

太平驿水电站地下开挖的工程地质问题及其处理措施

陈卫东

(国家电力公司成都院成都水利水电建设工程公司, 四川 成都 610072)

摘要: 太平驿水电站地下工程开挖面临岩爆、塌方、大断层(浅埋)等地质问题, 是对工程稳定性、施工进度和安全的挑战, 如何预测和处理上述工程地质问题是地质师、设计师和承包商共同的研究课题。笔者结合地下工程开挖及其处理实例, 阐明地质师、设计师和施工承包商如何针对不同工程地质问题, 采取不同的工程处理措施, 达到既经济合理, 又安全可靠之目的。

关键词: 地下工程; 施工地质; 处理措施; 岩爆; 塌方

中图分类号: U 455.4; TB 16

文献标识码: B

文章编号: 1001-2184(1999)-03-0009-06

太平驿水电站位于四川省汶川县境内, 是岷江上游已建的引水式电站, 总装机容量($4 \times 65 \text{ MW}$) 260 MW, 年平均发电量 17.2 亿 $\text{kW} \cdot \text{h}$ 。该电站采用 22.5 m 高的低闸挡水, 右岸布置约 400 m 长的导流洞, 左岸布置长 10482 m 的引水隧道埋藏式调压井和地下厂房枢纽。

太平驿水电站建设体制是改革产物, 工程实行招投标, 业主负责和监理制, 并首先倡导“四位一体”, 即业主、监理工程师、设计院、施工承包商四方相互支持配合, 从而大大加快了工程进度。

1 太平驿电站地下工程基本地质条件

太平驿水电站地下工程地处川西龙门山南段高山峡谷中, 自然谷坡陡峻, 河谷深切呈“V”字型, 临江坡高 300 m 以上, 河面狭窄, 滩多水急, 河段纵比降 9‰ 以上。

地下工程布置在元古界晋宁~澄江期岩浆岩为主的‘彭灌杂岩’中的第三、四期侵入岩上。第四期为黑云母花岗岩, 岩石坚硬, 单轴抗压强度 160~190 MPa, 分布在导流洞、引水隧道上半段。第三期为(花岗)闪长岩, 岩石坚硬, 单轴抗压强度 130~180 MPa, 分布在引水隧道下半段、调压井和地下厂房枢纽。花岗岩、(花岗)闪长岩中均有闪长岩脉和石英脉侵入。

地下工程区位于四川地台西北边缘, 华夏系龙门山隆褶带中南段, 工区大断裂不发育, 主要在东西两侧发育龙门山断裂的分支断裂——映秀断裂和茂汶断裂而围限工区。工区主要结构面有:

II 级结构面: NE 向, NWW 向, 如 F_{17} 、 F_{48} 、 F_{64} 等, 破碎带宽大于 10 m, 延伸长度大于 1000 m。

III~IV 级结构面: NE, NWW 向为主, 破碎带宽 0.5~10 m, 延伸长度大于 10 m。

V 级结构面: 节理裂隙系统每个部位发育 2~4 组。

工区岩石风化卸荷作用较强, 岸坡岩体普遍卸荷松弛, 常沿断层、节理裂隙密集带形成带状、囊状风化。岩体卸荷表现为节理裂隙张开充填次生泥, 弱风化(卸荷)岩体水平埋深 40~60 m。

工区岩体主要受大气降水补给, 岩石自然潮湿或含水不丰, 含水性不均, 为基岩裂隙含水地质单元, 但构造控水明显, 在张性结构面可能出现滴水 and 束状水, 在压扭性结构面中常出现囊状、脉状水体, 水量不丰, 当穿越浅埋沟谷时, 水量稍大。

工区的地形、岩石、构造条件属易贮存地应力区, 经厂房现场地应力实测成果: $\sigma = 31.4 \text{ MPa}$, 属高地应力区。

2 太平驿电站地下工程开挖的工程地质问题及其处理措施

2.1 导流洞出口段开挖及处理措施

太平驿水电站导流洞长 396 m, 为无压城门洞型, 开挖断面 17.5 m \times 19.5 m (宽 \times 高)。

2.1.1 导流洞地质概况

导流洞布置在闸坝右岸的花岗岩中, 最大埋深仅 125 m, 花岗岩中穿插闪长岩脉, 少数岩脉形成挤压破碎带, 宽度多小于 1 m; 大断层不发育, 仅发育小断层, 其破碎带最大小于 3 m; 节理裂隙发育 2~4 组, 岩体以块状——次块状为主; 风化卸荷较强, 大部分洞身位于弱风化至强风化带内; 地下水不丰, 围

