引文格式：王光耀,刘一宁,顾建祥. 上海城市空间基底探索与实践[J]. 地理空间信息, 2024, 22(5): 106-110. doi:10. 3969/j.issn. 1672-4623.2024.05.023

上海城市空间基底探索与实践

王光耀[1,2]，刘一宁[1,2*]，顾建祥[1,2]
（1. 上海市测绘院，上海 200063；2. 自然资源部超大城市自然资源时空大数据分析应用重点实验室，上海 200063）

摘　要：针对空间信息在城市数字化转型中亟需解决的数据资源、服务能力等问题，在分析空间信息对智慧城市建设基础性、重要性作用的基础上，介绍了上海城市空间基底的建设背景和建设思路，以及在信息模型、数据生产、更新机制等方面的建设要点、技术探索和取得的成效。通过国土信息管理、法人、城运等应用实践证明上海城市空间基底的不断深化在城市精细化管理中发挥了重要作用，为新一代智慧城市建设提供可借鉴经验。

关键词：数字化转型；城市空间基底；新型基础测绘；实景三维上海；地理实体
中图分类号：P208　　**文献标志码：**B　　**文章编号：**1672-4623（2024）05-0106-05

Exploration and Practice of Urban Spatial Foundation Construction in Shanghai

WANG Guangyao[1,2], LIU Yining[1,2], GU Jianxiang[1,2]
(1. Shanghai Surveying and Mapping Institute, Shanghai 200063, China;
2. Key Laboratory of Spatial-temporal Big Data Analysis and Application of Natural Resources in Megacities, MNR, Shanghai 200063, China)

Abstract: In response to the need to improve data resources and service capabilities in the process of urban digital transformation, we analyzed the fundamental and important role of spatial information in the construction of smart cities at first. Then, we introduced the construction background, construction ideas, and technological exploration and achievements in information modeling, data production and update mechanisms of Shanghai's urban spatial foundation. Finally, through practical applications such as legal entities and urban transportation, we proved that the continuous deepening of Shanghai's urban spatial foundation had played an important role in refined urban management, providing valuable experience for the construction of a new generation of smart cities.

Key words: digital transformation, urban spatial foundation, new basic surveying and mapping, real scene 3D Shanghai, geo-entity

当前，数字经济正在逐步成为重组全球要素资源、重塑全球经济结构、改变全球竞争格局的关键力量。近年来我国大力推动数字化发展，推进数字经济、数字社会、数字政府建设，驱动生产、生活、治理方式的数字化变革，包括空间信息在内的数字信息基础设施作为建设数字中国的基石，已成为支撑高质量发展的战略性公共基础设施。随着测绘装备、大存储大计算能力等计算机技术的发展，测绘地理信息也迎来了高速发展期。自然资源部大力推进新型基础测绘体系[1-4]、实景三维中国[5-8]等一系列工作，有力支撑数字中国建设。上海一直致力于超大城市空间基底的建设、发展和深化。本文对上海城市空间基底的发展、建设要点和应用实践进行了梳理、分析，为智慧城市建设提供经验和参考。

1　建设背景

建国以来，上海测绘地理信息经历了 4 个跨越式发展阶段：20 世纪 80 年代以前以小平板+小笔尖为代表的模拟测绘阶段；1988 年开始以全站仪+微型计算机为代表的数字化测绘阶段；2006 年进入了以网络化 GIS 服务为代表的信息化测绘阶段；随着国家对新型基础测绘的探索，2017 年上海开展新型基础测绘试点工作，进入了综合运用多源传感技术和人工智能技术的智能化测绘时代[9-10]。上海市逐步建立了“0511”固定周期的基础地理信息更新机制，积累了地形、影像、管线等丰富的地理信息数据，并通过线上线下为政府、企事业和公众等提供地理信息服务。据不完全统计，目前政务版平台在政务外网已为市、区两级政

收稿日期：2024-02-22。
项目来源：国家自然科学基金资助项目（41531177）；国家自然科学基金青年基金资助项目（41901403）；国家自然科学基金面上项目资助项目（42171431）；上海市 2021 年度“科技创新行动计划”社会发展科技攻关资助项目（21DZ1204100）。
第一作者简介：王光耀（1965—），本科，高级工程师，从事工程测量和城市地理信息生产和应用等工作，E-mail：wgyst@sohu.com。
通信作者：刘一宁（1984—），博士，高级工程师，从事地理信息组织、建模与应用等工作，E-mail：cosmos1984@foxmail.com。

