

基于测绘新技术的发展及其在矿山测量中的应用探索

谢恒

贵州中色蓝图科技有限公司

摘要：随着测绘技术的不断发展，矿山测量领域也得到了显著的提升，本文针对测绘新技术的发展趋势进行介绍，包括激光扫描技术、无人机测量技术和遥感技术等。这些新技术不仅提供了高精度和高效率的数据采集手段，而且能够实现全方位、非接触式的测量操作。新型测绘技术的应用使得矿山测量更加精确、快速和智能化，为矿山的可持续发展提供了重要支撑。

关键词：测绘技术；矿山测量；应用

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2023.18.116

一、测绘技术发展现状

（一）传统测绘技术的局限性

传统测绘技术主要包括全站仪、经纬仪、水准仪等，随着测绘需求与要求的提升，这些仪器在矿山测量中表现出一定的局限性，主要表现在如下几个方面：

首先，传统测绘技术需要人工操作，测量过程繁琐且耗时。矿山地形复杂，地貌不规则，使用传统仪器进行测量需要人工移动仪器，设置测点，并测量各个点位的坐标、高程等参数。这种人工操作的方式不仅会消耗大量的时间，还容易受到人为因素的影响，导致测量结果的不准确。其次，传统测绘技术的测量精度有限。传统仪器的测量精度受到人员操作水平、环境条件等因素的影响，容易产生误差。而矿山测量对于地形、地貌等信息的获取要求较高，需要较高的测量精度来满足工程设计和生产运营的需要。因此，传统测绘技术无法满足矿山测量的高精度要求。此外，传统测绘技术在野外工作中存在一定的风险。在矿山环境中，野外测量经常需要进入陡峭的山地、狭窄的深坑等复杂地形，对测量人员的身体素质和技能要求较高。而且，工作人员需要面对不稳定的气候条件，如恶劣的天气、高温等。这些因素都会增加野外工作的风险，对工作人员的安全构成威胁。因此，传统测绘技术在矿山测量中面临着工作效率低、精度不高、工作风险大等问题。

（二）新兴测绘技术的发展

1) 激光雷达技术：激光雷达技术利用激光束进行测量，可以实现高精度、高速度地获取地面或物体的三维信息。在矿山测量中，激光雷达技术可以用于地形地貌的获取与分析，精确测量矿山的开采区域、坑底和坡面等地形特征。同时，激光雷达技术还能实现对岩体的三维扫描，提供精确的岩体结构信息，为矿山的岩体稳定性评估和安全管理提供支持。

2) 无人机测绘技术：无人机作为一种灵活、高效的测绘载体，可以搭载各种传感器设备，如相机、激光

雷达等，实现对地面的高精度、高分辨率影像获取。在矿山测量中，无人机可以利用航拍技术获取矿山区域的影像数据，并通过数字图像处理 and 三维重建技术生成高精度的数字地形模型和三维点云数据。这些数据可以用于矿山开采区域的更新、变化监测以及矿山环境的评估和管理。

3) 卫星导航技术：卫星导航技术利用卫星系统提供的定位信号，可以实现对地面点位的快速、准确定位。在矿山测量中，卫星导航技术可以用于采矿机械设备的导航定位，实现对矿车、铲车等设备的实时监控和管理。同时，利用卫星导航技术可以进行地下巷道的测量和定位，实现对矿井地下空间的精确掌握和管理。

二、矿山测量领域的应用需求

（一）矿山资源的精细化管理与规划

矿山是有限资源的开发和利用场所，对矿山资源进行精确的测量和评估，可以为矿山的规划和管理提供准确的数据支撑。通过测绘新技术的应用，可以实现对矿山资源的高精度测量和三维建模，为矿山的合理开采和资源管理提供科学依据。

（二）矿山安全与环保监测

矿山是一个复杂的工程系统，存在着各种危险因素和环境污染问题。测绘新技术的应用可以实现对矿山地质灾害、地下水位、气体浓度等因素进行实时监测和预警，为矿山安全生产和环境保护提供可靠的数据支撑。

（三）矿山工程施工与监测

矿山工程施工是矿山开采和建设的重要环节，准确的工程测量是保证施工质量和进度的关键。测绘新技术的应用可以实现对矿山工程的全过程监测和数据分析，提高施工效率和质量，降低工程风险。

