

# 无人机技术在工程测量中的应用现状与前景

吕成伟

忻州市城乡规划设计院有限责任公司

DOI:10.32629/gmsm.v8i5.2309

**[摘要]** 科技高速发展的时候,以无人机(UAV)为主的低空遥感技术正在深刻改变传统工程测量行业、传统的工程测量作业模式和技术体系。无人机技术具备高效、灵活、成本低、精度高、安全作业等明显优点,在工程测量中有着巨大的应用潜力和良好的发展前景。本文全面梳理并分析了无人机技术在工程测量中的应用现状,细致探究无人机技术的核心技术构成,从而对无人机技术在工程测量中的未来发展趋势展开预见。文章先简述了传统工程测量所面临的挑战,无人机技术带来的变革机遇;然后详细讲解了无人机测量的关键技术,飞行平台、传感器载荷和数据处理等等;再次归纳了无人机在地形测绘,工程监测,设施巡检,应急响应等方面的具体应用情况及成果;接下来客观评价了无人机技术在应用过程中的技术难题,数据处理压力和法规安全限制等挑战;最后对无人机技术同人工智能(AI),建筑信息模型(BIM),地理信息系统(GIS)等前沿科技的结合及其未来发展展开想象。通过研究显示,无人机技术不只是传统测绘手段的有力补充,更是促使工程测量向着数字化,智能化,自动化方向转型升级的重要推动力量。

**[关键词]** 无人机技术; 工程测量; 摄影测量; 激光雷达; 应用现状; 发展前景; 智能化

中图分类号: V279+.2 文献标识码: A

## The Current Application Status and Prospects of Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Technology in Engineering surveying

Chengwei Lv

Xinzhou Urban and Rural Planning and Design Institute Co., LTD

**[Abstract]** During the period of rapid technological development, low-altitude remote sensing technology mainly based on unmanned aerial vehicles (UAVs) is profoundly transforming the traditional engineering surveying industry, as well as the traditional operation mode and technical system of engineering surveying. Unmanned aerial vehicle (UAV) technology has obvious advantages such as high efficiency, flexibility, low cost, high precision and safe operation. It has great application potential and a promising development prospect in engineering surveying. This article aims to comprehensively sort out and analyze the current application status of unmanned aerial vehicle (UAV) technology in engineering surveying, meticulously explore the core technical composition of UAV technology, and thereby predict the future development trend of UAV technology in engineering surveying. The article first briefly describes the challenges faced by traditional engineering surveying and the transformation opportunities brought by UAV technology. Then, it elaborated in detail on the key technologies of unmanned aerial vehicle (UAV) measurement, such as flight platforms, sensor loads, and data processing, etc. The specific application situations and achievements of unmanned aerial vehicles (UAVs) in topographic mapping, engineering monitoring, facility inspection, emergency response and other aspects were summarized again. The following objectively evaluated the technical difficulties, data processing pressure and regulatory safety restrictions and other challenges in the application process of unmanned aerial vehicle (UAV) technology; Finally, let's imagine the integration of drone technology with cutting-edge technologies such as artificial intelligence (AI), Building Information Modeling (BIM), and Geographic Information System (GIS), as well as its future development. Research shows that unmanned aerial vehicle (UAV) technology is not only a powerful supplement to traditional surveying and mapping methods, but also an important driving force for the transformation and upgrading of engineering surveying towards digitalization, intelligence and automation.

