

基于多源汇聚的实景三维数据在城市规划与治理中的应用

薛静

北京超图世安技术有限公司

DOI:10.32629/jpm.v7i8.9024

[摘要] 传统二维城市地图已难以满足城市精细化治理需求。三维城市建模技术能够直观、真实地展示城市空间信息，为城市规划、建设与管理提供有力支撑。多源遥感数据融合与摄影测量技术作为一种高效、可靠的三维城市建模手段，已成为地理信息科学领域的研究热点。本文采用 SuperMap 桌面软件及 GPA 自动化处理技术，实现多源异构实景三维模型的融合处理；基于 SuperMap iServer 构建 WebGL 架构的三维可视化系统，实现三维场景动态展现、多维度空间分析、规划智能审查与时序对比、业务信息联动查询等功能，并在城市现状调查、规划审批、工程监管及基础设施安全治理等场景中开展应用，为城市规划与治理的精细化、数字化转型提供技术支撑。

[关键词] 多源数据融合；实景三维；三维建模；规划审查；城市治理

Application of Real-World 3D Data Based on Multi-Source Aggregation in Urban Planning and Governance

Xue Jing

Beijing SuperMap Shi'an Technology Co., Ltd.

[Abstract] Traditional two-dimensional urban maps are no longer sufficient to meet the demands of refined urban governance. 3D urban modeling technology enables the intuitive and realistic representation of urban spatial information, providing robust support for urban planning, development, and management. The fusion of multi-source remote sensing data and photogrammetry techniques, as an efficient and reliable approach to 3D urban modeling, has become a prominent research focus in the field of geographic information science. This paper utilizes SuperMap desktop software and GPA automated processing technology to achieve the fusion and processing of multi-source, heterogeneous real-world 3D models; it also builds a WebGL-based 3D visualization system using SuperMap iServer, enabling functions such as dynamic 3D scene display, multi-dimensional spatial analysis, intelligent planning review and temporal comparison, as well as linked business information queries. This system has been deployed in various scenarios—including current urban status surveys, planning approvals, engineering supervision, and infrastructure safety governance—providing technical support for the refined and digital transformation of urban planning and governance.

[Key words] multi-source data fusion; real-world 3D modeling; 3D modeling; planning review; urban governance

1 多源实景三维数据采集与分类体系

1.1 核心数据分类与特性

实景三维中国建设对城市级三维数据产品的粒度、精度和

现势性提出了体系化要求，城市级实景三维建模通常由多类数据协同完成。六类实景三维数据的特征各不相同：地形影像数据作为基础场景基底，可还原地表形态与地表覆盖信息；倾斜

摄影数据通过无人机航摄获取，具备建模速度快、还原度高的特点，是当前城市主流的实景数据源^[1]。点云数据通过激光雷达扫描生成，点位精度出色，适用于精细化检测与测量作业；BIM数据包含精细构件信息与工程属性，多用于建筑与市政工程的精细化管理；白模数据通过矢量拉伸生成，拥有成本低、效率高的优势，适合开展城市宏观规划展示；传统手工模型细节制作精良，多用于重点区域的精品可视化展示。

1.2 多源数据标准化采集流程

1.2.1 外控点与校验点采集

外控点、校验点是保证模型定位精度的重要环节，外控点用于空三解算的坐标校正，校验点用于模型精度的定量核查。使用RTK技术进行点位采集，平面精度可达厘米级，根据测区情况选择不同的布设方案。校验点覆盖测区全域，通过比对模型实测坐标和真实坐标评判模型精度，不达标则回溯重采，保证建模成果合规可用。

1.2.2 航空影像与地形数据采集

无人机倾斜摄影获取多视角影像，根据航高、重叠度合理规划航线，保证影像匹配质量，选择合格的影像进入建模环节。地形数据以高精度DEM数据结合实测地形数据为基础，统一地形基准与坐标系，为三维场景提供稳定、连续的地形基底支撑。

1.2.3 点云与纹理数据补采

针对无人机航摄底层遮挡、纹理缺失的问题，采用地面激光雷达和手持设备补采点云、纹理数据，实现高空航摄数据与地面实景数据的空地融合，有效修复建筑底层、街巷地物模型失真问题，提高模型的整体真实度^[2,3]。

1.2.4 存量模型数据收集

收集区域存量BIM模型、规划矢量、精细手工模型等数据，经由轻量化、坐标适配处理后再利用，从而有效缩减建模开支、加快建模速度。其中传统手工模型经格式转换、坐标适配与纹理规整后纳入统一三维场景，用于重点区域的精品展示。

