

智慧城市背景下多源数据融合测绘方法研究

额日登敖其尔

内蒙古锡林郭勒盟镶黄旗自然资源联合所, 内蒙古锡林郭勒盟镶黄旗新宝拉格镇, 013250;

摘要: 智慧城市建设推动城市治理由经验驱动转向数据驱动, 测绘工作也由传统静态成果供给逐步转向动态感知、综合表达与智能服务并重的新阶段。面对城市空间对象类型复杂、变化频繁、管理场景多样的现实需求, 单一数据源已难以满足高精度、强时效和多尺度应用要求。遥感影像、倾斜摄影、激光点云、物联网感知数据、移动测量数据及地理信息平台数据在空间表达、语义识别和动态更新方面各具优势, 多源数据融合测绘因此成为智慧城市空间底座构建的重要路径。文章围绕智慧城市背景下多源数据融合测绘的技术逻辑与应用需求, 分析其数据基础、关键方法、典型应用、现实问题及优化方向, 以期为提升城市测绘成果质量和空间治理能力提供理论参考与实践借鉴。

关键词: 智慧城市; 多源数据融合; 测绘方法; 空间信息; 地理信息服务

DOI: 10.69979/3060-8767.26.05.082

引言

智慧城市建设强调对城市运行状态的全面感知、准确识别与实时响应, 这对测绘工作的时空精度、更新效率和成果表达提出了更高要求。传统测绘多依赖单一数据获取与阶段性更新, 虽能满足基础地理信息生产需求, 但在面对复杂城市场景时, 常出现信息维度不足、更新周期偏长和表达能力有限等问题。随着卫星遥感、无人机测量、车载移动测量、激光雷达与城市感知网络的快速发展, 城市空间信息获取已进入多平台、多尺度、多模态协同阶段。多源数据融合测绘能够整合不同数据类型在覆盖范围、精度层级、采集频率和语义属性上的优势, 为智慧城市构建更完整、更精细、更动态的空间信息体系。研究其方法体系与实施路径, 具有较强的现实意义与技术价值。

1 智慧城市背景下多源数据融合测绘的理论基础与现实需求

1.1 智慧城市建设对测绘工作的功能重塑

智慧城市建设推动城市治理由静态管理转向动态感知、综合分析 with 智能响应, 测绘工作的职能也随之发生深刻变化。其任务已不再局限于基础地理底图生产, 而是逐步延伸至城市运行监测、空间资源管理、基础设施普查、应急保障和数字孪生建模等多个领域^[1]。城市治理对空间信息的要求也由单纯可视表达转向精确识别、细部刻画、动态更新和业务支撑并重。传统依赖单一航测或地面测量的方式, 在高密度建成区、地下空间

和快速变化区域中, 常出现信息覆盖不足、更新滞后和成果适配性不强等问题。智慧城市多部门协同和多场景应用的推进, 使测绘呈现出综合化、动态化和服务化特征, 这也为多源数据融合测绘提供了现实需求与发展基础。

1.2 多源数据融合测绘的内涵与基本特征

多源数据融合测绘是在统一空间参考与技术规则下, 对不同平台、不同传感器、不同时序和不同表达形式的空间数据进行协同处理、关联分析和综合表达的方法体系。其核心不在于数据叠加, 而在于通过互补、校验和增强, 提高测绘成果的完整性、准确性与适用性。相较于传统单源测绘, 这种方法具有信息维度更丰富、成果表达更立体、更新机制更灵活和应用适配性更强的特点。遥感影像、倾斜摄影、激光点云、移动测量以及感知数据在覆盖范围、精度层级和语义表达上各有优势, 融合后能够较好弥补单一数据源在空间细节、时效性和对象识别上的不足。因此, 多源数据融合测绘不仅强调几何统一, 也强调属性关联和成果服务导向, 更契合智慧城市空间治理的实际需求。

1.3 智慧城市应用场景对融合测绘提出的新要求

随着城市治理向精细化、实时化和智能化发展, 融合测绘所承担的任务不断加重。城市更新需要快速识别建筑变化和设施增减, 交通治理依赖对道路结构、运行状态和附属设施的准确感知, 应急管理要求在突发事件中迅速形成可靠的空空间支撑, 生态治理则强调对地表覆盖、水体变化和环境风险的动态监测。这些场景共同表

明,测绘成果必须兼顾广域覆盖、局部精细、时序连续与多元表达,单一数据来源已难以长期满足复杂治理需求^[2]。与此同时,智慧城市更加重视空间信息与业务信息的联动,测绘成果不仅要反映坐标与形态,还应支持对象识别、状态分析、关联查询和平台调用。由此可见,融合测绘已由单纯的数据处理技术,发展为支撑城市空间治理能力提升的重要基础。

