基于无人机的矿山测绘测量技术研究与应用

朱　强

国能神东煤炭集团地测公司　内蒙古鄂尔多斯　017209

【摘　要】在当今科技日新月异的时代，无人机技术的迅猛发展为各行各业带来了前所未有的便利与革新。特别是在矿山测绘测量领域，无人机的应用正逐步取代传统的测绘手段。传统的矿山测绘工作往往受到地形复杂、环境恶劣等多重因素的制约，不仅效率低下，还存在一定的安全风险。而无人机的出现，恰恰解决了这些问题。它不仅能够快速、精准地收集矿山的地理信息数据，还能在难以到达或危险区域进行作业，大大提高了测绘的效率和安全性。本研究将系统探讨无人机在矿山测绘测量中的关键技术及其应用，以期为矿山行业的科技进步和产业升级贡献力量。

【关键词】无人机；矿山测绘测量技术；应用

1　无人机矿山测绘测量技术概述

1.1　无人机技术的基本原理和特点

无人机（Unmanned　Aerial　Vehicle,UAV），作为一种能够在无人驾驶的情况下自主飞行的飞行器，近年来在多个领域，尤其是矿山测绘测量中，得到了广泛的应用。其基本原理涉及飞行控制系统、遥控和导航系统、能源系统、通信系统以及感知和避障系统等多个方面。

飞行控制系统是无人机的核心，它由飞行控制软件和硬件组成，负责根据预先设定的飞行计划和算法进行决策和控制。无人机通常搭载有多个传感器，这些传感器能够感知周围环境和无人机的自身状态，为飞行控制提供必要的数据支持。

遥控和导航系统则保证了无人机可以按照操作员的指令或预设航线进行飞行。通过无线电或卫星信号，操作员可以远程发送指令并接收实时图像和数据。而导航系统主要依赖卫星导航（如GPS）和惯性导航技术来确定无人机的位置和航向。

能源系统为无人机提供动力，常见的有电池、燃料电池或燃油发动机等。这些能源系统各有优缺点，例如电池虽然轻便，但续航时间相对较短。

通信系统确保无人机可以与地面控制站和其他飞行器进行通信，用于接收指令、发送数据和上传实时图像。

感知和避障系统则是高级无人机的重要特点，通过传感器和相机实时感知和识别周围的障碍物，提高飞行的安全性和自主性。

1.2　无人机在矿山测绘测量中的适用性分析

首先，无人机能够快速、全面地遍历整个矿区，通过搭载的高分辨率相机、激光雷达等传感器，获取精准的地形地貌数据。这些数据经过处理后可以转化为数字模型，实现对矿山地貌的高精度测绘。这大大提高了矿山测绘的效率和精度。其次，无人机可以搭载多种传感器进行数据融合，从而获取更加全面、准确的地形地貌信息。这种多传感器数据融合技术，使得无人机在矿山测绘中具有更高的数据质量和精度。再者，无人机降低了测绘成本。传统的矿山测绘需要大量的人力物力以及昂贵的测绘设备，而无人机则可以在无人的情况下完成测绘任务，且其本身的成本相对较低。此外，无人机还具有实时性和可视化的优点。通过无人机获取的数据可以实时传输到地面控制中心进行处理和分析，使测绘工作能够及时响应矿山管理者的需求。同时，通过三维可视化技术，可以清晰直观地展示矿山地貌情况，为科学决策提供支持。

2　无人机矿山测绘测量技术研究

2.1　无人机航测技术

无人机航测技术，即利用无人机进行航空摄影测量，是近年来快速发展的一种新型测绘技术。与传统的有人机航测相比，无人机航测具有成本低、操作灵活、作业周期短等优势。在矿山测绘中，无人机能够轻松飞越复杂地形，快速获取矿区的地形地貌数据。无人机航测系统的核心设备包括无人机平台、航摄相机以及导航系统。无人机平台需要具备稳定的飞行性能和足够的载荷能力，以确保在恶劣环境下也能完成高质量的航拍任务。航摄相机则要求具备高分辨率和精确的定向能力，以捕捉到详尽的地表信息。导航系统则确保无人机能够按照预设航线进行精确飞行。在实施无人机航测时，首先需要进行航线规划和任务设定。根据矿区的实际情况和测绘需求，制定合理的飞行路线和拍摄计划。随后，无人机按照预设航线进行飞行，

同时航摄相机进行连续拍摄，获取大量的地表影像数据。这些数据经过后续处理，可以生成数字高程模型（DEM）、数字正射影像（DOM）等成果，为矿山的规划、设计和生产提供重要的基础数据。

