无人机航测在城市地形采集工作中的技术运用

李锦昊

（韶关市曲江区自然资源技术中心，广东 韶关 512100）

摘 要 现代城市规划、国土空间治理、智慧城市创建等发展过程中，城市地形数据的准确、高效获取是各项城市工程开展的基础。传统地形采集技术受城市复杂地貌、建筑遮挡、作业空间等诸多因素的限制，不能满足现代化城市精细化治理的要求。无人机航测技术由于具备灵活、覆盖面广、适应性好、操作简便等优势，渐渐代替了传统的测绘手段，成为城市地形数据获取的主要途径。本文以无人机航测技术在城市地形采集工作中的应用为研究对象，对技术运用的主要原则和作用进行系统的论述，从实际操作角度分析技术的运用途径，围绕城市地形采集工作展开，整理技术落地的主要逻辑以及实施要点，以期为相关人员提供参考。

关键词 无人机航测；城市地形采集；实地航测数据采集；航测数据处理

中图分类号：P208；P21 **文献标志码**：A **DOI**：10.3969/j.issn.2097-3365.2026.30.011

0 引言

地形数据是城市国土测绘、规划设计、工程施工、运维管理的基础载体，地形数据的采集质量直接影响到城市各项建设工作是否科学合理。传统的人工测绘、机载大型航测设备测绘等模式，在城市密集建成区、狭小街巷、复杂高差地形等区域作业时，存在着作业盲区多、人力成本高、周期长、场景适应性差等诸多不足，不能满足当下城市精细化治理和快速建设的要求。无人机航测技术依靠轻量化的飞行平台、高清的传感设备以及智能化的数据处理系统，可以迅速适应各种城市复杂的地形环境，完成全域地形信息的采集、捕捉和整合，很好地弥补了传统测绘技术的不足。

1 无人机航测在城市地形采集工作中的技术运用原则

1.1 精准适配性原则

精准适配性原则是无人机航测技术应用于城市地形采集工作时的首要核心原则，其主要含义就是使技术作业模式、设备参数、采集方案与城市地形特征、采集工作需求相匹配。城市地形不同于野外单一地形，具有空间碎片化、地貌多样化、环境复杂化等特点，中心城区建筑密集、街巷狭窄，城郊区域地形高差大、地貌类型混杂，各个片区的地形采集标准和应用需求也存在着较大的差别[1]。无人机航测作业过程中要根据城市各个区域的地形肌理、建筑分布、空间尺度来调整作业方案，对高密度建成区进行飞行航线和拍摄角度的优化，避免由于建筑遮挡造成地形数据缺失，对山地、水系、绿地等特殊城市地形进行传感设备参数的调整，保证地形高程、地貌形态、空间边界等主要信息的采集精度。同时还要根据城市地形采集的主要用途，将规划测绘、竣工测绘、更新测绘等不同的工作场景的精度标准加以区分，有针对性地选择无人机设备，调整飞行高度和重叠度，保证采集到的地形数据可以准确地满足后续城市建设、规划、管理等工作的实际需要，避免出现技术应用与场景需求不匹配的情况，提高航测作业的针对性和有效性。

1.2 安全规范性原则

城市人口密集、建筑林立、公共设施繁杂，空域环境和地面环境都比较复杂，因此无人机航测城市地形采集工作要严格遵守安全规范性原则，这是技术落地应用的基本保证。相比野外空旷作业环境，城市空域有众多遮挡物和管制区，各种民用、商用无人机飞行活动要严格按照城市空域管理的相关规定执行，作业前必须对作业区域的空域管控要求进行充分的核查，完成飞行报备和审批程序，避免进入禁飞区、限飞区，严禁违规飞行操作。从地面作业来说，要考虑到城市

作者简介：李锦昊（1997-），男，本科，助理工程师，研究方向：无人机与测绘。

人流、车流密集的特点，科学规划无人机起降点位，避开城市主干道、人员聚集区、学校、医院等重要公共区域，避免飞行作业给公共安全造成隐患[2]。航测全流程要符合测绘行业的技术规范和数据标准，从设备调试、航线规划、实地飞行、数据采集、后期数据预处理等各个环节都要按照标准化流程来推进，既能保证飞行作业的安全、公共安全和设备安全，又能保证采集的城市地形数据符合行业规范，具有合规性、完整性、可用性，为技术的常态化、规范化应用打下基础。