2 智慧城市多源数据融合测绘的数据基础与关键方法

2.1 多源空间数据的类型构成与信息优势

智慧城市测绘依托的数据来源日趋多样,不同类型数据在空间表达和应用功能上各具优势。卫星遥感影像覆盖广、周期稳定,适合总体格局识别与变化监测;航空摄影、无人机影像分辨率较高,适用于局部精细测图与三维重建;倾斜摄影有利于还原建筑立面和街区形态;激光雷达点云在地形、结构和高程表达方面优势明显;车载及手持测量则可补充复杂场景下的细部信息。环境监测、交通感知和设施运行数据还能增强空间对象的动态属性表达。多源数据融合测绘正是在综合各类数据差异基础上形成更具互补性的测绘体系。

2.2 多源数据融合测绘的核心技术流程

多源数据融合测绘并非简单叠加不同来源的信息,而是围绕统一时空基准开展系统化处理。其技术流程通常涵盖数据预处理、坐标统一、空间配准、特征提取、语义关联、模型构建与成果表达等环节。预处理的重点在于剔除噪声、修正误差、补齐缺失,从而提升原始数据质量。坐标统一和空间配准决定了不同数据能否在同一框架下实现准确叠加,也是后续分析的基础。完成位置匹配后,需要从影像纹理、点云结构和几何轮廓中提取关键特征,并将道路、建筑、绿地、管网及设施设备对象与其功能属性、管理信息和运行状态建立关联。依据不同应用目标,可进一步生成二维底图、三维模型、时空数据库或数字孪生场景。由此可见,融合测绘的技术实质在于通过多环节协同处理,实现空间信息由分散表达向综合重构转变。

2.3 人工智能与智能算法在融合测绘中的作用

面对多源数据规模大、类型复杂、更新频繁的现实环境,人工智能已成为融合测绘的重要技术支撑。深度学习可用于遥感影像识别、建筑边界提取、道路分割和变化检测,提升大范围数据处理效率;点云语义分割有

助于建筑、地面和交通设施等对象分类;多模态融合算法能够联合影像、点云与属性信息,提高识别与补全精度^[3]。智能匹配方法在空间配准中可缓解尺度差异和局部畸变影响,时序分析模型则有助于识别城市空间变化。不过,复杂遮挡区域判读和关键成果核验仍需依赖专业人工校核。

3 智慧城市背景下多源数据融合测绘的应用实践与价值体现

3.1 城市基础底图更新中的融合应用

基础地理信息底图是智慧城市各类业务系统共享使用的空间底座,其准确性与现势性直接影响规划管理、建设监管和公共服务的实施效果。传统底图更新多依赖周期性集中测绘,面对建成区扩展、交通设施调整和功能区边界变化时,往往难以及时反映现实空间状况。多源数据融合测绘为底图动态更新提供了更具适应性的技术路径。借助卫星遥感可把握城市整体变化趋势,结合无人机影像和倾斜摄影可对重点区域进行精细补测,依托地面移动测量又能够补充道路附属设施和街道细节信息,同时引入建设审批、竣工验收和设施台账数据,还可增强空间对象属性表达的完整性。经融合形成的底图不仅更新效率更高,也能实现由二维向三维的拓展,更好满足智慧城市持续更新的应用需求。

3.2 城市精细治理中的融合应用

智慧城市建设推动治理重心下沉,对空间数据的精度、时效和对象化表达能力提出了更高要求。多源数据融合测绘在精细治理中的价值,主要体现在对城市要素的全面识别和持续支撑上。通过车载激光点云与街景影像结合,可较为准确地提取道路边界、交通标志、照明设施和井盖等对象,为道路养护和设施管控提供基础。利用多期遥感影像与实景三维模型对比,能够及时识别新增建筑和异常结构变化,为违法建设监测提供支持。将地面测绘成果与地下探测、管网资料及施工信息协同整合,还可形成较完整的地下空间信息体系,降低施工风险和设施冲突。由此可见,多源数据融合测绘不仅提高了成果精度,更推动城市空间信息由静态可视向动态可管转变。