岩以II、III类岩为主,成洞条件较好。

出口段0+377~0+396 m(导流洞桩号)在小导洞贯通后发现,该段岩体卸荷松弛强烈,裂隙普遍张开,充填岩屑、次生泥,洞身的_{最小}水平埋深2.5

m,最小垂直埋深5 m,成洞条件极差,如采取明挖将危及坡顶的‘213’国道和下围堰右接头。对此,采用了先固结灌浆并埋设锚杆加固洞身围岩体,后洞内分层开挖。如图1所示。

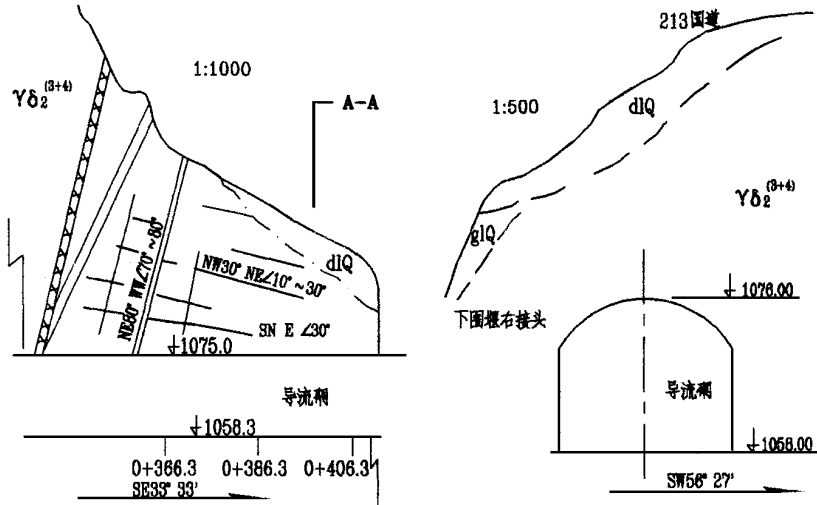


图1 导流洞出口段开挖方式示意图

2.1.2 处理措施

固结灌浆分1.085 m 高程以上部位和1.085 m 高程以下部位进行。1.085 m 高程以上灌浆是为了确保1.085 m 以下岩体的固结灌浆效果。

1.085 m 高程以上部位固结灌浆: 用普通地质钻机铁砂钻进,清水冲洗,开孔孔径 $\varnothing 71$,钻0.5~1.0 m 后换径 $\varnothing 75$,孔深超设计深度0.1~0.5 m。

灌浆: 全压力0.05~1.0 MPa,不起压孔,浆量控制,浆液配合比: 水灰比(重量)2:1,1:1,0.8:1,0.6:1

四级从稀至浓,四级灌后仍需灌孔,用灰水砂比1:0.8:0.5,1:1:1,1:0.8:1,1:0.8:1.5再灌,如仍不能结束再加3%~5%的水玻璃速凝,待凝8 h 后续灌,吸浆量特大孔灌至回浆起压为止。

终灌标准: 压力表0.05 MPa 或吸浆量小于0.5 L/m in。冒浆处理,加浓浆液,加大砂量或扎麻堵漏。

1.085 m 高程以下部位固结灌浆的目的旨在加固出口段洞身围岩。钻进和造孔同前,灌前按规范作10%孔的先导压水试验,共8段,其值为20~60 Lu。灌后检查其透水性明显降低,最大值为8.7 Lu,一般为2~5 Lu。冲洗压力值不小于80% 灌浆压力值,不起压孔冲洗30 m in。灌浆: 段长小于5 m,每孔2~4段,压力从孔口至孔底依次0.2,0.25,0.3,0.4 MPa 递增,水灰比5:1,3:1,2:1,1:1,0.8:1,0.6:1 依次加浓,吸浆量大段次按灰水砂比1:0.8:0.5,1:1:1,1:0.8:1,1:0.5:1.5 四级灌,栓塞位于孔底0.5 m 以上。终灌标准: 在

设计规定压力时,吸浆量小于0.4 L/m in,并续灌30 m in。

孔内锚杆埋设: 为增强洞周岩体完整性,在大部分灌浆孔内埋设了锚杆。终灌后,清余浆,测孔深,埋设 $\varnothing 25$ mm 锚杆,单根长9.8和6.9 m 两种,采用双面焊,搭头50~60 cm,底端用水泥裹后细麻缠20~30 cm,共埋50余根,最长27.5 m,最短9.4 m,埋好用孔口封闭器进行0.1 MPa 压力灌浆,水灰比1:0.8。水泥浆沉淀后排除孔内余水,填封孔。布置如图2所示。

