

未来城市的数字基础设施:体系构成与建设路径

万劲波^{1,2}, 何乐乐^{1,2}, 宋艳秋³

(1. 中国科学院科技战略咨询研究院, 北京 100190; 2. 中国科学院大学公共政策与管理学院, 北京 100049;
3. 中央财经大学经济学院, 北京 100081)

摘要:数字基础设施是人类社会由工业社会迈向智能社会的基础支撑。推动未来城市建设, 必须建设与之相适应的数字基础设施体系。研究分析数智时代城市基础设施的内涵与体系, 探讨数字基础设施支撑未来城市建设与发展的主要路径和作用方式。针对未来城市数字基础设施建设面临的需求与挑战, 提出建设的基本思路 and 具体路径。研究认为, 未来城市数字基础设施以数字化创新基础设施和数智基础设施为“双核”支撑, 以人工智能等新一代信息技术广泛应用为主线, 为城市的物质流、能量流、信息流的畅通与循环提供数字化、网络化、智能化、绿色化、场景化的软硬件设施体系保障, 通过创新驱动与数智赋能全面支撑城市创新、智慧、绿色、韧性、宜居、人文建设。研究从3个方面提出建设未来城市数字基础设施的建议: 一是科学把握未来城市数字基础设施建设面临的需求与挑战; 二是统筹处理好五种基本关系; 三是系统推进城市数字化绿色化双转型。

关键词:未来城市; 数字基础设施; 创新驱动; 数智赋能; 智慧城市

中图分类号: F299.2; F49 文献标识码: A 文章编号: 1005-0566(2025)03-0103-12

Digital infrastructure for future cities: System composition and construction paths

WAN Jinbo^{1,2}, HE Lele^{1,2}, SONG Yanqiu³

(1. *Institutes of Science and Development, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China;*
2. *School of Public Policy and Management, University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China;*
3. *School of Economics, Central University of Finance and Economics, Beijing 100081, China*)

Abstract: Digital infrastructure is the basic support for human society to move from an industrial society to an intelligent society. To promote the construction of future cities, it is necessary to build a digital infrastructure system that is compatible with it. This study analyzes the connotation and system of urban infrastructure in the digital intelligence era, and explores the main path and mode of operation of digital infrastructure to support the construction and development of future cities. It proposes the basic ideas and specific paths for the construction of future urban digital infrastructure to meet the needs and challenges. The study concludes that the digital infrastructure of the future city will be supported by the digital innovation infrastructure and digital intelligence infrastructure as the “dual core”, with the extensive application of new-generation information technology such as artificial intelligence as the main line, and will provide digitalization, networking, intelligence, greening and scenario-based software and hardware facilities system protection for the smooth flow and circulation of material, energy and information flows in the city, and comprehensively support

收稿日期: 2024-12-29 修回日期: 2025-02-11

基金项目: 中国工程院战略研究与咨询项目“切实激发科技创新创造活力的深化科技体制机制改革建议研究”(2024-JZ-20-03)。

作者简介: 万劲波(1974—), 男, 湖北天门人, 中国科学院科技战略咨询研究院研究员/中国科学院大学公共政策与管理学院教授, 博士生导师, 研究方向为科技战略与规划、科技创新政策与治理。通信作者: 何乐乐。

the innovative, intelligent, green, resilient, livable and humanistic cities through innovation-driven and digital-intelligent empowerment. The study puts forward proposals for the construction of future urban digital infrastructure from three aspects: first, to scientifically grasp the needs and challenges of the construction of future urban digital infrastructure; second, to deal with the five basic relationships in an integrated manner; and third, to systematically promote the dual transformation of urban digitalization and greening.

Key words: future city; digital infrastructure; innovation drive; digital intelligence empowerment; smart city

党的二十大报告指出“我国迈上全面建设社会主义现代化国家新征程”。国家统计局发布的数据显示,2024 年年末我国常住人口城镇化率达到 67%,常住人口城镇化率持续提升,推动城市规模和数量持续增长。城市通过要素集聚重组和资源配置优化,带动产业结构升级,畅通经济循环,保障高质量发展,支撑中国式现代化建设^[1-2]。以大数据、云计算、大模型为代表的新一代信息通信技术突破性发展,加速人工智能、数字孪生等新兴技术融合应用,赋能千行万业场景创新和发展,不断丰富未来经济、未来生活、未来政务和未来生态环境等愿景,使得宜居、韧性、创新、智慧、绿色、人文等成为未来城市的重要目标^①。

在以中国式现代化推进强国建设、民族复兴新征程中,城市被赋予“推动高质量发展、实现经济社会智能、绿色转型”等一系列重要战略使命。未来城市建设是理想与现实的融合,是科技问题,亦是经济问题、政治问题、社会问题、文化问题、环境问题和治理问题,应以满足人民美好生活需求为导向,遵循城市发展规律、重视城市科学研究,坚持文化引领与科技进步^[3]、人本驱动和数据支撑^[4],打造创新城市、智慧城市、绿色城市、韧性城市、人文城市、宜居城市等城市功能,实现科技、人文、绿色的有机融合,营造高品质的经济、社会、人文、生态环境^[5]。未来城市建设离不开未来科技、未来产业^[6]和新型基础设施体系的支撑引领。2024 年 5 月,国家发展改革委等四部门联合出台《关于深化智慧城市发展推进城市全域数字化转型的指导意见》,强调以数据赋能和完善数字基础设施增强城市数字化转型支撑;同年 12 月,中共中央办公厅、国务院办公厅印发《关于推进新型城市

基础设施建设打造韧性城市的意见》,突出以数字化、网络化、智能化新型城市基础设施建设增强城市韧性,数字基础设施被赋予了基础性、先导性战略支撑使命。

数字基础设施作为新一代智能技术的资源承载和能力构建底座,能够畅通数据资源化和资源数据化路径,拓宽要素流域、加快传播速度、提升创新效率,对新时期科技创新、产业优化、经济发展、政府管理、文化传播、生态治理等起到关键的支撑与推动作用^[7-10]。本文对未来城市的数字基础设施建设进行系统研究,旨在以未来城市为场景,厘清基础设施的内涵演进和数字基础设施的体系构成,探讨其对城市发展的支撑作用路径,就高质量建设未来城市的数字基础设施、更好支撑未来城市高质量发展提出建议。

一、数智时代的城市基础设施

自 1764 年第一次工业革命以来,循着“科学技术→生产组织→生活方式”技术—经济范式^[11],全球依次历经了大机器生产的机械化、电力大规模应用的电气化、计算机与电子数据普及的自动化 3 个阶段,为各国经济社会变革与发展注入了庞大的活力。21 世纪初,以物联网、大数据、云计算等信息技术为基础的工业 4.0 概念出现,智能制造、数字经济所引领的时代快步迈进。《全球算力指数评估报告》预测,到 2026 年,数字经济占 GDP 比重将达到 54%^②。城市天然具有数据生产、资金聚集、人口流动、科技创新等诸多功能,融合信息通信技术的智慧化发展进一步强化了规模经济、资源配置、环境规制等效应^[12],为经济社会发展提供更加充足的要素保障。基础设施是城市

