查与分析发现,引起本次涌水、塌方事故的主要原因为其恶劣的水文地质环境。

4.2 第二次涌水塌方

本次涌水、塌方洞段征兆性不强,按先前施工经验按V类围岩支护方式进行的施工是安全可靠的。事件发生后,根据现场情况分析认为,此次涌水、塌方事故发生的主要原因为饱和的地下水

作用。

5 后续处理方案及实施情况

5.1 第一次涌水塌方处理方案

根据专家咨询会议精神,对本次涌水塌方建议采用向外侧改线的方案(锚喷支护-小导管-钢格栅-锚喷支护)并确定了以下几项原则:(1)后期再做封堵;(2)进洞前先锚固,以确保安全;(3)尽早进洞,允许部分开挖不到位;(4)小洞进洞,开挖时逐步达到设计开挖边线;(5)对于未开挖到位的部分最后进行处理。

该方案施工的项目主要有:涌水引排处理、原洞加固、改线进洞施工及后期处理等。

5.1.1 涌水引排处理

经现场查勘,采用在桩号k1+530段用人工装粘土编织袋形成挡水围堰(底宽5 m,顶宽1.5 m,高3 m,长度与隧洞宽度一致。为尽快进洞,先形成小集水坑满足排水要求即开始进行原隧洞的加固和开洞工作,此方案一旦遇停电和水泵损坏将对生产造成影响。集水坑在设备正常时使用一台22 kW水泵排水至洞外(并再备用一台)。另安装两趟φ159引水钢管备用,从挡水围堰引至k1+430底板处,再排至交叉口的集水坑后抽排至洞外。为防止下游集水坑水泵损坏后大量涌水对上游造成影响,在支洞与主洞交叉口处分别设置了一台22 kW和7.5 kW水泵对涌水进行排除,并考虑备用一台100 kW发电机用于排水(考虑汛期洞内渗(涌)水量可能进一步增加,考虑了一定的富裕度)。因1#洞上、下游围岩均含泥质灰岩,遇水泥化严重,加之本次涌水、涌渣影响,洞内道路状况十分差,难以满足通行要求,需将道路表面的泥浆全部清除,然后用我部筛分系统生产的、粒径为40~80 mm的粗骨料填筑隧洞道路,用粗骨料装编织袋砌筑排水沟(排水沟尺寸为0.5 m×0.5 m),以保证一段时间内达到透水、滤浆效果。同时,派人及时清理排水沟,以保证排水沟通畅,并加大了排水、排浆力度,布置了多台排污泵进行排水、排污,尽可能地保证隧洞施工正常进行。

5.1.2 改线洞开洞前的加固

为尽快实现隧洞贯通,采用先加固→导洞锁口、开挖→正常洞断面施工的施工思路迅速进洞展开正常洞断面的开挖,而对于导洞段欠挖以及

原设计封堵混凝土在条件成熟时(二衬施工时)再作处理。

加固施工:根据当时的施工工况、围岩情况及改线洞的线型布置等因素,导洞开口桩号拟定为 $k1 + 516.12 \sim k1 + 522.32$,导洞断面为城门洞形,支护成型后宽4.5 m,高5 m,顶弧半径为2.45 m,角度为 134° ,导洞长约13 m。具体施工程序如下:

① 在导洞位置清理出15 m长的平面,以利钻爆等作业,上游面形成8%的坡度,以满足车辆通行要求。

② 对原洞段 $k1 + 516.12 \sim k1 + 522.32$ 右侧、顶拱及左侧导洞范围外增设锚杆($\varphi 25, L = 3$ m,间排距1 m),挂网喷护15 cm厚混凝土。

③ 在开洞口上、下游2 m范围增设锚杆($\varphi 25, L = 3$ m,间排距1 m),架立格栅拱架(主筋 $\varphi 25$,断面为 $20 \text{ cm} \times 20 \text{ cm}$,间距 $0.5 \sim 0.8$ m)并网喷C20混凝土25 cm厚。

④ 导洞下游侧预留三角体进行灌浆固结处理,采用小导管灌浆施工工艺,小导管长度根据现场情况调整、间排距为 $1 \text{ m} \times 1 \text{ m}$,灌浆压力不小于3 kg,孔深4.5 m。

