

城市空间数字化转型的规划框架与策略探讨

刘超 田野佑民 陈树熙 钮心毅

An Exploration of the Planning Framework and Strategies for Digital Transformation of Urban Spaces

LIU Chao^{1,2}, TIAN Yeyoumin¹, CHEN Shuxi¹, NIU Xinyi^{1,3}

(1. College of Architecture and Urban Planning, Tongji University, Shanghai 200092, China; 2. Key Laboratory of Spatial Intelligent Planning Technology, Ministry of Natural Resources of the People's Republic of China, Shanghai 200092, China; 3. Shanghai Tongji Research Institute for Digital City, Shanghai 200092, China)

Abstract Urban digital transformation is a crucial path for cities to enhance governance efficiency, residents' quality of life, and industrial development in an era of the information and AI. As the foundation, information and communication technology (ICT) infrastructure must be closely integrated with the city's current digital status and public needs, to promote the realization of a co-governed, shared, and ecologically friendly spatial digital transformation. This paper aims to establish a planning framework for the digital transformation of urban spaces, covering current situation analysis, goal setting, infrastructure construction, urban intelligent model construction, and diverse digital transformation strategies for living spaces, public activity spaces, and industrial spaces. Through case analysis and literature review, this paper systematically explores digital transformation strategies for various space types throughout their lifecycles, aiming to promote the digital sustainable development of cities. It also analyzes

作者简介

刘超，同济大学建筑与城市规划学院，自然资源部国土空间智能规划技术重点实验室；田野佑民、陈树熙，同济大学建筑与城市规划学院；钮心毅（通讯作者），同济大学建筑与城市规划学院，上海市同济数字城市研究院。

摘要 城市数字化转型是城市在信息智能时代背景下提升治理效能、居民生活质量及产业发展水平的重要途径。城市的数字化转型离不开空间的数字化转型，以推动实现共治共享、生态友好的城市空间数字化转型。文章旨在构建城市空间数字化转型的规划框架，涵盖现状分析、目标设定、基础设施建设、城市智能模型构建，以及针对生活空间、公共空间与产业空间的多类型空间数字化转型策略。通过案例解析与文献综述，文章系统探讨了各空间类型在全生命周期内的数字化转型策略，旨在促进城市的数字可持续发展并对转型过程中可能出现的风险因素进行剖析，为我国城市空间数字化转型的实践提供可探讨的规划框架与策略。

关键词 智慧城市；数字化转型；精细化治理；城市空间；区域规划

1 引言

数字信息技术既赋能城市的高质量发展、市民的高品质生活和政府部门的高效能治理，又不断推动着城市空间的数字化转型（龙瀛，2020）。数字化转型既是当前城市精细化治理的重要手段，也是城市未来的发展方向。城市数字化转型涉及面广、参与部门多，处于起步阶段，容易出现数字化技术浅层堆砌、与需求痛点分离的问题（龙瀛，2020；龙瀛等，2020）。根据党的十九大提出的“智慧社会”理念，在数字化转型中需要结合城市发展状况和人民群众真实需求，在实体空间中进行新型基础设施建设，并在网

potential risk factors that may arise during the transformation process, providing a feasible planning framework as well as strategies for the practice of digital transformation of urban spaces in China.

Keywords smart city; digital transformation; refined urban governance; urban space; regional planning

络虚拟空间中构建数字孪生底座，同时关注空间应用场景（丁波涛，2019）。这与空间规划建设关联紧密，城市空间数字化转型的规划范式亟待研究（巴蒂，2014）。

2 概念辨析

2.1 数字化转型的起源与发展

数字化转型起源于企业借助现代数字化技术创建或调整服务方式，以适应不断变化和提升的业务需求（Nandico, 2016）。随着数字化设备、技术的普及，数字化转型的概念也从企业延伸到各个方面，许多国家政府、多边组织、行业协会都确立了数字化转型发展（Ebert and Duarte, 2018）。数字化转型是指信息技术、通信技术等数字技术组合，引发其属性发生重大变革从而改变实体发展的过程（Vial, 2019）。其在城市空间的体现多为数字化城市的建设途径，利用信息技术来提高城市服务效率、满足居民需求、提升人民生活品质的重要方式（Tomičić *et al.*, 2019）。数字化转型在城市应用的关键要素包括社交媒体、数据分析、云计算、移动通信以及将它们作为基础层构建而产生的物联网、大数据等数字信息技术（Tomičić *et al.*, 2019）。

以新加坡为代表的许多国家从 20 世纪末就已经开始了城市数字化转型的规划工作。中国于 2021 年“十四五”规划首次提出加快数字化建设，提高数字政府建设水平，将数字化转型定位于发展数字经济，通过数字政府提升政府治理能力，构建城市治理新格局（孙璞，2021；张佳丽、陈宇，2021）。2023 年 3 月，十四届全国人大一次会议通过了《国务院机构改革方案》，组建国家数据局，负责协调推进数据基础制度建设，统筹数据资源整合共享和开发利用，统筹推进数字中国、数字经济、数字社会规划和建设等，协调促进城市数字化转型与数字化城市建设。

2.2 上海市的数字化转型工作

上海市是全国首个提出和落实城市数字化转型的城市，有一定借鉴意义。表 1 展示了上海市 2014 年至今的城市数字化转型建设工作。上海市政府于 2021 年明确了数字化转型的目标、路径与方式。当前，上海制定了通过数字化实现“整体性转变、全方位赋能、革命性重塑”的目标（钱学胜等，2021；靳欣威，2021；张朝，2021）。表 1 梳理近十年的政策要求，发现上海市的建设工作重点逐渐由“智慧城市建设”转变为“城市数字化转型”，其城市数字化转型工作已经包含了城市的所有空间。当中数字化内涵相差不大，但覆盖内容的广度与深度有大幅提升，还缺少在空间当中的数字化转型的深度。“数字化转型”强调的是对原有发展形态、运作方式等的转变，需要的不仅仅是硬件程度的达标，还需要制度、规则等全方位的转型（郑磊，2021）。

