

数字矿山建设中的矿山测量

高 路

宁夏煤炭勘察工程有限公司 宁夏 银川 750011

摘 要：本文围绕数字矿山建设中的矿山测量展开，阐述了其基本理论与方法，明确了在数字矿山建设中的主要任务，包括地形测绘与三维建模、开采工程测量、储量管理与动态监测、地质灾害监测与预警等。探讨了相关技术应用，如GPS、GIS、遥感、三维激光扫描及智能化测量仪器和设备。分析了数据管理与共享的要点，涵盖测量数据采集、存储与管理、质量控制与标准化、共享平台构建与应用，还论述了精度要求与误差控制，包括影响因素分析、误差传播与精度评定方法以及提高精度的措施和方法。

关键词：数字矿山；矿山测量；技术应用；发展趋势

引言：随着数字技术的迅速发展，数字矿山建设成为矿业领域的重要趋势。矿山测量作为矿山建设与生产的基础性工作，在数字矿山建设中发挥着关键作用。本文旨在深入探讨矿山测量在数字矿山建设中的多方面内容，为实现矿山的高效、安全、可持续发展提供有力的技术支持和理论依据。

1 矿山测量的基本理论与方法

矿山测量的任务主要涵盖了保障矿山安全生产、合理开发矿产资源以及保护矿山环境等方面。其内容包括建立矿山测量控制网，为开采工作提供准确的空间位置基准；对井下巷道、采场进行测量，以指导采掘工程的正确施工；监测矿山开采引起的地表移动和变形，预防地质灾害的发生；以及进行矿山储量的计算和管理，确保矿产资源的合理利用。

在测量仪器方面，随着科技的不断进步，从传统的经纬仪、水准仪到如今的全站仪、GPS测量系统以及无人机测绘技术等，测量精度和效率得到了显著提升。全站仪能够快速准确地获取角度和距离数据，实现三维坐标测量；GPS测量系统则突破了通视条件的限制，在大范围的矿山测量中发挥优势；无人机测绘技术则能够快速获取大面积的地形数据，为矿山规划和监测提供直观的信息。

测量数据处理和精度分析是保证测量成果质量的关键环节。在数据处理中，需要对采集到的原始数据进行筛选、平差计算等操作，以消除误差和提高数据的准确性。精度分析则通过对测量误差的来源和传播规律的研究，评估测量成果的可靠性。例如，在控制测量中，通过对控制点的重复观测和精度评定，可以确定测量方案的合理性；在巷道测量中，对导线测量的误差进行分析，能够及时发现测量中的问题并采取措施加以纠正。

2 数字矿山建设中矿山测量的主要任务

2.1 矿区地形测绘与三维建模

通过使用先进的测绘技术，如激光雷达、无人机倾斜摄影测量等，获取高精度的地形数据。这些数据经过处理和分析，构建出逼真的三维地形模型。这不仅能够直观地展现矿区的地貌特征，还为矿山规划、设计和开采方案的制定提供了精确的地形参考^[1]。在三维建模过程中，还可以将地质信息、矿产分布等要素融入其中，实现多源数据的融合与集成，为矿山的综合管理提供全面、准确的地理空间信息。

2.2 矿山开采工程测量

在数字矿山中，利用全站仪、GNSS等测量设备，精确测定巷道的位置、坡度和方向，为采掘工程提供准确的导向。同时，实时监测开采过程中的位移和变形，及时发现潜在的安全隐患，并通过数字化手段对开采进度和质量进行评估和控制。借助于数字化技术，还可以实现对开采工程的虚拟仿真，提前预测和优化开采方案，提高资源回收率和开采效率。

2.3 矿山储量管理与动态监测

通过地质勘探、采样分析等手段获取矿石的品位、储量等信息，并建立数字化的储量数据库。利用现代测量技术和地理信息系统，对矿山储量的变化进行动态监测和分析，及时掌握资源的消耗情况。这有助于合理规划开采进度，优化采矿工艺，实现矿产资源的最优利用，同时也为矿山企业的决策提供了科学依据。

2.4 矿山地质灾害监测与预警

运用各种监测传感器，如位移监测仪、应力传感器、地下水监测仪等，实时获取地质体的变形、应力变化和地下水动态等信息。利用大数据分析和人工智能算法，对监测数据进行处理和分析，及时发现地质灾害的

