

中国新型基础设施资本存量的区域差异及分布动态演进

郭鹏飞^{1,2,3}, 胡歆韵⁴

- (1. 重庆工商大学成渝地区双城经济圈建设研究院, 重庆 400067;
2. 重庆工商大学成渝地区双城经济圈数据分析与智能决策实验室, 重庆 400067;
3. 重庆工商大学经济学院, 重庆 400067; 4. 重庆科技大学管理学院, 重庆 401331)

摘要:运用永续盘存法的非传统途径, 审慎测算出 2003—2021 年中国新型基础设施的全套资本存量, 进一步分析其区域差异和分布动态演进。研究发现, 新型基础设施资本存量以年均 14.56% 的增长率快速攀升, 到 2021 年高达 8.12 万亿元。其中, 创新基础设施的资本存量处于首位, 信息基础设施居次, 融合基础设施最小。新型基础设施资本存量的总体差异、在中西部地区的内部差异, 以及在东~中部、中~西部地区之间的差异均呈波动下降趋势, 如此差异产生的最主要来源是区域间差异。就分布动态演进而言, 新型基础设施资本存量具有较为明显的极化特征, 存在逐渐增强的正向空间聚集现象, 全国整体以及三大区域都存在绝对 β 收敛趋势, 其收敛速度先增加、后减小。同时, 信息、创新基础设施资本存量具有绝对 β 收敛特征, 而融合基础设施具有发散特征。

关键词: 新型基础设施; 资本存量; 区域差异; 动态演进

中图分类号: F061.5 **文献标识码:** A **文章编号:** 1005-0566(2024)10-0096-13

Regional disparities and distributional dynamic evolution of China's new infrastructure capital stock

GUO Pengfei^{1,2,3}, HU Xinyun⁴

- (1. Institute for Chengdu-Chongqing Economic Zone Development, Chongqing Technology and Business University, Chongqing 400067, China;
2. Chengdu-Chongqing Economic Zone Data Analysis and Intelligent Decision Making Laboratory, Chongqing Technology and Business University, Chongqing 400067, China;
3. School of Economics, Chongqing Technology and Business University, Chongqing 400067, China;
4. School of Management, Chongqing University of Science and Technology, Chongqing 401331, China)

Abstract: Using the non-traditional approach of the perpetual inventory method, this paper prudently measures the full set of capital stock of China's new infrastructures from 2003 – 2021, and further analyzes its regional differences and distribution dynamic evolution. It is found that the capital stock of new infrastructure climbs rapidly at an average annual

收稿日期: 2024-05-27 修回日期: 2024-09-09

基金项目: 国家社会科学基金青年项目 (21CJL013); 重庆市统计科研重点项目 (2024ky06); 重庆市教委科学技术研究青年项目 (KJQN202400823); 重庆市教育科学规划重点项目 (2021-GX-020); 重庆市高等教育教学改革重点项目 (232084); 中国博士后科学基金第 74 批面上项目 (2023M740457); 重庆市博士后特别资助项目 (2023COBSHTB2037); 重庆工商大学高层次人才引进项目 (2155009)。

作者简介: 郭鹏飞 (1992—), 男, 湖北宜城人, 重庆工商大学成渝地区双城经济圈建设研究院副教授, 博士, 研究方向为基础设施与区域发展。通信作者: 胡歆韵。

growth rate of 14.56%, reaching as high as 8.12 trillion yuan by 2021. Among them, the capital stock of innovation infrastructure is in the first place, followed by information infrastructure, and convergence infrastructure is the smallest. The overall difference, the differences within the central and western regions, and the differences between the east-central and central-western regions in the capital stock of new infrastructure all show a fluctuating downward trend, and the most important source of such a difference is the inter-regional difference. As far as the distribution dynamic evolution is concerned, the capital stock of new infrastructure has more obvious polarization characteristics, with gradually increasing positive spatial aggregation phenomenon, and there is a trend of absolute β -convergence in the whole country as well as in the three major regions, with the rate of convergence increasing firstly and then decreasing. At the same time, the capital stock of information and innovation infrastructure is characterized by absolute β -convergence, while convergence infrastructure is characterized by divergence.

Key words: new infrastructure; capital stock; regional disparities; dynamic evolution

目前,中国经济正由高速增长阶段转向高质量发展阶段,不仅需要转换经济增长动力,应对逐渐加大的经济下行压力^[1],而且需要持续提高自身的技术创新水平,在新一轮科技革命和产业变革中脱颖而出。对此,2018年中央经济工作会议明确提出,要“加快5G商用步伐,加强人工智能、工业互联网、物联网等新型基础设施建设”。相比传统基础设施,新型基础设施因其所拥有的数字化、网络化、智能化等特性,不仅是保持经济稳定增长的短期有效举措,还将在我国抢抓新一轮科技和产业变革机遇中发挥先导和基础性作用^[2]。因此,各级地方政府纷纷出台一系列发展新型基础设施的计划。以5G和工业互联网为例,截至2022年年底,我国累计建成并开通5G基站数达231.2万个,移动通信网络IPv6流量占比达到48.38%,有全国影响力的工业互联网平台已经超过240个。然而,中国新型基础设施发展仍存在诸多问题,典型的如建设内容不聚焦、总体仍然不足和“重建轻用”等^[3]。鉴于此,本文关心的是中国新型基础设施的资本存量积累如何?在样本期间的区域差异如何?呈现怎样的动态演变趋势?

由于早期新型基础设施的基本概念较不清晰以及处理基础数据较为繁琐,导致现有文献主要从其内涵界定及对经济发展的影响等方面展开定性研究。首先,新型基础设施的内涵界定是动态变化的,主要有“窄口径”“中口径”和“宽口径”之分。其中,在“窄口径”层面,新型基础设施也被称为“信息基础设施”“数字基础设施”,最早提出于2018年的中央经济工作会议,主要是指5G网络、

人工智能、工业互联网和物联网等,为郭凯明等^[1]、孙伟增等^[4]和Baark^[5]等所采用。“中口径”内涵是由中央电视台提出的“七大领域”,不仅包括信息基础设施,而且包括特高压、高铁、轨道交通和新能源汽车充电桩,为尚文思^[6]、潘雅茹等^[7]所采用。“宽口径”内涵则是由国家发改委于2020年4月提出,包括信息、融合和创新3类设施,一经提出便引起学界广泛关注,为刘涛等^[8]、胡仙芝等^[9]所采用。其次,在分析新型基础设施对经济发展的影响时,部分研究从产业结构升级^[10]和绿色技术创新^[11]等方面展开。最后,在量化新型基础设施投入时,多数研究采用投资流量^[8],而非资本存量数据。事实上,新型基础设施作为要素投入,对经济发展产生影响的是其资本存量而非支出流量^[12]。即使部分研究者采用自行测算的新型基础设施资本存量数据^[6-7],由于其采用的是传统的永续盘存法(PIM),测算的仅是新型基础设施资本存量净额。杨玉玲等^[13]认为资本存量净额是基于市场价格核算的资产价值,在衡量资本品的实际生产能力和服务效率方面存在偏差,而生产性资本存量则能很好地弥补这一缺陷。

综上所述,本文从以下3个方面加强探索:一是首次尝试采用非传统的PIM,测算出2003—2021年中国新型基础设施的全套资本存量(包括新型基础设施的资本存量总额 K 、资本存量净额 KN 和生产性资本存量 KP),并用 KP 来更准确地衡量其资本投入;二是运用Dagum基尼系数方法测算新型基础设施资本存量的区域差异,不仅将该差异分解为区域间、区域内、超变密度3个子群,