表 1 上海市城市数字化转型工作重点

时间	发布单位	名称	内容简介
2014.12	上海市人民政府	《上海市推进智慧城市建设 2014—2016 年行动计划》	以智慧交通作为重点，建立公共停车信息平台，实现收费电子化；推进市民健康档案信息化，将健康信息在各层医疗机构间共享利用
2016.9	上海市人民政府	《上海市推进智慧城市建设“十三五”规划》	是上海在连续三届信息化五年规划后首次提出的智慧城市五年规划，将信息化与城市发展融合，面向智慧政务、智慧地标、智慧治理、智慧经济、智慧生活五大应用
2020.2	上海市人民政府	《关于进一步加快智慧城市建设的若干意见》	聚焦智慧政务“一网通办”、智慧城管“一网统管”和数字经济的推进发展，提升城市新一代信息基础设施水平
2021.1	上海市委、市政府	《关于全面推进上海城市数字化转型的意见》	新技术在城市数字化转型中率先落地，将前沿技术与城市数字化转型融合，提升城市数字化水平
2021.1	上海市第十五届人民代表大会	《上海市国民经济和社会发展的第十四个五年规划和二〇三五年远景目标纲要》	推动城市数字化转型，通过数字技术创新带动城市各方面变革，发展数字经济、营造数字生活、提高数字治理水平、推动新型基础设施建设
2022.9	上海市经济和信息化委员会	《上海市新城数字化转型规划建设导引》	关注城市空间数字化转型，注重数字时代城市空间、生活方式、生产方式、治理模式的塑造，对新城数字化转型相关“规建管用服”提出指导要求

2.3 城市空间的数字化转型

目前国内大多城市数字转型的建设都处于基础设施的预备阶段，即信息化、数字化阶段，在具有数字化基础设施的基础上，才可以通过数字化转型进一步向数字化城市发展（龙瀛等，2020）。在当前

技术为主导驱动的城市发展中,传统城市空间中的不同尺度、不同功能的空间也会由于数字赋能发生变化,现实与现实空间的边界由于万物互联的拓展变得边界模糊,虚拟与现实空间由于线上线下功能空间的交互而融合,场景体验式空间将逐渐增加(龙瀛,2020)。线上化、共享化、虚拟化的数字生活将进一步改变实体空间的形式和组织方式,原有传统空间会出现落后场景,同时新的空间规划和设计会出现新的空间设计形式(龙瀛,2020),为了满足新的城市主题活动需求,城市的功能空间也将经历针对数字化的适应性转变(席广亮等,2023)。

城市空间是规划实践中的核心干预领域,因而数字化转型在规划视角中主要是通过重塑空间内数字化的空间场景来实现。这些空间场景构成了城市居民对数字化转型的直接感知,进而促进城市空间整体的数字化转型(Hatuka *et al.*, 2020)。关于数字化城市空间有以下两类认识:①从理论角度,数字化转型中的城市空间分为物理空间、虚拟空间、社会空间与精神空间,以物理空间的基础设施为底座,打造应用场景串联虚拟空间,再通过政府高效治理与市民高质参与的互动从而形成社会空间与精神空间(王英伟,2022)。也有研究者将数字化转型介入下的城市空间分为实体空间、虚拟空间和虚实空间,实体空间是基础,虚拟空间是实体空间的延伸,而虚实空间是实体空间和虚拟空间的结合(戴智妹等,2023)。以上从理论角度切入空间的视角,对物理、虚拟、社会与精神空间的划分虽逻辑清晰,却在实践层面缺乏直接的操作指引,有待进一步细化至具体空间形态与功能,以增强其对城市数字化转型规划的有效指导。②从规划的实际应用角度,面向城市数字化转型发展,有研究者将城市数字化空间分为未来社区、数字化创新空间和智慧商圈(席广亮等,2023)。针对未来城市空间在数字化转型后的活动,已经有了一系列更为具体的场景展望,包括社区生活、交通出行、消费休闲、工业生产和生态休憩等方面。从城市场景应用的角度出发,这些展望为城市规划提供了新的视角和方法(李智轩等,2021)。尽管上述研究分别从理论层面构建了数字化城市空间的多维度划分体系和从规划应用层面提出了未来社区、数字化创新空间、智慧商圈等实体化概念,以及基于面向未来规划的相关场景设想,但是在如何具体落实这些空间的全生命周期的规划实践方面,仍显得较为笼统,缺乏深度探讨与详尽策略。

综上所述,当前学术界对数字化城市空间的探讨虽已形成多元化的理论框架与应用视角,但在如何将这些抽象概念切实转化为具有可操作性的空间规划策略,以有效驱动城市数字化转型的全生命周期实践方面,研究尚显不足。本文旨在弥补这一研究空白,提出一个以空间为主线的城市数字化转型规划策略工作框架,并探讨基于该框架各类型空间的规划策略。

3 框架与策略

3.1 框架建立

在深入探讨城市数字化转型规划的构建时,有必要先厘清其与智慧城市规划之间的异同。城市数

数字化转型规划相较于智慧城市规划,前者在涵盖后者技术驱动型改革内容的同时,更突出全周期全流程视角、空间深度整合、以人为本与社会包容性、制度创新与生态构建等特征,旨在实现城市空间从规划到服务的全生命周期、全流程数字化转型升级,构建未来城市。根据《国务院关于印发“十四五”数字经济发展规划的通知》,智慧城市是城市数字化转型的核心组成部分,因此,智慧城市规划是城市数字化转型规划的一部分。根据国际经验以及国家“十四五”规划中提出的“加快数字化建设”和上海市2021年初发布的《关于全面推进上海城市数字化转型的意见》等,结合当前城市的信息化发展情况与研究,制定数字化转型框架并对生活、公共与产业空间提出数字化规划转型策略。整体框架分为现状分析、规划目标制定、策略提出和指标评价(图1)。

