

彭水水电站开挖边坡地质缺陷处理设计

卢金龙

(长江水利委员会长江勘测规划设计研究院, 武汉 430010)

摘要 介绍了彭水水电站左岸船闸边坡的 f1 断层的工程地质情况, f1 断层是坝区最大的断层, 断层带溶蚀强烈, 严重破坏了边坡岩体的完整性, 降低了岩体强度, 对船闸边坡稳定支护方案设计提出了挑战。为了采取经济合理的边坡缺陷处理方案, 通过计算分析, 比较了不同处理模式, 最终确定采用了一系列有针对性的工程措施, 取得了较好的效果。该工程的成功经验可供其他地质缺陷发育的岩体边坡支护设计参考和借鉴。

关键词 彭水水电站, 边坡, 断层, 缺陷, 处理

1 概述

彭水水电站位于乌江干流下游, 距重庆市彭水县县城上游 11km, 坝址上游是云、贵山区, 下游毗邻重庆工业区和三峡工程水库经济开发区, 距涪陵市 147km, 距重庆市约 170km (直线距离)。坝址以上流域面积 69 000km², 占乌江流域总面积的 78.5%。流域多年平均降水量 1 160mm, 坝址多年平均流量 1 300m³/s, 年径流量 410 亿立方米。年平均含砂量 0.354kg/m³。^[1]

彭水水电站的开发任务为以发电为主, 其次是航运、防洪及其他综合利用。彭水水电站是乌江干流水电开发的第 10 个梯级, 水电站总装机容量 1 750MW, 系乌江干流开发仅次于构皮滩水电站的大型枢纽工程。彭水水电站地理位置优越、水库调节性能好, 距负荷中心区仅 180km, 是重庆市不可多得的水电电源点。^[1]

彭水水电站由大坝及泄洪建筑物、电站、通航建筑物等组成。大坝为碾压混凝土重力坝, 坝高 116.5m; 电站布置在右岸, 为地下式厂房, 安装 5 台单机容量为 350MW 的大型混流式水轮发电机组; 通航建筑物布置在左岸, 由单线船闸、升船机两级过坝建筑物组成, 按 500t 级船舶过坝设计。

工程自 2003 年开始前期施工准备工作, 2005 年正式开工建设, 于 2008 年实现五台机组全部投产发电, 预计 2010 年工程全部完工。

2 左岸边坡 f1 断层带工程地质情况

左岸通航建筑物中间渠道边坡 f1 断层位于坝轴线下游 180m 处, 断层走向 10°~30°, 倾向 100°~120°, 倾角 70°~80°, 地层断距 120m, 是坝区最大的断层, 断层破碎带真厚度 7~15m。f5 断层产状 220°~235°/65°~78°, 断层破碎带宽 5~10m, 在中间渠道边坡地表 390m 高程左右切割 f1 断层, f5 断层上盘 f1 断层向上游平移达 30m。f36 产状 195°~210°/63°~84°, 断层破碎带宽 3~6m。在中间渠道边坡地表 350m 高程、330m 高程马道附近切割 f1 断层, f36 断层上盘 f1 断层向下游平移达 7m。f1 断层基本位于 f5、f7 断层间, 高程 270~420m, 被 f5、f36 以及 f65、f7 断层切割, 顺断层溶蚀强烈, 发育成溶洞, 溶洞规模大, f5 上盘溶洞向山内发育一定深度, 垂直方向与导流洞附近溶洞有一定水力联系。f36 断层下盘 f1 断层破碎带宽 5~10m, 为角砾岩、碎裂岩, 胶结较好。f36、f5 断层与 f1 断层交汇带及溶洞充填物为黏土夹块石, 并见灰华, 为软塑状, 交汇带顺 f1 断层两侧溶蚀扩大, 总宽度 35~40m。

左岸中间渠道 f1 断层段主要分布寒武系毛田组岩层, 发育有 kW65 岩溶系统。

中间渠道边坡开挖始于 2004 年 10 月上旬, 开挖过程 f1 断层与 f36、f5 断层交汇带曾多次产生坍塌, 致使高程 345~375m 段边坡形成倒悬体。2005 年 1 月中旬, 设计部门对该段边坡提出了治理方案, 决定对倒悬体部分进行放坡处理, 自 420m 高程附