而且能进一步识别产生区域差异的主要来源;三是分别从时间、空间和状态 3 个视角,采用 Kernel 密度估计、Moran's I 指数和收敛模型等方法,识别新型基础设施资本存量的分布动态演进过程。

一、研究设计

(一)新型基础设施的内涵及统计范围界定

1. 内涵界定

根据引言,本文主要从“窄口径”和“宽口径”来界定新型基础设施内涵。“窄口径”内涵仅指信息基础设施,涵盖通信网络、新技术和算力等领域;“宽口径”则不仅包括信息基础设施,而且包括融合基础设施(涵盖智能交通、智慧能源、智慧医疗、智慧教育和智慧政务等领域)和创新基础设施(涵盖重大科技、科教和卫生等领域)。据此,首先,本文将全社会总固定资本划分为基础设施、非基础设施资本;其次,将基础设施资本进一步划分为传统、新型基础设施资本;最后,再将新型基础设施资本划分为信息、融合和创新三类基础设施资本。

2. 统计范围界定

首先,关于样本期间的选择。虽然新型基础设施的概念是 2018 年才提出来的,但是我国早在 1983 年就研制成功运速达每秒上亿次的银河-I 巨型计算机,在 1994 年实现全功能接入国际互联网,分别在 2012 年和 2015 年实行智慧城市的试点和 5G 技术的布局^[11]。考虑以信息和创新为基础的新型基础设施是基于已有技术和创新能力所发展而来的,因此在测算其资本存量时,应将样本期尽可能地向前延伸。同时,一方面,由于我国信息传输、软件和信息技术服务业的资本存量在 2000

年以前是非常少的^[6-7];另一方面,由于加入世界贸易组织之后,我国经济统计口径发生很大变化,尤其是各省份 2003 以前的“邮电通信业”数据内含在“交通运输仓储和邮电通信业”之中,将其剥离存在较大挑战,因此本文将样本期间确定为 2003—2021 年。

其次,关于统计范围的调整。本文结合新型基础设施的内涵界定和《国民经济行业分类与代码(GB/T4754-2002/2011)》,厘清各类资产的统计范围,具体见表 1。第一,信息基础设施主要包括信息传输、计算机服务及软件业。第二,融合基础设施主要在于深度应用互联网、大数据、人工智能等技术,支撑传统基础设施转型升级,不仅包括智能交通,而且包括智慧能源、智慧医疗、智慧教育和智慧政务等。本文借鉴许宪春等^[14]构建“数字经济调整系数”的方法,引入“信息融合系数”,以反映各类基础设施应用信息技术的能力。其中,其他基础设施相关行业的信息融合系数=相关行业信息基础设施中间投入/相关行业中间总投入。涉及数据来自历年《中国投入产出表》和《中国地区投入产出表》,缺失数据采用线性插值法补充。第三,创新基础设施是能支撑科学研究、技术开发、产品研制的具有公益属性的基础设施,主要包括科技、教育和卫生福利行业门类中的部分行业。需要说明的是,现有统计资料只提供了各省份分行业门类的全社会固定资产投资,因此在对样本期间各省份相关行业大类进行剔除时,参考胡李鹏等^[15]的研究,假定其在相应行业门类中的比例与在城镇投资中一致。

表 1 全社会总固定资本的统计范围划分

固定资本分类			所属行业
基础 设施	新型 基础 设施	信息基础设施	信息传输、计算机服务及软件业。
		融合基础设施	除信息基础设施以外,其他各类基础设施所属各行业数据乘以各自的信息融合系数得到。
		创新基础设施	科学研究和技术服务业,高等教育,卫生。同时,需要扣除融合基础设施所涉及的数据。
	传统基础设施		电力、燃气及水的生产和供应业,交通运输、仓储和邮政业,水利、环境和公共设施管理业,教育(剔除了高等教育),卫生、社会保障和社会福利业(剔除了卫生),文化、体育和娱乐业,公共管理和社会组织。同时,需要扣除融合基础设施所涉及的数据。
非基础设施			不包括新型和传统基础设施所涉及的其他全部行业。

注:斜体文字表示属于行业大类或小类。

最后,关于统计口径的调整。考虑到固定资产的浪费现象以及当年交付生产或实际使用情况^[12],本文将统计口径确定为新型基础设施的全

社会新增固定资产投资。其中,全社会新增固定资产投资=全社会固定资产投资×固定资产交付使用率。

(二) 新型基础设施资本存量的测算方法

1. 测算思路

由于在获取固定资本消耗数据方面存在差异,导致 PIM 的运用存在传统和非传统两种路径^[16]。相比传统路径遵循“资本存量总额→固定资本消耗(直接通过假定资产折旧函数得到)→资本存量净额”的思路,非传统路径遵循“资本存量总额→资本存量净额→固定资本消耗”的思路,即先通过资产退役函数获得资本存量总额,然后设定平均役龄效率函数获得每类资产的生产性资本存量,接着将平均役龄效率函数和资产价值公示相结合得到平均役龄价格函数,进而可获得资本存量净额,最后间接获得固定资本消耗。由此可知,PIM 的非传统路径更为系统科学,不仅将资本存量与资本服务纳入一个统一的框架,同时获得 K 、 KN 和 KP ,从而兼顾资产的财富和生产双重属性;而且测算得到的存量与流量数据均以平均役龄效率函数和贴现率的设定为基础,从而保证了两者的一致性^[17]。鉴于此,本文采用 PIM 的非传统路径测算新型基础设施的全套资本存量,具体测算过程(限于篇幅,未列出)与郭鹏飞等^[18]估算基础设施的全套资本存量基本一致。需要说明的是,本文在设置“年龄—效率”函数中的斜率参数 b 时,参考 OECD^[16] 的经验,结合后文关于信息、融合和创新 3 类设施的使用年限设定,分别将三者的参数 b 确定为 0.65、0.75、0.70。

2. 关键指标构建

一是关于资产使用年限。限于数据的可得性,本文参考金戈^[12]和郭鹏飞等^[18]的研究,通过加权平均 2003—2021 年建筑、设备和其他费用在不同行业门类中的固定资产投资构成比例,推算出信息、融合和创新 3 类设施的使用年限分别为 31 年、35 年和 34 年。二是关于基期资本存量。根据前文对样本期间的选择,我们将基年确定为 2003 年,并参考 Young^[19]的增长率法,获得新型基础设施的基期资本存量,即 $K_0 = I_0 / (\delta + g)$ 。其中, K_0 为基期的年初资本存量, I_0 为基期的可比价新增固定资产投资额, δ 为资本折旧率, g 为资本增长率。一方面,根据 3 类新型基础设施的使用年

限,并假定残值率为 4%^[20],可估算出三者的平均折旧率分别为 9.72%、8.86% 和 9.09%。另一方面,借鉴金戈^[12]的研究,本文采用近 10 年全社会新增固定资产的几何平均增长率来衡量 g 。三是关于固定资产投资价格指数。由于我国统计资料并未公布各省分行业的固定资产投资价格指数,因此本文以各省份整体固定资产投资价格指数进行替代。四是关于当年投资序列。根据前文界定的统计口径,本文的当年投资序列为历年新型基础设施的全社会新增固定资产投资。由于 2003—2021 年全社会的分行业新增固定资产投资是缺失的,因此本文通过估计相应年份的固定资产交付使用率,进而补充缺失数据。其中,全社会固定资产分行业交付使用率 $_{i,t}$ = 城镇固定资产分行业交付使用率 $_{i,t}$ × (全社会固定资产总交付使用率 $_{i,t}$ ÷ 城镇固定资产总交付使用率 $_{i,t}$)。