2 无人机航测在城市地形采集工作中的技术运用意义

2.1 革新城市地形采集作业模式

大型航空航测设备作业门槛高、成本大，不能满足小范围、精细化的城市地形补采、更新采集工作，不能满足城市动态化地形测绘的需求。无人机航测技术的落地应用，彻底冲破了传统地形采集方式的束缚，依靠小型化、智能化的飞行设备，达成自动化、立体化、全域化的地形数据采集，不需要很多人工实地踏勘测量，大大简化了地形采集的作业流程。无人机航测可以灵活适应大范围城市全域测绘、小范围片区更新测绘、局部地形修补测绘等各种场景，实现了城市地形采集作业的轻量化、高效化转变，彻底改变了以往依靠人力、大型设备的单一作业方式，构建起灵活多变、适应性强的现代化城市地形采集作业体系。

2.2 提升城市地形采集数据质量

无人机航测技术装备有高清成像设备、高精度传感装置，可以从高空立体化的角度对城市的全域地形进行全方位的扫描，克服了人工测绘视野的限制，可以准确地获取到细微地形高差、地貌边界、微地形变化等传统测绘方法无法发现的细节信息。作业时用标准化航线规划可以实现作业区域无死角全覆盖采集，避免人工测绘的遗漏和主观误差，依靠智能成像技术对城市地形、地物、地貌进行全方位的还原，使采集到的数据可以准确地对应城市地形的真实情况[3]。另外，无人机航测获取的原始数据可以借助专业的软件开展校正、拼接、优化处理等操作，从而改善数据的规整程度和精确程度，给城市各类建设活动提供高品质、高精确度的地形数据支持。

2.3 赋能城市精细化治理发展

无人机航测技术能够不间断、高效率地对城市的地形展开采集和更新，并且可以对城市建设中地形变化、地貌变化、空间格局变化等实施实时观测，从而达成城市地形数据的及时更新迭代，很好地解决了传统地形数据更新滞后、时效性差的问题。精准、及时的城市地形数据可以给城市国土空间规划、旧城更新改造、市政设施完善、生态绿地监管、城市防汛排涝设计等工作提供科学的依据，帮助相关管理部门准确把握城市空间资源现状，合理安排城市功能布局，精确找到城市地形隐患和空间治理短板[4]。同时，不断更新的地形数据库可以构建起城市空间数字化治理底座，促进城市地形测绘同城市治理的深度融合，促使城市治理由粗放式管理向精细化、数字化、智能化管理转变，从而全面提升城市空间治理的科学性与高效性。

3 无人机航测在城市地形采集工作中的关键技术运用

3.1 航测前期规划与设备适配技术运用

前期规划阶段，工作人员要全面整理出作业城市区域的地形情况、建筑分布状况、空域状况以及采集工作要求等基本情况，再从这些基本资料出发，对它们加以分析并加以评定，进而依照城市复杂的空间环境来确定合适的航测作业区。在此基础上，再将高密度建成区、城郊开阔地形、城市水系、山地高差地形等不同的作业片区进行区分，根据各个片区的空间特征以及采集难点来制定相应的飞行作业方案，使规划方案同实际地形环境更加契合。对城市建筑密集、遮挡较多的核心城区要优化航线规划模式，用交叉飞行、多角度拍摄的方式弥补垂直拍摄视野盲区，合理设置飞行重叠度保证相邻影像有足够重叠部分来保证地形数据完整性和拼接精度；对于城市开阔地形区可以优化飞行航线，减少不必要的重复拍摄，提高作业效率，防止资源浪费，达到采集速度和数据质量的平衡。根据城市地形采集精度要求和场景特点选择合适的无人机设备、传感器。轻量化消费级无人机适合于城市小范围、精细化地形补测工作，可以满足局部区域细节点位数据采集的要求，专业级测绘无人机可以对城市全域进行大范围地形测绘，具有较好的续航和载荷能力。同时还要配合高清可见光相机、倾斜摄影设备等，全方位满足城市二维地形信息和三维地形模型的采集要求，保证各种数据类型都能够被有效地捕捉到。另外，在正式作业之前需要做好设备调试、参数校准、电量检测、信号测试等工作，经过多次验证和测试来避免城市建筑遮挡造成信号中断、飞行偏差等问题，为后面的航测采集工作打下良好的技术基础，保证整个采集过程高效、稳定、可靠地进行。