5.1.3 改线进洞施工

(1) 导洞的开挖。

① 上述加固措施完成后,在导洞开口顶拱部位施工小导管: $L = 3$ m,仰角 15° ,间距40 cm,灌浆压力不小于3 kg;

② 导洞锁口完成后进行导洞钻爆作业,将周边孔间距控制在0.4 m以内,孔深0.5 m,钻孔开孔位置距设计开挖线10 cm。爆破若出现欠挖,用风镐修边,爆破严格按光面爆破技术进行;

③ 爆破后先用人工排险,在爆破渣体上立即素喷5 cm厚C20混凝土,完成后进行出渣;

④ 渣出完后立即开展格栅拱架的支护工作(拱架主筋 $\varphi 25$,断面为 $20 \text{ cm} \times 20 \text{ cm}$,间距 $0.5 \sim 0.8$ m;锚杆 $\varphi 25, L = 3$ m,间排距1 m;挂网钢筋 $\varphi 6.5, 20 \text{ cm} \times 20 \text{ cm}$;喷C20混凝土,25 cm厚);

⑤ 小导管施工: $L = 3$ m,仰角 15° ,间距40 cm,灌浆压力不小于3 kg。每一排小导管搭接长度为1 m。初步计划从洞口往下游30 m范围布设小导管。

(2) 进入设计断面后的施工:

计划在 $k1 + 533.01$ (改线桩号)处扩挖至设计断面(可根据实际开挖揭示的围岩类别作适当调整),因此段均处于涌水、涌渣影响段,为保证洞室安全,改线洞前30 m($k1 + 515.453$ (改) $\sim k1 + 545.453$ (改))按V类围岩开挖,顶拱布置间距0.4 m,长3 m, $\varphi 50$ 小导管,改线涌水、涌渣影响段施工主要采用短进尺、弱爆破、强支护的方式进行。

5.1.4 第一次涌水塌方处理方案的实施情况

在具体实施过程中,本着安全第一、质量保证的原则谨慎施工,“涌水引排处理、原洞加固”严格按拟定方案施工。原洞加固完成后,业主、设计、监理再次进行会商,在有相当把握的前提下改变了原有的导洞进洞方式(图1),根据现场情况,由原来的导洞进洞改为全断面进洞(支护措施不变),取得了良好的效果,加快了施工进度。

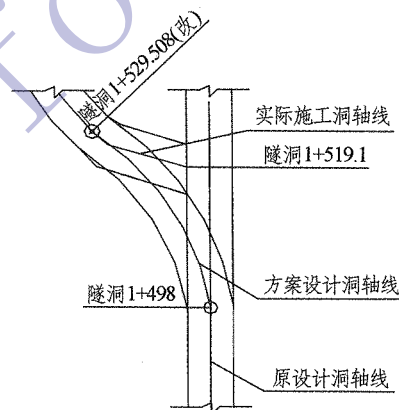


图1 进洞方式对比图

5.2 第二次涌水塌方处理方案及实施情况

出现此次涌水塌方后,在总结第一次改线进洞施工过程后,参建四方果断决策采取第二次改线的施工方案,具体方案如下:

(1) 桩号 $K1 + 862.9$ 处为改线洞断面下游边线,洞轴线与原改线轴线呈 70° 夹角,根据实际情况与主洞顺接。

(2) 对原洞段 $k1 + 868 \sim k1 + 850$ 段设置工字钢拱架(I14、间距0.4 m),锁脚锚杆($\varphi 25, L = 3$ m,间距1 m),挂网($\varphi 6.5$,间排距20 cm),喷混凝土C20封闭。

(3) $k1 + 870 \sim k1 + 876$ 处设集水坑:集水坑宽2 m,深1 m,采用现有排水设备抽排。

(下转第79页)

5 结语

CAITA 三维监测设计作为一种全新的设计

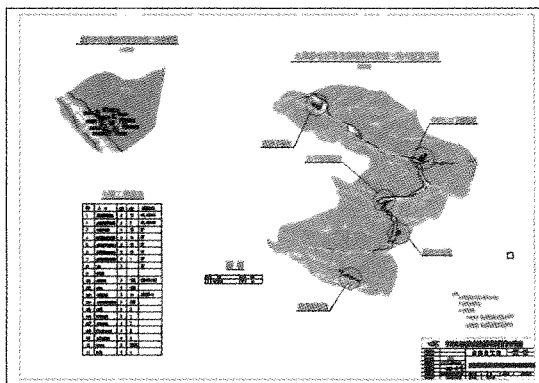


图2 溪洛渡库区局部二维出图

工作方法,大量消化、吸收了目前常用的二维设计中的经验,将三维的设计理念融入监测设计,从而提高了设计效率及精度。今后,可针对监测专业的特点,对 CAITA 平台进行二次开发,使监测三维设计工作进一步深化。

