

基于倾斜摄影的城镇开发边界地形图快速更新

陈凌

湖南省地球物理地球化学调查所

DOI:10.32629/gmsm.v8i5.2346

[摘要] 1:500地形图是城镇用地审批、不动产统一登记和国土空间精细化治理的重要基础,其现势性与精度直接关系到管理决策的科学性与时效性。针对高密建成区地物更新频繁、传统测图效率与成本受限的问题,本文以湖南省衡山县城镇开发边界10 km²为例,构建了“厘米级无人机倾斜摄影—HNCORS网络RTK控制—ContextCapture束平差—DOM/OSGB驱动DLG”的一体化动态更新流程。研究验证了倾斜摄影结合网络RTK在县域尺度1:500动态更新中的精度与效率优势,为类似区域地形图持续维护与实景三维建设提供了可推广的技术范式。

[关键词] 倾斜摄影测量; 1:500地形图; 动态更新; 无人机; 数据建库

中图分类号: V279+.2 **文献标识码:** A

Rapid update of urban development boundary topographic map based on oblique photography

Ling Chen

Hunan Institute of Geophysics and geochemistry

[Abstract] 1:500 topographic map is an important basis for urban land approval, unified real estate registration and refined land space management. Its current situation and accuracy are directly related to the scientificity and timeliness of management decisions. In view of the frequent updating of features in Gaomi built-up area and the limited efficiency and cost of traditional mapping, this paper takes the 10 km² urban development boundary in Hengshan County, Hunan Province as an example, and constructs an integrated dynamic update process of "centimeter UAV tilt photography hncors Network RTK control contextcapture bundle adjustment DOM/osgb driven DLG". The research verifies the accuracy and efficiency advantages of tilt photography combined with network RTK in the 1:500 dynamic update of county scale, and provides a technical paradigm for the continuous maintenance of topographic maps in similar regions and the construction of three-dimensional real scenes.

[Key words] oblique photogrammetry; 1:500 topographic map; dynamic update; UAV; data database

引言

城镇化的快速推进使城镇土地开发强度显著增加,各类基础设施与建筑布局更新频繁,1:500比例尺地形图的现势性与精度直接关系到经济社会发展决策的科学性与高效性^[1]。传统的1:500地形图测绘更新方法主要采用全站仪或单点GPS人工测量,测绘模式在作业效率和生产成本方面均存在明显劣势^[2],无法有效满足测绘领域向数字化、三维化转型升级的要求^[3]。

近年来,无人机倾斜摄影测量技术凭借其高效的数据获取能力、丰富的三维几何和纹理信息及相对低廉的成本优势,逐渐成为大比例尺地形图(包括1:500)更新和城市三维实景构建的重要技术手段。基于倾斜摄影获取的数字正射影像(DOM)、三维实景模型(OSGB)和数字线划图(DLG)在平面与高程精度上均可

满足甚至显著优于1:500测绘规范要求,同时有效提高了生产效率^[4-7],有效支持规划核验、设施运维、城市更新等城市管理的多维需求^[8]。

本文以湖南省衡山县城镇开发边界内10km²的1:500地形图更新为研究对象,设计并实施了“无人机倾斜摄影—HNCORS网络RTK控制—ContextCapture空中三角测量与三维建模—DOM/DLG联动更新—数据建库与质量控制”的一体化技术方案。研究结果及工程实践表明,CORS/网络RTK在碎部地物三维坐标获取和像控点高精度布设中具备厘米级精度约束能力,是实现1:500地形图更新精度和生产效率平衡的重要技术保障^[9-10]。

