

某特长隧洞衬砌混凝土渗水成因分析及其化灌治理的措施

张新才

长江三峡技术经济发展有限公司咨询公司 四川 宜宾 644612

摘要: 该取水隧洞是西南山区某水电站首部的一个引水工程, 工期历经八年之久。在衬砌混凝土浇筑完工1~2年就开始进行了隧洞固结和回填灌浆, 部分洞段仍出现渗水、溶蚀等严重的现象。对混凝土表面局部出现有规则的股流、线状、点滴、散水等渗漏水及细微裂缝湿印的源头进行分析、探究, 以排为主“截、排、堵、找”相结合的原则, 应用化学灌浆进行了个性化防渗堵漏的应对治理措施。

关键词: 特长隧洞渗水成因分析应对缺陷治理

1 工程概况

建筑物枢纽由进口闸室段、取水隧洞段及出口竖井、控制闸室等组成。取水隧洞设计全长约10Km多, 开挖初支断面为马蹄形, 初支砼设计厚25cm; 洞身采用钢筋混凝土全断面衬砌后为圆形有压隧洞, 砼设计厚45cm; 净空直径为8.2m; 纵坡比降1/3000, 底板高程取水口为357m, 出口为353.657m, 设计流量98.0m³/s。

2 隧洞沿线的自然条件

2.1 地形地貌

隧洞穿越某水电站左岸山区, 地面高程为265m~730m, 轴线为双观音岩地貌。隧洞沿途多为山岭, 均为陡坡与斜坡相间组成的反向坡, 且部分洞身与冲沟埋藏深度不足2m。

2.2 地层岩性

隧洞涉及地层, 涉及地层主要包括T32-6、T33、T34、J1-2z以及J2s。该隧洞段均为J1-2z地层, 岩性多为紫褐色薄层状的中细砂岩及夹薄层状细砂岩(J1-2z(s)), 在隧洞开挖过程中均为紫褐色泥质岩, 含有泥质粉砂岩、粉砂质泥岩、泥岩夹粉砂岩等, 强度相对都较低^[1]。

2.3 地质构造

隧洞的开凿建造过程中未出现较大规模的断裂, 岩体的主要构造面有层岩、夹层和节理裂隙。隧洞线路自取水进口至出境, 岩层方向从NW逐渐向NE偏移, 倾角也逐渐变缓。其中, 由于岩石软硬结合相间, 又由于构造运动而引起断层间的错动, 从而产生了破碎夹(泥化带)断层。除了层面的夹层之外, 在隧洞沿线还形成了多个节理裂隙, 各节理裂隙的组产状变化很大。

3 隧洞施工情况

3.1 工期进展

隧洞进口段于2013年3月正式进入洞挖施工, 2016年

7月隧洞开挖支护完成施工, 混凝土浇筑在2016年6月开始, 至2019年8月全部完成。全洞段的固结、回填灌浆在2019年5月份开始, 2019年12月份结束。

3.2 隧洞支护及衬砌方式

(1) 隧洞全洞段初期开挖设计鉴定为IV、V类围岩, 安装I20钢拱架(间距50~1.0cm)喷锚(厚度25cm)支护。环向双层钢筋Φ25@167, 纵向钢筋Φ18@200; 钢筋保护层均为5cm。

(2) 混凝土设计配合比为C9025W6F50, 采用二级配泵送砼。砂石骨料均为玄武岩集中生产, 混凝土由进出口及支洞口各设置的拌合站统一生产, 最大运距在1km, 砼搅拌机运输至洞内浇筑洞段, 采用混凝土泵输送至仓内^[2]。

(3) 钢筋先拱顶边墙、后底板的制安完成后针梁钢模台车行走就位, 关模经测量校核钢筋结构保护层及模板形体定位方可开仓浇筑。

(4) 衬砌浇筑为12m一个仓位, 每个仓位施工缝均设有安装环向膨胀止水条, 连续3个仓位设一个沉降结构缝, 环向安装的有橡胶止水带及膨胀止水条。

(5) 下料入仓先底板, 后左右侧边墙, 使用软管振捣棒进行振捣; 浇至第三排时关闭窗口后由拱顶导料下料入仓, 即拱腰以上振捣浇筑主要以扶壁式振动器进行。

4 隧洞混凝土表面出现渗水主要成因分析

4.1 设计上的原因

(1) 由于各方面的原因, 该隧洞沿线在川南山区破碎地质带及雨季时间又较长的情况下, 又未彻底对隧洞进行环向、纵向排水系统的处理措施, 在地下水丰富、地表水大量补给下, 沿线富余的水在隧洞开挖中阻断了裂隙水系, 最终无处可去的水总得有个释放是导致隧洞衬砌混凝土渗水的主要原因。

