DOI:10.14188/j.2095-6045.20250542

文章编号:2095-6045(2026)05-0034-08

智慧城市知识框架:概念、内容与前瞻

任　福[1]　韩昊英[2]　石仪玮[1]　姚立伟[1]　陈雨杭[1]　刘江涛[3]

1 武汉大学资源与环境科学学院,湖北 武汉,430079

2 澳门城市大学城市与可持续发展研究院,澳门,999078

3 深圳市规划和自然资源数据管理中心,广东 深圳,518000

Smart City Knowledge Framework: Concepts, Content ,and Prospects

REN Fu[1]　*HAN Haoying*[2]　*SHI Yiwei*[1]　*YAO Liwei*[1]　*CHEN Yuhang*[1]　*LIU Jiangtao*[3]

1 School of Resources and Environmental Sciences, Wuhan University, Wuhan 430079, China

2 Institute of Urban and Sustainable Development, City University of Macau, Macao 999078, China

3 Shenzhen Data Management Center of Planning and Natural Resource, Shenzhen 518000, China

摘　要:从知识框架视角出发,对智慧城市的概念内涵、建设驱动力、内容体系及未来发展趋势进行了系统梳理。首先,基于“智、慧、城、市”的汉字语义,揭示其与信息、人文、物理和社会四类空间之间的映射关系,明确智慧城市“以数为底、以人为本、以城为体、以市为用”的逻辑本质。其次,从感知计算、空间智能与社会治理三个维度分析城市智能化建设的核心驱动力。进而在认知、技术与应用三个层面上,构建了“一个目标、二级问题、三元空间、四层架构、五块数据、六型思维、七类科技、八种模式、九大学科、十样场景”的多维内容体系,为智慧城市这一复杂系统的结构化理解提供支撑。进一步地探讨了智慧城市在全域数智化转型、以人为本的治理格局以及时空智能与数字孪生等方面的演进方向。相关结论为智慧城市系统演化提供理论基础,为技术体系构建、制度设计与场景实践提供结构化参考。

关键词:智慧城市;知识框架;空间智能;学科交叉

中图分类号:P208;TU984

文献标志码:A

Abstract: From the perspective of a knowledge framework, this study systematically examines the conceptual connotations, driving forces, content system, and future development trends of smart cities. First, by analyzing the semantic implications of the Chinese characters “Zhi , Hui , Cheng , and Shi ” , the study reveals their intrinsic correspondence with four dimensions-informational, humanistic, physical, and social spaces—thus clarifying the underlying logic of smart cities as “data-driven, people-centered, city-anchored, and market-oriented.” Second, it identifies three major drivers of smart city development, namely sensing and computing, spatial intelligence, and social governance. Furthermore, the paper constructs a multidimensional content system across cognitive, technological, and application levels, encompassing “one overarching goal, two core problem domains, three spatial dimensions, four architectural layers, five data blocks, six cognitive perspectives, seven technology categories, eight operational patterns, nine disciplinary foundations, and ten application scenarios,” thereby providing a structured lens for understanding the complexity of smart city systems. Building on this framework, the study explores future directions such as holistic digital-intelligent transformation, people-centered governance, spatiotemporal intelligence, and urban digital twins. The proposed framework not only offers theoretical grounding for understanding the evolution of smart city systems, but also provides structured references for technology development, institutional design, and scenario-based implementation.

Key words: smart city; knowledge framework; spatial intelligence; interdisciplinary studies

东汉许慎在《说文解字·城部》中云:“城,所以盛民也;民,乃城之本也。”这句古语揭示了城市发展以人为本的根本主旨。在中国式现代化进程中,城市已经成为承载经济社会发展与人民美好生活向往的核心空间单元。党的十八大以来,党中央将城市工作置于国家发展全局的战略高度,从“以人为本、人

引用格式:任福,韩昊英,石仪玮,等. 智慧城市知识框架:概念、内容与前瞻[J]. 测绘地理信息,2026,51(5):34-41(REN Fu, HAN Haoying, SHI Yiwei, et al. Smart City Knowledge Framework: Concepts, Content ,and Prospects[J]. Journal of Geomatics,2026,51(5):34-41)

基金项目:智慧中原地理信息技术河南省协同创新中心和时空感知与智能处理自然资源部重点实验室基金(231201);国家重点研发计划(2022YFC3005704)。

民城市”的根本立场,到“新型城镇化、数字中国、网络强国”等重大战略的系统推进,智慧城市不断被赋予新的时代内涵。2024年中央经济工作会议强调通过实施城市更新行动、加强城市基础设施建设,打造宜居、韧性、智慧城市,推动城市在高质量发展中更好发挥载体和引擎作用。2025年国家发展改革委等五部门联合印发的《深化智慧城市发展 推进全域数字化转型行动计划》进一步把城市视为推进数字中国建设的综合载体,提出坚持数据驱动、应用导向,夯实城市数字底座,推动设施、数据、平台和业务的全面联通与协同,构建智慧高效的城市治理体系,提升城市治理智能化、精细化水平。从国家战略层面看,智慧城市已成为服务于中国式现代化和人民城市建设的关键抓手,是统筹发展与安全、推动治理体系和治理能力现代化的重要支点,其建设实践已不再是单一部门或单一路径的工程,而是政府机构、科研院所、企业和规划设计单位等多元主体共同参与的复杂系统实践[1, 2]。

