

硬梁包水电站引水隧洞蚀变花岗岩洞段喷 混凝土施工质量管理

张 健¹, 庞 志¹, 唐润民¹, 王雅儒³, 吴少儒²

(1. 中国水利水电第十四工程局有限公司, 云南 昆明 650000; 2. 四川华能泸定水电有限公司, 四川 泸定 626100;
3. 中国水利水电建设工程咨询中南有限公司, 湖南 长沙 410000)

摘 要: 蚀变岩为低吸水性、弱膨胀性岩石, 其强度、变形特性分别受蚀变程度、风化程度及岩石性质共同影响, 表现为随蚀变程度的增强, 抗压强度、抗剪强度及模量值降低^[1]。其中洞室开挖过程中喷射混凝土是施工过程中的一种临时支护工程, 直接与围岩接触, 共同形成一个承载结构, 可以有效地限制围岩变形的自由发展, 防止岩体松散坠落, 因此需要从喷混凝土前期开挖超挖控制、工序顺序调整, 再到喷混凝土原材料质量控制、喷射工艺质量控制, 并对喷混凝土后形成的空腔进行处理。

关键词: 蚀变岩; 影响; 喷混凝土; 质量管理

中图分类号: P619.22+2 文献标识码: B 文章编号: 1001-2184(2023)01-0064-04

Quality Management of Shotcrete Construction in Altered Granite Section of Headrace Tunnel of Yingliangbao Hydropower Project

ZHANG Jian¹, PANG Zhi¹, TANG Runmin¹, WANG Yaru³, WU Shaoru²

(1. Sinohydro Bureau 14 Co., Ltd., Kunming Yunnan 650000;
2. Sichuan Huaneng Luding Hydropower Co., Ltd., Luding Sichuan 626100;
3. China Water Resources and Hydropower Construction Engineering Consulting
Zhongnan Co., Ltd., Changsha Hunan 410000)

Abstract: The altered rock is a weakly expansive rock with low water absorption. Its strength and deformation characteristics are affected by the degree of alteration, weathering and rock properties. It is manifested as the compressive strength, shear strength and modulus value decrease with the increase of alteration degree. Shotcrete in the excavation of the cave is a temporary support measure, which is directly in contact with the surrounding rock mass to form a bearing structure. It can effectively limit the free deformation of the surrounding rock mass, and prevent the falling of loose block. Therefore, it is necessary to control the over-excavation in the early stage, adjust the process sequence, and then control the quality of shotcrete raw materials and spraying process, and the cavity formed after spraying also needs to be treated.

Key words: Altered rock; Influence; Shotcrete; Quality management

1 工程概况

硬梁包水电站位于四川省甘孜藏族自治州泸定县境内的大渡第 14 级电站。水电站采用引水式开发, 闸址处流域面积 59 516 km², 多年平均流量 897 m³/s, 水库正常蓄水位 1 246 m, 相应库容 2 075.4 万 m³, 调节库容 826 万 m³, 具有日调节性能。电站总装机容量 111.6 万 kW, 与上游双江口水库联合运行多年平均年发电量 51.42 亿 kW·h, 枯水期电量 10.66 亿 kW·h, 为四川省

大渡河干流最新规划 28 级方案, 枯水年枯期平均出力 24.7 万 kW。电站建成后供电四川电网, 参与川电外送。

引水隧洞采用两条隧洞平行布置于大渡河左岸, 两洞轴线间距 60.0 m, 1 号引水隧洞(靠大渡河侧)长度为 14 326.402 m, 2 号引水隧洞长度为 14 427.889 m, 平均长度为 14 377.146 m, 分上、下两层开挖, 衬砌后内径 13.1 m。所属该标段的两条引水隧洞桩号: (引)8+490~(引)13+010 m 段 IV、V 类蚀变花岗岩且裂隙发育明显, 尽管

收稿日期: 2022-08-05

采用了短进尺,弱爆破措施,但开挖后软岩蚀变岩区域经常出现剥落、掉块现象;地下水丰富,更是降低了岩体的稳定性,并加剧了岩体的蚀变,两者使喷混凝土施工黏结受到很大影响,回弹率增加的部位极易产生脱空影响整体受力,产生轻微扰动极有可能发生大规模塌方^[2],且给引水洞第二层爆破开挖时遗留下较大的安全隐患。因此,开挖及喷锚支护过程施工质量控制及喷混凝土后空腔处理的质量控制成为当前蚀变岩洞室喷锚支护施工质量控制的两大要点。

