

无人机航空摄影测量技术在矿山测绘中的应用

王 玥

山西省煤炭地质一一五勘查院有限公司 山西 大同 037003

摘 要：无人机航空摄影测量技术以其快速、灵活、高精度和低成本的特点，在矿山测绘中得到了广泛应用。该技术通过无人机搭载高分辨率相机进行航空摄影，采集矿山区域的影像数据，并利用先进的数据处理系统生成高精度的数字地图、三维模型等产品，为矿山测绘工作提供了强有力的数据支持。本文详细探讨了无人机航空摄影测量技术在矿山测绘中的应用，包括其在无人机航空的摄影测量技术、内业建模工作、数字线划图数据的采集和内业的成图等方面的优势，以及该技术在实际应用中的技术流程和效果。

关键词：无人机；航空摄影测量技术；矿山测绘；应用

引言

矿山测绘是确保矿山运营和规划管理的基础，对矿山内外部地理环境的精确测量和监测至关重要。然而，传统的矿山测绘方法存在测量精度低、耗时长、成本高等问题，难以满足现代矿山管理的需求。随着科技的进步，无人机航空摄影测量技术应运而生，并迅速成为矿山测绘领域的重要工具。该技术不仅克服了传统方法的局限性，还具备快速、高效、低成本和全方位监测等优势，为矿山测绘工作带来了革命性的变革。

1 无人机设备概述

无人机设备，作为无人驾驶航空器的简称，是近年来快速发展的高科技产物，广泛应用于军事、民用、科研等多个领域。其基本原理涵盖了空气动力学、机械原理和电子原理，通过遥控站管理或自主飞行实现复杂任务执行。无人机系统由无人机本体、相关的遥控站、指令与控制数据链路以及其他必要的部件组成。无人机本体根据设计类型可分为固定翼、直升机（包括共轴双桨、纵列式、传统构型）、多旋翼、复合翼、倾转旋翼等多种类型，这些类型各有特点，适应不同的应用场景。例如，固定翼无人机适合长距离、高速飞行，而多旋翼无人机则以其灵活性和垂直起降能力在短途、复杂环境中表现出色。无人机的核心部件包括动力系统、控制系统和感知系统，动力系统为无人机提供飞行所需的推力，主流动力系统包括活塞式发动机、涡喷发动机、涡扇发动机、电动机等，其中电动系统因其高效、低噪音的特点在民用无人机中占据重要地位^[1]。控制系统是无人机的“大脑”，负责接收指令、处理数据并控制无人机的飞行姿态、高度、速度等，确保无人机能够按照预定航线安全飞行。感知系统则通过各类传感器（如GPS、气压计、摄像头等）感知周围环境信息，为无人机提供

导航、定位、避障等功能。此外，无人机的飞行控制原理基于空气动力学原理，通过四个主要力——升力、重力、推力和阻力的相互作用实现飞行。升力是无人机上升的关键，由机翼形状和斜度产生的空气动力学效应提供；重力是地球对无人机的吸引力，无人机通过加速或倾斜机翼来产生足够的升力以克服重力；推力由发动机提供，推动无人机前进；阻力则是无人机在空气中移动时受到的空气阻力，需要足够的推力来克服。

2 无人机航测技术在矿山测量中的具体应用

2.1 无人机航空的摄影测量技术

无人机航测技术在矿山测量领域的应用，已成为现代矿业勘探与管理的重要手段之一，其高效、精准、灵活的特性为矿山资源的精确评估、环境监测及安全生产提供了强有力的技术支持。以飞马D2000型无人机为例，这款专为航测任务设计的无人机，凭借其长达1小时的续航时间，在矿山测量中展现出了卓越的性能与适应性。在矿山测量的实际应用中，无人机航测技术首先需对矿区进行全面的现场勘察，细致分析矿区的地形地貌、植被覆盖、摄影面积以及周边的自然环境与气候条件^[2]。这一过程是确保后续航测作业顺利进行的基础，它要求技术人员不仅要具备丰富的地理知识，还需精通无人机操作与航测规划技巧。飞马D2000型无人机凭借其稳定的飞行平台和先进的航电系统，能够轻松应对矿区复杂多变的环境，为高精度测量数据的采集奠定了坚实的基础。在航线规划设计阶段，技术人员会根据矿区的实际情况，结合无人机的性能参数，精心规划飞行航线。这一过程需综合考虑飞行高度、速度、重叠度、航向角及倾斜角等多个因素，以确保无人机在飞行过程中能够全面覆盖目标区域，同时保证影像数据的清晰度和完整性。对于飞马D2000型无人机而言，其精确的飞行控制系统使

