超大城市全域时空智能底板的构建研究与探索实践*

Construction Research and Practice of Global Spatiotemporal Intelligent Foundation for Megacities

赵 峰 杨 滔 忻 静 冯威丁 Zhao Feng, Yang Tao, Xin Jing, Feng Weiding

摘 要 随着我国经济的高质量转型和持续发展，城市更新从增量向存量转变，上海超大城市空间治理面临立体化、精细化、智能化转型需求，亟需探索和构建一个空间全覆盖、实体立体化、信息多维度、更新实时化的时空智能底板，实现陆海统筹，地上、地下、低空等全域一体精细智能管控。通过深入分析上海数字孪生底座建设现状和发展趋势，探索全域三维空间立体网格空间基准、多源时空数据融合、空间认知能力建设等关键技术，总结形成新型时空智能底板建设的总体架构，强化自然语言人机交互的时空智能应用体系，并以上海复兴岛为试点，搭建了时空智能底板原型系统，验证了该方案的合理性和科学性，可为超大城市时空智能底板建设和空间治理智能化转型提供参考借鉴。

Abstract Against the backdrop of China's high-quality economic transformation, urban renewal has shifted from incremental expansion to stock-based regeneration. As a megacity, Shanghai is confronted with demands for three-dimensional, refined and intelligent transformation in urban spatial governance. It is urgent to explore and construct an intelligent spatiotemporal base featuring full-coverage spatial scope, three-dimensional physical entities, multi-dimensional information and real-time updating, to realize integrated fine-grained intelligent management and control covering land-sea coordination, above-ground, underground and low-altitude spaces. This paper conducts an in-depth analysis of the current status and development trends of Shanghai's digital twin base construction, and investigates key technologies including the spatial datum of full-domain three-dimensional spatial stereo grid, multi-source spatiotemporal data fusion, and spatial cognition capability development. On this basis, the overall architecture for building a new-type intelligent spatiotemporal base is summarized. Furthermore, the spatiotemporal intelligent application system empowered by natural-language human-computer interaction is enhanced. Taking Fuxing Island in Shanghai as a pilot site, a prototype system of the intelligent spatiotemporal base is established to verify the rationality and scientific validity of the proposed solution. The research can provide references for the construction of intelligent spatiotemporal bases and the intelligent transformation of spatial governance in megacities.

关 键 词 时空智能底板；超大城市空间智能治理；三维空间立体网格；智慧城市；时空智能

Key words intelligent spatiotemporal foundation; intelligent territorial spatial governance of megacities; 3D spatial grid; smart city; spatiotemporal intelligence

文章编号 1673-8985（2026）04-0008-08 中图分类号 TU984 文献标志码 A DOI 10.11982/j.supr.20260402

作者简介

赵 峰
上海市测绘院 副院长
上海市量子城市空间智能创新重点实验室（筹）
测绘分中心 学科带头人
硕士，zaof@shsmi.cn

杨 滔
清华大学建筑学院 副教授
清华大学北京信息科学与技术国家研究中心类脑智能技术群体 副研究员
自然资源部智慧人居环境与空间规划治理技术创新中心 副主任，博士

忻 静
上海市测绘院
智慧城市研究分院 副院长（主持工作）
上海市量子城市空间智能创新重点实验室（筹）
测绘分中心 核心成员，硕士

冯威丁
上海市测绘院 智慧城市研究分院 总工程师
上海市量子城市空间智能创新重点实验室（筹）
测绘分中心 核心成员，硕士

0 引言

自20世纪初首次提出“数字中国”发展战略以来，我国城市数字化进程持续高速推进。2025年7月，中央城市工作会议明确提出创新城市治理的理念、模式和手段，着力建设便捷高效的智慧城市[1]，要加快夯实数字基础设施和数据资源体系，推进数字技术与经济、政治、

*基金项目：上海市2022年度“科技创新行动计划”高新技术领域项目（编号22511102800）资助。

《上海城市规划》https://www.shplanning.com.cn/. All rights reserved.

文化、社会、生态文明建设深度融合[2]。作为国家战略的重要落地载体，“实景三维中国”建设全面提速[3]，为超大城市空间治理初步搭建了统一的时空基底。

上海作为超大城市的典型代表，经过十几年的持续建设，逐步构建了全市域的数字孪生底座平台，有效支撑了上海规划资源管控及城市治理等诸多场景。但随着我国经济的高质量转型和持续发展，城市更新从增量向存量转变等成为城市建设新趋势，城市空间治理正面临立体化、精细化、智能化转型需求，尤其在人工智能的时代背景下，亟需探索和构建一个空间全覆盖、实体立体化、信息多维度、更新实时化的时空智能底板，实现陆海统筹，地上、地下、低空一体管控，支撑超大城市精细化、智能化治理。

当前，数字孪生、三维GIS、人工智能等技术深度融合，推动数字孪生底板从二维静态展示向三维感知、智能认知升级。李德仁院士、杨元喜院士先后提出“时空智能学”理念和“地理空间数字孪生”概念[4-5]，为超大城市时空智能底板构建提供理论支撑。上海提出量子城市空间智能建设，提出构建数字化赋能超大城市治理新模式[6]。基于此，本文聚焦超大城市空间治理核心需求，提出超大城市全域时空智能底板总体框架，探讨全域三维空间立体网格基准、多源时空数据融合、空间认知能力建设等关键技术，并以上海复兴岛为试点进行实践，验证该方案的合理性和科学性，为超大城市时空智能底板建设和空间治理智能化转型提供可借鉴经验。

