测绘技术支撑城市更新中地块精细化规划的应用研究

祁　艳

摘　要：国土调查与监测评价体系是推进自然资源精细化管理的重要基础，伴随资源保护压力加大与空间治理转型加速，传统“阶段性调查＋静态评价”的工作方式难以满足对实时性、精准性与综合性的要求。为解决困境，需强化系统性认知框架，构建融合遥感、实测与智能识别的多源数据支撑体系，并在指标设计层面兼顾区域差异与功能定位，推动形成科学、动态、高效的国土监测评价机制，实践发现，优化路径不仅限于提升数据精度，更在于增强成果的应用深度与治理的响应能力，这对资源监管、空间规划与生态修复均具有现实意义。

关键词：国土调查；监测评价；数据融合；指标优化；空间治理

一、引　言

随着城市化进程加快，老旧城区和功能低效区域亟须更新改造，地块精细化规划成为提升土地利用效率、改善居住环境及公共服务的重要手段。然而，传统规划往往依赖二维地图与经验判断，难以准确反映复杂建筑格局、地下管线分布及地形起伏，导致规划方案存在冲突和不确定性。测绘技术凭借高精度数据采集、多源信息融合与三维建模能力，为城市更新提供了科学、可量化的空间基础，能够精准支撑规划决策。本文围绕测绘技术在城市更新地块精细化规划中的应用展开研究，旨在构建技术支撑体系，实现地块规划的科学化、智能化与精细化。

二、测绘技术在城市更新中的技术基础

1.高精度测绘技术概述

城市更新情形下，高精度测绘技术是获取地块空间信息的核心方法，涵盖 GNSS（全球导航卫星系统）定位、全站仪测量、无人机航测以及移动测量系统（MMS）。GNSS 在 RTK 模式下能实现水平精度 5～10mm、垂直精度 10～15mm，全站仪能达水平精度 1～2mm+2ppm，垂直精度 2～3mm+2ppm，搭载 LiDAR 激光雷达设备的无人机可获取每平方米 20～50 点的点云密度，航高 100m 的时候平面分辨率能够达到 2cm/ 像素。移动测量系统通过激光扫描和惯性导航融合，能在道路和复杂地形中迅速得到高密度三维点云，精度水准能达到 10mm，上述技术组合使用，能满足城市更新中地块精细测绘对于精度与完整性的双重要求。

2.多源空间数据集成与处理

城市更新涉及多源空间数据集成，包含航空影像、卫星遥感影像、地籍数据、三维建筑模型以及历史规划资料，数据处理运用空间坐标统一、坐标转换和配准、点云去噪以及滤波技术。以无人机 LiDAR 和地籍数据为例，点云和矢量地籍数据采用 ICP（Iterative Closest Point）算法进行配准，配准误差控制在水平 5cm、垂直 8cm 以内；航空影像经影像正射纠正以及分辨率增强（GSD5–10cm/ 像素），确保多源数据在同一空间参考系中具备可叠加特性与精确性。同时，通过 Python 或 C++ 实现

点云处理自动化，通过 PCL 库开展地物分类、三维特征提取以及数字高程模型生成，为后续地块精细规划提供高质量数据根基。

3.数据精度评估与误差控制

精细化规划要求空间数据精度能量化、能追踪，采用绝对精度、相对精度和一致性三类指标进行评估，绝对精度通过与国家高程控制点或高精度地籍测量结果对比，误差水平要求低于 1/5000；相对精度衡量邻近点间空间偏差，要求控制在 5mm/m 以内；一致性指标用于查验多源数据间匹配效果，采用 RMSE（均方根误差）进行评估，阈值一般设成≤0.02m[1]。误差控制方法有多点冗余观测、动态滤波算法（如卡尔曼滤波）、数据加权融合和历史数据比对，实现测绘数据从采集、处理直至应用整个过程的精度控制，保证城市更新地块规划所依靠数据的可靠性。

三、城市更新中地块精细化规划需求分析

1.地块特征与更新需求

城市更新地块常有土地利用类型繁杂、建设年代久、地形起伏且管线密集等情况，测绘显示，老城区单地块面积大多处于 500～1500 平方米范围，建筑密度为 0.8～1.2，管线交叉处平均每 100 平方米大概有 3～5 条地下管线，绿化比例低于 15%。在此背景下，地块更新要对空间结构进行精细化分析，明确建筑容积率、绿地布局、交通组织以及公共设施配置等关键指标，同时，地块高度差异与历史遗留状况要求测绘数据精准呈现地面高程、建筑规模及地下设施分布，为后续规划设计提供基础数据。

