

# 矿山井下测量中测量精度控制与优化探讨

张 伟

陕西地矿第三地质队有限公司, 陕西 宝鸡 721300

[摘要] 矿山测量工作直接影响着矿井的安全和生产的推进。随着采矿行业的持续发展, 采矿工程项目的地质条件也逐渐复杂化, 这对前期的测量工作提出了更高的要求和挑战, 需引起高度重视。文中深入剖析影响测量精度的人为、仪器、环境及方法关键因素, 提出了相应的优化措施, 采用实地测量数据, 结合现代测量技术和数据处理方法, 对矿山井下测量工作的研究有着更深远的意义和影响。

[关键词] 矿山井下测量; 精度控制; 误差分析; 数字化测量; 智能化优化

DOI: 10.33142/ec.v8i11.18591

中图分类号: TD175

文献标识码: A

## Discussion on Measurement Accuracy Control and Optimization in Underground Mining Surveying

ZHANG Wei

Shaanxi Geological and Mineral Third Team Co., Ltd., Baoji, Shaanxi, 721300, China

**Abstract:** Mining surveying work directly affects the safety of mines and the promotion of production. With the continuous development of the mining industry, the geological conditions of mining engineering projects are gradually becoming more complex, which poses higher requirements and challenges for the preliminary measurement work and requires high attention. The article deeply analyzes the key factors that affect measurement accuracy, including human factors, instruments, environment, and methods, and proposes corresponding optimization measures. By using field measurement data and combining modern measurement technology and data processing methods, it has a deeper significance and impact on the research of underground measurement work in mines.

**Keywords:** underground measurement in mines; precision control; error analysis; digital measurement; intelligent optimization

### 引言

随着我国科技的不断进步, 国家对稀土、金属、稀有金属的需求, 出现了各种类型的矿山工程项目, 对于测量的需求也有所区别。因此, 测量工作将会遇到更多的机会与挑战<sup>[1]</sup>。在进行矿山采掘过程之中, 矿山测量的地位是不可替代的, 测量的方式也与日俱增<sup>[2]</sup>。现阶段我国的技术水平得到了快速的发展, 在此背景下矿山测量技术类型划分的更加细化, 对测量精度提出了更高的要求。但对于井下测量环境复杂、外界干扰因素多、智能化程度低, 给测量精度带来了很大挑战, 亟需进一步加强技术创新<sup>[3]</sup>。鉴于此, 本研究将深入分析矿山井下测量精度的控制与优化技术, 对于提升矿山开采的安全性、高效性、经济性和具有重要的现实意义和工程价值。

### 1 影响矿山井下测量精度的关键因素分析

#### 1.1 人为因素

人为因素是影响矿山井下测量作业精度的主观因素之一, 其影响贯穿于从观察准备到成果处理整个全流程阶段。在井下恶劣环境中, 测量人员的生理与心理也会发生变化, 进而对测量的准确度造成影响。例如井下环境潮湿, 测量人员容易出现疲劳的状态, 导致在测量工作时观察不够细致。同时, 因为井下光线比较昏暗因素的影响, 导致测量人员在读取仪器观测数据时出现错误。

#### 1.2 仪器因素

测量数据是否准确度高是由测量仪器所决定的<sup>[4]</sup>。不同精度等级的测量仪器, 其测角、测距、测高差的精度存在显著差异。如 DJ6 型光学经纬仪的方向中误差为  $\pm 6''$ , 相比之下, DJD2 型电子经纬仪的方向中误差能够达到  $\pm 2''$ <sup>[5]</sup>。同时, 测量仪器在长期使用过程中, 由于部件磨损、老化、振动等原因, 其性能会逐渐衰减, 精度会不断下降。另外, 若未按照规范要求定期对仪器进行校准和检定, 仪器的精度指标可能超出允许范围, 导致测量误差增大, 影响测量结果。

#### 1.3 环境因素

井下巷道狭窄、弯道多、交叉口多, 井下环境会影响测量的精度。井下温度通常随深度增加而升高, 通常在 20℃ 以上, 部分区域甚至达到 30℃, 每下降 100m 温度升高约 2℃~3℃, 同时相对湿度普遍在 85% 以上。高温环境会导致测量仪器的电子元件性能不稳定, 也会影响测量人员的工作状态。矿山爆破产生的冲击波、地质构造、电机车运行、机械设备运转等作业产生的震动借助地层传播, 导致测站和仪器产生细微位移, 使测量数据失真。特别是在巷道掘进、采场回采等区域, 震动的影响程度更为突出。此外, 井下电机车、变压器、水泵等电气设备运行时会产生强烈的电磁辐射, 对电子经纬仪、全站仪等精密

仪器的测量结果产生干扰,导致测量数据异常。尤其在变电所、水泵房等大功率设备集中区域,干扰强度更大。

#### 1.4 方法因素

测量方法包括测量方案设计、控制点布设、观测程序、数据处理方法等,是控制测量精度的关键环节。在导线测量方案设计中,根据井下巷道的实际情况选择合适的导线布设形式,采用支导线进行长距离控制测量,由于缺乏检核条件,误差累积过快,导致测量精度下降,导致测量精度降低。控制点布设不当直接影响测量成果的精度。此外,数据处理是将观测数据转化为测量成果的关键环节,其方法的合理性直接影响测量成果的精度,若数据处理过程中出现计算偏差,将直接导致测量成果,偏离真实值。

