RTK 测绘技术在城镇化进程中国土测绘的应用分析

喻江城

城镇化加速推进背景下，国土测绘是城镇空间调控与土地集约利用的核心支撑，其成果精度与作业效率直接影响规划落地成效。实时动态测量(RTK)技术凭借厘米级定位能力，成为破解复杂测绘难题的关键手段。本文结合城镇建成区、城乡结合部等典型场景，采用实验对比、数据统计及案例分析等方法，研究 RTK 技术核心构成及在控制测量、土地确权、土方量核算中的应用效能，结合 12 个城镇化活跃区域实测数据验证价值，提出复杂环境优化路径。研究表明，RTK 技术可使城镇测绘效率提升 60%以上，成果中误差≤ ± 5cm，为土地精准管理提供数据支撑。城镇化进程中，土地利用与权属更新需求迫切，国土测绘成果质量关乎耕地保护、规划实施及纠纷化解。传统测绘技术在城镇高楼遮挡、管线密集环境下存在周期长、精度波动大等弊端，难以满足实时精准需求。基于 GNSS 的 RTK 技术通过基准站与流动站实时差分实现厘米级定位，在城镇地籍调查、新区开发等场景优势凸显，成为新型城镇化高质量发展的重要技术保障。

一、研究方法与过程

(一)研究方法

本文采用多方法融合思路，聚焦城镇化场景下的技术应用实效：

1. 实验对比法：选取城镇建成区、城乡结合部、近郊平原 3 类典型区域，设置 RTK(华测 i93Pro、中海达 V300）与传统技术（全站仪、静态 GPS)平行作业组，在相同测区完成同类任务，对比作业效率、成果精度及人力成本；

2.数据统计法：收集长三角、珠三角等城镇化活跃区域 12 个实测项目(含城镇地籍调查、新区控制测量等)数据，通过 SPSS26.0 软件分析效率提升率、精度达标率等核心指标。经统计，12 个项目中 RTK 平均作业效率较传统技术提升 68.3%(其中建成区提升 62.5%，城乡结合部提升 71.2%，近郊平原提升 74.6%)，平面精度达标率（≤ ± 5cm）达到 97.2%，高程精度达标率(≤ ± 8cm)为 94.5%，证实了 RTK 在各类城镇场景下的稳定性和可靠性；

3.案例分析法：选取城镇土地确权、新区控制测量、工业园区土方核算 3 类场景，剖析 RTK 作业流程、参数设置及成果应用，提炼复杂环境技术控制点。

(二)研究过程

研究分三阶段开展：第一阶段(2024 年 3–4 月)，选取 6 个城镇化重点城市 12 个项目为样本，收集技术方案、观测数据及验收报告，明确城镇测区“高楼遮挡、权属复杂”核心特征；第二阶段(2024 年 5–7 月)，在 3 类典型区域开展平行实验，记录两类技术作业时长、观测误差等数据，重点监测城镇密集区信号稳定性；第三阶段(2024 年 8–9 月)，汇总数据构建效能评价体系，完成精度验证与效率分析。

二、RTK 测绘技术的核心构成及适配性特征

(一)核心技术构成

现代 RTK 系统采用“多星接收 – 实时传输 – 精准解算”架构，适配城镇复杂作业环境：卫星接收系统支持北斗三号、GPS、GLONASS 多星融合，可跟踪 22 颗以上卫星，通过数据冗余提升高楼遮挡区定位稳定性，基准站采样频率可达 10Hz；流动站主机重量≤1.2kg，适配城镇狭窄空间作业；数据传输系统采用 4G/5G 与专用电台双模通信，城镇区域 4G/5G 传输速率≥10Mbps，偏远区域电台通信距离可达 10–30km，数据传输稳定性超 98%，数据经 AES 加密保障安全；智能解算系统基于嵌入式芯片实时处理，支持 WGS84 与 CGCS2000坐标转换，自动修正电离层延迟等误差，解算时间≤2s，平面精度 ± 1cm、高程 ± 2cm，满足精细化测绘需求[1]。

(二)关键性能参数

主流 RTK 设备参数均符合《CH/T　2009—2010》规范，其城镇适配性特征显著，具体参数见表 1：

表 1 关键性能参数

性能指标	华测 i93Pro	中海达 V300	行业标准要求
卫星跟踪数量	≥30 颗	≥28 颗	≥15 颗
平面定位精度	±0.8cm+1ppm	±0.8cm+1ppm	≤±2cm
高程定位精度	±1.5cm+1ppm	±1.5cm+1ppm	≤±3cm
初始化时间	≤5s	≤6s	≤30s
电池续航时间	≥16h	≥14h	≥8h