在学界与业界的讨论中,大体可以辨识出两类具有代表性的路径取向:一类以信息通信技术和城市硬基础设施为主轴,将智慧城市理解为一套以传感器网络、云计算、物联网和数字孪生平台为核心的“城市操作系统”,强调通过对交通、水务、能源、环境等基础设施的全域感知和实时计算,实现效率提升与运行优化[3-7];另一类则更强调以人为本的城市愿景,主张将智慧城市建设的终极目标回归于提升人的福祉和社会公平,突出软性基础设施与人本要素的重要性,例如社会与人力资本、知识与包容、公众参与、社会创新以及制度与治理能力[8, 9]。有学者将此概括为智慧城市的“维度光谱”:一端是侧重硬基础设施效率与技术升级的战略;另一端是聚焦软性基础设施与人本维度的战略[10, 11]。相关文献亦从“技术-人-制度”三重维度界定智慧城市,认为只有将信息通信技术的进步与公民参与、制度创新和治理变革有机结合,才能形成更加包容和可持续的智慧城市形态[12-14]。这种在技术导向与人本导向之间的差异与张力,一方面反映了不同学科立场和专业实践的关注重点;另一方面也提示在顶层设计中必须在硬件升级与制度创新、技术理性与人本关怀之间寻求动态平衡。

从学科谱系和专业实践看,智慧城市同样呈现出高度的多学科交叉特征。国内外文献计量研究表明,智慧城市已成为城市科学、地理科学、管理科学等多门学科共同关注的前沿议题,研究视角涵盖城市规划与设计、地理空间信息、公共管理与政策、信息系统与数据治理等多个方向[8, 15-17]。也有相关研究强调将城市规划、交通工程、环境科学与地理信息科学深度耦合,把城市GIS视为智慧城市的信息基础设施与协同平台[16];而从信息系统视角出发的综合评述也指出,不同学科对“smart city”的界定差异显著:工程与计算机领域多聚焦基础设施与技术平台,城市研究与政策研究更强调治理模式和公众参与,可持续发展研究则将其置于绿色低碳与社会公平的框架之中[12]。与此同时,围绕“智慧城市治理”“数据治理”等主题的综述性工作也显示,政策科学与公共管理逐渐成为智慧城市研究的重要支撑力量,形成了有别于工程技术取向的话语体系,进一步凸显从治理与制度视角审视智慧城市的必要性。

当前,智慧城市的产业与学术图景呈现出百花齐放的创新活力,但也存在概念泛化、路径分散、标准不一等问题,这种“多元繁盛而略显杂乱”的状态,恰恰凸显了在宏观层面梳理一个清晰、系统、可对话的知识框架的必要性,以便在多种话语体系之间建立起可比、可解释、可协同的认知基础。

1　概念内涵理解

从汉字文化的角度出发,“智慧城市”一词本身蕴含着深刻的哲理。“智”在《说文解字系传》中解释为“知理之速,如矢之疾也”,意指对事物理解与反应迅速,体现了知识与理性的力量。“慧”是一个形声兼会意字,由“彗”和“心”构成。“彗”为扫帚,寓意清除杂质;“心”指人心,象征思想与情感。“慧”的本义为聪明、有才智,体现了知识、经验与价值的融合。“城”在古代指为防御而筑的高墙,象征人类生存与活动的物质载体。“市”在古代是人们进行交易与交流的场所,代表着城市的经济活力、社会结构、公共服务与治理体系。

结合对文字含义的解读,不难发现“智”“慧”“城”“市”四个字分别映射出智慧城市的不同层面与空间维度。“智”代表信息空间,是由数据、网络、计算和通信技术构成的数字基底,承担信息感知、传输、存储与处理等功能,是智慧城市实现智能响应的技术基础。“慧”代表人文空间,是智慧城市建设中以人为本、注重社会文化与精神价值的体现。“城”代表自然与物理空间,该空间包括自然环境、基础设施和建筑等要素,是智慧城市运行与管理的实体基础。“市”代表经济与社会空间,是城市中资源流动、经济发展与社会交往的核心领域。从“智、慧、城、市”四字的文化意象出发,可以将智慧城市理解为一个涵盖信息空间、人文空间、物理空间与社会空间的综合性系统。“智”赋予城市理性与技术的智能,“慧”注入城市

文化与精神智慧,“城”提供城市存在的物质基础,而“市”承载社会经济的运行机制。四者相互叠加、协同作用,共同构成智慧城市的整体内涵与多维体系。

然而,汉字文化视角更多揭示的是智慧城市的价值取向与内涵结构;若从信息技术发展和城市治理实践的演进历程来看,智慧城市概念本身也经历了持续扩展与重构[5,18-21]。

