

# 长大隧道施工控制测量精度分析与提升策略

张才德

中铁七局集团西安铁路工程有限公司

DOI:10.12238/gmsm.v8i2.2149

**[摘要]** 在长大隧道工程建设中,控制测量精度是保障工程质量、施工安全及进度控制的核心要素。本文针对长大隧道施工控制测量精度问题展开系统研究,深入剖析影响测量精度的环境、仪器技术及人为操作等关键因素,全面探讨传统测量技术、GPS技术及三维激光扫描技术在实际应用中的特点与局限,进而从优化环境、升级技术、强化管理等维度提出针对性的精度提升策略,并构建策略实施的保障体系,为长大隧道施工控制测量提供兼具理论价值与实践指导意义的解决方案。

**[关键词]** 长大隧道; 施工控制测量; 精度分析; 提升策略; 保障体系

**中图分类号:** U455 **文献标识码:** A

## Analysis and improvement strategy of construction control measurement accuracy for long tunnels

Caide Zhang

China Railway Seventh Group Xi'an Railway Engineering Co., Ltd

**[Abstract]** In the construction of long tunnels, controlling measurement accuracy is the core element to ensure project quality, construction safety, and progress control. This article conducts a systematic study on the accuracy of control measurement in the construction of long tunnels. It deeply analyzes the key factors that affect measurement accuracy, such as the environment, instrument technology, and human operation. It comprehensively explores the characteristics and limitations of traditional measurement technology, GPS technology, and 3D laser scanning technology in practical applications. From the dimensions of optimizing the environment, upgrading technology, and strengthening management, targeted precision improvement strategies are proposed, and a guarantee system for strategy implementation is constructed. This provides a solution that combines theoretical value and practical guidance significance for control measurement in the construction of long tunnels.

**[Key words]** long tunnel; Construction control measurement; Precision analysis; Enhancement strategy; Guarantee system

## 引言

随着我国交通基础设施建设向复杂化、规模化方向发展,穿越山脉、江河的长大隧道工程数量显著增加。这类隧道往往具有埋深大、线路长、地质条件复杂等特点,对施工控制测量提出了更高要求。控制测量作为贯穿隧道施工全过程的关键环节,其精度直接决定了隧道轴线的准确性、断面尺寸的符合性以及最终的贯通质量。一旦测量精度不达标,可能引发隧道轴线偏离设计轨迹、支护结构尺寸偏差、贯通误差超限等问题,不仅会导致工程返工、成本激增,更可能埋下结构安全隐患。因此,在当前长大隧道建设规模不断扩大的背景下,深入分析控制测量精度的影响因素,探索科学有效的精度提升策略,已成为工程技术领域亟待解决的重要课题<sup>[1]</sup>。

## 1 长大隧道施工控制测量精度影响因素分析

### 1.1 测量环境因素

长大隧道施工环境的复杂性对测量精度产生多维度影响。洞内长期处于高湿度环境,水汽易在测量仪器的光学元件表面凝结,导致镜头雾化、成像模糊,从而影响角度和距离测量的准确性;温度的频繁波动会使仪器内部金属构件产生热胀冷缩,改变机械结构的几何关系,造成测量参数漂移<sup>[2]</sup>。同时,隧道开挖、支护等施工活动产生的持续振动,会使测量仪器的架设基座发生微小位移,破坏仪器的整平状态;施工粉尘弥漫在空气中,不仅降低能见度,还可能进入仪器内部,磨损精密部件,影响设备运行稳定性。

### 1.2 测量仪器与技术因素

测量仪器的性能参数和技术水平是决定测量精度的物质基础。部分工程仍在精度等级较低的老旧仪器,其测角精度、测距标称精度已无法满足长大隧道毫米级精度控制要求,且自动化程度不足,需要人工参与大量操作环节,增加了人为误差引入的概率。在技术应用方面,传统测量方法如导线测量、三角测量等,在长距离隧道测量中需设置大量测站,每一站的测量误差会逐次累积,导致终点位置误差超出允许范围;而常规的全站仪测量在面对复杂地质构造或曲线隧道时,需要频繁调整测量方案,测量效率低下且精度难以保证。技术手段的局限性使得测量结果难以满足现代长大隧道高精度施工的需求。

