

无人机技术在测绘工程中的应用研究

文 / 王 洋 安徽省第一测绘院

王世友 安徽省第一测绘院

摘要：在现代科技水平飞速发展下，无人机技术凭借自身独特的优势，在测绘工程应用领域占据着重要地位，为测绘工程外业测量和数据分析提供可靠支持。基于此，论文首先剖析无人机航拍测量测绘系统的构成，其次阐述无人机技术在测绘工程中的应用优势，最后阐述其在测绘工程中的实际应用，旨在为测绘工程的创新发展提供可靠支持，提高测绘工程作业效率与精确度。

关键词：无人机技术；测绘工程；航拍测量

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.21.122

引言

测绘工程作为促进国民经济发展与社会建设的基础工程，良好的测绘作业可以为国土资源规划、城市建设以及交通建设提供科学的技术支持。在以往的测绘工程中，普遍采取人工测绘作业方法，这种方法不仅作业效率低，并且受到地形条件限制，作业成本较高，测量精度较差。随着无人机技术的全面发展，在测绘工程中得到了广泛应用，无人机凭借操作便捷和灵活的特点，可以快速完成目标点的测绘作业，即便是面对恶劣天气或复杂地形条件也能轻松应对，同时借助科学的数据处理技术，可以将无人机传回的数据进行快速处理，提高测绘精度，因此，无人机技术在测绘工程中具有良好的应用价值。

一、无人机航拍测量测绘系统构成

无人机航拍测量测绘系统是一个高集成的复杂系统，利用该系统能够实现对目标范围的高效精准测绘作业，系统可以分为软件部分和硬件部分，二者相互配合共同完成无人机航拍测绘和数据处理分析等工作。

(一) 硬件系统

无人机航测平台的硬件系统为整个系统的基础组成部分，是决定测绘数据的精度与效率的根本所在。该硬件单元主要有无人机平台、感测装置、通信模块、地面控制单元等。而无人机平台是其他附属载荷的平台，稳定性能、续航能力以及工作范围等都影响着其工作性能。目前常见的无人机类型主要分为：固定翼无人机、多旋翼无人机及垂直起降无人机。固定翼无人机以航时长、

航程远、飞行范围广等优势适合大规模的测绘作业；多旋翼无人机则以操作简单、灵活性强和可垂直起降等性能突出适用于小型且复杂地形的测绘作业；垂直起降无人机因其具有较大的运载量并可携带多传感器等的优势，非常适合精确测绘作业^[1]。

传感器作为无人机航测系统的核心部件可以采集到待测地区的影像信息以及地理信息。主要包含了光学相机、红外相机、激光雷达、倾斜摄影相机等。其中光学相机能够获取到待测地区光谱图像，可用于一般性的航测工作；红外相机能够获取到待测区域的红外光谱图像，可用于夜间测绘或者对于热场环境的研究；激光雷达可以获取到待测区域内的三维点信息，可用于高精度地图的生成或者是建筑物模型的构建等；最后倾斜摄影相机可以由多角度获取待测区域的图像信息，用于三维建模或对建筑物的表面测绘等。

针对无人机拍摄成像资料和地形数据，工作人员则会借助地面传输设备实时传输至地面控制端，比如无线电数字信号传输设备、卫星通讯设备等。无线电数字信号传输设备主要为近距离信息传输，具有快速性和低成本的特点；卫星通信设备则针对远距离的信息传输，没有受地理环境因素的影响，但价格会比较昂贵。地面操控系统是无人机航测测量测绘系统的关键，主要用于对无人机进行远距离的操控、对无人机飞行状态的监控、接收并处理信息等，其主要组成部分为计算机、遥控器、计算机处理系统。为了更加直观呈现各类无人机平台与传感器性能，各参数如表1所示。

表1 各类无人机平台与传感器性能参数对比

设备类型	型号	飞行速度 (km/h)	续航时间 (min)	作业范围 (km ²)	传感器类型	分辨率 (cm)
固定翼无人机	FW-100	80-120	60-90	50-100	光学相机	5-10
多旋翼无人机	MR-200	30-50	20-30	5-15	倾斜摄影相机	2-5
直升机无人机	H-300	50-80	40-60	20-50	激光雷达	1-3