(三) 新型基础设施资本存量的区域差异分解方法

本文进一步采用 Dagum^[21]提出的基尼系数方法,刻画出新型基础设施资本存量的区域差异,并将其分解为区域内差异、区域间差异和超变密度 3 个部分。需要说明的是,相比经典基尼系数和泰尔指数法,Dagum 基尼系数及其分解方法不仅能放松分组样本之间不存在交叉重叠的苛刻限定,而且能较好地揭示区域差异的来源,因此为较多文献所采用。

(四) 新型基础设施资本存量的动态演进分析方法

1. Kernel 密度估计

Kernel 密度估计通过平滑的峰值函数拟合样本数据,并采用连续密度曲线估计随机变量的概率密度,进而分析其分布位置、形态、延展性和极化趋势等动态演进特征,具有对模型依耐性较弱且稳健性较强的优势^[22]。鉴于此,本文拟采用高斯核密度函数,分析新型基础设施资本存量的动态演进。

2. Moran's I 指数

为进一步探究新型基础设施资本存量在整体和局部存在的空间相关性,本文构建其全域 Moran's I 指数和局域 Moran's I 指数。需要说明的是,在构建

空间权重矩阵时,本文参考郭鹏飞等^[23]的研究,构建了地理邻近矩阵 W_{bin} 、地理距离矩阵 W_{dis} 和经济社会矩阵 W_{dev} 3 种。其中,在构建 W_{bin} 时,若两个地区在地理位置上相邻,则相应的 w_{ij} 为 1,否则为 0;在构建 W_{dis} 时, $w_{ij} = (1/D_{ij}) / \sum_j (1/D_{ij})$, D_{ij} 表示地区 i 与 j 之间的地理距离;在构建 W_{dev} 时, $w_{ij} = (\bar{GDP}_j / D_{ij}^2) / \sum_j (\bar{GDP}_j / D_{ij}^2)$, $\bar{GDP}_i$ 表示地区 i 在样本期内人均 GDP 的均值。

3. 收敛模型

参照大多数文献的做法^[24],本文采用变异系数法衡量新型基础设施资本存量的 σ 收敛,具体计算公式如下:

$$\sigma_j = \sqrt{\frac{\sum_i^{n_j} (KP_{ij} - \overline{KP_{ij}})^2}{n_j}} / \overline{KP_{ij}} \quad (1)$$

式(1)中, j 表示地区, i 表示省份, n_j 为 j 地区内部所有省份数量, $\overline{KP_{ij}}$ 为 j 区域 i 省份新型基础设施 KP 的均值。

与 σ 收敛不同的是,绝对 β 收敛是在不控制新型基础设施资本积累的影响因素时, KP 较低的省份因具有更高的增速从而逐渐追赶上 KP 较高的省份,最终收敛于某一稳定状态的过程,具体计算公式如下:

$$\ln \frac{KP_{i,t+1}}{KP_{it}} = \alpha + \beta \ln KP_{it} + \mu_i + \eta_t + \varepsilon_{ij} \quad (2)$$

式(2)中, β 为收敛系数。当 $\beta < 0$ 时,表明新型基础设施 KP 具有绝对 β 收敛趋势,反之则表明具有发散趋势。其中,收敛速度可表示为 $v = -\ln(1 + \beta)/T$ 。

考虑到新型基础设施投入可推动生产要素和知识产品跨区域流动,可能存在空间相关性。因此,进一步通过 LM 检验、LR 检验和 Wald 检验^[25],确定模型存在何种空间交互效应,进而在空间滞后模型(SAR)、空间误差模型(SEM)或空间杜宾模型(SDM)中选择更适合本文的估计模型。3 种空间计量模型如下:

$$\ln \frac{KP_{i,t+1}}{KP_{it}} = \alpha + \rho W \ln \frac{KP_{i,t+1}}{KP_{it}} + \beta \ln KP_{it} + \mu_i + \eta_t + \varepsilon_{ij} \quad (3)$$

$$\ln \frac{KP_{i,t+1}}{KP_{it}} = \alpha + \beta \ln KP_{it} + \mu_i + \eta_t + \varepsilon_{ij};$$

$$\varepsilon_{ij} = \lambda W \varepsilon_{ij} + \sigma_{it} \quad (4)$$

$$\ln \frac{KP_{i,t+1}}{KP_{it}} = \alpha + \rho W \ln \frac{KP_{i,t+1}}{KP_{it}} + \beta \ln KP_{it} + \delta W \ln KP_{it} + \mu_i + \eta_t + \varepsilon_{ij} \quad (5)$$

式(3)、式(4)、式(5)中, ρ 为空间滞后系数, λ 为空间误差系数, δ 为自变量空间滞后系数。

(五) 数据来源

本文采用我国 2003—2021 年 31 个省份(不含港澳台)的数据作为研究样本,涉及的相关数据主要获取于历年《中国统计年鉴》《各省区市统计年鉴》《中国固定资产投资统计年鉴》《中国投入产出表》《中国地区投入产出表》。本文对相关经济数据以 2003 年为基期进行平减处理,以消除价格波动的影响。同时,对相关缺失数据采用多种方法进行补充完善,具体处理见前文。

二、新型基础设施资本存量的测算结果及比较分析

根据本文构建的资本存量估算方法,我们测算出中国新型基础设施的全套资本存量,具体呈现于图 1~图 3。分析图 1 容易发现,新型基础设施 $K > KP > KN$,符合资本测算理论关于财富性和生产性资本存量结果的判断^[17],这在一定程度上表明本文的测算结果是可信的。截至 2021 年,全国新型基础设施 KP 为 8.12 万亿元,仅占 K 的 92.56%,比 KN 高 14.35%。相比于新型基础设施 KP , KN 不仅考虑了该类资本品的生产效率变化情况,而且进一

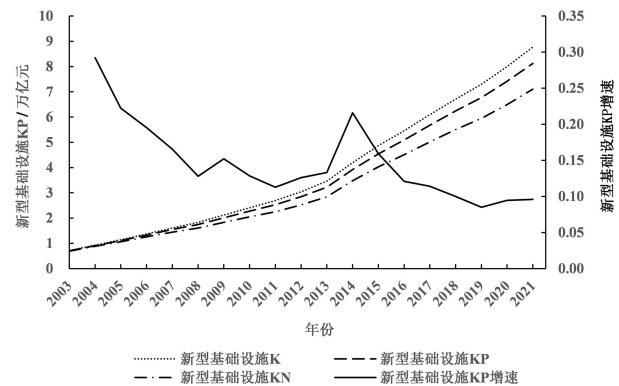


图 1 2003—2021 年全国新型基础设施 K 、 KP 、 KN 的变化趋势

步考虑了时间变化导致的该类资产贬值情况。由于新型基础设施的资产贬值仅属于价值变化,并不影响其生产效率,因此也不影响其产品或服务的生产。鉴于此,除有特殊说明以外,本文均以新型基础设施 KP 作为其在实际生产过程中的资本投入量。

