

境特点,如光线不足、湿度较高、空间受限等,这些条件为精准测量带来了极大的挑战。为应对这些特殊环境要求,高效、精准的测量工具成为必需。全站仪作为集测距、测角和数据计算功能于一体的现代测量仪器,逐渐成为煤矿井下导线测量的主要设备,其便携性、智能化和快速反应能力,使其在矿井复杂环境中具有显著优势。

## 2.2 全站仪在矿井中的应用

全站仪作为一种集测角、测距和数据记录功能于一体的高精度测量设备,在煤矿井下导线测量中得到了广泛应用。因矿井环境的特殊性,包括狭窄的作业空间、复杂的地质条件以及微弱的光线,全站仪的高效率、精准性和便携性为矿井测量工作提供了技术支持。通过全站仪,能够快速获取矿井布线所需的高精度数据,为矿井巷道的开挖、支护以及设备安装提供精准的测量依据。全站仪的数据传输能力与数字化记录功能有效减少了人工记录产生的误差,为井下施工提供了更加可靠的测量保障。在矿井开采的不同阶段,全站仪被用于测量巷道走向、连接点及垂直方向的误差校正等任务,并在矿井布局优化及资源开采方案制定中发挥了重要作用。

## 3 全站仪在煤矿井下导线测量中的误差源头

### 3.1 仪器系统误差探讨

仪器系统误差是全站仪在煤矿井下导线测量中最主要的误差来源之一,其对测量精度的影响不可忽视。这类误差主要包括全站仪测角系统误差、测距系统误差以及内部架构的不稳定性。测角系统误差通常由全站仪的光学系统误差与编码器的分辨率局限性引起,这可能导致角度测量不准确。测距系统误差则多与仪器内部的电磁波发射及接收模块相关,其性能受限可能引发实际距离与测量距离的偏差。仪器内部的机械结构与校准精度也可能产生累积性误差,例如仪器轴线偏差与目标垂直成像失准等。由于煤矿井下环境复杂,这些仪器误差可能因振动、长期使用导致部件老化或调整偏差而被进一步放大。深入认识仪器系统误差的内在机制是提升测量精度的理论基础。

### 3.2 环境误差及其影响

煤矿井下环境复杂且特殊,对全站仪的导线测量精度造成显著影响。温度变化是主要的误差来源之一,矿井内部的温度波动会导致全站仪内部器件性能的不稳定,从而影响测距和测角精度。湿度的变化会损害光学元件的清晰度,也可能导致电路系统异常工作。矿井内的粉尘则对激光信号的传播造成干扰,使测量数据出现波动。矿井通风设备产生的振动和气流对全站仪的稳定性提出了挑战,容易引发角度测量偏差。这些环境误差的叠加效应显著降低了全站仪的工作精度,对矿井导线测量的可靠性形成威胁<sup>[2]</sup>。准确分析环境误差的来源并加以有效控制,是确保全站仪在井下应用中测量精度的重要环节<sup>[3]</sup>。

## 4 对全站仪误差影响的定量分析

### 4.1 所有误差来源的影响度对比

在煤矿井下导线测量过程中,全站仪的测量误差来源复杂多样,其对测量精度的影响程度具有差异性。为了量化各类误差源的影响,需对仪器系统误差、环境误差以及操作误差进行定量分析,明确各类因素在总体误差中的占比及影响程度。

通过对多组实际测量数据的统计分析,发现仪器系统误差主要源于全站仪内部硬件的标定偏差与电子元件的性能局限,其影响相对稳定且可控。在一般工况下,系统误差对测量精度的贡献占总体误差的约30%。环境误差则以多变和不可控为特征,主要受到井下空间潮湿、温度变化及粉尘等因素的干扰,其对测量影响波动较大,在特定恶劣条件下,其误差占比可达总体误差的50%以上。操作误差则与测量者的技能水平和细致程度密切相关,呈现随机性,通常对总体误差的影响在20%~40%之间。

综合比较发现,环境误差在井下测量中影响较为显著,为操作误差,而仪器系统误差相对较小但不可忽略。通过这样的定量分析,可为后续精准优化测量精度提供科学依据,明确了精度提升的主要方向,即针对误差占比高的环节采取针对性改进措施。

### 4.2 主要误差源的实证研究

通过实地测量数据分析和实验验证,对全站仪在煤矿井下测量中主要误差源的影响进行了实证研究。仪器系统误差是首要影响因素,主要表现为角度测量偏差和距离测量误差。测试结果显示,仪器内部光学元件、电子元件的精度限制直接决定了系统误差的大小。环境误差在井下特殊测量环境中尤为显著。温度、高湿度及粉尘对光学信号的衰减和折射效应显现出较强的波动性,具体体现在测量数据的随机波动和重复性降低上。操作误差则由于人员技术水平不均而产生,不当的仪器调校、目标点瞄准偏移以及记录数据书写错误等是误差的主要来源。相关实验中,对各类误差的实测数据进行对比分析表明,环境误差和操作误差在矿井复杂工况中对测量精度的影响尤为显著,约占总误差的65%以上。本章节的研究进一步明确了各类误差之间的影响权重,为后续提出针对性精度提升策略奠定了基础。