① 参见《深入实施以人为本的新型城镇化战略五年行动计划》, https://www.gov.cn/zhengce/content/202407/content_6965542.htm。

② 参见《2022—2023 全球算力指数评估报告》, <https://www.igi.tsinghua.edu.cn/info/1019/1321.htm>。

运行的物质技术基础,内涵不断演进、体系逐渐拓展,以更好顺应时代发展的新需求。新型基础设施^③作为数智时代新基建的核心部分,覆盖经济社会发展的方方面面,为各领域提供安全、可靠、普惠的公共服务,助推数字经济、智能社会、未来城市的建设与发展。

(一)基础设施内涵演进与数字基础设施

基础设施与其支撑服务对象构成“相互定义”的一个系统,能够在特定阶段保障人类社会物质流、能量流、信息流的顺畅、安全、高效流动,是一个国家、区域、城市或组织保持持续稳定运行所必需的基础性结构^[13]。基础设施内涵随着社会形态的变化与复杂技术的创新、应用不断丰富深化。智能社会是继狩猎社会、农耕社会、工业社会、信息社会之后的一种新型社会形态^[14],与之相适应的新型基础设施体系,需满足其科技创新、要素配置、经济发展、社会进步等发展需求,保证其生产、运行、发展的流程畅通,支撑城市的运行和发展。数智时代的基础设施以新一代数字科技创新为引领,共同支撑经济结构转型、社会形态变迁和城市更新发展,能够在满足新科技革命、产业变革和新技术融合应用等新需求的同时,赋能、融合传统基础设施,重塑基础设施体系,为数智时代的城市建设和经济社会高质量发展提供基础保障。

数字基础设施在以大数据中心、5G/6G/卫星通信网络、人工智能和工业互联网等新一代信息通信技术为代表的科技创新、应用创新和场景创新推动下应运而生,能够以数字化、智能化方式处理、存储和传输海量复杂数据,通过创新驱动和数智赋能双路径并行,保障新兴技术、应用场景及新兴产业的协同发展与创新、迭代,为经济社会高质量发展提供持久性软硬件设施网络及公共服务支撑。数字基础设施支撑下的大模型、数字孪生、城市大脑、城市智能体等前沿技术及场景在政务、教育、医疗、交通、应急等领域广泛应用与拓展,能更

好保障城市的建设、运维与升级。

(二)数字基础设施体系构成

人类社会可以抽象为物质载体、能量动力和信息传输的有机组成,是物质流、能量流与信息流的动态发展结果。数字基础设施是智能时代保障人类社会物质流、能量流、信息流顺畅、安全、高效流动的软硬件设施网络,是过去发展的成果,也是未来发展的条件。大数据、云计算、人工智能等数字技术的出现推动数据向资源化、要素化、资产化、资本化转变^[15]。数据的收集、处理与应用遍及组织经营、产业合作、市场调节乃至政府管理、社会治理等各个场景,成为经济社会运行的基础。在数字社会、数字经济发展带动下,数字基础设施不断完善,形成了以数据创新为驱动、通信网络为基础、数据算力算法为核心的软硬件一体化综合体系。在融合传统基础设施的同时,承载着新技术、新产品、新场景的发展与应用,为城市经济、政治、社会、文化、生态文明全领域发展提供数字化、网络化、智能化的基础设施体系支撑和服务。

数字基础设施体系运行基于物理设备建设和技术创新应用的交互融合,通过数据、平台、应用多层次支撑,提升数据创新、数据算力算法和通信网络水平,畅通物质生产流通、能源开发利用、信息存储交换,加快资本、技术、人才、数据等要素在市场主体、公共主体与创新主体间流动,提升整体联通水平和科技创新能力,推动新质生产力发展,进而实现数字经济、智能社会与未来城市的耦合发展与演进(见图1)。

二、未来城市的“双核”支撑与“双转型”发展

“十四五”以来,大数据、云计算、大模型等新技术带动了人工智能和“人工智能+”的突破性创新和广泛应用,为我国城市建设与更新注入强大动力。未来城市能够通过数字技术和数据利用优化公共服务、增进民生福祉、促进可持续发展,以人为本地解决城市和区域发展问题^④,是保障我国

^③ 参见《“十四五”新型基础设施建设解读稿之一:系统布局新型基础设施夯实现代化强国先进物质基础》, https://www.ndrc.gov.cn/fzggw/jgsj/gjss/sjdt/202111/t20211129_1305567.html。

^④ 参见《Smart City Data Governance: Challenges and the Way Forward》, https://www.oecd-ilibrary.org/urban-rural-and-regional-development/smart-city-data-governance_e57ce301-en。