3.2 实地航测数据采集技术运用

实地航测数据采集是无人机航测城市地形采集工作中的主要操作环节，它的主要目的就是利用无人机智能飞行技术，对城市全域地形、地物、地貌信息进行全方位、高精度的系统采集。无人机在正式飞行作业时会依照前期规划好的航线自行飞行，依靠自身携带的各种传感器和成像设备，不断搜集作业区的地形影像、高程数据、空间形态等主要数据，始终维持着一种自动化的、智能化的作业方式，完全不需要人工去操控飞行路线，进而显著提升采集速度并加强作业安全水平。根据城市复杂的多变的地形环境，作业人员可以借助实时图传系统对飞行状态和采集画面进行实时监测，当遇到突然出现的建筑遮挡、空域干扰、光线变化等影响采集质量的因素时，可以迅速做出调整，改变飞行姿态、拍摄角度和飞行高度，保证在各种地形条件下数据采集质量不受影响[5]。对城市道路、街巷、建筑基底、绿地水系、高差边坡等重要地形地段，作业人员可借助提升拍摄密度、增多拍摄角度的方法，加大对于细节数据的采集强度，从而保证各种微地形、特殊地貌信息可以全部保存下来，给后续的地形分析提供充足的数据支撑。采集时还要同步做好数据分类保存工作，明确各个片区、各个地貌类型采集数据的区别，防止出现数据混杂、缺失、错乱等情况，保证原始地形数据完整、有序、真实，为后续数据处理和地形成果生成提供高质量的原始素材，保证整个航测采集过程的顺利进行和高效完成。

3.3 航测数据处理与地形成果生成技术运用

完成实地航测采集工作之后，需要采用专业的数据处理技术对原始航测数据进行优化整合，得到标准的、可视化的城市地形成果，这是无人机航测技术落地应用、实现价值转化的重要环节[6]。原始航测影像数据由于受到采集环境、飞行状态、设备自身特性等各方面的影响，一般会存在画面重叠、光影偏移、轻微变形等现象，造成原始影像不能直接用作城市地形分析和建设工作。因此必须依靠专业的测绘数据处理软件，对原始的影像数据进行影像校正、拼接、融合、降噪等一系列的优化处理，消除由于飞行姿态的变化、光线环境的波动、设备误差等造成的数据偏差，最终得到一幅完整的、清晰的、规整的城市全域航测影像底图，为地形分析提供高质量的基础数据源。在此基础上，利用影像解译技术识别、分类底图中各种地物，并结合地形点位提取技术获得关键地形特征点的空间坐标，最后采用高程数据拟合法对离散的高程数据进行平滑处理，从而准确得到城市地形的高程信息、地貌边界、地物分布、地形坡度等主要地形参数，形成一套完整的、系统的城市地形数据体系。同时，根据城市地形采集工作实际应用需求，生成各种类型的地形成果，如二维城市地形平面图、三维城市地形实景模型、地形高程数据表等，用不同的方式全面地表现城市真实的地形肌理，满足各种应用场景下对数据的使用需求[7]。处理完地形成果之后，经由合规性、精准度核验确认其符合应用标准，就可以直接应用到城市规划设计、地形监测、工程建设、空间管控等各个工作当中，从而真正实现无人机航测技术在城市地形采集工作中的落地赋能，给城市精细化治理和数字化建设提供有力的数据支撑。

4 结束语

无人机航测技术凭借高效灵活、精度高、场景适应性强等核心优势，很好地满足了现代城市复杂地形环境采集工作的要求，已经成为城市地形测绘领域的主要技术手段。城市地形采集工作中的精准适配性和安全规范性两个主要原则，给技术的应用设定了标准底线，保证了航测作业的科学性、合规性，技术落地应用不但革新了传统的城市地形采集作业方式，大幅度提高了地形数据采集的质量，而且从技术角度为城市精细化、数字化治理提供重要的支撑。本文从应用原则、运用意义、实操技术路径三个方面对无人机航测在城市地形采集工作中完整的应用体系进行梳理，确定各个环节的技术要点及应用逻辑。

参考文献：

[1] 孙卓,邵知宇,詹子逸,等.超标降雨下城市复杂微地形精细化水力模型的构建[J].中国给水排水,2025,41(23):156-162.

[2] 冯建忠.无人机航测技术在城市规划中的应用研究[J].城市建设理论研究(电子版),2025(14):53-55.

[3] 杨翠花.基于无人机遥感技术的城市地形测绘方法研究[J].科技视界,2025,15(13):75-77.

[4] 郑明雪,沈祥成,罗治情,等.面向类城市路网空间的多时相多地形耕地地块边界提取研究[J].湖北农业科学,2025,64(10):190-194.

[5] 喻绵俊,何进,任小松.大型城市公园数字化地形营造技术[J].智能城市,2025,11(09):103-106.

[6] 陈步楼.激光三维扫描与无人机航测在复杂城市环境下的协同应用研究[J].智能建筑与智慧城市,2026(01):60-62.

[7] 宋利奎.无人机航测及地理信息技术在地形测绘中的应用[J].中国金属通报,2023(03):204-206.