1 研究区概况与任务分析

研究区位于湖南省衡山县城镇开发边界内。衡山县地处湖

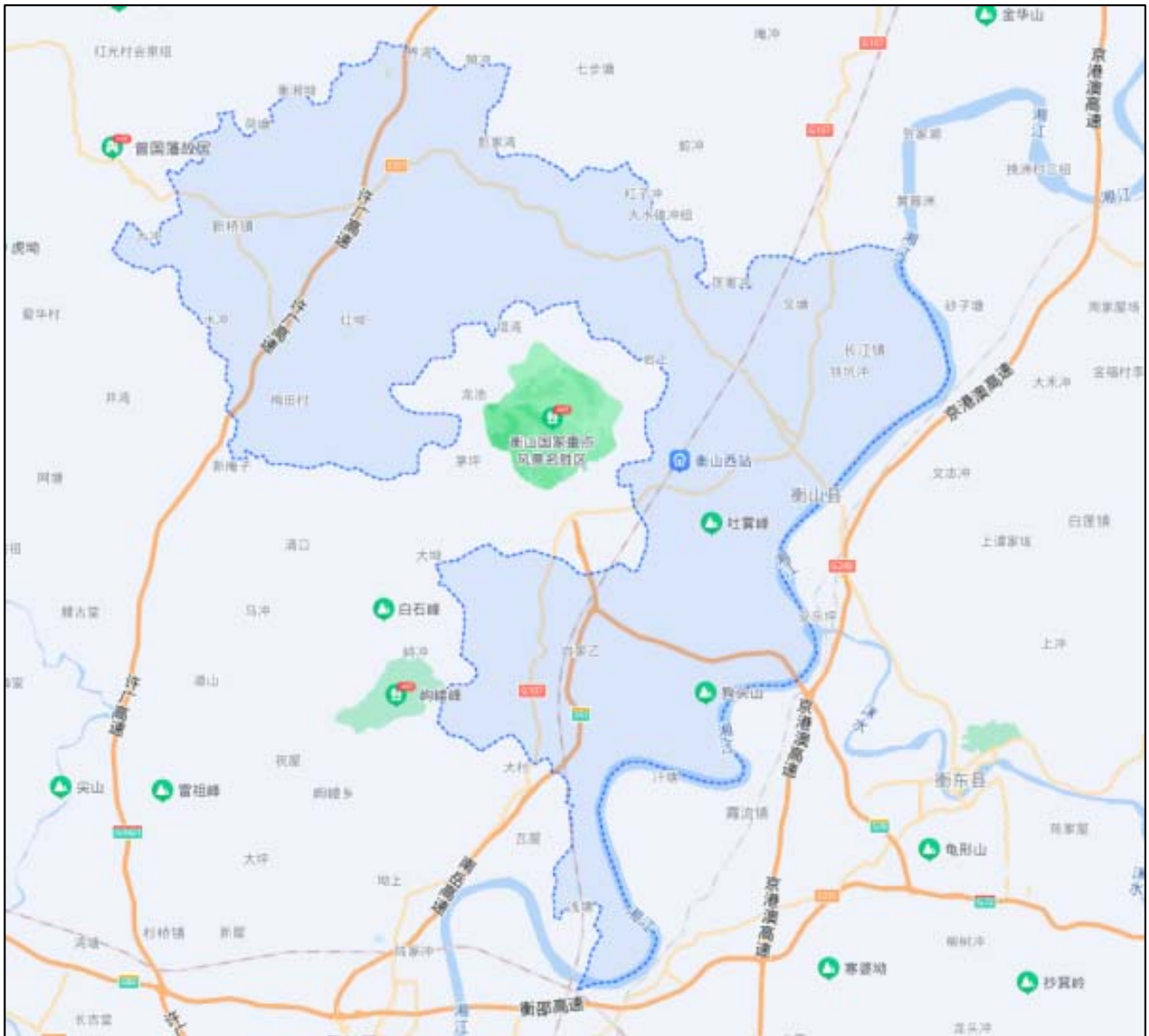


图1 研究区区位图

南省中部偏东、湘江中游地区,地理坐标为东经 $112^{\circ} 27' - 112^{\circ} 57'$ 、北纬 $26^{\circ} 58' - 27^{\circ} 28'$,南北长约54.5km,东西最宽处约48km,总面积约944km²。县域内交通网络完善,快速的城镇更新、基础设施改造推动了研究区内地形地物的快速演化与频繁更新,因而1:500地形图的现势性与精度成为区域自然资源管理和工程建设决策的重要基础(见图1研究区区位图)。

按照湖南省“需求导向、变化引领、及时更新”的总体要求,衡山县组织开展了城镇开发边界内1:500地形图的生产与更新工作,本期项目选取萱洲、新桥、长江等6个镇区的8个地块,总面积为10km²,其中新测4km²、修补测6km²。项目采用以无人机倾斜摄影为核心技术,配合湖南省连续运行参考站系统(HNCORS)网络RTK技术实施像控点布设和外检点控制,使用