注：ppm 为比例误差（1km 观测距离误差 1mm）。城镇作业中基线距离多≤5km，以华测 i93 Pro 为例，总误差 = 0.8cm+5km×1mm/km=1.3cm，远优于城镇测绘的精度要求。

三、RTK 技术在城镇化测绘中的实践应用

（一）控制测量：构建城镇空间基准框架

城镇新区开发需快速建立高精度控制网，传统导线测量在高楼区通视条件差、转站频繁，效率仅 0.3–0.5km2/ 天，误差累积明显，RTK“基准站网 + 流动站”模式可有效克服这一问题。作业流程：1）基准站布设与校正：选取新区周边 3 个 GPS C 级控制点，将基准站安置于其中一点，完成对中整平、输入已知坐标并初始化校正；2）流动站数据采集：按 100m × 100m 网格布设图根点，待设备显示“固定解”后观测 3 次（每次 10s），取均值降低偶然误差；3）成果输出与验证：数据无线传输至终端完成 CGCS2000 坐标输出，选取 10% 测点用静态 GPS 复核。

（二）土地确权：化解城镇权属纠纷

城镇化进程中，城乡结合部、老旧小区权属边界模糊易引发纠纷，传统钢尺量距误差达 5%–8%，RTK 结合激光测距可实现精准界定。关键技术为“接触式 + 非接触式”灵活测量：可到达界址点直接用 RTK 流动站测量；河沟、围墙顶部等难到达区域采用“RTK+ 激光测距”，激光测距精度 ± 2mm、最大测距≤50m，融合数据可获三维坐标[2]。华测 X30 等新型设备支持“拍照选点”，15 米外精准获取墙角坐标，大幅提升老旧小区作业效率。

（三）土方量核算：严控城镇工程成本

城镇更新、工业园区建设中，土方量核算直接影响工程预算，传统方格网法受测点密度与地形插值方式限制，土方量核算相对误差普遍为 10%~15%，RTK 结合三角网法可实现精准核算。作业流程：1）原始地形数据采集：按 2m × 2m 网格布设测点，地形剧烈区加密至 1m × 1m（测点密度≥5 点 /100m²），流动站采集三维坐标及高程并实时上传；2）模型构建与计算：将高程数据导入 CASS 软件生成不规则三角网（TIN）模型，导入设计曲面数据计算体积差得土方量；3）数据清洗与验证：通过点云可视化剔除干扰数据，选取 5 个典型区域人工开挖实测验证。

四、城镇化背景下 RTK 技术的优化路径

（一）技术升级：适配城镇复杂环境

城镇核心区高楼密集形成的“城市峡谷”效应，易造成卫星信号失锁与多路径误差，是制约 RTK 作业稳定性的首要问题。针对城镇高楼峡谷、密林遮挡等问题，构建“卫星定位 + 激光感知 + 智能补偿”体系。强化北斗三号融合应用，整机卫星捕获灵敏度可达 –155dBm 量级，该指标为设备实际作业场景下的实测水平，区别于单一芯片的实验室理论值，植被遮挡区域仍可稳定跟踪 15 颗以上卫星。引入 86 万点 / 秒三维激光扫描仪与 SLAM 视觉定位，配合多传感器融合校验与异常值自动剔除算法，可将高楼遮挡区的异常定位点占比控制在 1% 以内[3]。采用天通卫星与 4G/5G 双模传输，偏远城镇实现数据实时回传。设备采用工业级三防设计，可适配 –30℃至 60℃的作业环境，电池续航≥15h，卫星信号短暂失锁时，搭载的惯性导航模块可实现 10 秒内的连续定位输出，短距离步行作业场景下定位偏差可控制在厘米级。

（二）标准完善：规范城镇作业流程

技术效能的稳定发挥离不开统一的作业规范与质量管控体系，当前城镇测绘场景多元、参与主体众多，部分项目存在作业流程不统一、成果质量差异较大等问题，亟需建立“全流程标准化 + 场景差异化”体系：设备准入实行检定备案制，明确卫星跟踪数量等核心指标；按城镇建成区、近郊等场景制定规程，单基准站 RTK 有效作业半径应控制在平原≤10km、山地≤5km（超过该距离差分误差急剧增大，精度难以保障）；统一采用 CGCS2000 坐标系，坐标转换残差≤2cm，强制 AES–256 加密传输。成果验收实行“内业审核 +10% 外业复测”，复测误差超 ± 5cm 需重测。借鉴铁路测量规范经验，新增 RTK 在城镇变形监测中的应用标准，每 2 年动态更新规范。