### 1.3 人为操作因素

测量人员的专业素养和操作规范程度直接作用于测量成果质量。在实际施工中,部分测量人员对新型仪器的操作流程不熟悉,未能正确设置仪器参数(如气象改正值、棱镜常数等),导致原始测量数据存在系统误差;在进行水准测量、角度观测等操作时,未能严格遵循测量规范,如前后视距差超限、整平误差过大等,都会引入操作误差。数据记录与处理环节中,人工记录可能出现笔误、数据漏记等情况,使用不恰当的数据处理方法或软件时,也会导致误差传播放大。

## 2 现有长大隧道施工控制测量技术应用特点

### 2.1 传统测量技术

以全站仪、水准仪为代表的传统测量技术,在长大隧道施工控制测量中仍占据一定应用场景。全站仪通过光电测距和电子测角实现三维坐标测量,操作相对简便,能够满足一般隧道工程的基本测量需求,且设备购置和维护成本较低,适合中小型隧道或对精度要求不高的施工阶段。水准仪则主要用于高程控制测量,通过水准标尺和望远镜读数实现高差测量,原理直观,技术成熟。但这类技术在长距离测量时,需要布设密集的测量网点,测量工作量大、效率低,且随着测站数量增加,误差累积效应显著,难以满足长大隧道高精度贯通的要求,在复杂地形条件下的适应性也相对较差。

### 2.2 GPS测量技术

GPS测量技术凭借其全天候、大范围、自动化定位的优势,在长大隧道施工的地面控制测量阶段发挥重要作用。通过在隧道洞口及周边布设GPS控制点,可快速建立高精度的地面控制网<sup>[3]</sup>,为隧道轴线的平面位置和高程控制提供基准。其定位速度快、测量效率高,能够有效减少地面测量的人力投入和时间成本。然而,GPS技术在隧道洞内测量中存在明显局限性,由于隧道结构对卫星信号的屏蔽作用,洞内无法接收足够数量的卫星信号,导致定位精度大幅下降甚至无法定位,因此GPS测量技术难以直接应用于洞内控制测量,需要与其他洞内测量技术结合使用,这在一定程度上限制了其应用范围。

### 2.3 三维激光扫描技术

三维激光扫描技术作为一种先进的空间数据采集手段,在长大隧道施工控制测量中展现出独特优势。该技术通过发射激光脉冲扫描隧道表面,能够快速获取海量点云数据,精确重建隧

道的三维几何模型,实现对隧道断面尺寸、开挖轮廓、支护结构等的全面检测。在变形监测方面,通过不同时期点云数据的对比分析,可以直观反映隧道结构的位移变化情况,测量效率和数据完整性远超传统测量方法。但三维激光扫描技术对设备性能要求较高,高端扫描设备价格昂贵,增加了工程成本<sup>[4]</sup>。

## 3 长大隧道施工控制测量精度提升策略

### 3.1 优化测量环境

针对长大隧道洞内复杂的测量环境,需要采取系统性的优化措施。在温湿度控制方面,可在测量区域安装通风除湿设备,通过强制通风降低洞内湿度,同时设置温控系统,减少温度波动幅度,为测量仪器创造相对稳定的工作环境;在振动控制上,合理规划施工工序,将测量作业与强振动施工环节(如爆破、大型机械作业)错开时间进行,必要时在测量仪器基座下方设置减振垫层,削弱振动传递。针对粉尘污染,可采用喷雾降尘、安装除尘设备等方式,降低空气中粉尘浓度,同时为仪器加装防尘罩,减少粉尘侵入。

### 3.2 升级测量仪器与技术

推动测量仪器的更新换代和技术创新是提升精度的核心途径。选用具备高精度测角(如0.5"级)、测距(如 $\pm 1\text{mm}+1\text{ppm}$ )性能的新型全站仪,搭配自动化测量机器人系统,实现测量过程的自动化瞄准、跟踪和数据采集,减少人工操作误差。引入惯性导航测量系统,该系统不受洞内信号遮挡影响,能够在复杂隧道环境中实现连续、高精度的三维定位,尤其适用于长距离隧道的轴线控制。

