

无人机航空摄影测绘在工程测绘领域的应用

王 明

宁夏禾宇空间测绘有限公司 宁夏 银川 756000

摘 要：无人机航空摄影测绘作为工程测绘领域的新型技术手段，在数据采集效率与成果精度方面已展现出显著优势。本文围绕无人机测绘的系统构成、数据采集处理流程以及在土建、交通、水利、市政与矿山工程中的具体应用展开论述，同时梳理了复杂工况下的技术优化路径与智能化发展方向。无人机航空摄影测绘凭借低空机动、多载荷适配与全流程数字化作业等特性，为工程测绘提供了覆盖范围更广、细节还原度更高的数据采集方案，推动了测绘作业模式从地面单点测量向空中面状全域采集的技术转型。

关键词：无人机航空摄影测绘；工程测绘；数据采集；影像处理；技术优化

引言：工程测绘工作对地形数据的覆盖范围与精度标准提出了持续攀升的要求，传统地面测绘手段在效率与覆盖能力上逐渐显现出局限。无人机航空摄影测绘依托低空作业模式，可在短时间内完成大面积区域的影像获取与空间数据采集，为工程测绘提供了面状覆盖替代点状采集的技术可能。该技术已在多类工程场景中得到广泛应用，作业模式与数据处理流程日趋成熟。围绕航测系统构成、数据处理技术与工程应用方法展开讨论，对推动工程测绘技术升级具有现实意义。

1 无人机航空摄影测绘的系统构成与技术特性

1.1 无人机航空摄影测绘硬件系统组成

无人机航空摄影测绘的硬件体系为工程测绘数据采集提供基础载体，整体架构具备模块化与集成化特征。飞行承载设备为测绘作业提供空中作业平台，可适配不同空域与地形环境的飞行作业需求。影像采集设备负责捕捉地表全域影像信息，设备成像精度与感光性能直接决定原始测绘数据的基础质量^[1]。定位导航设备能够精准把控飞行空间位置与飞行姿态，保障航摄作业的规范性与覆盖完整性。地面操控设备承担飞行调控、数据接收、设备调试等基础功能，实现空中作业单元与地面作业环节的有效衔接。数据存储与传输硬件可稳固留存海量影像资料与飞行参数信息，保障测绘原始数据的完整留存与后续调用。

1.2 无人机航空摄影测绘软件系统架构

适配无人机航空摄影测绘的软件系统覆盖作业全流程技术处理环节，形成层级清晰的功能架构。飞行规划软件可完成作业区域分析、航线布设、飞行参数设定等前置操作，搭建标准化航摄作业方案。影像处理软件针对原始影像开展优化修正、特征匹配、影像拼接等操作，完成基础影像资料的标准化处理。空间解算软件依

托影像数据完成空间坐标解算与网格构建，生成具备空间属性的测绘基础数据。三维建模与成图软件可依托处理完成的影像与空间数据，生成各类数字化测绘成果。数据管理软件实现测绘资料的分类存储、调取管理与归档处理，保障测绘数据资源的有序利用。

1.3 无人机航空摄影测绘核心技术特点

无人机航空摄影测绘依托低空作业模式形成独特的技术属性，适配现代工程测绘的精细化作业需求。低空作业模式可贴合地表地形特征开展数据采集，弱化高空作业带来的影像偏差与细节缺失问题。机动作业属性让测绘作业可适配复杂作业场景，突破传统作业模式对场地条件的局限。精细化采集能力可捕捉地表细微地形特征与构筑物形态信息，提升测绘数据的细节呈现程度。数字化作业模式可实现采集数据的直接数字化转化，衔接后续数字化成图与模型构建工作。灵活的作业模式可适配不同规模的工程测绘任务，适配多元工程场景的作业需求。

1.4 无人机测绘与传统工程测绘的技术差异

无人机航空摄影测绘在作业模式、数据形式与作业维度上，与传统工程测绘存在明显技术区分。传统工程测绘多依托地面设备开展单点数据采集，作业覆盖范围存在局限。无人机测绘依托空中视角完成全域面状数据采集，大幅拓展单次作业的覆盖范围。传统测绘作业耗费大量人力物力完成现场踏勘与点位测量，整体作业周期相对更长。无人机测绘简化现场作业流程，依靠设备自动化飞行采集缩减现场作业投入。传统测绘成果多以二维点位与线条数据为主，数据维度相对单一。无人机测绘可同步积累影像与空间数据，支撑二维图纸与三维模型多类成果生成，丰富工程测绘的数据输出维度。