ContextCapture软件完成空中三角测量加密和实景三维模型构建,最终通过DOM与DLG联动,实现数据更新与入库。

2 技术路线、数据成果与质量评估

2.1 一体化技术路线

针对城镇开发边界内地形地物“高频变化—快速更新”的实际需求,本文构建了“无人机倾斜摄影→控制测量→空中三角测量→三维建模/正射影像(DOM)→DLG修补与数据建库→质量控制与成果汇交”的一体化技术路线(如图2所示)。该路线的核心设计思想包括:利用厘米级GSD倾斜摄影影像提供足够的几何与纹理细节约束;基于湖南省连续运行参考站系统(HNCORS)网络RTK技术构建高精度刚性控制网;借助ContextCapture软件进行光束法区域网平差,以实现影像外方位元素的可靠恢复和相

邻影像块之间的严格拼接；采用OSGB三维实景模型与DOM正射影像作为可靠的底图基础，驱动DLG修补更新及专题数据建库。成果生产统一采用CGCS2000/3°带（中央经线114°）与1985国家高程基准，直接支撑规划审批、不动产统一登记及实景三维应用等多场景业务。

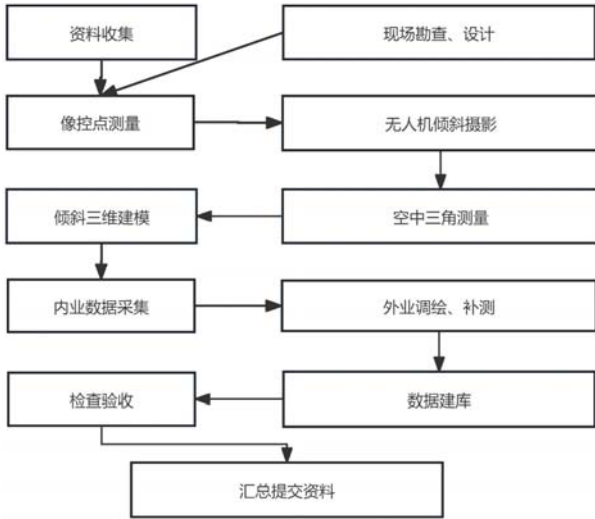


图2 1:500数字化成图工艺流程图

2.2 数据生产流程与方法

依托湖南省HNCORS系统实施网络RTK测量，采用“区域内均匀布设、复杂地段加密”的像控点布设策略，像控点密度 ≥ 20 点/ km^2 ，实际布设541个像控点。外业观测严格遵循“两次独立观测取中、重合点校核、作业前后已知点检校”的技术流程，形成完整的内外业观测记录；独立外检点比例 $\geq 10\%$ 。控制网成果用于为空中三角测量提供高精度尺度与姿态约束，外检点成果则用于评估精度指标及系统误差。空中三角测量与数据产品化。首先在ContextCapture软件中完成自由网平差恢复初始影像几何关系，再结合像控点实施约束平差并进行残差分析诊断；相邻影像块通过公共航线和公共像控点实现无缝拼接与整合输出。成果统一框架下生成OSGB三维模型和DOM(GeoTIFF格式)，采用统一块原点并优化拼接缝线(seamline)，有效降低跨块区域的几何与色彩差异，便于后续的增量更新和跨区域拼接应用(如图3所示)。

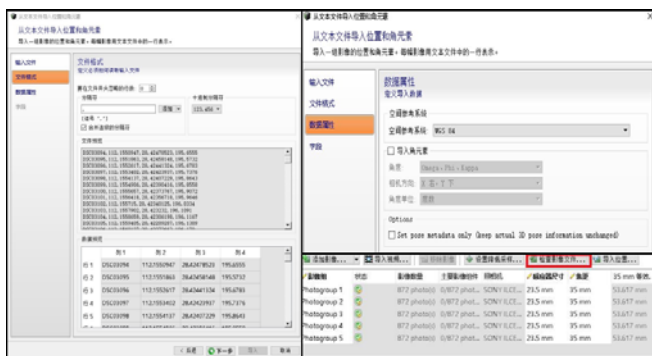


图3 导入POS和检查影像完整性图

2.3 数据成果与应用价值

空间覆盖与数据资产。本项目完成衡山县6个镇区8个地块共计10 km^2 的数据更新，其中包括4 km^2 全新测绘和6 km^2 的修补测绘。成果包括：(a)全覆盖DOM影像(0.017mGSD)；(b)OSGB三维实景模型，总容量46GB、采用二级八叉树结构瓦片存储，统一块原点便于跨区拼接；(c)1:500DLG数据10 km^2 ，共295幅分幅图(含不满幅)，包含12类地物、41个图层，拓扑错误率为0%。



