

# 固增水电站引水隧洞开挖和临时支护出现的质量问题及采取的控制措施

韩 坤

(中国水利水电第七工程局有限公司, 四川 成都 610213)

**摘 要:** 固增水电站引水隧洞工程具有洞线长、埋深大、地下水丰富和地质条件复杂的特点, 导致其开挖难度大, 临时支护要求高。引水隧洞开挖和临时支护的质量与工程建设的安全、进度和经济效益息息相关, 因此, 开挖和临时支护的质量控制极为重要。根据多年施工经验和阅历总结出引水隧洞开挖及临时支护过程中容易出现的质量问题, 并从施工技术和施工管理两方面对其采取的质量控制措施进行了阐述。

**关键词:** 固增水电站; 引水隧洞; 开挖; 临时支护; 质量问题; 质量控制

**中图分类号:** TV7; TV52; TV554

**文献标识码:** B

**文章编号:** 1001-2184(2022)06-0072-04

## Quality Problems and Control Measures of Headrace Tunnel Excavation and Temporary Support in Guzeng Hydropower Station

HAN Kun

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

**Abstract:** The diversion tunnel project of Guzeng Hydropower Station is characterized by long tunnel line, large burial depth, rich groundwater and complex geological conditions, resulting in excavation difficulties and high requirements for temporary support. The quality of headrace tunnel excavation and temporary support is closely related to the safety, progress and economic benefits of project construction. Therefore, the quality control of excavation and temporary support is extremely important. Based on the author's long-term accumulation of construction experience in Guzeng Hydropower Station, this paper summarizes the quality problems that are easy to occur during the excavation and temporary support of the headrace tunnel, and describes its quality control measures from two aspects of construction technology and construction management.

**Key words:** Guzeng Hydropower Station; Headrace tunnel; Excavation; Temporary support; Quality problems; Quality Control

### 1 概 述

固增水电站位于四川省木里藏族自治县固增苗族乡, 属于低闸引水式电站。引水隧洞长约 11.06 km, 纵坡  $i=2.0869\%$ , 马蹄形衬砌断面尺寸为  $6.1\text{ m}\times 7.8\text{ m}$ 。隧洞沿线支沟较发育, 从上至下规模较大的冲沟有洼开沟、撒洼沟, 沟内有常年性流水, 洪水期流量较大。隧洞区地质构造复杂, 发育 4 条大断层: 基洼断层、撒洼断层、索根断层和曼念吉岗断层<sup>[1]</sup>。

引水隧洞开挖及临时支护出现的质量问题系指引水隧洞在开挖和临时支护施工过程中存在不符合现行技术标准的问题。根据笔者在固增水电

站多年从事管理引水隧洞工程的施工经验, 从测量、开挖、锚杆支护、喷射混凝土和钢拱架五个方面总结出引水隧洞在开挖及临时支护过程中容易出现的一些质量问题, 并根据所积累的施工经验和阅历, 针对引水隧洞在开挖和临时支护过程中出现的质量问题, 从施工技术和施工管理两方面对症治理, 不仅可以防范质量问题的出现, 而且能尽可能地消除施工质量缺陷, 避免质量事故的发生, 以达到防患于未然的目的, 保证工程质量。

### 2 质量问题以及对施工技术质量进行控制

#### 2.1 工程测量出现的质量问题及控制

引水隧洞贯通时, 对于轴线偏差超过规定值的问题, 测量人员在引水隧洞开挖前应进行贯通

收稿日期: 2022-10-15

测量技术设计并编制施工放样总图。对测量仪器定期进行检定并具备有效的检定证书,对于检定不合格或精度达不到要求的测量仪器不得投入使用。

固增水电站引水隧洞洞线较长,在绘制控制网时,其边长投影长度容易产生较大误差,对此,需要将投影面与隧洞进出口的平均高程面重叠,同时将隧洞中轴线置于中央子午线附近或高斯正形投影3度带。

关于垂线偏差对方向值的影响,可以将尽可能多的洞外控制点置于与洞口通视良好的位置,使其定向边与洞口尽可能处于同一平面。

在引水隧洞开挖支护过程中,其洞内控制点可能会受到人工、机械、爆破等因素的影响而造成点位变动,此时应将控制点布置在爆破影响范围外并设置醒目的提示标识,加强保护措施,布点人员应配合管理人员做好保护控制点的宣传和教育工作,同时,测量人员必须进行定期检查复核,及时纠偏。