得航线规划变得更为灵活与高效，为矿山测量任务的顺利完成提供了有力保障。进入实际航摄阶段，飞马D2000型无人机按照预设航线自动飞行，其搭载的高分辨率相机在高速飞行中仍能捕捉到地面细微的变化。

2.2 内业建模工作

ContextCapture（通常应为ContextCapture，考虑到可能是笔误，以下以ContextCapture为准）作为业界领先的摄影测量建模软件，以其卓越的处理能力和高效的工作流程，在矿山三维建模领域展现出了非凡的潜力。该软件不仅具备超越传统计算机集群处理模型的速度与精度优势，还提供了灵活多样的数据处理和模型输出选项，极大地满足了矿山测量对高精度、高效率建模的需求。在利用ContextCapture进行矿山三维建模时，首要任务是仔细检查和确认地面喷洒阶段所设置的控制点信息。控制点作为连接实地坐标与影像数据的桥梁，其准确性和完整性直接影响到最终模型的精度。因此，技术人员需仔细查找并记录每个控制点的卡号及其对应的地面位置，为后续的数据处理提供可靠依据。接下来，通过ContextCapture软件导入多视角航拍影像，这一过程要求技术人员具备扎实的图像处理知识，能够熟练操作软件界面，确保所有影像数据正确无误地导入系统中。导入完成后，软件会自动识别并显示影像上的控制点位置，此时技术人员需再次核对这些控制点的坐标信息，确保其准确无误。为确保模型精度，ContextCapture还提供了精细的空三测量功能。在空三测量阶段，软件会利用多视角影像中的重叠区域，通过自动匹配算法计算影像间的相对位置关系，从而构建出初步的三维模型框架。在此过程中，技术人员需密切关注测量结果的稳定性与准确性，必要时可手动调整控制点位置或增加新的控制点以提高测量精度。

2.3 数字线划图数据的采集和内业的成图

地貌与地物要素的采集遵循严格的编码分层原则，确保每一类要素都能被清晰、有序地记录。这一过程中，我们采用“内业定位，外业定性”的协同工作方法。内业人员利用三维模型的立体视觉效果，对能够明确识别且具备较高把握度的地物、地貌要素进行直接定位，并以图式相应符号进行标注。这一步骤不仅要求内业人员具备扎实的地理知识与制图技能，还需对矿山地形有深入的理解，以便准确判断地物之间的相互关系，如道路与桥梁的衔接、公路与铁路及其附属设施的布局等^[3]。特别地，针对矿山特有的地形特征，如洼地、盆地等负地形，内业人员需特别关注其高程数据的采集，确保数据的准确性与完整性。同时，矿洞、探槽等地质工

程点的三维坐标也需精确标定，为后续的矿山开发与管管理提供可靠依据。然而，由于实景三维模型受限于拍摄角度、光照条件及遮挡物等因素，部分地物（如电线走向）和地貌可能无法清晰展现或存在遮挡、隐蔽现象。针对此类情况，内业人员需进行细致的标注处理，明确指出这些区域以待外业补调、补测。外业调绘数据采集工作的进行，是对内业初步成果的有效补充与验证，通过实地勘查与测量，进一步完善数字线划图的数据集。当外业调绘数据采集完成后，便进入了内业图形编辑阶段。这一阶段的主要任务是对图面进行美化与精细化处理，以提升数字线划图的视觉效果与实用性。具体而言，内业人员需进行线形编辑，确保各类线条的流畅与准确；对符号进行填充，以符合制图规范与美观要求；为地物标注属性信息，便于后续的数据管理与查询；最后，还需进行图廓整饰，包括图名、图号、比例尺、指北针等图面元素的添加与调整，使数字线划图更加规范、完整。

2.4 全数字空中三角测量

在矿山测量的实际应用中，全数字空中三角测量由诸如天宝无人机空中探测软件UASMaster9.0这样的专业软件来执行。该软件集成了先进的算法与自动化处理流程，能够高效、准确地完成复杂的空中三角测量任务。处理过程大致可以分为三个主要阶段：相对方位元素的确定、绝对定向的校正以及区域网络的全面评估。首先，在相对方位元素的确定阶段，软件会根据无人机航拍获取的影像数据，自动进行影像匹配与相对定向计算。这一过程中，软件会利用影像间的重叠区域，通过特征点提取与匹配算法，构建出影像间的相对位置关系，即相对方位元素。同时，软件还会根据自由网平差原理，对影像路径进行自动调整，优化整个影像网络的拓扑结构，确保后续计算的稳定性和精度。其次，进入绝对定向的校正阶段，在这一阶段，软件会根据事先布设的地面控制点（也称为外业检查点），对影像的绝对方位进行校正。具体来说，软件会利用控制点的精确坐标信息，通过平差计算，将影像的相对方位转换为绝对方位，即确定影像在地理坐标系中的准确位置与姿态。这一步骤是确保最终成果精度与可靠性的关键环节。最后，进行区域网络的全面评估。在完成相对定向与绝对定向之后，软件会对整个区域网络进行全面评估，检查并修正可能存在的误差与不一致性。这一评估过程通常包括平差计算的迭代优化、残差分析、精度评估等多个环节，旨在确保最终生成的数字高程模型（DEM）、数字正射影像图（DOM）等测绘产品达到预定的精度要求。