图4 三维模型效果图

项目生成的OSGB三维模型在0.017m的纹理映射精度下，清晰保留了屋顶设施、建筑幕墙细节以及亲水平台等丰富的三维形态特征(如图4所示)，充分体现了高质量的三维表达能力。在具体业务应用方面：(1)规划核验：DLG边界与OSGB建筑轮廓精确对应，实现了三维空间中建筑红线偏离的直观核查(偏离值 $\leq 0.20\text{m}$)；(2)不动产登记：DOM影像提供了可靠的正射平面基准，OSGB三维模型提供高差数据，实现了宗地图与立面图的有效联动出图；(3)设施普查与运维：通过三维模型中道路中心线、地下管线骨架线、电力通信杆塔等地物快速三维定位，有效提高了设施巡检养护的效率，两周试运行数据显示效率提升超过30%；(4)实景三维平台集成：以统一的CGCS2000/1985高程基准实现OSGB向b3dm模型格式的转换，并完成了与湖南省实景三维平台的对接，验证了模型数据加载帧率稳定在60fps以上。通过“增量航摄+修补测量+三维建模”的一体化技术策略，本项目在作业效率(外业工期缩短52%)、经济成本(综合成本下降31%)和数据表达能力(平面-立体一体化)三个维度均显著优于传统的全站仪或单点GPS测量流程，形成了可在其他县市范围内复制推广的动态更新技术模式。

3 结论

(1)本研究构建并验证了“厘米级无人机倾斜摄影+HNCORS网络RTK控制+ContextCapture束平差”的一体化技术流程，在湖南省衡山县城镇开发边界内10 km^2 范围实现了1:500地形图的高效动态更新。成果精度检验显示，主要地物点平面位置RMSE达到18.8cm，量边精度RMSE达到12.1cm，均显著优于国家规范限差(25cm)。

(2)项目实施采用的“航摄增量+底图修补”组合模式，有效实现了作业效率和经济成本的综合优化。相比传统的全站仪或

单点GPS测量方法,本技术流程将外业作业周期缩短了52%,综合成本降低约31%。此外,基于统一切块原点的OSGB三维实景模型和DOM正射影像,能够直接与1:500DLG成果无缝叠加融合,从而为规划核验、不动产登记与市政设施普查等实际业务场景提供了“二维精度—三维直观”的一体化数据支持。经实地业务巡检测试表明,本项目显著提升了设施养护巡检效率,实测效率提升超过30%。

(3)本研究提出的技术路线与方法对县域尺度“高频变化—快速更新”的应用场景具有很强的复制推广价值,可以作为湖南省乃至更大区域范围内1:500地形图动态维护和实景三维建设的技术范式。

[参考文献]

[1]吴思,高倩影,李亮,等.多尺度基础地理数据联动更新技术[J].测绘通报,2017,(05):139-142.

[2]王冬梅.无人机倾斜摄影测绘1:500地形图精度分析[J].测绘,2020,43(02):85-89.

[3]姜丽丽,李晓双,刘红军.基于倾斜摄影测量1:500比例尺地形图测绘的关键技术研究[J].测绘与空间地理信息,2019,42(06):189-191+194.

[4]赵海强,陈小燕.新型测绘技术在大比例尺测图中的应用

[J].地理空间信息,2022,20(01):82-84+138+8.

[5]于丽丽.基于无人机倾斜摄影测量技术的城市三维实景建模研究[J].测绘与空间地理信息,2021,44(05):86-88.

[6]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.

[7]刘晓菲,房华乐.无人机倾斜摄影测量在城市三维实景建模中的应用及精度分析[J].城市建设理论研究(电子版),2023,(4):119-121.

[8]张琛,贺彪,郭仁忠,等.倾斜摄影三维模型Unreal Engine 4渲染的数据转换方法[J].武汉大学学报(信息科学版),2023,48(4):514-524.

[9]袁曼飞,谢忠良.基于CORS的网络RTK测量精度分析及影响因素研究[J].测绘与空间地理信息,2020,43(07):31-33+44.

[10]肖海文,林日志.无控制点无人机倾斜摄影测量获取1:500 DLG的方法研究[J].测绘与空间地理信息,2021,44(1):213-216+221.

作者简介:

陈凌(1971--),女,汉族,湖南邵东人,本科,湖南省地球物理地球化学调查所,高级工程师,测绘地理信息。