2.2 无人机倾斜摄影技术

无人机倾斜摄影技术是一种通过多角度拍摄来获取地物三维信息的方法。与传统的垂直摄影相比，倾斜摄影能够获取更加丰富的地物立面信息，从而构建出更加真实的三维模型。在矿山测绘中，无人机倾斜摄影技术被广泛应用于地形测绘、矿体建模、储量估算等方面。倾斜摄影技术的关键在于多角度拍摄和影像匹配。无人机搭载多台相机，从不同角度对同一地物进行拍摄，获取多张具有重叠度的影像。这些影像经过专业的软件处理，通过影像匹配算法提取出地物的三维坐标信息，进而构建出精细的三维模型。在矿山测绘中，利用无人机倾斜摄影技术可以快速生成矿区的三维实景模型。这些模型不仅具有高度的真实感和可视化效果，还能够为矿山的规划设计、生产管理和安全监测提供直观的数据支持。此外，通过对比不同时间点的三维模型，还可以监测矿区的形变和沉降情况，为矿山的安全生产提供有力保障。

2.3 无人机数据处理与分析

无人机数据处理与分析是无人机矿山测绘测量技术的关键环节之一。无人机在飞行过程中会采集到大量的影像数据，这些数据需要经过专业的处理和分析才能转化为有用的地理信息。首先，对采集到的原始影像进行预处理，包括畸变校正、辐射定标和大气校正等步骤，以提高影像的质量和准确性。随后，利用影像匹配算法对预处理后的影像进行特征提取和匹配，获取地物的三维坐标信息。在数据分析方面，可以利用地理信息系统（GIS）技术对处理后的数据进行进一步的空间分析和可视化表达。通过叠加分析、缓冲区分析等方法，可以深入挖掘矿区的地理信息和空间关系，为矿山的规划和管理提供决策支持。

3 无人机矿山测绘测量技术应用

3.1 矿山地形测绘

3.1.1 航线规划

在进行无人机矿山地形测绘前，航线规划是至关重要的一步。合理的航线规划能够确保数据采集的全面性和准确性，同时提高作业效率。在航线规划时，需要综合考虑多个因素，包括矿区的地形特征、面积大小、所需的影像分辨率以及无人机的续航能力等。

首先，根据矿区的实际地形和测绘需求，确定航线的起始点、终点和飞行高度。飞行高度的选择直接影响到影像的分辨率和覆盖范围，因此需要根据实际需求进行合理设置。其次，确定航线的重叠度和旁向重叠度，以确保后续数据处理时能够获取到足够的信息。最后，考虑到无人机的续航能力和作业效率，合理规划航线的长度和数量，确保在无人机续航能力范围内完成测绘任务。

3.1.2 数据采集

在航线规划完成后，无人机将按照预设的航线进行数据采集。这一过程中，无人机搭载的高分辨率相机或其他传感器将发挥关键作用。在飞行过程中，相机需要连续拍摄，获取矿区的地表影像数据。为了确保数据的准确性和一致性，需要在飞行前对相机进行精确的校准和测试。同时，为了获取更全面的地形信息，可以采用多角度、多层次的拍摄方式。此外，在数据采集过程中，还需要密切关注无人机的飞行状态和相机的工作情况，确保数据采集的顺利进行。

3.1.3 数据处理

数据采集完成后，将进入数据处理阶段。这一阶段的目标是将采集到的影像数据转化为具有实际意义的地理信息。首先，需要对影像数据进行预处理，包括畸变校正、去噪、增强等操作，以提高影像的质量和可读性。接着，利用专业的软件对预处理后的影像进行匹配和拼接，生成完整的矿区地形图。

在数据处理过程中，还需要进行精确的地理配准和校正，确保地形图的准确性和可靠性。最后，通过提取地形特征、生成等高线等操作，进一步丰富地形图的信息内容，为矿山的规划和管理提供有力支持。

3.2 矿体体积测量

3.2.1 数据采集

在进行矿体体积测量时，数据采集的精度和全面性至关重要。无人机搭载的高分辨率相机和激光雷达等传感器能够获取到矿体表面的精细数据。在数据采集过程中，需要确保无人机按照预设的航线进行飞行，并保持稳定的飞行姿态和速度，以确保数据的准确性和一致性。同时，为了获取更全面的矿体信息，可以采用多角度、多层次的拍摄方式。此外，在数据采集过程中还需要密切关注传感器的工作状态和数据质量，确保采集到的数据能够满足后续处理的需求。

3.2.2 数据处理与分析

采集到的矿体数据需要经过专业的处理和分析才能得出准确的体积信息。首先，需要对数据进行预处理和校准，以消除误差和提高数据质量。接着利用专业的软件对数据进行三维建模和分析。

通过构建矿体的三维模型，可以直观地展示矿体的形态和分布特征。同时结合地理信息系统（GIS）技术可以对矿体的空间分布、储量估算等进行深入分析。这些分析结果将为矿山的开采计划、生产调度以及资源评估提供重要依据。此外通过对比不同时间点的数据还可以监测矿体的变化情况为矿山的可持续发展提供有力支持。