府部门82个应用提供了地理信息服务，覆盖规划资源、公共安全、城市运行、水务环保、区域一体化等多个政务服务领域。上海城市的高速发展和治理现代化、精细化要求的不断加深对上海城市空间地理信息建设提出了更高的要求。

2021年《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要》明确指出“提高数字政府建设水平，健全数据资源目录和责任清单制度，提升国家数据共享交换平台功能，深化国家人口、法人、空间地理等基础信息资源共享利用”。同年，上海市政府在《关于全面推进上海城市数字化转型的意见》中指出“加快构筑数据新要素体系、数字新技术体系和城市数字新底座，以数据要素为核心，形成新治理力和生产力，逐步建立完善城市数据资源体系，实现政府决策科学化、公共服务高效化、社会治理精准化，打造‘物联、数联、智联’的城市数字底座”。2022年《上海市数字经济发展“十四五”规划》提出“加强时空大数据管理、地理监测、高精度地图、地理实体等新型测绘能力建设，发展万物互联、虚实映射、实时交互的数字孪生城市”。2024年上海印发《上海市优化政务服务提升行政效能深化“一网通办”改革行动方案（2024—2026年）》，指出“打造‘一张图’服务应用体系，实现市、区、街镇多级共享应用，迭代升级政务地图应用，持续接入各类公共要素数据、专题时空数据、社会化地图数据，打造开放多元的政务地图应用生态”。纵观近年上海市各项政策对空间地理信息发展的要求发现，政府对空间地理信息的理解在不断加深，认为它是重要的城市资源，是城市数字化转型重要的基础设施，需要更深入地融入城市现代化治理和精细化管理体系，起到城市运行基础性、支撑性的基底作用。

2　建设思路与路径

2.1　建设思路

上海城市空间基底是新一代上海空间地理信息发展的具象化，以城市地理信息数据库为依托，以空间为核心承载城市各类动静态信息，与城市运行的生命体征高度关联，伴随着城市发展不断迭代，为城市运行、政府决策提供空间数据获取、呈现与分析能力基础；同时进一步加强开放共享，减少使用壁垒，鼓励更多用户参与共建共享维护，实现上海城市空间基底的可持续发展。上海城市空间基底是城市数字底座的延伸和重要组成部分，是测绘地理信息在城市管理体系中的进一步发展，起到基础性支撑作用，进一步融入上海城市发展建设。对标国家与上海市政府的相关要求，上海城市空间基底在数据的丰富程度、更新频率、融合价值和营商环境等方面都还有相当大的差距，需要围绕以下方面进行重点发展：①深化测绘核心领域，持续服务国土、规划与自然资源管理和应用，同时积极对接城市精细化管理需求，将城市精细化管理对象纳入测绘范畴，形成稳定的数据获取、处理与更新机制，服务城市精细化管理；②建立认知唯一、结构通用的空间数据体系和服务体系，实现不同类型测绘产品的统一和多源异构专题数据的接入，为打造城市管理信息应用生态提供基础；③建立高效的城市更新机制与方法，持续提高城市变化信息的获取、处理与更新效率，满足空间基底与城市共生长的要求，为城市管理提供最鲜活的基底；④持续开放共享，扩大产品使用范围，同时鼓励联合共建，实现城市空间基底的可持续发展。

2.2　实现路径

在上海城市空间基底的建设过程中，由城市运行的管理者、空间信息的使用者和测绘地理信息的技术开发者共同探索、磨合、实践，从“提出需求、技术探索、机制建立、运行维护”等角度共同推进，最终形成可持续运行的技术路线和体制机制。在技术上，围绕城市精细化管理需求，拓展采集地物种类和采集技术，建立适用于多源异构信息融合的空间信息模型，围绕新空间信息模型提升地理信息服务能级。在机制上，行业内部围绕空间信息模型提升测绘地理信息生产和更新发布体系，形成完整、统一的作业流程、存储机制、更新模式和提取手段；行业外部积极拓展共建共享机制，提高数据丰富程度和鲜活性。在政策上，一方面总结提炼形成相关地方标准规范运作流程，另一方面与城市运行管理部门联合形成一系列的管理办法，明确功能职责、划清业务范围，更好地相互协作，避免不必要的运行成本。

