

乌弄龙水电站右岸高陡倾倒体边坡治理工程施工

吴强 潘登喜 字政明 王林维

华能澜沧江水电股份有限公司乌弄龙里底建设管理局

DOI:10.32629/hwr.v3i4.2088

[摘要] 澜沧江乌弄龙水电站右岸边坡地形陡峻、倾倒变形体体积大、地质条件复杂,施工难度大,项目施工处于工程建设关键线路上,为安全、优质、按期完成工程建设,建设单位及参加各方加强管理,顺利完成了工程建设任务,施工中的积累的经验,对澜沧江上游地质条件复杂地区的边坡治理有借鉴意义。

[关键词] 乌弄龙水电站; 右岸倾倒变形体; 施工

1 工程建设概况

1.1 工程概况

乌弄龙水电站为澜沧江上游河段规划7个梯级中的第2级电站,上邻古水电站、下接里底水电站。上距德钦县公路里程约90km,下距巴迪乡公路里程约13km,距维西县县城公路里程约125km,距丽江市公路里程约396km。

工程为二等大(2)型工程,主要建筑物均为2级建筑物,次要建筑物为3级。电站以发电为主,总库容2.65亿 m^3 ,调节库容0.36亿 m^3 ,具有日调节能力。

右岸边坡由4个边坡组成,电站厂房进水口1909.10m高程以上边坡(坝上0+020.00m上游)、右岸坝肩1909.10m高程以上边坡(坝上0+20.00m~坝下0+075.00m)、出线平台边坡(坝下0+075.00m~坝下0+175.00m)以及出线平台下游边坡(坝下0+175.00m下游)。

1.2 水文气象

澜沧江流域属西南季风气候,干湿两季分明,澜沧江流域6~9月为汛期,年最大流量6至9月均有出现,但以7、8两月出现的次数最多,其它月份虽仍有暴雨出现,但量级不大或次数不多。4、5月为汛前过渡期。洪水的年际变化比较稳定。坝址洪水过程尖瘦,多数为多峰型,其次是双峰型和单峰型。

1.3 工程地质

1.3.1 区域构造稳定

乌弄龙水电站工程区属滇西纵谷山原区地貌单元,总体地势北高南低,山脉总体呈北北西或南北向展布。在大地构造上,工程区位于唐古拉—兰坪—思茅地槽褶皱带(三江地槽褶皱系)I级构造单元,兰坪—思茅拗陷II级构造单元中。

工程区外围地震活动较强,但距工程区远,影响小;近场区尽管分布众多区域性断裂,但各断裂活动时间早,晚更新世以来无明显活动,也无4级以上的历史中强震发生,因而场址区位于地震活动和断裂活动相对较弱的地段,属区域构造稳定性较差的地区。

1.3.2 倾倒体边坡基本地质条件

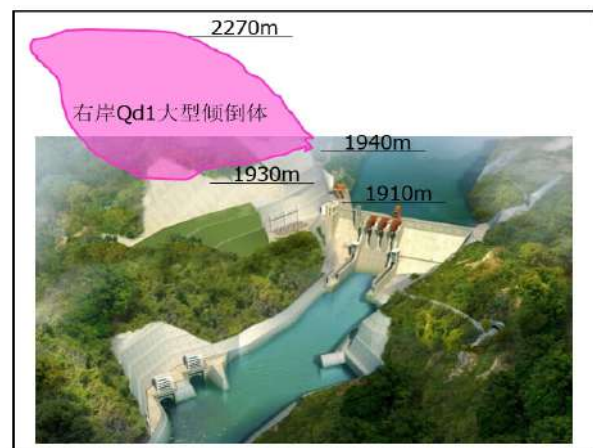
倾倒体位于坝址右岸坝顶,坝上0+83.5m~坝下0+355m,1940m~2270m高程之间,倾倒体边坡高度330m,在

平面上的分布范围呈不规则的椭圆状,其长轴方向为NE30°,与坝轴线的方向近似平行;前缘高1940m~1950m之间,后缘分布高程为2270m(倾倒变形岩体过山梁),顺坡向长度500m左右,分布面积约11.6万 m^2 ,总体积约230万 m^3 (其中强倾倒部份体积约140万 m^3)。

由于倾倒变形体正好位于未来大坝的顶部,其下部布置有右岸挡水坝段、进水口、右岸缆机平台、出线平台等重要水工建筑物,其稳定性对工程有直接影响,是乌弄龙水电站坝址区主要工程地质问题之一。