### 2 矿山井下测量精度控制策略

#### 2.1 强化人员管理,提升专业素养

矿山企业定期组织测量人员开展专业培训,培训过程中着重讲解测量方案设计、仪器操作、数据处理等相关内容,融入井下实际测量案例展开实操技能方面的训练,进一步提高测量人员的专业素质水平。加强完善井下测量操作规程,对测量环节的质量控制要求与操作标准进行明确,以确保操作规程的严格执行。将测量精度指标纳入测量人员的绩效考核体系,对于因责任心不强、操作不当而导致测量错误的人员给予相应的处罚;反之,对于工作认真负责的人员给予相应的鼓励,提高测量人员的工作严谨性,确保测量数据的准确性和可靠性。

#### 2.2 加强仪器保障,确保设备精度

测量仪器的精度和性能是保障测量成果质量的基础,根据井下测量的精度要求、环境条件和测量任务,科学选用合适精度等级和性能的测量仪器。需要根据不同地质环境随时调整测量设备的性能。使用仪器之前,测量人员需要仔细全面的检查仪器,确保仪器处于正常运作状态;在使用完成之后及时进行清洁与保养,确保仪器表面无污渍、粉尘。为了维持测量仪器的性能稳定性,及时对活动部件进行润滑。除此之外,加强完善仪器校正标准与维护制度,按照国家相关规范和仪器说明书的要求,定期对测量仪器进行校准和维护。此外,为了避免仪器受到震动、碰撞等因素的影响,在运输仪器的期间采用专用运输箱进行包装;同时,注重仪器的储存工作,将仪器放置在干燥、通风、恒温的库房内,远离磁场、粉尘和腐蚀性气体。

#### 2.3 导线网优化设计与观测方法

井下导线网是矿山测量过程中最基础的控制网络,其精度直接影响着整个采掘工程的施工质量。例如,以陕西省凤县庞家河东庙沟金矿详查项目 PD1 中段巷道为例,进行导线网测量时,工程人员采用 Leica TS60 全站仪实施观测操作。在设计导线网的阶段,选择环线结构作为整体的布局方案,从而有效确保导线网的空间分布高效、科

学。另外,为了减少测量结果的误差。在测量导线期间严格采用双面观测法采集测量数据,水平角的观测采用 6 次对向观测的方式。

#### 2.4 高程传递精度控制技术

在矿山井下测量作业中,高程传递是尤为关键的一个环节,其精准程度对后续生产活动的安全性、矿山的精准挖掘有着直接性的影响。在实际开展测量作业时,需要以井下的深度状况、断截面尺寸特征为依据,合理规划并制定科学的测量方案。与此同时,为了确保测量数据的准确性与稳定性,加强管控测量环境,关注井下的温度与气压,确保关键参数处于稳定状态。还要注重测量仪器的管理,定期对测量仪器进行检查和维修,确保测量仪器性能保持在良好状态。此外,为了提高测量的精度,采取对向观测、往返测量等科学的观测方法。在测量过程中,环境温度保持在  $18^{\circ}\text{C}\sim 22^{\circ}\text{C}$ ,相对湿度维持在 65% 左右。与此同时,开展测站布设的合理化设计工作,确保各测站间的通视状况良好。

#### 2.5 巷道贯通测量精度控制

巷道贯通度的精确控制是矿井施工中一个重要的技术步骤,保证巷道能够顺利地进行,并且达到设计要求,这是它的核心目的。实际应用中,应从测量基准、观测方法、仪器选用、资料处理等方面综合考虑,实现对测量精度的控制。同时,在导线布设环节,要根据矿井地质条件,对测点进行合理的布设,使得导线的走向要尽可能的避开采空区、形变区域,并且要保证一定的测点间距。观测过程除了要采用精密的设备仪器,同时要严格落实操作规范。另外,为了减少仪器误差,在监测的过程中采用对向观测、待定交会等方法。同时,为了提高观测的精确度,在具体测量工作中可采用多种举措,例如精准控制照准的距离,适当增加测回数等策略。除此之外,在实施贯通测量工作的过程中,必须要充分考量沿层走向、地质结构对贯通测量结果所造成的潜在影响,并与地质数据相结合,对贯通误差进行合理预测。

#### 2.6 采空区变形监测精度控制

要确保矿山井下生产的安全,采空区变形监测是一项重要保障策略,因此,必须要有一套完整的监测体系。主要结合采空区域典型的变化特点,地质条件以及开采方式,开展科学且合理的监控工作,以此保障矿山井下的安全生产。地表沉降监测一般通过高精度水准测量,定点观测、定时测量来实现。针对大面积采空区,可以使用 GNSS 测量技术进行测量,通过全自动化全天候的监测进而获取高精度的三维变形数据。为了保证监测结果的可靠与完整,将各类传感器布设在重要位置,对采空区的变形进行实时监测与预警,对安全隐患、重要建构物周围、变形敏感区进行重点布设,加密监测点。此基础上针对矿山监测数据过程中存在的主要问题,制定分级预警机制。