2 多源数据融合与模型处理

2.1 多源数据融合关键技术

2.1.1 时空基准统一配准

时空基准不统一是多源数据融合的主要难题，不同数据源的坐标系、高程基准之间存在差异，直接叠加容易造成模型错位、分层现象^[4]。以实测外控点为统一空间基准，对所有数据进行坐标配准和误差校正，消除点位偏移问题，使多源数据在空间上准确配准。

2.1.2 空地数据融合优化

航测点云和地面点云拼接融合，去除噪点、修正异常数据。依靠三维模型校正近地面影像的位置，弥补底层纹理缺失的不

足，使航摄数据、地面数据、规划矢量数据全方位融合^[5]。

2.2 模型精细化处理

根据不同数据类型采用不同处理方式：地形影像数据通过镶嵌、裁剪、透明优化提高展示效果；倾斜摄影模型生成S3M标准切片缓存，适配沙盘系统加载；BIM、白模、点云数据分别完成轻量化、纹理优化与参数调优，保证模型展示效果和运行效率。各类三维模型的处理与组织遵循三维地理信息模型生产、数据产品相关规范^[6,9]。

2.3 模型质量检查与精度验证

模型成果入库前开展系统性质量检查。几何质量方面，检查模型是否存在悬浮、破损孔洞、纹理拉花等问题，对建筑底部、街巷等遮挡区域重点核查；位置精度方面，利用校验点比对模型实测坐标与真实坐标，统计平面与高程中误差，不满足精度要求的区域回溯至采集环节重新处理。属性与逻辑方面，检查单体化编码唯一性、属性挂接完整性，以及模型与地形、矢量数据的套合一致性。质检形成问题记录与整改闭环，确保入库成果满足三维地理信息模型数据产品规范要求。

3 系统设计与实现

3.1 系统整体技术架构

系统依据实景三维中国建设技术大纲的相关要求设计^[7]，采用云原生、微服务的总体技术路线，自下而上分为基础设施层、数据层、平台层和应用层四个层次。

3.1.1 基础设施层（IaaS）

基础设施层采用云原生部署方式，实现计算、存储、渲染资源的弹性伸缩，支持城市级三维大数据存储与渲染，保证系统稳定高效运转。

3.1.2 数据层（DaaS）

数据层建立多源异构数据融合体系，统一管理实景三维模型、规划矢量、业务台账、权限数据，兼容S3M、OSGB、3DTiles等三维模型格式和GeoJSON、SHP、GPX等二维数据格式，为系统功能提供完整的数据底座。

3.1.3 平台层（PaaS）

平台层依靠微服务架构、GIS引擎和GeoAI算力，实现各类三维数据的兼容渲染、空间大数据运算与智能分析，为上层业务功能提供核心技术支持。

3.1.4 应用层（SaaS）

应用层采用Vue3前端框架开发，无需客户端安装部署，通过浏览器即可访问全部功能，集成数据管理、场景展示、工具分析、业务会商等主要功能，满足各岗位工作需求。

3.2 系统开发及运行环境

为保证系统正常工作，系统软硬件配置情况如表1所示。

表 1 开发环境配置

类别	配置项	参数要求
硬件	显卡	独立显存不低于 4GB，支持硬件图形加速
	内存	32GB 及以上
	CPU	i7 级别处理器
	硬盘	存储容量≥1TB
软件	操作系统	CentOS 7 及以上
	数据库	PostgreSQL 15 及以上（PostGIS 3.5 空间扩展）
	开发技术	Vue3、JavaScript、HTML5、CSS3、WebGL
	编辑工具	WebStorm、VS Code

3.3 系统功能设计

系统围绕城市规划管理业务需求，设计七个功能模块：

（1）多源实景三维可视化展示模块。支持地形影像、倾斜摄影、BIM、白模、点云等各类实景三维数据叠加加载，支持多角度浏览、图层控制、底图切换，能够自由标注、对比现状实景和规划方案成果。

（2）空间模型管理模块。实现地物单体化处理，完成地块、建筑的业务属性挂载，支持选中高亮、对象信息编辑，解决倾斜摄影整体模型不能单独管理地物的痛点；白模数据可进行美化处理、补充建筑纹理，用于城市规划专题展示。

