

基于无人机测绘技术的工程测量应用分析

吴晓林

山西省地质工程勘察院有限公司 山西 太原 030000

摘要: 无人机测绘技术凭借灵活高效的作业优势,正逐步成为工程测量领域的重要技术手段。本文系统梳理了无人机平台、遥感传感、数据采集与处理四项核心技术构成,深入分析了该技术在地形测绘、工程选址、施工监测及后期管护四大应用场景中的实践价值,并从前期准备、现场作业、数据处理到成果输出完整呈现了应用流程。在此基础上,从精度控制、效率提升和复杂环境适配三个维度归纳了关键技术要点,为工程测量人员合理选用无人机测绘技术提供了系统性参考与技术指引。

关键词: 无人机测绘; 工程测量; 遥感传感; 数据处理; 地形测绘

引言: 工程测量贯穿工程建设的规划、施工与运维全周期,数据质量直接影响工程安全与投资效益。传统测量方法依赖大量人力布点,在地形复杂或交通不便的区域作业周期长、成本高,且难以满足大面积快速成图的需求。无人机测绘技术融合了低空遥感、惯性导航与影像处理等多学科成果,能够在短时间内获取高密度空间数据,填补了传统手段在效率与覆盖范围上的不足。随着硬件成本下降与算法迭代,该技术在工程测量中的渗透率持续上升,成为行业关注的焦点。

1 无人机测绘技术的核心技术构成

1.1 无人机平台技术

无人机平台技术是测绘作业的基础载体,涵盖硬件抽象层、任务调度中枢、传感器融合框架及通信协议栈的完整软硬件协同体系^[1]。平台可兼容多旋翼、固定翼、垂直起降等多种气动构型,支持机载计算单元与飞控主控的异构协同,搭载的飞控系统已演进为基于状态观测器的紧耦合导航解算引擎,集成IMU温漂补偿、磁力计校准及多源定位权重自适应分配机制,保障飞行过程的稳定性与定位精度。平台还需具备抗干扰、续航适配能力,可根据测区面积与地形复杂度灵活调整类型,搭配可更换电池模块延长作业时长,进一步拓宽测绘作业适用范围。

1.2 遥感传感技术

遥感传感技术是获取测绘数据的核心手段,核心在于通过各类传感器捕捉地面物体的空间信息与光谱特征。常用传感器包括多光谱相机、红外相机及激光雷达等,可根据测绘需求灵活配置,传感器性能直接决定数据获取的分辨率与完整性。该技术通过传感器与无人机平台的精准适配,实现对地形、地貌等地理要素的高效感知,为后续数据处理提供高质量原始数据源,其技术

原理贴合地理信息测绘的核心需求。传感器的校准精度与响应速度不断提升,可实现多维度数据同步采集,兼顾空间分辨率与光谱分辨率,满足不同工程对测绘数据的精细化、多元化需求。

1.3 数据采集技术

数据采集技术聚焦于原始测绘数据的高效、精准获取,需结合飞行航线规划与传感器参数设置实现规范化作业。作业过程中需科学设计无人机飞行速率与航线,优化相机焦距、快门速度等参数,同时通过GNSS定位技术实现采集点位的精准标记,确保采集的影像数据、激光点云数据具备良好的时效性与完整性。该技术可通过航空摄影或地面监控网络两种方式获取数据,有效适配不同测绘场景的需求,规避外界环境对数据采集质量的干扰。采用实时数据校验机制,可在采集过程中及时发现数据异常并调整作业参数,搭配云端同步存储功能,避免原始数据丢失,进一步保障数据采集的规范性与安全性。

1.4 数据处理技术

数据处理技术是将原始采集数据转化为可用测绘成果的关键环节,涵盖影像预处理、坐标转换、特征提取及模型构建等核心流程。通过图像滤波、几何校正等预处理手段消除数据噪声与几何误差,借助空中三角测量实现影像匹配与坐标校准,再通过点云滤波、分割等操作提取地理特征信息,最终生成数字高程模型、正射影像图等标准化成果。该技术依托专业化处理软件与算法,实现数据的自动化、精细化处理,弥补原始数据的不足,提升测绘成果的精度与可用性。

2 无人机测绘技术在工程测量中的应用场景

2.1 地形测绘

地形测绘是无人机测绘技术在工程测量中的基础应

用场景,主要用于获取工程区域内的地形地貌信息,为工程设计与规划提供基础数据支撑^[2]。作业过程中通过无人机搭载遥感传感器,对测区进行全方位航空摄影,结合数据处理技术生成高精度数字高程模型、正射影像图等成果,清晰呈现测区地形起伏、坡度坡向、地表覆盖等核心信息。相较于传统地形测绘方式,该应用可有效覆盖山地、丘陵等复杂地形区域,规避地面测量难以触及的作业盲区,提升地形信息获取的效率与精度,满足各类工程对地形基础数据的精细化要求。