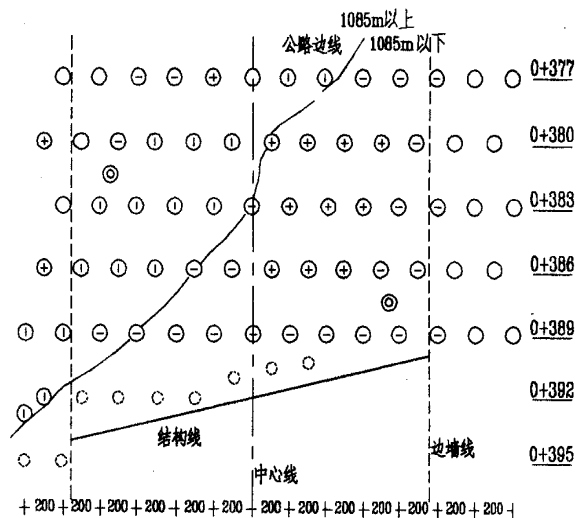


图2 导流洞出口段固结灌浆孔平面布置图

图例: ⊖下入锚杆孔 ⊕全灌孔及锚杆 ⊙全灌孔

2.1.3 开挖验证

固结灌浆数月后洞内开挖表明,水泥浆基本充满了张开的节理裂隙;埋设锚杆使整个上覆单薄的岩体完整性增加,开挖上层后形成了较稳定的拱,下层开挖后边墙也较稳定,未发生塌方和掉块。洞身永久支护后运行效果良好。

2.2 引水隧道岩爆及其防治

太平驿引水隧道是我国最长的单条引水隧道,长 10 496 m,为圆形有压隧道,开挖直径 9.6~10.8 m。在开挖中部分洞段发生了烈度不同的岩爆,对施工进度、围岩稳定性和人身安全带来了不利影响和威胁,研究岩爆发生的基本规律和防治措施势在必行。

2.2.1 岩爆发生的基本条件

岩爆是地下开挖过程中处于高地应力状态的围岩,因洞室周边应力集中而引起的弹性应变能突然释放,使围岩向着临空面方向产生脆性破裂、弹射并发出声响的一种动力地质现象。

岩性介质:坚硬、完整、性脆的花岗岩和(花岗)闪长岩易贮存弹性应变能,从而易发生岩爆。

地质构造作用:构造破坏轻微,岩体完整易发生岩爆,较破碎岩体一般不易发生岩爆。

初始地应力场:每一期构造活动均形成一次应力场,其量级和方向控制岩爆发生的部位和烈度。隧道区在晋宁澄江期形成近 SN 向构造应力场,在印支和燕山期形成 NNE 向构造应力场,在喜山期形成近 EW 向应力场。不同构造部位,其主应力方向量级可能不同。

地形条件决定次生应力场,隧道通过河谷谷坡,主应力大多平行谷坡分布,且与谷坡倾向基本一致。岩爆主要发生在靠谷坡一侧。

2.2.2 岩爆烈度

据 Russenes 和国内经验的岩爆烈度四分法,其弱岩爆占 80%,中等岩爆占 19%,强岩爆占 1%,未见极强岩爆。

在长约 10.5 km 的洞段,发爆洞段占 20%左右,统计各种烈度岩爆 300 余次。

2.2.3 岩爆基本规律

岩爆发生在坚硬、完整、性脆、水少或无水的花岗岩、(花岗)闪长岩中,常富集石英脉,结构面不发育。

岩爆主要发生在 σ_1 主应力与洞周相切部位。

岩爆主要发生在 1~2 倍洞径以外洞段。

岩爆多发生在开挖后几小时、十几小时(可能与爆破诱发有关),延迟续爆时间最长达半年。

岩爆破裂力学性质以剪切破裂为主,兼有张扭破裂,在爆裂面上常见贝壳状擦痕、擦沟。

岩爆的岩片大小厚度不均,一般呈透镜状,中间厚(最厚达数十厘米)、四周薄(最薄几毫米)。岩爆愈强,岩片愈厚大,且有薄片和粉状岩屑,象‘烟雾’。

岩爆坑深度和宽度与 σ_1 主应力量级有关,宏观上岩爆愈强,爆坑规模愈大。

2.2.4 岩爆的防治

(1)改善围岩应力条件:岩爆段开挖采用两次分部的光面控制爆破开挖,减小药量,以降低岩面发爆的可能性;设计的圆形洞周能一定程度改善较大的局部应力集中。

(2)加固围岩:在加固处理时,针对不同烈度岩爆采用不同方案处理。

对弱岩爆段在开挖清撬后,向洞壁喷 5~10 cm 的 200 号混凝土或钢纤维混凝土(试验后未推广使用)。

对中等岩爆段在山外侧上半洞周(中心角约 90 范围)进行浅孔密锚挂网喷混凝土,锚杆 $\Phi 22$ mm, $L = 2 \sim 2.5$ m, @ 100~200 cm,梅花型布置;网 $\Phi 6$ mm, @ 20 cm \times 20 cm,喷 200 号素混凝土 5~10 cm,必要时加斜向超前锚杆 $\Phi 22$ mm, $L = 2.5 \sim 3.5$ m, @ 0.9~1.5 m。

