

许吉黎, 叶玉瑶, 郭杰, 等. 国内外地理学视角下数字基础设施的研究进展与展望 [J]. 地理科学, 2024, 44(4): 586-597. [Xu Jili, Ye Yuyao, Guo Jie et al. Research progress and prospects of digital infrastructure from a geographical perspective in China and abroad. Scientia Geographica Sinica, 2024, 44(4): 586-597.] doi: 10.13249/j.cnki.sgs.20230565

国内外地理学视角下数字基础设施的研究进展与展望

许吉黎¹, 叶玉瑶¹, 郭杰¹, 许险峰², 袁振杰³

(1. 广东省科学院广州地理研究所/广东省遥感与地理信息系统应用重点实验室, 广东 广州 510070;

2. 广州市城市规划勘测设计研究院, 广东 广州 510060; 3. 广州大学地理科学与遥感学院/

华南人文地理与城市发展研究中心, 广东 广州 510006)

摘要: 本文利用文献计量方法回顾并对比了国内外地理学视角下数字基础设施的研究进展。研究发现: ①国外研究起步早、进展快、主题多, 持续深入拓展, 国内研究尽管起步相对较晚, 但 2019 年以来在经济管理学者主导下呈爆发性增长态势; ②国外研究基于批判性视角和需求端, 重点关注数字鸿沟、社会-空间不平等和弱势地区的数字化转型, 国内研究强调功能性视角和供给端, 聚焦数字基础设施赋能区域数字经济发展和互联互通。总体而言, 新一轮数字技术革命、信息社会公平公正和国家战略需求从供需两端推动数字基础设施研究兴起, 国内外研究议题相近但研究重点、视角和导向相异。展望未来, 建议: ①平衡供给和需求端的中国数字基础设施地理学研究, 强化研究成果的联动性和系统性; ②将数字基础设施融入地理学既有理论框架, 推进学科知识生产和理论建设; ③充分挖掘地理学综合性优势, 引领数字基础设施的跨学科交叉研究。

关键词: 数字基础设施; 新型基础设施; 数字鸿沟; 数字经济; 智慧城市

中图分类号: K902; F129.9; F283 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-0690(2024)04-0586-12

近年来, 5G、人工智能、大数据、物联网等新一轮数字技术创新与实体经济加速融合^[1-3], 推动了基础设施的升级迭代, 衍生的数字基础设施成为现代化基础设施体系的重要组成, 进一步释放了数字经济发展活力^[4-6]。

数字基础设施概念起源于 21 世纪初的工程技术领域, 指由传感器、执行器、有线和无线通信网以及支持民用的计算机系统组成的互联网络^[7-8]。既包括基于新一代信息技术衍生的物理基础设施, 也包括用于居民购物、出行、娱乐和政务服务的各类数字平台, 以及经过数字化、智能化改造的传统基础设施^[9-10]。数字经济时代, 数字基础设施的概念内涵进一步延展, 指由第五代固网(F5G)、5G、人工智能、工业互联网和物联网等交叉融合而成的新型基础设施^[11]。学界对数字基础设施的概念界定大多集中于可量化测度的研究对象, 例如网络基础设施(宽带网络)、电信基础设施(5G 基站)和数据基础设施(大数据中心)等^[12-14]。

实践层面, 数字基础设施建设已成为美国、英国和欧洲各国等发达国家优先布局的重点领域。近年来, 中国已建成规模、技术、性能处于世界前列的数字基础设施, 《“十四五”国家信息化规划》《“十四五”数字经济发展规划》和《数字中国建设整体布局规划》均强调建设泛在智联的数字基础设施体系, 从数字产业化、产业数字化、数字新基建 3 条主线建设数字中国^[4-5, 13]。

理论层面, 数字基础设施受到国内外工程学、经济学、管理学、社会学和地理学等多学科广泛关

收稿日期: 2023-06-20; 修订日期: 2023-12-11

基金项目: 国家社会科学基金重大项目(21&ZD107)资助。[Foundation: Major Program of National Social Science Foundation of China (21&ZD107).]

作者简介: 许吉黎(1989—), 男, 安徽宣城人, 博士, 助理研究员, 主要从事经济地理和城市地理研究。E-mail: cttxsxujili@hotmail.com

通信作者: 袁振杰。E-mail: zjyuan@gzhu.edu.cn

注^[5-7,11-13]。不同于其他学科,地理学在数字基础设施研究中更加凸显综合性、区域性和空间性,关注其空间布局、区域分异以及与社会经济要素的空间相互作用等^[4,9-10,13]。但由于数字基础设施研究的跨学科特征和爆发式兴起态势,其地理学视角下研究进展的回顾和展望仍显薄弱,具体表现在:① 地理学研究的主线及重点领域缺乏凝练;② 国内外研究进展对比不足;③ 地理学与其他学科在数字基础设施研究上有何异同性、学科的独特贡献以及未来进一步深入的方向尚不清晰。鉴此,本研究在梳理国内外地理学视角下数字基础设施的研究进展,基于文献计量刻画整体发展趋势,分别综述国内外不同议题的研究内容,在对比国内外研究进展的基础上,结合现有研究不足和国家战略需求展望研究方向。

1 文献计量分析

1.1 数据来源

借助 CiteSpace, 对 Web of Science 和中国知网有关地理学视角下数字基础设施研究文献展开计量分析。国外文献数据库源于 Web of Science 核心合集^①, 以 digital infrastructure 为主题词, 学科领域限定地理学(geography)和城市研究(urban studies), 时间范围为 2002—2022 年, 共检索文献 290 篇。国内文献数据库源于中国知网^②, 以数字基础设施为主题词, 学科领域限定国内地理学者和地理学期刊主要涉及的地理、经济体制改革和宏观经济管理与可持续发展, 时间范围为 2002—2022 年, 共检索文献 919 篇。基于以上 1 209 篇地理学领域中英文核心期刊文献构建数据库, 开展文献计量分析以揭示国内外地理学视角下数字基础设施的研究动态。

1.2 结果分析

20 a 来, 地理学视角下国内外数字基础设施研究持续推进, 英文文献数量由每年 1~3 篇跃升至 50~60 篇, 中文文献数量由每年 10~20 篇增长至 220~260 篇, 尤其 2019 年以来中文文献数量呈爆发式增长, 数字基础设施成为国内外地理学备受关注的新兴研究对象。

英文文献出现频率最高的关键词包括城市(city)、智慧城市(smart city)、政治(politics)、地理(geography)、大数据(big data)和数字鸿沟(digital

divide)。基于关键词之间的关联性将其划分为 11 个聚类集, 包括空间数据基础设施(spatial data infrastructures)、实证分析(empirical analysis)、数字鸿沟(digital divide)、智慧城市(smart city)、参与(participation)、信息(information)、气候变化(climate change)、公共健康(public health)、图像分析(image analysis)、城市规划(urban planning)和城市环境(urban environment)。从关键词聚类时间线上, 早期研究关注互联网(internet)、信息(information)和政策(policy), 2000 年代中期, 数字鸿沟(digital divide)、地理(geography)和政治(politics)成为热点, 2010 年代中期以后转向大数据(big data)、智慧城市(smart city)和技术(technology)等。美国、英国、澳大利亚、德国、荷兰和意大利等发达国家学者占据主导, 中国学者起步较晚, 首发年份为 2019 年, 但此后研究成果增长迅猛。

中文文献出现频率最高的关键词包括数字经济、数字城市、智慧城市、人工智能、实体经济、数字鸿沟和新基建。20 个聚类集分别是数字经济、智慧城市、数字北京、数字孪生、数字城市、信息化、数字鸿沟、人工智能、建设、实体经济、中介效应、新基建、电子政务、创新、县域经济、共同富裕、产业结构、数字治理、沿线国家和数字时代。“数字经济”始终是中文文献关注的核心议题, 早期关注数字城市和数字鸿沟, 2010 年开始关注智慧城市, 近年来, 人工智能、“一带一路”和新基建成为研究热点。发文机构以经济管理学院为主, 仅有少数地理学研究机构发文量超过 3 篇。