前兆特征，并发出准确的预警信息。通过建立完善的灾害预警系统，能够在灾害发生前采取有效的防范措施，降低灾害损失，保障矿山生产的安全稳定。

3 矿山测量在数字矿山中的技术应用

3.1 GPS技术在矿山测量中的应用

GPS能够提供高精度的定位信息，不受通视条件的限制，在矿山控制测量、地形测量以及露天矿山的边坡监测等方面发挥着显著作用。通过在矿区建立GPS控制网，可以快速、准确地获取控制点的坐标，为后续的测量工作提供可靠的基准。在地形测量中，GPS与全站仪相结合，能够大大提高测量效率，减少外业工作量。对于露天矿山的边坡，安装GPS监测设备能够实时获取边坡的位移变化，为边坡稳定性分析和预警提供及时的数据支持。

3.2 GIS技术与矿山测量的融合

GIS强大的空间数据管理和分析功能，能够整合矿山的各种测量数据、地质信息、开采计划等多源数据。通过建立矿山地理信息系统，实现了对矿山空间信息的可视化展示和综合分析。例如，可以直观地展示矿山的地形地貌、矿体分布、巷道布置等，帮助决策者更好地了解矿山的整体情况。同时利用GIS的空间分析功能，可以进行开采方案的优化、矿山资源评估、环境影响评价等工作，为矿山的规划、设计和管理提供科学依据。

3.3 遥感技术在矿山测量中的应用

高分辨率的遥感影像能够快速获取大面积的矿山地表信息，包括地形、植被覆盖、土地利用等。通过对遥感影像的解译和分析，可以监测矿山开采引起的地表变化、生态环境破坏等情况^[2]。在矿产资源勘查方面，遥感技术可以帮助识别与矿产有关的地质构造和蚀变信息，为找矿工作提供线索。此外，遥感技术还可以用于矿山地质灾害的监测和预警，如滑坡、泥石流等，提前发现潜在的危险区域，保障矿山生产和人员的安全。

3.4 三维激光扫描技术在矿山测量中的应用

三维激光扫描技术在矿山测量中的应用是一项革命性的突破。该技术能够快速、高精度地获取矿山物体表面的三维点云数据。在矿山巷道测量中，三维激光扫描可以快速获取巷道的形状、尺寸和表面特征，为巷道的建模和优化提供精确的数据。对于露天矿山的采场，能够准确测量采场的体积和轮廓，实现对开采量的精确计算。同时，结合虚拟现实技术，可以创建逼真的矿山三维场景，为矿山的规划、设计和安全评估提供直观的可视化平台。

3.5 智能化测量仪器和设备的应用

智能化测量仪器和设备的应用极大地提高了矿山测

量的效率和精度。例如，智能全站仪具备自动瞄准、自动测量和数据自动传输功能，减少了人工操作的误差和工作量。无人机测量系统能够快速获取矿山的高分辨率影像和地形数据，尤其适用于地形复杂、人员难以到达的区域。此外，各种便携式的测量设备，如手持GPS、激光测距仪等，方便了现场测量工作的开展。这些智能化的测量仪器和设备不仅提高了数据采集的效率和质量，还为矿山测量的数字化和自动化发展奠定了基础。

4 数字矿山建设中矿山测量的数据管理与共享

4.1 测量数据的采集、存储与管理

测量数据的采集、存储与管理是数据管理的基础。在矿山测量中，数据采集通过多种先进的技术手段，如GPS、全站仪、三维激光扫描等，获取包括地形、地质、开采工程等丰富而复杂的信息。这些数据量庞大且类型多样，需要采用高效的存储方式，如大型数据库、云存储等，以确保数据的安全和便捷访问。同时，建立科学的管理体系，对数据进行分类、编码和归档，便于快速检索和调用。例如，将地形数据、工程测量数据、地质数据等分别存储在不同的数据库表中，并建立相应的索引，提高数据查询的效率。

4.2 数据质量控制与标准化

数据质量控制与标准化对于确保数据的可用性和可靠性起着关键作用。在数据采集阶段，由于多种因素的制约，误差的引入难以避免。仪器精度的有限性、复杂多变的测量环境，例如温度、湿度的变化以及外界干扰等，都可能对测量结果造成影响，从而导致数据存在偏差。正因如此，必须实施严格的数据质量检查流程。这不仅包括重复测量以验证数据的稳定性和准确性，还涵盖了对比分析，即将新采集的数据与历史数据或其他相关数据进行比对，从而迅速发现可能存在的错误。同时要规范数据的格式，明确精度要求，统一单位等，使得来自不同渠道、不同测量方式的数据能够相互兼容和有效整合。只有那些符合既定标准的数据，才有资格进入数据库。这样做能够显著提升数据的一致性和准确性，为后续的深入分析和广泛应用提供坚实、可靠的基础，保障基于这些数据所做出的决策和判断的科学性与有效性。

