

基于无人机技术的测绘工程应用与实践

刘思伟 肖忠华

江西省自然资源测绘与监测院

DOI:10.12238/gmsm.v7i4.1728

[摘要] 无人机以其机动灵活、获取数据高效等技术优势,在测绘工程中得到广泛应用。本文在梳理无人机技术发展特点的基础上,重点探讨其在地形测绘、工程测量、不动产测绘、应急测绘等领域的应用实践。通过实例分析总结关键技术流程,评估应用效果,剖析面临的飞行管控、数据处理等挑战。展望未来,无人机测绘将向平台小型智能化、多源传感器集成、处理自动化方向发展,并拓展应用场景。建议加强行业生态构建,突破关键共性技术,推动测绘无人机规模化应用,实现提质增效。

[关键词] 无人机测绘; 地形测量; 工程监测; 技术集成; 行业应用

中图分类号: V279+.2 文献标识码: A

Application and practice of surveying and mapping engineering based on UAV technology

Siwei Liu Zhonghua Xiao

Jiangxi Provincial Institute of Natural Resources Surveying and Monitoring

[Abstract] Unmanned aerial vehicle (UAV) has been widely used in surveying and mapping engineering due to its technical advantages such as flexibility and high efficiency in data acquisition. Based on the development and characteristics of UAV technology, this paper focuses on its application practice in terrain surveying, engineering surveying, real estate surveying, emergency surveying and other fields. Key technical processes are summarized through case analysis, application effects are evaluated, and challenges such as flight control and data processing are analyzed. Looking forward to the future, UAV mapping will develop in the direction of platform small intelligence, multi-source sensor integration, processing automation, and expand application scenarios. It is suggested to strengthen the ecological construction of the industry, break through key common technologies, promote the large-scale application of surveying and mapping drones, and achieve improved quality and efficiency.

[Key words] UAV surveying and mapping; Topographic survey; Engineering monitoring; Technology integration; Industry application

引言

近年来,以无人机为代表的新一代测绘技术蓬勃发展,为测绘工程注入新动能。2020年自然资源部发布的《测绘航空摄影法》,将无人机航测正式纳入法规范畴,标志着无人机测绘迈入规范化发展轨道。作为测绘遥感的重要技术手段,无人机灵活、高效、经济的特点日益凸显。如何发挥无人机技术优势,创新工程应用模式,服务经济社会发展,值得深入研究。本文拟在梳理无人机测绘发展现状的基础上,聚焦典型应用场景,总结关键技术,把握发展趋势,为完善行业体系、破解发展瓶颈提供参考。

1 无人机技术概述

1.1 无人机的定义及分类

无人机,又称“无人驾驶航空器”,是利用无线电遥控设备

和自备的程序控制装置操纵的不载人飞机,英文缩写为“UAV”。无人机按动力装置可分为固定翼、旋翼、混合动力等类型;按体积大小可分为大型、中型、小型、微型等级别;按飞行高度可分为高空、中空、低空等层次;按用途可分为军用和民用两大类。军用无人机可执行侦察监视、目标打击、电子干扰、通信中继等任务,民用无人机则广泛应用于航空摄影、石油管线巡检、气象探测、农林植保、灾害应急等领域。随着新技术与新需求的不断涌现,无人机朝着小型化、智能化、专业化、规模化的方向快速发展,不断拓展人类认知世界的新疆域。

1.2 无人机的技术特点

无人机以其独特的技术优势,在军事和民用领域得到广泛应用。一是机动灵活。无人机体积小、重量轻、续航时间长,可在复杂环境下执行任务,不受空域、天气等因素限制,突破了

有人机的应用瓶颈。二是获取信息高效。搭载光学、红外、多光谱等传感器,无人机可实现全天时、全天候、高分辨率的信息获取,大幅提升空间信息采集能力。三是使用成本较低。无人机造价低、维护简单、便于运输,单位飞行小时费用大大低于传统航空平台,可有效降低业务运营成本。此外,无人机还具备系统部署快速、载荷更换方便、安全性风险低等优点。随着无人机在军民领域的不断渗透,其技术体系日趋完善,行业应用生态加速构建,将进一步激发经济社会发展的新动能。

1.3 常用无人机系统组成

常用无人机系统通常由飞行平台、遥测与控制、任务载荷、地面保障等部分组成,形成一个有机整体,协同完成复杂任务。其中,飞行平台是无人机的核心,主要包括机体结构、动力装置、飞控系统等,常见机型有固定翼、多旋翼、单旋翼等;遥测与控制系统包括地面控制站、数据链路终端等,负责任务规划、指令控制、信息传输、状态监测等;任务载荷是执行任务的关键,可根据需求搭载电子光学、合成孔径雷达、通信对抗等多种设备;地面保障系统为无人机提供起降、检修、供电等支持,保证任务高效执行。各分系统独立工作又相互协调,共同完成预定任务。