首先,从全国层面来看,新型基础设施 KP 从 2003 年的 0.70 万亿元快速攀升至 2021 年的 8.12 万亿元,年均增速达到 14.56%,比同期 GDP 增速高 6.02%。进一步从不同发展阶段分析发现,新型基础设施 KP 的增速在波动中呈下降态势。其中,在 2009 年、2012—2013 年、2020—2021 年呈轻微反弹上升,在 2014 年呈大幅上升态势。这主要源于以下原因:一是中国从 1994 年后开始的分税制改革使地方政府具有了相当的预算内财政收入,再加以以经济增长为主要考核目标的政治锦标赛,促使地方政府在过去十几年间不断加大辖区内包括新型基础设施在内的公共支出建设,以便于招商引资,推动当地经济快速发展;二是为应对 2008 年金融危机,我国政府实施了积极的财政政策,寄希望于通过扩大公共投资来带动经济增长;三是住建部在 2012 年 12 月发布“关于开展国家智慧城市试点工作的通知”以来,分别于 2013

年 1 月、2013 年 8 月和 2015 年 4 月确立了 3 批共 290 个智慧城市试点,这成为 2014 年新型基础设施的增速跳跃式提升的关键原因;四是随着新型基础设施的概念在 2018 年明确提出以后,各级地方政府纷纷出台一系列发展计划,从而推动 5G、工业互联网等设施快速发展。

其次,从区域层面来看,分析图 2 容易发现,新型基础设施 KP 在空间密度上由东向西呈阶梯式分布,具有典型的“核心—外围”特征,即以东部地区为核心,以中西部地区为外围。截至 2021 年,东部地区新型基础设施 KP 的密度为 363.38 万元/ km^2 ,高于中部地区的 141.85 万元/ km^2 ,远高于西部地区的 27.55 万元/ km^2 。在人均新型基础设施 KP 层面,东部地区仍处于首位,中、西部地区依次递减。就新型基础设施 KP 的增速而言,大部分年份中西部地区高于东部地区,中部地区的平均增长率为 17.93%,高于西部地区的 14.86%,更高于东部地区的 14.77%。可能的原因是,进入 21 世纪,中国先后开始实施西部大开发战略和中部崛起战略,加大了中西部地区的基本建设支出,从而带动了包括新型基础设施在内的公共资本快速积累。

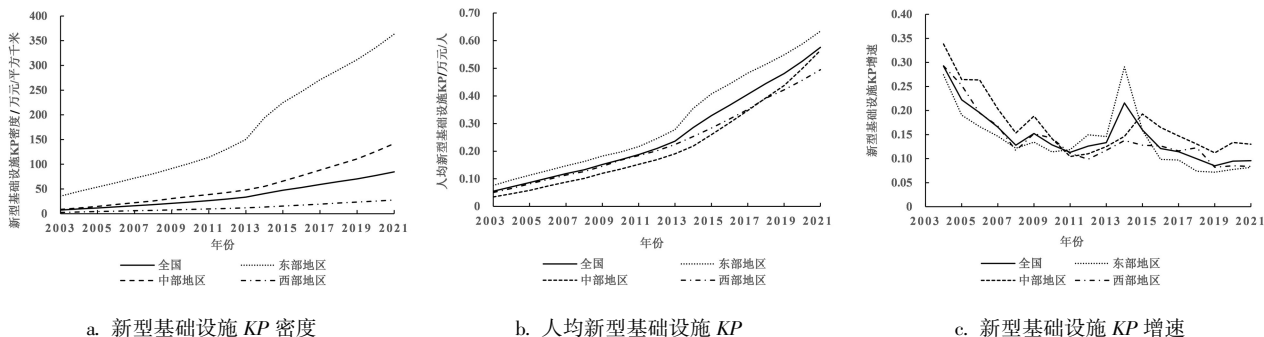


图2 全国以及三大地区新型基础设施 KP 的密度、人均水平和增速

再次,从省级层面来看,分析图 3 容易发现,2021 年天津、上海和北京的新型基础设施 KP 密度处于全国领先水平,分别达到 2 150.84 万元/ km^2 、2 090.64 万元/ km^2 和 1 768.45 万元/ km^2 ,青海、西藏和新疆则处于落后状态,分别为 5.04 万元/ km^2 、7.24 万元/ km^2 和 8.21 万元/ km^2 。由此可见,各省份新型基础设施 KP 密度差异巨大,天津是青海的 426.71 倍。在采用人均新型基础设施 KP 衡量

以消除人口规模影响之后,我们发现在 2021 年西藏居于首位,高达 2.43 万元/人,天津次之,达到 1.77 万元/人,而海南、重庆、河南和甘肃等地则处于全国落后状态,均不超过 0.35 万元/人。总之,由于各省份在地理条件、人口数量和产业发展方面存在较大差异,再加上国家对于区域经济发展的侧重点适时调整以及有目的性的财政倾斜,使得人口较为稀少和经济相

对不发达的西部地区省份有着较低的新型基础设施 KP 密度和较高的人均新型基础设施 KP ; 而人口密度较大和经济较为发达的东部地区省份具有很高的新型基础设施 KP 密度和居于中

游的人均新型基础设施 KP 。同时,人口密度同样较大和经济相对较为发达的中部地区省份在新型基础设施 KP 密度和人均新型基础设施 KP 方面均不高。

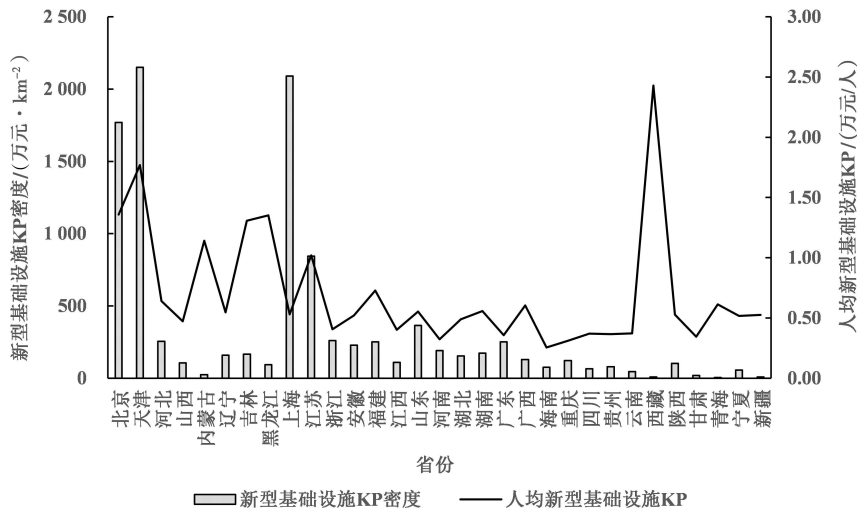


图3 2021年各省份新型基础设施 KP 的密度和人均水平

最后,从不同类型设施来看,信息、融合和创新3类新型基础设施 KP 在2003—2021年间均快速提升(限于篇幅,具体图表未列出)。其中,创新基础设施 KP 处于首位,在2021年高达4.76万亿元;信息基础设施 KP 居次,达到2.43万亿元;融合基础设施 KP 最低,仅达到0.93万亿元。具体到省级层面,我们发现除北京、福建和贵州外,大部分省份的创新基础设施 KP 最大;绝大部分省份的信息基础设施 KP 居次、融合基础设施 KP 最小,仅有山西、湖北和云南与之相反。至于在样本期间的平均增速,大部分省份的创新基础设施 KP 最高、信息基础设施 KP 居次、融合基础设施 KP 最小,仅有北京、吉林、江西和西藏等省份的信息基础设施 KP 最高,山西、安徽、湖北、贵州和新疆等省份的融合基础设施 KP 最高。由此可见,国家始终将创新基础设施建设作为经济高质量发展的重要保障之一,持续加大该类设施的投资力度,同时部分地区越发重视利用信息基础设施对传统设施进行改造升级,快速推动融合基础设施的资本积累。