（四）矿山地质勘查和资源评估

矿山勘查是矿山开采前的必要工作，对矿床的地质特征和资源量进行准确评估，是矿山选矿和开发的基础。测绘新技术的应用可以实现对矿山地质信息的全面获取和分析，提高矿床勘查的效率和准确性，为矿山资源的合理开采提供科学依据。

（五）矿山生产效益分析与优化

矿山的生产效益是矿山企业经营决策和资源配置的重要指标。测绘新技术的应用可以实现对矿山生产过程的信息化管理和数据分析，提高生产效率和资源利用率，减少生产成本，提高矿山企业的竞争力。

三、无人机测绘技术的应用

（一）基本原理

1) 飞行控制：无人机飞行控制是指通过遥控或自

主程序控制无人机在空中进行航行。无人机的飞行轨迹可以通过预先设定或实时控制来满足测绘需求。飞行控制系统通常包括航路规划、自主导航、实时遥控和自动避障等功能，以确保无人机能够安全、准确地完成测绘任务。

2) 影像采集：无人机搭载的相机、激光雷达等传感器设备可以对地面目标进行高精度的影像数据采集。通过相机采集的影像数据可以获取地面目标的外观信息，而激光雷达采集的点云数据可以获取地面目标的三维坐标信息。这些采集到的数据能够提供详细、全面的地理空间信息，为后续的数据处理提供基础。

3) 数据处理：无人机采集到的影像和点云数据需要进行数据处理，以提取出有用的地理空间信息。影像数据处理主要包括图像配准、影像融合、三维重建和特征提取等步骤，以获取高精度的地面目标信息。而点云数据处理主要包括点云配准、点云滤波、点云切片和点云分类等步骤，以获取高精度的地形、建筑等目标的三维信息。数据处理过程中需要结合领域知识和相关算法，确保数据处理结果的准确性和完整性^[1]。

4) 结果输出：无人机测绘技术的最终目标是产生高质量的测绘产品，并将其应用到矿山测量中。结果输出可以包括数字地图、数字模型、体积计算和变形分析等产品。这些产品可以为矿山测量提供基础数据和分析依据，帮助矿山企业进行规划、管理和决策。

（二）应用与发展

无人机技术的迅速发展为矿山测量领域带来了全新的应用方式。无人机具有灵活性强、成本低、操作简便等优势，因此在矿山测量中的应用越来越受到重视。首先，无人机在矿山测量中的应用可以提高测量效率。传统的矿山测量通常需要人工到达现场进行测量工作，而且由于矿山地形复杂，人工测量容易受到限制。而无人机可以通过遥控操作和预设路径进行测量，可以快速到达需要测量的地点，大大提高了测量效率。其次，无人机可以进行三维建模和地形重建。通过搭载摄像机、激光扫描仪等设备，无人机可以对矿山进行全方位的拍摄和扫描，获取大量的影像和点云数据。利用这些数据可以进行三维建模，生成高精度的数字地形模型和数字地图。这些模型和地图可以为矿山的规划、设计和管理提供重要的参考和支持。此外，无人机可以进行矿区环境监测和安全评估。通过配备气象传感器和多光谱相机，无人机可以对矿山的环境进行实时监测，包括大气污染、土壤侵蚀、水源变化等。同时，无人机还可以进行矿区安全评估，通过对矿山的巡检和监控，及时发现潜在的安全隐患，提高矿山的安全管理水平。最后，无人机在矿山测量中的应用还可以为矿山的运营和管理提供支持。通过无人机的航拍和数据采集，可以实现对矿山的库存量和生产量的实时监测和统计。这些数据可以为矿山的生产计划和资源调度提供准确的依据，提高矿山