对强烈岩爆段用系统锚杆挂网加循环喷混凝土,加深加密锚杆,进行三个循环反复喷混凝土,每循环喷厚 5 cm,最终喷厚达 15 cm。

(3)永久支护:整个岩爆发生洞段围岩以 I、II 类为主,在临时支护处理后,均按 30 cm 厚素混凝土衬砌作永久支护。

2.3 引水隧道穿越筲箕湾沟断层开挖及处理措施

2.3.1 筲箕湾沟断层的开挖地质条件

引水隧道 2+750~3+000 m(引水隧道桩号)为筲箕湾洞段,沿沟发育筲箕湾沟断层,断层在洞身出露桩号为 2+810~2+876 m。过沟段最小埋深 70 余 m,洞顶基岩仅厚 30 余 m,岩性为花岗岩,穿插闪长岩脉。筲箕湾沟断层由两条分支断层组成,产状 NW 75°~85°SW 65°~85°;分别在 2+840~2+846 m 和 2+854~2+866 m 出露。主错带均由糜棱岩、碎裂岩和片状构造岩组成,潮湿渗水。上盘影响带不明显,下盘有 30 m 节理密集带和小型构造破碎带组成的影响带,滴水,局部有小股流水。岩体以弱风化为主,因构造作用岩石有明显的动力蚀变现象。如图 3 所示。

开挖穿越上、下盘影响带时,地下水渗流量较大,洞段流量 Q 在 150 m³/h 左右。在穿越两条主错

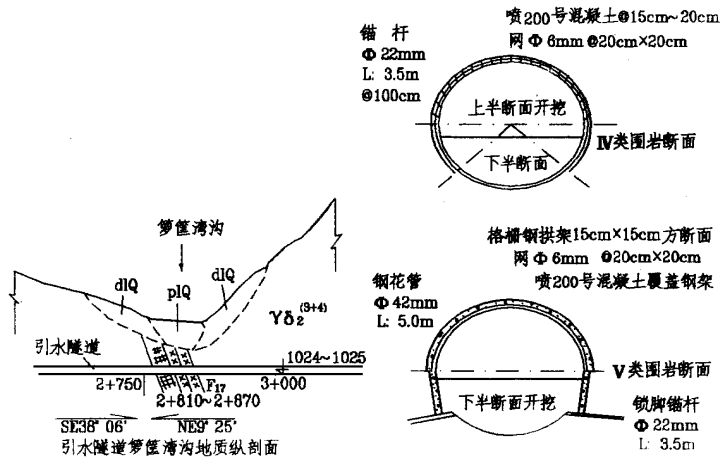


图3 箩筐湾地质情况及支护示意图

带时发生较大规模塌方,其中2+854~2+866m段塌高超过5m。对洞身稳定和施工安全带来极大威胁。

2.3.2 处理措施

采用上半断面开挖先行贯通,进一步查明地质条件,形成上半断面稳定的临时支护后,进行下半断面开挖。为防止可能出现的大量地下水入渗,以在下游面开挖为主。

为了减小开挖对围岩重复扰动,采用上半断面一次成形的环形开挖,下半断面开挖对于影响带IV类围岩一步开挖,进尺小于2m,对于主断带V类围岩采用拉中槽、跳挖马口进尺小于1.5m。

开挖爆破方式为上半断面光面弱爆破,下半断面的短进尺、弱爆破。

据开挖揭露不同类别围岩采用不同支护,IV类围岩段采用系统锚杆挂网喷混凝土,锚杆用早强药卷,Φ22mm, L=3.5m, @100cm@100cm,网筋Φ6mm, @20cm×20cm;喷200号混凝土,厚15~20cm,分二次喷射。V类围岩段用管棚加格栅钢拱架喷锚网,管棚为Φ42mm, L=5.0m 钢花管,沿开挖轮廓周边放射仰角15°, @40cm;钢拱架用15cm×15cm的方形断面的预制花拱架,钢筋与拱架焊

结,拱架脚用锚杆锁脚,Φ22mm, L=3.5m,喷锚网参数同IV类段。如图3。

2.3.3 围岩原位监测及信息反馈

为了检验临时支护的可靠性和指导永久支护设计,进行了隧道周边收敛量测,围岩内位移测试,钢拱架受力测试及支护和围岩接触压力测试等多种测试手段,据信息反馈表明,临时支护可靠。