3.3 数字孪生城市构建中的融合应用

数字孪生城市强调将真实城市的空间形态、设施状态和运行过程映射至数字空间,从而形成虚实联动的治理模式。多源数据融合测绘在这一过程中具有基础性作

用。实景三维模型的构建通常需要倾斜摄影、激光点云与高精度地形数据共同支撑,只有通过多源融合,才能兼顾形态真实性、尺度准确性与语义完整性。若进一步叠加建筑属性、交通流量、环境监测和设施运行等信息,数字孪生模型便可由静态展示场景转化为可分析、可推演、可预警的综合平台。在这一转变中,测绘工作的内涵也由传统成果生产延伸到空间底座构建与动态维护^[4]。多源数据融合使数字孪生城市具备更强的更新能力和业务适配能力,从而为城市运行监测、风险模拟和决策评估提供更加可靠的空间支撑。

4 多源数据融合测绘面临的问题及优化路径

4.1 当前多源数据融合测绘存在的主要问题

尽管多源数据融合测绘在智慧城市建设中具有较高应用价值,但在实际推进过程中仍面临多重制约。较为突出的矛盾在于数据标准不统一,不同来源的数据在坐标体系、精度等级、命名规则、采集周期和属性结构上存在明显差异,易导致融合结果出现错位、冲突或语义偏差。与此同时,原始数据质量受天气条件、遮挡情况、设备性能和采集环境影响较大,噪声、缺失和精度波动问题较为常见,增加了后续建模与分析难度。多源数据融合处理对算力、存储和算法能力要求较高,一些单位在软硬件配置、技术储备和流程规范方面仍显薄弱。加之部门间数据共享机制尚不完善,空间数据与业务数据未能有效贯通,致使成果的语义深度、更新效率和应用支撑能力受到限制。

4.2 面向智慧城市需求的技术优化方向

提升多源数据融合测绘水平,关键在于围绕智慧城市应用需求完善技术体系。应加快统一时空基准与标准规范建设,明确各类空间数据的采集要求、精度指标、属性规则和交换格式,为融合处理提供稳定基础。数据处理过程中,还需建立贯穿接入、预处理、配准、建模和更新各环节的质量控制机制,增强成果的可靠性与一致性。针对复杂城市场景中的遮挡、异构和动态变化问题,应加强面向对象的智能识别、多模态联合分析和时序变化检测研究,以提升复杂环境下的数据处理能力。面对海量城市空间数据,还应推动云计算、边缘计算与高性能空间数据库协同应用,提高大规模数据处理效率。技术优化的核心不在于单纯增加模型复杂度,而在于实现精度、时效、成本与业务适配之间的协调统一。

4.3 多源数据融合测绘的管理保障与发展路径

多源数据融合测绘要形成持续支撑能力,还需依托制度、组织与人才的协同保障。城市层面应从顶层设计入手,明确空间数据底座建设的责任边界、共享规则和更新机制,减少重复建设和数据割裂现象。测绘部门也应由传统成果生产角色向综合服务角色转变,在基础数据获取之外,进一步承担数据治理、成果整合和场景支撑等任务。面向智慧城市复杂应用需求,还需加快培养兼具测绘基础、数据分析能力、智能技术素养和城市治理理解的复合型人才,以增强技术落地和成果转化能力^[5]。与此同时,应推动高校、科研机构与企业建立更紧密的协同机制,围绕实景三维、地下空间、动态监测和数字孪生更新等关键问题开展持续研究。只有在制度规范、平台建设、技术创新和人才培养等方面形成合力,多源数据融合测绘才能真正成为智慧城市高质量发展的重要基础。

5 结语

智慧城市建设对测绘工作的时效性、精度和综合服务能力提出了更高要求,多源数据融合测绘由此成为重要技术路径。该方法通过整合遥感影像、点云数据、倾斜摄影、移动测量和感知数据等多类信息资源,有效提升了城市空间信息获取、表达与更新能力,在基础底图更新、精细治理和数字孪生城市构建中表现出较强支撑价值。不过,数据标准不统一、质量控制不足、共享机制不畅以及人才和技术储备薄弱等问题,仍制约其深入应用。未来应围绕实际治理需求,持续推进标准完善、技术优化和平台协同。

参考文献

- [1]黄茂耘.基于多源数据融合的无人机航空摄影测量与高精度地图构建方法研究[J].张江科技评论,2025,(08):71-73.
- [2]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.
- [3]陈思吉.三维建模的多源数据融合算法研究[D].贵州大学,2020.
- [4]胡亮.多源遥感影像融合技术在智能测绘中的精度优化[J].信息记录材料,2026,27(05):90-92.
- [5]卞正富,智慧城市地上地下三维场景建模关键技术及应用.江苏省,中国矿业大学,2021-12-01.