（3）空间测量模块。提供距离、面积、高程、坡度等三维量算手段，满足规划内业的指标统计要求。

（4）空间分析模块。包含可视域、日照、天际线、控高、退让、淹没仿真等三维分析算子，支持多期模型时序对比，用于定量研判规划方案的空间合规性与实施影响，并辅助识别建设过程中的变化区域；同时提供内涝淹没、泄漏扩散等情景模拟能力，支撑城市安全风险推演。

（5）场景漫游模块。支持第一人称漫游、自定义路径飞行漫游，并提供昼夜更替、云天雨雪等环境仿真效果，供规划方案演示和成果汇报使用。

（6）信息查询模块。地物点击交互时调取地块控规、建筑档案等业务资料，打通三维场景与规划业务台账；对 BIM 模型可点击查询构件属性信息，实现建筑工程管控；同时可挂接基础设施物联感知数据，查询管线、桥梁等设施的监测预警信息与处置台账。

（7）系统管理模块。实现账号分级管理、数据源维护与操作日志审计，为不同业务人员分配不同操作权限，保证地理数据安全。

4 实景三维数据在城市规划与治理中的应用

4.1 城市现状基底调查

传统现状调研大多依靠图纸资料和现场实地考察完成，存在人力耗费大、周期长、部分区域资料不足等缺点。汇聚多源数据建成的实景三维成果作为国家新型基础设施建设的重要组成部分，具有统一的地理坐标、量测准确等特点，能够直观反映

建筑物高度、建成区形态、绿地和开敞空间分布。规划管理人员可直接在系统中对全域现状进行摸排，发现建筑风貌、疑似违建、公共空间短板等问题，使用空间量算工具快速统计地块、建筑相关指标，输出客观真实的现状基底，为国土空间规划编制提供现实依据，降低外业调研成本。

4.2 规划方案模拟与多方案比选

将规划设计 BIM 模型以及传统规划模型成果输入可视化系统，叠加倾斜摄影实景基底，可清楚体现新建建筑与周边现状之间的尺寸关系及风貌协调状况。通过系统日照、可视域、天际线、贴线率等分析工具进行定量评价，对方案造成的视线遮挡、采光影响、街道空间尺度等问题进行研判，改变以往主要依靠图纸主观判断的工作方式。系统支持多屏联动的多方案同屏比选，可同步展示不同方案的三维效果与指标结果；结合增强现实技术，还可将规划模型投影叠加到真实城市场景中，预判方案落地效果，为专家评审、规划会商和方案汇报提供直观、动态的可视化载体。

4.3 规划审批智能审查

依托三维空间运算与规则建模能力，系统可将城市控制性详细规划和城市设计中的管控要求进行数字化转译，构建覆盖刚性规则与柔性规则的规划审查指标库；刚性规则包括用地红线、容积率、建筑高度、地下建筑范围、总建筑面积、建筑退让等，柔性规则包括贴线率、开敞度、可视域、天际线、道路高宽比等。审查指标由相应的空间计算算子支撑，可对报审建筑模型开展全量规划审批指标的自动计算与合规性比对，快速检测现存建筑及规划项目中的空间矛盾，实现由传统人工审查向自动化审核的转变。

在具体审查业务中，系统可对限高区域自动判别建筑超高并弹窗预警，对沿街建筑外立面悬空超出控制线的情况进行提示，对规划区域日照时长进行叠加计算并自动筛除日照不达标房屋，对规划后城市天际线拟合曲线与高度控制要求进行比对。面向项目前期选址阶段，系统可依据国土空间规划管控要求梳理选址影响因子，实现可用地的快速筛选与精准定位，支撑“先计算后选择”的智慧选址；面向规划设计条件出具阶段，可按选定范围自动提取地块管控指标、生成规划设计条件，辅

助项目选址预审与用地预审工作,一键形成技术审查报告。

4.4 工程项目全周期规划监管

实景三维模型可覆盖建设项目从报建、施工到竣工验收的全阶段。报建阶段,通过制定三维数据制作、报建和质量检查标准,对设计单位报送的三维方案电子成果进行数据标准审查与接收入库,保证报建模型与三维场景融为一体。工程建设阶段,依托系统的多期模型时序对比能力,将不同时期采集的实景模型叠加比对,对照实际建设状况与审批方案,辅助发现未批先建、超范围建设等违规行为。竣工验收阶段,将竣工三维成果与规划许可内容逐项对比,自动核查建筑是否超出用地及红线范围、建筑退让与间距是否合规、建筑高度与层高是否符合施工图、总建筑面积是否超出规划条件、配套公共设施与市政管线是否配置到位、绿地率与停车配建是否达标等内容,对不符合要求的事项重点提示,实现建设项目全流程数字化监管。