(2) 隧洞衬砌在常规强度、抗渗等要求下, 该工程

在设计方面也存在未彻底对地下水引排的弊端。该隧洞山体地下水处理不当, 没预留纵向排水通道, 导致山体地下水排水沿隧洞流向无处可排^[1]。

(3) 在隧洞初期开挖支护、衬砌混凝土之前, 只是对集中渗水安装了排水管引流, 局部大面积的渗水只挂了土工布(不是防水板)挡水以便开挖支护及钢筋制安的施工。至是在喷锚与衬砌混凝土之间形成环向与纵向贯穿的接缝, 也是隧洞衬砌混凝土局部表面渗水的根源。

(4) 存在初支喷锚和衬砌前未彻底进行排水的治理, 造成混凝土浇筑后部分洞段及仓内局部渗漏水现象较大。

4.2 地质上的原因

(1) 在隧洞开挖过程中地质的影响

隧洞围岩处于地层为J1-2Z(n), 岩层产状 $40^{\circ} \sim 70^{\circ} / \angle 17^{\circ} \sim 21^{\circ}$, 倾向偏下游右侧等。围岩岩性主要为褐灰色砂岩、粉砂夹泥岩、褐色泥质粉砂岩。受围岩节理发育、地质构造作用影响, 部分洞段拱顶及齐腰部位岩体的完整性相对较差, 节理裂隙发育较为破碎, 以薄~中厚层状为主; 围岩遇水易软化, 泥化带软化, 山体地下裂隙水侵蚀围岩、喷射混凝土。

(2) 隧洞沿线在开挖过程中出现数有断层渗水严重有岩溶裂隙水、地下水丰富, 地表沟壑、水田等冲沟常年流水; 在隧道开挖过程中就多处洞段就出现过渗漏现象, 山体岩石断裂带的发育, 也是导水、渗水的根源^[4]。

(3) 隧洞渗漏水地段存在地质情况复杂

根据隧道开挖地质记载隧洞首段卸荷主要表现为两组与坡面大致平行的NWW向和NEE向构造节理的拉裂、渗水、充泥。按卸荷可以划分为强卸荷带和弱卸荷带, 强卸荷深度20m~55m, 弱卸荷带深度58m~138m。卸荷裂隙一般张开数毫米, 最宽可达5cm左右, 多数充填褐色或黄次生粘泥和岩石碎块、岩屑、风化砂等, 局部存在裂隙张开宽度、夹泥; 隧洞开挖支护过程中途径山区冲沟、沟壑、水田等洞段的渗漏水情况较为严重。

4.3 施工缝、结构缝渗水的成因

存在有橡胶止水条和止水带不到位现象, 在混凝土浇筑每仓(12m)端头安装预埋止水条, 以每3仓(36m)的结构缝安装止水条和止水带^[1]。

(1) 存在在富水地段的仓内止水条、止水带安装, 个别仓呢会出现搭接长度、搭接工艺没达到要求, 违规预埋、搭接。

(2) 安装位置不对。施工缝的止水条应刻槽、安装在衬砌砼厚度的二分之一处, 结构缝的止水带同在衬砌砼厚度的中部, 止水带在混凝土保护层5~8cm之间预埋;

均成圆弧状环向布置。

(3) 止水条、止水带的预埋深度规范或深浅不一, 应埋入其宽度的二分之一。

(4) 止水条、止水带的安装有可能存在不平整、固定不到位, 在混凝土浇筑过程中出现移位不预埋不砼厚度与宽度的二分之一, 使其施工缝、结构缝安装的止水带、止水条未达到止水、遇水膨胀的效应。