三、新型基础设施资本存量的区域差异及来源
(一) 总体差异

分析图4 容易发现,新型基础设施 KP 的总体

差异 G 整体呈现向右下方倾斜的“W”形演变过程。①2003—2011 年持续下降,年平均降幅达到2.87%,这表明此阶段各地新型基础设施 KP 的差距在不断缩小,向均值趋同。可能的原因是,该阶段由于西部大开发和中部崛起等战略的有效实施,以及加入 WTO 带来的吸引外资渴求和国内产业梯度转移,急需欠发达地区对包括新型基础设施在内的软硬件环境进行改善,从而推动中西部地区新型基础设施资本快速积累,缩小与东部沿海地区的差距。②2012—2015 年反弹上升,年平均涨幅达到4.31%,尤其是在2014 年涨幅尤为明显,高达13.49%。在此阶段,由于住建部在2012 年12 月下发《关于开展国家智慧城市试点工作的通知》后,分别于2023 年1 月、2023 年8 月、2015 年4 月公布了三批智慧城市试点名单,其中东部地区在第一批试点城市名单中占比高达52.22%、西部地区仅为17.78%,从而导致东、中和西部地区在依托智慧城市建设过程中拉大了新型基础设施资本积累差距。③2016—2018 年缓慢下降,年平均降幅为1.75%。在此阶段,由于住建部公布的第二、三批智慧城市名单中,中西部地区占比大幅增加,同时为了缩小与东部发达地区的差距,充分

发挥其“后发优势”,加大该地区新型基础设施建设,从而使总体差异降低。④2019—2021年再次反弹上升,年平均增幅为1.30%。可能的解释是,中央在2018年明确新型基础设施的概念并将之列入政府工作报告后,各地纷纷加大5G、工业互联网等设施布局。然而,由于各地经济发展水平、产业结构和财政收入等存在较大差异,从而导致各地区内部及区域间新型基础设施资本积累差异扩大。

(二) 区域内差异

图4进一步刻画了三大区域内部新型基础设施KP差异的演变过程。从演化趋势来看,东部和西部地区差异与总体差异基本一致,均呈“W”形,中部地区则呈现向右下方倾斜的“V”形。除东部地区内部差异在波动中呈现扩大态势外,中、西部地区呈现缩小态势,三者的变化幅度分别为13.90%、-36.71%和-1.78%。就数值大小而言,西部地区差异在大部分年份最大,东部地区居次,中部地区始终最低,三者平均分别为0.320、0.290和0.145。这表明相比东、西部地区,中部地区各省份新型基础设施KP的差异更小。同时,根据《新型基础设施竞争力指数(2022)》可知,中部地区各省份信息、创新和融合基础设施的竞争力指数都更为均衡。

(三) 区域间差异

根据图4,本文刻画了三大区域间新型基础设施

施KP差异的演变过程。从演化趋势来看,东—中部和东—西部地区间差异与总体差异一致,均呈“W”形,中—西部地区间差异则呈现向右下方倾斜的“V”形。除东—西部地区间差异在波动中呈现扩大态势外,东—中部、中—西部地区间差异呈现缩小态势,三者的变化幅度分别为2.58%、-17.70%和-1.65%。就数值大小而言,东—西部地区间差异始终最大,东—中部、中—西部地区间差异处于低位运行,三者平均分别为0.372、0.270和0.266,这暗含着西部地区的新型基础设施资本存量偏低。事实上,在国家三批智慧城市试点建设中,西部地区入选城市仅占17.78%。

(四) 来源与贡献度

根据图4,本文进一步分析了中国新型基础设施KP的区域差异来源及其贡献。从演化过程来看,区域间差异贡献率呈现“平稳波动—缓慢上升—持续下降”的变化趋势,总体下降0.20%。区域内差异贡献率总体保持平稳,仅在2014年有小幅上升,这表明智慧城市试点建设可能在一定程度上拉大了地区内部各省份之间的差距。超变密度贡献率呈现“平稳波动—缓慢下降—持续上升”的变化趋势,总体上升0.26%。就贡献率大小而言,区域间差异的贡献率始终最大,区域内差异次之,超变密度最小,这表明区域间差异是我国新型基础设施KP总体区域差异形成的最主要来源,区域内差异次之,超变密度最低。

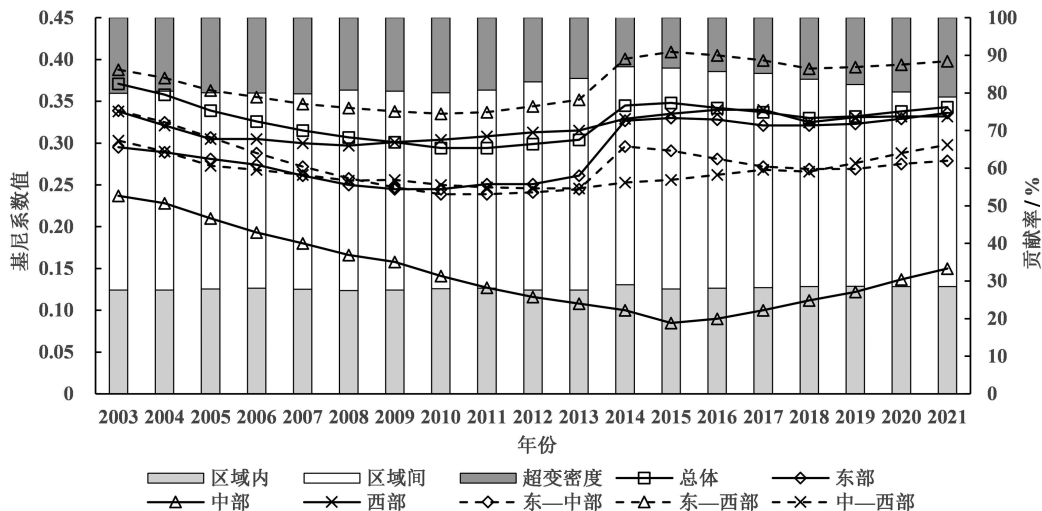


图4 中国新型基础设施KP的区域差异及其来源贡献的演变趋势

四、新型基础设施资本存量的分布动态演进

(一) 基于 Kernel 密度估计的时间演进过程

本文通过图 5 刻画新型基础设施 KP 核密度曲线的分布位置、态势、延展性和极化现象等关键属性。一是分布位置。由于我国在 20 世纪末就编制出《国家信息化“九五”规划和 2020 年远景目标(纲要)》,推动移动通信技术的迅速迭代升级,实现由“无芯”到“有芯”,再到抢占以物联网、云计算等为代表的新一代信息技术制高点,最终使全国和三大地区新型基础设施 KP 的核密度曲线向右偏移,尤其是在 2013 年后偏移幅度进一步加大。二是主峰分布形态。核密度曲线的主峰高度整体持续下降且宽度不断变大,这意味着各省份新型基础设施 KP 的离散程度呈现上升趋势。可能的解释是,相比传统基础设施,新型基础设施虽然以大数据、人工智能等高技术为支撑,具有较大的投资潜力和回报率,能吸引私人投资。但是其仍然具有投资规模大、投资期限长、短期回报有限等特点,目前在资金来源方面主要还是依靠财政资金

