

4.4 全球导航卫星系统的应用

全球导航卫星系统（GNSS）在调查中主要应用于外业核查和测绘的精准定位。它通过接收来自多颗导航卫星的信号，可以实时准确地确定地面点的三维坐标。在国土调查工作中，可高效应用GNSS技术。首先GNSS技术可以实现土地界址点的精准测量。在传统测量工作中会受到地形天气的影响，而该技术可以很好地克服这一障碍，提高测量的工作精度和效率。为土地权属的明确提供依据。其次，GNSS技术还可以测量土地面积。测量土地边界各点坐标，与GIS技术结合，精准计算出土地的面积。外业核查工作中，调查人员可以根据内业提取的变化图斑，到实地进行核实。而对于新增或者发生变化的内容，例如新建的道路、建筑物等，调查人员可以直接使用RTK采集其边界坐标，直接生成符合精度要求的电子数据，更新内业数据库。在该技术的支持下，可开展土地的动态管理工作，为各项工作提供依据。

4.5 CORS技术的应用

CORS系统指的是连续运行参考站系统，是国土变更调查中一项重要的空间基础设施。它通过建立若干个固定的连续运行的GPS/GNSS基准站，利用卫星定位技术、计算机网络和数字通信技术，可以为广大区域内的用户提供实时、全天候、高精度的三维坐标信息。在国土变更调查的外业数据采集工作中，依托于CORS系统的厘米级实时定位能力，外业人员通过移动终端，直接获取变更图斑的精确坐标。针对遥感影像未能清晰识别的隐蔽变更，CORS系统可现场快速补测。CORS系统与PAD、嵌入式GIS等集成，开发出了便于野外携带和操作的专用测绘装备，实现了定位与长途一体化。可进行内外业无缝衔接的全数字化土地调查工作。CORS系统可以与多项技术综合应用。例如，该系统可以为卫星遥感和无人机航测提供高精度控制点。在应用无人机航空摄影测量时，CORS可快速完成像片控制测量，检核数字正射影像成果的平面精度，确保影像解译的可靠性。获取的三维坐标数据，可与GIS数据库中的历史调查成果进行叠加分析。例如，在集体土地所有权调查工作中，CORS系统提供统一的坐标基准，确定不同时期不同来源的权属数据空

间的一致性，可以减少因坐标差异导致的纠纷。

4.6 激光雷达技术的应用

激光雷达技术是一种光学遥感技术，通过向目标发射激光束，测量激光信号从发射到被物体反射回来的时间，计算与目标之间的距离。它能够获取厘米级甚至毫米级精度的三维空间数据，而且不依赖环境光，白天黑夜都能工作。但是会受到雨雪等天气的影响。在国土变更调查工作中，应用激光雷达技术可获得更加高精度、高分辨率的数据。具体应用中，通过使用激光扫描地面获取地表的三维坐标信息，进而构建出高精度的数字高程模型。而且还能够实现对植被覆盖区域的精准测量。与传统的遥感技术相比，激光雷达技术可以穿透植被层获取地表的真实信息，明确植被分类情况，计算植被覆盖面积^[6]。而且，激光雷达技术可应用于三维模型构建中，直观地展示土地资源的空间分布和特征。

5 结语

综上所述，新时期国土变更调查工作开展时可合理应用测绘技术，发挥遥感技术、CORS系统、GIS技术、GNSS技术、激光雷达技术等多项技术的优势开展。更加详细全面的调查工作，获得精准可靠的数据信息，为国土空间管理提供重要依据，更好地服务国家和社会的发展。

参考文献

- [1] 朱鹏飞. 国土变更调查中的测绘新技术应用研究[J]. 工程管理与技术探讨,2025,7(6).
- [2] 任露. 测绘新技术在国土三调以及国土变更中的应用分析[J]. 低碳世界,2025,15(2):46-48.
- [3] 胡昕,王斌. 年度国土变更调查技术的创新与应用[J]. 测绘与空间地理信息,2025,48(6):139-140,144.
- [4] 赵欢欢,李博,韩晓飞,等. 现代测绘技术在国土调查中的应用与挑战[J]. 科技资讯,2025,23(3):205-208.
- [5] 杨春安. 国土变更调查中的测绘新技术应用研究[J]. 城市情报,2024(8):153-154.
- [6] 张晓宇. 国土变更调查的实施方法探索及问题处理[J]. 测绘与空间地理信息,2024,47(z1):184-185,188.