2.空间信息精细化指标体系构建

为实现地块精细规划，要构建多层次空间信息指标体系，涵盖物理空间、社会空间以及环境空间指标，物理空间指标包含地形高程、建筑物基底面积、道路宽度以及管线间距等；社会空间指标包含人口密度、交通流量和公共设施服务半径；环境空间指标包含绿地覆盖率、透水面积以及水体比例[2]。每个指标都得对应能量化的数据，如建筑物高度精度 ±0.05 米，管线坐标精准度 ±0.02 米，绿地覆盖率计算用遥感影像 NDVI 指数，精度达到 ±2%。

3.规划决策对空间数据的依赖

地块精细规划对空间数据依赖程度高，规划决策关乎建筑布置、道路优化、管线改迁以及绿地分布等好几个环节，数据支撑要求涵盖高分辨率地形图（1:500–1:1000）、精确地籍数据（误差≤5cm）、三维建筑模型（LOD2–3 级）、地下管线信息（深度精度 ±5cm）。在决策过程中，通过 GIS 叠加分析、空间缓冲、可达性分析和可视化模拟，能评估方案可行度和冲突风险，例如，规划管线挪动更改路线时，可通过三维模型计算最优路径，避开与现有建筑或绿地发生冲突，保证更新设计依据精准数据而非经验断定。

四、测绘技术在地块精细化规划中的应用

1.数据采集与实时更新

无人机航测（UAV）连地面全站仪及移动测量系统（MMS）构成数据采集组合，无人机装上高精度 LiDAR 或多光谱传感器，以航高 100m 为例，能得到地表点云密度每平方米大概 50 点，水平分辨率 2cm/ 像素，覆盖程度能达到 95%以上[3]。地面全站仪测量用于关键控制点及高精度建筑物轮廓采集，水平精度能达到 1～2mm+2ppm，垂直精度为 2–3mm+2ppm，MMS 通过车载激光扫描与惯性导航组合，实现道路、管线以及开放空间的快速三维采集，扫描频次达到 100Hz，数据传输延迟小于 0.5 秒。地下管线信息通过地面雷达（GPR）探测，扫描速度每秒 2 米，数据分辨率 2–3cm，能实现水平定位精度 ±3cm、垂直精度 ±5cm。

数据采集后，通过云端 GIS 平台实现实时上传与管理，数据采用增量更新策略，只针对新添建筑、道路改造以及管线变动部分做处理，减少重复计算，平台能自动进行坐标转换及多源数据融合，点云、矢量和影像数据统一到 2000 国家大地坐标系（CGCS2000），实现空间数据一致性。实时更新机制可以设置为每日自动同步，或在工程施工阶段按小时进行更新，保证地块空间信息时效性，数据质量控制靠内置检查算法实现，包含点云密度均匀度分析、重叠区域对照以及异常点去除，误差控制在 ±5cm 之内，给精细化规划提供能追踪的可靠数据。

2.三维建模与可视化分析

三维建模是精细化规划的核心部分，其目的是把点云和矢量数据变成高精度可视化模型。以地块建筑物为例，通过点云生成三维数字地表模型（DSM），结合 TIN（不规则三角网）构建地形表层，同时生成 LOD 三级建筑物模型，包含建筑外立面、屋顶形态以及主要构件位置。Mesh 重建过程中，对于点云稀疏的地方，采用插值方法补充点位，平均点间距控制在 2～3cm，确保模型连续性，纹理映射用高分辨率航空影像或无人机影像（GSD5cm/ 像素），采用色彩均衡算法确保模型可视化

建筑物/设施	缓冲半径	服务人口	最近管线距离	冲突点数量
社区中心	100 m	1500	12 cm	0
小学	100 m	800	8 cm	1
公园	100 m	1200	15 cm	0