1 新趋势和国内外研究进展

在城市治理数字化转型驱动下，超大城市治理正由规模扩张转向能力驱动，治理形态沿“数字化—平台化—智能化”路径持续演进：数字技术推动治理由问题响应向价值导向转型，数字平台促进治理结构向协同联动转型，智能技术进一步嵌入治理全链条，推动系统向自适应与智能化升级[7]。与此同时，城市空间治理的复杂性显著提升，多元主体协同与多维价值目标叠加，使系统不确定性不断增强。当前数字化赋能城市治理主要面临3个方面挑战：一是立体空间发展带来的统一表达与组织难题，制约全空间治理能力；二是数据来源分散、标准不一与系统割裂，影响数据价值发挥；三是智能化应用缺乏完整链条支撑，“感知—认知—决策—执行”难以闭环，限制智能治理能力提升[8]。针对这些挑战和难题，国内外学者围绕空间立体网格、全空间贯通、智能化应用等方面开展了大量研究。

空间网格方面，现有网格体系因建设目标和适用需求不同，形成了不同的技术路线。20世纪中叶，以美国MGRS（Military Grid Reference System）和英国BNG（British National Grid）等为代表的网格体系构建了不同尺度的平面网格体系，对于地下、地上和低空等立体空间的统一组织带来一定局限。21世纪以来，学界逐步提出了GeoSOT（Geographic Coordinate Subdividing Grid with One-Dimension Integral Coding on 2^n-Tree）[9]、H3（Hexagonal Hierarchical Geospatial Indexing System）等全球离散网格体系，构建全球范围的多尺度空间剖分与索引规则，支持三维空间的规则剖分。随着网格技术的深入研究，相关学者持续完善了网格剖分算法、编码体系、多尺度适配[10-11]等关键技术，并在城市环境模拟、地下管线管理、建筑风貌管控、应急指挥[12-14]等场景得到了广泛应用。总体来看，现有研究为网格剖分、编码索引和城市治理应用提供了较好的技术基础，但在城市级尺度上，上海目前沿用的是上海2000坐标系空间参考，为平面坐标，与主流的GeoSOT等网格体系空间参考不同，无法直接使用；在实际城市管理场景中，现有的主流网格体系多以2的N次方为网格剖分底层逻辑，与我国惯用的十进制也存在一定的不适配。在实际的业务场景中，如气象、城市管理等不同场景中使用的网格形态、网格尺度差异明显，为后续的多源数据融合造成了边界不统一、尺度不统一等诸多难题。

多源数据融合与应用方面，随着城市精细化治理的持续发展，数字孪生技术也逐渐从支撑单一场景向多场景的综合应用转变，跨领域、跨业务的多源数据融合成为必然趋势和要求，《自然资源部 国家林业和草原局关于印发〈“一张图”建设工作方案〉的通知》及配套文件指出，当前城市治理数据仍存在数据分散、融合不够等问题[15]。当前数字孪生技术也由早期的可视化展示，拓展至支持多源数据融合、动态监测感知、过程模拟推演等[16]，在人工智能新趋势下，正进一步向“数智孪生”演进，更强调自主感知、动态分析与智能决策能力[17]。

全空间贯通方面，数字孪生底座正逐渐从全空间建模、模型数据整合集成逐步向空间与多源业务信息深度融合发展，并且加快推进从“数据贯通”向“智能认知”的演进，进一步强化构建跨空间、跨系统的数据关联能力，使分散于不同领域的数据能够在统一语义与场景下整合应用。同时，利用人工智能相关的机器学习、知识图谱等技术，可对复杂数据进行结构化建模与关联分析，并识别运行规律与潜在风险[18]。相关技术已应用于交通调度优化、污染源识别及灾害预警等场景[19]。

总的来说，数字孪生、空间网格在智能化应用等方面取得的重要进展，为超大城市空间治理提供了丰富的理论和技术积累。但面向超大城市空间治理需求，整体建设上仍存在数据融合深度不足、系统协同能力有限，以及智能模型泛化能力有待提升等问题，这在一定程度上制约了全空间贯通与智能认知能力的进一步发挥。因此，如何构建一个覆盖陆海空、贯通地上地下、支持智能分析与治理决策的统一时空智能底板，应是未来超大城市空间治理发展的重要方向。

2 时空智能底板总体设计和核心能力

基于新的趋势背景，本文基于上海量子城市空间智能建设，提出了构建新型时空智能底板整体架构，该底板是超大城市空间智能治理的信息承载平台，其功能不再局限于

《上海城市规划》https://www.shplanning.com.cn/. All rights reserved.