自2008年IBM提出“智慧地球”概念以来,不同领域学者从若干个视角对智慧城市进行了阐释,详见表1。

表1 不同研究视角下的智慧城市概念框架

Tab.1 Smart City Conceptual Frameworks Across Research Perspectives

研究视角	概念描述
信息技术	“智慧城市=数字城市+物联网+云计算”。智慧城市是在数字城市地理空间框架基础上,利用泛在网络技术,实现人与人、人与物、物与物之间的信息按需获取、传递、存储、认知、决策与使用等服务,从而构建具有强大环境感知、内容感知、文化感知、语言感知及智能特征的城市系统[22]
社会服务	智慧城市利用智能计算技术,使城市关键基础设施及服务体系更加智能化、互联化和高效化,通过对人力资源、社会资源以及传统与现代设施的投资,促进可持续经济发展和生活质量提高
资源管理	狭义的智慧城市是通过信息技术改进城市管理、推动城市发展;而从广义上看,智慧城市是人类智慧的体现,旨在通过智慧手段对城市核心资源进行最优配置,实现高效管理与协调发展

说明:概念描述来自互联网上各领域专家论文或报告中的观点

2 建设驱动力分析

智慧城市建设并非由单一技术驱动,而是多重力量协同作用的结果。底层的感知计算类技术为城市持续提供数据采集与算力支撑;中层的空间智能类技术赋予城市理解场景、解析关系和推演空间过程的能力;顶层的社会治理则通过制度体系与公共需求,引导技术应用的方向与轻重缓急。上述三类力量并非简单线性叠加,而是在“感知—认知—决策”的闭环中动态互动、相互嵌套,共同推动城市智能化演进。

2.1 感知计算类

智慧城市的底层基础力量来源于电子通信与计算机科学的融合发展。这类技术为城市构建了信息化的“神经系统”,为感知、传输与计算提供了坚实的物理支撑[23]。从20世纪末的信息化浪潮到当下的物联网与人工智能时代,电子传感器、无线通信网络与云计算平台的快速迭代,使城市海量数据得以高效采集和实时传输。传感网络的广泛铺设打破了传统的城市信息孤岛,实现了对交通、能源、环境等要素的动态监测;计算与存储能力的跃升则支撑了大规模数据处理与知识提取。作为智慧城市的基础设施力量,这些技术决定了城市数字化的技术深度与系统运行的稳定性。

更重要的是,这类技术不仅推动了城市信息的数字化转译,也为智能化奠定了基础。随着融合通信技术(如新一代移动通信)[24]、边缘智能[25]和城市级人工智能模型的发展,感知计算类技术正从局部、离散的单点感知走向泛在、连续的整体感知,从采集数据迈向理解数据,使城市逐步具备更高水平的自主感知与智能响应能力。

2.2 空间智能类

以测绘、遥感和地理信息科学为代表的空间智能类技术,是智慧城市中层的重要支撑力量。通过对地观测、空间定位与地理建模,这类技术推动城市从传统的二维信息系统迈向多维时空表达的综合平台。测绘与遥感的发展,使各类城市空间要素得以精准获取与动态更新;GIS的集成分析能力,则使城市运行的空间格局、功能分区与环境关联得以可视化、可计算[26]。空间智能类技术将城市运行的表层数据上升为可操作的认知模型,为城市规划、资源调配与风险管理提供科学依据。相较于底层的感知计算类力量,这一层的驱动力更强调认知层次的提升:让城市不仅能够“看见”世界,而且能够“理解”世界。

当前空间智能类技术的发展趋势正在进一步强化这一层的能力。高分辨率遥感、智能制图、数字孪生城市、三维时空建模等新技术的成熟,使智慧城市从静态描述迈向动态表达,从宏观感知迈向精细洞察[27,28]。空间智能类技术推动智慧城市进入以空间推理、模拟预测与多源信息融合为特征的高级认知阶段,成为连接底层感知与顶层治理的关键桥梁。

2.3 社会治理类

在此基础上,社会治理类成为统领城市智能化方向的关键力量,负责将技术能力转化为制度安排、治理模式与公共价值。智慧城市的本质不在于技术的堆叠,而在于治理方式的智能化与社会结构的再组织。通过数据驱动的政策制定、跨部门的协同治

理以及多元主体参与平台的构建,城市管理正由单项行政治理逐步走向共建共治共享。顶层设计的作用,在于把分散的技术能力整合为系统化的治理工具与制度体系,使智慧城市的发展路径契合公共利益、风险防控与长期可持续目标[29-31]。

随着算法治理、数字法治、城市大模型以及新型公共服务模式的发展,治理体系正从行政流程的数字化迈向社会治理智能化。社会治理类驱动力确保技术力量始终围绕公共价值展开,引导智慧城市从“智能化系统”向“智能化社会”演进,完成从技术理性到制度理性与价值理性的统合。

3　内容体系组织

将智慧城市相关要素“完整而有机地攒起来”,可构建出一幅兼具整体性与层次性的知识框架,如图 1 所示。该框架以“一个目标—二级问题—三元空间”的金字塔结构为认知核心,明确以“城市让生活更美好”为价值指向,以“城市问题、乡村问题”为现实牵引,将智慧城市的作用对象界定为物质空间、信息空间与社会空间的叠加体,形成以问题为导向、以空间为统摄的总体认知格局。