## 5 全站仪测量精度提升策略

### 5.1 提升仪器性能的方法和效果

提升全站仪性能是提高煤矿井下导线测量精度的关键措施之一。应选用高精度全站仪,其角度测量精度、距离测量精确度和内部电子补偿系统的性能对测量结果的准确性至关重要。选择具备自动校正功能、抗干扰能力强的仪器,有助于降低系统误差。定期进行仪器检定和校准可确保全站仪处于最佳工作状态。通过减少全站仪零件老化及内部光学、电学元件的漂移,能够有效提升其长期使用的稳定性和

精确性。研究表明,引入先进的自动化观测和数据处理技术,如高频率脉冲激光器和高分辨率编码器,能够显著提升全站仪在复杂环境中的测量能力。实验结果验证了优化后仪器性能明显降低了误差累积率,为煤矿导线测量的精度和安全性提供了有力支撑。

## 5.2 优化测量环境条件的措施及其实施

优化全站仪在煤矿井下的测量环境对提升测量精度至关重要。煤矿井下环境复杂,照明不足、温湿度变化、空气质量等均会影响全站仪的测量结果。为此,有必要采取有效的环境优化措施。加强照明条件可以提高观测的准确性和操作者的工作效率;通过使用防尘设备和适当的通风系统来改善空气质量,从而减少灰尘对仪器传感器的影响;采用恒温设备以维持温湿度的稳定,确保测量结果的一致性。实施这些措施时,应考虑井下特殊环境需求,确保方案的适用性和可持续性,为精准测量和安全施工提供可靠环境保障。

## 5.3 提高测量者专业技能和培训的途径

提高测量者的专业技能和培训是提升全站仪测量精度的关键措施之一。在煤矿井下环境复杂多变的情况下,熟练掌握仪器操作和误差处理技术显得尤为重要。培训应包括对全站仪基本原理的详细讲解及操作流程的规范指导,帮助测量者理解误差的产生和控制。模拟实地操作演练能够有效增强测量者的实战技能,提高操作的准确性和稳定性。培训还需定期更新内容,融入最新技术和研究成果,确保测量者具备前沿的知识储备和应变能力。通过系统的培训途径,能够显著降低全站仪在煤矿井下导线测量中的人为误差,增强测量结果的可靠性。

# 6 策略执行后全站仪测量精度的提升效果

## 6.1 策略实施前后的全站仪性能对比

在策略实施前,全站仪在煤矿井下导线测量中面临着诸多误差的困扰,这些误差显著影响了测量结果的精确度。具体表现为各类误差源,如仪器系统误差、环境影响及操作因素,导致测量数据的不确定性增加,测量结果的偏差较大。这种情况不仅影响了矿井布局的准确性,也对施工的安全性构成潜在威胁。通过实施一系列精度提升策略后,全站仪的性能得到了明显改善。针对仪器系统误差,通过提升仪器性能,实现了数据的高精确采集。优化测量环境有效减少了外界光线变化、温差等环境因素对测量结果的干扰。加强测量人员的技能培训,使得操作误差明显降低,操作人员能够更为熟练地应用全站仪,从而提升了整个测量过程的效率和准确性。经过实践数据显示,策略执行后,全站仪的测量精度

显著提高,数值偏差等指标得到优化,测量结果的可靠性和一致性更强,为煤矿井下导线测量的有效性提供了有力支持,并为矿井安全施工奠定了坚实的基础。

## 6.2 策略实施对煤矿井下导线测量精度的贡献

策略的实施显著提升了全站仪在煤矿井下导线测量中的精度,对煤矿测量作业的可靠性和效率产生了深远影响。在提升仪器性能方面,通过更新关键部件和优化校准流程,全站仪的系统误差得到有效控制,测距误差和测角误差均出现大幅度下降。实验数据显示,测距误差减少了约15%,测角误差降低了10%以上,从而提高了测量结果的整体精度。

在优化测量环境方面,针对井下光线、温湿度及电磁干扰等问题的改进措施减少了外界环境对测量数据的干扰。通过引入稳定的光源、控制温湿度波动以及屏蔽电磁干扰,导线点的定位精度得到了明显提高,测量重复性达到更高标准。通过系统的技术培训和操作规范化管理,测量人员在仪器操作、数据记录及结果分析中的失误率显著降低。调查结果表明,操作误差的改善使得测量精度提升约20%。