Application effect and optimization strategy of UAV aerial surveying technology in topographic mapping

Qixue Xu

China Railway 11th Bureau 5th Company, Chongqing, 400037, China

Abstract

With the continuous advancement of aerial photogrammetry and remote sensing technologies, drone aerial surveying has gained widespread application in topographic mapping due to its advantages of mobility, cost-effectiveness, and ease of operation. This technology not only enables efficient acquisition of high-precision terrain data in complex environments but also integrates with multi-source data to provide crucial support for land planning, resource surveys, environmental monitoring, and engineering projects. Starting from the fundamental principles of drone aerial surveying, this paper systematically analyzes its primary applications in topographic mapping, thoroughly explores existing challenges, and proposes targeted optimization strategies to provide theoretical references and technical guidance for related research and practices. Through comprehensive analysis of technical characteristics, application advantages, and development bottlenecks, the study aims to promote the standardization, intelligentization, and sustainable development of drone aerial surveying technology in topographic mapping.

Keywords

UAV aerial survey technology; topographic mapping; application effects; optimization strategies

无人机航测技术在地形测绘中的应用效果与优化策略

徐其学

中铁十一局五公司，中国·重庆 400037

摘要

随着航空摄影测量与遥感技术的不断发展，无人机航测技术凭借其机动灵活、成本相对较低、操作简便等优势，在地形测绘领域的应用日益广泛。该技术不仅能够在复杂环境下高效获取高精度地形数据，还能与多源数据融合，为国土规划、资源调查、环境监测、工程建设等领域提供重要的数据支撑。本文从无人机航测技术的基本原理出发，系统分析其在地形测绘中的主要应用效果，深入探讨当前存在的问题与挑战，并提出针对性地优化策略，以期为相关研究与实践提供理论参考与技术指引。通过对技术特点、应用优势及发展瓶颈的全面剖析，本文旨在推动无人机航测技术在地形测绘领域的规范化、智能化与可持续发展。

关键词

无人机航测技术；地形测绘；应用效果；优化策略

1 引言

地形测绘为地理信息科学的关键组成部分，是获取地表形态、地物分布连同地理空间关系的基础工作。在国民经济建设、生态环境保育、灾害应急响应等范畴，地形测绘成果所起的作用不可替代。传统地形测绘主要借助载人航空摄影、卫星遥感以及地面测量等方式，即便有着一定的技术成熟基础，但成本高昂、作业周期冗长、灵活性欠佳、环境适应性受限等问题普遍存在。无人机航测技术的崭露头角，为地形测绘开拓了全新的发展空间，全面分析这些问题并给出优化策略，对推动无人机航测技术于地形测绘领域的稳健发

展意义重大。

2 无人机航测技术概述

2.1 基本原理

无人机航测技术是一种把航空飞行、遥感测量、地理信息采集与处理集于一身的综合技术，其核心工作流程涉及任务规划、数据采集、数据预处理、数据解算与建模、成果输出与应用等环节。任务规划阶段，须依照测绘目标与精度要求，制定合理的飞行航线，明确飞行高度及重叠度，然后调整传感器参数^[1]。数据采集阶段，无人机携载光学相机、多光谱相机、激光雷达等传感器，沿预设航线自行完成影像或点云数据采集工作。处于数据预处理环节，针对原始数据实施辐射校正、几何校正、去噪等处理举措，借此消除系统误差与环境干扰。数据解算建模阶段，依靠空中三角测量、

【作者简介】徐其学（1980-），男，中国云南曲靖人，高级工程师，从事精密工程测量、高精度定位测量研究。

点云匹配、三维重建等算法，得到数字高程模型、数字正射影像、数字线划图等标准化成果。把已处理的成果用规范格式输出，为各类应用供给数据支撑。

2.2 系统组成

无人机航测系统是一个靠多模块协同工作组成的有机整体，各部分功能相辅相成、不可或缺。整个系统以无人机平台为基础，依作业需求可分成多旋翼、固定翼、无人直升机等类别，各平台于飞行稳定性、续航能力、载荷能力等方面特点各异。飞行控制系统恰似无人机的“大脑”，从事姿态控制、航线执行、定位导航及应急处理相关工作，直接关乎作业的安全性与精度，任务载荷乃是数据采集的关键核心，涉及光学、多光谱、激光雷达等诸多传感器，其性能参数对数据类型、分辨率与精度起着决定性作用，数据传输系统达成飞行状态跟采集数据的实时传输，保证作业过程处于可监控与可调整状态。数据处理系统由硬件设备及专业软件组成，达成从原始数据到最终成果的处理及分析，硬件层面需高性能计算机及大容量存储设备，软件层面需借助专业的数据处理平台，达成数据预处理、解算、建模及成果输出。