4.3 固结、回填灌浆孔口渗水的成因

同时还要考虑固结和回填灌浆的处理方法和防治措施的管控, 也存在“灌浆”的痛点。孔里进浆, 肉眼难见。山体岩石裂隙多如牛毛, 错综复杂; 水泥灌浆也存在一定的顽疾, 一旦遇上灌浆造假或工艺不良, 十公里的特长隧洞衬砌混凝土表面将被毫米级的缝隙“卡脖子”。

5 化学灌浆材料的选择

5.1 化学灌浆的技术要求

在衬砌混凝土渗水裂缝、结构缝和施工缝、回填和固结孔口等进行填缝、堵漏时, 主要采用LW/HW水溶性聚氨酯灌浆材料的使用, LW和HW也可以任何配合比混合使用, 以配制不同强度和不同膨胀倍数的材料。一般按照1:1配合比使用时初凝时间为3min, 灌浆压力为0.2Mpa-0.5Mpa。具体配合比可根据现场需要参数进行试验调整。

5.2 主要材料及其性能

采用的LW/HW水溶性、以弹性聚氨酯浆材, 是“活缝”式漏水处理的优选建材, 有极好的亲水性, 遇水迅速扩散、乳化进而凝聚, 其固结体为一种弹性体, 遇水迅速膨胀, 有韧性止水和以水性止水的双重特性。LW与HW可随意配比搅拌, 使用不同强度、不同膨胀系数的混凝土浆材。

XH聚合补强材料黏度小, 可灌性很强, 能浇灌0.2mm左右的细缝; 与水泥的粘结强度很高, 浆液在凝固后的抗压性能与抗拉强度都很高, 有很大的补强加固作用; 浆液有高度亲水性, 对潮湿基面的亲和力和很强; 凝固时间也能够自行调整, 范围约为几小时至几小时内^[2]。

5.3 化灌的施工要点

(1) 布孔与钻孔。孔径16mm, 孔距视缝宽而定, 一般为30~50cm。从缝一侧10cm左右开孔, 孔斜和缝深以钻孔与缝隙在距缝面约20cm时相交为原则, 但缝深一般不宜低于30cm。钻孔结束后, 泵压预制钢筋, 逐孔清理, 并冲出孔内粉屑。

(2) 灌浆。灌浆方法采取了不凿槽封缝的无损灌浆方式。采用水压为0.3~0.4MPa时, 在高压注浆的过程中, 少量渗漏的砂浆遇水后迅速凝固, 防止缝中砂浆继续向外

漏,从而提高高压闭浆。LW+HW聚氨酯化学浆材中,LW和HW两种材质的比例依据实际渗水状况而相应改变。

6 针对渗水洞段的相关管控措施

6.1 裂缝处理化灌工艺特点

灌浆采用采用多点同步灌注的方式,以“从下而上、从宽至窄、稳压慢灌”的原则,逐步推进,采用每个台车LiilyCD-15双组、分注射泵灌注浆材。灌浆时一条裂缝必须设有进浆嘴、排气嘴、出浆嘴或排水嘴等,施工过程中确保灌浆质量。

6.2 无损注嘴法工艺的应用

采用注嘴封缝、多点同步灌浆的无损灌浆工艺适合在不破坏混凝土的整体性,对衬砌结构“薄面提浆、砼不密实”裂缝的渗水处理。从侵蚀湿印的混凝土表面打磨冲洗,找到细小裂缝采用环氧树脂胶封缝。在渗水源头安装注浆嘴“以浆赶水、缝口进浆”,多点依序同步灌浆,提高了进度、可灌性等^[1]。

6.3 特殊部位渗漏点的处理

衬砌混凝土表面的渗水裂缝开度较小,肉眼难以发现,采取了打磨混凝土表面寻找出水点,PuN止水材料处理施工缝、结构缝,洞身用XH聚合料做涂层进行防渗堵漏的施工,由于渗水部位的分散、化灌进浆量大,成本高,且渗水反反复复,复灌次数多达3~5次。同时还要求灌浆材料能有效抵挡外来渗水碳化混凝土和锈蚀钢筋,

6.4 复灌的对策

在花灌在对混凝土侵蚀渗水,结构缝和施工缝等防渗堵漏过程中,在渗水部位会出现有规律的渗漏点,即一段裂缝处理过一次、二次后仍在渗水,采用原施工方法反复的进行花灌处理。