3　建设要点

3.1　建设以地理实体为核心的空间信息模型和服务

从设计结构通用、信息融合的角度考虑，结合实景三维中国的建设要求，上海城市空间基底采用以地理实体模型为核心的空间信息模型。地理实体是现实世界中具有空间位置、共同属性的独立自然或人工地物，是一种相对通用的数据结构，通过地理实体编码

来串联同一地物的表达形态、自然属性和专题属性等信息，以实现传统多类型测绘产品的统一；同时，它又是一种松耦合结构，各类信息可通过“插头—插座”的方式接入，各自维护各自的专题信息，以保护各行业之间生产更新的独立性，从而解决行业标准不同的融合统一问题，满足城市管理多源异构信息的融合需求。

围绕全新的空间信息模型，进一步提升时空服务能力，提出了基于地理实体模型的信息可视化和查询统计方法（图1、2）[11]，利用“图属分离”模式和实体间的类血缘关系开发了一整套数据服务，根据地理实体编码对应多表结构开发查询统计接口，快速返回实体和实体关系的查询信息，将传统单向信息向多维网状信息方向发展，使得上海城市空间基底在数字孪生城市中呈现相互连接、互联互通的效果。

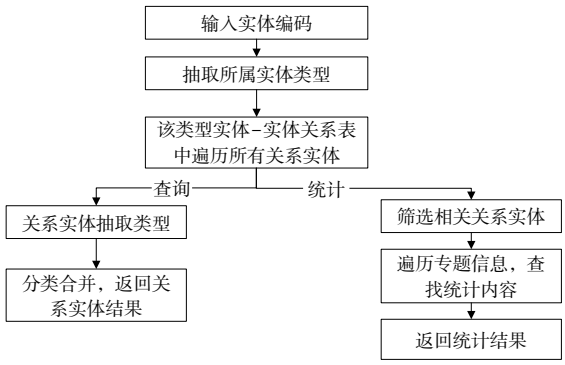


图1 基于类血缘关系的地理实体检索方法

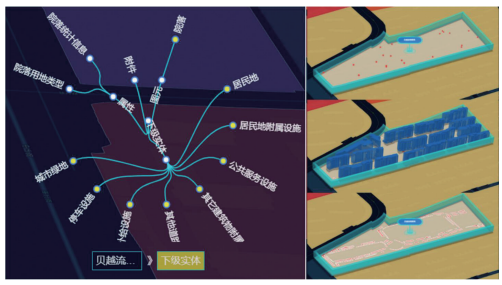


图2 类血缘关系的地理实体可视化方法

3.2 建设基于地理实体的测绘生产管理体系

依托以地理实体为核心的空间信息模型，上海系统地提出了地理实体构建规则，从地理实体的构建范围、方式、图元、属性等方面探索了地理实体的智能构建方法，提出将概略图形用于地理实体构建的理念，明确概略图形的意义和构成分类，厘清概略图形和地形要素图形的组成关系，建立了空间和语义相结合的概略图形智能构建方法[12-14]，对全要素地形、全要素实景模型和其他来源图元进行实体图元组织关系构建（图3）；从实体属性融合角度，研究了针对编码、空间相似性和位置描述的地理实体外部信息智能融合方法[15]，接入和智能融合外部数据，形成地理实体丰富的信息资源；进而建设基于地理实体的测绘生产管理体系，打破基础地形、地下管线、地名地址、三维模型等各类地理信息产品独立存储、更新、管理的传统，采用更优化的地理实体全息数据库模型与结构，充分考虑非结构化数据库的应用，将上海市已有的和未来新扩展的各类数据产品统一到一个全新的技术框架体系内，并支持社会、经济、人文和各类专题信息的融合扩充，形成全空间、全要素、全时态、全媒体的新型空间地理信息数据库[16-17]，建立基于地理实体的数据生产更新流程（图4），实现空间信息模型建模与存储技术探索。

