

基于无人机技术的地质矿产工程测绘新方法

苏东林

宁夏天拓经纬测绘有限公司 宁夏 银川 750000

摘要：本文探讨无人机技术的地质矿产工程测绘新方法。阐述无人机测绘技术核心构成与适配地质矿产工程测绘的特性，设计涵盖前期准备、野外数据采集、数据处理与成果生成的测绘流程。介绍复杂地形、矿产资源勘探测绘及矿区工程建设测绘的创新方法，提出作业过程、数据处理质量控制及安全与风险防控措施，为地质矿产工程测绘提供高效、精准的技术方案。

关键词：无人机技术；地质矿产工程；测绘新方法；数据处理；风险防控

引言：地质矿产工程测绘对地形刻画、矿产定位、构造识别及环境监测有迫切需求。传统测绘方法在复杂地形作业受限、效率低且成本高。无人机技术凭借低空灵活作业、高分辨率数据获取及全天候适应性等优势，与地质矿产工程测绘需求高度适配。研究无人机技术的测绘新方法，有助于提升勘探精准度、缩短测绘周期、降低安全风险，推动地质矿产工程测绘技术发展。

1 无人机测绘技术在地质矿产工程中的基础认知

1.1 无人机测绘技术核心构成

无人机测绘技术的硬件系统包含三类关键设备。测绘无人机平台需结合地质矿产工程场景选配合适机型，多旋翼无人机适用于小范围精细测绘与复杂地形悬停作业，固定翼无人机更适合大范围矿区快速覆盖测绘^[1]。载荷设备涵盖高分辨率相机、LiDAR激光雷达与多光谱传感器，分别用于捕捉地表细节影像、穿透植被获取三维点云数据、捕捉地物光谱信息辅助矿产分布判断。地面控制系统负责预设作业航线与实时跟踪无人机飞行状态，保障数据采集稳定。软件系统是技术落地的重要支撑。数据采集软件可设置飞行参数与自动规划航线，减少人工误差；数据处理软件能将原始数据转化为结构化信息，为后续分析奠基；成果输出软件可制作测绘报告与专题图，满足工程对成果的多样化需求。无人机测绘技术具备鲜明特性。低空灵活作业优势可突破传统设备在山地、矿区陡坡的作业限制；高分辨率数据获取能力能捕捉微小地形变化与地表细节，支撑地质构造识别与矿产定位；全天候适应性可在不同天气下稳定作业，减少环境对测绘进度的影响。

1.2 地质矿产工程测绘核心需求与无人机技术适配性

地质矿产工程测绘有四类核心需求。地形地貌精细刻画呈现矿区沟谷、矿体露头、工程设施分布，为规划提供地形依据；矿产分布区域定位锁定含矿地层与富

集区，辅助圈定勘探靶区；地质构造识别明确断层、岩层走向，分析成矿规律；工程区域环境监测跟踪地表变化、植被覆盖，评估开采对环境的影响。无人机技术在多方面展现适配优势。相比人工测量，无需人员进入高危区域，降低风险，且覆盖广、效率高，大幅缩短周期；相比载人飞机测绘，成本更低，还能低空获取更高分辨率数据，小范围精细测绘中优势更明显；面对山地、矿区陡坡等复杂地形，起降与飞行限制少，可全方位采集数据，弥补传统测绘的地形适配短板。应用价值体现在三个维度。助力提升矿产勘探精准度，通过高分辨率数据与光谱分析，提高靶区圈定准确性，减少无效投入；缩短测绘周期，快速完成大面积测绘，为工程进度提供数据支撑；降低野外作业安全风险，减少人员在恶劣危险环境中的暴露时间，保障人员安全。

2 基于无人机技术的地质矿产工程测绘流程设计

2.1 测绘前期准备与规划

作业区域勘察需明确核心信息与潜在风险。划定矿产勘探区、矿区工程建设区等测绘范围并标注边界坐标，识别悬崖、沟壑等地形障碍，排查高压线路、矿区设备等电磁干扰源，为飞行方案设计提供依据。飞行方案设计需兼顾覆盖完整性与参数适配性。采用平行航线与垂直航线结合模式，平行航线实现大范围快速覆盖，垂直航线补充细节区域数据；根据传感器分辨率需求设定飞行高度与速度，高分辨率成像需降低高度、放缓速度以平衡效率与精度；起降点优先选开阔平坦场地，避开陡坡、积水区，预留设备调试与应急空间。设备调试与校准需覆盖全系统状态。检查无人机电池电量与动力系统运行情况，校准载荷设备（相机焦距调整、LiDAR参数设定），测试地面控制站与无人机的信号连接，确保指令传输与数据回传流畅。