提高空间表达精度，而是进一步面向城市运行全过程，增强对状态变化的实时感知、关联分析和快速响应能力，支撑规划、治理与运行的协同联动。相较于城市信息模型（CIM）基础平台技术导则[20]、实景三维中国建设规则[21]等现有的主流时空信息平台方案，时空智能底板具备的特点包括：以三维空间立体网格为统一空间基准，以多源时空数据融合的米料、知识库、语料等为基础，形成真实映射、全域贯通、动态更新、语义认知等空间认知基础支撑能力，集成大语言模型底层能力，强化智能化水平，构建可应对复杂场景的时空智能应用能力（见表1）。时空智能底板的总体架构见图1。



图1 超大城市全域时空智能底板总体架构
Fig.1 General architecture of global spatiotemporal intelligent foundation for megacities

资料来源：笔者自绘。

2.1 三维空间立体网格基准

三维空间立体网格是时空智能底板的核心空间参考基准，更是底板实现全域管控、数据融合、智能分析的底层骨架，决定时空智能底板的覆盖广度、管控精度与运行效率。三维网格通过打造“统一基准、全域覆盖、立体贯通、分级管控、双码协同”的标准化空间单元体系（见图2），在原有重点关注地表实体管控基础上，进一步支持向低空、地下、深海等空间进行延伸。三维空间立体网格空间参考基准，不仅能够满足超大城市全空间、全要素的统一承载需求，还可以破解传统底板空间基准不一、数据挂载无序、跨域协同不畅、算力消耗过大的痛点。

全域三维空间立体网格，具备全域覆盖无死角、立体贯通无割裂、尺度适配无盲区、编码唯一无冲突4大核心特性。每个网格单元作为底板最小空间载体，拥有固定空间坐标、唯一编码、专属属性标签，可挂载基础地理、规划审批、物联感知、社会经济等全类型时空数据，实现底板多源异构数据的“一格归集、统一管理”；依托立体贯通的网格体系，底板可打破地上地下、陆地水域、不同部门的空间壁垒，实现全空间数据的联动分析；同时，标准化网格单元为底板语义认知、智能模型推演提供统一空间单元，让AI算法能够精准识别空间对象、解析空间关系，支撑风险预警、方案比选、应急

表1 超大城市全域时空智能底板优势比较情况
Tab.1 Comparison of advantages of global spatiotemporal intelligent foundation for megacities

序号	对比维度	城市信息模型（CIM）基础平台技术导则	实景三维中国建设规则	时空智能底板
1	空间基准	继承已有测绘坐标系与空间基准	继承已有测绘坐标系与空间基准	构建三维空间立体网格参考基准，革新空间参考框架
2	空间范围	重点面向陆域地表	拓展至陆海地表、地下空间	低空—地表—地下—室内外—海洋全域空间一体化管控，空间覆盖维度更全
3	数据模型	侧重现实有形实体对象	在现实有形实体对象基础上，增加管理类空间对象	实现有形实体与无形虚拟空间对象一体化建模，拓展数据模型语义边界
4	数据成果	二三维数据集	二三维数据集	二三维数据集基础上扩充为米料，强调对虚、实全域空间的刻画与建模
5	感知数据	无明确强制要求	无明确强制要求	强调对感知数据获取与治理，作为城市空间状态信息的基础保障
6	空间认知	无明确强制要求	无明确强制要求	强调空间认知能力，要求构建空间语义关联关系
7	智能水平	集成深度学习算法，具备初级智能分析能力	集成深度学习算法，具备初级智能分析能力	集成大语言模型，增强对任务场景的理解能力和交互能力
8	平台能力	传统分析工具、服务接口	传统分析工具、服务接口	将传统分析工具封装为MCP、skill等服务，更适配大模型泛化调用
9	交互模式	图层操作、表单选择等	图层操作、表单选择等	自然语言的人机友好互动

资料来源：笔者自制。

《上海城市规划》https://www.shplanning.com.cn/. All rights reserved.

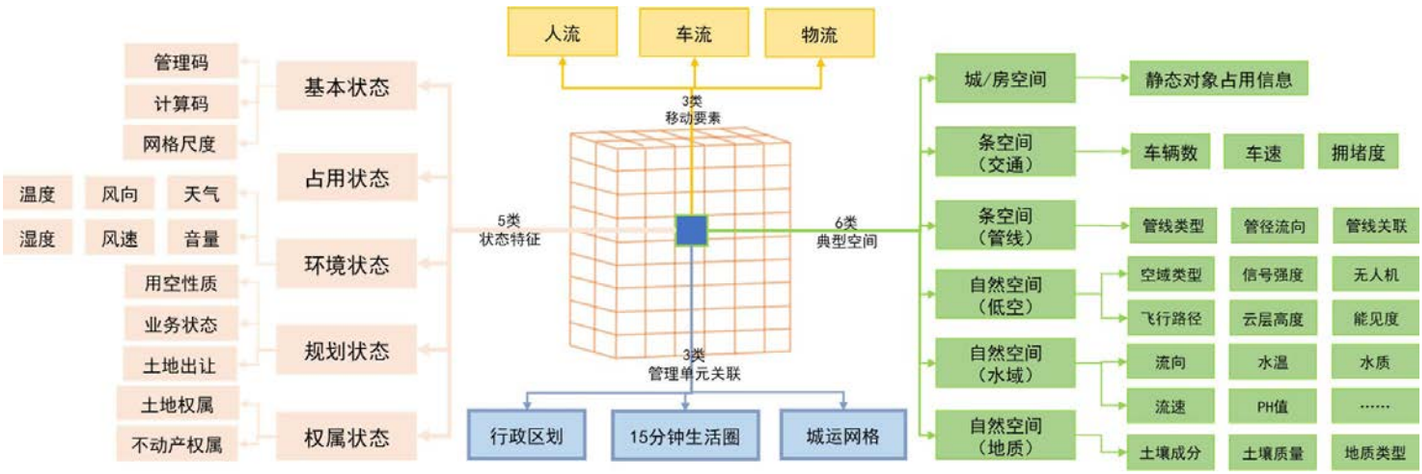


图2 三维空间立体网格属性集成框架
Fig.2 Integration framework of attributes for 3D spatial grid

资料来源：笔者自绘。



图3 超大城市全域时空智能底板空间认知能力框架
Fig.3 Spatial cognition capability framework of global spatiotemporal intelligent foundation for megacities