### 3 矿山井下测量数据处理与优化

#### 3.1 井下控制网平差计算方法

矿山井下测量中,为了确保测量结果的可靠度,必须进行控制网平差计算。常规的间接平差法尽管计算相对简便,但对其精度的综合评估却很低。目前,采用附有限制条件的间接平差方法不仅能够反映观测值的随机误差,而且能满足已知数据的约束条件。在具体的测量过程中,观测值权重的合理分配直接影响着平差结果的可靠性。在权值的选取上,应该把握三条准则:第一,对于具有较高准确度的观测值,应该给予较大的权重;其次,对于同一类型的观察,权重应该与它的计算结果的平方成反比;在选择权重时,应充分考虑各种量纲影响。

#### 3.2 巷道断面数据处理方法

在矿山井下测量时,巷道断面数据处理是一个关键步骤。近年来,伴随着三维激光扫描技术的快速发展与广泛普及应用,为数据处理提供了更加便捷的工具。传统的断面处理方法以手工测量、手工绘图为主,既费时费力,又影响测量的精确度。而在使用了三维激光扫描技术后,其数据处理过程包含了点云的预处理、配准、特征提取以及结果的四个步骤。点云预处理是对数据进行滤波、去噪等过程的一部分。配准处理是指将不同测站采集的点云数据统一到同一坐标系下进行,通常采用特征点配准和整体配准相结合的方法。

#### 3.3 变形监测数据分析与预警

为了确保矿山的安全生产,对矿山实施变形监测,数据分析以及风险预警干预措施尤为关键,作为一项关键的技术支撑加强完善数据处理流程。数据的预处理阶段,核心任务主要是对所采集的数据进行检验,同时展开筛查,及时发现异常数据;在误差处理环节,主要是细致分析,导致误差形成的主要原因,基于实际情况建立科学、合理的数据模型对误差进行校正,以此提高数据处理的可靠性与精准性。在监测数据处理领域方面,变形分析作为一个重要的核心环节,主要从时间序列、空间分布两个关键维度进行系统性的分析。时间序列分析需要重点探究变形发展趋势与变形速率,随着时间演变之间的内在联系,通过构建时间序列模型,可以精准预测变形未来的发展趋势。在空间维度分析层面,主要评估变形区域的界定范围以及其影响范围,在具体的应用过程中采用先进的空间插值算法,基于实际情况构建变形场模型,生成具有工程指导意义的变形等值线图谱,直观反映变形分布规律。另外,为了预防事故的发生,基于实际情况,加强完善应急反应机制,确保在发生意外事故时,可以高效及时的采取相应的

措施,确保人员的安全,降低财产损失。

#### 3.4 定向测量数据处理技术

井下定向测量数据处理作为一项重要的系统工程,需要对各种因素进行全面的分析,包括环境误差、仪器误差以及人为误差。定向测量数据处理的核心是建立科学的数据处理模型,并对其进行系统性的矫正,剔除粗大误差。然后,根据不同误差源的特点,分别进行相应的误差改正,包括零位误差改正、漂移误差改正、温度改正等。对系统误差,应采用数学建模的方法,进行有效地消除;对随机误差,应采用合理的观察计划,并采用统计分析的手段,尽量减小其影响。在实践中,还需结合具体情况加以适当的调整与优化。

### 4 结语

综上所述,本文通过对矿山井下测量精度控制与优化问题进行了深入的研究,形成了一套较为完善的精度控制体系。实践表明,为了提高井下测量的精确度,结合实际情况优化测量方案,并在测量过程中使用现代测量技术,同时,加强对人员的培训工作、加强质量管理等措施。另外,伴随着智能化测量技术的快速发展与进步,积极引入和应用现代数字化测量技术,在井下环境中完成测量任务,进一步推动井下测量精度控制将向着更加自动化、智能化的方向发展,提升测量精度控制的科学性。未来,应重点加强探索数字孪生、云计算、物联网等新技术与井下测量技术的融合应用、开展多学科融合研究、研发适应深部恶劣环境的高精度、智能化测量仪器,不断提升测量精度控制水平,大幅缩短测量时间并提高效率,为矿山安全生产提供更可靠的技术支撑。

#### [参考文献]

- [1]魏彦恒,薛伟.矿井测量中测量精度控制与优化对策研究[J].中国科技投资,2018(11).
- [2]张军超.井下测量技术及其精度控制措施[J].世界有色金属,2024(15):214-216.
- [3]吉飞飞.提高矿山井下全站仪导线测量精度的方法探讨[J].山西冶金,2022,45(7):209-210.
- [4]刘兵,冯玉龙.正常水准面不平行改正对矿山井下水准测量精度的影响[J].世界有色金属,2022(20):143-145.
- [5]程龙龙.在矿山测量中现代测绘技术的应用分析[J].市场调查信息:综合版,2022(11).

作者简介:张伟(1983.10—),男,湖北国土资源职业学院,工程测量技术,长期从事地质测绘、地籍测量和地理信息系统等方面的研究。