2.2 野外数据采集实施

影像数据采集需保障拼接基础条件。高分辨率相机按预设航线稳定拍摄,通过调整拍摄间隔确保航向重叠与旁向重叠达到后续拼接要求,避免因重叠不足导致影像拼接出现缝隙或错位,同时关注光线变化,减少强光或阴影对影像质量的影响。三维点云数据采集需捕捉立体空间信息。LiDAR传感器在飞行中实时扫描,不仅获取地表三维坐标,还能穿透植被层捕捉地下浅层地形数据,完整呈现矿区地表起伏与隐蔽地形特征,为后续三维建模提供全面点云支撑。多光谱数据采集需聚焦矿产识别需求。多光谱传感器针对不同矿物的光谱响应特性,捕捉特定波段光谱信息,通过不同波段数据差异反映矿物成分区别,为后续矿物分布分析提供数据依据。数据实时质控需动态调整作业状态。地面控制站实时查看影像清晰度、点云密度等关键指标,若发现影像模糊或点云数据稀疏,及时调整飞行高度、速度或拍摄参数,确保采集数据符合处理要求。

2.3 数据处理与成果生成

原始数据预处理需规范数据基础格式。开展数据格式转换,将不同传感器采集的原始数据统一为可处理格式;通过算法剔除异常影像、无效点云等噪声数据,减少干扰;将数据坐标统一为地质矿产工程常用坐标系,确保与后续工程应用坐标一致^[2]。核心数据处理需生成标准化基础成果。影像拼接通过算法融合多幅影像生成DOM,清晰呈现地表纹理与地物分布;点云滤波与分类区分地面点、植被点、人工建筑点,保留有效地形数据;基于处理后的点云与影像生成DSM与DEM,完整反映地表高程与地形起伏。专题成果制作需贴合工程分析需求。基于DSM与DEM绘制地形剖面图,直观展示矿区垂直方向地形变化;结合影像特征与地质知识绘制地质构造解译图,标注断层位置、岩层界线等关键构造;依据多光谱数据与地形信息绘制矿产分布推测图,圈定潜在矿产富集区域。成果精度验证需保障数据可靠度。选取少量地面实测点,通过GPS获取精确坐标,与测绘成果对应位置坐标对比,验证成果精度是否符合地质矿产工程要求,确保后续应用数据准确。

3 无人机技术在地质矿产工程测绘中的创新方法

3.1 复杂地形测绘创新方法

山地矿区三维建模法需整合LiDAR点云与高分辨率影像优势。LiDAR点云精准捕捉陡峭边坡高程数据,还原地形起伏;高分辨率影像补充地表纹理与地物特征,两者融合构建的精细三维模型,既能呈现边坡坡度、坡向等参数,还能通过分析识别坡体薄弱区域,标注潜在滑坡风险点,为边坡防护设计提供依据。植被覆盖区地

形还原法依托LiDAR技术突破植被遮挡限制。传统光学测绘受植被遮挡难获真实数据;LiDAR激光束可穿透植被间隙扫描地表、记录三维坐标,经后期算法剔除植被点云,提取纯净地表数据,完整还原地形原貌,解决林区、灌丛区测绘难题,为工程规划提供准确地形基础。矿区塌陷区动态监测法通过多期数据对比实现动态追踪。首次测绘建立塌陷区初始基准模型,后续定期无人机测绘获取更新数据,叠加分析不同时期三维模型与影像,计算塌陷区边界扩展范围及沉降速率,绘制动态变化图谱,捕捉塌陷发展趋势,为塌陷预警与治理方案调整提供数据支撑。

3.2 矿产资源勘探测绘创新方法

多光谱矿物解译法利用光谱特性实现矿物精准识别。多光谱传感器可捕捉矿区地表不同波段的反射光谱,结合已知矿物光谱库,通过光谱匹配算法对比分析,区分铁矿、铜矿等特定矿物与其他岩石的光谱差异,圈定矿物富集区域的分布范围,标注高纯度矿物露头位置,减少传统勘探中盲目采样的工作量,提升勘探效率。构造解译辅助找矿法借助高分辨率影像深化地质构造分析。无人机生成的高分辨率影像能清晰呈现地表细微地质特征,通过影像纹理、色彩变化解译褶皱形态、断裂带走向等地质构造,结合区域成矿规律,判断构造与矿产赋存的关联性,比如断裂带常为矿物质运移通道,可围绕此类构造圈定找矿有利区域,为钻探工程选址提供方向。矿区储量估算辅助法整合地形与矿产分布数据支撑计算。无人机测绘生成的DEM能提供矿区精准高程数据,结合矿产分布专题图中标注的矿体边界、厚度信息,通过空间建模算法计算矿体三维体积,再结合矿石密度等参数,为矿区储量估算提供基础数据,相比传统估算方式,减少人为测量误差,提升储量计算的准确性。

