

中国新基建发展的时空演变及驱动因素

张 佩¹, 王姣娥^{1,2*}, 肖 凡^{1,2}

(1. 中国科学院地理科学与资源研究所, 区域可持续发展分析与模拟重点实验室, 北京 100101;

2. 中国科学院大学资源与环境学院, 北京 100049)

摘 要:新基建已成为中国现阶段经济转型与高质量发展的重要支撑。为考察中国新基建发展时空演变及其驱动因素, 论文基于2013—2020年的省级面板数据, 构建新基建发展水平的综合评价指标, 进而运用TOPSIS-熵值法和空间计量模型对其进行测度及影响因素分析。结果发现: ①中国新基建发展水平逐年提高, 各省域之间的差距呈现出不断缩小的趋势; ②中国新基建发展水平存在着较大的空间异质性, 东部地区远高于中部、西部和东北地区, 整体时空演化格局呈现出东西扩张态势, 重心不断向西南方向移动; ③新基建发展水平受到多种因素的影响, 其中, 经济发展水平、金融发展水平、创新基础、城市化进程和人口规模等是关键性驱动因素。论文通过考察中国新基建在时空上的格局演化及其影响因素, 希冀为其优化布局与发展提供决策参考。

关键词:新型基础设施; 信息基建; 融合基建; 创新基建; 发展水平; 中国

2018年12月, 中央经济工作会议首次提出“新基建”(新型基础设施建设)概念。随着在抗击新冠病毒感染过程中对无接触、智能化产品和服务的需求加大, 新基建发展的重要性和紧迫性愈发凸显。为此, 全国各级政府积极部署新基建发展方案, 旨在加快社会经济高质量发展。这客观上要求精准把握新基建发展现状及驱动因素, 以此为各级政府的决策部署提供科学依据。

目前, 学术界在新基建领域已经积累了一定的成果, 但主要集中于顶层设计角度的战略布局^[1-3]。虽然有学者从描述统计角度分析了中国新基建发展现状^[4], 但并未直观展现出中国新基建的空间格局, 对其综合量化评价方面更显不足。尽管如此, 按照国家发展和改革委员会(简称“发改委”)对新基建包含信息基建、融合基建和创新基建等3个方面的权威解读^[4], 学术界在这3个方面的量化评价已

经开展了大量研究。其中, 在信息基建评价方面, 主要使用固定电话、移动电话、互联网和邮电业务或信息基建领域中的相关专利数据等指标^[5-6]; 在融合基建评价方面, 已有研究针对智慧能源或智慧交通多采用定性评价, 而在智慧城市和智慧产业等领域也有学者构建了综合评价指标^[7-8], 但多数指标仍采用互联网和电信业务等信息基建的内容; 在创新基建评价方面, 部分采用政策解读或案例解析的定性方法^[9], 也有学者采用研发支出等系列指标来综合评价创新基建质量^[10]。如吕拉昌等^[11]采用国家重大科技基础设施、科教基础设施、产业技术创新基础设施等指标进行衡量, 基本吻合了新基建中创新基建的内容^[12]。除此之外, 亦有学者尝试基于新基建3个方面对其做出综合评价^[13], 但所选指标并未体现新基建“新”的特征。在妥善选取新基建综合评价指标的基础上, 对其综合评价的方法和驱动因

收稿日期: 2022-06-30; 修订日期: 2022-10-13。

基金项目: 国家杰出青年科学基金项目(42225106); 中国博士后科学基金项目(2022M713121)。[Foundation: National Natural Science Foundation of China for Distinguished Young Scholars, No. 42225106; China Postdoctoral Science Foundation Program, No. 2022M713121.]

第一作者简介: 张佩(1992—), 男, 河南灵宝人, 博士, 博士后, 研究方向为新基建与区域发展。E-mail: zhangpei@igsrr.ac.cn

*通信作者简介: 王姣娥(1981—), 女, 湖南涟源人, 研究员, 博士生导师, 研究方向为交通地理与区域发展研究等。

E-mail: wangjc@igsrr.ac.cn

引用格式: 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.] DOI: 10.18306/dlkxjz.2023.02.001