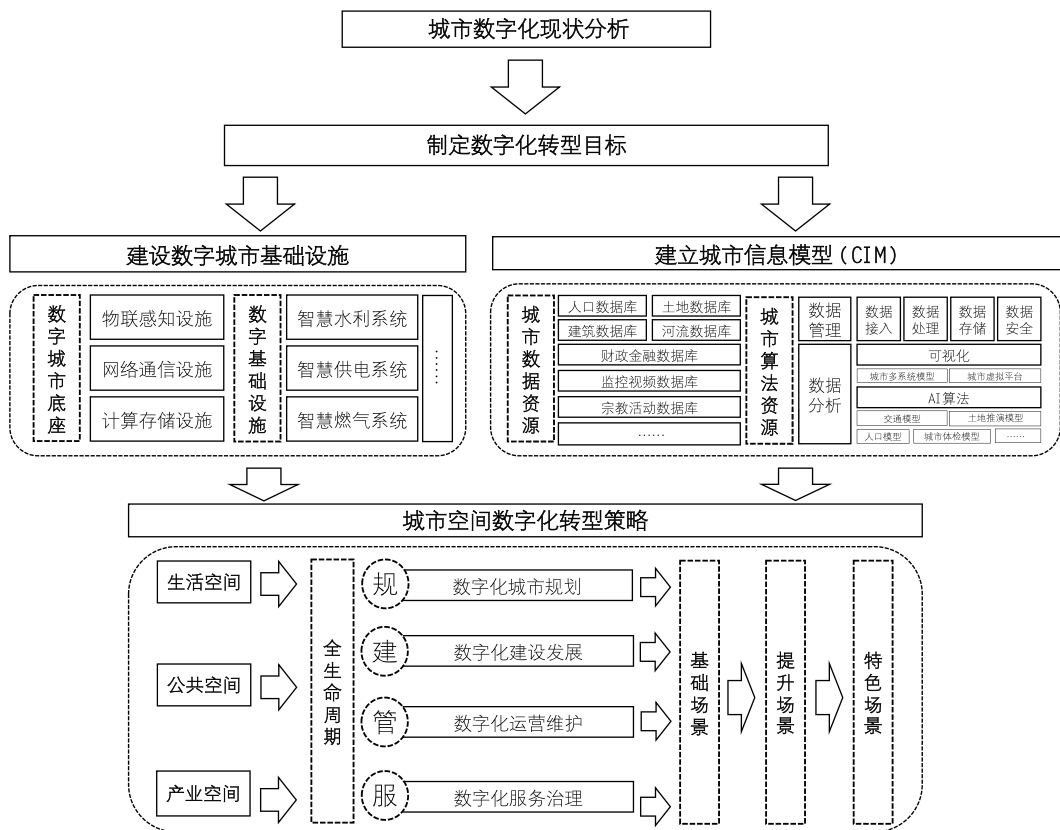


图1 城市空间数字化转型框架

工作框架的第一步是分析现状和制定数字化转型的目标;第二步是建设与优化新型城市基础设施,虚拟空间上需要打造数字城市底座;第三步对数字化生活空间、数字化公共空间和数字化产业空间提

出全生命周期的规划转型策略。“规建管服”全生命周期数字化转型是由数字化城市规划、数字化建设发展、数字化运营维护和数字化服务治理构成,涵盖城市发展由规划到治理的全阶段。其中三种数字空间的场景将以人人参与为出发点,分别设置基础场景、提升场景和特色场景。

3.2 现状分析

在传统空间规划进行现状分析的基础上,增加针对数字化程度的现状分析:空间规划的现状分析在生活空间应包括居住、公共服务设施,在产业空间应包括园区及配套服务,在公共空间应包括生态环境。物质空间立足于传统空间规划更新分析的若干个空间,针对适配各空间和领域的数字化设施的有无、数字化设施的智慧化水平、数据信息收集和处理情况进行评估。数字化程度的现状分析在虚拟空间层面应当确定是否有数字底座和统一的数据管理、收集、分析与可视化平台,并对其运行效率、安全程度、应用效果进行评估。

3.3 目标制定

结合地区数字化转型相关规划和空间规划,依据数字化转型要求,根据现状分析,提出具有针对性的规划目标。同时,满足本地两类规划要求,达到“多规合一”,依据空间类型提出切实可行的近期行动目标和远期目标。结合国家及地区具有指导力的文件制定规划目标。

3.4 基础设施建设

3.4.1 打造数字城市底座

数字城市底座包含孪生城市底板、城市信息模型、城市大数据库等方式。一般来说,它利用虚拟物理模型,反映城市传感器数据信息、运行数据,对城市各项数据进行分析、可视化展现,在虚拟空间建立一个城市实体空间进行映射的虚拟世界,全方位展现城市建设、治理的全生命周期过程,呈现城市全要素实况。可以利用海量数据为基础进行仿真推演、智能干预,实现精细化、数字化管理,为城市管理提供新技术方式(王聪,2021)。建立数字城市底座,需要以5G、大数据中心、人工智能平台、物联网设施等为基础,建设完善城市AIoT设施,全面部署智能感知终端,优化边缘计算设施布局,为城市底座进行数据收集、存储、处理、分析,同时进行数据反馈,利用底座将城市多源数据可可视化展现。

3.4.2 建设与提升数字城市设施

建设设施主要指数据传输分发网络基础设施、数据存储处理大数据中心、数据挖掘分析人工智能平台、数据收集展示如数字大屏、便携式数字设备、物联网传感器的数字化城市数字基建。在以数字基建为核心的基础上,拓展数字化新基础配套设施作为数字化与传统生活的触媒,如新能源充电桩、智能柜体等数字公共服务设施。它们既可以弥补传统基建、公共服务配套的不足,也可以利用自身数