作者简介: 卢金龙 (1982—), 男, 工程硕士, 2005 年本科毕业于天津大学建筑工程学院水利水电工程专业, 武汉大学水利工程在读工程硕士, 主要从事水工结构工程设计方面的工作。E-mail: lujinlong@hotmail.com。

近开口,边坡为直立坡,把倒悬体上部岩体开挖完。

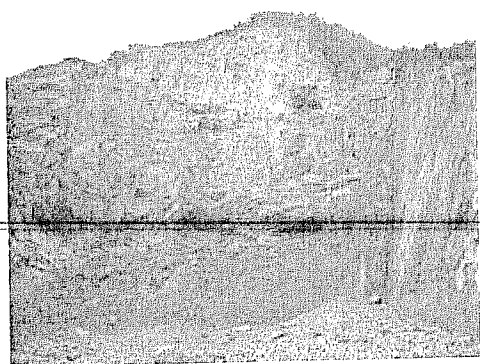


图1 2005年3月f1断层形态

2005年4月初,倒悬体基本开挖完,开挖弃渣堆积至354m高程,2005年4月13日,弃渣及f1断层溶蚀风化带整体下座,从高程330m处剪出,后缘陡坎7~8m(图2)。

根据对左岸中间渠道f1断层溶蚀带开挖情况,于2005年7月、10月两次进行补充勘察,根据勘探揭示情况判断,中间渠道边坡f1断层溶洞整体形态呈漏斗形,漏斗靠江侧以f36断层为界,靠山侧以f5断层为界,在高程330~365m段溶蚀扩大,向下主要顺f1断层倾向发育,宽度变小,f36断层与f7断层间f1断层破碎带宽7~8m,破碎带岩体以碎裂岩为主,胶结较好。



图2 2005年4月f1断层形态

据剖面图分析:漏斗靠江侧高程315~330m级边坡,边坡岩体主要是溶洞充填物黏土夹碎块石;高程300~315m级边坡,边坡岩体厚0~13m,底部岩体厚10~13m,岩体中发育大小不等的溶洞;高程285~300m级边坡,岩体厚10~29m,局部溶洞发育;高程275~285m级边坡,岩体厚29~40m(图3)。

2006年6月30日断层带正面边坡高程345m出现跨塌,7月3日跨塌范围增大,高程364~345m部分已支护部位及上游侧边坡支护部位跨塌,致使正面边坡形成一个大型的倒悬体(图4)。

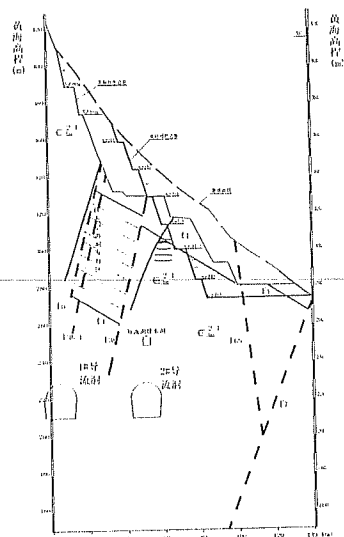


图3 f1断层典型剖面图

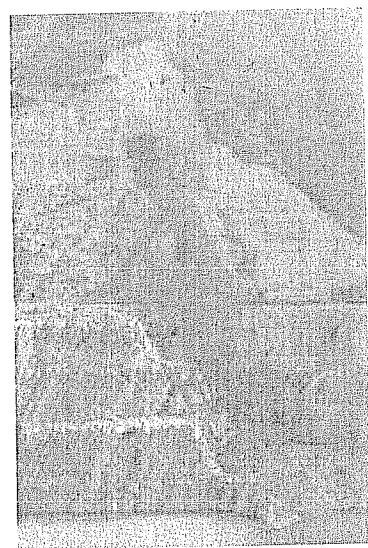


图4 2006年7月f1断层带跨塌

3 f1断层缺陷处理设计

针对漏斗状的f1断层带缺陷,应采取卸载、支护与外侧壳状岩埂加固支挡相结合的处理方案。

3.1 漏斗以上部位卸载、支护设计

根据现场揭露的地质性状及补充地质勘探资料,并考虑此部位雨水过后即有部分垮塌,施工困难、工期紧迫,经过分析研究,f1断层带开挖支护措施如下:

(1) 已开挖形成的岩质边坡,其上、下游面的岩体不再扩挖,消除上游面的倒悬体和所有边坡表面的松动块体,按图5断面进行支护。

(2) 完成上述支护后,进行f5下盘溶蚀破碎带

中黏土夹块石的进一步清除。溶洞周边新开挖出来的岩体支护型式见图6。在f5上盘溶洞顶部约360m高程布设3排预应力锁口锚索和锚杆。在上、下游岩面高程357.5m, 342.5m和327.5m分别布设一排预应力锚索, 锚索、锚杆的具体位置根据现场实际情况进行调整。

在土体开口线以上1~2m(高程为364m左右)布设三排 $3\Phi 32@100\text{cm}\times 100\text{cm}, L=12\text{m}$ 的锚筋桩, 对倒悬部分进行锁口, 锚筋桩外侧水平焊接 $\Phi 36$ 钢筋, 在上下排 $\Phi 36$ 钢筋之间用 $\phi 16$ 钢筋以折线形连接成钢筋网片, 以增强加固区锚筋桩整体刚度。

对开口线以下(高程350m左右)黏土夹块石原则上采取垂直开挖, 每开挖完成2~3m高度后, 布 $\Phi 25@300\text{cm}\times 300\text{cm}, L=1.5\text{m}$ 挂网锚杆, 挂机编网, 初喷4~5cm混凝土及时封闭, 再布设 $\Phi 28@200\text{cm}\times 200\text{cm}, L=9\text{m}$ 系统锚杆, 边坡排水孔 $L=6\text{m}, \Phi 56@300\text{cm}\times 300\text{cm}$, 孔内设盲管; 并布设 $\Phi 32@400\text{cm}\times 400\text{cm}, L=12\text{m}, R_{yk}=980\text{MPa}$ 的精轧螺纹张拉锚杆, 其张拉吨位为50t, 内侧锚固在好岩体上(锚固段不少于2m), 外侧通过钢垫板锚固在由水平及竖向钢管架构成的钢格构交叉点上(水平及竖向钢管架由并列的两根 $\phi 2'$ 钢管组成), 精轧螺纹钢钢筋不得与钢架及其他结构焊接; 对其中土体厚度大于10m的部位, 采用长20m张拉吨位50t的无粘结锚索(3根1860级 $7\phi 5$ 高强度低松弛预应力钢绞线)。以上长度均根据实际钻孔情况调整。最后挂钢筋网喷护(喷护混凝土厚度14cm, 钢筋网为 $\phi 8@20\text{cm}\times 20\text{cm}$)。

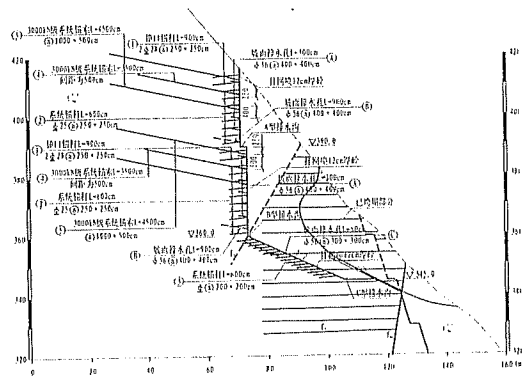


图5 f5断层以上支护断面图

(3) 对390m高程溶槽进行掏槽处理, 掏槽深度为宽度的1.5倍且不小于50cm, 掏挖完成后采用C20(二)混凝土进行回填, 在回填混凝土部位按排距2m布置排水孔。溶槽较大部位仅对外表面用C20(二)混凝土进行封闭, 防止雨水渗入溶槽内, 并加强排水。为保证混凝土稳定, 根据情况布置若干

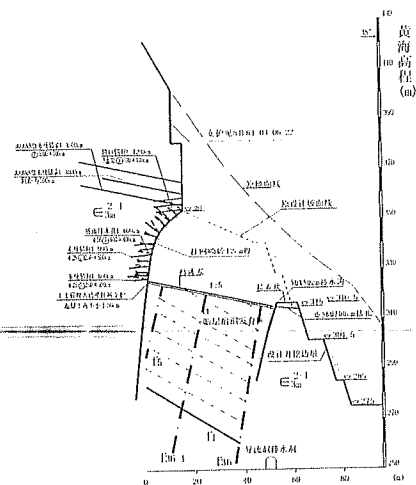


图6 f5断层以下垮塌部位支护图

随机锚杆。

(4) 将溶洞内充填物开挖成坡向航道的1:5的斜坡, 坡面做柔性防水层处理(先铺20cm的粗砂层, 再铺防渗土工膜(二布一膜), 最后铺砂土30cm, 沙土上种植花草绿化)。斜坡的外侧保留1.5m高的岩体拦石坎, 拦石坎内设排水沟, 拦石坎的顶部浇筑20cm厚的马道混凝土。在开挖过程中, 根据开挖揭露的情况调整保留岩体的顶高程。实际施工中保留岩体顶宽为2m时, 上游部分顶高程为315m, 下游部分为320m。