2.2 工程选址测绘

工程选址测绘聚焦工程前期规划阶段的选址合理性评估,依托无人机测绘技术,全面采集候选选址区域的地理环境、地质条件及周边基础设施分布情况。精准获取选址区域地形数据与地质构造信息,结合区域交通、水文等环境要素,可为选址方案优化提供数据支撑,有效规避地形不适、地质隐患等选址风险。该应用能够快速完成多个候选区域的测绘比对,大幅缩短选址周期,便于规划人员科学研判选址的可行性与合理性。同时可同步采集选址区域生态环境数据,依据环保要求开展选址合规性评估,从源头避免工程建设对生态环境造成破坏,实现工程建设与生态保护协同发展。

2.3 工程施工阶段测绘

工程施工阶段测绘是保障施工质量与进度的关键环节,贯穿施工全过程的各项核心工序。通过无人机测绘技术可实现施工场地的实时监测与数据更新,精准获取施工区域的地形变化、基坑开挖深度、构筑物沉降等关键数据,及时反馈施工偏差,为施工调整提供依据。同时可完成施工场地布置测绘、管线铺设定位测绘等作业,规范施工流程,避免施工过程中出现管线碰撞、场地布置不合理等问题,助力施工环节的精细化管控,保障工程施工按设计方案推进。采用实时监测与数据反馈机制,可及时发现施工过程中的违规操作与质量隐患,同步生成施工进度报表,为施工管理人员提供精准的决策依据,推动施工环节高效有序开展。

2.4 工程后期测绘

工程后期测绘主要服务于工程竣工验收与后期管护工作,核心是对工程竣工成果进行精准测绘核查,同时为工程长期运维提供数据支撑。通过无人机测绘技术对竣工工程的实际尺寸、布局形态进行全面测绘,对比工程设计图纸,核查工程施工质量是否符合设计标准。此外可定期对工程周边地形、构筑物状态进行测绘监测,及时发现工程运维过程中出现的沉降、破损等问题,为工程维护、修缮提供精准数据,延长工程使用寿命,保

障工程长期安全稳定运行。可建立工程运维测绘档案,实现测绘数据的动态更新,为工程后期的维修、改造提供连续的历史数据支撑,降低运维成本,提升工程运维的精细化水平。

3 无人机测绘技术在工程测量中的应用流程

3.1 前期准备

前期准备是无人机测绘作业顺利开展的前提,核心是完成作业规划与软硬件调试,为后续作业奠定基础。需先明确工程测量的精度要求与作业范围,结合测区地形地貌、气象条件等因素,完成飞行航线的科学设计,确定飞行高度、飞行速率及影像重叠度等关键参数^[3]。同时对无人机平台、遥感传感器、数据存储设备等硬件进行全面检查与调试,校准传感器精度与无人机定位系统,排查设备运行隐患。还要完成测区资料收集与现场踏勘,梳理测区周边障碍物分布情况,制定应急处置方案,规避作业过程中可能出现的各类风险。需同步完成作业人员的分工部署,明确各岗位职责,开展安全作业培训,确保作业人员熟练掌握设备操作与应急处置流程,为现场作业的安全有序推进提供保障。

3.2 现场作业

现场作业是获取原始测绘数据的核心环节,需严格按照前期规划的作业方案规范开展。作业前再次检查无人机设备与参数设置,确认无误后启动无人机开展飞行作业,无人机搭载传感器按照预设航线平稳飞行,同步完成测区影像、点云等原始数据的采集。作业过程中需实时监控无人机飞行状态,及时调整飞行参数,规避恶劣天气、障碍物等外界因素对作业的影响,确保采集的数据具备良好的完整性与时效性。作业结束后,对采集的原始数据进行现场核对,确认数据无缺失、无异常后,完成数据备份与设备收纳,保障原始数据的安全性。现场作业需做好全程记录,详细标注作业时间、气象条件、设备运行状态等信息,为后续数据处理与成果校验提供可追溯依据,确保测绘流程的规范性。

3.3 数据处理

数据处理是将原始采集数据转化为可用测绘成果的关键步骤,需依托专业化技术与软件完成多环节处理。首先对原始数据进行预处理,通过图像滤波、几何校正、去噪等操作,消除数据采集过程中产生的噪声与几何偏差,提升数据质量。随后通过空中三角测量完成影像匹配与坐标校准,结合GNSS定位数据实现数据的精准定位,再通过点云滤波、分割、特征提取等操作,提取测区地理特征信息,构建三维模型。处理过程中需严格遵循工程测量数据处理规范,全程把控处理精度,及时