字智能设备拓展性成为城市底层的传感设备和信息发布设备。提升传统基建，是根据其服务对象、服务方式进行数字化、智能化改造，实现对于建成环境的全域感知网。通过对传统基础设施增加传感器和远程控制设备，建立与之协调控制的检测调度平台，可以实现实时数据反馈，对于异常反馈可以进行监测和预警，有助于数字化城市进行系统管理与应对实施。例如，住宅中的智能电表、智能水表以及城市、社区层面的能源监测调度系统；针对垃圾分类的智能垃圾桶、智能无人垃圾车以及与之共同建立的全流程智能化垃圾分类管理模式。

3.5 城市信息模型构建

城市是复杂的巨系统，涉及人口、土地、基础设施等多种元素，构建城市信息模型，主要用于对城市空间全要素的表达以及城市级别海量多源数据的汇聚、融合计算与分析。因此，城市信息模型的构建需要基于完善的数字化城市基础设施，进一步构建城市数据资源和城市算法资源，其中城市数据资源通过城市多源数据采集获得，城市算法资源包括数据管理和数据分析。

3.5.1 城市数据资源

城市数据资源是指存储和管理城市相关数据的集合。数据在数字化城市建设过程中起着举足轻重的作用。无论是数字化城市的宏观决策问题，还是微观流程问题，都离不开数据的支撑。城市数据资源可以为城市规划、交通管理、市政建设、公共安全等方面提供有价值的数据支持。通过对这些数据进行分析和应用，城市管理者可以更好地了解城市的运行情况和问题并制定有效的解决方案，以提高城市的质量和可持续发展。同时，城市数据资源也可以为企业、学者、研究人员等提供数据支持，以促进创新和发展。

3.5.2 城市算法资源

城市算法资源是指用于解决城市问题的算法集合。这些算法来自不同的领域，如数据科学、机器学习、人工智能、运筹学、图像处理等，可以应用于城市的各个方面，如城市规划、交通管理、能源管理、环境保护、公共安全等。通过数据管理进行数据接入、存储、管理并保障数据安全。对收集的城市多源数据进行清理、处理、结构化与整合等，将复杂的城市数据分布到不同的数据库中，形成城市数据资源。数据安全，对城市信息模型进行定期维护和更新，随着城市数据的不断增加和变化，城市信息模型也需要随之进行调整和更新，以确保其准确性和实用性。

3.5.3 模型构建流程

构建面向数字化城市的信息模型包括六个紧密相连的阶段：准备、假设、建立、求解、分析与检验、应用。六个阶段相互衔接，确保了模型的准确性和实用性。在准备阶段，需要深入了解问题的实际背景并收集相关数据；通过合理的假设和简化，在假设阶段为建模奠定基础；在建立阶段，构建数学结构来刻画复杂变量之间的关系；随后，在求解阶段，运用数学方法和算法得出结果；分析与检验阶段则是对模型质量的严格把控，确保其符合实际需求；最终，在应用阶段，将模型应用于实际问题

解决中,以实现数字化城市的高效管理和决策支持,从而推动城市的智能化和可持续发展。

3.6 空间数字化转型策略

城市空间一般可分为生活空间、公共空间和产业空间。生活空间关注日常起居生活的经验空间,以居住社区为主;公共空间重点关注公共街区;产业空间聚焦产业园区。空间上按照数字化城市规划、数字化建设发展、数字化运营维护和数字化服务治理提出围绕全生命周期的数字化转型策略。策略的构建基于以下考量:

(1) 空间功能定位与人群需求。城市空间功能定位各异,数字化转型应围绕其核心功能,提升效率与用户体验,如全龄化数字规划服务满足生活空间需求,智慧交通引导下的 TOD 开发激活公共空间活力 (Ivan *et al.*, 2020; 张震宇等, 2022)。

(2) 可持续发展目标与政策导向。城市空间数字化转型需响应可持续发展目标,如利用数字技术推进低碳社区建造与绿色建筑,数字化服务治理提升公共服务可达性(苏建军等, 2021; 程龙等, 2022)。

(3) 科技进步与数字化趋势。当前,科技进步推动城市空间数字化转型,物联网、BIM、云计算等技术的应用为城市空间的规划、建设、运营与治理提供了新途径,如物联网提升公共活动中心智能运营水平,数字文旅塑造城区文化魅力 (Lokshina *et al.*, 2019; 朱蓓琳, 2021)。

(4) 产业转型升级与经济结构优化。产业空间的数字化转型主要关注与数字经济、新型基础设施的深度融合,推进智慧工地建设,打造数字化企业服务平台,促进产业转型升级与经济结构优化 (孙璟璐, 2017; 叶雅珍、朱扬勇, 2023)。

下文以案例的形式对不同城市空间的数字化转型策略进行阐释。

3.6.1 生活空间转型策略

通过数字化技术服务导入,将全龄化人口融入生活空间的数字化转型中并重视赋能 15 分钟生活圈,以此提升智能居住的便捷性和舒适度,与线上线下融合,创建绿色生态环境,建设共治共享、生态宜居的数字生活空间。在全球范围内,众多城市在数字化转型的进程中已经有不少针对数字生活空间的创新实践案例,值得借鉴与学习。

国际上,丹麦哥本哈根也在致力于实施“气候适应性城市”计划 (Copenhagen Municipality, 2020),以应对气候变化带来的挑战。该计划以建设智能能源系统和智能交通系统为核心,通过高效利用可再生能源和优化交通网络,力求降低碳排放,提高能源利用效率。此外,哥本哈根还计划构建一个信息共享平台,实时发布城市环境和资源使用情况的数据,为居民提供便捷的信息获取渠道。通过这个平台,居民可以更加方便地获取关于空气质量、能源消耗、交通状况等信息,从而更好地了解 and 适应城市生活。这一举措有助于增强居民的环保意识,鼓励他们采取节能减排的行动,共同为城市的可持续发展贡献力量。此外,日本柏之叶智慧社区则提供了一个国际化视角下的成功案例。根据官方网站 (Kashiwanoha Smart City) 的介绍,该社区通过数字化转型,实现了能源的高效利用、环境的可持续