在技术层面,框架沿“四层架构”组织起“数据—能力—应用”的演化链条:底部“五块数据”对应感知与入库环节,将“地、物、事、人、数”等要素转化为可度量、可计算的城市信息基础;中部由“六型思维”和“七类科技”共同构成能力中枢,分别从认知方式与技术手段两端统筹赋能,支撑数据融合、抽象建模与智能分析三个关键过程。

在应用层面,“八种模式”和“十样场景”对应于应用服务层,是前述认知框架与技术体系在城市治理与发展实践中的综合呈现:一方面,通过 AI+、GIS+等技术叠加模式,形成城市大脑、城市计算、空间规划等多种应用形态;另一方面,在规划设计、建设建造、社会治理等具体场景中落地。“六型思维”与“七类科技”并非孤立板块,而是面向“八种模式—十样场景”的统筹赋能机制;九大学科则构成该框架的知识底座,为从感知到服务的全链路提供持续的理论支撑与方法供给,使智慧城市得以被理解为一套可视化、可解释、可扩展的系统性认知图谱。

3.1　认知:整体思路

“一个目标”指以人为本,通过科学、精细、智能的管理,解决城市发展中的痛点,提升城市运行效率、公共服务水平和居民幸福感。这一目标不仅为智慧城市的建设提供了清晰的价值导向,也促使城市在未来的发展中更加聚焦于提升居民福祉,通过技术创新与制度优化的协同推进,实现资源的合理配置、公共服务的持续改善与治理体系的现代化升级。

“二级问题”指城市问题和乡村问题。城市问题表现为人口过密、交通拥堵、环境污染、公共资源紧张等城市治理困境[9,32]。而乡村问题则体现为五化问题,即农村主体过早老弱化、农村用地严重空废化、乡村地区深度贫困化、农村水土环境污损化和生产要素高速非农业化等[33]。二者从不同侧面揭示了城乡空间的管理不协调与资源配置的非均衡化,是

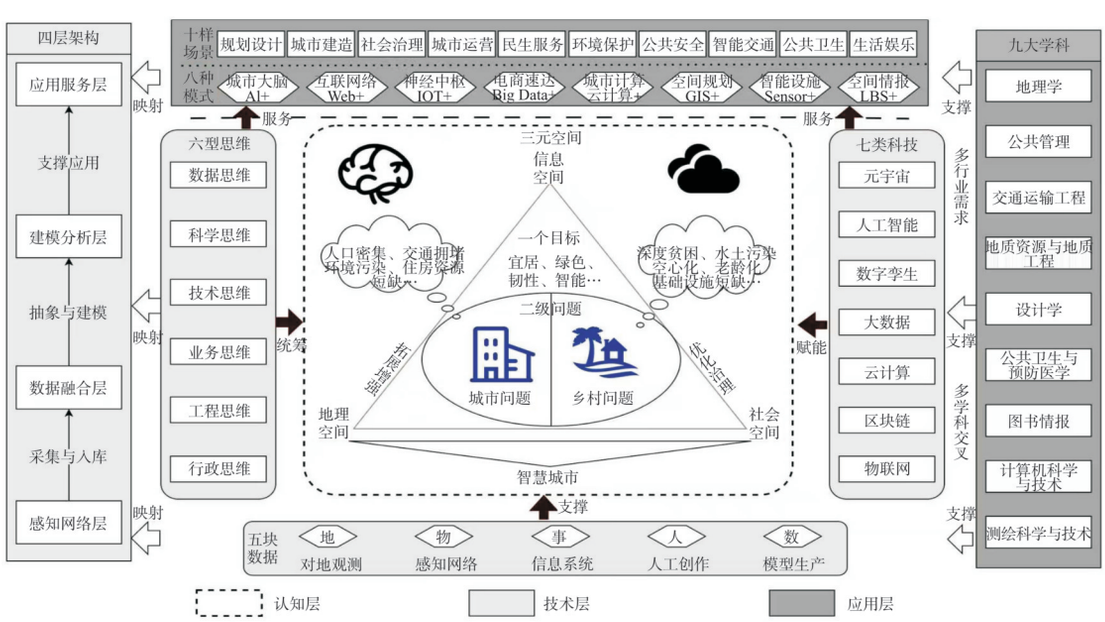


图 1　智慧城市多维知识框架图谱

Fig. 1　Multidimensional Knowledge Framework of Smart Cities

智慧城市建设必须正视的现实挑战。从另一个角度看,“二级问题”的成因既包括城市设施老化、空间布局不合理等客观结构性矛盾,也包含官僚主义、信息壁垒、治理机制失灵等人为体制性偏差。这些因素叠加作用,使城乡发展在功能供给、治理效率与社会活力等方面出现多维度滞后,进一步凸显了推动智慧化治理体系建设的必要性。

