

# 水利工程中隧洞引水测量控制的技术研究

张凯 李奉育 刘林

江苏省水利科学研究院, 江苏南京, 210017;

**摘要:** 引水隧洞是水利枢纽工程核心组成部分, 其施工测量精度直接决定工程结构稳定性、贯通质量及运行安全性。但隧洞施工环境封闭、通视条件差、作业空间受限, 导致传统测量技术精度衰减、效率偏低, 增加了测量难度。为破解此技术瓶颈, 本文以某水库引水隧洞工程为研究对象, 开展施工测量控制技术体系构建与优化研究。整合 GNSS 测量、精密水准测量及三维激光扫描技术, 构建多源数据融合的综合测量控制体系; 结合导线测量与陀螺定向技术, 优化贯通测量流程与参数。本研究旨在提升引水隧洞施工测量精度与可靠性, 为同类水利隧洞工程高质量施工提供技术参考。

**关键词:** 水利工程; 引水隧洞; 控制测量

**DOI:** 10.69979/3060-8767.26.02.029

## 引言

水利工程在国民经济与社会发展进程中占据关键地位, 科学规划与建设水利设施, 可有效缓解区域水资源短缺矛盾, 显著提升水资源配置与利用效率。引水隧洞作为水利工程体系的核心输水构筑物, 承担着跨区域长距离输水、优化水资源时空分布的重要职能, 其施工质量直接决定整个水利枢纽工程的运行安全与结构稳定性。开展科学规范的施工控制测量工作, 是保障引水隧洞施工精度、提升工程建设效率的核心技术手段, 对保障工程整体质量、推动区域经济可持续发展意义重大。

## 1 隧洞引水施工控制测量

引水隧洞施工是水利工程建设的关键环节, 对测量精度有着严苛要求。尽管此类隧洞施工线路相对较短, 但施工过程易受地质条件、工程属性等多重因素制约, 测量数据的精准性与可靠性直接决定隧洞贯通质量, 若数据失真或精度不足, 将对工程整体贯通效果造成严重影响。

测量方案的制定需严格依托工程实际工况, 并指派专人全程负责管控。具体实施流程需遵循以下步骤: 一是科学布设洞内控制测量网, 为后续施工测量提供基准依据; 二是在隧洞贯通过程中, 同步开展贯通结果的精准检测, 实时掌握施工偏差; 三是若检测发现数据偏差超出规范阈值, 需立即暂停贯通施工, 待完成偏差纠正并复核合格后, 方可恢复作业。

在此基础上, 相关技术人员需结合工程特点优化设计测量方案, 明确测量流程与技术标准, 确保施工人员严格依照方案开展作业, 从技术层面提升引水隧洞施工控制测量精度, 保障工程建设有序推进。

## 2 引水隧洞施工控制测量

引水隧洞施工中, 控制测量是保障工程质量的核心技术环节, 作用关键。其核心是依据施工设计要求, 确保双向开挖在贯通面精准对接, 需严格遵循技术规范管控横向与高程贯通误差, 保障贯通精度达标。从工程实践看, 施工控制测量主要涵盖洞外与洞内两大范畴, 二者协同构成完整测量控制体系。

### 2.1 平面控制测量

引水隧洞施工中, 控制测量是保障工程质量的核心技术环节, 核心是依据设计要求确保双向开挖在贯通面精准对接, 严格管控横向与高程贯通误差以保障精度达标。工程实践中, 控制测量分为洞外与洞内两类, 协同构成完整体系。其中洞外控制测量核心是测定洞口控制点平面位置, 为地下工程设计、开挖导向及精准贯通提供基准。早期受技术限制, 洞外控制多采用直接定线、三角网等传统方法, 存在精度不足、成本高、适用范围窄等缺陷; 随着测量技术发展, 现阶段广泛采用全站仪布设导线并利用其光电测距功能开展工作, 可满足隧洞贯通平面控制需求, 且精度与效率显著提升。

### 2.2 高程控制网的注意事项

引水隧洞施工中, 控制测量是保障工程质量的核心技术环节, 核心目标是依据设计要求实现双向开挖的贯通面精准对接, 严格管控横向与高程贯通误差以保障精度达标。工程实践中, 控制测量分为洞外、洞内两大类, 二者协同构成完整的测量控制体系。其中, 洞外控制测量的核心任务为测定洞口控制点平面位置, 为地下工程设计、开挖导向及精准贯通提供基准依据。受早期技术条件限制, 洞外控制多采用直接定线、三角网等传

统方法,此类方法存在精度不足、成本偏高、适用范围受限等缺陷;随着工程测量技术发展,现阶段已广泛采用全站仪布设导线,并依托其光电测距功能开展洞外控制测量作业。

## 2.3 隧洞洞内控制测量

洞内控制测量主要包含平面与高程两类,与洞外控制体系协同保障隧洞贯通精度:

### 2.3.1 洞内平面控制测量(导线测量)

需结合开挖进度有序布设导线,以洞口控制点为起点测定坐标。隧洞施工环境复杂、干扰因素多且作业时效性强,中小型隧洞一般仅布设施工导线与基本导线。施工导线边长30~50m,沿洞轴线布设;基本导线边长100~150m,需与施工导线协同规划,且精度等级高于施工导线。

### 2.3.2 洞内高程控制测量(水准测量)

作业原理与洞外水准测量基本一致,受洞内环境限制,视线长度宜控制在50m以内。若以洞顶板作为水准点,观测时需倒置水准尺,以尺底顶紧点位标志。

引水隧洞施工中,控制测量是保障工程质量的核心技术环节,核心是依据设计要求确保双向开挖在贯通面精准对接,严格管控横向与高程贯通误差以保障精度达标。工程实践中,控制测量分为洞外与洞内两类,协同构成完整体系。其中洞外控制测量核心是测定洞口控制点平面位置,为地下工程设计、开挖导向及精准贯通提供基准。早期受技术限制,洞外控制多采用直接定线、三角网等传统方法,存在精度不足、成本高、适用范围窄等缺陷;随着测量技术发展,现阶段广泛采用全站仪布设导线并利用其光电测距功能开展作业。

## 2.4 洞内测量注意事项

引水隧洞施工中,控制测量是保障工程质量的核心环节,核心目标是按设计要求实现双向开挖贯通面精准对接,严控横向与高程贯通误差。实践中控制测量分为洞外、洞内两类,协同构成完整体系。洞外控制核心为测定洞口控制点平面位置,为地下工程设计、开挖导向及精准贯通提供基准;早期采用直接定线、三角网等传统方法,存在精度不足、成本高、适用范围窄等缺陷,现阶段已广泛采用全站仪布设导线并利用其光电测距功能。

## 3 施工挖掘中的测量

引水隧洞施工控制测量是质量保障核心,旨在实现双向开挖精准贯通,严控横、高程贯通误差,分为洞外、洞内两类体系。洞外控制以测定洞口控制点平面位置为

核心,早期传统方法存在诸多缺陷,现广泛应用全站仪导线及光电测距技术。

### 3.1 施工挖掘的方向选择

引水隧洞施工中,控制测量是保障工程质量的核心环节,其核心目标是依据设计要求实现双向开挖的贯通面精准对接,并严格管控横向与高程贯通误差。该测量工作分为洞外、洞内两大类,二者协同构成完整的测量控制体系。其中,洞外控制以测定洞口控制点平面位置为核心,为地下工程设计、开挖导向及精准贯通提供基准;早期采用的直接定线、三角网等传统方法存在精度不足、成本偏高、适用范围受限等缺陷,现阶段已广泛运用全站仪布设导线并依托其光电测距功能开展作业。

### 3.2 中线与腰线的测定

洞内中线测定需先于洞口开挖面布设中线桩,以此为基准开展掘进作业;掘进过程中,每推进20m需在隧洞顶部埋设中线里程桩,既便于桩体保存,也可保障后续作业有序开展。隧洞岩壁上以10m为间隔布设一组腰线,腰线高程随中线里程动态调整,且始终与隧洞地坪高程线保持平行。中线与腰线的布设精度直接决定隧洞掘进方向的准确性,需严格按照规范流程实施。

引水隧洞施工中,控制测量是保障工程质量的核心环节,核心目标是按设计要求实现双向开挖贯通面精准对接,严控横向与高程贯通误差。实践中控制测量分为洞外、洞内两类,协同构成完整体系。洞外控制核心为测定洞口控制点平面位置,为地下工程设计、开挖导向及精准贯通提供基准;早期采用直接定线、三角网等传统方法,存在精度不足、成本高、适用范围窄等缺陷,现阶段已广泛采用全站仪布设导线并利用其光电测距功能。

### 3.3 隧洞掘进方向的对策

引水隧洞施工中,控制测量是保障工程质量的核心技术环节,核心目标为依据设计要求实现双向开挖贯通面精准对接,严格管控横向及高程贯通误差。实践中,控制测量分为洞外与洞内两大体系,二者协同构成完整的测量控制架构。其中,洞外控制以洞口控制点平面位置测定为核心,为地下工程设计、开挖导向及精准贯通提供基准支撑;早期采用的直接定线、三角网等传统方法,存在精度不足、成本偏高、适用范围受限等短板,现阶段已广泛应用全站仪导线布设及光电测距技术替代。