## 2.2 开挖出现的质量问题及控制

采用钻孔爆破法开挖引水隧洞时,将超、欠挖控制在规定值范围内至关重要。开挖施工前应进行生产性试验以确定爆破设计参数;在开挖过程中,根据爆破效果和现场围岩实际情况及时调整爆破参数。对于围岩自稳能力较差的洞段,应及时采取封闭支护措施,防止其发生掉块、塌方、变形等。

对于引水隧洞,在钻孔爆破开挖后出现的洞壁半孔率较低和爆破孔壁爆震裂缝问题,应慎重选择爆破参数并根据岩性变化动态调整爆破参数;在不良地质条件洞段,应遵循“弱爆破、少扰动、短进尺、快循环、强支护、早封闭、勤量测”的施工原则<sup>[2]</sup>。针对爆震裂缝问题,可以适当减小炮孔的间排距并减少爆破药量。

为防止在引水隧洞开挖过程中出现掉块、塌落等问题,需根据现场围岩情况选择合适的开挖循环进尺:将Ⅲ类围岩的开挖进尺控制在2~4 m,Ⅳ类围岩的开挖进尺控制在1~2 m,Ⅴ类围岩的开挖进尺控制在0.5~1 m。对于不良地质条件洞段的开挖进尺可适当减小;不良地质条件洞段开挖时,应选择合适的开挖支护方案并遵循

新奥法施工原则,对软岩或极软岩采用机械或人工开挖。对于地下水丰富洞段应及时进行排水、导水处理。

## 2.3 锚杆支护出现的质量问题及控制

在锚杆支护过程中,容易出现锚杆孔位和孔向偏差问题,对此,在设计阶段,需要根据隧洞断面的大小设计出合理的锚杆长度以确保锚杆安装有足够的施工空间;钻孔前,使用全站仪进行点位布置并用红色喷漆标记;开孔时,调整好钻杆的角度和方位,在钻进过程中根据孔斜度的大小及时进行调整。

若锚杆入岩长度未达到设计要求,质量员应在安装前使用卷尺或标杆量测其孔深。对于孔深不满足设计要求的,需责令现场钻工补钻至设计孔深;在软岩或极软岩洞段容易出现塌孔现象,此时应对塌孔进行扫孔并“随钻随安”;对于塌孔非常严重的部位,可改用自进式锚杆进行安装。

当检测到锚杆注浆密度或锚杆拉拔力不满足设计要求时,应立即对不合格的锚杆进行旁位补打。注浆用的砂浆必须通过试验确定其配合比并进行强度检测,当其强度满足设计要求后方可使用;若采用的是先注浆后插杆的施工工艺,需将注浆管插到孔底,边注浆、边缓慢拔出注浆管;若采用先插杆、后注浆的施工工艺,需要按设计要求布置注浆管和排气管并均匀注浆;对于富水洞段,可以采用先在孔内填塞水泥药卷,再插入锚杆的施工工艺<sup>[3]</sup>。

## 2.4 喷射混凝土出现的质量问题及控制

在引水隧洞开挖过程中,施工队伍容易出现“重进尺、轻支护”的思想,导致喷射混凝土施工面滞后掌子面很多个循环。对此,应根据不同的地质条件确定两者的间隔循环次数或最小距离,制定合理的施工流程,保证工序间的衔接。根据固增水电站引水隧洞工程的开挖经验,建议Ⅲ类围岩最多间隔2~3个循环或距掌子面6~8 m,Ⅳ类和Ⅴ类围岩开挖完成后及时封闭围岩。

在喷射混凝土施工过程中,可能会因为洞壁的平整度差而导致喷混凝土的厚度达不到设计要求,对此,可以分区域自下而上呈“Z”字型施喷,同时在每一区域作业面埋设标尺或利用锚杆头做厚度标记,只有当标尺或厚度标记被掩埋才能停

止施喷。

对于喷射混凝土回弹量大的问题,固增水电站项目部研发出一种喷浆机联合输料装置,能够有效减少回弹量;同时,通过现场反复试验,最终确定了喷射混凝土的最优配合比和施喷的最佳水压与风压。

### 2.5 钢拱架出现的质量问题及控制

钢拱架安装在软弱或极软弱围岩中,容易因围岩变形而侵占衬砌结构断面,因此,在开挖前根据围岩特性,采用工程类比法分析围岩变形参数,视围岩可能发生的变形大小在设计开挖线外适当预留变形量。

在钢拱架安装过程中,钢拱架与岩壁间存在空隙、基岩软弱或钢拱架垂直度不符合设计要求时均会降低钢拱架的稳定性。对于钢拱架与围岩间的空隙,可以采用喷射混凝土进行填充,若空隙较大,可在拱顶和边墙先喷一层混凝土,随后使用

