

李家岩水库高边坡危岩体的治理

王 平, 贺国印

(中国水利水电第七工程局有限公司, 四川 成都 610213)

摘 要:针对高边坡地形复杂、高差大而导致对其危岩体进行治理过程中出现的机械利用率低、人工劳动强度大且危险系数高的问题,必须选择合适的边坡治理措施和施工方案以降低施工风险,提升施工功效,控制工程成本。以李家岩水库工程徐家槽料场危岩体治理过程为例,详细阐述了所采取的治理措施和施工方案,所取得的经验对高边坡危岩体治理具有一定的借鉴意义。

关键词:李家岩水库;高边坡;危岩体治理;监测

中图分类号:TV7;TV52;TV51

文献标志码: B

文章编号:1001-2184(2024)05-0055-04

Treatment for Dangerous Rock Mass of High Slope of Lijiayan Reservoir

WANG Ping, HE Guoyin

(Sinohydro Bureau 7 Co., Ltd., Chengdu Sichuan 610213)

Abstract: Due to the complex topography of high slope and large elevation difference, the mechanical utilization rate is low, the manual labor intensity is high and the risk factor is high in the treatment process of dangerous rock mass. In order to properly deal with the problem of dangerous rock mass, it is necessary to choose the appropriate slope treatment measures and construction schemes to reduce the construction risk, improve the construction efficiency and control the project cost. Taking the dangerous rock mass control of Xujiacou material yard of Lijiayan Reservoir project as an example, the paper expounds the control measures and construction scheme in detail, which has certain reference significance for the dangerous rock mass control of high slope.

Key words: Lijiayan Reservoir; High slope; Treatment of dangerous rock mass; Monitoring

1 概 述

李家岩水库工程徐家槽料场位于四川省崇州市文井江右岸棕溪沟近沟尾处,整体地貌为陡坡山脊,南侧及东侧为棕溪沟主沟,沟内常年有水,中部偏南侧发育有棕溪沟小支沟。该料场分布高程为 1 280.00~1 650.00 m,相对高差为 80~300 m,长约 670 m,宽约 300~600 m,平面面积为 0.40 km²。料场位于 NE 向万家坪-水口场断裂上盘,受其影响沿上部斜坡、平台发育一次级断层 f_1 ,该断层产状为 $N75^\circ\sim 80^\circ E/NW\angle 65^\circ\sim 80^\circ$,为平移正断层。受万家坪-水口场断裂牵引及 f_1 断层切割影响,料场区岩层走向变化较大,总体呈左旋。

徐家槽料场的危岩体主要分布在高程 1 416.00~1 481.00 m(桩号 0+440~0+516),位于 f_1 断层上方 10~70 m 范围内,长约 70 m,

水平宽度为 3~5 m,垮塌物质多为风化岩,多呈块状及碎块状。

危岩体的主要组成部分:第⑥层岩屑石英砂岩夹泥质页岩及砂质页岩与第⑤层岩屑石英砂岩、泥质页岩、砂质页岩不等厚互层夹炭质页岩,砂岩呈中~厚层状,泥质页岩与砂质页岩呈薄层~中厚层状。该部位强风化带的水平宽度为 10~20 m,垂直深度为 10~18 m;弱风化带的水平宽度为 20~30 m,垂直深度为 20~25 m。 f_1 断层在边坡上出露、陡倾坡内,其破碎带及影响带宽 5~10 m。开挖边坡位于风化带内,风化、卸荷裂隙发育且多次生夹泥,岩体呈碎裂结构。高程 1 451.00 m 以上基本为原生基岩,水平开挖宽度不大,边坡位于强风化带内;高程 1 431.00~1 451.00 m 位于弱风化带上部;高程 1 431.00 m 以下为第⑤层泥质页岩为主的软岩。

2 危岩体治理施工特点与难点

收稿日期:2024-04-28

徐家槽料场小气候环境非常明显,长期存在雨雾天气,极大程度地限制了现场施工时间;作为该项目混凝土面板堆石坝的唯一料场,其开采作业不能暂停,而且危岩体的清除与坝料的开采运输存在交叉作业的风险;危岩体治理施工的高差范围大,施工技术要求高,设备材料运输困难。

3 危岩体治理的施工部署

3.1 危岩体治理的原则

(1)加强观测,做好警戒工作。清理边坡危石时,在其顶部安全范围内设置安全员对清危过程全程监督以确保清危安全;同时,在坍塌部位下方采用三角旗设置警戒区域,亦设置安全员在施工期间全程值守,确保无人员及设备进入警戒区。

