地矿测绘
Geological and Mineral Surveying and Mapping
第 8 卷◆第 4 期◆版本 1.0◆2025 年
文章类型：论文|刊号（ISSN）：2630-4732 /（中图刊号）：561GL001

无人机三维建模在城市更新测绘中的应用探索

徐宁
北京力佳图科技有限公司乌鲁木齐分公司
DOI:10.12238/gmsm.v8i4.2256

[摘　要] 城市更新需优化空间结构、提升人居质量,精准测绘是其科学规划与高效实施的基础。传统测绘在老旧城区复杂环境中,存在作业效率低、数据完整性不足、安全风险高等问题,无法满足精细化、动态化需求。本文以无人机三维建模技术为研究对象,结合旧城区改造实测案例,分析其在城市更新测绘中的航线规划、数据采集、三维建模及成果应用等作业流程,并从精度、效率、成本上与传统技术对比。结果显示,该技术可实现厘米级精度,作业效率提升3-5倍,还能完整获取建筑立面、管线分布等复杂数据,为城市更新的现状评估、方案设计与施工监测提供全方位支撑,对推动其数字化转型意义重大。
[关键词] 无人机三维建模；城市更新；测绘技术；数据采集；精度分析
中图分类号：V279+.2　文献标识码：A

Exploration on the Application of UAV 3D Modeling in Urban Renewal Surveying and Mapping

Ning Xu
Urumqi Branch of Beijing Lijiatu Technology Co., Ltd., Urumqi 830000, Xinjiang, China
[Abstract] Urban renewal aims to optimize spatial structure and enhance human settlements quality, with accurate surveying and mapping serving as the cornerstone for its scientific planning and efficient implementation. Confronted with the complex environment of old urban areas, traditional surveying and mapping techniques suffer from low operational efficiency, inadequate data integrity and high safety risks, failing to meet the demands for refined and dynamic surveying and mapping. Focusing on UAV 3D modeling technology, this paper analyzes its operational processes in urban renewal surveying and mapping—including route planning, data acquisition, 3D modeling and application of results—by integrating field survey cases of old urban area reconstruction. It also conducts a comparison with traditional techniques in terms of accuracy, efficiency and cost. The results demonstrate that UAV 3D modeling technology can achieve centimeter-level accuracy, boost operational efficiency by 3 to 5 times, and fully capture complex data such as building facades and pipeline distribution. It provides all-round support for the current situation assessment, scheme design and construction monitoring of urban renewal projects, and holds great practical significance for advancing the digital transformation of urban renewal.
[Key words] UAV 3D Modeling; Urban Renewal; Surveying and Mapping Technology; Data Acquisition; Accuracy Analysis

前言

随着我国新型城镇化进入“存量优化”阶段,城市更新从大规模拆迁改造转向精细化微更新,对项目前期测绘的精度、广度与时效性提出更高要求。老旧城区普遍存在建筑密度大、街巷狭窄、遮挡严重等问题,传统测绘依赖全站仪、GNSS等设备,需大量人工现场作业,不仅效率低下,还易因地形限制导致数据缺失,尤其在历史建筑保护、地下管线探测等场景中,传统技术难以平衡“精度需求”与“作业安全”。无人机三维建模技术基于低空航拍与倾斜摄影原理,可快速获取地表及地物的三维点云数据,结合专业软件构建高保真三维模型,具有“全覆盖、高效率、低成本、高安全”的优势。近年来,该技术在国土测绘、应急救援等领域已广泛应用,但在城市更新项目中,针对复杂城区环境的作业规范、精度控制及成果转化路径仍需进一步探索。本文通过理论分析与实测验证,明确无人机三维建模在城市更新测绘中的应用价值与关键技术要点,为同类项目提供技术参考。