“三元空间”指地理空间、信息空间和社会空间[34]。地理空间是城市的物质载体,包括土地、建筑、基础设施、交通网络及自然环境等,是城市运行的基础平台。信息空间由数据、网络、传感器、计算平台和通信技术构成,是城市感知、决策与响应的核心支撑体系。社会空间则是城市社会关系、经济活动与治理结构的综合体现,包括人口分布、社会组织体系、经济结构、公共服务体系、制度安排、文化互动以及社会行为模式等内容,既反映城市运行状态与社会功能,也可以在信息空间的支撑下实现更精细化、协同化与智能化的城市治理。

“一个目标—二级问题—三元空间”之间形成了一个具有层级关系与内在逻辑性的整体框架。以人为本的目标位于顶层,是智慧城市发展的价值原点和判断治理路径合理性的根本依据。二级问题通过揭示城市问题与乡村问题中的结构性矛盾与资源失衡,将智慧城市的建设从技术叠加提升到以问题为导向的治理体系重塑。三元空间进一步明确了智慧城市的作用范围,通过将地理空间的物质结构、信息空间的数字支撑和社会空间的关系网络纳入统一范畴,使城市治理由单点技术优化走向多维度协同。“一个目标”“二级问题”“三元空间”三者之间构成了一个由价值目标驱动、问题需求牵引、空间体系统摄的整体逻辑结构,实现了价值、问题与对象体系间的递进式认知。

3.2 技术:关键方法

在认知框架基础上,智慧城市的技术实现可以概括为由“四层架构、五块数据、六型思维和七类科技”构成的协同体系(见图2)。

“四层架构”由感知网络层、数据融合层、建模分析层和应用服务层组成,并通过自下而上的递进关系构成智慧城市的技术主线。感知网络层位于底部,依托各类物联网设备(如传感器、摄像头等)实现对城市要素的实时感知和数据采集,是城市的“神经末梢”;数据融合层对多源、多尺度、多时相数据进行清洗、整合与管理,确保数据的完整性、一致性与可用性;建模分析层在此基础上开展模型构建、模式识别和智能推理,为城市运行提供预测、优化与决策支持;应用服务层则面向城市管理者与市民,将分析结果转化为业务应用与公共服务,是技术能力与治理需求、民生诉求对接的桥梁。四层之间相互依赖、层层嵌套,实现从数据采集到智能决策再到服务落地的闭环。

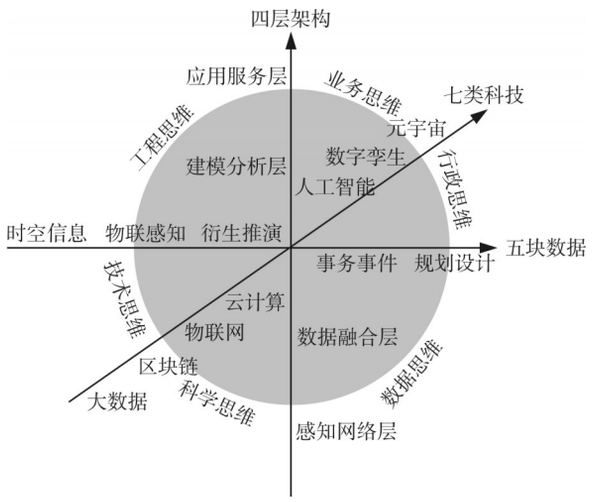


图2 技术体系示意图

Fig. 2 Illustration of the Technological System

“五块数据”是智慧城市的核心信息资产,构成技术体系运行的“信息底座”,包括时空信息数据、物联感知数据、事务事件数据、规划设计数据和衍生推演数据。时空信息数据通过遥感技术与空间信息系统获取,提供城市空间与时间维度的基础支撑;物联感知数据来源于物联网设备,涵盖交通、环境、能源等领域,用于城市的动态监控与即时响应;事务事件数据记录城市各类事务事件的发生与进程;规划设计数据涉及城市规划、建设设计等与人类活动密切相关的信息;衍生推演数据则通过建模与分析生成预测结果与衍生信息,为决策支持和优化提供依据。五类数据共同覆盖了从物理空间到数字世界、从实时状态到未来情景的多维信息空间,为智慧城市的精准治理和精细运营提供坚实基础。

“六型思维”是智慧城市建设的重要认知支撑,包括数据思维、科学思维、技术思维、业务思维、工程思维与行政思维。数据思维强调以数据为证,重视基于实证的规律挖掘与决策支持;科学思维从自然科学与社会科学的双重视角探索城市系统的内在机理;技术思维关注技术路线的可行性与创新性,推动关键技术的选择与演进;业务思维以城市治理与公共服务的具体需求为导向,确保技术应用嵌入真实业务流程;工程思维聚焦可实施性与可维护性,强调系统建设的安全、稳定与成本控制;行政思维则着眼于法律法规、政策制度与治理结构,保障智慧城市发展符合公共利益和治理伦理。“六种思维”彼此补充、