乌弄龙右岸倾倒体(Qd1)平面分布图



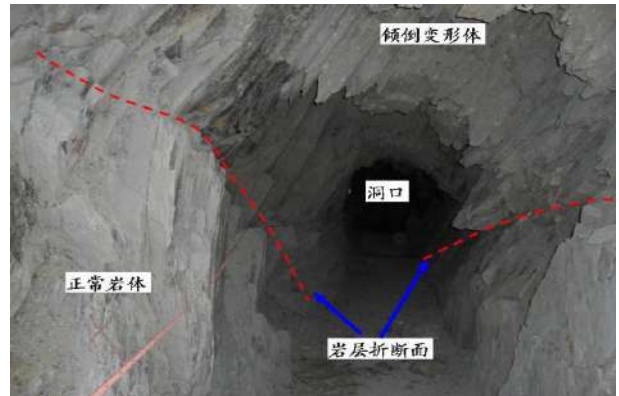
乌弄龙右岸倾倒体(Qd1)与枢纽建筑物相对关系



开挖前(勘探布置图) 开挖支护后

坝址倾倒体 Qd1 全貌 1.3.3 倾倒体变形破坏特征

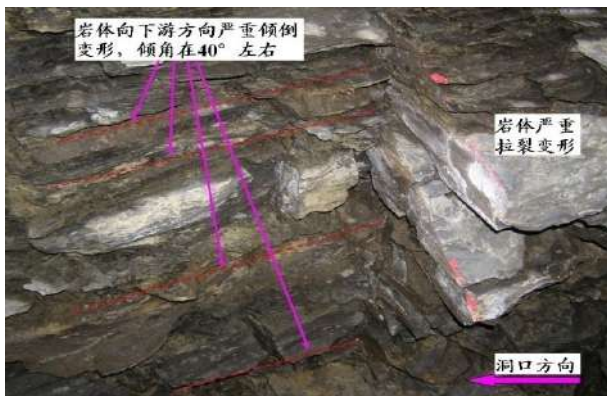
Qd1 岩性为砂质、泥质板岩与变质砂岩, 坝址区岩层正常产状为 NW355°~NE10°, NE(SE)∠75°~90°, 与河流呈大角度相交。在边坡不同的地方, 倾倒变形的程度、倾倒岩体的破坏类型和特征是不相同的。通常情况下, 边坡岩体在倾倒过程中, 边坡浅表部的岩体较深部岩体的倾倒程度严重。在倾倒体以里的边坡岩体, 受倾倒体倾倒变形影响, 虽然岩层产状基本正常、无倾倒变形, 但是岩体仍然局部拉裂变形破坏。根据岩体倾倒变形的特征以及岩体的破碎程度, 右岸倾倒体变形破坏具备如下特征: 浅表部岩体严重倾倒、拉裂破坏; 中部岩体拉裂、架空、解体破坏; 深部岩体的弯曲拉裂、折断变形破坏。



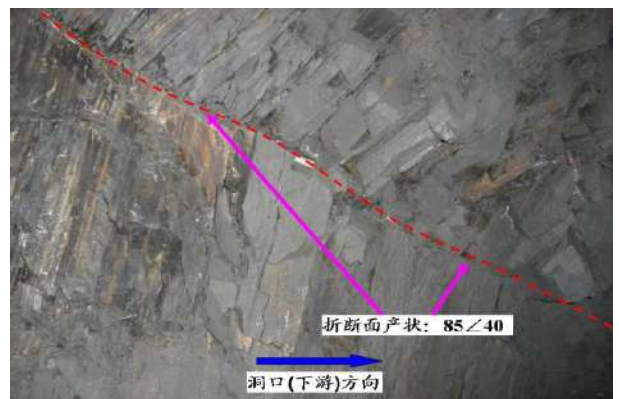
探洞 98-100m 处岩体折断变形破坏(深部)



探洞 113m 倾倒体影响带裂隙普遍张开(影响带)



探洞 15m 处岩体严重倾倒变形、拉裂破坏(浅表部)



PD208 探洞山外壁岩层折断变形破坏



探洞 56m 处岩体拉裂架空(中部)



PD208 探洞山内壁岩层折断变形破坏

前期探洞内揭露岩层倾倒破坏情况



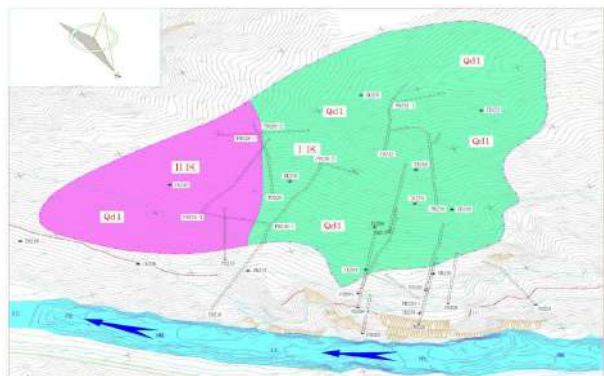
开挖后浅表部严重倾倒的岩层



开挖后中、下部强倾倒的岩层
施工开挖揭露边坡岩层倾倒情况



右岸坝肩倾倒变形体分区平面图



2 工程治理设计方案

2.1 边坡等级及设计控制标准

根据《水电水利工程边坡设计规范》DL/T5353-2006, 以及边坡所属枢纽工程等级、建筑物等级、边坡规模以及失稳造成的损失程度, 确定枢纽工程区边坡为Ⅱ级边坡, 相应各种工况的设计安全系数(刚体极限平衡法)见下表。