1 城市更新项目测绘的核心需求与传统技术瓶颈

文章类型：论文|刊号（ISSN）：2630-4732 /（中图刊号）：561GL001

1.1城市更新项目测绘的核心需求

城市更新测绘贯穿项目全周期,不同阶段对测绘成果的需求存在显著差异,但其核心目标均围绕“数据精准性”与“应用适配性”展开。在现状评估阶段,需获取区域内建筑布局、层高、立面形态、产权边界及市政管线(给排水、电力、通信)的空间位置数据,用于识别违法建筑、评估建筑安全等级,数据精度需达到1:500地形图标准,平面位置中误差不超过5cm;在方案设计阶段,需基于三维空间数据进行容积率核算、交通流线优化及绿化景观布局,要求测绘成果具备可编辑性,能与CAD、BIM等设计软件无缝对接;在施工监测阶段,需动态跟踪建筑拆除、管线改造等施工过程,监测周边建筑沉降、道路变形等指标,数据更新周期需缩短至1-3天,以保障施工安全。

此外,历史文化街区更新项目还需额外采集建筑构件细节(如雕花、窗棂)、街巷空间尺度等特色数据,为历史风貌保护提供依据,这类数据需兼顾精度与完整性,传统测绘技术难以同时满足。

1.2传统测绘技术的应用瓶颈

当前城市更新测绘中常用的传统技术主要包括全站仪测绘、GNSS静态测量及二维航空摄影,三者在复杂城区环境中均存在明显局限:

1.2.1全站仪测绘：依赖人工逐点观测,在建筑密集区需频繁搬站,受遮挡影响易出现通视困难,导致作业效率低下(单日仅能完成0.2-0.3km²区域测绘),且无法直接获取建筑立面数据,需额外通过手持激光测距仪补测,数据拼接误差较大。

1.2.2 GNSS动态测量：虽能实现高精度定位(平面精度可达2-3cm),但在高楼遮挡区域易出现卫星信号失锁,需布设大量基准站,增加设备与人力成本;同时,该技术仅能获取离散点数据,无法形成连续的三维空间模型,难以直观反映城区整体风貌。

1.2.3二维航空摄影:通过航拍获取的正射影像仅能反映地表平面信息,无法表达地物高度关系,在建筑层数统计、容积率核算等场景中需结合人工实地测量,数据处理周期长(常规项目需15-20天),难以满足城市更新项目“快速推进”的需求。

2 无人机三维建模技术的原理与城市更新测绘适配性分析

2.1无人机三维建模技术的核心原理

该技术以“倾斜摄影测量+三维重建”为核心,分数据采集与处理两阶段:

2.1.1数据采集：用搭载1个正射镜头+4个45°朝向倾斜镜头的多旋翼无人机,按预设航线(间距50-80m、高度100-150m,参数依测区与精度调整)航拍,同步获取影像与POS数据；测区需布1-2个/km²的地面控制点,用全站仪或GNSS测三维坐标保障精度。

2.1.2数据处理：通过ContextCapture、Pix4D等软件预处理影像(畸变校正、同名点匹配),结合POS与控制点坐标生成500-1000点/m²的高密度点云；经点云滤波、三角网构建、纹理映射,生成精度5-8cm的三维模型,还可导出正射影像图、DEM、DSM等成果。

2.2与城市更新测绘的适配性分析

该技术特性与城市更新测绘需求高度契合,适配性体现在三方面：

2.2.1精度适配：经控制点校正,模型平面与高程精度达厘米级,满足1:500地形图标准;建筑立面测量可直接获门窗位置、阳台尺寸等细节,精度较传统人工补测提升2-3倍。

2.2.2效率适配：无人机单次飞行覆盖0.5-1km²,数据采集仅需30-60分钟,全流程周期3-5天,较传统技术(15-20天)效率大幅提升,能响应更新项目“短周期、快决策”需求。

2.2.3场景适配：多镜头倾斜摄影可完整捕捉建筑顶面、立面及街巷空间信息,解决传统测绘“立面数据缺失”问题；无人机可低空(100m以下)飞行规避高楼遮挡,适配老旧城区“建筑密、街巷窄”场景,且无需人工进入危险区域,降低安全风险。