基于文献计量结果, 发现国内外地理学视角下数字基础设施研究的关键词分布、聚类特征和演变趋势存在明显差异, 英文文献主要关注数字鸿沟和智慧城市治理, 聚焦数字基础设施建设带来的社会不平等效应及管治应对, 而中文文献主要关注数字经济、实体经济和新基建, 强调数字基础设施建设赋能区域经济转型和支撑国家重大战略的贯彻落实。并且, 国内相比国外研究起步较晚, 2019 年以后才进入快速发展期。因此, 旨在更加充分鲜明地对比国内外研究进展、明确中国地理学科深化数字基础设施研究的潜力方向, 本研究分别从国外和国内研究进展两条主线展开, 根据研究议题在国内外受关

① <https://www.webofscience.com/> [2022-12-10]

② <https://www.cnki.net/> [2022-12-10]

注程度由高到低的顺序谋篇布局。

2 国外研究进展

2.1 社会-空间公平挑战:数字鸿沟及社会-空间不平等

因数字基础设施建设布局而加剧的数字鸿沟以及社会-空间不平等是国外研究首要关注议题。早期研究发现宽带技术应用和数字基础设施布局及可达性的空间分异产生了地理空间不平等,驳斥“地理空间摩擦将随信息和互联网技术发展而消亡”等论断^[15]。西方发达国家数字基础设施的区位布局遵循市场经济逻辑,从建设成本和收益回报的经济理性角度,形成人口、经济、科技和市场集聚驱动下的空间非均衡性,不可移植的区域资产对数字基础设施空间分布产生重要影响^[16]。同时,不同社会群体对互联网技术和数字基础设施的使用呈现社会空间不平等。城市中心区居民和企业使用数字基础设施的可达性明显优于城市郊区和乡村地区^[17-18],居民家庭的受教育程度、收入水平、职业专业化和快生活节奏,以及商业企业的资金规模、人力资本和所属行业等因素显著影响数字基础设施可达性^[19-20]。

2010年代中期以来,伴随移动互联网、5G、大数据、云计算、物联网等新一轮数字技术革命的加速演进,推动了数字平台、5G基站、大数据中心、人工智能、区块链、超级计算中心等新型数字基础设施的升级迭代,研究议题逐步拓展至数字鸿沟更加多样化的表现形式及其社会-空间后果。在数据体量增长、流动性增强趋势下,研究日益关注新一轮数字技术创新、资本持续投入和既有数字通达性对新型数字基础设施空间布局的影响^[21-22]。2020年初爆发的新冠疫情进一步加速了发达国家对新型数字基础设施的建设,相关研究尝试总结其与传统数字基础设施在硬件(固定资产、物理形态)和软件(知识产权、技术特性、数据需求)属性上的差异,及其造就的独特区位布局模式^[23-24]。研究表明,数字基础设施的新一轮建设布局存在空间范围拓展和空间不平等程度加剧之态势,在西方资本主义国家市场经济主导逻辑下表现路径依赖和自我强化等特点。宽带速率、数字平台使用、数字社会排斥和智慧鸿沟等一系列新现象、新指标用于表征数字基础设施可达性^[25]。尽管数字基础设施的布局日趋完善,数字平台广泛渗透居民的社会经济生活,但是不同地区、不同社会群体使用宽带的速率和数字平台的程度仍

然存在差异,数字连通性的提升以及数字基础设施的迭代甚至加深了数字鸿沟^[26],如美国、英国和澳大利亚等国家偏远地区的居民生活和企业商业活动往往被排斥于主流数字社会之外^[27-28],数字鸿沟和交通可达性的不均衡呈现相关性,在虚拟和现实世界中均表现低可达性的区域及社会群体更容易遭受贫困、身心健康和社会隔离问题^[29-30]。

2.2 弱势区域/群体数字化需求:弱势区域/群体应对数字化转型的挑战与路径

乡村和偏远地区相对城市化地区具有更低水平的数字基础设施布局和可达性,作为数字鸿沟下的弱势区域,其应对数字化转型的挑战和机遇备受关注。21世纪初, Malecki 指出大部分美国乡村地区面临数字基础设施布局的匮乏,少数乡村地区可能借助人口回流、数字经济创业以及对互联网、电子商务的需求拉动数字化转型,但是大部分乡村地区仍然长期面临数字化转型困境^[31]。研究发现,推动乡村地区数字化转型无法纯粹依靠投资建设数字基础设施,而是需要自下而上、内生性地在乡村地区培育适宜数字化转型的土壤,包括强化人力资本、促进数字技术融入日常生活和商业活动,进而构建对数字基础设施建设的集体需求^[32-33]。

近年来,弱势地区数字化转型的议题日益丰富,涵盖数字社会下的乡村韧性、弱势社会群体对数字技术的使用、数字平台的乡村主义以及构建乡村数字化转型路径等。数字社会下的乡村韧性研究基于乡村宽带安装及使用状况进一步丰富了区域韧性的内涵,强调构建地方化、响应式的方法探讨数字社会对乡村的包容性^[34-35]。乡村地区对数字技术的应用开始超越传统数字鸿沟的城乡二分法,进一步细分到乡村地区内部不同社会群体,包括不同年龄、性别、收入、受教育水平人群对数字技术和数字基础设施的使用状况、需求及动机等^[36-37]。平台乡村主义(platform ruralism),相对于平台城市主义,关注数字基础设施的平台化和数字平台的基础设施化如何拓展至乡村地区以实现“技术-空间修复”,揭示乡村数字平台有助于推动乡村居民成为数字基础设施的使用者,并且重构地方社会经济网络^[38]。研究提出了推动乡村数字化转型的多样化路径,包括德国乡村“隐形冠军”企业发挥地方责任和地方领导力以弥补公共资源不足^[39]、英国乡村基于地方集体参与和社区组织的宽带建设倡议以寻求数字化解决方案^[40]、澳大利亚乡村强化居民社会资本和社会

网络的包容性以提高其对数字技术和数字基础设施的使用能力等^[36]。

2.3 城市数字化转型: 智慧城市建设与数字治理转型

2010 年代以来, 国外研究日益关注数字基础设施对城市发展的影响, 智慧城市建设和治理成为热点议题。智慧城市倡议旨在应对全球生态环境变化和新一轮城市数字技术创新, 形成更加和谐包容的社会、技术与环境间关系。研究认为需要扩张数字技术、网络和服务的市场规模以支持城市绿色发展, 包括数字技术企业的产品供给、居民作为服务消费者的参与以及政府对智慧城市系统的管治等, 多元行为主体间互相协调以克服“集体行动困境”^[41-42]。智慧城市主义(smart urbanism)被定义为对未来城市、新技术和新型数字基础设施相互融合的形象, 研究有赖于多学科方法论的介入, 关注技术解决方案之外的政治、经济和社会空间过程, 以理解具有地理情境性的智慧城市主义表现形式、动力和效应^[43]。

在智慧城市主义和智慧城市建设框架下, 一部分研究从宏观视角分析了智慧城市的主要特征、比较不同国家智慧城市倡议和规划的异同性^[44-45]。另一部分研究从微观视角聚焦美国奥斯汀、澳大利亚布里斯班和新加坡等具体的智慧城市规划建设项目, 分析其社会—技术转型过程、问题、动力、多元行为主体互动以及对城市治理、物质和虚拟空间、绿色转型等方面的影响^[46-47]。例如, 关注智慧城市中市民社会的智慧化转型, 涵盖数字平台资本主义、平台社会、平台监管和平台城市主义对居民日常行为空间以及参与式社会活动的影响^[48], 对居民日常行为产生数据的公共治理^[49], 不同政治取向居民采用差异化的数据和技术使用方式进而形塑城市生活方式^[50], 呼吁构建以市民社会为中心、集体参与治理下的智慧城市建设路径等^[51]。