发展以及健康生活模式的转变。其创新性的能源管理系统和数字化服务治理策略，不仅为居民提供了舒适、安全的生活环境，也为其他城市提供了有益的借鉴和参考。

在中国，众多城市在数字化生活空间建设方面取得了显著的成果。上海积极推进“15 分钟社区生活圈”的数字化构建，这一项目已成为“数字智能中枢”的具体应用实例。居民能够通过社区服务平台方便地查询周边的各类服务设施，充分体现了数字化在生活便利性方面的贡献（上海市规划和自然资源局，2023）。杭州在未来社区的建设中引入了智能化的垃圾分类系统，这一措施有效地推动了社区的低碳环保工作，减少了资源浪费。北京在“社区线上线下共融”的实践中表现突出，居民可以通过智慧社区平台预约线下服务，实现了线上线下的顺畅连接（中国社会报，2020）。

这些城市数字化转型案例都广泛运用了数字化技术，如大数据、云计算和人工智能，以推动城市管理和居民生活的智能化。进一步地，这些成功的数字化转型案例提供了宝贵的经验和启示，引导城市更好地实施数字生活空间转型策略。正如表 2 所示，数字化城市规划需构建全龄化数字服务，吸引人口并打造绿色生态社区；数字化建设应推进低碳、技术支持的社区建造并加强线上线下融合；运营维护阶段需确保安全、健康、低碳的运维服务。最后，在治理方面，构建数字化生活圈和治理平台，提供便民服务，推动社区虚拟空间转型。

表 2 生活空间数字化转型策略

数字化转型	数字生活空间导向
数字化城市规划	• 构建全龄化数字规划服务，促进以人口导入为根本的虚拟空间转型
	• 建设蓝绿融合的绿色生态社区，实现生态优先保护的实体空间转型
	• 构建信息共享的社区数字智能中枢，建设虚拟空间转型中的数字底座
数字化建设发展	• 数字技术推进低碳社区建造，促进社区低碳化建造的实体空间转型
	• 依托物联网感知与 BIM 技术支持的社区建设，实现技术落地的实体空间转型
	• 数字化推动社区线上线下共融，促进实体空间转型中的虚拟空间建设
数字化运营维护	• 提供数字家园的安全化运维，实现以居住安全为导向的实体空间转型
	• 提供数字家园的健康化运维，实现以生活健康为导向的实体空间转型
	• 提供数字家园的低碳化运维，实现以绿色低碳生活为导向的实体空间转型
数字化服务治理	• 构建数字服务的 15 分钟生活圈
	• 打造数字化社区治理服务平台，实现以和谐治理为导向的社区虚拟空间转型
	• 提供数字化社区生活服务，实现以便民服务为导向的社区虚拟空间转型

3.6.2 公共空间转型策略

本策略旨在构建一个产城融合、品质与活力并存、文化魅力独特的新城公共活动中心。借助数字化技术，服务于全龄化人口，推动以公共交通为导向的开发（TOD）模式实现数字化赋能，进而促进

城市空间公共活动中心的数字化转型与升级。在此过程中，强调产业与城市的和谐融合，致力于打造高品质、充满活力的新城街区，同时注重塑造各具特色和新魅力的新城文化。各国都制定并实施了各自的数字化转型策略。

新加坡滨海湾花园的数字化景观通过智能化的灌溉系统、环境监测设备等，实现了绿色生态与数字化技术的结合，为市民和游客提供了一个既美丽又智能的休闲场所。意大利的佛罗伦萨则在数字化公共空间方面有多项创新举措，包括应用智能灌溉系统以节约水资源、使用交互式地图和在线城市规划系统增强市民参与等。通过这些数字化措施，佛罗伦萨优化了公共空间的功能性和美观性，展现了数字化技术在城市建设和管理中的巨大潜力（Florence Heritage Data System, 2022）。

在中国，广州市作为南方的经济文化中心，积极推动智慧公交系统的建设，将最新的信息化技术与传统的公交体系相结合，大幅提升了交通服务的效率与质量，为市民的日常出行提供了极大的便利（广州市人民政府，2023）。与此同时，上海市在NICE2035（未来生活原型社区）框架下，公共空间的转型策略致力于打造充满活力与创新的都市环境（马谨等，2022）。在数字化城市规划层面，该策略着重强调数字化实验室与生活空间的有机融合，借此提升公共空间的科技含量与居民的生活品质。在数字化建设方面，上海将优先推进产品研发实验室、创新教育空间及众创中心等设施的建设，以推动创新思想的产生，助力未来生活和场景原型的商业产品、模式、技术的研发与落地。

这些城市数字化转型案例共同展现了利用先进技术推动城市服务升级的趋势。它们都采用了物联网、大数据分析等技术，通过线上线下融合与数据驱动的决策，极大地提升了市民生活的便捷性和质量。同时，这些举措也体现了城市数字化转型促进可持续发展和以市民为中心的服务理念。无论是全时段的公共空间服务、强化线上线下的空间关联，还是数字经济与商业街区的结合，抑或是公共活动中心的智能化管理，都彰显了数字化转型给城市带来的智能、高效与便捷，共同推动了以人为本、绿色可持续的城市发展。如表3所示，数字化转型应通过数字城市规划、建设发展、运营维护及服务治理等方面的创新，实现全时段服务、智慧交通、线上线下融合等多元化转型，推动城市空间的智能化、便捷化和绿色低碳发展。

3.6.3 产业空间转型策略

产业空间转型目标建设数据驱动、绿色高效、智慧互联的数字产业空间。通过数字化技术服务产业发展，推进数据驱动的产业升级，在产业空间的数字化转型中增添绿色高效的产业底色，营造智慧互联的产业生态，建成高质量的数字产业空间。以下案例具体展示了国内外在实践中运用该策略所取得的成果。