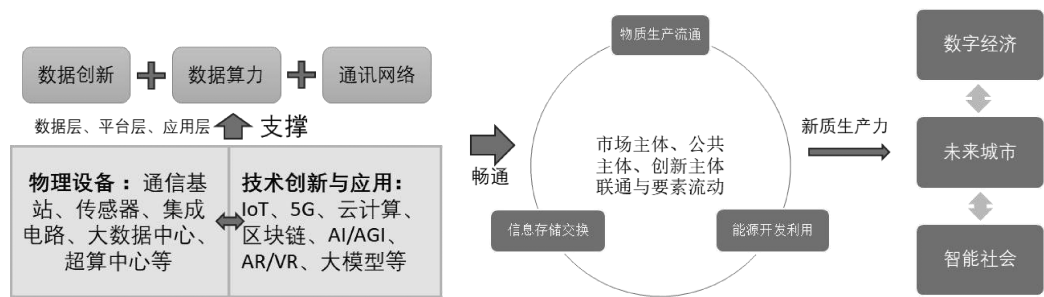


图1 未来城市的数字基础设施运行体系

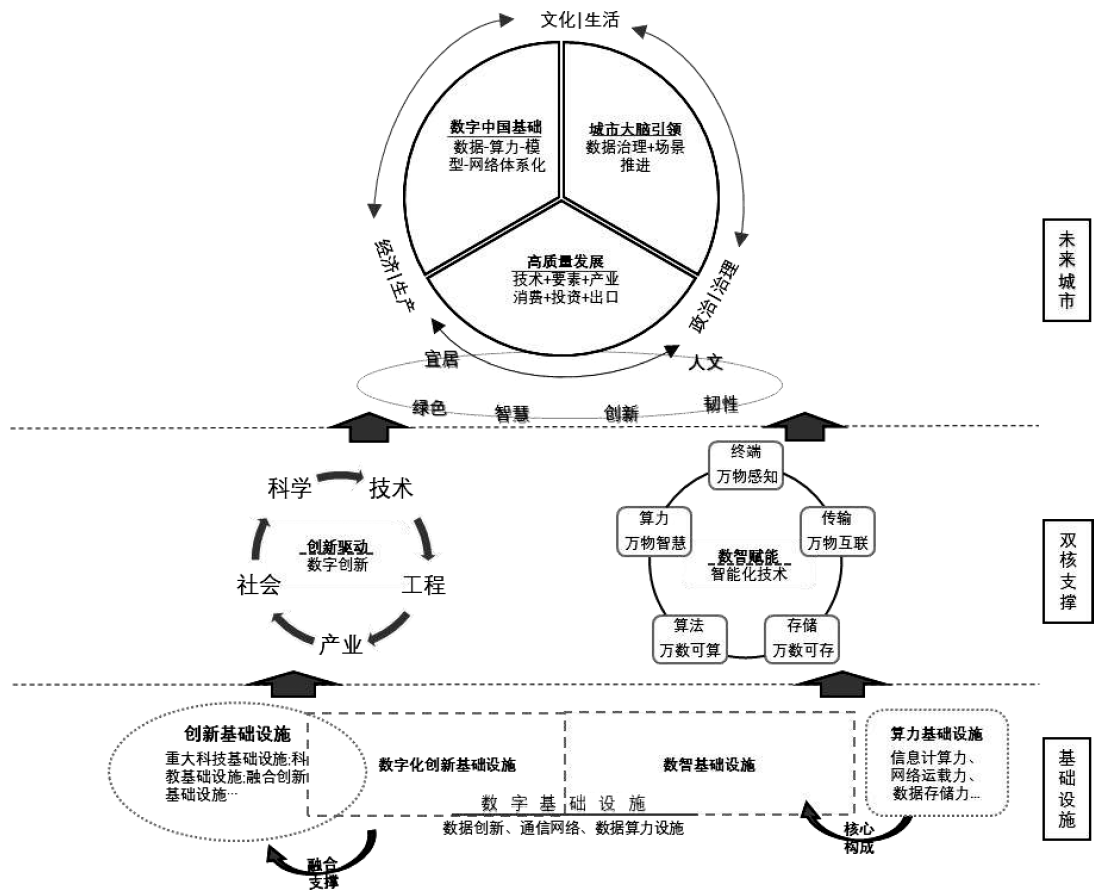


图2 未来城市的“双核”支撑

现代化建设实现全领域、深层次、高质量和可持续四维体系长久存续的综合性应用场景。数智时代的城市建设、更新与发展,离不开数字基础设施体系的建设和支撑。城市的数字基础设施协同海量数据、数字技术创新和应用场景创新,发挥创新驱动和数智赋能“双核”支撑作用,不断拓展、完善“五位一体”全面数字化体系。依托数字化创新基础设施和数智基础设施,健全优化城市大脑功能,最终实现城市生产、生活、治理模式的智能化重构,支撑数字时代未来城市的经济、政治、文化建

设,夯实城市的创新、智慧、绿色、韧性、人文、宜居等功能,以数字基础设施的基础性、先导性、创新性、融合性,推动城市经济社会高质量发展(见图2)。

(一)创新驱动—数字化创新基础设施

创新是引领发展的第一动力,数字化创新基础设施是未来城市建设的双核支撑之一,发挥支撑科技创新和产业创新的基础性作用。创新基础设施处于创新链前端,能够通过强化科技供给质量、提升创新效率为创新驱动提供基础保障,从而实现新兴技术发展和应用场景更新,激发数据要

素潜能,推动产业结构升级和全要素生产率提升,引领城市创新^[16]。数字化创新基础设施深度聚焦数字时代的技术创新与应用拓展,引领重大科技、科教以及融合创新等各类创新基础设施的建设方向,为加快科学、技术、工程、产业及社会等层面的创新创业创造活动提供基础支撑,促进重点学科和重点产业领域基础、核心、前沿科技创新,推动数字时代科技创新体系的构建与完善。特别是数据密集型科学和人工智能驱动的科学研究的科学研究(AI for Science)作为加速推动科学研究的新型范式,正在成为新一轮科技革命的重要推动力量。

数字化创新基础设施,通过融合数据创新、技术创新和应用场景创新,推动经济、社会、文化、政务、生态文明等领域系统性创新变革,推动发展动力实现转型升级,优化能量、信息和物质的生产、流动与组合方式,为经济社会高质量发展赋予强劲创新动能。未来城市的基础设施全方位建设与经济社会的高质量发展汇聚的强大合力,共同为城市运行提供全领域、深层次、高效率的多维立体

化架构与持续的动力支撑,促使其在新时期、新格局中稳步建设,不断延展功能边界,释放强大的发展势能。

1. 数字创新支撑数字城市建设

数字化创新基础设施体系依托新一代信息技术和完备的物理设施,推动新要素生产,加速数字创新、应用,为产业数字化转型、数字经济发展和社会全面智能化转变筑牢根基,进而为数字城市建设提供有力支撑。熊彼特将创新看作是新生产要素与生产条件的创造性组合,数字创新表现为数据要素与现代化生产体系的有机交融。持续完善的数字基础设施推动信息技术的不断创新和应用,在此基础上,数据收集、传输、存储、处理、分析全流程实现常态化运行,数据价值持续攀升,最终转化为数字社会的新生产要素^[17]。在此过程中,大数据、大算力、大模型、大网络等一系列生产新内涵应运而生,并迅速渗透到数字经济、数字社会、数字政府、数字文化、数字生态文明等各个维度(见图3)。

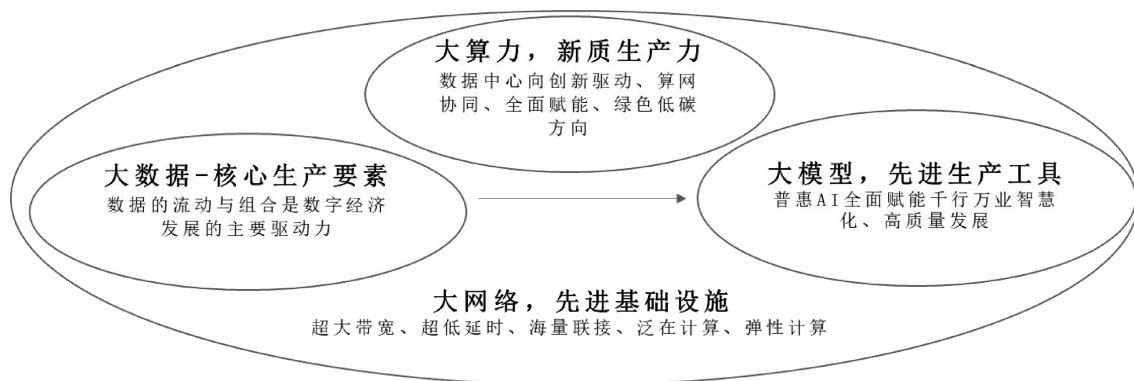


图3 数智时代的生产新内涵

大数据凭借其易复制性、渗透性和虚拟替代性,跃升为数字经济的核心生产要素,通过与传统要素的多样化组合及高速流通催生出可观的规模经济价值。大算力作为解锁数据要素价值潜能的关键能力,具有新领域、高技术、科技创新主导的鲜明特质,发挥新质生产力功能,有力推动行业深度融合,贯通产业链供应链,连接供需双方,加快市场生态构建,有效提升社会生产、流通、分配效率,实现城市的数字化、绿色化发展。大模型以算力、算法为底座,在大数据与大算力共同作用下,

