

# 无人机航空摄影测量技术在工程测绘中的应用

赵龙飞

宁夏公路勘察设计院有限责任公司 宁夏 银川 750001

**摘要:** 无人机航空摄影测量技术融合多领域科技,在工程测绘中展现显著优势。其通过低空飞行获取高分辨率影像,经处理生成高精度模型与影像图,满足大比例尺测绘需求。在地形测绘、工程规划、施工监测及土方计算等方面应用广泛,能突破复杂地形限制,提升效率与精度。该技术面临环境适应性、数据处理传输及续航载荷等挑战,需通过技术创新与优化策略应对,以推动工程测绘数字化、智能化发展。

**关键词:** 无人机;航空摄影测量;技术;工程测绘;应用

## 引言

随着工程建设对测绘数据精度与效率要求提升,传统测绘方式渐显局限。无人机航空摄影测量技术凭借灵活、高效、低成本等特性,成为工程测绘革新的关键力量。其在复杂地形作业、海量数据处理等方面的能力,为工程各阶段提供有力支撑。本文旨在分析该技术在工程测绘中的具体应用,探讨面临的挑战及应对策略,为推动其更广泛、深入应用提供思路,助力工程测绘技术升级与行业发展。

## 1 无人机航空摄影测量技术概述

无人机航空摄影测量技术,是融合了无人机、摄影测量、计算机视觉与数据处理等多领域前沿科技的创新测量手段。它借助无人机搭载高分辨率相机,于低空灵活飞行,高效获取地面影像数据,再依托先进算法与软件,对数据进行精密测量、处理及解析。此技术作业流程涵盖多个关键环节。前期,需利用专业软件,依据测区地形、目标精度要求等,精心规划无人机飞行航线,确保其能全面、精准覆盖拍摄区域,同时设定适宜飞行高度、速度与相机参数,保障影像质量。飞行作业阶段,无人机严格依预设航线飞行,期间高分辨率相机持续拍摄,记录地面丰富细节信息。完成拍摄后,进入数据处理环节,借助专业软件,对海量影像数据实施拼接、配准、纠正及解译等操作,通过复杂算法构建测区高精度三维模型与正射影像图。无人机航空摄影测量技术优势显著。在精度层面,其采用的高分辨率相机与先进传感器,可捕捉地表高清影像与多波段数据,能满足诸如1:500、1:1000等大比例尺地形图绘制精度要求,为各类工程建设与地理研究提供可靠数据支撑。效率上,相较于传统测绘方式,它可快速响应,短时间内完成大面积区域测绘,极大缩短项目周期,提升工作效率。成本方面,无人机购置与运营成本远低于有人驾驶飞机,

且无需大量人力投入,有效降低测绘成本。灵活性更是突出,不受复杂地形、交通条件限制,可在山区、水域、城市密集区等复杂环境开展作业,还能依据不同任务需求,灵活调整飞行方案与搭载设备。在当今数字化、智能化时代,无人机航空摄影测量技术凭借自身独特优势,正广泛应用于众多领域,为各行业发展注入新活力,展现出广阔发展前景。

## 2 无人机航空摄影测量技术在工程测绘中的应用分析

### 2.1 地形测绘

(1) 在地形测绘中,无人机航空摄影测量技术能精准获取地形信息。通过搭载高分辨率相机,可对复杂地形区域进行细致拍摄。例如在山区,无人机能穿梭于山谷之间,获取传统测量手段难以触及区域的影像。基于这些影像,利用专业软件进行处理,能生成高精度的数字高程模型(DEM),精确反映地形起伏变化,为后续工程设计提供关键地形数据支持。(2) 针对大面积地形测绘任务,无人机的高效性得以凸显。依据测区范围与形状,规划合理飞行航线,无人机可在短时间内完成大面积区域覆盖拍摄。获取的海量影像数据经自动化处理流程,快速生成正射影像图(DOM)。相比传统人工测量方式,大大缩短测绘周期,提高地形测绘效率,且保证数据的准确性与完整性。(3) 对于特殊地形,如湿地、沼泽等人员难以深入的区域,无人机不受地形限制,可轻松抵达并进行测量作业。利用其灵活性,调整飞行高度与角度,获取不同视角的影像,为绘制精确地形图提供丰富素材。结合全球定位系统(GPS)和惯性测量单元(IMU),确保测量数据的高精度定位,使地形测绘成果更具可靠性<sup>[1]</sup>。