在国际层面，美国的加州硅谷不仅提供了从市场调研、产品开发到营销推广的全流程数字化支持，还广泛应用了云计算和区块链技术，为企业提供更加安全、高效的服务（前瞻产业研究院，2018）。德国的柏林阿德勒斯霍夫科技园则注重数字化生态的构建，通过引入各种数字化工具和服务，为园内企业创造了一个高度互动和创新的发展环境（丁鹏，2019）。

表 3 公共空间数字化转型策略

数字化转型	数字公共空间导向
数字化城市规划	• 数字技术激发的全时活力街区，实现提供全时段公共空间服务的虚拟空间转型
	• 智慧交通引导下的 TOD 模式，发展数字交通引领的实体空间转型
	• 线上线下数字化空间关联建设，创造激发多样性公共活动的实体空间转型
数字化建设发展	• 数字产业发展导向的产城融合，促进服务于产业创新的实体空间转型
	• 数字经济与商业街区相结合，实现多维数字商业服务的实体空间转型
	• 数字文旅构建富有特色的城区文化魅力，发展独特魅力的虚拟空间转型
数字化运营维护	• 依托物联网与城市信息模型技术的公共活动中心，促进公共活动中心智能运营技术的实体空间转型
	• 加强街区公园绿色、慢行系统、广场设施，发展智能化公共服务设施的实体空间转型
	• 完善智能化的静态交通系统运维，实现智能停车服务的实体空间转型
数字化服务治理	• 打造城区公共服务设施低碳绿色运维，实现公共活动中心绿色低碳管理的虚拟空间转型

在中国，深圳龙华区“数字经济先行区”作为数字产业空间的典型案例，通过实施全面的数字化转型策略，推动了园区规划、建设发展、运营维护及服务治理的全方位升级。策略内容包括制定管理办法、建立用户数据库、构建智慧社区体系、打造数字平台、提升运营效率和服务水平等，显著提升了园区的智能化和便捷性，为入园企业提供了更高效的服务，进一步促进了数字经济的快速发展（深圳政府在线，2023）。同时，锦绣科学园作为该区域的重要组成部分，其所秉承的“智慧建筑、智能环境、智赢服务”规划理念也代表了深圳市新型数字产业园区的发展方向。此案例不仅展现了数字产业空间转型的成功实践，而且为其他产业空间的数字化转型提供了理论支撑和实践指南，有助于推动产业空间的可持续发展（锦绣科学园，2021）。另外，苏州工业园区的“数园区·智中枢”项目也值得借鉴，该项目利用人工智能技术进行数据分析和预测，优化了企业支持服务并实现了信息共享与高效管理（苏州工业园区管理委员会，2022）。中建·光谷之星则通过采用数字孪生平台及机器学习算法，实时监控园区设施，进行故障预测与维护优化，进一步提升了园区智能化管理水平（澎湃新闻，2023）。

这些实践案例都展现了数字化转型策略在推动产业空间高质量发展中的重要作用。通过数字化转型，产业空间实现了数据驱动、绿色高效、智慧互联的目标，为产业发展注入了新的活力。表 4 概括了数字产业空间转型的四大策略：数字化园区规划强调生态化与智慧化；数字化建设发展注重基础设施与绿色高效；数字化运营维护实现全域智能管理；数字化服务治理则构建多元综合体与服务平台等。这些策略推动数字产业空间顺应数字化时代的发展，为产业的创新升级和可持续发展奠定了坚实基础。

表 4 产业空间数字化转型策略

数字化转型	数字产业空间导向
数字化园区规划	• 面向产业导入提供生态化数字规划服务 • 加强产业和空间规划联动 • 建设覆盖全生命周期的智慧规划系统
数字化建设发展	• 推进新型基础设施建设 • 建设绿色高效的数字产业空间 • 建设智慧工地系统
数字化运营维护	• 提供数字产业空间的全域运维 • 提供数字产业空间的智能运维 • 打造数字化园区管理平台
数字化服务治理	• 构建生产、生活、交通多元平衡产业综合体 • 打造数字化企业服务平台

4 结语

在城市数字化转型中，智慧城市建设面临复杂多变的社会风险（张毅等，2015）。其中，技术风险是核心，涉及技术漏洞、数据泄露等（赵继娣等，2022）。产业数字化转型也带来经济风险，如对传统产业的冲击和数字鸿沟问题（陈龙，2022）。同时，算法偏见和伦理问题可能侵害公民权益（汝绪华，2018），而社交方式和生活习惯的改变也可能导致社会适应难题（贝克等，2010）。此外，管理体系不完善和政策法规滞后也增加了管理风险（邓理、王中原，2020）。为应对这些风险，需建立风险评估体系、加强技术防御、促进产业融合、完善隐私保护并制定相关法规（赵继娣等，2022；陈龙，2020；汝绪华，2018；邓理、王中原，2020）。

数字化转型推动城市治理现代化，利用大数据、云计算和人工智能技术，城市治理正变得更加精准、全局化和动态化，从而极大提升了治理效率和服务质量。数字技术的广泛运用不仅助力传统产业数字化转型，也为新兴产业注入活力。然而，这一进程也伴随着数据安全、隐私保护和技术标准等严峻挑战。城市管理者必须高度重视数据的安全管理和隐私保护，制定并执行严格的措施来防止数据泄露和滥用。同时，为了促进各部门之间的协作与配合，确保数字化转型的顺利进行，制定统一的技术标准和规范也显得尤为重要。通过这些努力，我们可以确保城市数字化转型稳步前行，为市民创造更加便捷、高效的生活环境。

总结而言，本文在数字化城市和数字化转型建设的大背景下，提出了从空间层面进行数字化转型的规划策略，将转型空间划分为数字生活空间、数字公共空间、数字产业空间，并按照数字化“规建管服”的全生命周期提出数字化转型策略。其中，数字化生活空间策略着重于建设共治共享、生态宜