2.5 航测新产品实景三维模型在矿山中的应用

实景三维模型作为现代测绘技术的巅峰之作，其在矿山领域的应用正日益彰显出无可比拟的优势与价值，这一技术通过高精度、高分辨率的航空摄影测量，结合先进的计算机图形处理技术，构建出矿区及其周边环境的真实三维再现，为矿山的规划、设计、开采与管理带来了革命性的变革。在矿山选址的可行性研判阶段，实景三维模型发挥了至关重要的作用，它不仅能够以360°无死角的视角，全方位展示矿区的地形地貌、地质构造、植被分布等自然特征，还能清晰地反映出矿区与周边环境的相互关系，如电塔、农田、居民点、水库、交通线路等的分布情况。通过在这一模型中导入拟选的矿区界线及影响范围线，决策者可以直观地查看并评估矿区开发对周边环境可能造成的影响，如土地占用、水源污染、交通干扰等，从而为矿山选址提供科学、合理的依据^[4]。此外，实景三维模型还具备强大的空间量测功能，能够快速查询并提取出地物的长度、宽度、高度等几何信息。这一功能在矿山开采设计中尤为重要，它可以帮助工程师们精确计算矿体的体积、储量，优化开采布局，提高资源利用效率。同时，通过设定剖面线并设置好采点间距，模型还能一键提取出剖面线的三维坐标，为矿山的剖面分析、地质建模等工作提供精确的数据支持。而在矿山监管与执法方面，通过对违法矿区进行实景三维建模，执法部门可以清晰地看到非法开采的现场情况，包括开挖的范围、深度、形状等细节信息。借助模型的高清影像解译能力，执法人员还能进一步分析矿石的岩性、成分等特征，为案件的定性量刑提供科学依据。

3 无人机航空摄影测量技术的未来发展

无人机航空摄影测量技术，作为现代测绘领域的一颗璀璨明星，其未来发展无疑将展现出更加广阔的前景与无限可能。随着科技的飞速进步与跨学科技术的深

度融合，该技术将在精度、效率、等多个方面实现质的飞跃。一方面，在精度提升方面，无人机航空摄影测量技术将借助更先进的传感器技术和图像处理算法，实现更高分辨率、更低噪声的影像数据采集。这不仅意味着地形地貌的微小变化将被更加精准地捕捉，还使得对矿山资源储量、地质构造等复杂信息的解析能力显著增强。同时，结合多源数据融合技术，如激光雷达（LiDAR）、红外热成像等，将进一步丰富测量数据的维度，提升综合测绘的精度与可靠性。另一方面，效率优化是无人机航空摄影测量技术未来发展的另一大趋势。随着无人机平台设计的持续优化与智能调度系统的引入，无人机的续航能力、飞行稳定性及任务执行能力将得到显著提升。这将使得大规模、高频次的测绘任务成为可能，极大地缩短测绘周期，降低人力物力成本。

结语

总之，无人机航空摄影测量技术在矿山测绘中的应用，显著提高了测绘工作的效率和精度，为矿山的规划、设计、开采与管理提供了可靠的数据支持。通过无人机搭载的高分辨率相机和先进的数据处理系统，可以实现对矿山地貌、资源储量、生产设施和环境变化等信息的全面、快速、精确监测。随着技术的不断进步和完善，无人机航空摄影测量技术在矿山测绘中的应用前景将更加广阔，为矿山的可持续发展提供有力保障。

参考文献

- [1] 赵博文. 无人机航空摄影测量技术在地形测量中的应用[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2019(35):48.
- [2] 刘梅. 无人机航空摄影测量技术在矿山测量中的应用[J]. 世界有色金属, 2019(05):36+38.
- [3] 洪志佳. 无人机航空摄影测量技术在矿山测量中的应用[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2019(08):91.
- [4] 贺文涛. 无人机航空摄影测量技术在地形测量中的应用与实践[J]. 技术与市场, 2019, 2.