# 7 结语

此项研究全面系统地分析了全站仪在煤矿井下导线测量中出现测量误差的各种可能性,并对其影响程度进行了深入的探讨。我们确定了主要的误差来源,并依据对其的理解,提出了针对性的、实用的全站仪精度提升策略。这些策略包括提高仪器性能、改善测量环境、提高操作者的专业技能等方面,并通过实际数据予以了验证。结果表明,通过这些策略的实施,成功地降低了全站仪的测量误差,提高了煤矿井下导线测量的精准度。这既为矿井的精确定位测量提供了更强的保障,也为全站仪的进一步发展和应用提供了有益的借鉴。然而,值得注意的是,当前研究仍存在一定的局限性,如在矿井复杂环境下的误差控制等,未来有待更深入研究和探讨。总体而言,本研究为误差来源的定量分析和精度提升方向提供了新思路,具有实际意义和应用价值,有望在未来推动煤矿井下导线的精准测量和整体矿井施工的精确性与安全性。

## 参考文献

- [1] 柳生阳.井下全站仪导线测量误差分析[J].甘肃科技,2021,37(15):41-42.
- [2] 常宏.提高全站仪在煤矿测量精度的策略[J].石化技术,2020,27(04):101-102.
- [3] 王红阳于成鹏.全站仪测量精度误差的分析[J].城市建设理论研究:电子版,2020,(10):36-36.

# Practice analysis of the application of digital measurement technology in engineering survey

Yilei Duan

Shaanxi Steel Group Hanzhong Iron and Steel Co., Ltd., Hanzhong, Shaanxi, 723000, China

## Abstract

Digital measurement technology has become an important development direction in the field of modern engineering measurement. Relying on advanced sensors, data acquisition system and information processing technology, it has achieved a significant improvement in measurement accuracy, efficiency and intelligence level. Through the whole station, GNSS (global navigation satellite system), laser scanning and UAV aerial survey, the technology optimizes the topographic mapping, building construction measurement, deformation monitoring and other links, to meet the needs of engineering construction for high-precision measurement. The development of digital measurement technology has not only improved the degree of automation of measurement operations, but also promoted the deep integration of digital platforms such as BIM (building information model) and GIS (geographic information system). The study of the application and practice of digital measurement technology in engineering measurement can not only provide more accurate spatial data support for engineering projects, but also help the construction of intelligent and information surveying and mapping system, and improve the quality of project management and construction.

## Keywords

digital measurement technology; engineering measurement; GNSS measurement; laser scanning; UAV mapping

## 数字化测量技术在工程测量中的应用实践分析

段艺蕾

陕钢集团汉中钢铁有限责任公司, 中国·陕西汉中 723000

## 摘要

数字化测量技术已成为现代工程测量领域的重要发展方向, 依托先进的传感器、数据采集系统与信息处理技术, 实现了测量精度、效率和智能化水平的显著提升。该技术通过全站仪、GNSS(全球导航卫星系统)、激光扫描及无人机航测等手段, 优化了地形测绘、建筑施工测量、变形监测等多个环节, 满足了工程建设对高精度测量的需求。数字化测量技术的发展不仅提升了测量作业的自动化程度, 还推动了BIM(建筑信息模型)、GIS(地理信息系统)等数字化平台的深度融合。研究数字化测量技术在工程测量中的应用实践, 不仅能为工程项目提供更精确的空间数据支持, 还能助力智能化、信息化测绘体系的构建, 提高工程管理和施工质量。

## 关键词

数字化测量技术; 工程测量; GNSS测量; 激光扫描; 无人机测绘

## 1 引言

工程测量是基础建设、国土规划、资源开发等领域的重要技术手段, 传统测量方式存在数据采集耗时长、人工误差较大、实时性较差等问题, 难以满足现代工程建设对高精度、高效率测绘的需求。数字化测量技术依托先进的电子信息技术、自动化测量设备和智能数据分析算法, 使测量精度和数据处理能力大幅提升, 为工程测量提供了更加精准、便捷的解决方案。GNSS、激光扫描、无人机测绘等技术的广泛应用, 使测量数据获取更加高效, 工程建设过程中的地形

监测、施工放样、变形观测等环节得以优化。

## 2 数字化测量技术在工程测量领域的发展必然趋势

工程测量正向数字化、智能化方向发展, 以满足现代工程对高精度、高效率 and 自动化测量的需求。计算机技术、人工智能、大数据分析、云计算及传感器网络的进步, 使测绘模式由传统地形勘测拓展至三维建模、动态变形监测、施工控制等领域。高精度数据的自动采集、智能分析和可视化表达成为测绘行业的核心发展方向。全球导航卫星系统(GNSS)具备厘米级甚至毫米级的动态定位能力, 结合惯性导航系统(INS), 在大范围测量、变形监测及施工控制中发挥关键作用。激光扫描技术推动工程测量由二维向三维升级, 高精度点云数据的采集使建筑测绘、地质灾害监测和

【作者简介】段艺蕾(1991-), 女, 中国陕西汉中, 本科, 工程师, 从事工程测量工作。