居的数字生活空间；数字化公共空间着重于发展产城融合、品质活力、文化魅力的新城公共活动中心；数字化产业空间则着重于建设数据驱动、绿色高效、智慧互联的数字产业空间。

在每一个空间类型下分别列举和梳理了典型案例在建设数字化城市时使用的策略，用于验证框架正确性。该数字化转型规划策略可以为未来数字化转型提供一个实施路径，为研究城市数字化转型提供一个理论框架。随着通信基础设施的配置提升、信息技术的发展和市民生产生活方式的转变，相较于注重数字设备的数字化城市建设，规划视角下的空间数字化转型研究刻不容缓。本文提出的数字化转型框架是基于理论的方法拓展，是面向未来规划的实施依据，缺少实践项目及案例的验证。未来研究者可以依据此规划策略进行空间数字化转型的规划实践工作，并不断完善数字化转型的空间规划方法。

致谢

本文受科技部“十四五”重点研发计划课题（2022YFC3800804）、上海市科学技术委员会自然科学基金项目（21ZR1466500）、住房城乡建设部科研课题 2021—2022 资助。

参考文献

- [1] COPENHAGEN MUNICIPALITY. CPH 2025 climate plan—roadmap 2021-2025[R]. 2020.
- [2] EBERT C, DUARTE C H. Digital transformation[J]. IEEE Software, 2018, 35: 16-21.
- [3] Florence heritage data system[EB/OL]. [2024-06-19]. <https://www.firenzepatrimoniomondiale.it/en/progetti/florence-heritage-data-system-2/>.
- [4] HATUKA T, ZUR H, MENDOZA J A. The urban digital lifestyle: an analytical framework for placing digital practices in a spatial context and for developing applicable policy[J]. Cities, 2020, 111: 102978.
- [5] IVAN L, BEU D, HOOF J V. Smart and age-friendly cities in Romania: an overview of public policy and practice[J]. International Journal of Environmental Research and Public Health, 2020, 17(14): 5202.
- [6] Kashiwanoha smart city[EB/OL]. (2024-06-14)[2024-06-19]. <https://www.kashiwanoha-smartcity.com/>.
- [7] LOKSHINA I V, GREGUŠ M, THOMAS W L. Application of integrated building information modeling, IoT and blockchain technologies in system design of a smart building[J]. Procedia Computer Science, 2019, 160: 497-502.
- [8] MARIA G R P, MARTINE L, EMMANUEL R. Fostering sustainable urban renewal at the neighborhood scale with a spatial decision support system[J]. Sustainable Cities and Society, 2018, 38: 440-415.
- [9] Moool[EB/OL]. [2024-06-19]. <https://moool.com/gardens-by-the-bay-supertrees-by-grant-associates.html>.
- [10] NANDICO O F. A framework to support digital transformation[G]//EL-SHEIKH E, ZIMMERMANN A, JAIN L C. Emerging trends in the evolution of service-oriented and enterprise architectures. Cham: Springer International Publishing, 2016, 111: 113-138.
- [11] Project Overview, CityScope LivingLine Shanghai[EB/OL]. MIT Media Lab. (2021-12-13) [2024-06-19]. <https://www.media.mit.edu/projects/cityscope-livingline-shanghai/overview/>.

- [12] TOMIČIĆ P K, PIHIR I, TOMIČIĆ F M. Smart city initiatives in the context of digital transformation: scope, services and technologies[J]. Management, 2019, 24(1): 39-54.
- [13] VIAL G. Understanding digital transformation: a review and a research agenda[J]. The Journal of Strategic Information Systems, 2019, 28(2): 118-144.
- [14] 柏の葉スマートシティ [EB/OL]. 柏の葉スマートシティ. (2021-12-13) [2024-06-19]. <https://www.kashiwanoha-smartcity.com/>.
- [15] 贝克, 邓正来, 沈国麟. 风险社会与中国——与德国社会学家乌尔里希·贝克的对话[J]. 社会学研究, 2010, 25(5): 208-231.
- [16] 陈龙. “数字控制”下的劳动秩序——外卖骑手的劳动控制研究[J]. 社会学研究, 2020, 35(6): 113-135+244.
- [17] 程龙, 张吉玉, 苏杰, 等. 线下和线上场景社区零售可达性及公平性研究[J]. 地理科学进展, 2022, 41(12): 2297-2310.
- [18] 崔国. 未来社区: 城市更新的全球理念与六个样本[M]. 杭州: 浙江大学出版社, 2021.
- [19] 戴智妹, 华晨, 童磊, 等. 未来城市空间的虚实关系: 基于技术的演进[J]. 城市规划, 2023, 47(2): 20-27.
- [20] 丁波涛. 从信息社会到智慧社会: 智慧社会内涵的理论解读[J]. 电子政务, 2019(7): 120-128.
- [21] 邓慧慧, 刘宇佳, 王强. 中国数字技术城市网络的空间结构研究——兼论网络型城市群建设[J]. 中国工业经济, 2022(9): 121-139.
- [22] 邓理, 王中原. 嵌入式协同: “互联网+政务服务”改革中的跨部门协同及其困境[J]. 公共管理学报, 2020, 17(4): 62-73+169.
- [23] 丁鹏. 很多人去德国考察, 都会去这个园区——阿德勒斯霍夫科学城[EB/OL]. (2019-07-25) [2024-06-19]. https://www.sohu.com/a/329196916_494876.
- [24] 广州市人民政府. 广州以智慧手段赋能公共交通 让车辆调度更快更智能[EB/OL]. (2023-04-15)[2024-06-19]. https://www.gz.gov.cn/zfwf/zxfw/jtfw/content/post_8923023.html.
- [25] 锦绣科学园[EB/OL]. (2021-12-13)[2024-06-19]. <https://www.gspark.cc/>.
- [26] 靳欣威. 上海全面推进城市数字化转型[J]. 上海质量, 2021(1): 8.
- [27] 李智轩, 甄峰, 黄志强, 等. 漫谈未来城市场景特征与规划应对[J]. 规划师, 2021, 37(16): 78-83.
- [28] 龙瀛. 颠覆性技术驱动下的未来人居——来自新城市科学和未来城市等视角[J]. 建筑学报, 2020(Z1): 34-40.
- [29] 龙瀛, 张雨洋, 张恩嘉, 等. 中国智慧城市发展现状及未来发展趋势研究[J]. 当代建筑, 2020(12): 18-22.
- [30] 娄永琪. NICE 2035: 一个设计驱动的社区支持型社会创新实验[J]. 装饰, 2018(5): 34-39.
- [31] 林二伟, 谢煜, 张雄化. 数据资源利用与数字经济——来自先行区的经验和思考[J]. 特区经济, 2020(5): 11-14.
- [32] 迈克尔·巴蒂. 未来的智慧城市[J]. 赵怡婷, 龙瀛, 译. 国际城市规划, 2014, 29(6): 12-30.
- [33] 马谨, 娄永琪. 基于创新生态系统建构的社区更新——NICE 2035 未来生活原型街区的实践[J]. 建筑学报, 2022(3): 20-27.
- [34] 澎湃新闻. 中建科技产业园入选全国信标委“智慧园区优秀案例”! [EB/OL]. (2023-04-24)[2024-06-19]. https://www.thepaper.cn/newsDetail_forward_22856727.
- [35] 钱学胜, 凌鸿, 黄丽华. 城市数字化转型 打造具有世界影响力的国际数字之都[J]. 上海信息化, 2021(1): 6-12.
- [36] 前瞻产业研究院. 高科技园区: 美国硅谷的成功经验借鉴[EB/OL]. (2018-12-13)[2024-06-19]. <https://f.qianzhan.com/yuanqu/detail/181213-617b7950.html>.