[Key words] Unmanned Aerial Vehicle technology; engineering surveying; photogrammetry; Lidar; application status; development prospects; intelligence

## 引言

工程测量是保障工程建设全生命周期质量、进度和安全的关键技术环节,其成果的精确度与速率至关重要。然而,像全站仪、GPS-RTK这些传统测量方法,在面对大规模、复杂地形以及危险作业环境时,会出现耗时费力,耗费较大,风险很大并且很难得到密集三维空间数据等缺陷,难以满足现代工程对全时段、动态、可视化监测的需求。在这种情况下,以无人机为代表的低空遥感技术迅速发展,为突破传统测量瓶颈提供了革命性的解决方案。无人机技术具有高效机动、成本低廉、精度高、数据密度大且操作安全等显著优势,能够轻松进入人力难以到达的区域,快速获取高分辨率的空间数据,极大地拓展了测量的工作范围和数据维度。由于无人机技术在工程测量中的应用日益广泛和深入,全面掌握无人机工程测量技术的应用情况、剖析其核心技术、探究面临的问题并展望发展前景十分必要。笔者希望通过本文构建一套较为完整的无人机工程测量技术知识体系,深入探究其核心技术、应用现状、发展过程中遇到的困难以及未来发展方向,以期为无人机工程测量技术的研究人员、技术人员以及决策者提供一定的参考<sup>[1]</sup>。

## 1 工程测量中无人机技术的应用现状

### 1.1 地形测绘与土方量计算

在大比例尺地形图测绘方面,无人机摄影测量已成为主流技术。尤其在交通不便的山区、丘陵地带,无人机可快速获取全面覆盖的高分辨率影像,生成1:500、1:1000、1:2000等比例尺地形图,其精度与效率远超传统测绘手段。在工程建设中,土方量的精确计算至关重要。利用无人机对施工场地进行定期航测,能够快速生成高精度的数字表面模型,通过比较不同时间点的模型,可准确计算出填挖方量,从而为工程进度款结算和施工方案优化提供及时、可靠的资料支持,实现对土方作业的动态、精细化管理<sup>[2]</sup>。

### 1.2 工程项目全周期监测

无人机技术贯穿于工程项目全生命周期。在规划设计阶段,无人机能够提供详尽的现场三维实景模型,便于设计师进行方案比较和可视化分析;在施工期间,无人机可定期巡查施工现场,监督工程进度,检查施工是否符合设计图纸,进行安全风险排查,并辅助大型构件的安装定位和监测。以道路、桥梁、大坝这些线性工程或者大型建筑工地的施工管理为例,无人机生成的高清正射影像和三维模型已变成关键的“数字沙盘”,竣工验收时,无人机可展开全面的竣工测量,迅速取得竣工实体数据,进而同设计模型做对比。

### 1.3 基础设施巡检与维护

对于桥梁、输电线路,风力发电机,通信铁塔,大坝,矿山边坡这些高大或者危险的基础设施,人工巡检效率低,风险高,成本大,无人机装上高清相机,红外热像仪或者激光雷达,就能靠

近目标做多角度,全方位的精细检查,借助无人机取得的数据,可以清楚地看出混凝土结构的裂缝,钢结构的锈蚀,电力线路的绝缘子损坏,风机叶片的损伤等瑕疵,而且还能对瑕疵执行精确的定位和尺寸量测,凭借无人机巡检,可以形成基础设施的数字档案和三维模型,做到对设施健康情况的长久跟踪和预估维修,保证设施的安全稳定运行<sup>[3]</sup>。

### 1.4 应急测绘与灾害评估

在地震、遭遇洪水,滑坡,泥石流,火灾等突发性自然灾害之后,灾区常常是道路中断,环境恶劣,人员难以抵达,这时无人机就能立刻飞往灾区核心,迅速拿到现场的高清图像和三维数据,给指挥抢救,评判灾情,预警次生灾难,筹划灾后重建等供应极为关键的第一手资料,拿滑坡灾难来说,用无人机就能很快弄清滑坡体所波及的范围,体积以及是否稳固,从而为拟定抢救救援方案并划分危险地区给予科学依据,它凭借自身的快速反应能力和灵活布置能力,成为应急测绘保全体系里不可缺少的部分。