2.4 经济赋能效应: 数字基础设施与区域经济发展

数字基础设施作为区域经济发展新动能, 涉及企业、产业和区域不同层面的发展效应。企业层面, 数字基础设施有助于吸引高科技企业跨国投资^[52]、激励数字技术企业创新创业^[53]和推动高科技企业规模壮大^[14]。产业层面, 数字基础设施能够推动数字经济市场建设, 例如泛欧洲数字基础设施建设项目致力于形成地理空间数据的统一标准、克服不同制度和社会环境对构建数字经济统一大市场的阻碍^[54], 东欧和西欧国家应对数字城市挑战而构建的

数字平台和数字生态系统借助完善本地数字基础设施而扩大数字服务市场^[55]。数字基础设施驱动的产业数字化转型关注数字平台的基础设施化, 以及作为强有力的中介作用者推动产业组织的数字化转型, 广泛嵌入于供应、生产、流通和消费各个环节^[56-57]。区域层面, 数字基础设施构建的赛博空间重塑了城市区域之间的“流空间”, 丰富了城市网络的联结载体, 研究刻画了数字城市网络的特征, 对比其与传统基础设施搭建的交通网络、社会网络、企业网络之间的差异^[58-59]。尽管数字基础设施降低了网络联系门槛, 但是地理距离仍然发挥重要影响, 并且不同国家的数字城市网络结构嵌入于各国特定的数字经济制度环境。产业数字化转型对于提升区域生产率、强化科技创新能力、扩张住房市场金融资产以及完善区域创业生态系统和平台生态系统的积极效应得到论证^[2,60-61]。

3 国内研究进展

3.1 经济赋能效应: 数字基础设施与区域数字经济发展

2019 年以来, 数字经济作为重要的国家战略, 数字基础设施赋能区域数字经济发展研究经历了爆发式增长。相关研究关注数字基础设施的空间布局 and 影响因素。张佩认为, 数字基础设施空间布局上表现为经济发达地区和领先城市群倾向, 东部地区高于中部、东北和西部地区, 整体发展水平逐年提升, 省域间差距不断缩小, 重心向西南方向移动^[10]。王姣娥等将中国大数据中心的布局模式总结为: 需求导向型、成本导向型和需求—成本—运营环境综合导向型^[13]。中国数字基础设施空间布局的影响因素涵盖区域经济发展水平、金融发展水平、科技创新基础、信息化程度、数字产业集聚、人力成本、科教资源、城镇化进程、人口规模、战略性新兴产业空间集聚等^[9-10,13]。

数字基础设施赋能中国区域数字经济发展的特征、动力和效应也受到广泛关注。首先, 中国区域数字经济发展水平和经济发达程度呈现关联性, 由东南沿海向中西部地区递减, 东南沿海、中部地区、东北地区和西部地区四大板块之间的空间分异明显, 京津冀、长三角和粤港澳大湾区等国家级城市群引领国内数字经济发展^[1,3,10]。然而, 随着近年来“东数西算”和国家算力体系“一盘棋”建设, 新发展格局下不同板块之间数字经济发展水平差异呈缩

小趋势,数字经济驱动区域协调发展得以推进^[3,62]。中国区域数字经济发展水平的影响因素主要包括数字基础设施建设(互联网宽带接入数、移动电话用户数、电信业务收入等)、算力基础、信息与通讯技术、实体经济数字化转型、数字人力资本、政府数字治理与服务能力、对外开放程度和城镇化水平等^[63-64]。数字经济赋能区域经济发展的效应体现于产业数字化即传统产业的数字化转型、数字产业化即数字产业的空间涌现^[9],进而推动了区域产业资源配置及生产效率提升^[65]、区域创新能力和创业活跃度强化^[66-67]、绿色低碳发展^[68]、城乡融合发展^[69-70]、区域产业布局优化等^[71]。

3.2 区域联通效应:数字基础设施与区域互联互通

区域协调发展和“一带一路”倡议作为国家战略,数字基础设施建设发挥重要支撑。首先,依托数字基础设施建设纵深区域一体化受到广泛关注。数字基础设施的跨区域布局有助于加速区域间要素流动、提升资源配置效率、深化区域间优势互补,通过数据格式和数字技术标准等方面的对接,降低地理距离和行政边界对区域一体化发展的阻隔效应^[71]。国家层面“东数西算”和“算力一盘棋”统筹战略,成为新时期依托数字基础设施跨区域布局以加深区域互联互通的关键抓手。数字基础设施预期成为解决当前中国区域不平衡不充分发展的重要载体,有利于消除地方市场分割以促进市场一体化、赋能政府以提升区域治理能力、基于大数据、万物互联以提高政府、企业、居民等多元行为主体的信息交换效率和利益协调能力,但同时需注重其在数据、技术和物理联通之外的运行机制一体化,包括制度标准衔接和数字解决方案共建共商共享等^[72-73]。

围绕数字基础设施推进“一带一路”信息化建设的研究内容包括“数字一带一路”进展、挑战及对策等评述和中国对“一带一路”沿线国家数字经济投资等实证工作。前者包括对“数字一带一路”整体进展和中国与沿线国家共建“数字一带一路”的思考。“数字一带一路”当前面临来自合作基础、合作机制、合作动能和合作环境的四重挑战,除数字经济鸿沟之外,还存在网络安全威胁、战略互信不足、规则制定欠缺、金融支持乏力、无序竞争和地缘政治争端等问题^[6,74]。应对策略包括:国家层面顶层设计的强化^[74]、跨境数字基础设施互联互通^[75]、信息技术企业对外投资^[76]、强化跨境物流和跨境电子商务合作^[77]、完善跨境数字经济治理机制等^[78]。另一方

面,“数字一带一路”实证研究主要集中于对沿线国家数字经济发展水平的测度和中国对外直接投资的特征及影响因素。“一带一路”沿线国家数字经济发展水平存在显著差异,欧洲国家区域的平均水平高于亚洲国家区域,中国对外数字经济投资呈现领先地位偏好^[79]。东道国市场规模、劳动力素质、贸易和投资开放度、数字基础设施建设、制度和创新环境是影响中国数字经济对外投资区位选择的核心因素^[80]。

3.3 城市数字化转型:数字城市、智慧城市建设和治理

1997年“数字地球”概念提出后,国内地理学开始关注数字城市的概念内涵、关键技术、规划建设、发展对策,以及数字城市对城市可持续发展、人居环境、数字化新区和空间组织的影响。数字城市指依托计算机技术、多媒体技术和大规模存储技术,以宽带网络为纽带,运用3S技术、遥测、仿真模拟对城市进行多分辨率、多尺度、多时空和多类型的三维描述,构建城市综合管理与决策支持系统^[81]。支撑数字城市的关键技术包括三维城市模型、GIS系统集成、虚拟现实技术和城市信息系统集成等^[82]。数字城市在信息共享、技术集成和综合决策方面能够满足城市可持续发展需求,受益于运用信息技术发展城市人居环境科学的综合评价体系和研究方法^[83],完善数据采集、更新、共享、安全和交流的标准化机制^[84],充分结合政府监督管理和市场经济机制^[85],重塑城市经济空间组织方式以形成硬要素城市数字基础设施和软要素城市创新环境的协调共生^[86]。