和专项债券,从而使各地区因财税收入差距而在新型基础设施投资力度上产生差异。三是分布延展性。全国和三大地区的核密度曲线均存在显著的右拖尾现象且分布延展的收敛性较差,这表明部分省份的新型基础设施 KP 始终处于较高水平。在样本期间,东、中和西部地区新型基础设施 KP 最大值与平均值的差距从 2003 年的 309.65 亿元、163.14 亿元和 158.28 亿元,持续攀升至 2021 年的 5 162.39 亿元、1 259.93 亿元和 1 521.51 亿元。四是波峰数目。全国和三大地区的波峰在样本期间均从“单主峰”演化为“单主峰、多侧峰或两侧峰”。其中,全国和东部地区在 2013 年后均呈现“单主峰、多侧峰”,全国的左侧波峰高于右侧,而东部地区的右侧波峰更高;中部地区在 2018 年后呈现“单主峰、左侧峰”的形态;西部地区在 2016 年后呈现“单主峰、右侧峰”的形态。这表明全国和中部地区的极化特征主要源于欠发达省份所具有的低水平新型基础设施 KP,而东、西部地区与之相反。

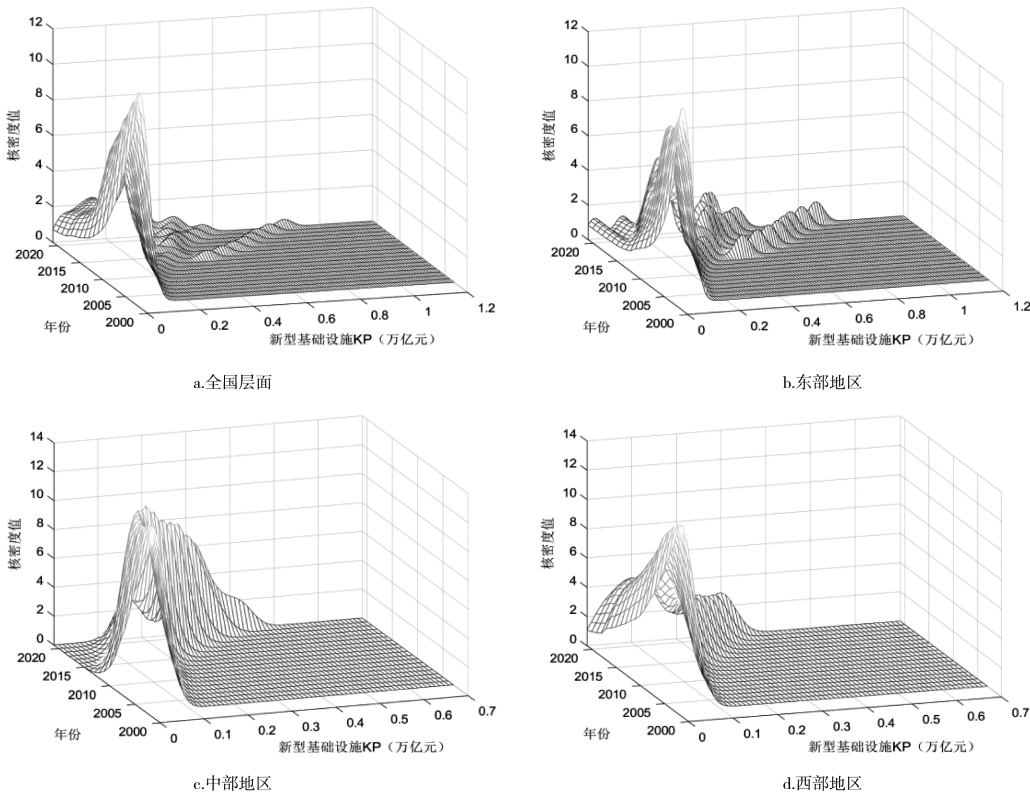


图 5 中国新型基础设施 KP 的核密度曲线

(二) 基于 Moran's I 指数的空间演进过程

为深入考察新型基础设施资本积累的空间相关性,本文分别采用不同类型的空间权重矩阵,估计出新型基础设施 KP 的全域 Moran's I 指数和局域 Moran's I 指数。从新型基础设施 KP 的全域 Moran's I 指数来看,其数值在大部分年份均显著,且在 0.016 和 0.074 之间波动上升。由此可知,随着新型基础设施 KP 的增加,其正向空间相关性逐渐增强,表现为“高一高”集聚和“低—低”集聚。进一步分析各省份的空间相关性发现,相比 2003 年,2021 年有更多的省份处于“高一高”和“低—低”集聚区域,这再次说明新型基础设施 KP 的正向空间集聚特征随着时间的演进更加明显。可能的解释是:一方面,由于存在着政府间竞争,当某省份的新型基础设施资本积累增多时,相邻省份为缩小差距,也会加大该领域的投资力度;另一方面,由于新型基础设施具有网络特性,需要相邻省份形成网络闭环才能较好地发挥作用,故能促进相邻省份的新型基础设施资本积累。截至 2021 年,18 个省份处于“高一高”和“低—低”集聚区域。

(三) 基于收敛模型的状态演进过程

1. σ 收敛分析

分析图 6 容易发现,全国层面新型基础设施 KP 的变异系数呈现“缓慢下降—反弹上升—再次下降—小幅回升”的演变趋势,由 2003 年的 0.676 9 波动下降至 2021 年的 0.654 7,降幅达到 3.29%。具体到区域层面,东部地区的变异系数虽然在变化趋势上与全国一致,但是却呈现波动上升趋势,

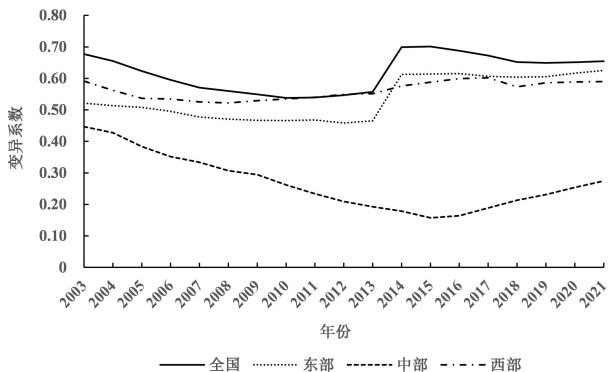


图6 新型基础设施 KP 的变异系数演化趋势

年均上升率达到 1.01%。中部地区的变异系数整体呈现“稳步下降—反弹上升”的变化趋势,由 2003 年的 0.446 8 波动下降为 2021 年的 0.274 7。西部地区的变异系数在变化趋势上也与全国一致,由 2003 年的 0.591 2 波动下降至 2021 年的 0.590 2。综上,除东部地区之外,全国以及中、西部地区新型基础设施 KP 均存在 σ 收敛。

2. 绝对 β 收敛分析

根据式(2)~式(5),在进行相关检验并采用合适的模型后,本文对新型基础设施 KP 的绝对 β 收敛进行估计,具体结果汇报于表 2。首先,在全国层面,收敛系数 β 为 -0.063,通过了 1% 的显著性水平检验,由此可知新型基础设施 KP 具有绝对 β 收敛特征且收敛速度达到 0.003 6。这表明在不考虑其他影响因素时,由于新型基础设施 KP 较低的省份拥有更快的资本积累速度,从而导致各省份新型基础设施 KP 最终会收敛至同一稳态水平。