资料来源：笔者自绘。

调度等智能应用。全域三维空间立体网格从空间基准、数据组织、算力支撑、应用赋能4个层面，全方位满足时空智能底板的建设需求，是底板实现从“数据汇聚”到“智能治理”跨越的核心前提，更是破解超大城市空间治理痛点的关键抓手。

2.2 空间认知基础能力

时空智能底板的空间认知能力重点强化真实映射、全域贯通和语义认知3个方面（见图3）。

真实映射能力是推动时空智能底板服务数智化治理转型的基础。其在既有的高精度三维建模和静态场景复刻基础上，进一步强调对城市空间对象及其状态、属性、功能等的精准表达，并具备统一的三维立体时空基准下的对齐能力，实现多源异构数据的有效组织、统一纳管和融合应用。其数据来源包括测绘、规划等基础空间数据和业务、权属、人口、经济等管理信息。同时，时空智能底板强化对城市感知信息的获取和融合，如环境监测、安全监测、位置服务等物联感知数据，最终形成空间对象“形、属、态、关系”一体化的数字表达，推动数字底板由“底图”向“可信数字镜像”的升级。

全域贯通能力指时空智能底板须具备面向全域三维空间的整体组织与承载能力。主要有3个层面要求：一是全空间贯通，即对空中、地表、地上、地下等城市立体空间的一体化组织，其核心是要依托统一的三维空间框架，将分散在不同高程、不同层级、不同载体中的城市空间纳入同一底板，实现立体空间的统一表达与协同组织；二是全要素贯通，即推动自然资源、基础设施、城市部件、治理对象等要素在统一底板实现语义关联和协同支撑；三是跨层级贯通，即加强城市级、区域级、街区级等不同尺度对象，以及规划、建设、管理、运行等不同层级信息的有机联动，最终形成对城市空间“纵向贯穿、横向联通、层级衔接”的一体化承载能力，为复杂治理场景下的整体认知、协同分析和综合治理提供多尺度、多层级、立体化、系统化的时空数字底板。

语义认知是空间认知的必要前提。面向“智能化”治理，时空智能底板由“数据表达”向“知识表达”转变，形成能够支撑语义组织和模型理解的基础载体。在时空智能底板已实现的真实映射、全域贯通基础上，构建以米料空间对象为本体的知识图谱和以时空关系、业务逻辑为核心的时空知识模型，将分散的时空数据转化为可理解、可关联、可调用的语义单元，并组织为可理解、可调用、可推理的知识结构，最终形成支撑模型理解、知识调用和推理分析需求的空间语义载体。这些语义认知能力区别于CityGML/IndoorGML等数据模型，而是进一步引入知识图谱、图谱检索增强生成（Graph Retrieval-Augmented Generation，GraphRAG）等技术，来提升米料的语义认知能力。量子城市空间米料正是这一具体实践，通过将对象、属性、状态、关系及感知信息进行统一挂接与语义组织，为模型理解、知识调用和智能推理提供基础支撑。

2.3 时空智能集成与应用能力

在原数字孪生底座的基础上，时空智能底板全面拥抱和集成大模型。面向不同治理场景构建时空垂类智能应用体系，强化其在城市空间治理中的智能分析、辅助决策与协同治理支撑作用（见图4）。

其中，大语言模型、视觉模型和多模态模型作为通用能力底座，承担需求解析、语义理解、视觉感知、多模态信息融合与任务分解等基础功能。大语言模型对治理需求进行语义理

《上海城市规划》https://www.shplanning.com.cn/. All rights reserved.

解，将自然语言请求解析为对象筛选、条件约束、空间范围限定、指标计算等结构化任务；视觉模型与多模态模型则面向遥感影像、视频流、点云和三维场景等多源数据，支撑目标识别、变化检测、场景理解和多模态关联分析。在此基础上，面向不同时空治理需求，进一步引入或构建时空垂类模型库，如时空感知类、时空生成类、时空理解类、时空推演类和时空交互类等垂类模型。

在时空智能底板的交互层面，将地名地址解析、空间定位、三维场景表达、统计分析与空间计算等原有能力通过模型上下文协议（MCP）等机制进行封装，更好地衔接大模型的组织和调用。在此基础上，模型能力、工具体系与知识规则可进一步封装为面向业务场景的时空治理智能体，形成监测识别类、评估分析类和推演决策类等应用形态。