2 无人机在测绘工程中的应用

2.1 地形测绘

无人机低空摄影测量技术已成为获取地形空间信息的重要手段。相比传统航测,无人机测绘具有机动灵活、响应迅速、重访周期短、经济高效等优势。在地形图测绘中,无人机可搭载数码相机、激光雷达等传感器,对地面实施多视角、多重叠、大比例尺航空摄影,获取高分辨率影像和精确三维点云数据。通过一系列处理流程,可快速生成数字正射影像(DOM)、高程模型(DEM)、真三维模型(3D Model)等地形产品,并经过编辑、质检、入库等步骤,即可满足各等级地形图测绘要求。此外,无人机倾斜摄影、机载激光雷达等新技术进一步拓展了地形测绘的深度和广度,实现了地表地物、地上地下空间信息的一体化采集,为传统测绘领域注入新动能。

2.2 工程测量

在工程建设领域,无人机遥感技术为传统工程测量提供了新的解决方案。利用无人机低空数字航摄,可快速获取工程现场的地形、地貌、地物信息,克服了地面作业的诸多困难,提高了作业效率。在工程规划选址阶段,无人机倾斜摄影、三维建模技术可生成高精度实景模型,辅助开展线型工程走廊选线、站址选点等论证工作。施工阶段,无人机遥感监测、三维管线探测技术可对工程进度、变形情况实施动态监控,并高效开展地下管网普查。竣工验收阶段,无人机多视影像融合全站仪、GNSS等数据,可快速完成工程现状测绘与精度质量检验。此外,在水利水电、矿山开采、智慧城市、地质调查等诸多工程领域,无人机遥感已成为不可或缺的测绘手段。

2.3 不动产测绘

随着不动产统一登记工作的全面推进,无人机遥感测绘技

术在权籍调查中得到广泛应用。宏观层面,无人机获取的高分辨率影像,经智能解译、分类处理,可快速识别土地利用现状、基本农田、规划控制点等重要信息;中观层面,无人机倾斜摄影技术精确重建建筑物、构筑物等地物三维模型,结合权属界线,可查清不动产单元范围;微观层面,无人机近景摄影对单体建筑开展高清影像采集,并通过纹理映射、特征识别等技术,直观展现建筑物的外观、结构等权属信息。可见,多维多尺度的无人机遥感数据已成为不动产权籍调查的重要测绘手段,进一步规范 and 细化了调查登记工作,为自然资源“一张图”、不动产“一盘棋”提供了高质量的测绘地理信息支撑。

2.4 应急测绘

在应急管理领域,无人机遥感以其灵活机动、响应迅速等特点,发挥着不可替代的作用。突发事件发生后,无人机可在第一时间获取灾区高分辨率影像,并通过智能解译,快速发现受灾人员、倒塌建筑、道路受阻等关键信息,为现场救援决策提供支持。在地震灾害应急中,无人机航拍的灾情影像图可辅助开展现场指挥与调度;在洪涝灾害应急中,无人机搭载热红外传感器昼夜巡测,及时发现堤防险情、内涝积水等重大隐患;在森林火灾扑救中,无人机实时回传火场图像,并结合地面调查,评估火情蔓延态势。此外,在危化品泄漏、地质灾害等事件应急处置中,无人机遥感监测也发挥着关键作用。未来,无人机将与卫星遥感、航空摄影等编组,构建天-空-地一体化立体应急测绘体系,实现全过程测绘保障。

2.5 其他测绘应用

在传统测绘领域之外,无人机遥感技术还在考古调查、生态监测、海洋测绘等特色行业得到创新应用。考古调查中,无人机低空倾斜摄影可高效获取古建筑、石窟壁画等文物的高精三维实景模型,既可用于文物本体保护,也可用于数字化展示和科普教育。生态监测领域,无人机搭载多源传感器对自然保护区、湿地公园等重点区域开展持续观测,通过变化检测、健康评估等技术手段,及时掌握区域生态环境动态变化情况。海洋测绘方面,多类型无人机搭载雷达、合成孔径雷达等载荷,对海岸线、海岛、港口码头等开展高分辨率测绘,并与无人船、走航等技术联合,开展海洋工程测量、溢油监测等业务。

3 无人机测绘实践案例

3.1 某工程项目应用实例

以某水利枢纽工程建设为例,全面展现无人机测绘在工程项目中的实践应用。工程选址阶段,利用固定翼无人机搭载高分辨率相机,在300平方公里流域内开展了1:2000比例尺数字航测,获取了覆盖坝址、水库淹没区、施工道路等区域的高清影像及高程数据,通过建立真三维地形模型,直观展示了坝址附近地貌特征与环境条件,为方案优选和工程布置提供了可靠的地形参考。施工期间,多旋翼无人机载激光雷达对大坝、廊道、料场等重点部位实施日常巡检,采集高精度点云数据,通过变化检测与变形监测,及时掌握工程形象进度与安全状态。竣工验收阶段,倾斜摄影无人机对水利枢纽及淹没区实景三维建模,真实记录

