

# 井下测量技术及其精度控制研究

王宁川

宁夏宁鲁煤电有限责任公司任家庄煤矿 宁夏 银川 750100

**摘要:** 在矿产资源开发与地下工程建设中,井下测量技术是保障工程安全、高效推进的核心支撑。本文围绕井下测量技术及其精度控制展开研究。分析了影响井下测量精度的因素,包括矿井井下测量设备、导线点位选择、工作人员综合素质和环境因素等。阐述了一井定向测量、激光铅垂测量、陀螺定向测量、全站仪测量、三维激光扫描等多种矿井测量技术。并针对测量精度提出了联系测量方案优化、做好前期准备、核对原始数据、强化监测点、准确绘图、利用高科技技术以及提高测量人员素质等控制策略,旨在为提升井下测量精度和保障井下作业安全提供参考。

**关键词:** 井下测量技术;精度控制;研究

引言:井下测量在矿山开采等地下工程中起着关键作用,其测量精度直接关系到工程的安全与质量。随着矿业等地下工程的不断发展,对井下测量精度的要求也越来越高。然而,在实际井下测量工作中,受到测量设备、测量点位选择、人员素质以及井下复杂环境等多种因素的影响,测量精度难以得到有效保障。因此,深入研究井下测量技术,分析影响测量精度的因素并制定相应的控制策略,对于提升井下测量工作的准确性和可靠性具有重要的现实意义。

## 1 井下测量精度影响因素分析

### 1.1 矿井井下测量设备

矿井井下测量设备的性能与状态直接影响测量精度。部分矿山仍在使用的陈旧、老化的测量仪器,其测量精度、稳定性较差,易出现误差累积。而且,设备长期处于井下潮湿、粉尘大的环境中,会加速仪器内部零件的磨损与腐蚀,影响仪器的正常运行。同时,测量设备缺乏定期的校准与维护,导致测量数据偏差不断增大,无法为井下测量工作提供可靠的数据支持。

### 1.2 井下测量导线点位的选择

井下测量导线点位选择不当会对测量精度造成显著影响。井下巷道布局复杂,部分测量人员在选择导线点位时,未充分考虑巷道的稳定性、通视条件等因素。例如,将导线点设置在易变形的巷道围岩处,随着巷道的变形,导线点位置发生变化,导致测量数据失真。此外,导线点间距设置不合理,过密或过疏都会增加测量误差,影响测量结果的准确性。

### 1.3 工作人员的综合素质

工作人员的综合素质是影响井下测量精度的重要因素。部分测量人员专业知识储备不足,对先进的测量技术和仪器操作不够熟练,无法正确使用测量设备进行精

确测量。在实际工作中,还存在部分测量人员责任心不强、工作态度不严谨的情况,测量过程中容易出现操作失误,如读数错误、记录偏差等,从而导致测量数据不准确,影响井下测量的整体精度。

## 1.4 环境因素

井下环境复杂恶劣,对测量精度影响较大。井下光线昏暗,测量人员难以清晰读取测量数据,易造成读数误差。同时,井下存在较大的湿度、温度变化以及通风产生的气流扰动。湿度大会导致测量仪器受潮,影响其性能;温度变化会使测量仪器产生热胀冷缩,导致测量数据出现偏差;气流扰动则会影响到测量目标的稳定性,使得测量结果出现波动,降低测量精度<sup>[1]</sup>。

## 2 矿井测量技术

### 2.1 一井定向测量

一井定向测量是矿井测量中常用的传统测量技术,其核心原理是通过在一个井筒内悬挂两根钢丝,利用钢丝将地面坐标系传递到井下,从而实现井下与地面测量控制网的统一。在实际操作时,先在井口固定两根钢丝,使其自由下垂至井下,然后在地面和井下分别对钢丝进行测量,通过几何计算得出井下控制点的坐标。这种测量技术操作相对简单,成本较低,适用于一些规模较小、测量精度要求不是极高的矿井。然而,一井定向测量也存在明显的局限性。由于钢丝在悬挂过程中易受风流、井筒内设备等因素影响产生摆动,从而导致测量误差。并且,测量过程较为繁琐,测量时间较长,在复杂的井下环境中,测量精度难以得到有效保证,难以满足现代化大型矿井高精度测量的需求。