2 无人机航空摄影测绘的数据采集与处理技术

2.1 无人机航摄作业规划与航线布设技术

无人机航摄作业规划是工程测绘数据采集的前置核心环节,整体布设逻辑围绕作业区域地形态势与测绘精度标准展开^[2]。技术人员结合工程测绘的精度标准划定有效作业空域,依托地形起伏状态调整飞行高度与覆盖范围。航线布设遵循规整化覆盖原则,通过合理设定影像重叠度保障全域地形信息的完整收录。科学的航线规划能够规避空域内的遮挡障碍,提升飞行作业的平稳程度。合理的参数设定可以匹配不同工程测绘的作业标准,为后续影像采集与数据处理奠定基础。

2.2 工程测绘场景下影像数据采集方式

工程测绘场景的差异化特征,决定无人机影像数据采集具备多样化实施形式。平坦开阔的工程场地依托常规水平飞行模式完成影像获取,保障画面尺度的统一规范。地形起伏较大的山地与丘陵工程区域,适配变高飞行采集模式适配地形波动变化。针对线性延伸的交通、水利工程区域,带状飞行采集模式可以贴合场地延伸形态完成连续数据收录。复杂构筑物集中的作业区域,多角度倾斜摄影采集模式能够获取构筑物立面与顶面的全方位影像信息,补足常规垂直拍摄的信息短板。

2.3 航摄影像预处理技术

航摄影像预处理是剔除原始数据干扰、优化影像质量的关键工序。系统筛查原始航摄影像的画质状态,剔除模糊、曝光异常、画面残缺的无效影像内容。通过画质修正技术优化影像亮度与对比度,弱化光线环境变化带来的画质偏差。影像畸变校正技术针对镜头成像误差进行修正,还原地表地形与构筑物的真实空间形态。统一影像分辨率与成像尺度标准,让批量影像数据保持一致性状态,适配后续批量处理作业需求。

2.4 多源测绘数据融合处理技术

多源测绘数据融合处理实现不同类型测绘数据的有机整合与统一规整。影像数据、位置数据与姿态数据按照统一空间基准完成匹配对接,构建完整的工程测绘数据体系。数据融合算法消解不同数据源之间的尺度偏差与空间偏差,提升整体数据的适配程度。多元数据的深度整合可以丰富工程测绘的数据维度,为高精度模型构建与地形图制作提供充足的数据支撑,提升测绘成果的精细层级。

2.5 测绘成果数据生成技术流程

测绘成果数据生成依托处理后的优质影像与空间数据逐级推进。系统完成影像特征匹配与空间拓扑构建,搭建完整的区域空间数据框架。依托空间解算结果生成基础地形数据与地表纹理数据,构建数字化地形基础模型。通过精细化处理手段生成数字正射影像、数字高程

模型与二维线划图等多元成果。标准化的生成流程能够保障各类测绘成果的规范性,满足不同工程施工与设计环节的使用需求。

3 无人机航空摄影测绘在各类工程测绘场景中的应用

3.1 土建工程地形测绘应用

土建工程前期筹备阶段需要精准完整的地表地形资料,支撑项目整体设计与场地统筹规划。无人机航空摄影测绘能够完成大面积土建造施工场地的全域地形采集工作,精准捕捉地表起伏态势、地貌分布格局以及场地原始肌理特征^[3]。新型测绘作业模式适配土建造场地开发前后的地貌变动状态,采集所得数据可以为场地平整规划、土方调配布局等基础施工筹备工作提供技术支撑。高精度的地表信息采集模式持续完善土建工程前期地形资料体系,提升场地开发与施工布局的科学性。

3.2 交通工程线路测绘应用

交通工程建设具备空间跨度广、线路走向狭长的特征,对沿线全域地形数据精度有着较高标准。无人机航空摄影测绘可覆盖长距离交通线路规划区域,系统收录线路沿线地形地貌参数与地表构筑物分布信息。独特的空中作业模式适配交通线路延伸形态带来的狭长作业场景,弥补传统地面测绘难以快速完成大范围线路全域覆盖的短板。标准化采集数据可以辅助技术人员优化线路走向、调整路基布设结构,为交通工程空间规划提供基础数据支撑。

3.3 水利工程库区及河道测绘应用

水利工程作业区域涵盖广阔库区与蜿蜒河道,传统地面测绘模式容易受到水域环境阻隔产生作业盲区。无人机航空摄影测绘可完整采集河道岸线形态结构与库区全域地形数据,清晰还原水域周边地形走势与地貌分布特征。依托低空飞行的作业优势避开水域地形阻碍,稳定获取连续完整的库区与河道空间地形信息。精细化测绘数据可以服务于水利工程整体布局规划、水域空间结构分析以及岸线整治改造等核心技术工作。

3.4 市政工程全域空间测绘应用

市政改造工程与建设工作覆盖城市成片区域,需要全面掌握片区地表空间结构与设施分布状态。无人机航空摄影测绘可完成城市片区全域地形与市政配套设施的信息采集,系统梳理城区空间架构与地表地貌分布规律。灵活的飞行作业方式适配城市建筑密集、地形复杂的作业环境,高效收录城区道路、绿地及各类公共设施的空间参数。完整的全域测绘数据能够支撑城市更新改造、市政设施排布与城区空间优化建设工作。