成为先进生产工具,通过对海量数据的深度处理与学习,实现快速迭代与演化发展,推动人工智能突破性创新,以“人工智能+”赋能千行万业智慧化、高质量发展。大网络作为先进基础设施,通过大带宽、低延时、广联结、泛在计算和弹性计算能力为大数据、大算力、大模型的技术构建和功能发挥提供平台。在大数据、大算力、大模型、大网络的共同作用下,数字科技创新和各类要素智慧化组合进程不断加快,推动企业、产业乃至全行业朝着数字化、智能化方向加速转型,促进实体经济与

数字经济深度融合,为数字城市建设奠定坚实的创新基础。

2. 数字创新推动经济社会高质量发展

数智时代的经济社会高质量发展,以数字化

创新基础设施为科技创新和产业创新的基础支撑,通过数据创新、技术创新和应用场景创新融合实现数字创新,推动传统经济社会向数字经济社会转型(见图4)。

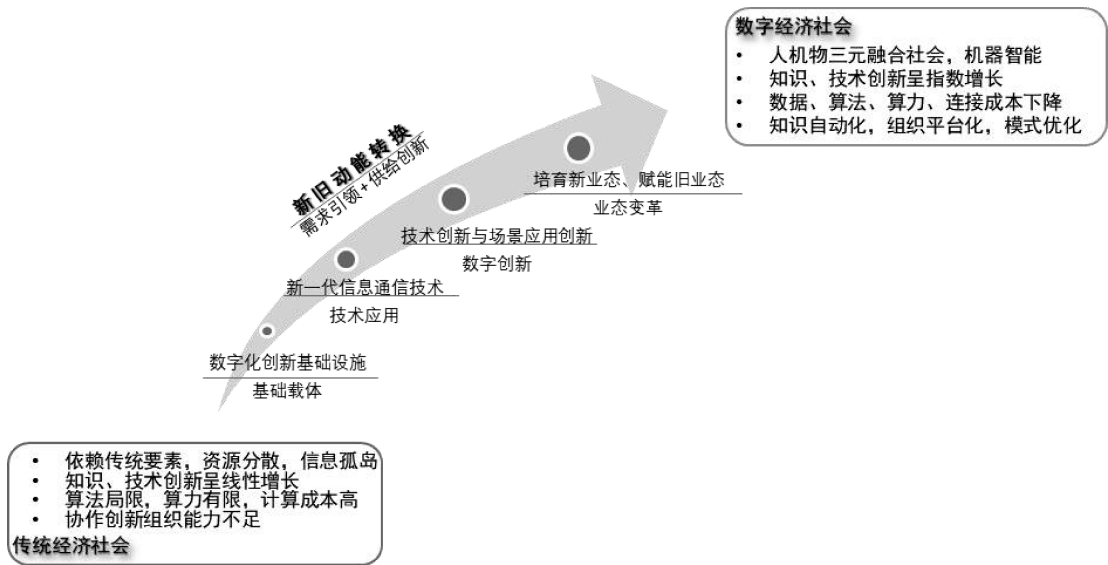


图4 数字创新推动传统经济社会向数字经济社会转型

(1)明确动力机制。高质量发展阶段必须以科技创新和产业创新作为基础动力。经济社会转型的供给侧是创新引领,需求侧是人民对美好生活的向往^[18]。在我国经济社会高质量发展新阶段,要以满足人民物质与精神需求为导向,以技术创新和应用创新为驱动力,不断推动全社会各领域的优化、改革与发展。

(2)转换发展动力。推动高质量发展,关键在于依靠科技创新转换发展动力^[19]。数字创新是数字经济社会循环体系的第一动力,以完善的数字化创新基础设施为载体,发挥技术变革、要素变革、产业变革功能,加速经济社会资源重组、结构重塑、格局重建。数字创新推动数据收集、处理、分析与传播技术不断升级,加快数据要素化进程。数据要素同传统要素交叉渗透,加速知识传递、资源流通、数实融合,破除数据孤岛、提升信息透明度,强化“需求导向、市场决定、政府协调”资源配置体系的同时,支撑产业转型升级与优化创新,保障消费、投资、出口结构的动态调整,催生新业态、赋能旧业态,实现新旧动能转换。

(3)全面高质量发展。技术进步是产业结构

升级的内在驱动力^[20],数字创新通过技术升级与场景应用实现数字产业化和产业数字化双向发展,推动农业、工业、服务业在生产、经营、流通、研发过程中的质量提升与效率优化,促进产业结构向高技术、高附加值、高端价值链重塑转型。在要素创新、重组,资源配置优化和产业结构全面升级转型的基础上,数字创新通过大数据、大算力、大网络、大模型的综合作用,推动人、机、物三元融合,促进知识、技术、应用创新与扩散的指数型增长,降低数据、算法、算力、连接成本,催生机器智能、产业智能、城市智能多元发展,不断畅通经济循环、提升社会效率、加快形成新质生产力,保障数字经济、数字社会、数字政府、数字文化、数字生态文明等建设。

(二)数智赋能—数智基础设施

新一代人工智能的技术突破为数字基础设施和数智赋能带来了新的内涵。数字赋能是指使用数字化工具对技能、能力进行提升^[21],强调数字化、智能化对组织能力获取或提升的重要作用^[22],AI技术突破下的数智赋能更加注重精准全面、动态协同、可持续目标下的智慧化发展^[23]。数智基

基础设施是指数字化、智能化基础设施^⑤,在城市智能基础设施^⑥的物联网特性的基础上,增加了基于人工智能的数据复杂处理及应用能力,通常包括新一代通信网络、新技术、存储及算力等基础设施。数智基础设施支撑下的智慧化发展,是未来城市所具备的关键特征,更是城市建设在数字赋能和传统数智赋能基础上的进一步优化升级。

为顺应国家发展需求,新基建不断向数字化、网络化、智能化发展布局,以支撑数据要素汇聚、处理、流通、应用、运营、安全保护全流程市场化配置,推动“万物智联”的信息网络体系和战略计算平台构建,充分发挥“数字化即服务”(DaaS)功能,进而加快人工智能、数字孪生、量子计算、边缘计算等高强度复杂技术的创新应用^[24-25]。作为城市发展的另一重要支撑,数智基础设施以层次化、体系化建设的算力基础设施及以基础理论、数据驱动的模式算法与软件为底座,赋能未来城市建设与运行,加快科技、经济、社会全领域场景的数智化转变,协同推进城市大脑建设,支撑城市向安全、绿色、普惠的数字化道路迈进。