### 3.3 强化人为操作管理

构建完善的人为操作管理体系是保障测量精度的关键环节。加强测量人员的专业培训,制定系统的培训计划,针对新型仪器操作、先进测量技术应用、测量规范标准等内容开展专项培训,通过理论教学与实操考核相结合的方式,确保测量人员熟练掌握测量技能。建立严格的测量操作规程,对仪器架设、参数设置、观测方法、数据记录等各个环节制定标准化操作流程,要求测量人员严格执行,减少操作随意性。在项目实施过程中,推行“双人双机”测量复核制度,对关键测量数据进行交叉验证,避免单人操作可能出现的失误。

## 4 长大隧道施工控制测量精度提升策略的实施与保障

### 4.1 制定科学的测量方案

在长大隧道施工前,需组织专业技术人员开展详细的测量方案设计。深入研究隧道设计图纸、地质勘察报告和施工组织方案,明确隧道的长度、埋深、曲线要素、地质条件等关键参数,以此为基础确定测量精度指标(如平面位置中误差、高程中误差等)。根据精度要求选择适宜的测量技术组合(如地面GPS控制网+洞内全站仪导线测量+三维激光扫描检测),合理规划测量网点的布设密度和位置,制定详细的测量进度计划和资源配置方案。

### 4.2 加强测量过程监控

建立全流程的测量过程监控机制,实现对测量质量的动态

管理。在测量作业现场设置专职质量监督员,对仪器校准状态、操作流程规范性、数据记录完整性等进行实时监督,及时纠正违规操作。利用物联网技术搭建测量数据实时监控平台,将测量仪器与平台联网,实现测量数据的自动采集、传输和存储,管理人员可通过平台实时查看测量数据曲线和偏差情况,一旦发现数据异常立即预警<sup>[5]</sup>。

#### 4.3 建立质量保障体系

构建完善的质量保障体系是确保精度提升策略有效实施的制度基础。成立专门的测量质量管理小组,明确小组成员在仪器管理、技术指导、质量监督等方面的职责,形成层级分明的质量管理责任体系。制定测量仪器管理制度,规范仪器的采购、检定、校准、使用和维护流程,建立仪器管理台账,确保每台仪器的性能状态可追溯。建立测量技术标准体系,收集整理国家和行业相关测量规范,结合项目特点制定企业内部测量技术标准和作业指导书,为测量工作提供统一的技术依据。定期开展质量体系内部审核和管理评审,对体系运行效果进行评估,针对发现的问题及时调整完善,通过持续改进机制保障测量质量的稳定性和可靠性。

#### 5 结束语

长大隧道施工控制测量精度的提升是一项系统工程,需要综合考虑环境、仪器技术、人为操作等多方面因素的影响。本

文通过对影响因素的深入分析,提出了从优化环境、升级技术、强化管理到构建保障体系的全方位精度提升策略,为长大隧道施工控制测量提供了较为完整的解决方案。在实际工程应用中,应根据隧道的具体特点和施工条件,灵活运用这些策略,实现测量精度的精准控制。

#### [参考文献]

[1]孟拴成,王涛.铁路长大隧道施工控制网测量方案优化设计[J].地矿测绘,2023,39(02):25-29.

[2]闫晓恺.长大隧道施工测量若干问题研究[J].运输经理世界,2021,(13):81-83.

[3]刘明.高速铁路长大隧道施工控制测量原理及方法研究[J].建筑技术开发,2023,46(07):23-24.

[4]王远.谈长大隧道施工控制测量方法[J].佳木斯职业学院学报,2021,(09):485-486.

[5]文平.浅谈长大山岭隧道施工控制测量[J].价值工程,2022,37(07):115-120.

#### 作者简介:

张才德(1981--),男,汉族,山东临沂人,大学本科,职称:高级工程师,研究方向:施工测量质量管控、测量技术优化应用、数字化测量技术实践、重大项目变形监测与安全评估等工作。