复灌后仍局部渗水的处理,经复灌后仍有渗水的部位采用嵌缝措施:(1)混凝土裂缝渗水,采取用电钻打一个 $\Phi 22\text{mm}$ 排水孔,孔深 $> 70\text{cm}$,从孔底部埋一根胶管或安装贴嘴,管口用堵漏灵等封闭将水引出。对施工缝、结构缝渗水,采取开槽,槽深 x ,槽宽为 $5\times 5\text{mm}$,并在槽内每隔 1.5m 打孔安装一个引流管,然后涂氧基液,再用丙乳砂浆锤填密实,并满足过流面平整度要求。

(2)嵌缝后再在表面粘贴玻璃丝布防渗,玻璃丝布宽 $5\sim 15\text{mm}$ 。粘贴方法:先将缝面清理干净,均匀刷一层1438胶,再贴一层玻璃丝布,三胶二布。对于化灌后延伸的裂缝,若渗水不大或不渗水,则直接在缝面粘贴玻璃丝布,并延伸 10cm 左右。(3)待丙乳砂浆封闭7d后封闭引水管孔。先用于塑性水泥砂浆填充并用细钢筋捣密实,离孔口 5cm 时,改用预缩砂浆填充密实,对其表面涂刷环氧胶泥。

6.5 复杂裂缝渗漏的复灌

对隧洞内拱腰(第3排窗口)部分复杂裂隙的渗漏通过打辅助洞的方式,实现了反反复复的化灌。首先在渗漏地点装嘴、封缝,然后在距渗漏地点约 10cm 用冲击型钻头穿孔后,在原缝钻三至五个辅助斜孔(孔径 20mm 、孔距 $10\sim 20\text{cm}$,倾角 $45\sim 50^\circ$,孔深 $10\sim 25\text{cm}$)。对渗水较大的并预埋排水管($6\sim 10\text{mm}$)以进行引流,最后对渗漏的装嘴及封缝、辅助孔化灌及封堵完成后,在用堵漏剂对排水管进行封堵预埋管,其他渗水点依次按原复灌方法进行。

6.6 局部渗水复灌后的处理

(1) 嵌缝止浆

通过布孔挖缝,嵌缝止浆,目的是为了避开泥浆损失,同时保证浆液对在正常灌浆条件下的裂缝充填更加严密。在有嵌缝的地方,人工在结构缝中的施工缝走向处挖“V”型颧槽,深 $3\sim 5\text{cm}$,以清除一定范围内的松动的砼碎渣和灰尘,并把槽面吹干;如在无法继续使用的情况可在封面用堵漏灵先封上水,然后涂抹环氧基液再粘贴上一次的玻璃丝布,进行“三胶二布”的分层处理,或采用丙乳砂浆锤填密实后再使用环氧胶泥。也可采用快速堵漏法材料焦油聚氨酯等分层进行刻槽密封,并对过流层进行检查和基本形态^[4]。

(2) 引流管封堵

待引水部位花灌不渗漏7d后,关闭引水管道。首先使用塑性水泥砂浆,回填后用小钢筋直径捣固并封闭严密。当距孔口处 5cm 后,使用预缩砂浆填补密实并对其孔口进行环氧胶水泥处理。

结束语

某特长隧洞衬砌混凝土渗水问题是很常见的工程问题,但有着特别的危害性。在对其成因细致分析后,我们通过化灌技术,有效地控制了渗水问题,使得隧洞建设能够顺利进行。我们将继续以高度的责任感和敬业精神,为各类工程项目的成功实施提供卓越的技术支持。

参考文献

- [1]李泽发.水工输水隧洞衬砌结构裂缝成因及预防[J].河南水利与南水北调,2019(6).
- [2]秦水朝.隧洞衬砌混凝土渗水的缺陷预防及处理措施[J].河南水利与南水北调,2019,50(09):101-102.
- [3]焦全喜.水工隧洞混凝土衬砌施工中常见质量问题的预防处理措施[J].水利技术监督,2019,17(01):61-62+72.
- [4]祁英弟.西北地区引水隧洞运行期衬砌结构安全状态评价研究[D].兰州交通大学,2019.