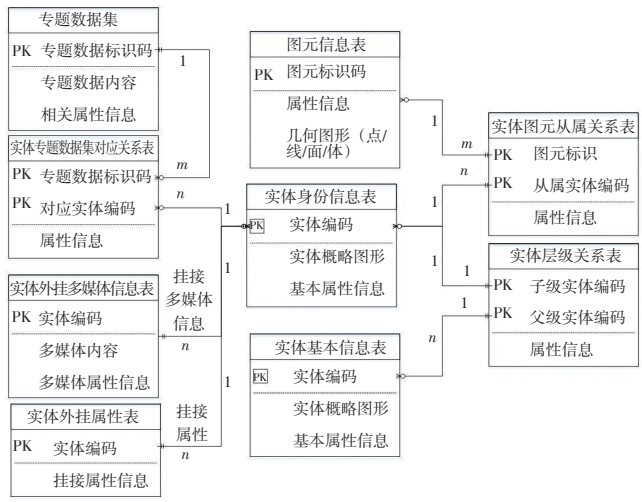


图3 基于地理实体的基础地理信息数据库结构

3.3 建设基于多源多层级的数据更新体系

根据上海对城市精细化管理和现代化治理的要求，必须提高空间基底的更新频率才能与城市发展的速度相匹配。一方面，以三维激光扫描为代表的测绘采集技术[9-10]大大减少了人工外业采集的工作量，提高了数据获取处理的效率，从而达到快速更新的目的；另一方面，对原有“0511”数据更新体系进行完善和提高，建立多源多层次的数据更新体系，使其满足城市运行管理的需求。“多源”是指更新发现的多来源，上海率先探索在政务领域利用“众源众筹”的方式建立变化发现和更新机制，通过市政道路政务信息联动、建筑开工放样、竣工验收等业务，建立变化信息交换通道；还通过深度学习等技术进行基于多光谱影像的变化发现与监测，形成变化区域信息，最终对各类变化信息进行集中汇集，推动后续更新工作。“多层次”是指更新作业的多种层次类型：①传统年度更新，对城市存量更新进行扫街式发现，周期长但变化发现全、少遗漏；②季度、月度更新，定期从变

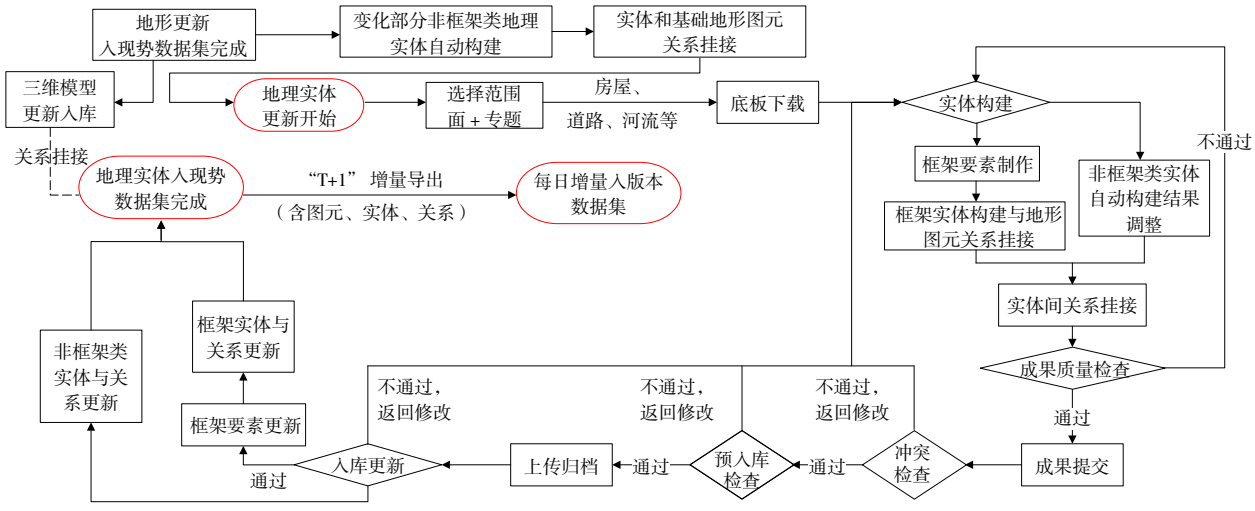


图 4　基于地理实体的数据生产更新流程

化线索中抽取变化区域，由作业队伍进行实测，是对年度更新的加密；③动态更新，采用“众源”机制，同步规划建设中各环节的测量作业，由测量队伍进行地形变化测量，随规划建设管理返回数据库，从而实现城市扩展建设区域的实时更新，既提高了更新频率又降低了更新成本。基于多源多层次的数据更新体系（图 5），使得相对专业的高精度地形测量也能加快作业频率，还可动态输出各类成果，满足城市精细化管理的各类需求。