(5) f1断层地质条件复杂, 锚索施工工艺要求高, 无粘结预应力锚索应进行全孔封闭灌浆防护, 保证张拉段充满水泥浆或水泥砂浆, 满足锚索的永久使用要求。f1部位边坡稳定关键是做好排水, 锚索实施过程中, 应采用低压浓浆或水泥砂浆灌注, 减少一次进浆量, 间歇灌浆, 防止水泥浆大量串漏, 堵塞排水通道。

(6) 在中间渠道f1断层带边坡坡面高程286m桩号0+160~0+215, 设排水深孔, 排水孔孔径150mm, 孔深50~60m, 间距5m, 仰角 10° , 内设排水盲管, 排水深孔共12个。

3.2 壳状岩埂加固设计

f1断层外缘岩埂边坡下起高程275m平台, 上至315~320m高程, 坡高40~50m, 坡比1:(0.2~0.3), 设有高程285m, 301.5m, 315m三级马道。由于边坡中段在高程300m以上发育下宽约4.0m的“V”形溶槽, 外缘边坡被切割成上下游两段。“V”形槽上游段边坡, 高程300m以上, 从“V”形溶槽内观测, 外缘岩体厚度5~8m, 岩体中发育几条外倾角裂隙, 裂隙面溶蚀, 黄泥充填, 岩体完整性相对比较

差;“V”形槽下游段边坡,从“V”形溶槽内观测高程300m以上外缘岩体厚4.5~5m,发育外倾裂隙,溶蚀充填黄泥,岩体完整性差。

依据边坡岩体中的钻孔资料,高程276m边坡岩体中较完整岩体厚度24.6~29.9m;高程286m边坡岩体中较完整岩体厚度10.0~23.8m,不完整岩体厚度自下游向上游逐渐增加;高程294m边坡岩体中较完整岩体厚度3.3~23.3m。

为增加f1断层外侧岩埂自身稳定性和整体支挡能力,对“V”形溶槽进行混凝土回填处理,在岩埂外侧高程285m以上边坡布置钢筋混凝土格构梁,用锚桩或锚索将格构梁锚固于后缘较好的岩体上。具体处理措施如下:

(1) 掏挖“V”形槽内黏土夹块石,回填C20混凝土,并在上下游面施加系统锚杆,使之与回填的混凝土更好地结合。

(2) 混凝土格构梁浇筑范围为“V”形槽上游段边坡高程285~315m,“V”形槽下游段边坡高程285~320m(图7)。

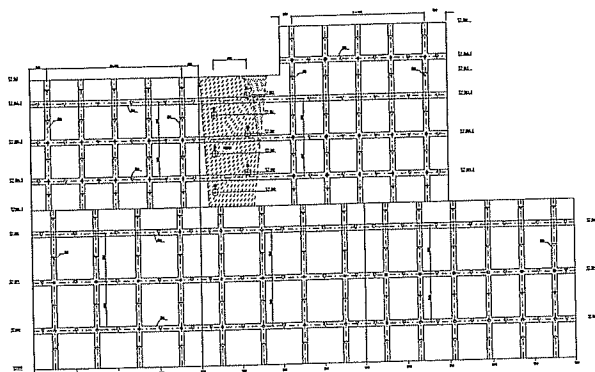


图7 混凝土格构梁布置图

(3) 梁体混凝土标号为C25,断面尺寸为60cm×80cm,间距为4m×4m和5m×5m,主筋采用Φ28,箍筋Φ8@15cm,钢筋保护层岩面为10cm,其他为5cm。格构梁应布设在原边坡挂网喷护混凝土外侧。

(4) 格构梁节点采用锚桩或锚索锚固在后缘较好的岩体上,锚桩、锚索长度根据后缘岩体深度确定。

(5) 高程312.5m桩号0+175m上游所布5根锚索、高程299m桩号0+170m上游所布3根锚索以及“V”形槽所布号锚索均与边坡走向夹角40°~50°、向内偏向上游布设,水平钻孔;高程312.5m桩号0+185m~0+205m所布5根锚索、高程299m桩号0+185m~0+220m所布8根锚索以及“V”形槽所布号锚索均与边坡走向夹角40°~50°、向内偏