1. 多层次、体系化算力基础设施保障数智赋能

算力基础设施是数智基础设施中智能化的核心部分,是城市高质量运转过程中,大数据要素处理、大模型算法运行及人工智能应用的关键支撑。算力是新科技革命和产业变革中的新兴基础能力^[26],数据要素价值发挥、前沿技术创新与产业现代化发展都离不开算力资源和算力基础设施的支持。国际数据公司 IDC 报告预测,2026 年中国大数据市场总规模为 365 亿美元^⑦,年数据量将从 2022 年的 23.88 ZB 增长至 2027 年的 76.6 ZB^⑧。随着大数据市场投资的日益扩大,数据量呈现爆发式增长、算法日趋复杂,数据处理需求呈现指数

级增长,对算力资源的需求不断攀升。大模型演化、测试与应用需要庞杂的数据和强大的算力,其成熟应用与市场化推广带动了生成式人工智能的爆发式增长,为经济发展和社会变革带来了新的机遇、新动力。基于“数据+算力+算法”支撑的人工智能技术^[27],通过技术创新、产品创新、服务模式创新和生态创新等方式,引领新一轮科技革命与产业变革,加快社会各领域数字化、智能化发展,具有强大的“头雁”效应^[28]。数据处理能力、算法创新水平和人工智能发展程度三者共同制约着数智赋能水平,未来城市的智慧能力建设对算力基础设施的层次化和体系化发展提出更高的要求。

坚持总量提升与布局优化相结合,多层次、体系化发展的算力基础设施能够为算力获取提供多样、高效、便捷的服务,支撑总体和区域经济蓬勃发展。报告显示,算力指数平均每提高 1 个点,数字经济和地区生产总值将分别增长 0.35% 和 0.18%^⑨。算力多样化、规模化需求,加快通用数据中心、智能计算中心、超算中心、边缘数据中心体系化建设,推动国家枢纽节点和数据中心集群城市的统筹协作与均衡布局,推进数网协同、数云协同、云边协同多层次发展。目前我国算力总规模位居全球第二,年均增速近 30%^⑩。在此基础上,算力布局已基本形成京津冀、长三角、粤港澳大湾区、成渝等核心区域协调发展,中西部地区协同补充发展的局面。此外,中小城市“云网强基”计划正加速落地实施,伴随“千城千兆”“千城千池”目标的逐步达成,算力设施多层次、体系化的发展布局将进一步优化,从而保障数智赋能。

2. 数智赋能加快城市大脑建设

城市大脑是互联网大脑与城市建设和运行结

⑤ 参见《魏际刚:建设全球领先的数智基础设施》, <https://www.drc.gov.cn/DocView.aspx?chnid=379&leafid=1338&docid=2907992>。

⑥ 参见《GB/T 44061-2024 智慧城市 城市运行指标体系 智能基础设施》, <https://std.samr.gov.cn>。

⑦ 参见《2023 年 V1 全球大数据支出指南》, <https://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=prCHC50557923>。

⑧ 参见《Global DataSphere 2023》, <https://www.idc.com>。

⑨ 参见《2021—2022 全球算力指数评估报告》, <https://www.igi.tsinghua.edu.cn/info/1019/1223.htm>。

⑩ 参见《中国算力发展指数白皮书(2023 年)》, <http://www.caict.ac.cn/english/research/whitepapers>。

合的产物,是大范围、大尺度、大规模的城市级类脑复杂智能巨系统^①,能够通过建立智能程序来弥补、补充甚至替代人类智能^[29]。我国城市大脑建设源于浙江杭州的治理实践,历经探索与发展,形成了以数字基础设施建设为基础,以物联网、云计算、边缘计算等技术为支持,连接起人与物内、外部各种数据资源,利用人工智能在城市治理不同领域内发挥决策辅助、决策执行等功能的综合性体系^[30-32]。

城市大脑作为一种类脑仿生技术架构,能够发挥感知、思维、反馈等核心功能,是城市智慧化发展的重要治理、服务、指挥中枢。随着社会信息化、数字化发展进程不断加快,海量数据的价值挖掘、数字孪生城市映射构建与模拟优化、城市治理的综合运行愈发依赖城市大脑的核心处理器功能。在移动互联网、大数据、超级计算、传感网、脑科学等新兴理论与技术的驱动下,以人工智能(AI)/通用人工智能(AGI)为代表的新一代数智成果,呈现出深度学习、人机协同、跨界融合、群智开放、自主操控、绿色低碳等显著特征,对经济、政务、文化、社会、生态文明及全球治理等领域产生重大而深远的影响^[33],也为城市大脑的功能优化与能力升级提供了技术支撑,进一步推动了城市治理体系的智能化与现代化转型。

随着人工智能技术持续取得突破性进展,其普适性显著增强,不仅推动场景驱动创新^[34]、AI for Research (AI4R)/ AI for Science (AI4S)^[35]等理念的实践落地,其应用场景也向多领域纵深拓展。在此背景下,数智赋能成为推动技术应用与城市治理深度融合的关键动力。城市大脑能够通过技术的场景化部署,分散深入到交通运行、政务处理、建筑规划、应急管理各个城市治理服务子领域,同时依托自身强大的功能集成实现资源统筹、生态保护等综合管理目标,兼顾生产、生活和治理的全局与细节,推动城市数字化、智慧化、高效化发展。

城市大脑的建设和完善离不开数智基础设施的支撑。一方面,城市大脑运转根植于数据要素收集、处理、计算等全周期管理,这就要求人与人、

人与物、物与物之间的数据生产、存储、传递、应用全过程畅通;另一方面,城市大脑智能管理与辅助决策功能的发挥依赖于人工智能技术的发展创新及其多领域交互渗透。数智基础设施以完善的大网络、大数据、大算力设施体系服务于数据感知、流转、使用以及大模型迭代创新,进而优化城市大脑数字神经网络、云反射弧、智能管理中枢、感觉神经等重要组件的建设与运行,推动人工智能与城市治理全场景深度融合,有效提升城市大脑的数字处理能力和智能管理水平。

(三)数字化绿色化协同转型发展

2015 年,党的十八届五中全会提出创新、协调、绿色、开放、共享的新发展理念。2023 年,全国生态环境保护大会强调“深化人工智能等数字技术应用,构建美丽中国数字化治理体系,建设绿色智慧的数字生态文明”^[36]。加快数字基础设施支撑下的新一代数字技术创新与融合应用同绿色化转型相结合,推动全产业高端化、数智化、绿色化发展,是保障我国经济社会高质量、可持续发展,提升全球竞争力的重要抓手。2024 年 8 月,《中共中央 国务院关于加快经济社会发展全面绿色转型的意见》指出,要从空间格局、产业结构、能源利用、交通运输、科技创新等多方面全面布局经济社会绿色转型,同未来城市绿色化、数字化发展方向高度契合,为城市现代化建设指明了方向(见图 5)。