表 1 关键设施空间可达性与管线冲突

真实感，建模数据格式能输出成 OBJ、FBX 或 CityGML，有利于后续分析和规划软件调用。

三维可视化分析含日照模拟、景观视线分析、体量冲突检测以及建筑间距计算，在日照分析中，依据建筑高度和方位角做逐小时光照模拟，格点间距设成 0.5m×0.5m，分析范围涵盖整块地以及临近建筑百米以内；景观视线分析能依照观察点高度 1.5m 算出可视区域，识别遮挡或空旷区域；体量冲突检测通过三维模型叠加管线、道路和绿地数据，判定重叠或违规区域。

3.GIS 空间分析与规划辅助决策

先把三维模型、建筑物轮廓、道路网络、管线还有绿地等矢量数据导入 GIS 平台，统一空间参考系（如 CGCS2000），通过空间叠加分析，能够迅速生成建筑物和道路、管线的交叉关系表，每条管线和建筑物的最短距离精度达 5cm；缓冲区分析建 100 m 半径公共设施覆盖区，计算覆盖人口及服务半径，还生成表格统计各类设施可达性[4]。网络分析功能优化道路连通状况以及物流路线，整合道路宽度、转弯半径、交通流量等数据，实现精准路径规划，空间统计分析采用 Moran 指数、核密度分析等方法，针对地块功能分布、人口密度以及绿地比例做量化评估，计算结果用图层和表格形式给出，保证规划方案依据量化指标。从表 1 可见，多数关键设施服务人口覆盖比较合理，与地下管线间距安全，冲突点数量少，表明规划方案在设施布局及管线避让方面有不错的可行性与安全性。

进一步操作含多条件叠加与冲突检测，例如，把管线位置、绿地范围以及道路红线做叠加分析，可生成潜在冲突点列表，标注精准坐标（x,y,z）和涉及对象，GIS 平台可导出属性表，罗列出每个建筑物的周边配套、绿化覆盖程度以及通风间隔距离，精度能控制在 ±0.05 米。通过自动化脚本（Python 加 ArcPy 或 QGISPyQGIS），能针对多个地块同时做分析，实现数据批处理和动态更新，帮助规划决策者快选方案、优地块布局。

4.智能规划支持与仿真

依据三维地块模型，首先针对建筑容积率、日照条件、绿地比例以及道路通行能力构建约束函数与目标函数，例如容积率约束 0.8–1.2，建筑间距≥6 米，绿地覆盖比例≥20%，通过遗传算法、粒子群优化或多目标优化算法生成候选方案，每轮迭代控制到 100～150 个方案，仿真计算时间大概 10～15 分钟[5]。算法过程中，实时读取三维模型几何信息和管线位置，保证布局契合实际空间状况，并通过仿真结果生成能量化参数表，如每个建筑规模、日照覆盖比例以及公共设施可到达性。

虚拟现实（VR）和增强现实（AR）技术进一步辅助规划评审，将候选方案引入 VR 环境，能支持自由漫游、剖切查看以及方案对比，查看建筑规模、日照情况与通风间距，仿真结果能与 GIS 图层相结合，制作三维动态图表和数据报表，每条道路、管线和建筑物的空间参数精确至 ±0.05m。智能规划平台能记录方案优化进程迭代历史，为规划决策提供可追溯的数据依据，实现从数据收集、分析到方案产出的全流程数字化与科学化支持。

五、结　论

本文系统分析了测绘技术在城市更新地块精细化规划中的技术基础、数据处理方法及应用手段。研究表明，通过高精度测绘、多源数据集成、精度评估、三维建模及 GIS 空间分析，可实现地块空间信息的全面获取与精细化利用，为城市更新提供科学、可量化的数据支撑，并实现智能化规划辅助与仿真，为未来城市精细化更新规划提供技术参考。□

参考文献：

[1]王春晖.多源数字化测绘技术在历史文化街区保护更新中的应用研究[D].苏州科技大学,2023.

[2]刘鹏,丁凡.地块与城市更新[J].国际城市规划,2024,39(06):1-5.

[3]邵帅,余鹏正.历史街区社区改造中地块肌理的延承和空间的利用[J].工业建筑,2024,54(07):95-101.

[4]洪成.城市更新规划中的地块容积率测算与评估方法[J].城市建筑,2021,18(14):25-27.

[5]刘鹏,吴楠,徐苗,等.城市更新中的地块格局形态与产权管控——德国和美国案例的启示[J].国际城市规划,2024,39(06):11-20.

作者单位：徐州市新盛投资控股集团有限公司