2 质量管理体系的建立和运行

按照 ISO9001:2015 质量管理体系标准,并结合本项目自身特点,对质量管理工作进行了深入全面的策划,成立以项目经理为第一责任人的质量管理体系。编制了《大渡河硬梁包项目部质量计划》和《大渡河硬梁包项目部质量保证体系》,明确了在大渡河硬梁包水电站建设过程中的质量管理流程,并对各职能部门、施工厂队进行了质量管理职能分配,为实施全过程、有计划的系统质量管理打下良好的基础,以给业主提供充分的质量信任,为项目施工质量管理提供了有力保证。

在各项质量管理工作中,项目部始终坚持 PDCA 循环工作程序,做到事前有计划,事中有控制、检查,事后有改进。坚持全过程全方位控制,全员参与的“三全”管理原则。统筹处理好施工质量、安全、进度之间的关系,落实质量责任制,建立并完善规章制度,注重环节控制。通过体系内审,进行自查自纠,持续改进,使工程施工质量持续处于良好受控状态。

3 锚喷支护施工过程质量控制

3.1 喷混凝土前开挖超欠挖的质量控制

(1)测量放样时首先要精确标出开挖轮廓线,控制好开挖断面;还应精确放样钻孔的尾线,控制好钻孔的方向^[3]。

(2)爆破开挖时要严格按照爆破施工技术交底提前准备,精确控制钻孔的间距、角度和深度,因掌子面爆破后平面不可能很标准,钻孔的参数控制显得尤为重要;严格按照试验成果装药,根据爆破后的情况对技术参数实施动态优化。对于蚀变软岩采用机械开挖,宜预留开挖轮廓边缘线,在开挖过程中采用人机配合,避免造成超欠挖。

(3)超前小导管或者超前锚杆施工时,要控制

好外插角,防止因外插角过大造成超挖或因插角太小造成欠挖^[4]。

(4)提高开挖质量,有效地减少开挖断面超欠挖,是减少钢架背后的空间的主要影响控制,既减少喷射混凝土数量,也减少了人工工作量和工序时间。

3.2 工序顺序调整的质量控制

地质情况较差、蚀变岩或其他软岩部位对于常规的施工顺序不适用,需要更及时、更快速、更高效的方法。

常规的开挖支护顺序是:超前支护→钻孔爆破→锚杆支护→挂钢筋网→支立钢架→喷混凝土。而对于软岩需要调整支护顺序:超前支护→钻孔爆破→初喷混凝土→挂钢筋网→支立钢架→小导管安装(如有)→复喷混凝土→小导管注浆→系统锚杆支护。

“初喷”是指在掌子面开挖爆破后,对岩面排险后喷射混凝土 3~5 cm 厚度。“初喷”是对开挖不规则的岩面找平,是减少钢架背后脱空的关键;“初喷”是对开挖面的及时封闭,对减少掉块和降低塌方风险至关重要。

“复喷”是超前支护的护盾,对于小导管来说,注浆是否能够充满管壁和孔壁,是否能填充围岩裂隙是其责任完成比例的关键,复喷对于注浆起到了盖重的作业,是质量保障的关键工序。

3.3 原材料及配合比的质量控制

(1)原材料的质量控制。水泥优先选用硅酸盐或普通硅酸盐水泥,强度等级不应低于 42.5 MPa,与速凝剂适配相容性要好,宜使用无碱速凝剂,降低裂缝的产生。

骨料粒径不宜大于 10 mm,级配连续性好;其中砂的吸毒模数 2.5~2.7 较好,含水率在 4%~6% 之间较好。速凝剂应根据实验选择合适的品牌,初凝不大于 5 min,终凝不大于 10 min。实验选定掺量值。水质应洁净,不能使用污水或 pH 值小于 4 的水。

(2)水灰比的质量控制。水泥用量宜控制在 400~450 kg/m³,水泥用量过少,回弹量大,初期强度增长慢;水泥用量过大,不经济,施工环境粉尘大,混凝土收缩量较大。施工过程中,根据施工部位是否有水、是否蚀变动态调整水泥用量。

(3)灰骨比、水灰比的质量控制。湿喷法是目

前用的一般方法,水泥与砂石重量比宜为 1:3.5~1:4,灰骨比影响着混凝土的和易性、黏结性,这是质量控制的重要一环。水灰比宜控制在 0.42~0.5,过大降低强度,过小增加回弹率。

(3)砂率的质量控制。砂率宜控制在 50%~60%,砂率过大,水泥耗量大,喷混凝土黏结力降低,收缩率增大;砂率过小,回弹率大,管路磨损大且宜堵管。

(4)坍落度。混凝土的黏聚性和保水性是回弹率控制的关键,宜控制在 8~12 cm。根据拌和站和施工地点的距离及影响因素综合考虑,需控制好使用时间。

(5)掺加料。喷混凝土施工中增加掺料对于软岩的封闭可起到很好的效果,如粗纤维、钢纤维及其他新型材料,应根据试验和应用效果确定适合隧洞岩性特点的掺量。

(6)其他。对于工程管理人员,应能判断单次喷混凝土使用量,根据施工部位如顶拱还是边墙,接搓预留调整控制等估算用量,拌制量可控制在 100%~110%范围内,减少经济成本。