智慧城市的概念内涵、研究转向和规划建设受到广泛关注。城市信息化经历了数字城市和信息城市阶段,目前正迈向智慧城市^[87]。智慧城市被定义为“通过广泛采用物联网、云计算、人工智能、数据挖掘、知识管理等技术,提高城市规划、建设、管理、服务的智能化水平,使城市运转更高效、便捷和低碳。“智慧城市需求”以地方现实为基础、以社会需求为导向”的智慧化转型,需求从人本主义视角纵深智慧城市建设的社会-技术互动研究^[88]。数字基础设施属于智慧城市规划和建设的中坚力量,供给方由政府单一主体转向政府、企业和居民等多元主体,依托全过程的数据化编制,持续积累和应用数据资产^[89]。数字基础设施的规划编制以新时期基础设施供给侧结构性改革为目标,强调传统基础设施的数字化、绿色化转型与数字基础设施网络化协同融合并重,凸显对城市技术迭代、产业创新和空间

宜居的积极作用^[90]。

3.4 社会-空间公平挑战: 数字鸿沟、区域差异与城乡差异

国内研究从中国区域差异和城乡差异的角度审视数字基础设施所引致的数字鸿沟问题。胡鞍钢等最早提出发展中国家应对全球数字鸿沟持续扩大的策略, 包括实行新的国家治理方式、更好利用信息技术向信息社会跨越式发展、努力缩小与“信息富国”的信息获取能力差距等^[91]。中国区域间数字鸿沟主要关注西部欠发达地区的应对策略和中国区域经济增长收敛, 国家“西部大开发”战略在应对数字鸿沟挑战时应发挥政府优先推进信息化建设的龙头作用、充分利用信息技术加速西部基础设施建设和生态旅游产业发展、更好发挥西部区位优势以发展国际贸易^[92-93]。过去几十年, 数字经济发展有效促进了中国区域经济增长收敛, 对于欠发达地区跨越式发展的意义重大^[94]。

数字鸿沟与中国城乡差异研究主要涵盖数字技术和数字经济对城乡居民收入差距的影响, 以及推动城乡融合的新发展路径。数字技术和数字经济对中国城乡居民收入差距的影响呈现“先下降后上升”的“U型”趋势, 具有一定的滞后效应, 并且因区域布局、城市规模和人力资本变化而变化, 对缩小东部经济发达地区、大规模城市和人力资本富集区域的城乡差距更加有效^[95-96]。数字经济助力城乡融合的新发展路径包括城乡数字基础设施的互联互通和共建共享、数字化驱动乡村制度改革、完善乡村数字化治理机制、有效利用数字技术赋能乡村生产力以及深化数字基础设施在乡村公共教育、医疗卫生和居民养老方面的应用等^[69-70]。

4 国内外研究比较

4.1 相似性特征: 供给和需求两端推动国内外数字基础设施研究兴起

国内外数字基础设施研究进展受供需两端推动, 供给端受益于大数据、人工智能和物联网等新一轮数字技术革新, 基于技术创新推动了基础设施的升级迭代, 日益渗透人类社会经济生活, 赋能产业创新、区域发展动力重构和智慧城市建设和需求端体现在数字基础设施建设造成的城乡差异和区域差异扩大、不同社会群体对数字基础设施可达性的社会-空间不平等加剧等挑战。数字基础设施建设在政府引导和市场机制作用下呈现非均衡空间分布,

数字鸿沟主要体现在城乡之间、发达和欠发达地区之间, 以及不同收入水平、受教育程度、年龄等社会群体之间, 促使相关研究关注乡村等弱势区域的数字化转型及数字经济发展问题。同时, 国家战略导向下数字基础设施的规划、建设和布局对于提升国家竞争力、促进区域经济新动能培育、纵深区域一体化等方面展现重要价值, 从现实需求层面牵引数字基础设施研究进展。

4.2 差异性特征: 研究重点、研究视角和研究导向差异

国内外地理学视角下数字基础设施的研究进展既存在研究议题的相似性, 也存在研究重点、视角和导向的差异性。国外研究表现为“起步早、内容持续深入、议题多元化拓展、需求端批判性视角和理论导向”, 国内研究则是“起步相对较晚、爆发式增长、议题选择性聚焦、供给端功能性视角和应用导向”。

4.2.1 研究重点差异: 数字鸿沟和数字赋能

研究议题上, 国内外研究均涉及数字鸿沟及社会-空间不平等、数字基础设施赋能区域经济发展以及智慧城市建设和治理等。研究重点上, 国外研究更侧重于数字鸿沟所造成的社会-空间不平等、弱势区域的数字化转型现状、因素及路径, 以及面向社会公平公正的智慧城市建设和治理等, 国内研究则更多墨于数字基础设施赋能区域数字经济发展、区域互联互通以及数字和智慧城市规划、建设和运营等(表1)。

4.2.2 研究视角差异: 需求端批判性视角和供给端功能性视角

研究视角上, 国外研究更多从个体行动者(居民、企业、政府等)、社会群体和不同类型区域应对数字基础设施布局和可达性的需求出发, 批判性地审视数字基础设施建设和布局可能带来的社会、经济、空间挑战, 尝试缝合动态演变甚至不断加剧的数字鸿沟, 国内研究则主要关注数字基础设施作为新兴人文经济地理现象的供给, 从发挥和强化其功能的角度论证其空间布局、影响因素、赋能区域社会经济发展和贯彻落实国家战略的效应。

4.2.3 研究导向差异: 知识生产的理论导向和服务现实的应用导向

研究导向上, 国外研究更多面向数字基础设施地理学的知识生产, 旨在强化数字基础设施对于地理学的理论贡献, 包括其呈现的新型空间逻辑、要

表 1 国内外地理学视角下数字基础设施的研究重点对比

Table 1 Focuses of digital infrastructure from a geographical perspective in China and abroad

国外研究进展		国内研究进展	
研究重点排序	研究内容	研究重点排序	研究内容
1. 社会-空间公平挑战: 数字鸿沟及社会-空间不平等	①数字技术应用及数字基础设施可达性的空间分异; ②不同社会群体使用数字技术及数字基础设施的社会-空间分异; ③数字基础设施的迭代及空间演化; ④数字鸿沟的多样化表征及社会-空间排斥	1. 经济赋能效应: 数字基础设施与区域数字经济发展	①数字基础设施的区域时空格局及影响因素; ②数字基础设施赋能区域数字经济发展的特征、动力及效应
2. 弱势区域/群体数字化需求: 弱势区域应对数字化转型的挑战与路径	①弱势区域数字化转型挑战与机遇; ②乡村韧性、弱势社会群体、数字平台乡村主义; ③弱势区域应对数字化转型的实现路径	2. 区域赋能效应: 数字基础设施与区域互联互通	①数字基础设施推动区域一体化和区域协调发展; ②“一带一路”信息化和“数字一带一路”建设
3. 城市数字化转型: 智慧城市建设与治理	①智慧城市概念、智慧城市倡议、智慧城市主义; ②智慧城市规划、建设与治理	3. 城市数字化转型: 数字城市与智慧城市建设及治理	①数字城市的概念内涵、关键技术、规划建设和发展对策; ②智慧城市的概念、规划、建设与治理
4. 经济赋能效应: 数字基础设施与区域经济发展	①城市数字经济网络、数字基础设施对企业的创新创业效应; ②区域数字经济市场构建和区域产业数字化转型	4. 社会-空间公平挑战: 数字鸿沟、区域差异与城乡差异	①数字鸿沟与数字基础设施布局的区域差异; ②数字基础设施建设的城乡差异与城乡融合发展路径

素流动逻辑和社会-空间分异重构、对区域韧性概念的丰富、城市和乡村平台主义的概念建构等, 国内研究则呈现更加鲜明的国家战略和现实需求导向, 旨在把握数字基础设施空间布局规律和社会经济赋能效应, 进而缩小中国不同经济地带间发展差异、促进城市群一体化协同发展、助力新型城镇化、乡村振兴、城乡融合发展和“一带一路”建设等。