2.4 引水隧道重大塌方段开挖及处理措施

2.4.1 重大塌方段开挖地质条件

引水隧道4号施工支洞下游6+400~6+810m(引水隧道桩号)洞段,其水平、垂直埋深均大于200m,岩性为花岗岩、花岗闪长岩,两者呈焊接接触,穿插闪长岩脉,断层有F48:产状NE30°~50°NW 50°~70°;出露宽20余m,由破碎岩、糜棱岩组成,挤压破碎蚀变明显,岩体完整性差,呈破裂~散体结构,地下水以渗滴为主。上、下盘影响带分别为90余m和70余m,岩体以块裂~碎裂结构为主,分布在6+400~6+590m段,开挖过程中发生多次不同规模塌方,最大塌方发生在6+443~6+456m段。F52:NE30°~50°NW 50°~70°;出露宽17m,由角糜岩、破裂岩组成,挤压强,岩石蚀变有绿泥石、滑石等次生矿物,有小股水流渗出,岩体呈碎裂~散

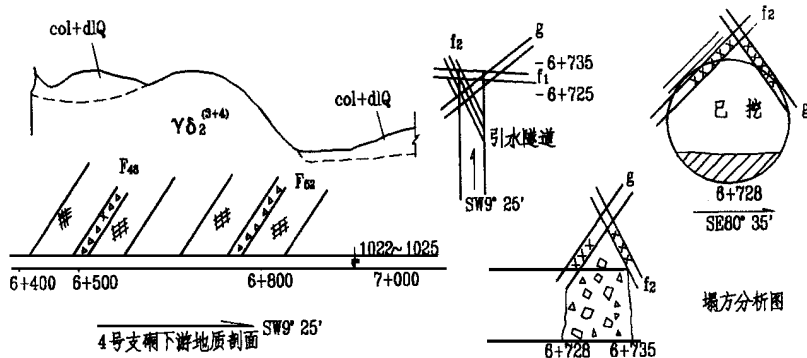


图4 4号支洞下游塌方段地质示意图

体结构。其上、下盘影响带宽度分别为 90 余 m 和 60 余 m, 分布在 6+ 640~ 6+ 810 m 段, 开挖至 6+ 733 m 桩号附近发生严重塌方, 塌高估计约 14 m。

该段(6+ 400~ 6+ 810 m)节理裂隙发育 2~ 4 组, 地下水以渗滴水为主, 受 F_{48} 、 F_{52} 断层影响, 岩体以碎裂结构为主, 围岩以 IV 类为主, 见图 4。

2.4.2 处理措施

2.4.2.1 开挖方式

6+ 400~ 6+ 590 m, 6+ 640~ 6+ 810 m 两段采用上半断面一次开挖成形的光面爆破, 加密周边孔, 控制装药量, 短进尺。下半断面用先拉中槽, 后跳挖马口, 短进尺、弱爆破方案。待加固钢拱脚和预留岩柱后, 第二步全断面开挖成型。

2.4.2.2 塌方段处理

两塌方段均采用工字钢(钢筋花拱)拱架加锚杆、加混凝土衬砌的支护方案。

6+ 433~ 6+ 456 m 塌方段: 主要沿 F_{48} 的次级小断层发生牵引式重力塌落, 小断层 f 产状 $NE 30^\circ \sim 50^\circ NW$ $60^\circ \sim 70^\circ$ 宽 1~ 2 m, 节理裂隙密集发育, 岩体破碎呈碎裂~ 散体结构, 小断层 f 与洞轴线夹角小于 25° ; 发生多次牵引式塌落, 塌高达 10 m, 塌方量达 $300 m^3$ 。临时支护采用 L_0 型工字钢拱架加拱脚垫板, 间距 @ 1~ 1.5 m, 拱与拱之间用钢条焊接。针对牵引式塌落难以稳定下来, 为了限制塌拱的爬高, 在钢拱架上又焊接次一级甚至次二级的拱上拱, 配合挂网喷混凝土支撑岩面, 使塌落基本停止, 最后在拱上架设沥青木模板浇约 50 cm 厚混凝土衬砌, 预留回填和固结灌浆孔。下半断面开挖后喷锚封闭岩面, 拆除永久断面内的临时支护。在拱脚焊接 $L = 6 m$ 的锁脚锚杆两根, 布置两排固结灌浆孔进行灌浆加固围岩, 然后开挖成形。永久支护对于 III、IV 类围岩用 50 cm 厚单层钢筋混凝土和对于 V 类围岩用 90 cm 厚双层钢筋混凝土全断面衬砌, 同时进行固结灌浆。