3 示范应用实践

复兴岛位于上海市市区东部，杨浦区东南部的黄浦江下游（见图5）。其南起定海路桥，北近虬江口，呈月牙形，长3.42 km，平均宽度427 m，面积约1.133 km²[22]。原为上海市的规划战略留白区域，随着上海市量子城市空间智能创新工作的推进，2025年起，逐步成为量子城市的示范样板地和时空智能创新先行区[23]，承载了超大城市时空智能底板的场景化应用建设路径研究与探索任务。选取上海市复兴岛作为试点验证区域，通过全域三维空间立体网格的精准切分与全量数据的时空融合，集成规划资源领域大模型与轻量化智能体技术，积极开展人工智能时代超大城市全域时空智能底板构建的实践探索。

3.1 搭建区域型三维空间立体网格基准

以上海市2000坐标系和吴淞高程为基础，借鉴《国家空域基础分类方法》和上海国土空间规划的管控实际，研究并构建了适配上海既有海量时空数据资源的区域型三维空间立体网格基准（以下简称“区域立体网格”）。该区域立体网格将上海城市重点关注的全域空间（上海陆海空全域、从-250—1 000 m）分为低空层（600—1 000 m）、近地表层（-30—600 m）、地下空间利用层（-100—-30 m）和远景开发层（-250—-100 m）4个高程段，从传统二维底板仅覆盖地表的范围有效延伸到低空及地下立体空间。对近地表层，进一步分为建筑（室内）、城镇、郊野、海洋4类空间，结合每类空间的使用频率、管控强度、业务场景复杂度，差异化设定基准网格尺度，既避免网格过细导致算力冗余，又防止网格过粗造成管控盲区。同时通过制定唯一编码规则，支撑基于区域立体网格的空间定位和空间分析等能力。本文基于复兴岛试验区，通过生产4个高程段的区域立体网格数据集，实现了对复兴岛全域的规则网格剖分（见图6）。

基于复兴岛全域10 m尺度的立体网格，融合地表建筑实体高程信息，对原有100 m分辨率的风场数据进行优化，构建了10 m空间分辨率的三维风场数据成果。随着空间分辨率的提升，近地表风场的表征精度也得到了较大提升，初步实现了对其时空信息的高效集成融合和标准化表达。

3.2 构建多维全量高质量时空数据集

针对复兴岛全域，以区域立体网格为基准，整合海陆DEM、精细Mesh模型、单体化建筑模型、水下地形及地质模型等多维度数据，形成了内外贯通、地上地下连通、全要素唯一编码的高精度数字孪生底座。除了对墙、梁、路等实体进行建模，进一步对房间、广场、空域等“虚”空间以“盒子”形态进行建模和表达，形成房空间（由建筑墙、顶、地面等围合的空



图4 超大城市全域时空智能底板智能集成演进模式
Fig.4 Intelligent integration evolution mode of global spatiotemporal intelligent foundation for megacities
资料来源：笔者自绘。

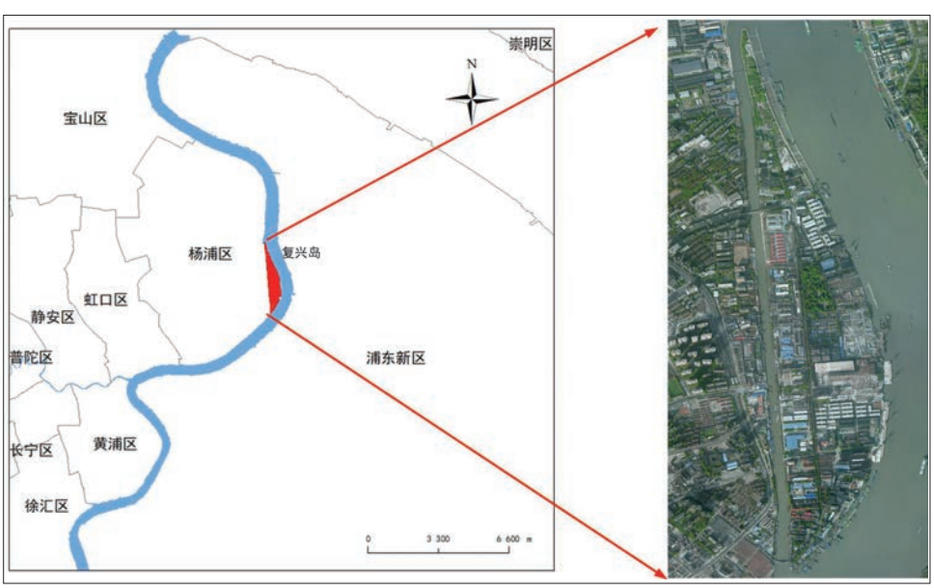


图5 复兴岛区位及航空影像图
Fig.5 Location and aerial image of Fuxing Island
资料来源：笔者自绘，影像来自上海市测绘院影像数据产品。

《上海城市规划》https://www.shplanning.com.cn/. All rights reserved.