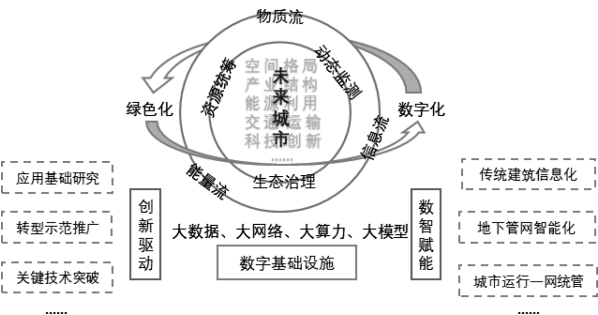


图 5 数字基础设施支撑绿色智慧城市

1. 双转型融合发展

可持续发展是社会生产力发展和科技进步的必然产物^[37],改革开放以来,我国先后在众多领域

① 参见《2023 CICC 城市大脑系列建设标准(8 项)汇编》,http://www. c2. org. cn/h-nd-959. html。

接连实现先进技术的重大突破,综合国力得以迅猛增强,同时在发展理念方面成功实现了从“资源换发展”“先发展后治理”向“人与自然和谐共生”“全面提升资源利用效率”的深刻转变。资源节约、环境友好、生态平衡的绿色化发展,旨在借助科技跨越发展、产业优化升级以及生产力整体跃升,全力构建循环经济体系、营造和谐稳定的社会环境。数字化绿色化双转型的深度融合,为我国新时期经济社会的可持续发展提供了新动能、开辟了新路径,有力推动着我国朝着更加绿色、高效、可持续的方向稳步迈进。

未来城市建设必须贯彻新发展理念,坚持发展成果由人民共享,将富起来、强起来和高质量、可持续发展融合起来,与经济社会数字化、绿色化协同转型发展的理念相契合。数字化转型加快数字科技、数字产业与经济社会深度融合,绿色化转型引导绿色科技、新发展理念渗透生产生活各领域,双转型融合为新质生产力发展指引方向,提供新动力与新工具,保障未来城市建设和经济社会高质量发展。数字化、绿色化协同转型以理念、技术、业态多模式创新为引领,强调政策、主体、资源协同,以双(多)边合作,切实推动产业、行业、地区、市场多层次双化协同转变发展^⑫。双转型融合发展框架涵盖政府、机构、企业三大主体,在基础能力、技术体系、产业体系布局的基础上,通过数字产业绿色低碳发展和数字科技企业创新双路径,推动关键领域和重点领域的绿色化转型。

建设高质量发展、高效能治理、高品质生活的现代化城市,要求数字化绿色化协同转型发展。以数字化赋能绿色化,以绿色化引领数字化,保护与发展并进,实现全领域双转型融合。人与自然和谐相处、可持续发展、污染防治攻坚、美丽中国建设等一系列国家重大部署,以满足人民美好生活需求为目标,在生产、生活、生态等领域全面贯彻绿色发展理念,加快推进绿色城市建设。数字化发展能够从要素、技术、产业层面作用于生产方式,从流通、消费、劳动方式作用于生活模式,从企业、政府等主体作用于治理模式,加快推进智慧城市建设。在数字创新和绿色创新融合作用下,加

快城市数字化与绿色化“双转型”步伐。

2. 绿色未来城市建设

未来城市的智慧化、韧性化发展离不开数字基础设施建设与发展的有力支撑。在此基础上,双化协同理念进一步推动了城市绿色化变革,与创新、智慧、安全等特征共同构建起宜居城市、人文城市的发展基础。智慧城市作为未来城市的具象化核心之一,其政策指导、理论研究和实践发展都取得了丰富的成果^[38],是国家新型城镇化的重要抓手^⑬。《数字化绿色化协同转型发展实施指南》《关于推动城乡建设绿色发展的意见》均提出以建设智慧城市、完善基础设施来推动绿色发展。数字基础设施和智慧城市双转型融合为绿色未来城市建设提供双重保障。

绿色智慧城市的建设是城市数字化绿色化协同转型发展的重要切入点,也是打造绿色未来城市的关键,亦离不开数字基础设施的创新驱动与数智赋能双支撑。数字基础设施创新驱动通过强化绿色低碳应用基础研究、加快领域关键技术突破、引领双转型示范推广,激发绿色科技颠覆式创新、破解数字化绿色化融合难题,不断实现创新环境优化、技术体系完善和双创活力提升,为绿色智慧城市建设提供不竭动力。数字基础设施数智赋能加快实现传统建筑设施信息化、地下管网智能化、城市运行一网统管等进程,增强城市能源使用、废气排放等绿色低碳转型重要领域的数据抓取、动态监测、完整映射、精准管理能力,支撑政府治理、服务从使用侧对城市各类资源统筹协调、智能分配,平衡经济发展与生态治理修护,实现智慧城市双化协同发展。

此外,数字化绿色化双转型协同离不开智能化技术的创新与应用,数字化推动智能化,智能化支撑绿色化。围绕数据采集、传输、存储等环节,智能传感器、移动通信网络、云数据库、存储芯片等数字基础设施的不断建设和发展,有力地支撑了海量数据的安全采集、大规模存储,加快城市的全面数字化转型。算力设施的大规模完善升级为智能化发展带来了新机遇。大数据、大网络、大算力、大模型为基础的智能进步,不断促进资源配

^⑫ 参见《数字化绿色化协同转型发展实施指南》, https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/202408/content_6970435.htm。

^⑬ 参见《依托智慧服务 共创新型智慧城市——2022 智慧城市白皮书》, <http://finance.people.com.cn/n1/2022/0524/c1004-32428393.html>。

置优化、提高能源转化效率^[39],提升生产制造、生活服务和公共治理水平,推动信息流、能量流、物质流在生产、流通与组合多层面的高效与节约,融合支撑绿色未来城市建设。

三、高质量建设未来城市数字基础设施

城市是新型工业化、现代化、数字化、绿色化、全球化的重要载体,拥有大量自然资源和社会资源,是文明生产和知识创新的中心。2024 年年末,我国城镇常住人口已达 9.44 亿人,常住人口城镇化率仍有继续增长的趋势,城市发展支撑我国科技、经济、社会发展的同时,占据了 85% 的碳排放^⑭。新基建能够为城市提供安全、可靠、普惠的公共服务,其完善的供给与全面的布局,对未来城市的经济、社会、生态全领域、高质量、可持续建设与发展有着重要的奠基作用。中国是基础设施建设大国,基础设施存量位居世界前列,但人均存量仅相当于发达国家的 20% ~ 30%^[40]。在此基础上,国内、国际科技、经济局势多变的复杂背景,同城镇化稳步提升的需求相结合,对未来城市的数字基础设施建设提出了更高的要求。前瞻布局、科学推进未来城市建设,要高质量建设数字化、绿色化、融合化的新型基础设施,要运用复杂系统思维、战略思维和生态思维,共建共享未来城市数字基础设施,推动场景创新和应用示范,让公共服务更智慧、更便利^[41]。