其次,结合变异系数的演变过程,本文将样本期划分为 2004—2011 年、2012—2016 年和 2017—2021 年 3 个阶段,同时生成虚拟变量 $yr1$ 、 $yr3$,分别代表第一、第三阶段,以考察不同发展阶段的异质性特征。分析表 2 容易发现,收敛系数 β 由 2004—2011 年的 -0.081 (-0.061 - 0.020 = -0.081),上升为 2012—2016 年的 -0.061,再减小到 2017—2021 年的 -0.071,其绝对值呈现“U”形变化趋势。这表明在国家为推动区域平衡发展而实施西部大开发和中部崛起等战略后,各省份均不断加大互联网和移动通信建设,使区域间新型基础设施 KP 快速收敛。然而,以向发达地区倾斜的智慧城市试点政策实施后,新型基础设施 KP 的收敛速度受到一定程度上的抑制。但是,随着国家在 2018 年明确提出各地区要大力发展信息、融合和创新等新型基础设施建设后,这种抑制影响得以削弱。

最后,为考察不同地区的异质性特征,本文生成虚拟变量 db 、 zb ,分别代表东部和中部地区,从而再次进行实证检验。分析表 2 容易发现,东部、中部和西部地区的收敛系数 β 分别为 -0.081、-0.077 和 -0.093,说明各地区新型基础设施 KP 都具有绝对 β 收敛特征。进一步计算其收敛速度后发现,西部

地区最大,达到 0.005 4;东部地区次之,为 0.004 7;中部地区最小,仅为 0.004 5。这表明新型基础设施 *KP* 最低的西部地区和最高的东部地区在收敛速度上更快,但是处于中游水平的中部地区却更慢。可

能的解释是,东、西部地区新型基础设施 *KP* 的空间聚集特征主要表现为“高一高”集聚或“低—低”集聚,而中部地区主要表现为“高一低”集聚或“低—高”集聚。

表 2 中国新型基础设施 *KP* 的绝对 β 收敛检验结果

	全国	分阶段	分地区		全国	分阶段	分地区
模型选择	双向固定 SDM	双向固定 SDM	双向固定 SDM	模型选择	双向固定 SDM	双向固定 SDM	双向固定 SDM
β	-0.063 *** (-5.28)	-0.061 *** (-4.50)	-0.093 *** (-6.34)	<i>Hausman</i> 检验	21.87 *** [0.000]	29.96 *** [0.000]	37.72 *** [0.000]
$yr1 \times \beta$	-	-0.020 *** (-2.73)	-	个体固定效应	65.71 *** [0.000]	70.71 *** [0.000]	76.89 *** [0.000]
$yr3 \times \beta$	-	-0.010 (-1.26)	-	时间固定效应	177.91 *** [0.000]	176.38 *** [0.000]	150.66 *** [0.000]
$db \times \beta$	-	-	0.012 (1.38)	<i>LM-lag</i>	245.97 *** [0.000]	244.26 *** [0.000]	203.58 *** [0.000]
$zb \times \beta$	-	-	0.016 * (1.87)	<i>R-LM-lag</i>	71.15 *** [0.000]	78.37 *** [0.000]	74.58 *** [0.000]
δ	-0.216 *** (-3.41)	-0.180 *** (-2.58)	-0.380 *** (-4.92)	<i>LM-error</i>	175.119 *** [0.000]	184.08 *** [0.000]	129.06 *** [0.000]
$yr1 \times \delta$	-	-0.152 *** (-3.94)	-	<i>R-LM-error</i>	0.295 [0.587]	18.19 *** [0.000]	0.060 [0.807]
$yr3 \times \delta$	-	-0.099 ** (-2.39)	-	<i>LR test-lag</i>	11.52 *** [0.001]	30.08 *** [0.001]	23.67 *** [0.000]
$db \times \delta$	-	-	0.080 ** (2.37)	<i>Wald test-lag</i>	11.64 *** [0.001]	6.65 *** [0.001]	24.21 *** [0.000]
$zb \times \delta$	-	-	0.015 (0.24)	<i>LR test-error</i>	10.24 *** [0.001]	26.78 *** [0.000]	21.62 *** [0.000]
ρ	-0.271 * (-1.76)	-0.462 *** (-2.87)	-0.330 ** (-2.12)	<i>Wald test-error</i>	10.28 *** [0.001]	4.83 ** [0.028]	21.78 *** [0.000]
R^2	0.366 3	0.024 7	0.368 1	观测值	558	558	558

注:(1)小括号内为 *z* 值;(2)中括号内为 *P* 值;(3)***、**、* 分别表示在 $p < 0.01$ 、 $p < 0.05$ 、 $p < 0.1$ 时有统计学意义。下同。

为进一步分析不同类型新型基础设施 *KP* 在收敛性方面的差异,本文将式(2)~式(5)中的 *KP* 替换成信息、融合或创新三类设施的数据,再次经过相关检验并采用合适的模型后,估计出三者的绝对 β 收敛结果。分析表 3 可知,信息、融合和创新三类设施的收敛系数 β 分别为 -0.028、0.025 和 -0.076,都通过了 1% 的显著性水平检验,这说明样本期间信息和创新基础设施 *KP* 具有绝对 β 收敛特征,而融合基础设施具有发散特征。其中,创新基础设施 *KP* 的收敛速度为 0.004 4,高于信息基础设施的 0.001 6。可能的解释是,为促进区域平衡发展,中央政府有意识地将部分重大科技基础设施、高水平

的教育卫生资源向中西部地区布局,例如将成都打造成“人造太阳”、超算中心等大科学装置之都,以及鼓励东部高校一对一帮扶中西部高校,要求发达地区不得片面通过高薪酬高待遇竞价抢挖人才,从而使创新基础设施资本存量相对落后的中西部地区能产生“后发优势”,具有更快的增长速度。同时,由于融合基础设施目前仍处于快速发展阶段,并且主要来源于应用互联网、大数据和人工智能等信息技术对传统基础设施进行改造升级,然而这个融合过程是长期的、系统的,因此融合基础设施资本存量较高的省份,由于拥有较好地应用信息技术的经验和能力,从而具有更快的增长速度。

表3 不同类型新型基础设施 KP 的绝对 β 收敛检验结果

	信息基础设施	融合基础设施	创新基础设施		信息基础设施	融合基础设施	创新基础设施
模型选择	随机效应 SAR	双向固定 SDM	双向固定 SDM	模型选择	双向固定 SAR	双向固定 SDM	双向固定 SDM
β	-0.028 *** (-5.10)	0.025 *** (2.72)	-0.076 *** (-6.05)	R -LM-lag	15.13 *** [0.000]	149.83 *** [0.000]	87.05 *** [0.000]
δ		-0.117 ** (-2.28)	-0.235 *** (-3.57)	LM-error	93.52 *** [0.000]	142.52 *** [0.000]	167.94 *** [0.000]
ρ	0.564 *** (8.68)	-0.431 *** (-2.68)	-0.429 *** (-2.77)	R -LM-error	1.44 [0.231]	9.42 *** [0.002]	1.575 [0.210]
常数项	0.205 *** (5.83)	-	-	LR test-lag	1.86 [0.173]	5.21 ** [0.023]	12.49 *** [0.000]
R^2	0.174 5	0.540 2	0.374 4	Wald test-lag	1.86 [0.172]	5.19 ** [0.023]	12.77 *** [0.000]
Hausman 检验	0.96 [0.328]	2.91 * [0.088]	36.40 *** [0.000]	LR test-error	1.81 [0.179]	6.78 *** [0.009]	10.26 *** [0.001]
个体固定效应	-	47.57 *** [0.000]	71.26 *** [0.000]	Wald test-error	1.81 [0.179]	6.74 *** [0.009]	10.36 *** [0.001]
时间固定效应	-	289.58 *** [0.000]	180.07 *** [0.000]	观测值	558	558	558
LM-lag	107.21 *** [0.000]	283.04 *** [0.000]	253.41 *** [0.000]	-	-	-	-