向下游布设,水平钻孔;锚索锚头应锚固在格构梁外侧,张拉锁定吨位1500kN(图8)。

(6) 格构梁节点之间增设Φ25锚杆,长度4.5m,外露1m(包括弯钩)锚固于梁体内(图9)。

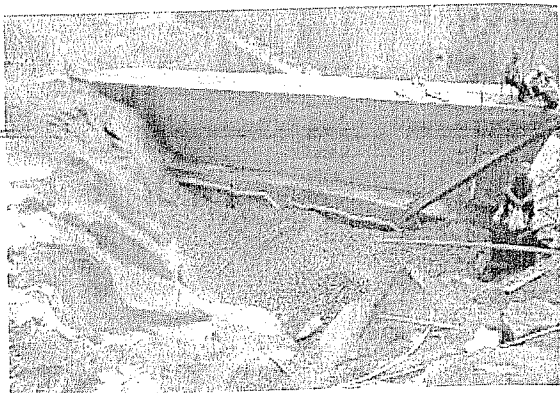


图8 “V”形槽回填混凝土形成的拦渣坎

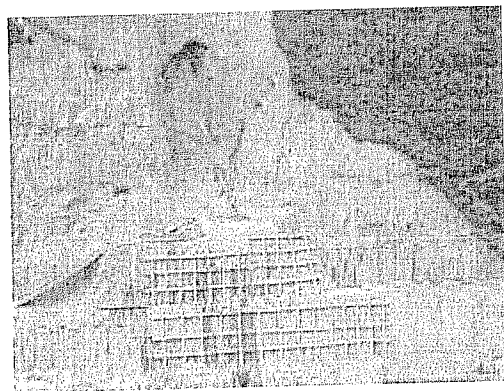


图9 治理完成后的f1断层带

4 结语

彭水水电站位于重庆山区,坝址位于郁山镇背斜南东翼,坝址区发育有断续溶蚀的断裂。左岸船闸边坡的f1断层是坝区最大的断层,断层带溶蚀强烈,破坏了边坡岩体的完整性,严重威胁着通航船只的安全以及大坝消力池的安全运行,因此,对上述地质缺陷进行处理是必要的。通过计算及敏感性分析,为减小处理难度及降低工程造价,设计最终确定了挖除卸载与支护支挡相结合的处理方案。通过施工处理,高程315m以上溶蚀破碎带中黏土夹块石基本被挖除,沿着f5断层后缘卸载后形成的陡面坡进行强力支护,对高程315m以下漏斗外侧岩埂施加工程措施,岩体的整体性及刚度得到部分恢复,用以支挡未挖除部分的溶蚀充填物。该部位于2008年3月处理完成,已连续经历2年雨季的考验,处理后的边坡稳定,未监测到大的变形,说明缺陷采用的

治理方案是成功的。

彭水水电站坝址区为典型的喀斯特溶蚀地貌,对 f1 如此规模的大断层带成功治理的设计经验对其他岩溶发育地区的断裂缺陷处理具有一定的借鉴意义。

参考文献

- [1] 吴效红. 重庆乌江彭水水电站可行性研究报告[R]. 武汉:长江水利委员会长江勘测规划设计研究院, 2004.
- [2] 陈炎和. 糯扎渡水电站 3# 和 4# 导流洞及泄洪洞出口高边坡治理[D]. 南宁:中国人民武装警察部队,水电第一总队, 2007.
- [3] 张泽鹏,朱凤贤,黄放军,等. 复杂地质条件下高边坡加固设计与综合治理研究——以梅河高速公路某高边坡治理为例[D]. 兴宁:广东交通实业投资公司, 2006.
- [4] 周明涛,许文年,叶建军,等. 云南小湾水电站边坡治理研究[D]. 宜昌:三峡大学土木水电学院, 2005.
- [5] 高永涛,张友葩,吴顺川,等. 滑移岩石边坡治理的稳定性分析[D]. 北京:北京科技大学土木与环境工程学院, 2002.
- [6] 谢全敏,丁保艳,吴定洪,等. 基于案例的边坡治理方案选择决策支持系统研究[D]. 武汉:武汉理工大学土木工程与建筑学院, 2008.