6+ 728~ 6+ 738 m 塌方段, 由重力式塌落和结构面组合控制并存, 基本由下列三组结构面控制其塌方边界, f_1 产状近 $EW S$ $50^\circ \sim 60^\circ$; 主错带 1 m, 为角糜岩, 影响带达 4 m, 有渗滴水和小股流水, 岩体完整性差, 且有次生矿物绿泥石、滑石。破碎带 g 的产状: $NE 60^\circ \sim 75^\circ NW$ $60^\circ \sim 75^\circ$; 主错带 1 m, 仅有下盘影响带 3 m, 由碎裂岩组成, 有渗滴水, f_2 产状 $NW 10^\circ \sim 26^\circ NE$ $60^\circ \sim 75^\circ$; 由角糜岩组成厚 1~ 2 m 的主错带, 影响带 5~ 6 m, 有渗水。该段开挖后不到 48 h 发生塌方, 首塌方为重力式塌落, 发生在山内侧与掌子面交界处 (f_1, f_2 交

汇处), 然后逐步爬高达 14 m, 基本达到三组结构面顶交点, 塌方量近 $600 m^3$, 塌方堵塞了整个开挖洞段, 造成停工。见图 4。临时支护处理采用的塌方体上先大管棚超前灌浆固结, 后短进尺弱爆破开挖支护跟紧的施工方案。大管棚用 38 根长 20 m, $\Phi 127(108)mm$ 钢花管, 外倾 5° ; @ 42 cm, 山外侧 @ 为 60 cm, 大管棚前端入岩体 5 m, 大管棚管内用 $\Phi 25(56)mm$ 管进行灌浆, 浆灌完后在管内插入 $\Phi 36 mm$ 钢筋, 以增加管棚刚度。在塌渣与岩面间进行劈裂灌浆。为了阻水采用水泥水玻璃双液灌浆, 在碴体前面采用 $\Phi 75 mm$ 的小导管超前固结灌浆, 形成止浆墙, 待浆液凝固后, 对碴体进行短进尺弱爆破开挖, 且用钢拱架跟紧支撑管棚, 拱架间距小于 1.5 m, 开挖进尺 5 m 后, 在钢拱架下架设沥青木模板现浇约 50 cm 厚混凝土衬砌, 预留回填、固结灌浆孔。下半断面开挖采用拉中槽 3~ 4 m, 跳挖马口, 混凝土顶撑(钢柱)垂直落到基岩底座, 开挖成形, 拱脚均采用 $\Phi 32 mm, L = 5.0 m$ 的锁脚锚杆, 为了拱脚围岩加固和防渗水, 布置两排水泥、水玻璃双液灌浆孔。永久支护设计同前段。

2.5 调压井穹顶开挖及处理措施

太平驿水电站调压井为深埋圆形差动式调压井, 井深 70 m, 井筒开挖直径最大近 30 m。是目前我国规模最大的调压井。

2.5.1 调压井穹顶开挖

太平驿调压井穹顶为球壳形, 穹顶围岩的水平埋深 170 m, 垂直埋深 150 m; 岩性为(花岗)闪长岩, 有辉绿岩脉穿插, 发育有 F_1 断层 $NW 80^\circ \sim EW NE(N)$ $30^\circ \sim 40^\circ$; 破碎带厚 3~ 5 m, 由角砾岩、碎裂岩组成, 局部有糜棱岩, 穿插辉绿岩脉和石英岩脉, 上、下盘影响各 5 m 左右, 断层距穹顶开挖面最小距离仅 12 m。节理裂隙发育有: $NW 75^\circ \sim 90^\circ NE$ $30^\circ \sim 45^\circ$ $NW 30^\circ \sim 50^\circ SW$ 75° ; 延伸一般大于 5 m, 间距 20~ 60 cm, 岩体为弱风化(卸荷), 地下水以渗、潮湿为主。岩体呈块状—块裂结构, 破碎带岩体呈碎裂结构, 围岩以 III 类为主。由于在检修洞开挖揭露 F_1 断层, 在穹顶隐状 F_1 断层, 对穹顶的稳定和安全构成较大威胁, 因此, 穹顶开挖和支护方案关系到穹顶稳定和安全。见图 5。

2.5.2 处理措施

开挖: 采用“多开通道, 保留岩柱”的原则。先沿检修洞方向先行“一”字型导坑贯通, 其次通过调压井中开挖形成“十”字型导坑, 最后开挖对称岩柱, 开挖次序见图 5。