边坡安全系数表

设计工况	作用组合	荷载工况	设计安全系数
持久设计工况	基本组合	正常运行	1.20
短暂设计工况	基本组合	正常运行+暴雨	1.10
偶然设计工况	偶然组合	正常运行+地震	1.05

2.2 边坡治理方案设计

在初步设计方案: 右岸坝肩边坡以及出线平台边坡采取清除坡面覆盖层+喷锚系统锚杆+预应力锚索条带状布置支护的方式。乌弄龙水电站可行性研究报告审查会上专家认为: 右岸坝肩上部发育较大的向下游倾倒的Qd1 倾倒体天然状态下稳定, 边坡开挖后稳定条件变差, 应加强锚固、排水措施, 确定了“清除坡面覆盖层, 对下伏倾倒变形碎裂岩体采取混凝土护板+系统锚索支护加固的处理方案”。

主要工程量: 边坡土方明挖 3.6 万 m³, 石方明挖 3.1 万 m³, 喷混凝土 2232m³, 锚杆 9500 根, 锚筋桩 268 根, 1000KN 级预应力锚索 (25~70m) 1669 束, 排水孔 8518m, 护坡混凝土 3.9 万 m³。

3 倾倒体边坡施工

3.1 施工难度

3.1.1 右岸边坡属高陡边坡, 场地狭窄, 无充足的材料堆放平台, 而施工区内无法堆积准备材料, 现场施工材料主要依靠人工倒运至工作面, 施工难度较大。

3.1.2 施工干扰较大。现场 EL. 1953m 以上仅一条施工通道, 需承担全部开挖运渣及支护工作(锚喷支护、混凝土), 施工交叉作业干扰严重, 工作面难以全面铺开, 施工效率低, 工期压力较大。

3.1.3 由于右岸边坡垂直高差大, 混凝土浇筑及支护灌浆必须采用二级接力方式进行施工, 施工场地紧缺的压力进一步加剧。

3.1.4 边坡地质条件复杂, 倾倒体范围开挖面出露后, 必须先行采取喷混凝土紧急封闭, 同时唯一的施工道路原始地形陡峭, 边坡稳定性差, 施工过程中人员、设备安全风险突出。

3.1.5 倾倒体范围大, 锚索、锚杆、排水孔无法成孔, 锚杆必须采用自进式锚杆进行支护, 锚索、排水孔则必须采用跟管造孔法进行施工, 施工功效低。

3.2 主要施工方法

3.2.1 开挖施工

以确保高边坡稳定为核心, 边坡顶部强化层或弱风化上部开挖, 支护紧跟开挖面及时支护到位, 减小和控制边坡卸

荷变形。边坡开挖过程中,特别对开挖区内存在的不稳定块体及时采用随机锚杆或锚索锚固,对不易造孔的岩体及时采用自进式锚杆支护,防止局部失稳。对有多种支护形式边坡采取由浅到深、由表及里的支护程序,有深层滑动面的边坡在开挖后及时平渣进行预应力锚索施工,最大限度控制边坡的有害变形,在确认边坡稳定后再继续降层开挖。

为保证高强度开挖的同时边坡支护及时跟上,开挖分为控爆区和常规爆破区;常规爆破区为距开挖规格线 20m 以外,根据施工经验控制单响药量 300kg,满足高强度出渣需要;控爆区为距开挖规格线 20m 范围,在该区实施比规范要求更严格的控制爆破,先进行边坡预裂爆破满足边坡成型,预裂爆破单响药量控制在 50kg 以内,距规格线 10m 范围的单响药量控制在 100kg 以内,其余部位控制单响药量 150kg。实施过程除不断调整优化爆破参数外,开挖与支护的间隔距离也通过试验调整优化。

3.2.2 支护施工

锚杆、锚筋桩施工:根据边坡马道的布置搭设钢管脚手架进行,喷混凝土按常规方法施工,锚杆采取自进式锚杆施工,锚筋桩采取跟管方式成孔。

护坡混凝土施工:利用开挖弃渣,在施工便道中部高程形成中转平台,护坡混凝土利用搅拌机车沿施工便道运至中转平台,然后沿开挖开口线外侧接泵管(直径 125mm)至右坝肩贴坡混凝土施工工作面,进行混凝土的输送,混凝土垂直输送高度为 94m。当一级泵送困难时,分别在右坝肩下游施工场地在 EL. 2001m 高程和 EL. 2040m 高程,各布置一台混凝土高压输送泵,采用二级接力泵送混凝土。