### 1.5 数字城市与实景三维建模

随着智慧城市进程推进,对城市精细化三维空间信息需求变得越来越迫切,无人机倾斜摄影技术凭借高效且成本低廉的特点,成为快速创建城市级实景三维模型的关键技术,此类模型能真实呈现城市的建筑,道路,植被等物理形态,还蕴含着丰富的地理空间信息,依托此模型,便能在城市规划,市政管理,应急指挥,公共安全,不动产登记等诸多领域展开智能化应用,从而极大改善城市管理的科学化与可视化水准,给塑造数字孪生城市赋予牢固的数据根基<sup>[4]</sup>。

## 2 无人机工程测量技术的挑战与应对策略

尽管无人机技术在工程测量领域有了长足的发展,但在推广和深化应用时仍存在一些需要解决的问题。

### 2.1 技术与精度的挑战

技术方面,无人机测量精度受到很多因素的影响,飞行平台是否稳定,传感器质量好坏, GPS信号强弱,大气环境状况,还有数据处理算法的好坏等等都会对无人机测量精度产生影响,在高楼大厦密集的城市峡谷地带或者信号被遮挡的地方,无人机的定位精准度可能会变差,进而影响到最终成果的准确性,像路面平整度检测,沉降观测这些高精度需求的工程应用,无人机摄影测量依然存在困难。各种各样的传感器之间数据融合技术,比如LiDAR点云和影像数据的深度融合,还处于发展中阶段,要想让多源数据发挥出更大的作用,就需要不断研发性能更强大的传感器与导航系统,改进数据处理算法,并且针对不同的工程项目,制定合理的作业规范和精度控制方案。

### 2.2 数据处理与管理的挑战

无人机作业可以高效地获取海量的原始数据,一个中等规模的项目,数据量常常达到数百GB甚至TB级别,这对数据处理的硬件设备、软件算法以及技术人员的专业能力都提出了很高的

要求,大量的数据处理工作量可能成为整个工作流程的瓶颈,限制了无人机快速响应的优势,而且,海量成果数据的存储、管理、共享与应用也是个问题,以后的发展方向是利用分布式计算、云计算平台来提高处理效率,依靠人工智能技术做到数据处理自动化,像地物分类、目标识别、变化检测等等,把测量人员从繁重的数据后处理工作中解脱出来。

### 2.3 法规与安全监管的挑战

随着无人机被普遍使用,飞行安全和空域管理的问题就浮现出来,世界各国都在慢慢创建完善无人机的监管法规系统,包含无人机的实名注册,驾驶员的资格认定,飞行空域的划分,作业申报程序等,这些法规既保证了公众安全,又在某种程度上约束了无人机的应用灵活性,工程测量作业经常要处在人口稠密地区,机场净空地带或者别的敏感区域附近,怎样合法合规地执行无人机飞行,这是从业者不得不面对的难题,而且,高精度地理信息的取得引发了人们对数据安全和隐私保护的重视,应对之策是从从业者应该主动去了解并严格遵照有关法律法规,积极同空域管理部门展开交流协调,还要加强行业自律,从而保证无人机技术的健康发展。

## 3 无人机技术在工程测量中的应用前景

展望未来,无人机技术会向着更加智能,更加高效,更加普及的方向发展,并且会与诸多前沿技术密切结合,给工程测量领域不断增添新的活力。

### 3.1 硬件设备的革新与突破

无人机硬件会朝着长航时,高载重,高可靠,小体积,低成本的方向继续发展,新型电池技术(固态电池,氢燃料电池)的采用将会极大地提高无人机的作业时长,让其可以执行更为广大的范围,更久的时间测量任务,飞行平台的智能性将会进一步加强,具有更强的自主避开障碍物,环境感知和自适应飞行的能力,可以应对更繁杂的作业环境,在传感器技术层面,更高分辨率的相机,更轻便精准的LiDAR以及功能更多集成度更高的各种载荷会陆续出现,使得所获得的数据质量与效率达到新的层次。