同类型钢材制作的副拱支撑于拱顶岩壁,使用强度、大小等符合规范和设计要求的石块填充边墙,最后再喷一层混凝土;在钢拱架安装时,用全站仪或吊线锤对钢拱架的垂直度进行监测,若垂直度不符合规范要求,应立即进行调整;钢拱架安装后,立即与系统锚杆焊接或加设锁脚锁腰锚杆,同时在钢拱架间焊接连接筋;若拱脚基岩承载力不满足设计要求,可在拱脚浇筑 C20 混凝土垫墩或加设 16 mm 厚的钢板制作而成的垫板。

### 3 施工管理质量控制

#### 3.1 建立质量保证体系

项目部以 ISO9002 质量标准为基础,以 PD-CA 循环控制为原理,以项目经理为核心,建立健全了一个“横向到边,纵向到底,控制有效”,能切实执行工作职责的质量保证体系,从体制上避免了质量问题的发生。固增水电站质量保证体系见图 1。

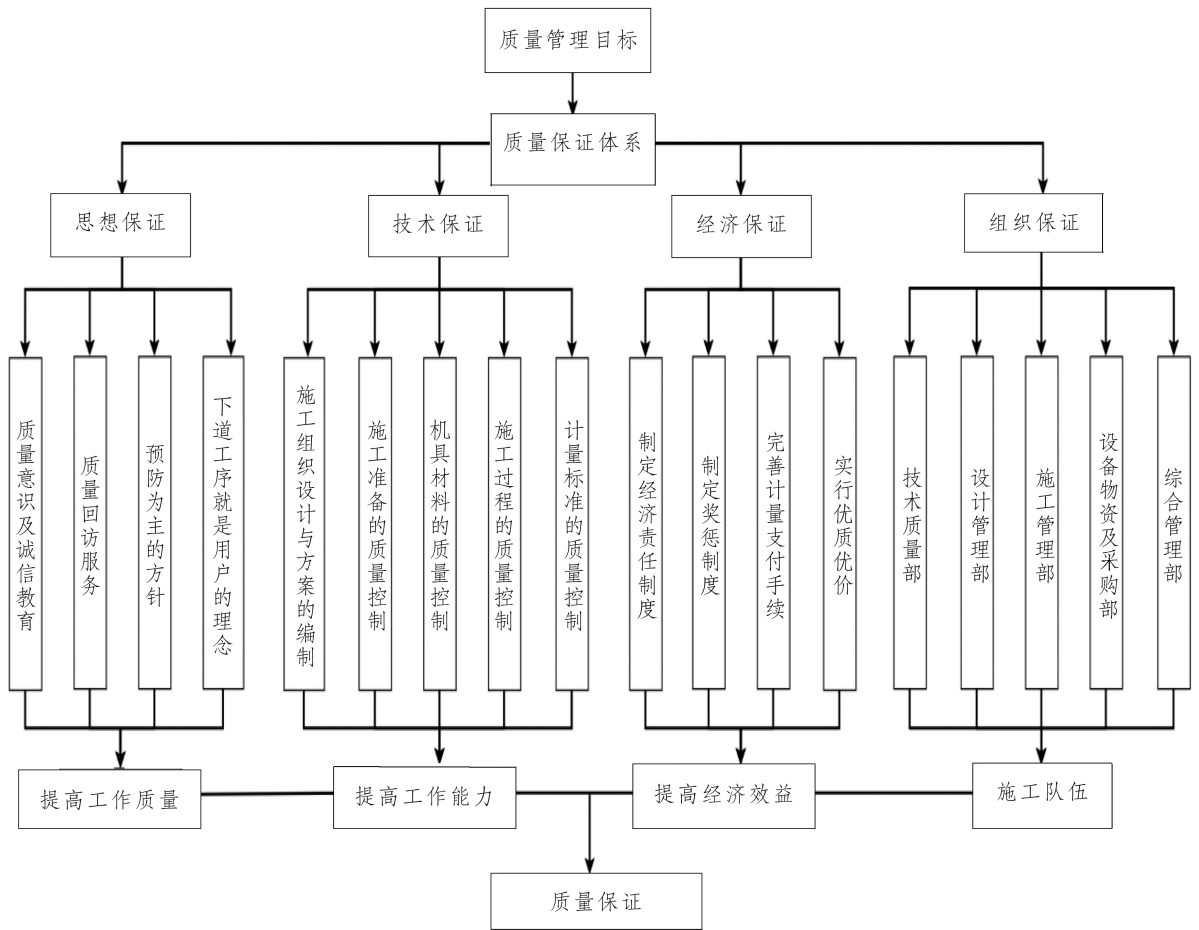


图 1 固增水电站质量保证体系示意图

### 3.2 制定严格的奖罚规章制度

制定奖罚规章制度,编制《引水隧洞开挖支护质量奖罚实施细则》。本着奖优罚劣的原则,鼓励和督促项目部全体员工自觉提高质量意识、管理和施工水平,激发员工的创造性和主观能动性,以达到优者更优,劣者变优的目的。