支护: 为了论证 F_1 断层对穹顶围岩稳定的影

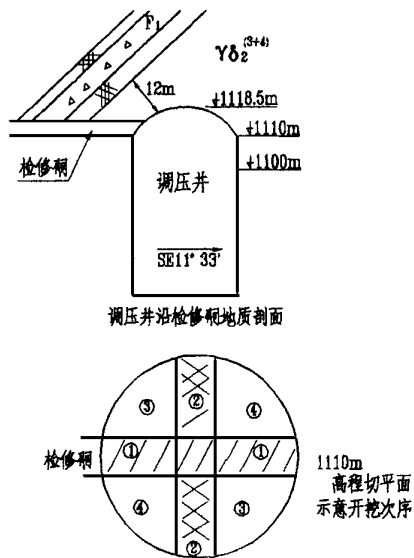


图5 调压井地质及开挖示意图

响程度,指导支护设计。开挖岩柱时,在穹顶上沿 F_1 断层倾向方面布置两孔(台车钻进),查明 F_1 断层距穹顶距离,根据钻进速率、压力和返水颜色等特征判断 F_1 断层的位置距穹顶最近仅12m。

在“十”字型导坑形成和岩柱开挖时及时支护穹顶,考虑复合支护原则,用喷锚网,锚杆 $\Phi 25$ mm, @150 cm, $L=3.0$ m 或 6.0 m;网 $\Phi 12$ mm, @20 cm × 20 cm, (检修洞口对面侧@33 cm × 33 cm);喷200号混凝土厚15 cm。穹顶形成后在井筒起拱线下,现浇钢筋圈梁,断面1.6 m × 0.6 m (高 × 宽),环筋 $\Phi 22$ mm,箍筋 $\Phi 16$ mm, @30 cm,锚杆 $\Phi 25$ mm, $L=3.9$ m。为了控制检修洞与调压井交界口变形破坏,在检修洞作为锁口钢筋混凝土衬砌8 m。

围岩原位监测及信息反馈:根据穹顶支护设计

原则‘及时支护,灌浆预锚’,因此,在穹顶布置了三个高程的收敛位移监测断面,监测穹顶围岩变形收敛特征(特别是在下步井身开挖过程中的变形收敛特征),根据监测信息反馈确定是否需进一步对穹顶处理(方案有固结灌浆,预应力锚索,十字型钢筋混凝土拱肋等)。根据收敛监测至井身开挖成形的资料初步分析认为:除穹顶围岩作必要的固结灌浆外,其余支护方案必要性不充分。

3 结 语

太平驿水电站地下工程施工处理措施是多种多样的,实践证明是有效的。笔者根据大平驿水电站地下工程施工地质工作实践,体会最深的有以下几点:

(1)施工地质工作是地下工程开挖的灵魂所在,它不仅仅是进行简单的地质编录和校验前阶段的结论,更重要的是如何针对开挖出现的工程地质问题提出处理和修改设计方案的意见,对节省工程投资起到至关重要的作用。

(2)地下工程开挖如何预测预报可能出现的工程地质问题和提出处理对策,是施工地质工作的又一重大任务。

(3)怎样使地质师、设计师和施工承包商紧密配合,互相协作,形成‘岩土工程’大学科系统,是我们通过太平驿水电站地下工程施工配合的深刻体会。

作者简介:

陈卫东,男,国家电力公司成都院成都水利水电建设工程公司副总工程师,高级工程师,学士

“锂盐渣混凝土(沙浆)研究及应用”成果通过鉴定

四川明珠集团有限责任公司结合涪江金华电航桥工程的建设进行的“锂盐渣混凝土(沙浆)的研究及应用”课题,于1999年5月29~30日通过了由四川省科委主持的成果鉴定(鉴定证书号:川科委鉴字[1999]第123号),并受理为1999年四川省科技进步奖申报项目。

锂盐渣是利用锂辉矿石经1200℃高温煅烧后生产碳酸锂(锂盐)的副产品,每生产1t锂盐相应产生8~10t锂盐渣。中国是世界上锂辉石精矿储量最大的国家,四川又是我国储量最丰富的省份,建成于1995年的四川明珠集团锂业公司是明珠集团公司的全资子公司,设计年生产锂盐3000t,是目前我国第二大锂盐厂。

1996年10月,明珠集团公司投资4.79亿人民币修建涪江金华电航桥工程(装机3×14MW),结合工程建设开展该课题研究,利用锂盐渣作为掺合料,在施工现场应用于混

土或沙浆中,改善和提高其性能,具有水泥用量小、和易性佳、抗冲耐磨和抗渗性能好、显著提高强度及早期(28d前)微膨胀等优点。其试验成果于1997年9月经专家咨询审定后应用于工程建设,至1999年4月底,已累计浇筑锂盐渣混凝土25.75万 m^3 ,使用锂盐渣沙浆安砌条(卵石)27.40万 m^3 ,确保了首台机组于1998年12月30日如期投产发电,以26个月的发电工期创四川同类水电站建设的新记录。“该成果的研究和应用,为解决水工混凝土易开裂的技术难题提供了一种新的途径,达到了国内先进水平”(鉴定委员会专家评语)。