此外,三维模型可视化优势能直观呈现城区形态,便于项目团队、政府与居民沟通,减少方案分歧,辅助城市更新项目推进[1]。

3 无人机三维建模在城市更新测绘中的应用实践——以某旧城区改造项目为例

3.1项目概况

本次实践选取某市老城区核心区改造项目,测区面积约1.2km²,含48栋3-6层老旧居民楼、12条2-4m宽狭窄街巷及2处民国砖木结构历史建筑。项目需获取1:500地形图、建筑立面详图、埋深≤3m地下管线平面位置及历史建筑构件细节数据,用于违建认定、改造设计及施工监测,要求成果符合《城市测量规范》(CJJ/T8-2011),作业周期≤7天。

3.2无人机三维建模作业流程

3.2.1前期准备。(1)设备选型：采用大疆Matrice 350 RTK无人机,搭载4500万像素禅思P1全画幅相机(1正射+4倾斜镜头),搭配Trimble R10 GNSS接收机用于地面控制点测量。(2)航线规划：用大疆GS Pro软件规划,整体测区飞行高度120m、航线间距60m,旁向/航向重叠度60%/80%;历史建筑单独规划80m低空航线以提升细节分辨率。(3)控制点布设：测区周边设12个控制点,GNSS静态测量(观测≥60分钟),获±2cm平面、±3cm高程精度坐标,覆盖边缘及高程变化大区域。

3.2.2数据采集。(1)航拍作业：晴朗无风(风速≤3m/s)天气分2架次完成,第1架次覆盖全测区(45分钟,860张影像),第2架次低空拍历史建筑(20分钟,320张影像),无人机自动记录POS数据。(2)控制点复核：航拍后用全站仪复核3个控制点,确认坐标无偏移。

3.2.3数据处理。(1)影像预处理:Pix4D软件导入影像与POS数据,校正畸变、匹配同名点,剔除42张不合格影像,保留1138张有效影像。(2)三维建模：导入12个控制点坐标做空中三角测量,生成850点/m²高密度点云;滤波去干扰后构建三角网模型并纹理映射,最终模型平面中误差4.2cm、高程中误差5.8cm。(3)成果导出：导出1:500正射影像图、0.5m分辨率DEM/DSM、1:100建筑立面详图；结合管线资料在模型中标注管线走向与埋深,形成可视化分布图。

3.3应用效果与精度验证

3.3.1应用效果。(1)现状评估：模型快速识别8处共620m²违建,测取层高、占地数据；分析历史建筑结构,发现2处木构件腐朽区域,为保护提供支撑。(2)方案设计：模型导入AutoCAD与Revit,直接优化户型、布局,避免图纸与现场脱节；日照分析调整建筑间距,确保改造后冬至日日照≥2小时。(3)施工监测：每月航拍建模,对比前后模型监测周边建筑沉降(最大2.1mm＜5mm限值)与道路变形,预警施工风险。

3.3.2精度验证。选20个验证点(墙角、路口、井盖等),全站仪测实际坐标与模型提取坐标对比：平面中误差2.8-5.1cm(平均4.3cm),高程中误差3.5-6.2cm(平均5.0cm),均满足1:500地形图精度要求(平面≤5cm,高程≤7cm)[2]。

4 无人机三维建模在城市更新测绘中的应用难点与优化策略

4.1主要应用难点

4.1.1复杂环境下的建模精度控制：老旧城区高大树木、电线电缆等遮挡物易使航拍影像出现“空洞区域”,导致三维模型局部点云密度不足、精度下降。本次实践中,测区东北部某6层建筑夹巷因树木遮挡,模型局部平面中误差达7.5cm,超出规范限值。

4.1.2数据处理效率与成本平衡：建模需处理海量数据(本次达80GB),对计算机硬件(高性能GPU、大内存)要求高,处理耗时久(本次约24小时)；且专业软件(如ContextCapture)版权费用较高,对中小测绘企业形成门槛。