### 3.2 智能化与自动化数据处理

人工智能尤其是深度学习技术会彻底改变无人机数据的处理及解译方式,未来的数据处理软件不再是工具,而成为智能化的分析平台,AI算法能自动对点云进行分类(地面点、植被、建筑物),对地物进行识别提取(道路、标线、电力塔),对工程目标进行自动检测(裂缝、病害),对变化区域进行智能分析。这将极大地缩短数据处理周期,从海量数据中提炼出更有价值的行业信息,做到“数据-信息-知识”的转化。

### 3.3 BIM、GIS与物联网的深度融合研究

无人机技术与BIM、GIS加上物联网(IoT)的融合会是未来的发展方向,一起打造数字孪生世界,无人机得到的实景三维模型可以当作BIM模型的设计背景和施工环境,做到设计和现实的精准对接,施工的时候,无人机搜集到的进度数据可以同BIM的计划模型做对比,达成可视化的进度偏差分析,无人机还能充当空

中数据搜集节点,跟地面布置的各种物联网传感器(像沉降仪,应变计)联合起来,形成空地一体的综合监测网络,无人机的数据和GIS平台的深度融合,就能更好地服务于宏观的规划决策和资源管理。

### 3.4 应用领域的拓展与深化

随着技术越来越成熟,成本越来越低,无人机在工程测量的应用会从现在的室外宏观场景慢慢扩展到室内,地下等封闭的空间里,小型无人机加SLAM技术可以用于对大型建筑物内部,隧道,矿井等空间进行三维建模和安全巡检,在应用上,无人机不再是单纯的采集数据的工具,而是具有一定的作业能力的“空中机器人”,如搭载机械臂进行简单的维护工作,进行精准的喷涂或者投放材料等,无人机的数据传输与边缘计算能力提升,也会让它在应急救援,实时指挥等方面发挥更大的作用<sup>[5]</sup>。

## 4 结论

无人机技术这场大技术革命使得工程测量的效率提升,精准度提高,安全系数增加,而且服务范围也变得更加广阔、更深远。目前来说,无人机凭借它在摄影方面,激光雷达之类的这些技术方面的优势已经成功并且普及地应用于诸如地形测绘、工程检查以及设施巡检等这些领域。当然在一些地方也会存在关于精准性技术问题以及对于数据处理的速度等方面的问题,在法规层面的安全隐患等等,然而这些都是在逐渐改进的过程当中的问题。展望未来,硬件设备不断革新的同时人工智能、自动化处理技术不断发展、与BIM、GIS等各种平台的完美结合,无人机将成为未来工程测量行业不可分割的核心技术之一,在未来工程建设全生命周期的数字化和智能化过程中发挥更大作用,带领整个工程测量行业的水平进入一个新的高点。

### [参考文献]

- [1]蒋清青,毛巍然,尹园园,等.抗肿瘤药物临床试验智能化数据平台构建与应用[J/OL].中国医院药学杂志,1-11[2025-09-10].<https://link.cnki.net/urlid/42.1204.R.20250910.1538.008>.
- [2]范明明,王涵宇,李明,等.典型机械炉排炉耐火材料设计选型与应用现状[J/OL].耐火材料,1-9[2025-9-10].<https://link.cnki.net/urlid/41.1136.TF.20250910.1509.003>.
- [3]李明婉,房胜,李哲.非对称结构的高光谱与激光雷达图像分类模型[J/OL].浙江大学学报(工学版),1-7[2025-9-10].<https://link.cnki.net/urlid/33.1245.T.20250909.1123.002>.
- [4]曾慧平.喷射混凝土粗骨料粒径对摄影测量靶标编号尺寸的影响[J/OL].铁道建筑技术,1-5[2025-09-10].<https://link.cnki.net/urlid/11.3368.TU.20250909.1027.010>.
- [5]胡静雅.工程测量新技术在水利工程中的开发与应用[J].现代农业科技,2025,(17):155-158+166.

### 作者简介:

吕成伟(1992--),男,汉族,山西忻州人,工程师,学士,研究方向:工程测量。