该成果节省工程投资780万元,并将过去视为“废渣”的锂盐渣开发为优质的建筑材料,有效地解决了锂盐渣对环境的污染问题,经济和社会效益显著,具有良好的应用和推广前景。(四川明珠集团公司 胡平)

ABSTRACT

Engineering Geological Investigation on Complex Foundation at Tongjiezi Hydropower Station

GE Dong-hai

(Chengdu Water Resources and Hydroelectric Power Construction Engineering Company, CHDI of SPC, Chengdu, Sichuan, 610072, China)

Abstract: The Tongjiezi hydropower station is located on rock with complex geological conditions. During entire investigation period, the special geological problems are demonstrated by advanced means and methods both domestic and abroad and with thorough and detail comprehensive analysis. Conclusions which accords with objective reality are presented to solve actual engineering problems and greater contribution is made to academic research and technical means.

Key words: major engineering geological problem; buried fault; incised river bed; deep confined water; strain-slip zone in layers

Engineering Geological Problems in Underground Excavation and Treatment at Taipingyi Hydropower Station

CHEN Weidong

(Chengdu Water Resources and Hydroelectric Power Construction Engineering Company, CHDI of SPC, Chengdu, Sichuan, 610072, China)

Abstract: At the Taipingyi hydropower project, rock burst, collapse and major fault (shallow buried) were met in underground excavation, which are unfavorable to dam stability, safety and construction schedule. Prediction and treatment for such engineering geological conditions are studied by geologists, designers and contractors together. In the case of Taipingyi underground excavation and treatment, different engineering treatment measures were taken for different engineering geological problems by geologists, designers and contractors to construct a economically reasonable, safe and reliable project.

Key words: underground excavation; construction geology; treatment measures; rock burst; collapse

Construction Geology in International Competitive Bidding Hydropower Project

CHEN Changping

(Chengdu Water Resources and Hydroelectric Power Construction Engineering Company, CHDI of SPC, Chengdu, Sichuan, 610072, China)

Abstract: Taking the Ertan Hydropower Project as an example, the paper presents a brief introduction on construction geological work performed under the latest contract management and project supervision system of international competitive bidding, to improve the construction geological work in the future and provide references for the projects of similarities.

Key words: the Ertan Hydropower Project; international competitive bidding; construction geology

Study on Major Engineering Geological Problems for Long Intake Tunnel with Thick Overburden in Hydropower Project

PENG Shixiong

(Chengdu Water Resources and Hydroelectric Power Construction Engineering Company, CHDI of SPC, Chengdu, Sichuan, 610072, China)

Abstract: Taking the Qiaoqi Hydropower Project as an example, the major engineering geological problems for long intake tunnel with thick overburden in hydropower project is systematically analyzed and prediction is made to provide references for the other tunneling projects.

Key words: tunnel with thick overburden; study; prediction

Influence of High In-situ Stress on Stability of Dam Foundation Rock

YUAN Zhi-jun

(Chengdu Water Resources and Hydroelectric Power Construction Engineering Company, CHDI of SPC, Chengdu, Sichuan, 610072, China)

Abstract: The relationship between in-situ stress and stability of dam foundation rock is less considered in dam construction. For high in-situ stress occurred in Ertan dam area, combined action of initial in-situ stress field, time and space effect during excavation and external loads (arch thrust etc) on dam foundation stability are analyzed and calculated. The analysis results show that high in-situ stress is adverse to foundation pit excavation, but is favorable to dam foundation rock stability against sliding.

Key words: in-situ stress; initial in-situ stress field; time and space effect; stability against sliding; substructure coaction

Research and Application of Lithium-salt Slag Concrete

HU Ping¹ GAN Yan-hua²

(1. Sichuan Mingzhu Limited Liability Company, Shehong, Sichuan, 629200, China; 2. The 8th Construction Bureau of Water Conservancy and Hydropower Engineering of China, Guiyang, Guizhou, 550001, China)

Abstract: Lithium-salt slag is a kind of nice artificial pozzolana. When this material is added in concrete, not only properties of concrete is improved obviously and basically meet specifications for HPC (High Property Concrete), but also cement content and project cost are reduced. The lithium-salt slag is used in various specially mixed concrete as well as in conventional concrete and mass concrete. The lithium-salt slag is successfully used as admixture in concrete at the Jinhua hydropower project on the Fujiang River.

Key words: lithium-salt slag; properties of concrete; mix proportion; Jinhua hydropower project