修正处理过程中出现的偏差,确保处理后的数据符合工程测量要求。数据处理过程中需进行多轮精度校验,采用对比分析方法排查处理偏差,同步留存处理日志,确保处理流程可追溯,进一步提升测绘成果的可靠性。

3.4 成果输出

成果输出是无人机测绘作业的最终环节,核心是将处理后的有效数据转化为工程测量所需的标准化成果。根据工程测量的实际需求,生成数字高程模型、正射影像图、三维点云模型等多种形式的测绘成果,对成果进行精度校验,确认成果精度符合工程设计与规划要求。同时对测绘成果进行规范化整理,标注成果相关参数、作业时间、测区范围等关键信息,形成完整的成果资料。输出的成果需适配工程设计、施工管控、竣工验收等不同环节的使用需求,为工程建设各阶段的决策与实施提供精准、可靠的数据支撑。成果输出需遵循行业标准,采用通用格式,方便工程各相关单位共享使用,同时对成果进行加密存储,防止数据泄露,保障测绘成果的安全性与保密性。

4 无人机测绘技术在工程测量应用中的技术要点

4.1 测绘精度控制要点

测绘精度控制是无人机测绘应用的核心技术要点,直接决定测绘成果能否满足工程测量要求。需从设备、参数、环境等多维度入手,强化精度管控^[4]。优化无人机飞控系统的定位精度,校准遥感传感器的测量偏差,通过GNSS定位技术与惯性导航技术的协同适配,提升定位与数据采集的精准度。合理设置飞行参数,优化影像重叠度与飞行高度,减少飞行过程中因参数不合理导致的精度误差。管控数据采集与处理各环节,通过图像滤波、几何校正等技术消除数据噪声,修正数据处理过程中出现的偏差,确保测绘成果的精度符合工程建设相关标准。

4.2 作业效率提升要点

作业效率提升要点围绕无人机测绘全流程优化展开,核心是通过技术优化与流程规范,缩短作业周期、提升作业效能。优化飞行航线设计,结合测区地形特点规划最优航线,减少无效飞行里程,提升数据采集的高效性。简化设备调试流程,提前完成软硬件校准与参数设置,减少现场作业的准备时间。依托自动化数据处理

算法,提升数据预处理、特征提取、模型构建的效率,减少人工干预,规避人工操作带来的效率损耗。合理规划作业时段,避开恶劣天气影响,确保现场作业连续推进,进一步提升整体作业效率,适配工程建设的时效需求。

4.3 复杂环境适配要点

复杂环境适配要点聚焦无人机测绘在特殊场景下的作业能力提升,应对山地、丘陵、城市密集区等复杂测区的作业挑战。针对山地、丘陵等地形起伏较大的区域,优化无人机飞行稳定性,调整飞行高度与速率,规避地形遮挡带来的作业盲区,确保数据采集的完整性。在城市密集区作业时,优化航线避开高层建筑遮挡,提升无人机抗干扰能力,减少电磁环境对数据采集精度的影响^[5]。针对雨雪、强风等恶劣天气,制定针对性的作业调整方案,暂停高风险作业,待环境条件适宜后再行推进,同时优化传感器防护措施,避免环境因素对设备与数据质量造成影响,保障复杂环境下测绘作业的顺利开展。

结束语

无人机测绘技术为工程测量带来了作业模式的根本转变,从依赖人工布点转向自动化空中采集,从单点测量升级为面状覆盖。精度控制、流程优化与环境适配构成了技术落地的三根支柱,缺一不可。实际作业中仍需正视气象干扰、信号遮挡与数据安全等现实约束,将技术手段与工程经验紧密结合,才能真正释放无人机测绘的潜能。工程测量从业者应当持续跟踪技术演进,在实践中积累适配本地条件的作业规范,推动测量工作向更高效、更精准的方向稳步迈进。

参考文献

- [1]张媛媛,徐阳阳,高晴晴,等.基于无人机测绘技术的工程测量应用分析[J].粘接,2026,53(4):1142-1144,1148.
- [2]王明伟.基于测绘工程测量中无人机遥感技术应用研究[J].科学与信息化,2026,47(2):16-18.
- [3]何学志,李九鸿,龚弦.无人机测绘技术在工程测量中的应用分析[J].工程与建设,2025,39(1):42-44.
- [4]陈清秋,于风鸣,赵学文,等.无人机航拍技术在测绘工程测量中的应用[J].居业,2024(7):61-63.
- [5]孙振杰.无人机遥感技术在测绘工程测量中的应用[J].世界有色金属,2024(11):151-153.