(二) 软件系统

无人机航拍测绘测量平台的软件系统主要为实现对采集数据的处理与分析功能，能够将无人机中采集到的基本图像信息数据转化成具备实际运用价值的测绘成果。软件系统由数据前处理系统、空中三角测量系统、三维

建模系统、测绘产品生成设备等构成。数据前处理主要是以无人机中采集到的基本图像信息展开处理，包含了增加像素处理、去噪、几何校正等项目。通过进行数据前处理之后，能够改善图像信息处理的质量，为后续的处理工作奠定良好的基础。

对于预先处理过的大容量图像数据资料,利用空中三角测量软件对其进行处理,包括输出外方位元数值和确定定位点位置,最终完成该图像的定向和编取编码,这是制作高质量地图资料信息的过程。能够保证地图信息的准确和稳定。而建立3D的程序是以空三角测量所输出的定位点的坐标和图像资料为基础而建立目标区域3D模型的^[2]。这项技术可以使人们看到地理环境、建筑等目标物的立体模型,这项技术能够成为城市建造设计、土地资源管理直接参考的对象。最后测绘结果输出软件将已经处理好的测绘结果按照不同的格式进行输出,比如输出地形图、照片、3D模型等,其目的是满足不同的需求,进一步提高测绘结果的利用率。

二、无人机技术在测绘工程中的应用优势

(一) 地形测量效率显著提高

在以往地籍测绘作业中,选用的测量方法主要是依靠测绘人员进行外业测量,通过携带专业测绘仪器进行野外实地作业,这种方式不但增加外业测绘人员的劳动强度,并且测绘效率较低,尤其是在面对复杂地形的区域测绘时,由于交通不便利,测绘工作开展难度急剧增加。在无人机技术的加持下,地籍测绘作业可以对目标区域快速完成航测作业,可以在极短时间内获取大范围的地理信息与影像资料。例如一架小型航测无人机在1个小时内可以进行100平方千米以内的大区域地图测绘工作,而传统人力可能需要数天到数周才能完成上述工作量。其次,其可以按照预先设定的航线进行自动飞行,并不需要人工干涉,在一定程度上消除了人力操作降低作业速率的影响。

(二) 测绘精度更高

在无人机技术发展下,其搭载的传感器也是越来越重,如激光雷达的测定精准度已经能够达到厘米级别,完全可以满足高精度测量项目需求。其次,无人机航空摄影测量是依靠多角度和多方位对测量区域进行全方位画面抓取,技术人员可以结合其收集资料进行解析研究工作,剔除传统测量方法中不合理部分,提高其测量精度和可信度^[3]。

(三) 适应性更强

由于无人机具有微型、轻便、灵活等特征,适合多种地形、特殊环境。尤其在一些传统测量手段不能抵达的地方,如丘陵、森林、荒漠等,无人机能有效地进行测量作业;同时,可以不受天气原因限制,在晴天、阴天、雨天等环境状态下起飞,便于测量工作的开展,增加了测量的普适性及可操作性。

三、无人机技术在测绘工程中的实际应用

(一) 调整原有资料获取和传输逻辑

在以往的测量过程中,数据的收集和信息传递往往程序繁琐并且速度极慢。然而,通过无人机的技术介入我们可以完全改变这种固化模式,实现数据的收集和信息快速传递。根据常规的测量模式,是先由测量人员逐步进行各区域的数据采集,然后将所有采样带回实验室进行数据分析和存放,之后才进行数据发送、传输等工作。这个过程中由于数据的收集与传播时间存在一定滞后,

特别是对于突发事件,如地震或其他灾后损失调查等工作可能造成致命性的滞后。

“边获取边传输”是指采用高分辨率传感器对所获取的实时地理数据进行传输,地面控制站对获取到的实时数据进行解析和分析,及时判断并更改飞行航迹和任务参数。以某山区的地质灾害监测为例,通过多旋翼无人机进行测绘勘察,同时无人机在高空飞行的过程中会不时地将搜集到的数据图片和定位资料发送至机舱内的控制中心,经数据处理软件现场人员可以快速构建该区域的地图和标记危险地带,而相比于原来的收集与传输,该模式将会比原来将数据处理、分析的时间缩短80%左右,这样也就为地质灾害的预防治理节约了关键的时间。对比表格2传统的资料获取与传输模式可以看出无人机方案对资料收集的时间长度、数据的传送延迟、突发性事件的反应速度、数据更新频率等许多方面均优于传统模式,极大地提高了勘察工作效率和应对能力^[4]。