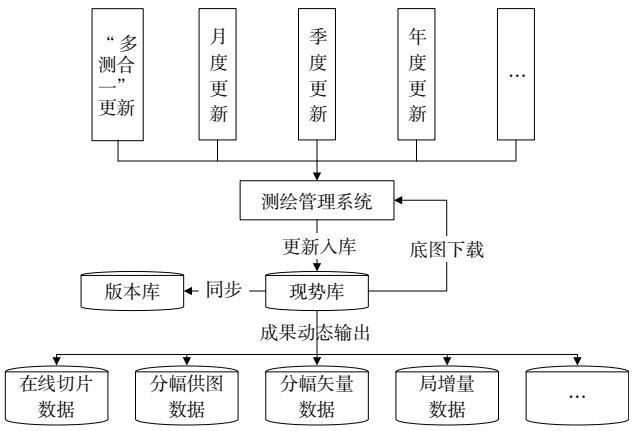


图 5　多源多层级的数据更新与输出

4　实践成效

在数据资源建设方面，从 2020 年起上海依托新型基础测绘试点任务开始数据资源体系和基础测绘生产体系的全面升级。在原有地形要素的基础上，扩展了 100 多种与城市运行管理相关的地物对象，并构建以地理实体为核心的空间信息模型；以浦东新区张江区域为实验区进行了全类型地理实体的生产建库工作，将基础地形、三维模型等空间信息，法人信息库、人口信息等专题信息，以及照片等多媒体信息进行了统一建模。2021—2024 年对以基础地形库、三维模型库为代表的基础地理信息数据进行升级改造，并完善地理实体生产体系，从数据生产标准、生产流程、作业软件、数据库与数据库管理系统、数据成图输出等方面对地理实体构建进行系统化、工程化研发。在此期间结合实景三维中国建设与实景三维上海建设的新要求不断进行调整，并开展试生产，预计 2024 年进入全面铺开生产更新，正式形成全新的以地理实体为核心的测绘生产管理体系，为各行业提供稳定服务。

在数据更新体系建设方面，依托“两图融合”“多测合一”“市政道路审批”等行政管理机制，持续推进更新机制的升级优化，形成了“动态、月度、季度、年度”混合模式的更新机制（图 6），并在基础测绘队伍的基础上，增加了竣工测量队伍对地形的更新，实现“众源更新”，进一步降低了更新成本，提高了数据的现势性。为了适应混合机制的复杂情形，对数据库管理、出入库软件等能力也进行了配套升级，形成了具有上海特色的新型基础测绘更新体系。2019—2023 年仅通过“多测合一”机制已有 200 多家测绘专业单位参与基础地形更新，共完成 16 972 个工程建设项目区域的实时更新，累计更新面积约为 400 km^2。在城市信息融合共享应用方面，基于前期工作，空间信息模型高度融入规划和自然资源中的土地、权属等信息，并融合房产估价的多时序房价评估信息，形成了一套以实体为中心的上海城市土地与资源的统计分析功能（图 7），已纳入到市规划和自然资源管理统一平台中，为城市规划和监管工作提供支撑。