### 2.2 工程规划设计辅助

(1) 在工程规划设计阶段,无人机航空摄影测量技术提供的直观影像资料与高精度数据,对方案制定至关

重要。通过构建测区三维模型,设计师可清晰观察地形地貌、地物分布情况,模拟不同工程方案在实际环境中的呈现效果。例如在道路规划设计中,基于三维模型分析路线走向,评估对周边环境的影响,优化路线方案,提高设计的科学性与合理性。(2)利用无人机获取的多光谱影像,能对测区内植被、土壤等进行分析。在城市公园规划设计中,细致分析植被分布与健康状况,可精准划分出密林区、疏林草地区等不同绿化区域,为鸟类等生物提供多样栖息地。结合地形数据,巧妙规划排水、灌溉系统,使水流依地势而动,保障工程契合实际地形与生态需求,提升工程整体品质。(3)在大型建筑工程设计中,无人机测量数据有助于精确计算场地平整工程量、建筑材料用量等。通过对建筑场地的详细测量,获取准确面积、高差等数据,为工程造价估算提供可靠依据。设计师根据这些数据,优化建筑布局,合理安排施工工序,降低工程成本,提高经济效益。

### 2.3 施工进度监测

(1)施工过程中,无人机定期对施工现场进行航拍,获取实时影像数据。通过对比不同时间节点的影像,可直观清晰地了解工程各部分施工进度。例如在桥梁建设中,能清楚看到桥墩浇筑、桥梁架设等环节的进展情况,及时发现施工滞后区域,便于施工方调整资源分配,确保工程按计划推进。(2)借助人工智能图像识别技术,对无人机拍摄影像进行分析,可自动识别施工现场的关键施工元素,如建筑物主体结构、施工设备等。通过识别结果与施工计划对比,精准判断施工进度是否符合预期,实现施工进度的智能化监测,提高监测效率与准确性,为项目管理提供有力数据支持。(3)对于线性工程,如公路、铁路施工,无人机沿线路飞行拍摄,它能穿梭于复杂地形,以多视角、高频次的拍摄方式,全面且精准地掌握工程全线施工进度。将拍摄影像与设计图纸叠加分析,可快速揪出施工偏离设计的部位,迅速通知施工人员整改,让施工始终严格遵循设计要求,有力保障工程质量与整体进度<sup>[2]</sup>。

### 2.4 土方量计算

(1)无人机航空摄影测量技术为土方量计算提供了高效、精确的方法。在施工现场,分别于施工前、后运用无人机进行两次测量,其能快速覆盖大面积区域,精准获取不同时期的地形数据。随后利用专业软件对数据细致对比分析,生成清晰的土方挖填区域分布图,精确算出开挖量与回填量,为工程土方调配提供准确数据依据。(2)在复杂地形的土方工程中,传统测量方法难以准确测量地形起伏变化,导致土方量计算误差较大。无

人机可灵活飞行至各个角落,获取详细地形数据,构建高精度三维地形模型。基于该模型进行土方量计算,充分考虑地形细节,大大提高土方量计算精度,避免因计算误差导致的工程成本增加或资源浪费。(3)结合地理信息系统(GIS)技术,将无人机测量数据与其他工程数据进行整合分析。在矿山开采土方工程中,利用GIS强大的数据处理与分析功能,综合考虑矿体分布、开采边界等因素,精确计算土方量,为矿山开采规划与资源管理提供科学决策依据,实现土方工程的精细化管理。

## 3 无人机航空摄影测量技术在工程测绘应用中的挑战及应对策略

### 3.1 挑战

#### 3.1.1 环境适应性问题

无人机航空摄影测量技术在复杂环境中作业时,常面临恶劣气象条件的直接制约,强风、暴雨、浓雾等天气不仅会干扰无人机的稳定飞行,还会导致相机成像质量下降,出现影像模糊、曝光不足等问题,影响后续数据处理的精度。在宁夏地区常见的沙漠或戈壁区域,扬起的沙尘会附着在相机镜头上,造成影像污点,同时沙尘颗粒也可能侵入无人机动力系统,增加设备故障风险。复杂电磁环境也会对无人机的通信链路产生干扰,山区地形中存在的信号遮挡或反射现象,可能导致无人机与地面站之间的数据传输中断,引发飞行姿态失控。当测区存在大范围植被覆盖时,如夏季的草原或林区,茂密的枝叶会对地表真实形态形成遮挡,使得无人机获取的影像难以准确反映地表细节,给地形建模和数据解译带来困难。

#### 3.1.2 数据处理与传输难题

无人机在一次作业中往往能获取海量高分辨率影像数据,单架次飞行产生的数据量可达数百GB,这对数据处理的硬件算力提出了极高要求,普通工作站难以在短时间内完成数据的拼接、配准和建模等流程,导致数据处理周期过长,影响工程进度。影像数据中可能存在的畸变、重叠度不均等问题,需要专业人员进行人工干预校正,增加了数据处理的复杂性和时间成本。在数据传输环节,测区若处于网络信号薄弱区域,如偏远山区或荒漠地带,海量数据难以通过无线网络实时回传,只能依赖无人机返航后进行本地传输,这不仅延误数据的及时分析,还可能因存储设备故障导致数据丢失。不同软件平台对数据格式的兼容性差异,会造成数据转换过程中出现信息损耗,降低最终成果的精度<sup>[3]</sup>。