协同制衡,帮助智慧城市在技术创新、业务诉求与制度约束之间实现动态平衡。

“七类科技”构成智慧城市建设的核心技术支撑,包括物联网、区块链、云计算、大数据、数字孪生、人工智能与元宇宙。物联网实现万物互联,打通感知网络层的“最后一公里”;区块链为数据与业务流程提供可追溯、可验证的可信机制;云计算提供弹性算力与统一平台,支撑大规模数据存储与并行计算;大数据技术将多源数据转化为可分析、可挖掘的新型生产要素;数字孪生以虚实映射实现对城市系统的实时刻画与情景推演;人工智能通过模式识别与智能决策显著提升城市运行的效率与精度;元宇宙则在虚实融合、人机交互和沉浸式表达等方面拓展了智慧城市的应用边界。“七类技术”并非彼此孤立,而是围绕四层架构和五块数据形成多层次、多环节的技术组合,为智慧城市从传统管理模式向智能化、自动化乃至自治化运行提供关键支撑。

3.3　应用:多维拓展

智慧城市的应用体现出显著的跨学科融合与多维协同特征,其体系可概括为“八种模式驱动、九大学科支撑、十样场景落地”,如图3所示。

“八种模式”指智慧城市的运营模式可归纳为八种典型类型(见表2)。这些模式与九大学科形成紧密耦合关系:学科为模式提供理论与方法支持,模式则是学科成果在智慧城市场景中的技术化表达与实践载体。

“九大学科”指地理学、公共管理、交通运输工程、地质资源与地质工程、测绘科学与技术、计算机科学与技术、图书情报、公共卫生与预防医学以及设计学。九大学科的交叉融合,共同构成智慧城市建设的知识底座:地理学与测绘科学提供空间认知与数据支撑,交通与地质工程优化城市结构与资源利用,计算机与信息科学支撑智能化与数字化转型,公共管理与图书情报促进治理与知识共享,公共卫生

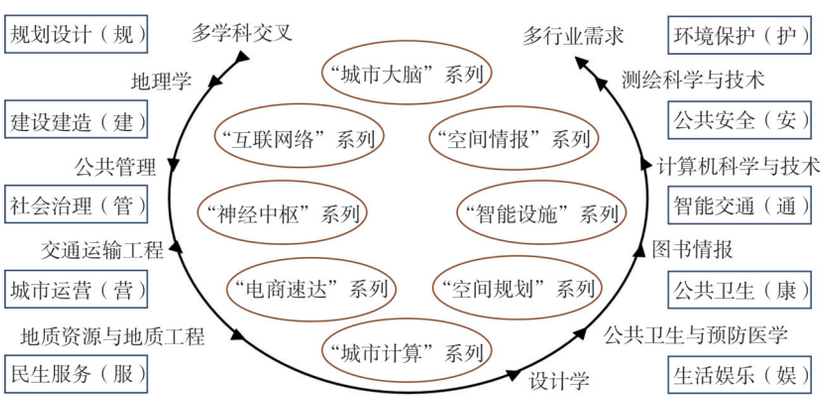


图3　应用拓展模式

Fig. 3　Patterns for Application Expansion

表2　智慧城市运营模式

Tab. 2　Operational Patterns of Smart Cities

名称	核心特征	典型案例
“城市大脑”系列	AI+园区、厂区、校区、社区、行业、设施等	阿里·杭州城市大脑智慧交通公共服务、阿里·苏州工业园“城市大脑 2.0”等
“互联网络”系列	Web+互联网+、物联网、社交网、物流网、感知网等	腾讯·智慧文旅等
“神经中枢”系列	IoT+5G通信、云计算、智能终端、新基建等	中国移动×华为5G城市基础设施(广州、上海、武汉)、中国联通·5G + 城市治理平台(雄安、重庆)等
“电商速达”系列	Big Data+智能商业、智慧物流、用户画像、精准推荐等	阿里·菜鸟智慧物流(城市配送网络)、京东·城市供应链(智能仓储+物流大数据)、美团·即时配送智能调度系统(美团“超脑”)等
“城市计算”系列	Cloud Computing+多源异构数据融合、计算、分析和服务	北京数字孪生平台等
“空间规划”系列	GIS+ 建筑物信息模型BIM / 城市信息模型CIM	阿里云×杭州“CIM城市信息模型平台”、华为·城市智慧管廊、地下空间CIM模型等
“智能设施”系列	Sensor+基础设施的智能化	海康威视·智慧灯杆、智慧安防+城市感知网络等
“空间情报”系列	LBS+信息流、媒体传播、共建共享、高效索引等	百度地图·慧眼城市人口地理大数据平台、腾讯·位置大数据服务等

与设计学则强化城市的宜居性与人文关怀。

“十样场景”是指规划设计、建设建造、社会治理、城市运营、民生服务、环境保护、公共安全、智能交通、公共卫生和生活娱乐;“八种模式”在十样典型应用场景中落地,构成智慧城市运行的多维生态体系。

“九大学科”是智慧城市的知识源泉;“八种模式”是其技术路径;“十样场景”则是应用落点。三者以学科融合为基础,以模式创新为驱动,以场景应用为目标,实现了从知识到技术、从技术到实践的系统演进,既展现了智慧城市的复杂性与系统性,也体现了其以技术为支撑、以应用为导向、以人本为核心的发展取向。