上海城市空间基底在长三角一体化、农业农村信息化建设、法人信息整合分析、城市运行精细化管理等场景中均有广泛应用[18-21]。依托上海市法人数据



图6 动态更新项目统计

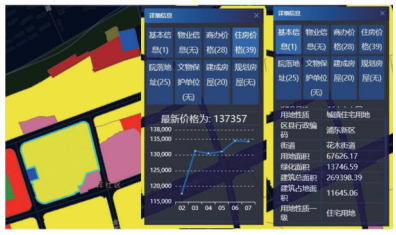


图7 地理实体多维信息查询检索

库，将法人信息与地理实体进行融合，从空间上对全市注册法人的分布情况、趋势进行分析研判。在上海城市运行平台的玻璃幕墙监管模块中采用了框架模型、精细模型等建筑多形态组合，对重点监控建筑进行细节展示，其余采用框架模型，形成直观有冲击力的展示效果（图8）；同时实时更新玻璃幕墙监控信息，通过编码与建筑实体进行挂接，根据监控信息动态显示玻璃幕墙的安全状态，并发出预警，便于工作人员进行派单维护。

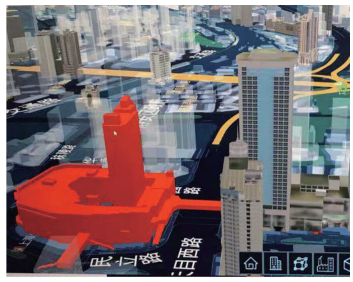


图8 玻璃幕墙监测应用

除此之外，上海在城市空间基底的探索与建设过程中不断总结经验，建立了《基于地理实体的全息要素采集与建库》《建筑工程“多测合一”技术标准》等一系列地方标准，以指导各类业务有序运行。同时，上海市委市政府也高度重视空间基底的建设应用，市城市运行中心、市大数据中心、市规划和自然资源局正在起草《上海城市一张图管理办法》等相关规章制度，从而更好地规范职能划分和业务板块，服务上海城市建设和发展。

5 结 语

本文围绕上海城市空间基底的建设背景、思路和要点介绍了上海城市空间基底的技术探索和应用实践，在数据模型、服务能力和更新机制上都有长足的发展和进步。从市、区和行业单位的使用情况来看，能够满足城市精细化管理和现代化管理对空间的需求，提供基础性的能力支撑。仍需指出的是，从管理层面上看，随着上海市大数据局、大数据中心等数据管理归集部门的成立，数据、服务的汇集、融合、发布等的主导权将从委办局逐渐向管理部门汇聚，因此对于空间信息模型的维护与应用，还需与管理部门加强沟通与对接，同时在动态数据感知、人工智能辅助等技术上不断拓展，从传统支撑型服务逐渐向知识服务的智库型方向转变，拓展城市空间基底的应用面，深挖应用价值，促进上海智慧城市建设。

参考文献

[1] 李成名,印洁,刘晓丽,等.“实体中国”与新型基础测绘的思考[J].测绘科学,2019,44(6):230-234

[2] 肖建华.建立新型基础测绘体系的实践与思考[J].中国测绘,2018(1):32-36

[3] 张凯,吕志慧,徐偲.江苏省新型基础测绘体系建设研究[J].地理空间信息,2020,18(10):118-121

[4] 张东林,郭慧宇,宋尚萍.关于新型基础测绘体系建设的思考[J].测绘与空间地理信息,2020,43(11):222-224

[5] 龚强,王丽欣,姚正明.关于实景三维中国建设的几点思考[J].测绘与空间地理信息,2022,45(6):22-24

[6] 陈军,刘建军,田海波.实景三维中国建设的基本定位与技术路径[J].武汉大学学报(信息科学版),2022,47(10):1 568-1 575

[7] 姚巍,王谱佐.实景三维技术发展态势:XXIV ISPRS Congress报告[J].时空信息学报,2023,30(2):167-176

[8] 张莉,洪亮,薄立明.湖北省实景三维建设路线研究[J].城市勘测,2022(6):15-18

[9] 顾建祥,董震,郭王.面向上海城市数字化转型的新型测绘[J].测绘通报,2021(7):131-134

[10] 顾建祥,杨必胜,董震,等.面向数字孪生城市的智能化全息测绘[J].测绘通报,2020(6):134-140

[11] 刘一宁,王琳,林木棵.面向城市管理的地理实体服务方法研究与应用[J].测绘科学,2023,48(3):85-92

[12] 王琳,郭功举,刘一宁.面向智慧城市建设的地理实体构建方法[J].测绘通报,2022(2):20-24

[13] 林木棵.城市存量道路要素自动构建地理实体研究[J].测绘科学,2023,48(3):57-63

（下转第119页）