工程竣工状貌,并与设计模型开展精度检核,验证工程是否满足规划设计要求。

3.2 关键技术与流程

在上述工程实践中,无人机遥感测绘体现了两个关键技术创新点:一是多源传感器集成技术,即在同一飞行平台协同配置多种类型传感器,可一次飞行获取可见光、近红外、激光雷达等多源影像数据,数据融合后可全面、立体地反映地物空间信息;二是自主智能航测技术,通过机载RTK/PPK高精度定位和智能飞控技术,结合地面控制点,实现了厘米级航测定位精度,并可根据地形起伏实现自适应航高和自动避障,大幅提高作业效率。两项关键技术与倾斜摄影测量、激光点云处理、三维建模等常规工艺流程相结合,形成了从飞行控制、数据获取到信息处理、成果输出的完整解决方案,为工程项目的规划、建设、运维等全生命周期提供测绘保障。

3.3 效果评估与分析

多源传感器获取的可见光、近红外、激光雷达数据,与常规RTK测量的地面控制点相结合,各数据源定位精度优于10厘米,满足大比例尺地形图测绘和工程施工放样要求。自主智能航测作业效率是传统人工采集方式的10倍以上,显著降低了外业工作量,缩短了工期,提高了测绘效能。而通过倾斜摄影、激光点云等数据,构建的真三维模型通过与工程竣工图直接对比,几何位置精度达到厘米级,纹理清晰度优于0.1米分辨率,能够真实、直观展现工程实景,便于开展可视化设计、运维管理和安全巡查。

4 无人机测绘面临的问题与挑战

4.1 飞行安全与管控

由于缺乏统一规范,无人机“黑飞”事件时有发生,干扰民航运输秩序,甚至引发交通事故。针对日益增长的通航需求,急需建立分类管理、分区运行的无人机飞行管理体系。技术层面,要推进机载防撞雷达、ADS-B等设备在无人机上的标配应用,实现机-机、机-地“电子眼”探测,有效规避空中冲突风险;同时要加强对无人机云平台建设,实现运行轨迹实时监控、电子围栏动态管理,精准记录飞行活动“黑匣子”,有效打击非法飞行。政策层面,要加快低空空域开放步伐,制定适航标准、管理规范 and 保险政策,推动无人机测绘运营企业持证上岗,建立行业信用评价体系,强化违规飞行行为监管,营造安全有序的无人机低空测绘环境。

4.2 数据处理与精度

无人机遥感具有数据量大、去噪难度高、处理周期长等特点。如倾斜摄影无人机一次获取的原始影像动辄数百GB,给存储管理、质量控制、高效处理带来极大挑战。一方面,无人机硬件

平台的小型化、轻量化制约了机载数据存储和计算能力提升,在获取侧缺乏有效的数据压缩、预处理手段;另一方面,由于无人机飞行高度低、姿态变化大,拍摄数据的几何、辐射畸变较为复杂,传统遥感处理算法难以直接适用,自动配准、正射纠正、点云滤波等数据处理环节面临诸多瓶颈。近年来,深度学习在计算机视觉领域取得突破性进展,为破解无人机海量非结构化遥感数据自动解译难题带来新的思路。研究表明,将卷积神经网络等深度学习模型应用于无人机影像特征提取、目标检测、图像配准等关键环节,可大幅提高自动化处理效率和精度。

4.3 人才培养与队伍建设

目前从事无人机测绘的多为传统摄影测量、大地测量专业背景,对无人机硬件、自动驾驶、机器视觉等前沿交叉技术领域知之甚少。无人机行业发展既需要通晓测绘学、遥感科学、摄影测量的复合型工程技术人才,也需要精通机器人控制、人工智能的跨界创新人才。高校是培养行业人才的主力军,应顺应行业发展趋势,加强学科交叉融合,优化课程体系设置,开设无人机遥感测绘等新兴专业方向,注重动手实践能力培养;行业学会、龙头企业要发挥引领作用,广泛开展职业培训、技能大赛等,提升从业人员综合素质;政府相关部门应制定人才支持政策,为行业发展提供持续的智力保障。

5 结束语

基于无人机的测绘新技术为工程应用带来变革性影响。纵观全文,无人机凭借其灵活机动、快速获取高分辨率影像等优势,在地形测绘、工程测量等领域初显成效,但飞行管控、数据质量把控等问题亟须破解。未来,无人机测绘应加快技术迭代,丰富行业应用,完善数据采集、处理、管理全流程,强化跨部门协同。规范行业标准,健全政策法规,优化人才培养,推动先进适用技术普及,方能进一步提升无人机测绘的工程化、规模化水平,助力测绘地理信息事业高质量发展。

[参考文献]

- [1]曾杰.无人机遥感技术在矿山测绘工程测量中的实践与应用[J].世界有色金属,2024,(03):154-156.
- [2]陈恺明.无人机技术在测绘工程中的应用与实践[J].城市建设理论研究(电子版),2023,(07):101-103.
- [3]刘戈剑,辛瑶.无人机遥感技术在矿山测绘工程测量中的实践与应用[J].世界有色金属,2022,(23):187-189.
- [4]郭立超.无人机技术在测绘工程中的应用与实践[J].科技创新与应用,2021,11(19):148-150.
- [5]卢铭,杨兆祥.无人机遥感技术在测绘工程测量中的实践及应用[J].林业科技情报,2020,52(01):123-125.