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[1]。

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[2]。

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。在施工场地，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[3]。

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沙尘密封设计，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[4]。

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[5]。

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.