预应力锚索施工:1000KN 级的预应力锚索孔孔径为 146mm、168mm,采用 YG-80 型潜孔钻跟管钻孔。右岸外露岩石极为松散破碎、不利结构面大量出现,边坡以破碎结构为主,岩石倾倒明显、地质条件复杂,现场锚索注浆采取限压、限流、限灌、灌水泥砂浆等措施,在保证锚索施工质量的前提下严格控制锚索注浆量。

3.2.3 施工质量评价

右坝肩 EL1990m 以上由于边坡岩石松散破碎,以反铲直接开挖为主,实际开挖坡比在 1:0.386~0.407 之间,最大超挖 0.28m,最小超挖 0.0m,平均超挖 0.18m,坝肩槽 EL1953m~EL1909.1m 无欠挖,坡比 1:0.5,实际开挖坡比在 1:0.479~0.508 之间,最大超挖 0.26m,最小超挖 0.0m,平均超挖 0.17m,平均半孔率 83.9%。

边坡喷混凝土厚度检查为 8~31cm(设计厚度 10cm)、12~23cm(设计厚度 15cm)。右岸锚杆(锚筋桩)钻孔孔径偏差为 0~12cm,孔深偏差基本为-7~8cm。

右岸边坡锚索 T=1000kN、L=35m,张拉理论伸长值 110.6mm,实际伸长值范围 108.3mm~120.4mm; T=1000kN、

L=40m,张拉理论伸长值 133.4mm,实际伸长值范围 127mm~145mm; T=1000kN、L=45m,张拉理论伸长值 154.4mm,实际伸长值范围 147mm~167mm; T=1000kN、L=55m,张拉理论伸长值 195mm,实际伸长值范围 185.7mm~210mm; T=1000kN、L=60m,张拉理论伸长值 215.3mm,实际伸长值范围 205mm~233.4mm; T=1000kN、L=66m,张拉理论伸长值 239.6mm,实际伸长值范围 228.2mm~261.2mm; T=1000kN、L=70m,张拉理论伸长值 255.9mm,实际伸长值范围 243.7mm~279.1mm。锚索伸长值检查结果在规范允许的-5%~+10%合理范围要求。

4 结束语

乌弄龙水电站右岸边坡大型倾倒体位于坝体正上方,垂直高度 330m,顺坡向长度 500m,体积 230 万 m³,其中强倾倒体 140 万 m³,倾倒变形体体型大、地质条件差,倾倒变形体的稳定对施工期、运行期安全至关重要。建设单位从监测、设计、施工等方面加强了工程建设管理。

(1)为保证倾倒体施工期的稳定并更好的指导施工,施工前在倾倒体范围提前布置 GNSS 自动化监测系统,对边坡施工全过程进行监控。

(2)慎重确定边坡治理方案,在可研审查意见的基础上,建设单位组织国内专家进行现场实际勘察,直接对设计方案进行咨询、审查,确定“清除坡面覆盖层,对下伏倾倒变形碎裂岩体采取混凝土护板+系统锚索支护加固的处理方案”。

(3)倾倒体边坡治理工程,施工道路布置困难,开挖运输及材料倒运是工程施工的一条主线,贯穿施工全过程,也是工程建设成败的关键。施工过程中,利用渣料提前形成 EL. 2000、EL1953 两高程的集渣、施工平台,对开挖、支护施工起到关键作用。

(4)倾倒变形体出露岩体破碎,雨季施工坍塌、掉快现象严重,直接影响现场施工安全和工程进度,采取对开挖作业面先行喷混凝土进行封闭的措施,对工程建设起到了很好的作用。

(5)边坡地质条件差,大量锚索、普通砂浆锚杆、排水孔无法成孔,施工中根据现场具体情况,及时调整设计、施工方案,锚杆增加了自进式锚杆,锚索、排水孔则大量采用了跟管造孔的施工方法,积极推进工程建设。

[参考文献]

- [1]王盛年,石崇,陈鸿杰.江坪河水电站高陡边坡落石运动分析及防护措施[J].河海大学学报(自然科学版),2012,40(2):162.
- [2]陈鑫.倾倒变形体发育演化影响因素及失稳模式研究[D].成都理工大学,2016,(3):133.
- [3]钟晖,肖颖.某高陡边坡的工程处理[J].建筑科学,2011,27(09):100-104.
- [4]宋胜武,冯学敏,向柏宇,等.西南水电高陡岩石边坡工程关键技术研究[J].岩石力学与工程学报,2011,30(1):1-22.