4 未来发展趋势

结合前文构建的知识框架,当前智慧城市发展仍处于由信息化工程向新型城市运行方式深度演进的关键窗口期,未来的发展将沿着“数实融合深化、治理格局重塑、时空智能引领”三条主线推进。

1)从设施数字化向全域“数智化转型”演进。未来智慧城市将逐步摆脱以单一系统、单一部门为核心的“项目拼盘”模式,转向以城市数字底座为支撑的整体式变革。依托统一的城市信息模型、时空基础设施和公共数据平台,打通跨部门、跨层级、跨终端的业务链条,推动设施联通、数据融通、平台互通、业务贯通。从“建系统”转向“立规则、重标准、促流程再造”,通过制度设计与数据治理,把数字能力嵌入规划、建设、管理和服务全周期,实现面向城市整体运行的“数智化转型”。

(2)从技术驱动走向以人为本的治理格局。未来智慧城市的发展重心将从“炫技式展示”转向“问题导向、民生导向”,以破解城市问题、乡村问题为主线,构建宜居、韧性、公平的人民城市。智慧应用将更加聚焦公共安全、公共卫生等关键领域,通过精细化治理与精准服务缩小空间不平等。同时,智慧城市将通过区域一体化平台和数字乡村建设,实现城乡要素流动、公共服务均等和区域协同治理,形成“城市-乡村-区域”多层次、一张网的智慧治理格局。

3)时空智能与数字孪生“双轮”驱动的城市认知新范式。时空智能将成为智慧城市演进的重要引擎,依托天空地一体化感知网络、实景三维中国和数字孪生技术,城市将从二维静态地图走向多源、多尺度、可预测的“时空数字体”,实现对全过程、全要素、全场景的动态感知和机理化模拟。GeoAI、时空大模型等新一代智能技术,将把分散数据转化为对城市演化规律的深度洞察,支撑灾害风险防控、综合交通调度、碳排放治理等复杂决策,从“看得见现在”走向“看得清趋势、算得出后果、给得出方案”。

未来智慧城市的发展,将在国家战略牵引下沿着“以数为底、以人为本、以时空为轴”的方向持续深化。技术上由信息化向智能化、自治化演进,治理上由部门碎片化向整体协同化演进,空间上由单城试点向城乡区域一体化演进。本文提出的智慧城市知识框架,可作为理解与评估这一演进过程的认知基准,也为后续实践中的制度设计、技术选择与场景落地提供结构化参照。

5 结束语

本文并非给出一个关于智慧城市的“标准答案”,而是试图搭建一套可被反复使用、讨论和修订的认知支架。通过“一个目标-二级问题-三元空间-四层架构-五块数据-六型思维-七类科技-八种模式-九大学科-十样场景”的多维知识框架,把原本分散在工程、空天科技、社会治理等不同板块的要素重新编织成一幅可视化的知识图谱,为理解智慧城市“为何而建、建什么、如何建、为谁建”提供了一套相对清晰的坐标系。更重要的是,这一框架并不是静止的结构,而是面向未来、具有开放边界的“活的图谱”。随着新一代信息技术、时空智能和治理模式的持续演进,框架中的数据类型、技术族谱、应用场景乃至“城市问题”“乡村问题”的内涵都会不断更新,图谱本身也需要在实践中被迭代、被修正。长期看,这类面向城市系统的知识框架,不仅有助于政策制定与工程实践中的跨部门协同,也有望成为城市科学、地理信息、公共管理等领域通识教育的重要内容,帮助更多人在同一认知底图上讨论城市的未来。

参 考 文 献

[1] Li Deren, Yu Wenbo, Shao Zhenfeng. Smart City Based on Digital Twins[J]. Computational Urban Science, 2021, 1(1): 4

[2] Zanella A, Bui N, Castellani A, et al. Internet of Things for Smart Cities[J]. IEEE Internet of Things Journal, 2014, 1(1): 22-32

[3] 常丁懿, 石娟, 郑鹏. 中国5G新型智慧城市:内涵、问题与路径[J]. 科学管理研究, 2022(2): 116-123

[4] 党安荣, 王飞飞, 曲葳, 等. 城市信息模型(CIM)赋能新型智慧城市发展综述[J]. 中国名城, 2022, 36(1): 40-45

[5] 张新长, 华淑贞, 齐霁, 等. 新型智慧城市建设与展望:基于AI的大数据、大模型与大算力[J]. 地球信息科学学报, 2024, 26(4): 779-789