(2)自上而下,分层治理。严格按照“自上而下”的原则进行危岩体的清理施工:先将危岩体表面有明显滑动和崩塌迹象的块石清除,再进行支护施工。严禁在未经过监测及论证确认边坡安全的情况下进行支护施工。

(3)减少扰动,确保危岩体整体相对稳定。清理危岩体时,针对较为零散且已经破碎的危岩体可以采用人工清理;对于较大的松散块可以使用机械设备进行清理;在机械设备可以清除的情况下,避免使用爆破方式处理以减少清理工作对危岩体的扰动,保证其整体稳定性。

(4)多重防护,降低风险。在危岩体下方平台设置5 m高的RX-050型被动防护网,用以拦截上方掉落的碎石和小块石。在被动防护网前设置拦石沟,防止边坡危石滚落至下方;同时,在被动防护网后方一定距离利用已爆破的渣土设置挡渣墙,作为防止边坡危石滚落的第二道防线。

3.2 针对危岩体采取的治理措施

首先采用人工对危岩体外侧的危石及浮渣进行清理,然后采用小型机械行驶至危岩体顶部进行清渣;清理至基岩面后先进行锚喷支护封闭坡面,随后进行锚索的深层支护,最后进行框格梁施工。

3.3 现场施工部署

(1)施工材料的运输。鉴于危岩体部位无法形成运输道路,故在料场Ⅲ区设置缆索吊进行临时材料的运输,将吊点设置在料场Ⅰ区集中制浆站旁及料场Ⅲ区顶部。缆索吊的设计起吊吨位为0.5 t,总重约1 t,牵引卷扬机的最大牵引力为20 kN,其下部主锚与上部主锚的高差为91 m,跨度

为258.79 m,斜距为370.15 m,仰角为14°。

(2)喷浆料“接力”。现场配备的混凝土喷射机的最大向上垂直输送距离为50 m,而需要锚喷支护的最高边坡位置距离下部卸料平台的垂直高度为80 m左右,现场通过“串联”喷浆机“接力”送料的方式解决了作业高差太大、喷浆机喷射压力不足、无法正常进行喷浆作业的问题。

为了实现高落差情况下的喷浆作业,现场施工人员结合实际情况在卸料平台上方50 m高度位置布置了第二台喷浆机,并在第二台喷浆机上倒扣一个漏斗式进料槽,通过喷浆管与下方卸料平台上的第一台喷浆机相连,利用两台喷浆机的动力实现喷浆料的垂直“接力”输送。

3.4 施工方案的实施

3.4.1 危石清理

首先采用人工挂设安全绳、用钢钎对破碎、零散的危石进行撬除,待坡体表面的危石清理完成、满足安全施工要求时,采用小型反铲修建施工便道至危岩体顶部,配合人工开挖至基岩面。

3.4.2 锚喷支护施工

(1)钻孔及锚杆的安装。首先按照施工图纸的要求在坡面布设锚杆孔位。下钻时可根据岩石走向及倾角调整钻杆的角度,锚杆应尽可能地垂直于坡面,待钻至设计深度后用高压风清除孔内的碎屑与积水^[1]。锚杆安装后应立即进行注浆,注浆管距孔底3~5 cm,借助浆压缓慢退出、直至孔口溢出浆液即完成注浆施工^[2]。

(2)挂钢筋网。钢筋网采取现场绑扎、人工进行施挂的方式。钢筋网随受喷坡面的起伏铺设,与受喷面的间距为3~5 cm^[3]。在有锚杆的部位使用铁丝将钢筋网与锚杆绑扎在一起,其它部位可以利用手电钻浅孔、用“U”型钢筋固定钢筋网,从而使钢筋网整体稳固、在喷射混凝土时不晃动。

(3)喷混凝土施工。喷混凝土施工的喷射顺序为自下而上,随危岩体清理进度分层喷射,后一层应在前一层混凝土终凝前进行。作业时,喷嘴一定要尽量垂直于受喷面并微向刚受喷的部位倾斜;喷嘴应与受喷面保持0.7 m左右的距离。

3.4.3 锚索施工

(1)钻孔。钻锚索孔前,应首先对钻机进行定位,确定钻机的工作高度、方位角、倾角等参数并

做好固定工作以确保钻机不会发生横向和轴向位移。钻孔过程中必须做好包括返风、返岩粉情况、地质情况等在内的钻孔原始记录,并将其作为分析孔道质量的依据。钻孔完毕,使用高压风冲洗干净孔道,将孔口封堵以防异物进入。