5 地理学视角下中国数字基础设施研究展望

5.1 平衡供给和需求端的中国数字基础设施地理学研究

鉴于目前地理学视角下中国数字基础设施研究在供给和需求端的不平衡, 亟待强化需求端的研究以实现供给和需求的平衡发展及良性互动。重点关注数字基础设施建设产生的具有中国特色的“数字鸿沟”和社会-空间不平等议题, 例如中国不同经济地带、不同等级城市群、城乡二元结构、不同社会群体(户籍和非户籍人口、受教育水平、年龄等)之间在数字基础设施可达性和使用数字技术、服务上的分异, 揭示影响因素和作用机理, 从个体、社会和区域层面推进需求端数字基础设施的地理学研究。同时, 强化自上而下国家战略导向和自下而上个体和社会需求导向研究的联动, 深化数字基础设施供给和需求端研究成果在知识关联、逻辑链条延展和理论-实践互动之间的融合, 构建服务国家战略、推

动社会公平公正、满足居民个体和区域集体需求的数字基础设施地理学研究成果体系。

5.2 将数字基础设施融入地理学既有理论框架

国内地理学视角下的数字基础设施研究具有突出的实践应用和解决问题导向, 更多是将数字基础设施作为一种功能性的新兴物质载体, 探讨其贯彻落实国家战略的作用和功能。相对而言, 对学理层面因果规律的揭示尚显薄弱, 地理学知识生产和对现有理论的贡献较为有限, 国际影响力不足。由于数字基础设施本身是作为技术迭代创新而衍生的人文经济地理现象, 地理学对其开展的研究不能只停留于现象和应用层面, 而应致力于将新兴现象融入既有的学科理论框架中, 基于新兴研究对象及其相关的因果机制丰富现有理论解释。尤其是, 基于具有中国特色的数字基础设施时空布局、影响因素、功能效应与国内外相关理论展开对话, 扩大中国数字基础设施地理学研究的国际影响力。例如, 中国数字基础设施建设对传统基础设施区位布局模式、区域经济空间差异以及区域新兴产业演化动力能够提供哪些新的理论解释? 中国数字基础设施对城市社会空间分异、智慧城市的社会-技术系统转型以及城市区域化管治能够提供哪些新的作用机理?

5.3 挖掘地理学综合性优势以引领数字基础设施跨学科交叉

国内外有关数字基础设施的研究呈现多学科介入特点, 缘于数字基础设施本身具有工程、技术

和社会经济等多重属性,在区域产业发展、区域一体化、跨境国际合作、智慧城市建设等场景具有广泛应用。同时,又兼具数字鸿沟、加剧社会-空间不平等和扩大区域、城乡发展差距等挑战。因此,地理学在知识生产和理论建设的基础上,需进一步挖掘学科综合性优势,囊括数字基础设施在功能属性、应用场景和引致问题上的多样性,以区域综合性的研究视角和分析框架开展数字基础设施研究。同时,博采众长,统合其他不同学科的理论工具,构建跨学科综合集成的理论框架以审视数字基础设施的空间格局、演化过程、动力机制、正负面效应、应对策略和政策建议,面向知识关联、逻辑链条和现实效用等目标创造其他学科对地理学研究数字基础设施的需求。

参考文献(References):

- [1] 王彬燕,田俊峰,程利莎,等.中国数字经济空间分异及影响因素[J].地理科学,2018,38(6):859-868.[Wang Binyan, Tian Junfeng, Cheng Lisha et al. Spatial differentiation of digital economy and its influencing factors in China. *Scientia Geographica Sinica*, 2018, 38(6): 859-868.]
- [2] Tranos E, Kitsos T, Ortega-Argiles R. Digital economy in the UK: Regional productivity effects of early adoption[J]. *Regional Studies*, 2021, 55(12): 1924-1938.
- [3] 张帅,吴珍玮,陆朝阳,等.中国省域数字经济与实体经济融合的演变特征及驱动因素[J].经济地理,2022,42(7):22-32.[Zhang Shuai, Wu Zhenwei, Lu Zhaoyang et al. Spatio-temporal evolution characteristics and driving factors of the integration between digital economy and real economy in China. *Economic Geography*, 2022, 42(7): 22-32.]
- [4] 顾朝林,曹根榕,顾江,等.中国面向高质量发展的基础设施空间布局研究[J].经济地理,2020,40(5):1-9.[Gu Chaolin, Cao Genrong, Gu Jiang et al. Research on spatial layout of the infrastructure in China: Toward a high quality development. *Economic Geography*, 2020, 40(5): 1-9.]
- [5] 吴志强,何睿,徐浩文,等.论新型基础设施建设的迭代规律[J].城市规划,2021,45(3):9-14.[Wu Zhiqiang, He Rui, Xu Haowen et al. The iterative law of new infrastructure construction. *City Planning Review*, 2021, 45(3): 9-14.]
- [6] Zhang C, Zhang M, Xiao C. From traditional infrastructure to new infrastructure: A new focus of China's Belt and Road Initiative diplomacy[J]. *Eurasian Geography and Economics*, 2022, 63(3): 424-443.
- [7] Zimmerman R, Horan T. Digital infrastructures: Enabling civil and environmental systems through information technology[M]. London: Routledge, 2004.
- [8] 陈小鼎,李珊.美国数字基建的现状与挑战[J].现代国际关系,2021(10):46-54+64.[Chen Xiaoding, Li Shan. Digital infrastructure in the United States: Status quo and challenges. *Contemporary International Relations*, 2021(10): 46-54+64.]
- [9] 伍先福,黄晓,钟鹏.新型基础设施建设与战略性新兴产业耦合协调发展测度及其耦合机制[J].地理科学,2021,41(11):1969-1979.[Wu Xianfu, Huang Xiao, Zhong Peng. Measurement and coupling mechanism of the coupling and coordinated development of new infrastructure construction and strategic emerging industries. *Scientia Geographica Sinica*, 2021, 41(11): 1969-1979.]
- [10] 张佩,王姣娥,肖凡.中国新基建发展的时空演变及驱动因素[J].地理科学进展,2023,42(2):209-220.[Zhang Pei, Wang Jiao'e, Xiao Fan. Spatial evolution and determinants of new infrastructure development in China. *Progress in Geography*, 2023, 42(2): 209-220.]
- [11] 钞小静,薛志欣,孙艺鸣.新型数字基础设施如何影响对外贸易升级——来自中国地级及以上城市的经验证据[J].经济科学,2020(3):46-59.[Chao Xiaojing, Xue Zhixin, Sun Yiming. How the new digital infrastructure affects the upgrading of foreign trade: Evidence from Chinese cities. *Economic Science*, 2020(3): 46-59.]
- [12] 李津,齐雅莎,刘恩专.数字基础设施与全球价值链升级:机制与效用[J].学习与探索,2020(10):147-154.[Li Jin, Qi Yasha, Liu Enzhan. Digital infrastructure and global value chain upgrading: Mechanisms and effects. *Study & Exploration*, 2020(10): 147-154.]
- [13] 王姣娥,杜方叶,肖凡.新型基础设施的空间布局模式研究——以大型数据中心为例[J].地理学报,2023,78(2):259-272.[Wang Jiao'e, Du Fangye, Xiao Fan. Spatial evolution of new infrastructure and its determinants: A case study of big data centers. *Acta Geographica Sinica*, 2023, 78(2): 259-272.]
- [14] DeStefano T, Kneller R, Timmis J. The (fuzzy) digital divide: The effect of universal broadband on firm performance[J]. *Journal of Economic Geography*, 2023, 23(1): 139-177.
- [15] Gorman S P, McIntee A. Tethered connectivity? The spatial distribution of wireless infrastructure[J]. *Environment and Planning A: Economy and Space*, 2003, 35(7): 1157-1171.
- [16] Grimes S. The digital economy challenge facing peripheral rural areas[J]. *Progress in Human Geography*, 2022, 27(2): 174-193.
- [17] Grubestic T H, Murray A T. Constructing the divide: Spatial disparities in broadband access[J]. *Papers in Regional Science*, 2002, 81(2): 197-221.
- [18] Hwang J S. Digital divide in Internet use within the urban hierarchy: The case of South Korea[J]. *Urban Geography*, 2004, 25(4): 372-389.
- [19] Crang M, Crosbie T, Graham S. Variable geometries of connection: Urban digital divides and the uses of information technology[J]. *Urban Studies*, 2006, 43(13): 2551-2570.
- [20] Whitacre B E. Factors influencing the temporal diffusion of broadband adoption: Evidence from Oklahoma[J]. *Annals of Regional Science*, 2008, 42(3): 661-679.
- [21] Pickren G. 'The global assemblage of digital flow': Critical data