(上接第43页)

(4)对原洞段 $k1 + 862.9 \sim k1 + 855.419$ 进行清淤,满足设计高程。清理结束后,对原洞段 $k1 + 862.9 \sim k1 + 855.419$ 范围外增设锚杆($\varphi 25, L = 3\text{ m}$,间排距 1 m)挂网喷护 15 cm 。对洞脸下游侧三角体进行灌浆固结处理,间排距 $1\text{ m} \times 1\text{ m}$,孔深 4.5 m 。

(5)改线洞段按 V 类围岩施工,设置工字钢

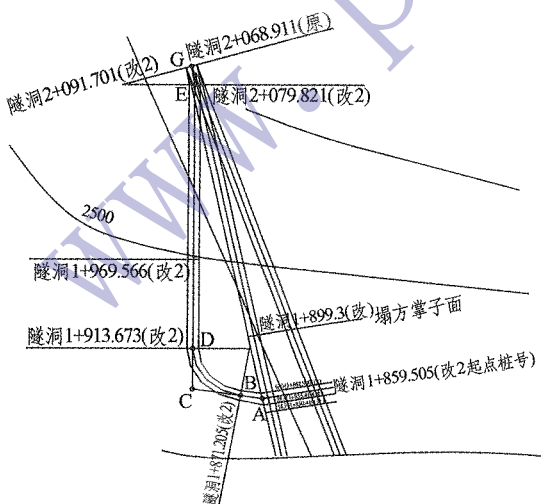


图2 第二次涌水塌方改线图
拱架(I14、间距 0.4 m)。增设超前支护锚杆

通过 CATIA 三维设计,可以直观地了解测点与地形地物、水工建筑物以及各测点之间的三维空间关系,使设计工作更为准确、快速。

通过测点的空间定位,设计者可以考虑多种设计方案,通过对比分析,优化设计方案,形成设计分析与设计优化一次完成,从而进一步强化了设计方案的合理性和可靠性。

由于三维设计过程及成果的可视化,可减少现场踏勘工作量,节约人力、物力,缩短设计周期,减少设计失误。

目前,三维设计取代二维设计已为大势所趋,其在国内水电工程监测行业的应用虽然起步较晚,软件的二次开发目前尚不够完善,但该软件对工程的实用性及其所具有的良好模型扩展功能可为用户提供一个崭新的设计平台,应用前景广阔。

作者简介:

李菁(1984-),女,四川成都人,助理工程师,学士,从事水电工程安全监测设计工作。(责任编辑:李燕辉)

($\varphi 25, L = 3\text{ m}$,间距 0.4 m ,排距 2 m)。

在具体实施过程中,严格按上述方案施工,仅用了 5 d 时间就进入了正常的洞挖施工(图2)。

6 结语

(1)在隧洞施工过程中,地质情况的超前探测和预报十分必要,尤其是在不良地质段就显得极为重要,可用于指导施工,能有效保证施工安全和进度。

(2)小断面隧洞出现大方量涌水塌方情况时,采取改线绕过的施工方案因施工工序较为容易组织,可以大大缩短施工时间。

(3)在围岩强度低的开挖支护过程中,对拱圈范围采取超前锚杆、小导管固结的方式可以有效控制超欠挖并能杜绝塌方。

(4)在隧洞开挖支护过程中,设置排水孔十分必要,能完全释放出山体的内水压力,在地下水丰富的洞段,也是减少塌方的必要手段。

(5)在处理塌方的初始阶段,将岩石清理干净,素喷一层厚 $5 \sim 8\text{ cm}$ 的混凝土后再进行后续处理是保证安全的必要措施。

作者简介:

代勋(1981-),男,四川乐山人,工程师,从事水电工程施工技术与质量管理工作。(责任编辑:李燕辉)