### 2.2 激光铅垂测量方法

激光铅垂测量方法基于激光的方向性和准直性原理,利用激光铅垂仪将地面的基准点垂直投射到井下目

标位置。在测量过程中,将激光铅垂仪安置在地面基准点上,通过仪器发射垂直向下的激光束,井下人员在相应位置放置接收靶,根据激光光斑在接收靶上的位置确定井下测量点的坐标。该方法具有操作简便、测量速度快的特点,能有效避免因人工测量视线受阻等问题带来的误差。同时,激光铅垂测量受外界干扰相对较小,可在一定程度上保证测量的准确性。但它也存在不足,激光束在长距离传输过程中,会因井下空气介质不均匀(如存在粉尘、水汽等)发生散射和折射,导致激光光斑发散,影响测量精度。此外,仪器对使用环境要求较高,若井下环境潮湿、震动较大,会影响激光铅垂仪的稳定性和测量效果。

### 2.3 陀螺定向测量技术

陀螺定向测量技术是利用陀螺仪的定轴性和进动性原理,无需依赖外部已知方位,就能独立确定地理真北方向,进而实现井下测量的定向工作。在井下测量时,将陀螺经纬仪与全站仪等测量设备配合使用,通过对陀螺仪的启动、寻北、定向等操作流程,获取精确的方位角,结合全站仪测量的距离和角度数据,可准确确定井下测量点的坐标。该技术具有自主性强、不受井下通视条件限制的显著优势,能够在复杂的巷道环境中快速、准确地进行定向测量,尤其适用于长距离巷道贯通测量等关键工程。但陀螺定向测量技术对仪器的要求较高,设备价格昂贵,且仪器的维护和操作需要专业人员,增加了测量成本和技术门槛。同时,长时间使用后,陀螺仪的性能会有所下降,需要定期进行校准和维护,以确保测量精度。

### 2.4 全站仪测量技术

全站仪是一种集测角、测距、测高差功能于一体的现代光学电子测量仪器,在矿井测量中应用广泛。它通过光电测距原理测量距离,利用电子测角系统测量水平角和竖直角,再结合内置的计算程序,可快速计算出测量点的三维坐标。在井下测量作业时,将全站仪安置在已知控制点上,通过对目标点的观测,即可获取目标点与已知点之间的角度和距离数据,经过数据处理得到目标点的精确坐标。全站仪测量技术具有测量精度高、操作简便、数据处理能力强等优点,能够自动记录和存储测量数据,并可通过数据传输接口将数据传输到计算机进行后续处理。然而,全站仪测量需要保证测量点之间的通视条件,在井下复杂的巷道环境中,由于巷道弯曲、障碍物多等因素,常常会出现通视困难的情况,限制了其使用范围。

### 2.5 三维激光扫描技术

三维激光扫描技术是一种先进的非接触式测量技术,它通过发射激光束对目标物体进行扫描,快速获取物体表面的三维空间信息。在矿井测量中,三维激光扫描仪能够在短时间内对井下巷道、采空区等进行全方位扫描,获取海量的点云数据。这些点云数据包含了目标物体的三维坐标、反射强度等信息,通过专业的软件对其进行处理和分析,可构建出高精度的三维模型,直观地展现井下的空间结构和地形地貌。该技术具有测量速度快、数据采集全面、精度高、非接触测量等优点,能够有效避免传统测量方法因接触测量带来的误差和安全隐患,尤其适用于对复杂井下环境的快速测绘和建模。但三维激光扫描技术也存在一定的局限性,其设备价格昂贵,数据处理过程复杂,对计算机硬件性能要求较高,且在井下光线极弱、粉尘浓度高的环境中,激光反射信号会受到干扰,影响测量精度和数据质量<sup>[2]</sup>。

## 3 测量精度控制策略

### 3.1 联系测量方案优化

联系测量是实现井下与地面测量系统统一的关键环节,其方案的优劣直接影响测量精度。优化联系测量方案,需综合考虑矿井的实际情况,如巷道布局、井筒数量与深度等。对于复杂的矿井环境,可采用多种联系测量方法相结合的方式,例如将一井定向与陀螺定向测量技术配合使用,利用一井定向实现初步坐标传递,再通过陀螺定向测量提高方位角的准确性,弥补单一方法的局限性。同时,在设计测量方案时,应合理规划测量路线,减少测量环节和误差传递路径,增加多余观测,通过平差计算提高测量成果的可靠性。

### 3.2 优化前期准备

充分且优化的前期准备是保障测量精度的基础。在测量工作开展前,要对测量区域进行详细的勘查,了解井下地质构造、巷道分布、作业环境等情况,为测量方案的制定提供准确依据。同时,对测量设备进行全面的检查与校准,确保仪器性能良好、精度达标。例如,全站仪需检查测距、测角功能是否正常,激光铅垂仪要校准垂直度,陀螺仪要进行寻北精度检测等。此外,准备好测量所需的辅助工具和材料,如标尺、棱镜、记录表格等,并确保其质量可靠。对于测量人员,要进行技术交底,使其熟悉测量方案和操作规程,明确测量任务和精度要求,从而在前期准备阶段为高精度测量工作奠定坚实基础。