4.3 数据共享平台的构建与应用

通过建立统一的数据共享平台，打破部门之间的数据壁垒，使矿山企业内部的地质、采矿、安全等部门能够实时获取所需的测量数据。这不仅有助于提高工作效率，避免重复测量和数据不一致的问题，还能促进各部门之间的协同工作。例如，采矿部门可以根据最新的测量数据优化开采方案，安全部门可以及时掌握矿山的变

形情况进行风险预警。此外,数据共享平台还可以与外部的科研机构、政府监管部门等进行数据共享,为矿山的科学研究和行业监管提供支持。

5 矿山测量在数字矿山建设中的精度要求与误差控制

在数字矿山建设中,矿山测量的精度要求至关重要,而有效的误差控制是确保测量结果准确可靠的关键。

5.1 测量精度的影响因素分析

测量精度受到多种因素的综合影响。测量仪器自身的精度和性能是一个基础性的因素。不同型号和品牌的测量仪器在精度、分辨率和稳定性方面存在差异。例如,传统的光学测量仪器可能受到视差、读数精度等限制,而现代的电子测量仪器如全站仪、GPS接收机等则在精度和自动化程度上有了显著提升,但仍会受到仪器本身的制造误差、老化和校准情况的影响。

测量环境的复杂性是另一个重要的影响因素。矿山通常处于地下或山区等特殊地理位置,存在着磁场异常、温度和湿度变化大、大气压力不稳定等情况。这些环境因素可能导致测量信号的干扰、折射和反射,从而影响测量结果的准确性^[3]。比如,在高温环境下,仪器的热膨胀可能导致测量尺寸的偏差;在湿度较大的环境中,光学仪器的镜头可能会起雾,影响观测效果。

测量方法和技术的选择也会对精度产生影响。不同的测量任务需要采用合适的测量方法,如在长距离测量中,GPS测量可能更具优势,而在短距离和高精度要求的测量中,全站仪可能更为适用。如果测量方法选择不当,可能会引入较大的误差。此外,测量人员的操作技能和经验水平同样不可忽视。测量过程中的读数误差、仪器操作不当、对测量规范的理解偏差等人为因素都可能导致测量结果的不准确。而且,矿山测量对象的特殊性,如复杂的地质结构、不规则的矿体分布、地下巷道的弯曲和倾斜等,也给测量带来了很大的难度,增加了精度控制的挑战。

5.2 误差传播与精度评定方法

误差在测量过程中不可避免地会传播和累积。误差传播定律能够帮助我们定量地分析和预测误差在测量计算中的传递规律。通过对测量过程中各个环节的误差进行分析,可以计算出最终测量结果的误差范围。精度评

定是对测量结果可靠性的评估。常用的精度评定方法包括中误差、相对中误差、极限误差等。中误差是衡量观测值精度的常用指标,它反映了观测值的离散程度。相对中误差则用于比较不同测量值的精度,特别是当测量值的大小差异较大时。极限误差则用于确定测量结果的可靠范围,超过极限误差的测量值通常被认为是不可靠的。

5.3 提高测量精度的措施和方法

为了提高矿山测量的精度,可以采取一系列的措施和方法。

(1) 选择合适的高精度测量仪器,并定期进行校准和维护。在仪器采购时,要根据测量任务的精度要求和环境条件选择性能优良的仪器。同时按照规定的周期对仪器进行校准和检测,确保仪器的精度始终处于良好状态。

(2) 优化测量方案和测量流程是提高精度的重要途径。在测量前,充分了解测量区域的地形、地质和环境条件,合理设计测量路线和控制点的布局,尽量减少测量误差的累积。采用先进的测量技术和方法,如实时动态差分GPS(RTK)技术、激光扫描测量技术等,能够提高测量的效率和精度。(3) 加强测量人员的培训和管理。测量人员应熟悉测量仪器的操作和维护,掌握正确的测量方法和数据处理技巧。通过定期的培训和考核,提高测量人员的专业素养和责任心,减少人为误差的产生。

结语

综上所述,矿山测量在数字矿山建设中占据着不可或缺的地位。通过对其理论方法、主要任务、技术应用、数据管理与共享以及精度要求与误差控制的研究,我们看到了矿山测量的不断进步和发展。未来,应持续加强技术创新,完善管理机制,进一步提高矿山测量的精度和效率,以适应数字矿山建设的更高要求,推动矿业行业的智能化发展。

参考文献

- [1]袁艳斌.基于Smart3D的某铁矿矿区数字地表模型生产及精度分析[J].测绘通报,2020,(3):64-68.
- [2]李振伟,李晖,荆永滨等.基于机载激光雷达技术的数字矿山构建方法研究[J].地理空间信息,2020,18(1):102-106.
- [3]王志兴,陈国良.基于倾斜摄影测量的露天矿山数字化测量技术研究[J].测绘科学,2020,45(4):171-175.