[6] 郭仁忠,林浩嘉,贺彪,等. 面向智慧城市的GIS框架[J]. 武汉大学学报(信息科学版),2020,45(12):1 829-1 835
[7] 仇保兴. 智慧城市信息系统基本框架的设计要点——基于复杂适应理论(CAS)视角[J]. 城市发展研究,2023,30(9):1-9
[8] Ahvenniemi H, Huovila A, Pinto-Seppä I, et al. What are the Differences Between Sustainable and Smart Cities[J]. Cities, 2017, 60: 234-245
[9] 甄峰,席广亮,张姗琪,等. 智慧城市人地系统理论框架与科学问题[J]. 自然资源学报,2023,38(9):2 187-2 200
[10] Angelidou M. Smart City Policies: A Spatial Approach [J]. Cities, 2014, 41: S3-S11
[11] Angelidou M. Smart Cities: A Conjuncture of Four Forces[J]. Cities, 2015, 47: 95-106
[12] Ismagilova E, Hughes L, Dwivedi Y K, et al. Smart Cities: Advances in Research—An Information Systems Perspective[J]. International Journal of Information Management, 2019, 47: 88-100
[13] Sharifi A, Allam Z, Bibri S E, et al. Smart Cities and Sustainable Development Goals (SDGs): A Systematic Literature Review of Co-Benefits and Trade-Offs [J]. Cities, 2024, 146: 104659
[14] Han Yan, Cai Jianming, Ma Enpu, et al. Understanding Smart City Practice in Urban China: A Governance Perspective[J]. Sustainability, 2023, 15(9): 7034
[15] Meijer A, Bolivar M P R. Governing the Smart City: A Review of the Literature on Smart Urban Governance [J]. International Review of Administrative Sciences, 2016, 82(2): 392-408
[16] Wang Tao . Interdisciplinary Urban GIS for Smart Cities: Advancements and Opportunities[J]. Geo-spatial Information Science, 2013, 16(1): 25-34
[17] Vanolo A. Smartmentality: The Smart City as Disciplinary Strategy[J]. Urban Studies, 2014, 51(5): 883-898
[18] 梁军,黄骞. 从数字城市到智慧城市的技术发展机遇与挑战[J]. 地理信息世界,2013,20(1):81-86
[19] 甄峰,孔宇. “人—技术—空间”一体的智慧城市规划框架[J]. 城市规划学刊,2021(6):45-52
[20] Lai C S, Jia Youwei, Dong Zhekang, et al. A Review of Technical Standards for Smart Cities[J]. Clean Technologies, 2020, 2(3): 290-310
[21] Rani S, Mishra R K, Usman M, et al. Amalgamation of Advanced Technologies for Sustainable Development of Smart City Environment: A Review[J]. IEEE Access, 2021, 9: 150 060-150 087
[22] 李德仁,姚远,邵振峰. 智慧城市的概念、支撑技术及应用[J]. 工程研究(跨学科视野中的工程),2012,4(4):313-323
[23] Akhter S, Arefin J, Hossen M S, et al. Neuro-Symbolic AI for IoT-Driven Smart Cities: A Next-Generation Framework for Urban Intelligence[J]. Journal of Computer Science and Technology Studies, 2025, 7(2): 36-55
[24] Adil M, Song Houbing, Khan M K, et al. 5G/6G-Enabled Metaverse Technologies: Taxonomy, Applications, and Open Security Challenges with Future Research Directions[J]. Journal of Network and Computer Applications, 2024, 223: 103828
[25] Hua Haochen, Li Yutong, Wang Tonghe, et al. Edge Computing with Artificial Intelligence: A Machine Learning Perspective[J]. ACM Computing Surveys, 2023, 55(9): 1-35
[26] Xia Haishan, Liu Zishuo, Efremochkina M, et al. Study on City Digital Twin Technologies for Sustainable Smart City Design: A Review and Bibliometric Analysis of Geographic Information System and Building Information Modeling Integration[J]. Sustainable Cities and Society, 2022, 84: 104009
[27] 杨开先,甄峰. 地理学视角下城市空间智能化研究进展与思考[J]. 地理科学,2024,44(7):1 166-1 177
[28] Janowicz K, Gao Song, McKenzie G, et al. GeoAI: Spatially Explicit Artificial Intelligence Techniques for Geographic Knowledge Discovery and beyond[J]. International Journal of Geographical Information Science, 2020, 34(4): 625-636
[29] Grossi G, Welinder O. Smart Cities at the Intersection of Public Governance Paradigms for Sustainability[J]. Urban Studies, 2024, 61(10): 2 011-2 023
[30] Scupola A, Mergel I. Co-Production in Digital Transformation of Public Administration and Public Value Creation: The Case of Denmark[J]. Government Information Quarterly, 2022, 39(1): 101650
[31] Smith G J. The Politics of Algorithmic Governance in the Black Box City[J]. Big Data & Society, 2020, 7(2): 2053951720933989
[32] Li Xin, Zhuang Xinyu. Eco-city Problems: Industry-City-Ecology, Urbanization Development Assessment in Resource-Exhausted Cities [J]. Sustainability, 2023, 15(1): 166
[33] 刘彦随. 中国新时代城乡融合与乡村振兴[J]. 地理学报,2018,73(4):637-650
[34] 贺彪,郭仁忠,徐海,等. 智慧城市操作系统的概念及技术体系[J]. 测绘学报,2025,54(5):785-794

修回日期:2026-06-08

第一作者:任福,教授,博士,长期从事地图学理论探索、在线动态专题地图系统研发、智能制图技术体系和行业专题地图服务研究等。E-mail:renfu@whu.edu.cn

通信作者:石仪玮,博士,主要研究方向为城市地理计算与遥感图像智能解译。E-mail:yiweishi@whu.edu.cn