4.1.3成果标准化与行业适配：行业标准未完全统一,不同软件导出的模型格式(OSGB、OBJ)与城市更新常用设计软件(如BIM)兼容性差,格式转换易致数据丢失或精度损失;模型存储共享依赖云端平台,对数据安全与隐私保护要求更高。

4.2优化策略

4.2.1多技术融合提升建模精度：采用“无人机+地面激光扫描”融合技术,用地面激光扫描仪(如Faro Focus S70)补充扫描遮挡区域,拼接点云数据填补模型“空洞”。本次实践中,东北部小巷经该方法处理后,局部平面中误差降至4.8cm,满足精度要求。

4.2.2轻量化处理与成本控制：(1)数据轻量化：用MeshLab等软件简化模型,在保精度前提下减少三角面数量(本次从1.2亿个减至0.8亿个),缩短处理时间至18小时,降低存储压力。(2)成本优化:中小企业可采用“开源软件+云算力”模式,以OpenMVG等开源软件处理基础数据,租用阿里云、腾讯云等云端算力建模,本次实践该模式可节省成本约30%。

4.2.3推动成果标准化与平台建设：(1)标准统一：行业协会加快制定格式标准与精度规范,明确分辨率、坐标系统等要求,优先采用兼容性强的OSGB格式作为城市更新项目标准格式。(2)平台建设:构建城市更新测绘数据云平台,整合各类数据实现在线存储、共享与可视化,设权限管理保障安全；开发模型与BIM软件直接接口,避免格式转换精度损失[3]。

5 结论与展望

5.1结论

5.1.1无人机三维建模技术可突破传统测绘在老旧城区的瓶颈,凭借厘米级精度、3-5倍效率提升及全场景数据获取能力,满足城市更新全周期测绘需求,是数字化测绘核心手段。

5.1.2实践证实,经科学设备选型、航线规划与控制点布设,该技术模型精度符合《城市测量规范》1:500地形图要求,能直观呈现城区形态,助力项目沟通决策,在某旧改项目中成功支撑违建认定与历史建筑保护设计。

5.1.3该技术当前在复杂环境精度控制、数据处理成本及成果标准化上存在不足,需通过多技术融合、轻量化处理、标准统一等策略优化,提升适用性与经济性。

5.2展望

5.2.1智能化升级：结合AI实现自动航线规划、遮挡识别与数据质检,减少人工干预,如AI算法自动识别建筑密度并动态调整航线,提升建模精度效率。

5.2.2多维度数据融合：整合无人机模型与物联网数据(如沉降传感器、环境监测数据),构建“静态+动态”城市更新数字孪生系统,支撑全周期动态管理与智慧更新。

5.2.3行业应用深化：随标准完善,该技术将与更新审批、产权登记融合,实现“测绘-设计-审批-施工”全流程数据贯通,推动城市更新从经验驱动向数据驱动转型。

6 结尾

城市更新是提升城市功能与品质的重要途径,而精准、高效的测绘技术是保障更新项目科学实施的前提。本文通过理论与实践结合,证实了无人机三维建模技术在城市更新测绘中的显著优势,其不仅能解决传统测绘的效率与精度问题,还能为项目提供立体化、可视化的数据成果,助力城市更新精细化推进。

[参考文献]

[1]胡金刚.无人机倾斜摄影测量技术在城市规划竣工测量中的应用[J].中国高新科技,2023(24):158-160.

[2]苏俊波.无人机倾斜摄影测量技术在城市三维建模及优化方法中的应用[J].工程建设与设计,2024(18):86-88.

[3]胡群珍,胡燕琴.无人机倾斜摄影测绘技术在城市实景三维建模中的应用研究[J].智能建筑与智慧城市,2024(12):31-33.

作者简介：

徐宁(1982--),男,汉族,山东招远人,本科,高级工程师,在北京力佳图科技有限公司乌鲁木齐分公司,一直从事测绘工作。