五、主要结论与政策启示

本文在运用 PIM 的非传统途径审慎测算出 2003—2021 年中国新型基础设施的全套资本存量基础上,进一步分析了新型基础设施 KP 的区域差异和分布动态演进。主要研究结论有以下几方面。

①中国新型基础设施 KP 以年均 14.56% 的增长率快速攀升,到 2021 年已高达 8.12 万亿元,具有典型的“核心—外围”特征。在不同类型设施层面,创新基础设施 KP 处于首位且平均增速在大部分省份也最高,信息基础设施居次,融合基础设施最小。

②新型基础设施 KP 的总体差异、在中西部地区的内部差异,以及在东~中部、中~西部地区之间的差异均呈波动下降趋势。截至目前,在差异数值上呈现“西部>东部>中部”、“东—西部>东—中部>中—西部”的格局。其中,区域间差异是产生总体差异的主要来源,区域内差异居次,超变密度最低。

③新型基础设施 KP 的核密度曲线主峰位置整体右移,波峰高度持续下降、宽度持续变大,并且存在右拖尾与“单主峰、多侧峰”现象。同时,随着新型基础设施 KP 的增加,其正向空间相关性逐渐加强。此外,新型基础设施 KP 不仅存在 σ 收敛,而且具有绝对 β 收敛特征,其收敛速度先增加、后减小。其中,西部地区的收敛速度最大,东

部地区次之,中部地区最小。除融合基础设施之外,信息、创新基础设施均具有绝对 β 收敛特征,并且后者的收敛速度更高。

基于上述研究结论,本文的政策启示如下:第一,鉴于新型基础设施的资本积累速度较快,目前已攀升至较高水平,因此下一步应审慎测算不同区域、不同类型设施的投资效率,从而使其投资规模与投入效率相协调,争取做到新增投资和存量资产的良性循环,形成有效实物工作量;第二,考虑到新型基础设施资本存量具有较为明显的空间非均衡性分布特征,因此各地区需进一步分析其产生差异的关键原因,从而因地制宜采取应对措施以弥补短板、强化优势,加快缩小与存量积累丰富省份的差距;第三,鉴于东—西部之间的区域差异显著高于东—中部和中—西部,故需要着力提升西部地区的新型基础设施资本存量,加快实施“东数西算”工程,积极推动成渝地区双城经济圈以及贵州、内蒙古、宁夏等全国一体化算力网络国家枢纽节点建设,促使该地区传统基础设施融入新要素、具备新功能、呈现新形态,以缩小区域间差距;第四,考虑到不同区域和不同类型设施的收敛速度存在较大差异,因此需要国家予以政策倾斜,加快中部地区以及信息、融合基础设施资本存

量的收敛速度。

参考文献:

- [1]郭凯明,潘珊,颜色. 新型基础设施投资与产业结构转型升级[J]. 中国工业经济, 2020(3): 63-80.
- [2]LUO S, WANG T, ZHANG L M, et al. Decision-making based on network analyses of new infrastructure layouts[J]. Buildings, 2022, 12(7): 1-18.
- [3]赵剑波. 推动新一代信息技术与实体经济融合发展: 基于智能制造视角[J]. 科学学与科学技术管理, 2020, 41(3): 3-16.
- [4]孙伟增,郭冬梅. 信息基础设施建设对企业劳动力需求的影响:需求规模、结构变化及影响路径[J]. 中国工业经济, 2021(11): 78-96.
- [5]BAARK E. China's new digital infrastructure: expanding 5G mobile communications[J]. East Asian policy, 2022, 14(2): 124-136.
- [6]尚文思. 新基建对劳动生产率的影响研究:基于生产性服务业的视角[J]. 南开经济研究, 2020(6): 181-200.
- [7]潘雅茹,顾亨达. 新型基础设施投资对服务业转型升级的影响[J]. 改革, 2022(7): 94-105.
- [8]刘涛,周白雨. 效率与路径:“新基建”投资驱动与中国经济高质量发展:基于投资类别与投资空间双重异质性[J]. 济南大学学报(社会科学版), 2021, 31(6): 99-113.
- [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.
- [10] MENG J Y, ZHU Y T, HAN Y. Can “new” infrastructure become an engine of growth for the Chinese economy? [J]. Buildings, 2022(3): 341-362.
- [11]宋德勇,李超,李项佑. 新型基础设施建设是否促进了绿色技术创新的“量质齐升”:来自国家智慧城市试点的证据[J]. 中国人口·资源与环境, 2021, 31(11): 155-164.
- [12]金戈. 中国基础设施与非基础设施资本存量及其产出弹性估算[J]. 经济研究, 2016, 51(5): 41-56.

- [13]杨玉玲,郭鹏飞. 省际第三产业资本存量:框架、检验及动态轨迹[J]. 数量经济技术经济研究, 2017, 34(10): 78-93.
- [14]许宪春,张美慧. 中国数字经济规模测算研究:基于国际比较的视角[J]. 中国工业经济, 2020(5): 23-41.
- [15]胡李鹏,樊纲,徐建国. 中国基础设施存量的再测算[J]. 经济研究, 2016, 51(8): 172-186.
- [16]OECD. Measuring capital: OECD manual[M]. Paris: OECD Publishing, 2009: 91-93.
- [17]徐蔼婷,靳俊娇,祝瑜晗. 我国研究与试验发展资本存量测算:基于财富与生产双重视角[J]. 统计研究, 2021, 38(5): 15-28.
- [18]郭鹏飞,曹跃群,杨玉玲. 基础设施资本回报率的估算及影响因素研究[J]. 南方经济, 2021(1): 83-101.
- [19]YOUNG A. Gold into base metals: productivity growth in the people's republic of China during the reform period[J]. Journal of political economy, 2003, 111(6): 1220-1261.
- [20]张军,吴桂英,张吉鹏. 中国省际物质资本存量估算:1952—2000[J]. 经济研究, 2004(10): 35-44.
- [21]DAGUM C. Decomposition and interpretation of Gini and the generalized entropy inequality measures[J]. Statistica-bologna, 1997, 57(3): 295-308.
- [22]QUAN D T. Empirics for growth and distribution: stratification, polarization, and convergence clubs[J]. Journal of economic growth, 1997, 111(6): 1220-1261.
- [23]郭鹏飞,胡歆韵,李敬. 中国网络基础设施资本回报率的区域差异与空间收敛性研究[J]. 数量经济技术经济研究, 2022, 39(1): 73-93.
- [24]涂正革,程焱,张沐. 中国营商环境地区差异及时空演变特征研究[J]. 数量经济技术经济研究, 2022, 39(7): 3-25.
- [25]ELHORST J P. Matlab software for spatial panels[J]. International regional science review, 2014, 37(3): 389-405.

(本文责编:润 泽)