3.5 矿山及岩土工程场地测绘应用

矿山与岩土工程场地普遍存在地形起伏剧烈、地貌结构复杂的特点,常规测绘作业开展难度较大。无人机航空摄影测绘可以高效收录矿山场地整体地形风貌、岩土坡面结构以及场地空间格局相关信息。低空航拍作业模式适配崎岖多变的岩土作业场地,规避地面踏勘过程中存在的各类作业限制。高精度地形数据能够支撑矿山场地整体规划、岩土结构分析以及工程场地开发布局等一系列技术工作。

4 无人机航空摄影测绘的技术优化与发展趋势

4.1 复杂工况下无人机航摄技术优化方法

工程测绘作业常会面对天气多变、地形复杂、遮挡物密集的野外工况,常规航摄作业模式容易出现数据采集不完整的问题。针对性的技术优化可以从飞行参数调控层面切入,依据作业区域的环境特征调整飞行高度与拍摄角度,提升飞行作业的适配能力^[4]。航摄设备的抗干扰优化可以弱化外界环境因素对成像质量的干扰,保障野外作业的稳定运行。航线动态调整机制能够适配局部地形突变带来的作业变化,消除固定航线作业模式存在的采集漏洞,提升复杂工况下航摄数据的完整度。

4.2 测绘数据精细化处理技术升级方向

现代工程建设对测绘成果的精细度与准确度设置严苛标准,推动测绘数据处理技术持续迭代更新。影像处理体系朝着高精度降噪、纹理还原与画质统一的方向持续升级,消除野外复杂环境引发的影像噪点与色彩偏差,还原地表场景的真实样貌。空间解算技术持续优化底层运算逻辑,细化地表点位的空间计算精度,提升地形坐标与空间结构匹配的精准水平。数据筛选与修正机制依托标准化工程作业要求完成迭代升级,自动甄别质量不达标的影像与空间数据,完成有效数据的规整整合。持续优化的处理体系能够夯实测绘成果的质量基础,为各类数字化成果制作提供稳定的数据支撑。

4.3 智能化技术与无人机测绘的融合发展

前沿智能算法与自动化技术的持续革新,为无人机测绘行业的转型升级提供全新发展动能。智能识别算法可以自主解析航摄影像内容,精准区分地表地形、构筑物及各类地物信息,缩减人工处理投入的工作成本。自动化调控模块能够依托场地环境自主完成飞行参数调

整与航线优化,降低人工操作带来的作业偏差。智能数据整理体系可以对海量测绘数据进行分层梳理与规范存储,简化繁杂的后期处理流程。各类智能技术的深度融入能够提升测绘作业全流程的自动化水平,推动传统人工辅助作业模式向智能化自主作业模式平稳过渡。

4.4 无人机航空测绘技术的多元化拓展方向

现代工程测绘领域的多元建设需求,持续推动无人机航空测绘技术突破传统应用边界。技术应用范围不断向各类细分工程领域延伸,适配不同场景的专属测绘作业需求。软硬件配套体系的持续升级可以支撑大范围、高精度、多维度的测绘作业任务,适配大型工程建设的测绘标准。行业发展进程着重打造采集处理成图一体化作业体系,打通测绘全流程的技术衔接壁垒^[5]。技术研发工作持续探索新型作业模式与数据应用路径,丰富工程测绘的技术实施体系,贴合现代工程建设数字化与精细化的整体发展节奏。

结束语

无人机航空摄影测绘已深度嵌入工程测绘的多个作业环节,从系统构成到数据处理再到场景应用形成了较为完整的技术链条。硬件与软件系统的协同运作保障了数据采集的稳定性与成果输出的规范性,多源数据融合处理技术提升了测绘成果的精度层级。该技术在土建、交通、水利、市政与矿山等工程领域的应用实践,验证了空中作业模式对传统地面测绘的有效补充。智能化算法与自动化技术的持续引入,将进一步推动无人机航测向更高精度与更强自主能力方向演进。

参考文献

- [1]陈婷婷,张慧容.地形图测绘中无人机航空摄影测量技术的应用研究[J].张江科技评论,2025(2):129-131.
- [2]陈玉聪,温宏量.无人机航空摄影测量在地形图测绘中的应用研究[J].科技创新导报,2022,19(24):102-105.
- [3]艾林,唐秀华.无人机航空摄影测量技术在工程测量和地质测绘中的应用[J].工程技术研究,2023,5(4):6-8.
- [4]沈红英.无人机航空摄影测量在城市地形图测绘中的应用[J].中国信息界,2026(2):27-29.
- [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.