## 4 提高引水隧洞测量精度的建议

结合当前引水隧洞施工发展趋势,实践中对测量精度的要求显著提高,施工单位需结合水利工程项目实际需求,针对性采取措施提升测量精度。基于工程实践经验,核心抓手在于强化施工控制测量工作——作为保障工程质量的核心技术环节,其核心目标是依据设计要求实现双向开挖贯通面精准对接,严格管控横向及高程贯通误差。实践中,控制测量分为洞外与洞内两大体系,二者协同构成完整测量控制架构:洞外控制以洞口控制点平面位置测定为核心,为地下工程设计、开挖导向及精准贯通提供基准支撑;早期采用的直接定线、三角网等传统方法存在精度不足、成本偏高、适用范围受限等短板,现阶段已广泛采用全站仪导线布设及光电测距技术替代,有效提升了测量精度与作业效率。

#### 4.1 严格内控工作

需结合水利工程项目特性及施工要求,科学优化洞内控制测量设计,确保工程设计与施工全过程符合技术规范,为工程顺利实施提供保障。同时,应定期开展施工人员专项培训,强化其安全意识与规范作业理念,确保严格按设计方案执行。在洞内控制测量设计与实施中,需明确要求施工人员采用三联脚架法作业;若三角高程等级达到二等及以上,必须采取精度提升措施,保障测量数据精准可靠。

#### 4.2 开展监测工作

精度保障需贯穿施工全流程,具体措施如下:施工前,责任单位应指派专业人员开展测量设备专项检测,重点核查设备安装到位情况及是否存在松动、偏移等问题,发现隐患需立即更换设备,且更换工作须在隧洞施工启动前完成,避免影响整体进度。施工过程中,一方面需结合水利工程项目特性及施工要求,科学优化洞内控制测量设计,确保工程设计与施工全过程符合技术规范;另一方面应强化开挖监测工作,当开挖至规定距离时及时增设导线以保障开挖准确度,若发现数据异常需立即复核重测,确保数据真实可靠。同时,需定期开展施工人员专项培训,强化其安全意识与规范作业理念,确保严格按设计方案执行;洞内控制测量实施中,需明确要求采用三联脚架法作业,若三角高程等级达到二等及以上,必须采取精度提升措施,保障测量数据精准性。

#### 4.3 估算隧洞洞内控制的方法

隧洞洞内控制测量数据估算需重点把握以下核心要点:其一,隧洞开挖至规定距离时,需精准完成导线估算;其二,平面控制测量估算宜采用等边直伸型导线,

以提升估算效率与准确性;其三,控制测量应优先选用长边布设,确保满足作业最高精度标准;其四,若洞内存在混凝土衬砌,需及时开展精度估算,且在贯通误差分配过程中重点关注衬砌状态,保障其处于最佳状态以严控施工质量;其五,三角高程测量需严格按施工方案执行,必要时指派专人定期巡检,减少违规操作,确保数据估算精准。

全流程精度保障措施:施工前,专业人员专项检测测量设备,核查安装及松动、偏移等隐患,问题设备须在施工前更换,避免影响进度。施工中,优化洞内控制测量设计,确保符合技术规范;强化开挖监测,规定距离增设导线保障开挖准确度,数据异常立即复核重测;定期培训施工人员,强化规范作业理念;洞内控制测量采用三联脚架法,三角高程达二等及以上等级时,采取针对性精度提升措施。

### 5 结语

综上,水利工程建设为系统性工程,各环节需严守规范精准落实。引水隧洞施工控制测量精度至关重要,直接关乎工程安全质量与效益实现,施工单位需高度重视,结合经验与实际,严守规范细化技术环节,科学开展测量并配套落实对策。

核心要点与保障措施:洞内测量数据估算需把握五点:开挖至规定距离精准估算导线;平面控制优先采用等边直伸型导线;控制测量选用长边布设保障高精度;有混凝土衬砌时及时估算精度,贯通误差分配关注衬砌状态;三角高程测量严守方案,必要时专人巡检防违规。全流程保障:施工前专项检测设备,隐患设备前置更换;施工中优化洞内控制设计、强化开挖监测(规定距离增设导线、异常复核)、定期培训人员,洞内控制采用三联脚架法,三角高程达二等及以上时提升精度。未来水利施工实践发展将推动相关工作持续突破。

#### 参考文献

- [1] 范志峰. 水利工程中引水隧洞施工控制测量的技术要点[J]. 全面腐蚀控制, 2025, 39(07): 71-73. DOI: 10.13726/j.cnki.11-2706/tq.2025.07.071.03.
- [2] 赵智. 水利工程引水隧洞施工贯通测量和智能预测研究[J]. 经纬天地, 2023, (04): 13-16.
- [3] 胡浩明. 水利工程中引水隧洞施工控制测量的研究[J]. 珠江水运, 2022, (21): 24-26. DOI: 10.14125/j.cnki.zjsy.2022.21.006.
- [4] 席文欢. 超长引水隧洞贯通测量技术的应用研究[J]. 建材与装饰, 2019, (06): 282-283.