3.4 喷混凝土作业的质量控制

喷射混凝土作业过程中应严格按照以下要求进行,操作不当,不仅浪费材料还可能造成设备的损坏。

(1)喷射操作程序:打开速凝剂辅助风→缓慢打开主风阀→启动速凝剂计量泵、主电机、振压器→向料斗加混凝土。

(2)喷射混凝土作业应采用分片、分层依次进行,喷射顺序应自下而上,喷射时先将低洼处大致喷平,再自下而上顺序分层、往复喷射。

(3)有钢拱架处先喷钢架与壁面间,再喷两钢架之间混凝土。钢拱架部位应能保证设计保护层厚度,一般为 20~40 mm,钢架之间喷层按设计厚度控制,并平顺连接,利于拱架的整体性结构。

(4)分层喷射时,边墙初喷射混凝土厚度控制在 5 cm,拱部控制在 4~5 cm,并保持喷层厚度均匀;复喷混凝土时,后一层喷射应在前一层混凝土终凝后进行,若终凝 1 h 后再进行喷射时,应先用风水清洗喷层表面,一次喷混凝土的厚度以喷混凝土不滑落不坠落为度,既不能因厚度太大而影响喷混凝土的黏结力和凝聚力,也不能太薄而增加回弹量,一般复喷混凝土的一次喷射厚度:拱部

为在 50~100 mm,边墙为 70~150 mm,顶部喷射混凝土时,为避免产生坠落现象,两次间隔初复喷时间宜为 1~3 h。

(5)喷射速度要适当,以利于混凝土的压实。风压过大,喷射速度增大,回弹增加;风压过小,喷射速度过小,压实力小,影响喷混凝土强度。因此在开机后要注意观察风压,起始风压达到 0.5 MPa 后,才能开始操作,并据喷嘴出料情况调整风压。一般工作风压:边墙 0.3~0.5 MPa,拱部 0.4~0.65 MPa。

(6)喷射时使喷嘴与受喷面间保持适当距离,喷射角度应与受喷面垂直,以获得最大压实和最小回弹。喷嘴与受喷面间距宜为 0.6~1.2 m;喷嘴应连续、缓慢作横向环行移动,一圈压半圈,喷射手所画的环形圈,横向 60~90 cm,高 15~20 cm;若受喷面被钢架、钢筋网覆盖时,可将喷嘴稍加偏斜,将钢架、钢筋网背后喷填密实,但不宜小于 70°,如果喷嘴与受喷面的角度大小,会形成混凝土物料在受喷面上的滚动,产生出凹凸不平的波形喷面,增加回弹量,影响喷混凝土的质量。喷射混凝土施工完成后应按要求进行养护施工,具体为喷混凝土终凝 2 h 后开始喷水养护,持续养护时间不得小于 7 d,保证已喷混凝土施工质量。

(7)喷混凝土设备是不良地质段及时性的保障,管理的厂队制定了必要的《混凝土喷车管理和保养制度》。制度划定了管理人员、职责和义务,定期进行检修和日常保养并填报记录,对于喷车易损件执行备用制度,保证 3 个月的零件储备。

4 空腔检测及处理措施

4.1 直接观察法—补喷处理

(1)开挖爆破完成后在钢拱架支护工序对上一循环进行脱空检查,对于脱空检查的结果由本工作面带班长执行,检查方法主要为直接观察法,借用手电筒进行。

(2)对肉眼能观察到的脱空部位进行标注,并通过预留的窗口先补喷混凝土填充密实,使得钢拱架与岩壁间交接紧密、受力均匀。

4.2 钻孔检查法—注浆处理

(1)根据前期现场施工情况将拱顶出现过较大超挖位置进行标注,并在该处钻孔检测是否存在空腔,拱顶没有较大超挖洞身段,则按照每 5 m 取一个断面作为检测断面,每个断面在拱顶 120°

范围随机取3个位置进行钻孔检测,每个检测孔孔深1~3 m;钻孔采用三臂台车进行。钻孔完成后用手电检测观察是否有空洞,尺子量测喷锚厚度,并做相应的记录。

(2)如发现空腔则采用注浆机向脱空处压注水泥浆或砂浆的方法对脱空处进行处理。脱空处采用三臂台车进行造孔,打孔要穿到脱空处,预留灌浆管的部位只打排气孔,造孔数量根据脱空面积现场确定。