### 3.3 实行岗位责任制和质量终身制

建立洞室工区,根据经理、总工程师、工区主任、质量员等岗位的工作性质和特点,明确规定各岗位的职责和权限并按照已制定的质量目标及标准进行考核和奖惩。将岗位责任制与质量终身制相结合,把岗位责任落实到个人和具体的工作中,保证岗位责任制切合实际的执行,防止违规操作。

### 3.4 实行质量一票否决制

对管理人员和生产人员因工程质量引发严重的安全事故、造成严重的经济损失和声誉损失的实行一票否决,取消其当年参与各类表彰、奖励、评优、评先、职务晋升等资格,以此督促相关人员落实质量控制措施。

### 3.5 严格执行三检制度

单元工程的验收实行三检制度:“初检”由班组质量人员负责,“复检”由施工队伍质量人员负责,“终检”由技术质量部质量人员负责。“三检”通过后由技术质量部质量人员向监理单位提交施工记录、原始资料、验收申请报告、质量检查记录、单元验收合格证等,申请监理工程师验收,待监理工程师验收合格并签发单元验收合格证后方可进入下道工序施工<sup>[4]</sup>。

### 3.6 成立QC小组,召开质量例会,施工技术文件交底

由技术质量部牵头成立QC小组,发动员工开展QC小组活动,全体合作、集思广益,围绕现场质量目标和质量问题进行质量宣传教育和质量攻关。由QC小组牵头定期开展质量专题例会,对施工质量好的个人和班组进行表彰和宣扬,对施工质量差的个人和班组进行批评和指导,对存在或即将出现的质量问题进行总结分析,提出整改建议和要求,明确下一阶段的质量目标和控制手段。

在工程施工前,由项目部组织对已制定批准的施工技术文件进行技术交底。交底内容应贯彻

施工验收规范、技术规程、工艺标准、质量评定标准和安全生产等要求。交底对象包括但不限于技术质量部、施工管理部、安全环保部、设备物资及采购部等有关部门人员,以及施工队伍的主管负责人、技术负责人和作业人员。

### 3.7 严把“四关”

严把图纸关、测量关、材料质量及试验关、过程工序质量关。施工过程中做到“六不施工,三不交接”:不进行技术交底不施工;图纸和技术要求不清楚不施工;测量资料未经审核不施工;材料无合格证或试验不合格不施工;隐蔽工程未经联合签证不施工;未经监理工程师认可或批准的工序不施工;无自检记录不交接;未经监理工程师或值班技术员验收不交接;施工记录不全不交接<sup>[5]</sup>。

## 4 结 语

施工组织安排或施工方法不当、施工操作或施工行为不规范、管理和过程的质量控制松懈均会诱发质量问题的发生,严重的还会导致质量安全事故,因此,对于质量管控要从施工技术和施工管理两方面着手,才能确保施工质量,进而保障工程质量。

固增水电站引水隧洞工程在遵循上述原则施工的前提下,在施工期间历经多次涌水、突泥、塌方、变形和不明气体的困扰,均未发生质量事故,并于2021年1月23日顺利贯通,引水隧洞分部工程质量等级被评为优良,受到监理和业主的一致好评。

### 参考文献:

- [1] 王军红. 固增水电站引水隧洞复杂特殊地质问题的处理[J]. 四川水力发电, 2021, 40(1): 60-63.
- [2] 宋建平. 复杂地质长大隧道快速施工技术研究[D]. 西南交通大学, 2013.
- [3] 水利水电工程施工质量通病防治导则(附条文说明), SL/Z690-2013[S].
- [4] 聂美平. 宽大贯通性裂隙中帷幕灌浆质量控制与管理研究[J]. 工程设计与设计, 2019, 38(22): 178-181.
- [5] 詹登民. 以藏木水电站导流为例, 在工期极度紧张的情况下确保施工质量和进度的措施[J]. 四川水力发电, 2011, 30(增刊1): 19-20.

### 作者简介:

韩 坤(1996-),男,四川宜宾人,主任科员,助理工程师,学士,从事水利水电工程施工项目技术管理工作。

(责任编辑:李燕辉)