4.5 城市更新与精细化治理

在老旧小区改造、街区更新、拆迁评估等城市更新业务中,实景三维能够完整保存改造前建筑立面、街巷空间肌理。根据模型对现状进行评价,查找空间不足之处,利用单体化、属性查询功能快速获取地块权属信息、改造历史等资料,从而优化更新单元划分、测算拆迁量;结合地形压平、土方量计算等工具,可模拟拆迁改造后的场地状态与平整工程量。此外,高精度点云模型还可对危房外立面排查、地下管线巡检等工作提供数据支撑,辅助提升城市基础设施安全管理水平。

4.6 城市基础设施安全运行监管

在城市治理方向,系统可融合燃气、供水、排水、桥梁等城市生命线基础设施的静态台账、视频监控与物联感知数据,依托三维场景构建城市基础设施数字孪生底座。在三维场景中直观呈现各类管线、场站、桥梁设施的空间分布与运行状态,汇聚各专项报警预警信息,形成安全态势一张图;结合风险隐患底数,按区域生成风险分级四色图,实现风险点从宏观分布到微观详情的逐级查询与追溯。管理人员可实时掌握监测设备覆盖情况与运行趋势,对报警事件进行定位、调取周边监控视频、联动周边危险源和防护目标信息,支撑风险研判与处置调度,推动城市安全管理由二维平面向三维立体、由事后处置向事前预防转变。

4.7 应急模拟仿真与辅助决策

依托三维场景与模拟仿真能力,系统可对城市典型风险场景进行推演。在城市内涝场景中,融合高精度地形与管网数据,模拟不同降水条件下的积水范围、积水深度与淹没时序,为内涝防治、雨污调度和应急疏散提供依据;在燃气泄漏等场景中,模拟风险扩散范围与演变趋势,结合影响范围内的危险源、应

急资源和历史类似事件信息,辅助优化应急处置方案。仿真过程同时支撑线上应急演练组织与处置流程检验,通过多部门协同推演评估预案合理性,实现“以仿促练、以练促防”,为政府监管端风险防控决策和应急方案优化提供科学支撑。

5 结束语

本文以实景三维中国建设以及城市规划与治理的发展需求为依托,建立了一套包含多源实景三维数据采集汇聚、融合处理和系统应用的技术体系。采用标准化空地一体数据采集、时空基准统一配准、SuperMap GPA 自动化处理等方式,可有效解决多源数据匹配度低、处理速度慢的问题;以 SuperMap iServer 引擎为基础构建的三维可视化系统,具备场景展示、空间分析、规划智能审查、时序对比、台账联动与情景仿真等功能,并在城市现状调查、方案比选、规划审批、工程监管、城市更新及基础设施安全治理等场景中形成了较为完整的应用链条,为国土空间规划数字化、城市治理精细化转型提供了可行的技术参考和实践范式。后续将进一步深化多源数据的自动化、智能化处理能力,拓展实景三维在更多行业领域的融合应用。

[参考文献]

- [1]刘建军.实景三维中国的总体架构与主体技术[J].测绘学报,2025,54(4):636-649.
 - [2]谢云鹏,吕可晶.多源数据融合的城市三维实景建模[J].重庆大学学报,2022,45(4):143-154.
 - [3]姜皓然,许章平,相涛.多源数据融合的城市三维实景建模[J].测绘通报,2025(S1):124-127,173.
 - [4]李录飞.多源测绘数据融合在三维实景建模中的应用[J].智能物联技术,2026,58(4):85-88.
 - [5]张鹏飞,陈举平,朱焕廉.基于多源数据融合的实景三维建模研究[J].城市勘测,2025(3):173-176.
 - [6]CH/T 9016-2012 三维地理信息模型生产规范[S].北京:测绘出版社,2012.
 - [7]自然资源部.实景三维中国建设技术大纲(2021版)[S].北京:自然资源部,2021.
 - [8]文学东,陈为民,谢洪,等.一种融合多源特征的建筑物三维模型重建方法[J].武汉大学学报(信息科学版),2019,44(5):731-736,764.
 - [9]CH/T 9015-2012 三维地理信息模型数据产品规范[S].北京:测绘出版社,2012.
- 作者简介:薛静,1990.01,女,新疆,汉族,硕士研究生,新疆师范大学,测绘工程师,研究方向:城市信息模型(CIM)、实景三维。