(3)注浆采用M25水泥砂浆,空薄脱空采用纯水泥浆,水泥砂浆配合比按照报批的配合比执行。注浆压力一般为0~0.5 MPa,区域拱架宜安装千分表监测。注浆时随时观察压力和流量变化,当压力异常升高或降低的应及时停止^[5]。注浆压力达到终压时,稳定2 min,可结束该次注浆。用棉纱等封堵注浆孔,以防止浆液从孔内溢出。

4.3 较大脱空区处理

(1)根据前期现场施工情况将拱顶出现过塌方或掉块的位置进行标注,并在该处预埋混凝土泵管套管和排气管,并做相应的参数记录。

(2)在初支完成并达到设计强度后进行回填混凝土处理。安装泵管和排气管至最高处(泵管底于排气管50 cm左右),混凝土采用搅拌车运输,混凝土拖泵泵送至处理位置。

(3)现场管理人员必须相对准确估算脱空体积,并按照90%的体积泵送混凝土,在周边布置好监测变形的百分表或千分表等,对于较大的部位采取分层分期的处理方法并做好处理记录。

4.4 空腔处理施工质量控制

(1)补喷时应严格按照喷混凝土作业的质量控制。

(2)软岩部位易掉块脱落,钢拱架喷混凝土易形成脱空,对于围岩变形不利,应采取注浆的方法充填。注浆应在初期支护混凝土强度达到设计强度后进行。注浆导管采用 $\phi 42 \times 3.5$ mm热轧钢管,长度需根据超挖情况适当调整,注浆管埋设每排根据断面大小设置,一根作为注浆孔,其它可作为排气孔或检查孔。注浆采用1:1的M20水泥砂浆。注浆时先注两侧孔,后注拱顶孔。注浆压力一般为0.3~0.5 MPa,随时观测压力和流量变化。当压力逐渐上升,流量逐渐减少,注浆压力

达到终压时,稳定3 min,可结束注浆。注浆顺序应由下往上,由水少处到多水处。过程中应密切注意注浆压力的变化。注浆完毕后,用棉纱封堵注浆管,以防止浆液从管内溢出。

(3)对于塌方或掉块较大脱空在回填混凝土时,应按照混凝土配合比严格拌制,并在混凝土初凝前回填完成,安装千分表监控量测,做到安全施工减免对拱架的质量和安全隐患。

5 结语

水电工程隧洞施工过程中,喷混凝土作为一种初期支护施工措施,质量控制环节至关重要。喷得好且空腔处理及时,能有效快速形成柔性组合支撑体系,确保了围岩稳定,有助于加快施工进度,在经济上节约成本或投资显著。喷得不好,浪费自身材料增加成本,渗水还对后续工作带来不便,重要的是影响隧洞应力抵抗圈,如果空腔质量处理也不达标,背后脱空现象,易造成背后积水,引发渗漏、受力不均、变形加大和衬砌开裂等病害,甚至会出现大面积塌方。因此,针对喷混凝土前中后各环节各时期,想办法共同提高喷混凝土环节质量控制是蚀变岩洞室开挖质量管理的重点、难点。

参考文献:

- [1] 杨根兰. 蚀变岩特性及其工程响应研究[D]. 成都理工大学,2007.
- [2] 杨根兰,黄润秋,王奖臻,等. 某工程蚀变岩孔隙特征及其软弱程度研究[J]. 矿物岩石,2006,(04):111-115.
- [3] 国家能源局. DL/T5099-2011 水工建筑物地下开挖工程施工技术规范[S]. 北京:中国水利水电出版社,2011.
- [4] 中国电力全员联合会. DL/T5181-2017 水电水利工程锚喷支护施工规范[S]. 北京:中国水利水电出版社,2017.
- [5] 水利部建设管理司. SL62-2014 水工建筑物水泥灌浆施工技术规范[S]. 北京:中国水利水电出版社,2014.

作者简介:

张健(1989-),男,湖北随县人,中国水利水电第十四工程局有限公司,工程师,学士,从事土木、水电工程专业工作;
庞志(1987-),男,湖北咸宁人,中国水利水电第十四工程局有限公司,助理工程师,学士,从事水利水电工程专业工作;
唐润民(1974-),男,云南丘北人,中国水利水电第十四工程局有限公司,助理工程师,大专,从事建筑工程管理工作;
王雅儒(1991-),男,四川康定人,中国水利水电建设工程咨询中南有限公司,工程师,学士,从事水利水电工程管理工作;
吴少儒(1980-),男,福建漳州人,四川华能泸定水电有限公司,高级工程师,硕士,从事水电工程建设管理工作。

(责任编辑:吴永红)