(一) 科学把握建设面临的需求与挑战

历经发展与实践,数字经济的强大活力与潜力的进一步释放被寄予厚望,数字技术与设备的社会化普及进一步加快了数字时代中国式现代化的建设步伐。《中华人民共和国国民经济和社会发展规划第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》《国家新型城镇化规划(2021—2035 年)》《深入实施以人为本的新型城镇化战略五年行动计划》等一系列文件始终强调以人为本的城市建设核心,这要求未来城市的数字基础设施建设应兼顾创新、智慧、共享、协调、联通、绿色等多维目标。

一方面,数字经济正朝着生产与消费两大领域深度的数字与实体经济融合方向加速转变,在此过程中,数据要素的赋能作用日益凸显,构建城

市数字化共性基础以及推动新型产城融合发展等趋势,对各类数字基础设施的完善程度以及全局贯通性提出了更为严苛的要求;另一方面,绿色化与智能化的未来城市作为数字中国在政治、文化、经济、社会以及生态文明建设方面的关键物质载体,其数字基础设施被赋予了重要使命,既要求保障城市实现精准精细的治理目标,通过实时、准确的数据采集与分析,为城市管理者提供科学决策依据,从而提升城市运行效率和公共服务水平;还需有力地支撑城市各领域之间的协同发展,打破部门和区域之间的信息壁垒,促进资源的优化配置与高效利用,实现可持续发展。

具体而言,第一,数据新要素的价值发挥以数据采集、传输、存储、应用全环节贯通为前提,要求如“云网强基”“千兆城市”等示范项目的全国性规范建设。第二,城市场景开放、超级智能城市数字孪生体等前沿探索暴露出算力生产力的严重不足。第三,未来城市创新、智慧、安全等相关技术的高速更新以及运营的复杂多样,对人才队伍构建培养和技术更新维护提出专业化需求。除此以外,国内国际信息网络化、规模化、体系化构建不足,要素价值标准化不统一、地区基础差异大以及数字安全漏洞等问题,对新型数字基础设施的顶层设计、完备布局,新基建与传统基建合理对接,全局、区域统筹协调发展等方面也带来诸多挑战。

(二) 统筹处理好 5 种基本关系

在数字技术更新、迭代加速发展的浪潮冲击下,经济、政治、人文多元融合发展,城市进程加速。高质量建设数字基础设施是推动各类问题解决,支撑城市稳步向前发展的关键所在。要在数字基础设施顶层规划、整体设计、投资建造、运营维护的全生命周期中充分发挥有为政府、有效市场、有序社会 3 种治理机制作用,统筹处理好五种基本关系,实现全要素、全链条、多部门协同。

(1) 稳中求进,充分发挥战略部署的稳定性与战术推进的灵活性,坚持谋定后动、奋发进取相统一,要以问题为导向、解“卡”疏“堵”,亦要面向未来、前瞻谋划,应对各类问题和挑战。

(2) 统筹共性与个性,既要充分发挥数字基础

⑭ 参见《中国城市双碳指数 2021—2022 研究报告》, https://www.ipe.org.cn/reports/report_21940.html。

设施对未来城市的全领域支撑基本功能,也要实事求是,结合城市群和城市功能定位、资源禀赋、技术条件等,因地制宜分级分类探索、满足差异化基础设施建设需求。

(3)内外联通,围绕构建新发展格局,更好统筹国内和国际数字基础设施建设,助推增强国内大循环内生动力和可靠性,维护全球产业链、供应链稳定畅通,提升国际循环质量和水平。

(4)坚持供需结合、全国一盘棋,适度扩大新基建投资规模,发挥好逆周期调节作用,处理好优化存量和优选增量的关系,通过高质量供给创造有效需求,避免快速扩张带来债务风险。

(5)坚持以新带旧、软硬融合,处理好新、旧基建项目的关系,更好发挥新基建的赋能、带动作用。既要加快新基建项目储备,以新基建带动传统基建,优化基础设施体系,在更高起点、更高层次支撑新型工业化、新型城镇化及数字化、绿色化转型,塑造新动能新优势;也要重视数字技术和传统设施融合协同发展,全面考虑基础设施体系的技术、产品、服务、运维、标准等多方面的安全及治理等需求,为经济社会数字化转型提供软硬件支撑。

(三)系统推进城市数字化绿色化双转型

人民城市人民建,人民城市为人民。未来城市建设与发展始终以人民美好生活需求为导向,遵循新发展理念、立足新发展格局,不断化解我国发展新阶段的供需矛盾。数字基础设施前瞻布局推进城市智慧化发展、数字化绿色化转型,是面向未来构筑城市竞争新优势的关键之举,也是推动城市治理体系和治理能力现代化的必然要求。城市发展要以不断完善的数字基础设施建设为关键抓手,以中国化、融合化、协同化、创新化为侧重点^[42],通过知识、技术迭代突破与扩散应用,推动城市数字化绿色化双转型。

数字基础设施发展服务于城市未来建设,应结合城市群或城市的区位优势及功能定位,以数字化创新基础设施和数智基础设施加快创新驱动、数智赋能,打造超级智能城市数字孪生体,优化基础设施与公共服务,确保城市韧性和安全,建设以人为本,美好、高效、和谐、可持续的未来城市与社会,保障人民充分共享智慧化、创新化、绿色化的科技福祉和人

文、安全、健康、宜居的美好生活。

具体的建设举措涵盖多个关键方面:一是建设高速泛在、天地一体、云网融合、智能敏捷、绿色低碳、安全可控的体系化智能化综合性城市数字基础设施,打造“大数据+大网络”多元泛在的数字化创新基础设施,支撑新技术新产品新场景大规模应用示范,建设广泛联接、互联互通、灵活高效的数字城市;二是建设面向重点区域和重点行业的 AI/AGI 基础设施和融合基础设施,打造“大算力+大模型”智能敏捷的数智基础设施,培育垂直行业应用场景和创新生态,建设全面感知、实时反馈、精准服务的智慧城市;三是统筹布局绿色智能的数据与算力基础设施,建设完善全国一体化大数据中心体系,加快国家绿色数据中心建设,以“大场景+大创新”支撑低碳绿色发展,交互实现集约建设、跨界共享、应用示范的绿色城市;四是健全数据安全治理体系,落实关键信息基础设施安全保护等制度要求,建立自主可信的数字基础设施建设技术和产业体系,确保网络安全技术措施与数字基础设施同步规划、同步建设、同步使用,通过“数据确权+区块链”构建安全可靠的数字基础设施体系,建设全面保障数据主权、数据产权、个人隐私的韧性城市。

参考文献:

- [1] 国务院发展研究中心课题组,马建堂,张军扩.充分发挥“超大规模性”优势推动我国经济实现从“超大”到“超强”的转变[J]. 管理世界,2020,36(1):1-7,44,229.
- [2] 尤济红. 发展阶段、政府职能与中国城市化进程:为何中国城市化长期滞后? [J]. 产业经济研究,2022(2):14-26,84.
- [3] 吴志强,韩婧,赵倩,等. 300 年未来城市方案:特征梳理与本质思考[J/OL]. 城市规划,1-9[2025-02-07]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.2378.tu.20240820.1756.006.html>.
- [4] 秦萧,甄峰,魏宗财. 未来城市研究范式探讨:数据驱动亦或人本驱动[J]. 地理科学,2019,39(1):31-40.
- [5] 刘士林. 未来城市的基本原理与中国经验[J]. 南京社会科学,2024(10):30-37.
- [6] 李辉,万劲波. 全球比拼布局未来科技与未来产业[N]. 光明日报,2024-02-08(14).
- [7] 尹西明,陈劲,林镇阳,等. 数字基础设施赋能区域创新发展的过程机制研究:基于城市数据湖的案例研究[J]. 科学与科学技术管理,2022,43(9):108-124.
- [8] 布和础鲁,陈玲. 数字时代的产业政策:以新型基础设施建设为例[J]. 中国科技论坛,2021(9):31-41.

- [9]胡仙芝,刘海军. 包容审慎监管:论新基建监管框架构建的过渡性和开放性[J]. 管理世界,2022,38(2):116-128,168.
- [10]李健旋,姚伟之. 数字基础设施投入对中国制造业绿色增长的影响:空间效应与机制分析[J]. 科学学与科学技术管理,2022,43(8):82-98.
- [11]中国社会科学工业经济研究所未来产业组. 中国新基建:未来布局与行动路线[M]. 北京:中信出版集团,2020:3.
- [12]林小莉,王德起. 智慧城市建设能促进绿色发展吗:基于“准自然实验”的证据[J]. 技术经济,2022,41(11):104-113.
- [13]潘教峰,万劲波. 构建现代化强国的十大新型基础设施[J]. 中国科学院院刊,2020,35(5):545-554.
- [14]朱启超,王姝. 日本“超智能社会”建设构想:内涵、挑战与影响[J]. 日本学刊,2018(2):60-86.
- [15]李海舰,赵丽. 数据成为生产要素:特征、机制与价值形态演进[J]. 上海经济研究,2021(8):48-59.
- [16]LI Ziyang, XIE Shasha, WEI Zhe. The impact of china's new infrastructure development on urban innovation quality-a quasi-natural experiment of smart city pilots[J]. Buildings, 2024, 14(2): 548.
- [17]蔡跃洲,马文君. 数据要素对高质量发展影响与数据流动制约[J]. 数量经济技术经济研究,2021,38(3):64-83.
- [18]金碚. 关于“高质量发展”的经济学研究[J]. 中国工业经济,2018(4):5-18.
- [19]万劲波. 以高水平科技自立自强助推高质量发展[N]. 人民日报,2023-05-10(9).
- [20]陈晓东. 数字经济影响产业结构演进的方向路径[N]. 经济日报,2021-05-21(6).
- [21]MAKINEN M. Digital empowerment as a process for enhancing citizens' participation[J]. E-learning, 2006, 3(3): 381-395.
- [22]单宇,许晖,周连喜,等. 数智赋能:危机情境下组织韧性如何形成:基于林清轩转危为机的探索性案例研究[J]. 管理世界,2021,37(3):84-104.
- [23]王秉,史志勇,王渊洁. 何为数智赋能:概念溯源与解构[J]. 情报资料工作,2024,45(5):13-21.
- [24]LI Deren, CAO Jianjun, YAO Yuan. Big data in smart cities[J]. Science China information sciences, 2015, 58(10): 1-12.
- [25]SERRANO W. Digital systems in smart city and infrastructure: digital as a service[J]. Smart cities, 2018, 1(1): 134-154.
- [26]李平,邓洲,张艳芳. 新科技革命和产业变革下全球算力竞争格局及中国对策[J]. 经济纵横,2021(4):33-42.
- [27]戚聿东,刘欢欢. 数字经济下数据的生产要素属性及其市场化配置机制研究[J]. 经济纵横,2020(11):63-76.
- [28]万劲波. 激发通用人工智能“头雁”活力[N]. 光明日报,2023-09-14(16).
- [29]李文钊. 数字界面视角下超大城市治理数字化转型原理:以城市大脑为例[J]. 电子政务,2021(3):2-16.
- [30]梁正. 城市大脑:运作机制、治理效能与优化路径[J]. 人民论坛·学术前沿,2021(9):58-65.
- [31]XU Ying, CUGURULLO F, ZHANG Heming, et al. The emergence of artificial intelligence in anticipatory urban governance: multi-scalar evidence of china's transition to city brains[J/OL]. Journal of urban technology. 1-25 [2025-02-07]. <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/10630732.2023.2292823>.
- [32]FENG Liu, LIU Fangyao, SHI Yong. City brain, a new architecture of smart city based on the internet brain[C]//2018 IEEE 22nd International Conference on Computer Supported Cooperative Work in Design (CSCWD). Nanjing: IEEE, 2018: 624-629.
- [33]President's committee of advisors on science and technology. Supercharging research: harnessing artificial intelligence to meet global challenges [EB/OL]. (2024-04-29)[2024-12-20]. <https://www.whitehouse.gov/peast/briefing-room/2024/04/29/peast-releases-report-on-supercharging-research-harnessing-artificial-intelligence-to-meet-global-challenges>.
- [34]尹西明,武沛琦,钱雅婷,等. 场景驱动型数智技术创新赋能新质生产力:理论逻辑与实践进路[J]. 中国软科学,2024(10):18-31.
- [35]李国杰. 智能化科研(AI4R):第五科研范式[J]. 中国科学院院刊,2024,39(1):1-9.
- [36]陈加友. 加快推进绿色智慧的数字生态文明建设[N]. 光明日报,2023-09-28(6).
- [37]中国国际发展知识中心. 开辟崭新的可持续发展之路的科学指引[N]. 人民日报,2021-11-16(9).
- [38]马国洋,丁超帆,胡锴溥. 智慧城市发展的制度化保障路径[J]. 城市发展研究,2023,30(9):1-4.
- [39]邬彩霞,高媛. 数字经济驱动低碳产业发展的机制与效应研究[J]. 贵州社会科学,2020(11):155-161.
- [40]黄群慧. 论构建新发展格局的有效投资[J]. 中共中央党校(国家行政学院)学报,2021,25(3):54-63.
- [41]潘教峰等. 筑“基”未来:新型基础设施赋能新发展[M]. 北京:科学出版社,2021:120-131.
- [42]唐斯斯,张延强,单志广,等. 我国新型智慧城市发展现状、形势与政策建议[J]. 电子政务,2021(4):70-80.

(本文责编:润 泽)