间）和城空间（表征特定用途，由地表道路、河流等要素分割，规划管控限高所围合形成的空间），实现对规划管控空间的精准界定（见图7）。同时以唯一编码为枢纽，实现规划、土地、项目、城市指数等空间全周期业务信息贯通，构建了近800 G的“米料”数据成果，实现了对复兴岛的全覆盖。在此基础上，通过关联规划资源、城市感知等各类业务属性，构建6个维度、25个指数、60项指标的指数体系，不仅实现了对全量业务属性的一键查询，提升了工作效率，而且通过指数体系的实时计算，精准掌握复兴岛空间的使用现状，支撑空间持续优化。

3.3 集成规划资源行业模型和时空智能体

在构建时空智能底板时，积极对接上海量子城市空间智能建设的整体工作，将其核心成果规划资源行业基座大模型——云宇星空大模型接入平台。云宇星空大模型是全国规划资源领域首个基础大模型，由上海市规划和自然资源局与商汤科技联合研发，于2025年12月19日正式发布。该模型采用“1+6”体系，参数量达6 000亿，具备知识问答、空间数据调取、数据分析、图像理解与报告生成等能力。超大城市全域时空智能底板充分利用大模型的自然语言交互能力和规划资源专业知识供给能力，在时空智能底板上构建了自然语言交互模块，通过人机交互、智慧问答、报告生成等时空智能体，初步实现对全岛状态的实时监测和集成可视，可纵览各区域空间活力、空间舒适度等属性及排名，记录每一次查询需求及排名情况。同时，基于大模型对复兴岛从安全舒适、空间活力、交通便捷、文化传播、创新创业、绿色低碳6大维度数十项指标构建智能体，进行空间状态智能分析，评估多维品质，研判发展趋势，解析影响因子，建立实时业务反馈信号，并通过多模态大模型强化学习，初步实现面向不同场景的多智能体科学推演及智慧调度。本案例初步验证了时空智能底板赋能复兴岛管理从被动响应到主动预判、从静态管理到动态优化的可行性和科学性。

通过搭建复兴岛时空智能体的系统原型，以“网格剖分+三维融合+智能服务”为核心技术路径，初步验证了物理岛域向可计算、可推演、可交互数字空间的精准映射，有效支撑了从顶层规划、工程建设到运营管理的全流程智慧化管控，为复兴岛数字化转型与高质量发展提供了支撑平台（见图8），也印证了本文提出的时空智能底板整体方案的可行性。

4 结论与展望

本文通过分析当前超大城市空间精细化治理面临的难题和挑战，提出超大城市全域时空智能底板的建设总体架构，重点探讨相较于实景三维中国及城市信息模型平台建设方案的突出优势，详细阐述了三维空间立体网格基准、空间认知基础能力、时空智能集成应用能力的重要性和实现思路。最后以复兴岛为试点



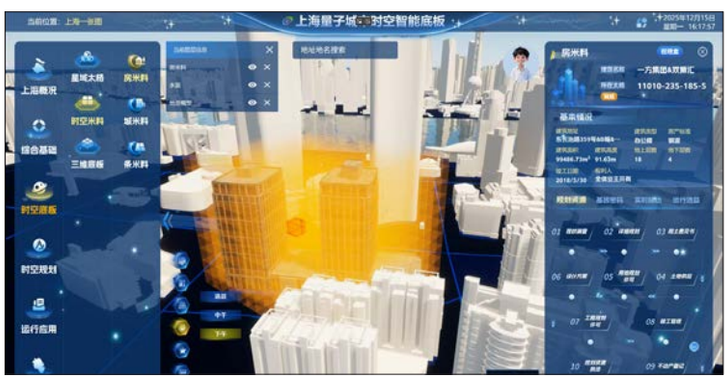
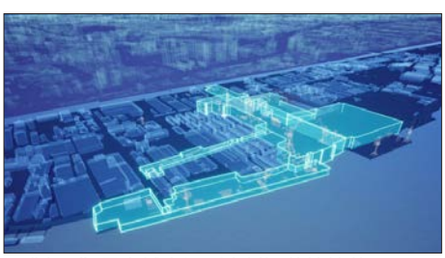


图6 复兴岛三维空间立体网格
Fig.6 3D spatial grid in Fuxing Island

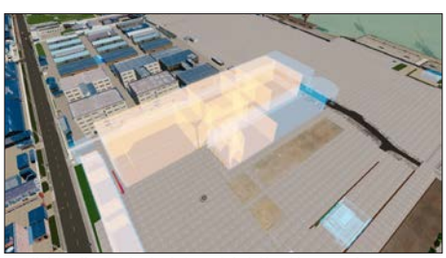
资料来源：项目原创系统截图。



a “盒子”界定城空间（米料）的管控范围



b 城空间的精细刻画



c “盒子”界定房空间（米料）的可用空间

图7 超大城市全域时空智能底板复兴岛时空数据集
Fig.7 Spatiotemporal dataset of global spatiotemporal intelligent foundation for megacities in Fuxing Island

资料来源：项目原创系统截图。

《上海城市规划》https://www.shplanning.com.cn/. All rights reserved.