### 3.3 核对原始数据

原始数据的准确性是保证测量精度的核心。在井下测量中,原始数据包括控制点坐标、测量仪器的初始参

数、观测记录等。由于井下环境复杂,数据在采集、记录和传输过程中容易出现错误或偏差,因此必须对原始数据进行仔细核对。首先,在测量现场,测量人员要对观测数据进行实时检查,确认数据记录无误,对于可疑数据应及时复测。其次,在数据处理前,要对所有原始数据进行二次核对,对比不同测量时段、不同测量人员获取的数据,检查数据的一致性和合理性。

### 3.4 强化监测点

监测点是反映井下巷道变形、测量数据变化的关键位置,强化监测点有助于及时发现测量精度问题。在选择监测点时,应优先选取巷道交叉处、地质条件变化区域、巷道变形较大部位等关键位置,并合理确定监测点的密度和布局。对于已确定的监测点,要采用高精度的测量仪器和方法进行定期监测,如使用全站仪或三维激光扫描技术获取监测点的三维坐标变化情况。同时,建立监测点数据库,对每次测量数据进行详细记录和分析,通过对比不同时期的数据,掌握监测点的变形趋势。

### 3.5 准确绘图

绘图是井下测量成果的重要呈现方式,准确绘图能直观反映测量数据的准确性和可靠性。在绘图过程中,要严格按照测量规范和标准进行操作,确保图形的比例尺准确、坐标系一致。对于测量数据的标注,要清晰、准确,避免出现错误或遗漏。同时,利用先进的绘图软件,如CAD、GIS等,提高绘图的精度和效率。这些软件不仅能实现精确的图形绘制和编辑,还具备数据处理和分析功能,可对测量数据进行可视化展示和误差分析。在绘图完成后,要对图形进行全面的检查和审核,对比原始测量数据,确保图形与实际测量结果相符,从而为井下工程设计和施工提供准确、可靠的参考依据。

### 3.6 利用高科技技术

高科技技术的应用为提升井下测量精度开辟了新途径。可引入先进的测量仪器和技术,如高精度的陀螺全站仪、三维激光扫描系统、惯性导航测量设备等。这些设备具有自动化程度高、测量精度高、受环境影响小等优势,能够在复杂的井下环境中快速、准确地获取测量

数据。同时,利用大数据、人工智能等技术对测量数据进行分析和处理,通过建立数据模型和算法,挖掘数据中的潜在信息,提高数据处理的准确性和效率。运用大数据分析预测巷道变形趋势,为测量精度控制提供决策支持,从而有效提升井下测量的整体精度和智能化水平。

### 3.7 提高测量人员素质

测量人员是测量工作的主体,其素质直接决定测量精度。一方面,要加强对测量人员的专业知识培训,定期组织学习测量理论、新技术和新方法,使测量人员掌握先进的测量技术和仪器操作技能,了解井下测量的特点和难点。另一方面,注重培养测量人员的职业道德和责任意识,通过安全教育和案例分析,让测量人员认识到测量精度对井下工程安全和质量的重要性,从而在工作中保持严谨、认真的态度。此外,建立合理的考核和激励机制,对表现优秀、测量成果精度高的人员给予奖励,激发测量人员的工作积极性和主动性,促进测量人员不断提升自身素质,为保障井下测量精度提供有力的人力支持<sup>[3]</sup>。

### 结束语

井下测量技术与精度控制是保障矿山安全高效开采的关键。本文系统分析了测量精度影响因素,介绍多种测量技术,并提出全面的精度控制策略。随着科技发展,智能化、自动化的测量技术将不断涌现,未来需持续探索新技术与新方法,优化测量流程,加强人员培养。通过不断完善井下测量技术与精度控制体系,定能更好地满足矿山建设和开采需求,推动矿业行业高质量发展,为地下工程建设提供坚实的技术支撑。

### 参考文献

- [1]汪超飞.矿井测量技术及精度控制研究[J].新疆有色金属,2020,43(01):169-170.
- [2]张博,刘长星.矿井贯通测量精度改进的探讨[J].地理空间信息,2022,20(01):136-138+10.
- [3]王海东.融合前后视三角高程/陀螺定向的倾斜巷道贯通测量技术研究[J].中国矿业大学,2020.189-199