#### 3.1.3 无人机续航与载荷限制

目前主流测绘无人机的续航时间多在30至60分钟,

对于大面积测区,需要多次起降才能完成数据采集,不仅增加了作业时间,还可能因多次飞行的航线衔接误差影响数据的连贯性。在宁夏部分地形复杂的公路勘察区域,若测区跨度大且地形起伏剧烈,无人机需要频繁调整飞行高度以适应地形变化,这会进一步缩短实际有效作业时间,降低测绘效率。载荷能力的限制也制约着技术应用,高分辨率相机、多光谱传感器等精密设备往往重量较大,搭载后会显著影响无人机的飞行稳定性和续航能力,难以同时满足高精度数据采集和长航时作业的需求。在低温或高温环境下,电池性能会大幅衰减,进一步缩短续航时间,给连续作业带来挑战。

### 3.2 应对策略

#### 3.2.1 提升环境适应能力

针对恶劣气象条件,可研发具备智能气象感知功能的无人机系统,通过搭载微型气象传感器,实时监测作业区域的风速、湿度、能见度等参数,结合预设阈值自动调整飞行计划,在风速超过安全范围时及时返航或悬停等待。为应对沙尘环境,对无人机机身及镜头采用防尘密封设计,镜头表面加装可自动清洁的纳米涂层,减少沙尘附着,同时在动力系统进气口安装高效滤尘装置,降低设备磨损。针对电磁干扰问题,优化无人机通信模块,采用跳频技术和抗干扰编码,增强信号传输的稳定性,在山区等信号薄弱区域,可部署地面中继站扩展通信覆盖范围。对于植被遮挡问题,结合激光雷达载荷,通过激光穿透植被层获取地表真实数据,与光学影像融合处理,提升复杂植被区的测绘精度<sup>[4]</sup>。

#### 3.2.2 优化数据处理与传输

构建分布式数据处理云平台,利用云计算的强大算力实现海量影像数据的并行处理,将数据处理周期缩短至传统方式的三分之一以内,同时开发智能化数据校正算法,自动识别并修复影像中的畸变和瑕疵,减少人工干预。在数据传输方面,采用边缘计算技术,在无人机地面站部署轻量化数据处理单元,对采集的影像进行实时预处理,提取关键信息后再进行传输,降低数据传输量。针对网络信号薄弱区域,可配备便携式卫星通信终端,实现数据的近实时回传,同时采用分布式存储架

构,在无人机和地面站分别建立数据备份,通过区块链技术确保数据传输过程中的完整性和安全性。统一数据格式标准,开发跨平台数据转换接口,避免数据转换过程中的信息损耗。

#### 3.2.3 改善无人机续航与载荷性能

研发新型高密度电池技术,采用石墨烯复合电极材料,提升电池能量密度,将无人机续航时间延长至90分钟以上,同时开发智能电源管理系统,根据作业负载动态调整各部件功耗,在巡航阶段降低非必要设备的能耗。优化无人机气动布局,采用流线型机身和可折叠机翼设计,减少飞行阻力,提升续航能力,同时采用轻量化复合材料制造机身结构,在保证强度的前提下降低自身重量,提高载荷能力。针对复杂地形作业需求,开发自适应飞行控制系统,通过地形匹配算法提前规划最优飞行高度,减少因频繁调整高度造成的能量消耗。设计模块化载荷接口,实现不同传感器的快速更换,在单次飞行中完成多类型数据采集,提高作业效率<sup>[5]</sup>。

### 结语

综上所述,无人机航空摄影测量技术为工程测绘带来革命性变革,在地形测绘中突破环境限制,为工程规划提供精准数据,助力施工高效监管与土方精准计算。尽管面临环境、数据、设备等挑战,但通过技术改进与策略优化可逐步克服。未来,随着技术持续创新,其将进一步推动工程测绘向智能化、精细化迈进,为工程建设高质量发展提供更强支撑。

### 参考文献

- [1]孟大鹏.无人机航空摄影测量技术在工程测绘中的应用[J].世界有色金属,2020(11):142-143.
- [2]刘俊豪,张中强.无人机航空摄影测量技术在工程测绘中的应用[J].汽车博览,2023(27):19-21.
- [3]潘立雄.无人机航空摄影测量技术在工程测量中的应用[J].工程与建设,2020,34(5):927-928.
- [4]赵东.无人机航空摄影测量技术在地形测绘中的应用[J].户外装备,2023(7):457-459.
- [5]低空数字航空摄影规范:CH/Z 3005-2010[S]. 2010.