3.3 矿区工程建设测绘创新方法

矿山开采边坡监测法通过定期测绘跟踪边坡稳定性。按固定周期开展无人机测绘,获取开采边坡的三维点云与影像数据,对比不同时期的边坡形态,分析坡体位移量、变形方向等参数,判断边坡变形趋势,当变形量超出安全阈值时及时预警,预防滑坡、坍塌事故发生,保障矿山开采作业安全。矿区基建选址测绘法快速提供选址区域多维度数据。无人机可在短时间内覆盖多个候选基建区域,采集地形数据并生成地形坡度图、排水分析图,其中地形坡度图用于评估场地平整难度,排水分析图用于判断区域排水通畅性。结合这些数据对比不同选址的地形适配性、工程成本,辅助筛选最优基建

方案,缩短选址周期^[3]。矿区环境恢复监测法通过数据对比评估治理效果。在矿区环境治理前开展无人机测绘建立初始档案,治理过程中及完成后定期复测,对比不同阶段的地形地貌(如覆土厚度是否达标)、植被覆盖情况(如植被覆盖率变化),量化分析环境恢复进度,评估治理措施有效性,为后续恢复方案优化提供依据。

4 无人机测绘技术应用质量控制与保障

4.1 作业过程质量控制

飞行质量控制需严格遵循预设方案。按规划航线稳定作业,飞行高度、速度、航向等参数不得擅自调整,若遇临时地形障碍需通过地面控制站重新规划航线并记录调整原因,确保数据采集覆盖完整且连续,避免因航线偏差导致数据遗漏或重叠度不足,影响后续处理精度。设备质量控制需建立全周期维护机制。定期清洁无人机载荷设备镜头,去除灰尘、污渍等影响成像质量的杂质;按使用周期校准传感器参数,如LiDAR测距精度、多光谱相机波段准确性,确保设备性能稳定;建立设备使用与维护档案,记录每次作业时间、故障情况及维护内容,便于追溯设备状态,及时更换老化部件。人员操作控制需强化专业能力与应急管理。作业人员需取得无人机操作与地质测绘相关资质,熟悉设备操作流程与地质矿产工程测绘要求;提前培训应急处理技能,如无人机失联时启动返航程序、突发大风暴雨时选择安全迫降区域,确保突发状况下能快速处置,减少作业中断与设备损失。

4.2 数据处理质量保障

软件选择标准需贴合工程实际需求。选用具备地质矿产测绘专用功能的专业软件,比如支持复杂地形点云分类、矿物光谱解译的工具,确保软件处理功能能满足矿区地形建模、矿物识别等精度要求,避免因软件功能不足导致成果误差过大。处理流程规范需明确统一操作标准。制定标准化数据处理流程,细化各环节参数设置,影像拼接时设定合理重叠度阈值以确保拼接无明显缝隙,点云滤波选择适配矿区地形的算法以精准区分地面与非地面点;通过流程固化减少人为操作差异,避免因参数设置随意性引发数据处理误差。成果审核机制需

构建多级校验体系。作业人员完成数据处理后先开展自审,核对成果完整性与初步精度;再由技术负责人进行复审,结合地质矿产工程规范检查成果是否符合应用要求,比如DEM高程误差、矿物解译准确性;对审核发现的问题及时整改,确保最终输出成果准确无误。

4.3 安全与风险防控

飞行安全防控需全面规避外部风险。作业前查询天气预报,避开暴雨、强风、雷电等恶劣天气;提前了解作业区域航空管制要求,规避禁飞管理区;配备备用电池延长续航时间,准备备用无人机应对主设备故障,确保飞行过程不受外部因素干扰。数据安全保障需构建双重防护体系。采集数据实时进行本地备份,同时上传至加密云端存储,防止单一存储设备损坏导致数据丢失;对矿区核心勘探数据等敏感信息进行加密处理,设置访问权限,仅授权人员可查看与使用,避免数据泄露引发工程风险。设备损毁应对需完善应急与保障措施。制定设备故障应急预案,明确无人机迫降操作步骤、载荷损坏后的数据抢救方法;为无人机与载荷设备购买财产保险,涵盖飞行事故、设备老化损坏等情形,降低设备损毁带来的经济损失,保障测绘作业持续推进。

结束语

基于无人机技术的地质矿产工程测绘新方法,凭借其创新流程与创新应用方法,在复杂地形测绘、矿产资源勘探及矿区工程建设测绘等方面展现出显著优势。通过严格的质量控制与风险防控措施,保障了测绘成果的准确性与可靠性。未来,随着无人机技术持续发展,其在地质矿产工程测绘领域的应用将更加广泛深入,为行业发展提供更有力的技术支撑。

参考文献

- [1]黄翔涛,丁荣兴.低空无人机遥感技术及其在矿山测绘中的应用[J].江西测绘,2021(2):16-19.
- [2]贾超,王军.无人机技术在数字矿山中的应用[J].工程技术研究,2021,6(5):30-31.
- [3]孙璐.智能无人机在矿山工程测绘技术中的应用[J].世界有色金属,2021(13):38-39.