- studies and the infrastructures of computing[J]. *Progress in Human Geography*, 2018, 42(2): 225-243.
- [22] Oughton E, Frias Z, Russell T et al. Towards 5G: Scenario-based assessment of the future supply and demand for mobile telecommunications infrastructure[J]. *Technological Forecasting and Social Change*, 2018, 133: 141-155.
- [23] Furlong K. Geographies of infrastructure II: Concrete, cloud and layered (in)visibilities[J]. *Progress in Human Geography*, 2021, 45(1): 190-198.
- [24] Bast D, Carr C, Madron K et al. Four reasons why data centers matter, five implications of their social spatial distribution, one graphic to visualize them[J]. *Environment and Planning A: Economy and Space*, 2022, 54(3): 441-445.
- [25] Li R, Chen K, Wu D. Challenges and opportunities for coping with the smart divide in rural America[J]. *Annals of the American Association of Geographers*, 2020, 110(2): 559-570.
- [26] Riddlesden D, Singleton A D. Broadband speed equity: A new digital divide[J]? *Applied Geography*, 2014, 52: 25-33.
- [27] Philip L, Cottrill C, Farrington J et al. The digital divide: Patterns, policy and scenarios for connecting the ‘final few’ in rural communities across Great Britain[J]. *Journal of Rural Studies*, 2017, 54: 386-398.
- [28] Park S. Digital inequalities in rural Australia: A double jeopardy of remoteness and social exclusion[J]. *Journal of Rural Studies*, 2017, 54: 399-407.
- [29] Velaga N R, Beecroft M, Nelson J D et al. Transport poverty meets the digital divide: Accessibility and connectivity in rural communities[J]. *Journal of Transport Geography*, 2012, 21: 102-112.
- [30] Weeks J R, Getis A, Stow D A et al. Connecting the dots between health, poverty, and place in Accra, Ghana[J]. *Annals of the Association of American Geographers*, 2012, 102(5): 932-941.
- [31] Malecki E J. Digital development in rural areas: Potentials and pitfalls[J]. *Journal of Rural Studies*, 2003, 19(2): 201-214.
- [32] Kandilov I T, Renkow M. Infrastructure investment and rural economic development: An evaluation of USDA’s broadband loan program[J]. *Growth and Change*, 2010, 41(2): 165-191.
- [33] Salemin K, Strijck D, Bosworth G. Rural development in the digital age: A systematic literature review on unequal ICT availability, adoption, and use in rural areas[J]. *Journal of Rural Studies*, 2017, 54: 360-371.
- [34] Roberts E, Beel D, Philip L et al. Rural resilience in a digital society: Editorial[J]. *Journal of Rural Studies*, 2017, 54: 355-359.
- [35] Pant L P, Odame H H. Broadband for a sustainable digital future of rural communities: A reflexive interactive assessment[J]. *Journal of Rural Studies*, 2017, 54: 435-450.
- [36] Hodge H, Carson D, Carson D et al. Using Internet technologies in rural communities to access services: The views of older people and service providers[J]. *Journal of Rural Studies*, 2017, 54: 469-478.
- [37] Marshall A, Dezuanni M, Burgess J et al. Australian farmers left behind in the digital economy—Insights from the Australian Digital Inclusion Index[J]. *Journal of Rural Studies*, 2020, 80: 195-210.
- [38] Wang W, Xu H, Liu Y. Platform ruralism: Digital platforms and the techno-spatial fix[J]. *Geoforum*, 2022, 131: 12-19.
- [39] Rietmann C. Corporate responsibility and place leadership in rural digitalization: The case of Hidden Champions[J]. *European Planning Studies*, 2023, 31(2): 409-429.
- [40] Mehmood A, Imran M. Digital social innovation and civic participation: Toward responsible and inclusive transport planning[J]. *European Planning Studies*, 2021, 29(10): 1870-1885.
- [41] Shwayri S T. A model Korean ubiquitous eco-city? The politics of making Songdo[J]. *Journal of Urban Technology*, 2013, 20(1): 39-55.
- [42] Viitanen J, Kingston R. Smart cities and green growth: Outsourcing democratic and environmental resilience to the global technology sector[J]. *Environment and Planning A: Economy and Space*, 2014, 46(4): 803-819.
- [43] Luque-Ayala A, Marvin S. Developing a critical understanding of smart urbanism?[J] *Urban Studies*, 2015, 52(12): 2105-2116.
- [44] Loo B P Y, Tang W S M. “Mapping” smart cities[J]. *Journal of Urban Technology*, 2019, 26(2): 129-146.
- [45] Hu Q, Zheng Y. Smart city initiatives: A comparative study of American and Chinese cities[J]. *Journal of Urban Affairs*, 2021, 43(4): 504-525.
- [46] McLean A, Bulkeley H, Crang M. Negotiating the urban smart grid: Socio-technical experimentation in the city of Austin[J]. *Urban Studies*, 2016, 53(15): 3246-3263.
- [47] Barns S, Cosgrave E, Acuto M et al. Digital infrastructures and urban governance[J]. *Urban Policy and Research*, 2017, 35(1): 20-31.
- [48] Barns S. Negotiating the platform pivot: From participatory digital ecosystems to infrastructures of everyday life[J]. *Geography Compass*, 2019, 13(9): e12464.
- [49] Iveson K, Maalsen S. Social control in the networked city: Datafied individuals, disciplined individuals and powers of assembly[J]. *Environment and Planning D: Society & Space*, 2019, 37(2): 331-349.
- [50] Zandbergen D, Uitermark J. In search of the Smart Citizen: Republican and cybernetic citizenship in the smart city[J]. *Urban Studies*, 2020, 57(8): 1733-1748.
- [51] Tan S B, Chiu-Shee C, Duarte F. From SARS to COVID-19: Digital infrastructures of surveillance and segregation in exceptional times[J]. *Cities*, 2022, 120: 103486.
- [52] Tranos E, Mack E A. Broadband provision and knowledge-intensive firms: A causal relationship[J]? *Regional Studies*, 2016, 50(7): 1113-1126.
- [53] Rippa P, Secundo G. Digital academic entrepreneurship: The potential of digital technologies on academic entrepreneurship[J]. *Technological Forecasting and Social Change*, 2019,