3.3 矿山环境监测

3.3.1 尾矿库监测

尾矿库作为矿山生产的重要组成部分，其安全性直接关系到矿山及周边环境的安全。无人机在尾矿库监测方面的应用主要体现在以下几个方面：

首先是地形测绘。无人机可以搭载高分辨率相机，对尾矿库进行高精度地形测绘，生成数字高程模型（DEM）和数字正射影像（DOM）。这些数据能够直观地展示尾矿库的地形变化，为管理人员提供决策支持。其次是渗漏检测。通过无人机搭载的红外热像仪或多光谱传感器，可以检测尾矿库坝体的渗漏情况。这些传感器能够捕捉到坝体表面的温度异常或湿度异常，从而及时发现潜在的渗漏风险。最后是库容计算。无人机测绘数据还可以用于计算尾矿库的库容，帮助管理人员了解尾矿库的存储能力，为尾矿库的合理规划和管理提供依据。

3.3.2 地质灾害预警

矿山地区常常面临着地质灾害的威胁，如滑坡、泥石流等。这些灾害不仅对矿山生产造成严重影响，还可能危及人员的生命安全。因此，地质灾害预警系统的建立至关重要。

无人机在地质灾害预警中发挥着重要作用。通过搭载地质雷达、激光雷达等传感器，无人机可以对矿山地区进行高精度的地形测绘和地质勘察。这些数据可以帮助分析地层的稳定性和潜在的地质风险。同时，无人机还可以进行定期的巡航监测。通过对比不同时间点的数据，可以及时发现地形的变化和异常情况。一旦发现潜在的地质灾害风险，无人机可以迅速将预警信息传输给相关人员，以便及时采取应对措施。这种快速、准确的预警系统对于减少地质灾害造成的损失具有重要意义。

3.4 矿山安全与救援

矿山作为一个复杂且潜在危险的工作环境，安全与救援工作至关重要。无人机技术的运用，为矿山安全与救援工作带来了新的可能性。

3.4.1 搜寻失踪人员

在矿山事故中，搜寻失踪人员是救援工作的首要任务。无人机可以迅速飞抵事故现场，通过搭载的高清摄像头和热成像仪等设备，对事故区域进行全面的搜索。无人机的灵活性和高效性使得搜索工作更加迅速和准确。同时，无人机还可以进行夜间搜索。通过热成像技术，无人机可以在夜间或恶劣天气条件下清晰地探测到人体的热量分布，从而定位失踪人员的位置。这种技术大大提高了搜索效率和成功率。

3.4.2 监测危险区域

在矿山事故发生后，往往存在一些危险区域，如塌方区、爆炸现场等。这些区域对于救援人员来说具有极大的风险。无人机的应用可以有效地监测这些危险区域的情况，为救援工作提供重要的信息支持。

无人机可以搭载气体检测仪、辐射检测仪等传感器，对危险区域进行全面的环境监测。通过实时传输的数据，救援人员可以了解危险区域内的环境状况，从而制定合理的救援方案。这种远程监测方式不仅提高了救援效率，还降低了救援人员的风险。此外，无人机还可以进行危险区域的空中巡查。通过高清摄像头和传感器，无人机可以实时监测危险区域的变化情况。一旦发现异常情况，如二次塌方、有害气体泄漏等，无人机可以迅速将预警信息传输给救援人员，以便及时采取应对措施。

4 结语

通过对无人机在矿山测绘测量技术中的深入研究与应用分析，我们可以清晰地认识到，无人机技术为矿山测绘带来了革命性的变革。它不仅显著提升了测绘的效率和精度，还极大地降低了人员的安全风险。随着无人机技术的持续进步和成本的降低，其在矿山测绘领域的应用前景将更加广阔。未来，我们可以预见，无人机将不仅仅用于基础的地理信息数据采集，还将深入到矿山的资源评估、环境监测、灾害预警等多个方面。因此，无人机技术将持续推动矿山测绘测量领域的创新发展，为矿业的可持续发展和安全生产提供强有力的技术支持。

参考文献：

[1]独纪泉.基于无人机的矿山测绘测量技术研究与应用[J].世界有色金属,2024,(05):160-162.

[2]陈飞.无人机遥感技术在金属矿山测绘工程测量中的应用研究[J].世界有色金属,2023,(20):23-25.

[3]杨德飞,杨德剑.基于无人机测量技术在矿山测绘中应用策略探讨[J].世界有色金属,2023,(19):226-228.

[4]何启友,陈明亮,何远.基于无人机测量技术在矿山测绘中应用策略研究[J].世界有色金属,2023,(02):169-171.

[5]高海龙.探讨无人机遥感技术在金属矿山测绘工程测量中的应用[J].世界有色金属,2023,(01):13-15.

[6]叶萍.无人机倾斜摄影测量技术在矿山测绘中的应用[J].世界有色金属,2020,(06):39-40.