(2) 锚索的制作。钢绞线的下料必须按照设计的长度在现场截取。首先将无黏结钢绞线锚固端处剥去 PE 套管、清洗防腐油脂,再将清洗干净的钢绞线和其他索体按照施工图纸的要求编排成束。对于锚固段和自由段相连部位的钢绞线 PE 套管必须用胶带缠封,避免灌浆时浆液浸入。

(3) 安装与灌浆。锚索下索前,应再次用高压风将孔道冲洗干净,锚索经核对无误并经验收合格后由人工缓慢匀速地将其送入锚索孔内,锚索外露的长度必须满足张拉的施工要求。锚索下索完成后,应及时将锚索外露部分包裹以防污损。

锚索注浆采用全孔一次注浆法施工。全孔灌浆工作开始前,首先通过进浆管送入压缩空气、将孔道内的积水排干。为缩短等强时间,在浆液中可掺入减水剂、膨胀剂、早强剂,其掺量及浆液的水灰比应提前进行试验并经检测合格后方可实施,并需保证锚固段浆液 28 d 的抗压强度等级及浆液与围岩的粘结强度均满足设计要求。当排出的浆液比重与灌浆比重相同时即可进行屏浆,屏浆压力为 0.3~0.4 MPa,屏浆时间为 20~30 min^[4]。

(4) 外锚墩、锚具的安装。注浆结束后进行外锚墩混凝土浇筑。采用风钻清除外锚墩范围内的杂物并打毛后再安装插筋、导向钢管、网片钢筋、垫板等。垫板与导向管正交焊接并必须保证导向管与锚孔的同心度,其误差不得大于 0.5°。在导向钢管上须钻孔预埋注浆管,注浆管与导向管的连接应密实、不漏浆。

(5) 张拉、二次灌浆及封锚。待锚墩混凝土和锚索孔内的浆体均达到设计强度后方可进行锚索的张拉。工作锚板与千斤顶之间的钢绞线一定要保持顺直,不能相互扭结以保证张拉的顺利进行。锚索张拉采用超张拉持荷稳压、超载安装的施工方法,由岩锚试验成果验证并确定超载系数为 1.1。整束分级张拉按以下顺序进行:单根预紧 10%P,整体张拉 0→20%P→25%P→50%P→75%P→100%P→110%P→锁定(式中:P 为设计

张拉力)。最后一次超张拉要求静载持荷 10 min,其余每级加载后的稳压时间为 5 min,每级升压时间为 2~3 min,同时作好张拉的现场记录。

锚索张拉锁定后,通过预埋的注浆管采用 0.45:1 的水泥浆封堵导向钢管,待张拉最终锁定结束后,进行锚头的封锚施工。

3.4.4 框格梁施工

(1) 框格梁的锚杆施工。框格梁的节点锚杆及梁中锚杆应于框格梁浇筑前施工,并需保证其能够深入框格梁内 40 cm,并将其与框格梁梁体中的钢筋焊接。

(2) 梁体钢筋的制安。钢筋必须根据设计图纸中的型号和间排距进行安装,钢筋的交叉点应用铁丝绑扎结实,必要时亦可用点焊焊牢。受力钢筋的绑扎接头应设在内力较小处并错开布置,两接头间的距离不小于 1.3 倍搭接长度^[5]。钢筋与模板间应设置垫块,且垫块应与钢筋扎紧、互相错开,并需保证钢筋混凝土保护层厚度满足设计要求。

(3) 模板施工。模板采用木模板并按设计尺寸进行拼装。模板安装时,每 20 m 放一控制点挂线施工,以保证模板线型顺畅美观,满足设计要求。对于模板与混凝土接触一侧的表面应刷脱模剂,各块模板接缝处均需平整严密,以保证混凝土的密实性和表面平整度。

(4) 混凝土浇筑。混凝土浇筑按照同方向先横梁、后竖梁的顺序下料,下料的高度不得大于 1 m。模板附近下料时一定要防止混凝土直接冲击模板和拉杆,防止振捣器碰撞预埋的锚筋和模板。框格梁混凝土的振捣应选用小型振捣棒,手持振捣棒应尽可能地垂直插入混凝土且每次倾斜的方向应保持一致,以防漏振,严禁平拖振捣。

(5) 模板的拆除与混凝土养护。模板拆除的时限除符合施工图纸规定外,非承重模板的拆除在混凝土强度达到其表面及棱角不因拆模而损伤时方可拆除。框格梁非承重的侧面模板在混凝土强度达到 2.5 MPa 时拆模,框格梁横梁的底模待混凝土强度达到设计要求的 75% 时方可拆模。