图8　基于自然语言的人机交互模式
Fig.8 Human-computer interaction mode based on natural language

资料来源：项目原创系统截图。

打造复兴岛时空智能底板平台，构建全岛覆盖的立体网格、米料等高质量数据集，实现时空信息的快速检索与分析，初步证明时空智能底板建设思路的可行性，可为其他城市时空底板构建提供可借鉴经验。

上海超大城市时空智能底板要全面支撑城市空间精细化治理，仍存在诸多现实困难。本文提出了感知信息集成的思路和方法，但基础测绘、规划管理、社会经济和物联感知等数据来源复杂多样、更新频率不一、质量参差不齐，底板长期保持统一、精准、现势仍存在较大挑战。本文提出了空间认知能力建设的设想，但如何将多维空间数据和海量时空属性等异构信息组织为可计算、可理解、可推理的知识表达体系，仍缺乏稳定通用的技术范式和框架；尽管大模型在意图识别和逻辑推理方面展现出卓越能力，但在空间解译、时空推演等方面仍存在明显短板。此外，时空智能底板的应用推广还受到现有政策和多业务链的制约，客观上阻碍了时空智能底板的快速迭代和更新。

未来，超大城市全域时空智能底板仍需在以下3个方面加强探索。一是持续夯实数据底板和技术基础。本文提出的三维空间立体网格基准，是未来时空智能领域衔接世界模型与时空信息的关键纽带，应进一步向全社会和各行业推广，同时要全面拥抱具备空间认知和时空推演能力的下一代人工智能技术，推动时空智能底板从传统空间数据服务向时空认知、智能治理等方向发展。二是积极探索时空智能底板对外服务的可行管理机制和制度。当前，时空智能底板的对外服务仍受制于既有的管理制度约束，数据和信息流通受到机制阻碍，未来应进一步研究和创新人工智能、可信技术等背景下的可行管理制度，真正贯通数据流通和汇集通道。三是持续强化时空智能底板的应用生态。未来的时空智能底板应该真正嵌入城市空间治理的各个领域和方向，形成“业务—技术—数据”的闭环正向迭代。

参考文献 References

[1] 习近平. 在中央城市工作会议上的讲话[J]. 新长征，2026（2）：4-10.
Xi Jinping. Speech at the Central Urban Work Conference[J]. New Long March, 2026(2): 4-10.

[2] 中共中央，国务院. 数字中国建设整体布局规划[R]. 北京：中共中央，国务院，2023.
Central Committee of the Communist Party of China, State Council. Overall layout plan for the construction of Digital China[R]. Beijing: Central Committee of the Communist Party of China, State Council, 2023.

[3] 自然资源部. 实景三维中国建设总体实施方案（2023—2025年）[R]. 北京：自然资源部，2023.
Ministry of Natural Resources of the People’s Republic of China. Overall implementation plan for the construction of real-scene 3D China (2023-2025)[R]. Beijing: Ministry of Natural Resources of the People’s Republic of China, 2023.

[4] 李德仁，王密，杨博，等. 时空智能学[M]. 北京：科学出版社，2026.
Li Deren, Wang Mi, Yang Bo, et al. Spatiotemporal intelligence[M]. Beijing: Science Press, 2026.

[5] 杨元喜. 地理空间数字孪生与时空智能[J]. 测绘学报，2025，54（2）：213-220.
Yang Yuanxi. Digital twin and spatio-temporal intelligence of geospatial information system[J]. Acta Geodaeticaet Cartographica Sinica, 2025, 54(2): 213-220.

[6] 张玉鑫. 打造量子城市 构建数字化赋能超大城市治理新模式[J]. 中国测绘，2025（5）：7-10.
Zhang Yuxin. Building a Quantum City to construct a new digital empowerment model for mega-urban governance[J]. China Surveying and Mapping, 2025(5): 7-10.

[7] 宋晔琴，顾丽梅，张扬. 数字平台何以赋能超大城市敏捷治理——基于组织边界跨越视角的分析[J]. 上海行政学院学报，2024，25（1）：19-31.
Song Yeqin, Gu Limei, Zhang Yang. How digital platforms enable agile governance of megacities: analysis based on the perspective of organizational boundary crossing[J]. The Journal of Shanghai Administration Institute, 2024, 25(1): 19-31.

[8] 吴彤，甄峰，孔宇，等. 人工智能技术赋能城市空间治理的模式与路径研究[J]. 规划师，2024，40（3）：14-21.
Wu Tong, Zhen Feng, Kong Yu, et al. Research on the mode and path of urban spatial governance with artificial intelligence technology[J]. Planners, 2024, 40(3): 14-21.

[9] 程承旗，吴飞龙，王嵘，等. 地球空间参考网格系统建设初探[J]. 北京大学学报（自然科学版），2016，52（6）：1041-1049.
Cheng Chengqi, Wu Feilong, Wang Rong, et al. Study on globe spatial grid reference system construction[J]. Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Pekinensis, 2016, 52(6): 1041-1049..

[10] 安国强，鲁宝亮，李柏森，等. 边缘特征和相关成像联合约束自适应网格剖分的重力三维反演方法[J]. 地球物理学报，2025，68（3）：1102-1115.
An Guoqiang, Lu Baoliang, Li Bosen, et al. 3D gravity inversion based on adaptive meshing

《上海城市规划》https://www.shplanning.com.cn/. All rights reserved.

constrained by edge features and correlation imaging[J]. Chinese Journal of Geophysics, 2025, 68(3): 1102-1115.

[11] 卢一鹏,李雨昊,王海平,等. 基于CVT空间变换的大场景多尺度隐式三维重建[J]. 测绘学报，2025，54（4）:702-713.
Lu Yipeng, Li Yuhao, Wang Haiping, et al. CVT space warping based multi-scale neural implicit surface reconstruction for outdoor scenes[J]. Acta Geodaetica et Cartographica Sinica, 2025, 54(4): 702-713.