- 146: 900-911.
- [54] Leon L F A. A blueprint for market construction? Spatial data infrastructure(s), interoperability, and the EU Digital Single Market[J]. *Geoforum*, 2018, 92: 45-57.
- [55] Komninos N, Kakderi C, Collado A et al. Digital transformation of city ecosystems: Platforms shaping engagement and externalities across vertical markets[J]. *Journal of Urban Technology*, 28(1-2): 93-114.
- [56] Hardaker S. More than infrastructure providers—Digital platforms' role and power in retail digitalisation in Germany[J]. *Tijdschrift Voor Economische En Sociale Geografie*, 2022, 113(3): 310-328.
- [57] Lin W. Automated infrastructure: COVID-19 and the shifting geographies of supply chain capitalism[J]. *Progress in Human Geography*, 2022, 46(2): 463-483.
- [58] Dekker R, Engbersen G. How social media transform migrant networks and facilitate migration[J]. *Global Networks-A Journal of Transnational Affairs*, 2014, 14(4): 401-418.
- [59] Tranos E, Kourtiti K, Nijkamp P. Digital urban network connectivity: Global and Chinese internet patterns[J]. *Papers in Regional Science*, 2014, 93(2): 409-428.
- [60] Macrorie R, Marvin S, While A. Robotics and automation in the city: A research agenda[J]. *Urban Geography*, 2021, 42(2): 197-217.
- [61] Fields D. Automated landlord: Digital technologies and post-crisis financial accumulation[J]. *Environment and Planning A: Economy and Space*, 2022, 54(1): 160-181.
- [62] 郑江淮, 张睿, 陈英武. 中国经济发展的数字化转型: 新阶段、新理念、新格局[J]. 学术月刊, 2021, 53(7): 45-54+66. [Zheng Jiahuai, Zhang Rui, Chen Yingwu. The digital transformation of China's economic development: New stage, new concept, new pattern. *Academic Monthly*, 2021, 53(7): 45-54+66.]
- [63] 温琨, 阎志军, 程愚. 数字经济与区域创新能力的提升[J]. 经济问题探索, 2019(11): 112-124. [Wen Jun, Yan Zhijun, Cheng Yu. Digital economy and upgrading regional innovation capacity. *Inquiry into Economic Issues*, 2019(11): 112-124.]
- [64] 熊励, 蔡雪莲. 数字经济对区域创新能力提升的影响效应——基于长三角城市群的实证研究[J]. 华东经济管理, 2020, 34(12): 1-8. [Xiong Li, Cai Xuelian. The impact of digital economy on the improvement of regional innovation ability: Empirical research based on the panel data of Yangtze River Delta. *East China Economic Management*, 2020, 34(12): 1-8.]
- [65] 何玉梅, 赵欣灏. 新型数字基础设施能够推动产业结构升级吗——来自中国272个地级市的经验证据[J]. 科技进步与对策, 2021, 38(17): 79-86. [He Yumei, Zhao Xinhao. Does the new digital infrastructure contribute to the upgrading of industrial structure: Evidence from 272 cities in China. *Science & Technology Progress and Policy*, 2021, 38(17): 79-86.]
- [66] 姜南, 李鹏媛, 欧忠辉. 知识产权保护、数字经济与区域创业活跃度[J]. 中国软科学, 2021(10): 171-181. [Jiang Nan, Li Pengyuan, Ou Zhonghui. Intellectual property protection, digital economy and regional entrepreneurial activity. *China Soft Science Magazine*, 2021(10): 171-181.]
- [67] 徐向龙, 候经川. 促进、加速与溢出: 数字经济发展对区域创新绩效的影响[J]. 科技进步与对策, 2022, 39(1): 50-59. [Xu Xianglong, Hou Jingchuan. Promotion, acceleration and spillover: The impact of digital economy development on regional innovation performance. *Science & Technology Progress and Policy*, 2022, 39(1): 50-59.]
- [68] 孔芳霞, 刘新智, 周韩梅, 等. 新型基础设施建设与城市绿色发展耦合协调的时空演变特征与影响因素[J]. 经济地理, 2022, 42(9): 22-32. [Kong Fangxia, Liu Xinzhi, Zhou Hanmei et al. Spatio-temporal evolution characteristics and influencing factors of the coupling coordination between new infrastructure construction and urban green development. *Economic Geography*, 2022, 42(9): 22-32.]
- [69] 高喆, 顾朝林, 顾江. “新型城镇化”与“乡村振兴”场景下新基建对产业转型的启示[J]. 经济地理, 2021, 41(4): 8-14. [Gao Zhe, Gu Chaolin, Gu Jiang. The enlightenment of new infrastructure to industrial transformation under the background of new urbanization and rural revitalization. *Economic Geography*, 2021, 41(4): 8-14.]
- [70] 方创琳. 城乡融合发展机理与演进规律的理论解析[J]. 地理学报, 2022, 77(4): 759-776. [Fang Chuanglin. Theoretical analysis on the mechanism and evolution law of urban-rural integration development. *Acta Geographica Sinica*, 2022, 77(4): 759-776.]
- [71] 张可云, 杨丹辉, 赵红军, 等. 数字经济是推动区域经济发展的新动力[J]. 区域经济评论, 2022(3): 8-19. [Zhang Keyun, Yang Danhui, Zhao Hongjun et al. Digital economy is new dynamics for promoting regional economic development. *Regional Economic Review*, 2022(3): 8-19.]
- [72] 张佩, 王姣娥, 马丽. 新基建助推区域协调发展的作用机制及优化对策[J]. 区域经济评论, 2022(5): 30-36. [Zhang Pei, Wang Jiao'e, Ma Li. Challenges and suggestions on promoting regional coordinated development by building new infrastructure in China. *Regional Economic Review*, 2022(5): 30-36.]
- [73] 叶玉瑶, 王翔宇, 许吉黎, 等. 新时期粤港澳大湾区协同发展的内涵与机制变化[J]. 热带地理, 2022, 42(2): 161-170. [Ye Yuyao, Wang Xiangyu, Xu Jili et al. The connotation and mechanism changes of coordinated development of the Guangdong-Hong Kong-Macao Greater Bay Area in the new period. *Tropical Geography*, 2022, 42(2): 161-170.]
- [74] 安晓明. “一带一路”数字经济合作的进展、挑战与应对[J]. 区域经济评论, 2022(4): 123-131. [An Xiaoming. Progress, challenges and responses to the digital economic cooperation of “the Belt and Road”. *Regional Economic Review*, 2022(4): 123-131.]
- [75] 原倩. 新发展格局下数字丝绸之路高质量发展的总体思路与战略路径[J]. 宏观经济管理, 2022(7): 21-27. [Yuan Qian. The general idea and strategic path of high-quality development of the digital silk road under the new development paradigm. *Mac-*