表2 传统资料获取传输模式与无人机模式

对比项目	传统模式	无人机模式	效率提升比例
资料获取周期 (平方公里/天)	5-10	50-100	80%-90%
数据传输延迟(小时)	24-48	0.5-1	95%-98%
紧急任务响应时间 (小时)	12-24	1-2	85%-95%
数据更新频率 (天/次)	7-15	1-3	70%-85%

(二) 数据采集

数据采集是测量项目的基础工作,而无人机采集则因其独特的优势,在全面和精准方面的表现更为突出,其针对场景的全面扫描,包括地形地貌、建筑物和植被情况等。其中在地形地貌情况的采集方面更为突出,搭载激光雷达技术的无人机可对地面上的各个点位的三维坐标进行快速拍摄,每个平方厘米上可以有五十个到一百个点位,这样使无人机对地表景物具有很高的细节呈现能力。例如对一个平地的地形测绘任务中,我们运用搭载激光雷达的固定翼无人机进行数据采集,后续处理后发现地势误差控制在5cm以内,满足高精度地形测量的要求。

对于构筑物数据的采集,利用倾斜摄影相机可以从多个角度采集到构筑物,并进行后期处理生成精确的三维构筑物模型,模型的平面精度可达2~5cm,高程精度可达3~8cm,可以很好地反映出构筑物的表面形态及结构特征。在进行一个城市的实景建模时,采用多旋翼飞行器搭载倾斜摄影测量系统完成了数据采集,总共获取超过2万张图片,生成的三维模型不仅能清晰反映城市建筑群、道路以及绿地等城市基础设施,还能提供丰富详实的城市基础设施数据库^[5]。

植物覆盖度信息采集:通过无人机多光谱相机获取植物的光谱信息,获取到的植物光谱信息能够帮助我们更加全面地分析植物的健康和覆盖程度。如选取某农田,每月通过无人机采集植物两次,从多光谱成像中提取该地区NDVI信息,由NDVI信息的指数变化可判断植物生

长情况，为农事活动提供决策依据。用无人机采集数据还可实现高效、低耗费等优势。对比传统现场走访，工作效率是后者的5~10倍，耗费的资金也是30%-50%。例如，100km²的面积采集数据，用无人机大约两天就可搞定，花费可能不到5万元；用传统人工，可能得10~15天才能完成，花费接近15万元。

（三）完善测绘方法

采用无人机测绘技术，在原有测绘技术结构的基础上，完善测绘工程结构，弥补了常规测绘技术中存在的短板，增强了测绘工程科学性与合理性。其中，常用的测绘方法有全站仪测量、GPS定位等，但是，面对一些复杂地形或者特殊的环境会存在不适用的情况。例如，全站仪测量需要站位和目标位置之间视线畅通，对于植被茂密的地方和建筑物密集的城市地区不方便测量实施；而大量的障碍物导致被遮蔽的区域，如深坑或者城中的高楼大厦附近，GPS测量会存在较大的误差^[6]。

运用无人机技术对林木较为茂密地区，无人机可低空飞行，搭载的激光扫描器可以通过树木的空隙采集到地面的地貌数据；对城市地区建筑较多的地方，无人机可穿过楼房进行飞掠，运用倾斜摄影和激光扫描对建筑物的细节以及周围地貌信息进行采集。此外，无人机技术在传统测绘工作上的应用还可做到弱处互补。例如，在大、中型基础工程建设勘测阶段，先由无人机对大范围、高效率勘测一次，获取整个工程建设区的地势地貌分布特征，再运用全站仪、GPS精准测量工程建设中重要点位的测绘信息，最后再根据无人机测绘数据进行校正，不断完善，增强整个测绘工作的精度。