[12] 于文权. 三维地下管线管理系统建设与关键技术[J]. 中国测绘，2022（6）:62-64.
Yu Wenquan. Construction and key technologies of a three-dimensional underground pipeline management system[J]. China Surveying and Mapping, 2022(6): 62-64.

[13] 赵越,李春辉. 基于实景三维的城市建筑风貌管控决策平台设计与研究[J]. 测绘与空间地理信息，2025，48（10）:55-58.
Zhao Yue, Li Chunhui. Design and research of urban architecture style control decision-making platform based on realistic 3D[J]. Geomatics & Spatial Information Technology, 2025, 48(10): 55-58.

[14] 魏瑞瑞. 基于实景三维的警务地理信息系统设计与研究[J]. 测绘与空间地理信息，2023，46（4）:169-171.
Wei Ruirui. Design and research of police geographical information system based on 3D real scene[J]. Geomatics & Spatial Information Technology, 2023, 46(4): 169-171.

[15] 自然资源部,国家林业和草原局.“一张图”建设工作问答:自然资办函〔2026〕563号[EB/OL].（2026-03-22）[2026-05-15]. https://gi.mnr.gov.cn/202604/P020260422588342412549.pdf.
Ministry of Natural Resources, National Forestry and Grassland Administration. Q&A on the construction of “one-map”: Ziranzi Banhan[2026] No.563[EB/OL]. (2026-03-22) [2026-05-15]. https://gi.mnr.gov.cn/202604/P020260422588342412549.pdf.

[16] 林珲,徐丙立,肖昕,等. 数字孪生人文地理环境[J]. 遥感学报，2024，28（5）:1131-1144.
Lin Hui, Xu Bingli, Xiao Xin, et al. Digital twin human geographic environment[J]. National Remote Sensing Bulletin, 2024, 28(5): 1131-1144.

[17] 陶飞,张贺,张辰源,等. 从数字孪生到数智孪生:回顾与展望[J]. 计算机集成制造系统，2026，32（1）:1-17.
Tao Fei, Zhang He, Zhang Chenyuan, et al. From digital twin to smart digital twin: review and outlook[J]. Computer Integrated Manufacturing Systems, 2026, 32(1): 1-17.

[18] 许立言. 城市科学视角下的时空智能与新时期城市精细化治理:理论、方法与应用途径[J]. 上海城市规划，2025（2）:7-14.
Xu Liyan. Spatiotemporal intelligence and refined urban governance in the new era: theories, methods, and application approaches from an urban science perspective[J]. Shanghai Urban Planning Review, 2025(2): 7-14.

[19] 邓广然,廖楚江,黄英杰,等. 超大城市地理信息数据动态协同更新技术体系研究[J]. 工程勘察，2025，53（12）:59-65.
Deng Guangran, Liao Chujiang, Huang Yingjie, et al. Research on the technical system of dynamic collaborative update of geographic information data in megacities[J]. Geotechnical Investigation & Surveying, 2025, 53(12): 59-65.

[20] 住房和城乡建设部. 城市信息模型（CIM）基础平台技术导则[EB/OL].（2020-09-21）[2026-05-15]. http://big5.www.gov.cn/gate/big5/www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2020-09/25/5546996/files/8b001bb0d928490d9bbc36b13329ab29.pdf.
Ministry of Housing and Urban-Rural Development. Technical guidelines for city information model (CIM) basic platform[EB/OL]. (2020-09-21) [2026-05-15]. http://big5.www.gov.cn/gate/big5/www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2020-09/25/5546996/files/8b001bb0d928490d9bbc36b13329ab29.pdf.

[21] 自然资源部. 实景三维中国建设技术大纲（2021版）[EB/OL].（2021-08-11）[2026-05-15]. https://m.mnr.gov.cn/gk/tzgg/202108/P020220608365567427770.pdf.
Ministry of Natural Resources. Technical outline for 3D real-scene China construction (2021 edition)[EB/OL]. (2021-08-11) [2026-05-15]. https://m.mnr.gov.cn/gk/tzgg/202108/P020220608365567427770.pdf.

[22] 上海市杨浦区人民政府. 大上海市中心“留白”小小的一座岛——复兴岛[EB/OL].（2022-01-24）[2026-05-15]. https://www.shyp.gov.cn/shypq/xwzx-tpyw/20220124/401654.html.
Shanghai Yangpu District People’s Government. A small “reserved” island in downtown Shanghai: Fuxing Island[EB/OL]. (2022-01-24) [2026-05-15]. https://www.shyp.gov.cn/shypq/xwzx-tpyw/20220124/401654.html.

[23] 上海市规划和自然资源局. 上海城市空间治理领域人工智能应用暨量子城市空间智能建设工作实施方案（2026—2027年）[R]. 上海:上海市规划和自然资源局，2025.
Shanghai Municipal Bureau of Planning and Natural Resources. Implementation plan for artificial intelligence application in Shanghai urban spatial governance and Quantum City spatial intelligence construction (2026-2027)[R]. Shanghai: Shanghai Municipal Bureau of Planning and Natural Resources, 2025.

《上海城市规划》https://www.shplanning.com.cn/. All rights reserved.