- ro-economic Management, 2022(7): 21-27.]
- [76] 程昊, 孙九林, 董锁成, 等. “一带一路”信息化格局及对策[J]. 中国科学院院刊, 2016, 31(6): 656-662. [Cheng Hao, Sun Jiulin, Dong Suocheng et al. Information patterns and strategy of the Belt and Road. Bulletin of Chinese Academy of Sciences, 2016, 31(6): 656-662.]
- [77] 王文, 刘玉书, 梁雨谷. 数字“一带一路”: 进展、挑战与实践方案[J]. 社会科学战线, 2019(6): 72-81. [Wang Wen, Liu Yushu, Liang Yugu. Digital “Belt and Road”: Progress, challenges, and practical solutions. Social Science Front, 2019(6): 72-81.]
- [78] 姜峰, 蓝庆新. 数字“一带一路”建设的机遇、挑战及路径研究[J]. 当代经济管理, 2021, 43(5): 1-6. [Jiang Feng, Lan Qingxin. Research on opportunities, challenges and paths of the construction of digital “Belt and Road”. Contemporary Economic Management, 2021, 43(5): 1-6.]
- [79] 董有德, 米筱筱. 互联网成熟度、数字经济与中国对外直接投资——基于2009—2016年面板数据的实证研究[J]. 上海经济研究, 2019(3): 65-74. [Dong Youde, Mi Xiaoxiao. Networked readiness index, digital economy and OFDI: Empirical study on panel data from 2009 to 2016. Shanghai Journal of Economics, 2019(3): 65-74.]
- [80] 齐俊妍, 任奕达. 东道国数字经济发展水平与中国对外直接投资——基于“一带一路”沿线43国的考察[J]. 国际经贸探索, 2020, 36(9): 55-71. [Qi Junyan, Ren Yida. The development level of host country's digital economy and China's outward foreign direct investment: A study of 43 countries along the Belt and Road. International Economics and Trade Research, 2020, 36(9): 55-71.]
- [81] 顾朝林, 李满春. “数字城市”研究漫谈[J]. 城市规划汇刊, 1999(5): 25-27+58-80. [Gu Chaolin, Li Manchun. Discussion on research “digital city”. Urban Planning Forum, 1999(5): 25-27+58-80.]
- [82] 顾朝林, 段学军, 于涛方, 等. 论“数字城市”关键技术及其实现[J]. 城市规划, 2002, 26(1): 16-20. [Gu Chaolin, Duan Xuejun, Yu Taofang et al. The critical technology of digital city and its achievement. City Planning Review, 2002, 26(1): 16-20.]
- [83] 吴良镛, 毛其智. “数字城市”与人居环境建设[J]. 城市规划, 2002, 26(1): 13-15. [Wu Liangyong, Mao Qizhi. “Digital city” and human settlement environment construction. City Planning Review, 2002, 26(1): 13-15.]
- [84] 赵建华. 数字城市建设中的数据问题[J]. 城市发展研究, 2002, 9(2): 42-46. [Zhao Jianhua. Probe into data problems in digital city construction. Urban Studies, 2002, 9(2): 42-46.]
- [85] 王要武, 郭红领, 杨洪涛. 我国数字城市建设的现状及发展对策[J]. 公共管理学报, 2004, 1(2): 58-64+95. [Wang Yaowu, Guo Hongling, Yang Hongtao. The status and development countermeasures of digital city's construction in China. Journal of Public Management, 2004, 1(2): 58-64+95.]
- [86] 吕拉昌. 新经济时代我国特大城市发展及空间组织[J]. 人文地理, 2004, 19(2): 17-21. [Lü Lachang. The development of metropolitans and spatial organization in China in new economy era. Human Geography, 2004, 19(2): 17-21.]
- [87] 金江军, 潘懋, 承继成. 智慧城市刍议[J]. 现代城市研究, 2012, 27(6): 101-104. [Jin Jiangjun, Pan Mao, Cheng Jicheng. Preliminary discussion about smart city. Modern Urban Research, 2012, 27(6): 101-104.]
- [88] 郭杰, 王珏, 姜璐, 等. 从技术中心主义到以人为本: 智慧城市研究进展与展望[J]. 地理科学进展, 2022, 41(3): 488-498. [Guo Jie, Wang Jun, Jiang Lu et al. From technocentrism to humanism: Progress and prospects of smart city research. Progress in Geography, 2022, 41(3): 488-498.]
- [89] 戴慎志, 刘婷婷, 宋海瑜. 智慧社会数据基础设施在国土空间规划的应用[J]. 城市规划, 2020, 44(2): 27-31. [Dai Shenzhi, Liu Tingting, Song Haiyu. Data infrastructure in smart society and its application in spatial planning. City Planning Review, 2020, 44(2): 27-31.]
- [90] 吴琳, 周海泉, 张斌. 未来城市发展逻辑下新型基础设施建设规划思考与实践[J]. 规划师, 2021, 37(1): 11-20. [Wu Lin, Zhou Haiquan, Zhang Bin. New infrastructure planning in the future urban development logic. Planners, 2021, 37(1): 11-20.]
- [91] 胡鞍钢, 周绍杰. 新的全球贫富差距: 日益扩大的“数字鸿沟”[J]. 中国社会科学, 2002(3): 34-48+205. [Hu An'gang, Zhou Shaojie. A new global gap between the rich and the poor: The increasingly widening “digital gap”. Social Sciences in China, 2002(3): 34-48+205.]
- [92] 汤国雄, 袁开国, 刘玫. “数字中国”与西部大开发[J]. 经济地理, 2002, 22(5): 554-558. [Tang Guoxiong, Yuan Kaiguo. Digital China and the development of the Western China. Economic Geography, 2002, 22(5): 554-558.]
- [93] 王敏晰, 李新. 西部地区应对“数字鸿沟”的策略分析[J]. 经济问题探索, 2005(1): 100-102. [Wang Minxi, Li Xin. Analysis on the strategy of the Western regions in facing the “digital gap”. Inquiry into Economic Issues, 2005(1): 100-102.]
- [94] 邵秀燕, 陈思华. 数字经济发展是否促进了中国区域经济增长收敛[J]? 南京社会科学, 2022(8): 37-46. [Shao Xiuyan, Chen Sihua. Has the digital economy promoted China's regional economic convergence? Research based on satellite light data. Social Sciences in Nanjing, 2022(8): 37-46.]
- [95] 张万里, 张澄, 宣旸. 智慧城市减缓还是加剧城乡收入差距——来自数字普惠金融和城镇化的视角[J]. 经济问题探索, 2022(5): 123-144. [Zhang Wanli, Zhang Cheng, Xuan Yang. Can smart city slow down or intensify regional urban-rural income gap: The perspective of digital inclusive finance and urbanization. Inquiry into Economic Issues, 2022(5): 123-144.]
- [96] 樊轶侠, 徐昊, 马丽君. 数字经济影响城乡居民收入差距的特征与机制[J]. 中国软科学, 2022(6): 181-192. [Fan Yixia, Xu Hao, Ma Lijun. Characteristics and mechanism analysis of the influence of digital economy on the income gap between urban and rural residents. China Soft Science Magazine, 2022(6): 181-192.]

Research progress and prospects of digital infrastructure from a geographical perspective in China and abroad

Xu Jili¹, Ye Yuyao¹, Guo Jie¹, Xu Xianfeng², Yuan Zhenjie³

(1. Key Lab of Guangdong for Utilization of Remote Sensing and Geographical Information System, Guangzhou Institute of Geography, Guangdong Academy of Sciences, Guangzhou 510070, Guangdong, China; 2. Guangzhou Urban Planning & Design Survey Research Institute, Guangzhou 510060, Guangdong, China; 3. Center for Human Geography and Urban Development, School of Geography and Remote Sensing, Guangzhou University, Guangzhou 510006, Guangdong, China)

Abstract: The new waves of information technology revolution give rise to digital infrastructure exemplified by 5G base stations, big data centers, and industrial internet, constituting strategic components of the modern infrastructure system. Proliferated studies on digital infrastructure range from diverse disciplines and perspectives. Given the unclear principal line of research progress in geographical studies on digital infrastructure, along with ambiguous disciplinary contribution and future research avenues, this paper therefore seeks to review and compare research progress on digital infrastructure from a geographical perspective in China and abroad, and to draw upon key research agendas for academic attention. In general, overseas studies have an early start, with rapid research progress and diversified themes, and have been consistently intensified and widened. By contrast, domestic studies exhibit a late start but have increased explosively since 2019 mainly by scholars in the field of economics and management. Based on a critical perspective and demand side, overseas studies pay much attention to the digital gap, socio-spatial inequality, and digital transformation of disadvantaged regions. Domestic studies, which place more emphasis on a functional perspective and supply side, focus on how digital infrastructure empowers regional digital economic development and connectivity within and among regions. In short, the new waves of digital technology revolution, justice and equity requirements in the information society, and national strategic demands facilitate the rise and development of digital infrastructure studies in geography. Although overseas and domestic studies share similar themes, but they exhibit different priorities. Knowledge production and theoretical construction of digital infrastructure in China by geographers are still in its infancy. Looking forward, this paper suggests that: 1) geographical studies on digital infrastructure in China should balance the supply and demand sides, in order to strengthen the interaction and systematization of research achievements; 2) digital infrastructure needs to be better incorporated into related theoretical frameworks in geography, deepening disciplinary knowledge production and theoretical contribution; 3) comprehensiveness of geography should be sufficiently employed as an advantaged way to lead multi-disciplinary studies on digital infrastructure.

Key words: digital infrastructure; new-type infrastructure; digital gap; digital economy; smart city