此外，通过无人机技术的发展，也带来了新的测量技术，比如实时动态测量技术。通过搭载有实时差分GPS和数据传递系统的无人机技术，使得我们可以及时分析并更换单位的测绘信息，进而向建设工程提供及时的测绘服务。我们以某大坝建设工程为例，在建设过程中我们通过无人机建立了实况动态地图，在建设过程中每10分钟更新一次施工区域的地理信息，使得施工人员能够根据实况动态地图及时调整自己的施工规划，进而提高效率，确保其质量。

（四）降低飞行限制对测绘的干扰

飞行限制属于影响无人机测量项目实施的限制条件之一，主要包括空中空间限定、天气条件受限等。随着无人机功能不断提升和改进，可降低空中限制对其测量活动带来负面影响。在空中限制方面，无人机受小型化、高空领域操作技能提升的影响，可在一些低空空域内展开测量工作，既节省空间又对其他飞行器造成较小影响。而且，无人机在自身拥有自动驾驶技术和防碰撞系统的基础上，在复杂的空中环境中自主制定航线进行避免碰撞障碍物或者其他飞行器，保障飞行安全。例如，某城市建立了专门无人机测量可使用的低空空域，无人机在该空中空间里自主起飞，在碰到障碍的时候，可自动避让，很好地降低空中限制对无人机测量活动的影响。

针对恶劣气候无人机正逐步加强对于大风大雨的耐受能力，从而使无人机可以在更恶劣环境下开展作业。例如，部分新型无人机可在6级大风中进行正常飞行作业，并且在小雨的气象条件下依然能正常实施测量飞行作业。另外，无人机所携带的气象检测设备可以及时地采集所处地域的气象参数，例如风速、风向、降雨量等等，在这种情况下可以借助地面指挥中心所搜集的气象信息及时调整无人机飞行路线，避免在恶劣气候条件下进行飞行作业，从而进一步提高无人机开展测量的稳定性和安全性。针对无人机降低飞行障碍的影响效应，列举一下在某区域所开展的工作中发现，以往通过无人机进行测量工作的使用，假如遇到四级风以上或者中小雨将被迫停止测量飞行作业，该情况下每年约为200个工作日；针对新的无人机进行了引用之后，即便是在六级大风小雨的环境下仍然能继续作业，并且每年的平均工时达到280天，与之相比增幅达到40%以上。除此之外，由于新的无人机具有更为良好的自主导航能力，在存在障碍空间的地方，它的飞行效率由60%跨越式提升为90%，大大提高了工作效率。

结语

综上所述，随着无人机技术在测绘工程中的广泛应用，不但能够显著提升地形测量效率，还能适应各类复杂地形条件和恶劣天气的测绘任务，具有较高的测绘精度，为此，测绘工程应科学的运用无人机技术，调整原有资料获取和传输逻辑，通过无人机技术快速完成目标区域的数据采集，并且完善测绘方法，提高无人机技术在测绘工程中的应用成效，为促进测绘工程的顺利进行提供可靠支持。

参考文献

- [1] 吴磊. 无人机倾斜摄影测量技术在农村不动产测绘中的应用分析[J]. 中文科技期刊数据库(全文版)自然科学, 2022(07): 229-231.
 - [2] 郭炉杰. 无人机技术在测绘工程中的应用和实践[J]. 中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术, 2022(01): 143-146.
 - [3] 王勇, 时林, 刘恒. 关于无人机技术在测绘工程中的应用与实践[J]. 中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术, 2021(09): 122-124.
 - [4] 公建国, 赵翔. 无人机遥感技术在测绘工程测量中的应用阐述[J]. 中文科技期刊数据库(引文版)工程技术, 2022(12): 1-4.
 - [5] 邢正全. 无人机遥感技术在测绘工程测量中的实践探讨[J]. 中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术, 2019(09): 225-226.
 - [6] 张毅. 无人机遥感技术在测绘工程测量中的应用研究[J]. 中文科技期刊数据库(引文版)工程技术, 2022(07): 180-183.
- 作者简介：王洋，1987年6月，男，汉，安徽省凤台县，本科，从事测绘工程研究。王世友，1990年1月，男，汉，安徽省界首市，本科，从事测绘工程研究。