的经营效益。

随着科技的不断进步和创新，无人机测绘技术在矿山测量中的应用也取得了长足的发展。当前无人机测绘技术的发展趋势主要体现在以下几个方面。首先，无人机测绘技术将更加智能化。随着人工智能和机器学习等技术的快速发展，无人机测绘系统将越来越具备自主飞行、路径规划、避障等功能。无人机将能够根据预设任务目标，自动选择最佳的飞行路径，并自动进行数据采集和处理，大大提高了测绘效率和精度。其次，传感器技术将得到进一步改进。无人机测绘系统的核心部分是搭载的各种传感器，包括相机、激光雷达、热红外传感器等。随着传感器技术的不断创新，无人机将具备更高分辨率、更多波段的相机，更先进的激光雷达技术，以及更高灵敏度的热红外传感器等。这将使得无人机能够更准确地获取地表数据，实现更精确的矿山测量。另外，多源数据融合将成为无人机测绘技术的重要发展方向。无人机测绘系统不仅可以搭载各种传感器，还可以与其他数据源进行融合，如卫星影像数据、地面测量数据等。通过将多个数据源融合到一起，可以实现数据的互补和提高数据精度，进一步提高矿山测量的效果。

四、激光扫描测量技术的应用

（一）基本原理

激光扫描测量技术可以分为两种类型：主动式激光扫描和被动式激光扫描。主动式激光扫描是通过激光器主动发射激光束来进行测量，而被动式激光扫描是通过接收目标物体所发出的激光束进行测量。无论是主动式还是被动式激光扫描，都需要通过旋转平台或移动扫描头来实现对整个场景进行扫描。主动式激光扫描测量技术中最常用的是时间差测量法。该方法是通过测量激光束从发射到接收所需的时间差来计算目标物体与激光发射器的距离。主动式激光扫描测量技术的优点是测量精度高、适用范围广。但是由于需要旋转平台或移动扫描头，其测量速度相对较慢。被动式激光扫描测量技术中最常用的是相位差法。该方法是通过测量激光束从发射到接收所经过的相位差来计算目标物体与激光发射器的距离。被动式激光扫描测量技术的优点是测量速度快、适用于大范围场景。但是由于需要接收目标物体所发出的激光束，对目标物体的表面特性要求较高。激光扫描测量技术在矿山测量中有着广泛的应用。例如，可以利用激光扫描仪对矿山的岩石、土壤和植被等进行三维测量，以获取准确的地形和地貌信息。同时，激光扫描测量技术还可以用于矿山巷道的勘探和设计，通过对巷道内部的形状和尺寸进行测量，可以提高巷道设计的准确性和安全性。

（二）具体应用

激光扫描技术在矿山测量中的应用日益广泛，因其高精度、高效率和非接触式测量的特点而备受矿山领域的关注，其在矿山测量中的应用表现在如下几个方面：

首先, 激光扫描技术在矿山勘探中发挥了重要作用。利用激光扫描仪对矿山进行三维扫描, 可以获取大量的点云数据, 从而实现地质构造、矿层赋存和岩层变形等方面的准确描述和分析。通过对点云数据的处理和分析, 可以提供矿山勘探人员更加准确的地质信息, 帮助他们更好地评估矿山资源的分布和质量。其次, 激光扫描技术在矿山安全监测中具有重要意义。矿山存在着一系列的安全隐患, 如岩层崩塌、地表变形和矿山塌陷等。利用激光扫描技术, 可以对矿山进行定期扫描, 获取准确的地表形变和岩层位移数据。通过对这些数据的分析, 可以及时发现和预警潜在的安全风险, 并采取相应的防控措施, 保障矿山的安全生产。除此之外, 激光扫描技术还广泛应用于矿山的设计和规划中。激光扫描仪可以快速获取矿山区域的三维数据, 实现对矿山地形、边坡、道路和设施等进行全面测量。基于这些数据, 矿山规划人员可以进行设计和优化, 提高矿山的生产效率和资源利用率。同时, 激光扫描技术还可以为矿山工程的施工和监测提供可靠的基础数据, 确保工程的顺利进行。