混凝土采用人工洒水养护,所有混凝土结构面都应及时养护。养护期内应始终保持混凝土面湿润,不得出现干湿交替,严禁出现表面发白甚至干裂的情况。连续养护时间不得少于 28 d。

4 安全事故的预防及所采取的安全防护措施

- (1)所有参与施工的人员必须进行相关安全知识培训及安全意识教育。未经安全生产教育和培训合格的人员不得上岗作业。
- (2)清理边坡危石时,在其顶部和坍塌体以及下方警戒部位设置安全员,对清危过程全程进行监督以确保清危工作的安全。
- (3)所有施工人员必须佩戴安全帽、安全绳等劳动防护用品,清危人员的安全绳必须使用双保险,未使用双保险时严禁作业。
- (4)施工过程中,必须经常检查与维修防护措施,对受损的安全防护用品及时更换,严禁使用存在安全隐患的防护用品。
- (5)在降雨、降雪、大雾等恶劣天气下,不允许进行清危作业。
- (6)建立完善的施工安全保证体系,加强对施工作业过程的安全检查以确保现场作业标准化、规范化。

5 危岩体的监测与预警

- (1)持续加强施工现场的边坡巡查工作。每日安排专人对Ⅲ区边坡进行巡查,并将巡查范围延伸至开口线以上的山体,如实做好巡查记录,若新发现边坡裂缝,特别是开口线以外山体出现开裂情况,必须立即停止边坡下方的作业,待原因查清楚后再有序恢复作业。
- (2)加强边坡的临时监测。在崩塌体范围内设置了3个监测断面,这些监测断面布置在危岩体左右侧及中间位置,待变形监测点仪器埋设完

成后暨进行2次连续观测,连续监测3d,后续可根据边坡岩体的变形速率确定监测频次,每周观测的次数不少于一次。

6 结 语

李家岩水库工程徐家槽料场危岩体边坡高陡,风化、卸荷裂隙发育且多有次生夹泥,岩体呈碎裂结构,严重威胁到边坡下方的施工人员及设备的安全。徐家槽料场危岩体治理效果明显,说明所采取的治理措施和技术方案合理可行,同时也证明根据边坡的实际地质条件采取科学、合理的防治体系是治理高边坡危岩体的关键。对于危岩体的治理,一定要根据工程地质条件和岩体特点,通过科学的监测与评估,有效的预警机制以及合理的施工方案对危岩体进行加固与防治,从而降低危岩体带来的风险,保障现场施工人员和设备的安全。

参考文献:

[1] 水电水利工程边坡施工技术规范:DL/T 5255-2010[S].

[2] 岩土锚杆与喷射混凝土支护工程技术规范:GB 50086-2015[S].

[3] 水利水电工程锚喷支护技术规范:SL 377-2007[S].

[4] 水工预应力锚固技术规范:SL/T 212—2020[S].

[5] 水工混凝土施工规范:SL 677-2014[S].

作者简介:

王 平(1981-),男,湖南张家界人,项目总工程师,副高级工程师,从事水利水电建设施工技术与管理工
贺国印(2000-),男,甘肃白银人,助理工程师,学士,从事水利水电工程施工技术与管理工

(编辑:李燕辉)

(上接第20页)

参考文献:

[1] 杜文武. 衬砌混凝土裂缝的预防和修补方法[J]. 水电与新能源,2018,32(1):44-46,50.

[2] 贾新胜,魏晓燕,刘俊明. 南水北调渠道衬砌混凝土裂缝处理及预防[J]. 山东水利,2020,22(2):5-6,9.

[3] 朱豪伟,刘长武,陈小强,赵超. 高渗透改性环氧树脂充填砂浆材料裂隙试验研究[J]. 硅酸盐通报,2021,40(1):77-82.

[4] 谢永刚. 环氧树脂砂浆在水利工程上的应用[J]. 粘接,

2019,40(11):24-28.

[5] 许毓清. 高速公路隧道防渗漏及灌浆施工探讨[J]. 城市建设理论研究(电子版),2013,3(36):1-5.

作者简介:

范金东(1984-),男,河南开封人,项目技术质量部副主任,工程师,从事水利水电工程施工技术与质量管理工作;
王思强(1996-),男,四川宜宾人,助理工程师,从事水利水电工程施工技术与质量管理工作.

(责任编辑:李燕辉)