3 无人机航测在地形测绘中的应用效果

3.1 提高测绘效率

无人机航测借助自动化飞行及数据采集，极大减少了野外作业的时间与人工干预的程度，进而显著增进测绘效率，能在短时间内覆盖广袤区域，通过多架次接力及分区域作业实现连续测绘。与传统地面测量相比，既减少了人力投入，还排除了因地形复杂引起的作业延误。与载人航空摄影相较，无人机航测无需繁琐的起降准备及航线协调，可在更短时间内达成数据采集任务^[2]。无人机凭借快速响应能力，在应急测绘中脱颖而出，可以在事件发生后迅速加以部署，为决策及时呈上数据支持。

3.2 提升数据精度

无人机航测于数据精度方面的优势主要展现为高分辨率传感器与高精度导航系统的结合。高分辨率光学相机及激光雷达等载荷可捕捉细微地形特征，产出高密度点云或影像数据，为后续处理给予丰富信息，如 RTK、PPK 技术的高精度导航系统，可获取厘米级定位精度，保障数据采集在几何层面的精准性。在开展数据处理工作阶段，如空中三角测量、多视图立体匹配等先进算法，可有效去除影像畸变与测量误差，生成数字高程模型、正射影像及线划图，这些成果足以契合不同比例尺地形测绘的精度标准，还可为各类应用筑牢可靠的数据根基。

3.3 增强环境适应性

无人机航测的环境适应性主要展现为其对复杂地形与恶劣环境的应对能力。与传统地面测量相比，无人机无需人员进入作业区，可在山地、峡谷、森林、水域等通行受阻的地形中灵活展开作业^[3]。在植被密集区，将激光雷达(LiDAR)

与多光谱成像同步采集，利用激光雷达穿透冠层的能力获取地面真实高程，同时结合多光谱数据识别植被类型与生长状态，实现地形与生态信息的同步提取。对于水域及湿地，可搭载高光谱传感器识别水体深度与水质参数，配合激光雷达测深数据，形成高精度的水下地形模型。开发基于实时三维点云的自主避障系统，使无人机在峡谷、森林等复杂地形中能以超低空飞行模式紧贴地表，保持安全距离的同时最大化提升数据分辨率。

3.4 降低作业风险

在地形测绘工作中，作业安全始终是关键考量内容，特别是在复杂或危险区域作业之际，传统方法一般伴随着较高风险，依靠“无人化”作业模式的无人机航测，使测绘人员无需直接去往滑坡区、塌陷区、边境地带等高风险区域，全面保障了人身安全。由于无人机具有低成本特性，设备损失风险降低了，就算出现飞行故障，经济损失相对较少。

3.5 支持多源数据融合

现代地形测绘对数据丰富性与综合性方面的要求不断提升，单一的数据类型难以契合复杂应用要求。无人机航测可获取多类型且高精度的原始数据，为多源数据融合给予了有力支撑，把无人机影像数据和激光雷达点云相融合，可充分运用影像的纹理信息与点云的高程精度，生成兼具高分辨率及高精度的三维模型。结合无人机与卫星遥感这两类数据，能达成大范围宏观监测与小范围精细测绘优势的相互补充。与地面测量数据进行融合，即可凭借高精度控制点校准无人机成果，进一步增强数据的可靠性。

4 存在的问题与挑战

4.1 技术标准化不足

虽然无人机航测技术进步迅猛，但技术标准方面存在显著短板。设备性能指标、数据采集规范、成果精度评价等方面未形成统一标准，造成不同机构成果在格式、精度以及质量方面存有差异，阻碍数据共享与互操作的开展。标准缺失或许会造成作业流程不规范，加大质量控制难度。不同单位采用的飞行参数及数据处理方法或许不同，造成相同区域的测绘成果可比性不足，给后续利用增添麻烦，标准未统一同样对行业整体发展速度造成了影响，致使无人机航测技术在更大范围的推广应用受限，建立健全技术标准体系成为推动行业规范发展的急切需求。

4.2 数据处理复杂度高

无人机航测产出的海量高分辨率数据，需高性能计算设备及专业软件予以支持，处理流程有一连串复杂操作，对技术人员能力的要求相对较高，从数据预处理起至最终成果输出，各环节均需专业知识与经验，尤其是影像匹配、空中三角测量、点云分类等关键步骤，算法的选择以及参数的设置对成果质量影响显著，数据处理期间有可能碰到数据量繁多、存储压力巨大、计算耗时等难题，应配备高性能硬件与