五、卫星导航技术的应用

(一) 基本原理

卫星导航技术是一种通过利用卫星系统提供的信号来确定位置、速度和时间的技术。这种技术可以通过接收来自卫星的信号并进行处理来确定接收器的精确位置。卫星导航系统通常由一组卫星、地面控制站和用户接收器组成。卫星导航技术的基本原理是通过测量接收器与卫星之间的信号传播时间来确定位置。接收器收到来自多颗卫星的信号, 并使用这些信号来计算接收器与每颗卫星之间的距离。通过接收到的多个卫星信号的距离, 接收器可以确定自己的位置。这种距离的计算通常使用时间差测量 (Time-of-Arrival, TOA) 或多普勒效应 (Doppler Effect) 等技术^[2]。在卫星导航技术中, 卫星发射的信号被接收器接收后, 需要通过解算和数据处理来计算位置。解算过程中需要考虑多个因素, 如卫星轨道信息、接收器时钟误差、信号传播时间等。接收器通常通过接收多个卫星信号来提高定位的精度和可靠性。通过使用至少三颗卫星的信号, 可以进行二维定位 (确定经纬度), 而使用四颗或更多卫星的信号可以进行三维定位 (确定经纬度和海拔)。卫星导航技术的基本原理还包括卫星系统的安全特性和精度保证。卫星系统通常会提供加密和鉴定机制来保护接收器的信息安全。此外, 卫星系统还会通过时钟校准和轨道控制等手段来确保信号的准确性和稳定性。

(二) 具体应用

卫星导航技术在矿山测量中的应用广泛且多样化, 主要表现在如下方面: 首先是矿山地质调查。矿山地质调查是矿山开采前必要的工作, 它的目的是了解矿山地质条件, 确定矿床的位置和规模, 为后续的开采工作提

供依据。卫星导航技术在这一过程中发挥了重要作用。通过对卫星导航系统的接收机进行安装和使用, 人员可以精确地获取自身的位置信息, 并将其与地图和其他参考数据进行叠加分析, 从而实现地质调查点的精确定位和标记, 同时它还可以通过卫星导航技术实现对地质调查路线的精确测量, 方便人员进行野外工作^[3]。其次是矿山地形测量。卫星导航技术可以提供高精度的三维定位功能, 能够实现对矿山地形的及时测量和更新。通过安装卫星导航接收机的测量设备, 可以实时获取测量点的位置坐标, 并结合激光扫描等其他测量技术, 形成完整的地形数据。这些数据可以用于矿山设计、山体稳定性分析等工作, 为矿山运营和管理提供科学依据。此外, 卫星导航技术还可以应用于矿山自动化控制和管理。通过在采矿设备和车辆上安装卫星导航接收机, 可以实时获取设备和车辆的位置信息, 并将其与预定的工作路径和参数进行比较。当设备或车辆偏离预定路径或超出预定参数范围时, 系统将自动发出警报并采取相应的措施, 以避免事故的发生。此外, 卫星导航技术还可以用于矿山设备的定位和调度, 提高设备的利用率和生产效率。需要注意的是, 卫星导航技术在矿山测量中的应用还面临一些挑战和限制。例如, 天气条件、建筑物、山谷以及其他遮挡物可能会影响卫星信号的接收质量, 导致位置信息的不准确或无法获取。此外, 高精度的卫星导航接收机和相关设备的价格较高, 对于一些小型矿山来说可能难以承受。因此, 在应用卫星导航技术时, 需要根据具体情况进行合理的选择和使用。

六、结语

激光扫描技术可以实现矿山的三维模型重建, 为矿山规划和设计提供可靠的数据支持。无人机测量技术可以进行矿山巡查和安全监测, 提高工作效率和减少安全风险。遥感技术则可以用于矿山环境监测和资源调查, 为矿山管理和环保工作提供科学依据。这些新技术的应用使得矿山测量更加精确、快速和智能化, 为矿山的可持续发展提供了重要支撑。然而, 也要注意新技术带来的挑战和问题, 为了更好地推动矿山测量行业的发展, 我们需要加强技术研发、加强人才培养, 并与其他相关领域进行合作, 共同解决新技术应用中的各种问题。

参考文献

- [1] 郑锐, 尹红岩, 陈立云. 内蒙古露天煤矿无人机测量技术的应用与研究[J]. 科技通报, 2018, 34(8): 97-102.
- [2] 何彤, 陈雷, 彭立明. 基于GPS的矿山导航与定位技术研究[J]. 矿山测量, 2016, 46(1): 53-57.
- [3] 王刚, 李世杰, 张宇. 基于卫星导航的矿山变形监测方法研究[J]. 矿山测量, 2019, 54(4): 11-14.

作者简介: 谢恒 (1983-), 男, 贵州贵阳人, 工程师, 研究方向为测绘工程。