- [37] 汝绪华. 算法政治: 风险、发生逻辑与治理[J]. 厦门大学学报: 哲学社会科学版, 2018(6): 27-38.
- [38] 上海市规划和自然资源局. 2023年上海市“15分钟社区生活圈”行动方案[Z]. 2023.
- [39] 深圳政府在线. 龙华区数字经济: 从“先行区”迈入“核心区”[EB/OL]. (2023-01-04)[2024-06-19]. https://www.sz.gov.cn/cn/xxgk/zfxxgj/gqdt/content/post_10367178.html.
- [40] 苏州工业园区管理委员会. 苏州工业园区关于全面推进数字园区建设的行动计划(2022—2025)[Z]. 2022.
- [41] 苏建军, 倪庆超, 杨泰然. BIM技术与绿色建筑可持续发展分析[J]. 智能建筑与智慧城市, 2021(10): 102-103.
- [42] 孙璟璐. 智慧工地为产业升级保驾护航[J]. 中国建设信息化, 2017(14): 50-53.
- [43] 孙璞. 加快数字化发展 建设数字中国 为“十四五”开好局起好步凝聚强大的数智力量[J]. 网信军民融合, 2021(3): 8-10.
- [44] 王聪. 基于时空信息模型的智慧城市数字底座设计初探[J]. 测绘地理信息, 2021, 46(S1): 162-164.
- [45] 王英伟. 政府治理数字化转型对城市空间的塑造逻辑[J]. 城市发展研究, 2022, 29(6): 85-91.
- [46] 王苏野, 秦锋砺. 城市空间逻辑的数字化转型及其制度走向[J]. 重庆社会科学, 2023(1): 20-32.
- [47] 席广亮, 甄峰, 冷硕峰. 2022年城市数字化转型发展热点回眸[J]. 科技导报, 2023, 41(1): 194-201.
- [48] 叶雅珍, 朱扬勇. 数字化转型服务平台: 面向新竞争格局的企业竞争力建设[J]. 大数据, 2023, 9(3): 3-14.
- [49] 张朝. 城市数字化转型标准化建设思考[J]. 品牌与标准化, 2021(5): 3-5.
- [50] 张震宇, 刘泉, 赖亚妮, 等. 日本轨道站点地区的智慧TOD模式解读[J]. 南方建筑, 2022(12): 72-82.
- [51] 张佳丽, 陈宇. 多元融合 构建“十四五”智慧城市发展新蓝图[J]. 中国建设报, 2021: 8.
- [52] 张敏. 智能城市理念在城市公共空间规划设计中的价值与应用[J]. 工程建设与设计, 2023(6): 21-23.
- [53] 周略略, 安健, 叶宇, 等. 基于多源数据的城市街道空间品质测度及特征识别——以广州市为例[J]. 交通与运输, 2022, 35(S1): 7-13.
- [54] 朱蓓琳. “数字人文+”智慧文旅应用产品的功能展望[J]. 图书情报工作, 2021, 65(24): 35-43.
- [55] 张毅, 陈友福, 徐晓林. 我国智慧城市建设的社会风险因素分析[J]. 行政论坛, 2015, 22(4): 44-47.
- [56] 赵继娣, 曲如杰, 王蕾, 等. 城市数字化转型中的社会风险演化及防范对策研究[J]. 电子政务, 2022(6): 111-124.
- [57] 郑磊. 城市数字化转型的内容、路径与方向[J]. 探索与争鸣, 2021(4): 147-152+180.
- [58] 中国社会报. 大兴区: 打造人人共享社区生活新风尚[EB/OL]. (2020-10-23)[2024-06-19]. https://www.thepaper.cn/newsDetail_forward_9685070.

[欢迎引用]

- 刘超, 田野佑民, 陈树熙, 等. 城市空间数字化转型的规划框架与策略探讨[J]. 城市与区域规划研究, 2024, 16(1): 47-61.
- LIU C, TIAN Y Y M, CHEN S X, et al. An exploration of the planning framework and strategies for digital transformation of urban spaces[J]. Journal of Urban and Regional Planning, 2024, 16(1): 47-61.