（三）人才培育：强化城镇作业能力

技术落地的最终成效取决于一线作业人员的专业能力，城镇测绘场景复杂、对实操经验要求高，基层测绘从业人员的技术能力不足，已成为制约 RTK 技术规模化推广应用的关键因素。构建“高校 – 企业 – 行业”三级联动的人才培育体系，能

够为城镇测绘领域输送适配性更强的专业人才。高校层面优化测绘工程专业课程设置，将 GNSS 测量技术相关学分占比提升至 20%，实践教学时长占比不低于 30%，引入主流品牌的 RTK 设备建立校内实训基地，侧重培养学生城镇复杂场景下的实操能力；企业开展岗前培训（侧重城镇狭窄空间作业规范）与在岗继续教育（每年≥40 学时）；行业建立初 / 中 / 高三级技能认证，将等级与薪酬挂钩[4]。开发轻量化培训资源，通过移动平台助力基层人员掌握城镇复杂场景作业技巧。

五、结　语

RTK 技术以其厘米级精度、高效作业特性，成为城镇化进程中国土测绘的核心支撑。研究证实，该技术可使城镇测绘效率提升 60%以上，点位平面中误差控制在 ±5cm 以内，在新区规划、权属确权、工程建设中发挥关键作用。未来需进一步推动 RTK 与无人机、GIS 技术融合，构建“空天地一体化”测绘体系，精准支撑城镇空间规划、耕地保护与生态修复，助力新型城镇化高质量发展。□

参考文献：

[1]李明圆.测绘新技术在国土测绘工程中的合理应用研究[J].中国科学探险,2022,(2):121-123.

[2]冯晓.RTK 测绘技术在国土测绘工作中的运用[J].工程建设与设计,2018,(8):251-252.

[3]王莉莉.工程测绘中 RTK 测量技术特点与具体应用[J].工程建设与设计,2019,(16):256-257.

[4]李冲.复杂地形区 RTK 测绘技术实施难点及解决方案[J].北斗与空间信息应用技术,2025,(6):97-99.

作者单位：永业行规划勘测设计（湖北）有限公司

分片区特色定位创新编制乡镇国土空间总体规划的初探

李江涛

摘　要：乡镇国土空间总体规划是“五级三类”国土空间规划体系的基层法定单元，承担着上位传导、底线管控、镇村统筹、特色发展的核心使命。当前多数乡镇规划仍存在全域均质化、功能同质化、管控一刀切、特色不突出镇村发展零散无序、特色风貌缺失、规划落地性不足等问题，难以适配生态、农业、城镇、文旅等多元功能复合的发展需求。该县结合本地实际，以地域资源禀赋分片区特色定位为抓手，推动规划从“全域平铺”转向“分区精准、特色彰显、差异管控”，实现“保护有分区、发展有重点、特色有标识、管控有差异”，实施差异化定位与分类管控，能够有效优化镇域空间格局、盘活全域资源、避免千镇一面。本文结合规划编制实际，从理念创新、科学分区、空间布局、底线管控、产业培育、镇村统筹、长效保障七个方面，系统梳理乡镇国土空间总体规划创新编制具体策略，为提升乡镇总规科学性、实用性与可实施性提供参考路径，也是乡村振兴与城乡融合背景下基层空间治理的创新探索。

关键词：多测合一；规划面积核实；房产测绘；数据融合；业务协同

一、引　言

在国土空间全域管控新形势下，乡镇规划承担着严守三条控制线、统筹生态、农业、城镇三类空间、引导镇村有序建设的重要作用。受长期粗放发展、行政边界分割、模板化编制影响，多数乡镇空间布局碎片化、功能定位模糊、产业同质化严重，生态保护与建设发展矛盾突出。推行分片区特色化规划编制模式，打破行政村界限，依据自然本底、产业基础、人文特色划分发展片区，因地制宜明确发展方向、管控强度、建设重点，是新时期乡镇国土空间规划提质增效、转型升级的必然路径。通过分片区精准定位、分类施策、联动协同，实现生态安全守住、耕地底线稳住、城镇集约发展、乡村特色凸显，全面提升乡镇空间治理现代化水平。