素分析可以借鉴传统基建^[14-17],毕竟前者相对后者存在着继承与发展的关系^[4]。

综上所述,已有研究为新基建发展水平的综合评价积累了丰富经验,但仍存在以下几点可改进之处:第一,学者多基于单一领域对新基建发展水平进行测度,缺乏能够全面刻画新基建发展水平的优化指标;第二,由于数据的限制,部分学者虽尝试综合测度新基建发展水平,但在指标选取方面难以体现出新基建“新”的特性,导致新基建发展水平的综合评价缺乏相对合理性,因而亟需进行必要的修正与完善;第三,由于影响新基建发展水平的多个因素在相邻地理区位上常存在空间溢出效应,加之空间单元的划分或归并可导致空间数据误差的出现^[18-19],地区尺度上新基建的发展水平通常表现出较强的空间自相关性(spatial autocorrelation);然而,既有研究尚少讨论新基建发展的驱动因素,尤其是考虑空间自相关后的修正探讨。因此,全面综合评价新基建发展水平并分析全国尺度下新基建的时空演化格局,有利于更进一步把握和理解中国新基建发展现状及布局规律;同时,新型基础设施通常具备跨区域服务的特性,基于空间关联视角探讨新基建布局的驱动机制,不仅有利于通过揭示其布局规律来拓展和深化传统区位理论,而且有助于区域发展政策制定向跨行政单元思路上的突破。

基于此,本文拟结合国家发改委对新基建做出的权威解读和已有文献及政策文本的梳理,从信息基建、融合基建和创新基建3个方面的内容构建新基建发展水平的综合评价指标体系,并运用TOPSIS-熵值法测度中国新基建发展水平。在此基础上,利用空间统计标准差椭圆(SDE)等方法^[20]分析其时空演化特征,并运用空间计量模型探讨其驱动因素,以期为中国新基建发展提供一定价值的借鉴参考。

1 研究方法 with 数据来源

1.1 新基建发展水平的测度

尽管新基建自提出以来便引起了社会各界的高度关注,但截至目前并未形成统一的理解和认识。央视新闻曾在2019年3月2日的报道中提出,新基建包括5G、特高压、城际高速铁路和城际轨道交通、新能源汽车充电桩、大数据中心、人工智能、

工业互联网等7大领域^①。到2020年4月,国家发改委对新基建做出了详细解读,认为新基建包括信息基础设施、融合基础设施和创新基础设施等3个方面的内容,其中:信息基础设施主要包括5G、物联网、工业互联网、卫星互联网等通信网络基础设施,人工智能、云计算、区块链等新技术基础设施和数据中心、智能计算中心等算力基础设施;融合基础设施主要包括智能交通基础设施和智慧能源基础设施等;创新基础设施主要包括重大科技基础设施、科教基础设施、产业技术创新基础设施等。虽然“七领域说”因特高压输电、城市地铁等已建设多年而受到质疑,但新基建并不一定是新的基建,而是与传统基建存在继承与发展的关系^[3-4]。此外,新基建在新冠疫情防控中发挥的作用有目共睹,诸如健康码、线上会议、智慧生活等配套设施的建立。

综上所述,本文基于已有文献和政策文本的回顾与梳理,从信息基础设施、融合基础设施和创新基础设施3个方面对新基建发展水平予以测度。具体而言,将城际高速铁路与城际轨道交通计入智慧交通基础设施,将特高压和充电桩计入智慧能源基础设施,将医疗IT和智慧城市纳入防疫基建,构建了新基建发展水平的综合评价指标(表1)。其中,物联网、工业互联网和区块链等三级指标皆存在跨区域的天然属性,故而需要区分该类型设施对单个区域的影响评价。然而,区域某一类设施发展水平越高,即代表着该地区对相关设施的供给与需求能力越强,那么相关企业的数量自然就多,因此,本文采用区域内对应设施的相关企业数量作为代理变量。

另外,本文使用TOPSIS-熵值法测度新基建发展水平,TOPSIS-熵值法是对传统TOPSIS评价法的改进,通过熵值法确定评价指标的权重能够避免主观因素的影响,再通过TOPSIS法利用逼近理想解的技术确定评价对象的排序,进而得到新基建发展水平的综合评价结果^[21]。计算步骤如下:

(1) 假设被评价对象有 m 个,每个被评价对象的评价指标有 n 个,构建判断矩阵 X :

$$X = (x_{ij})_{m \times n} \quad (i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n) \quad (1)$$

(2) 对判断矩阵进行标准化处理,本文指标均为正向指标,因此:

$$Y_{ij} = \frac{X_{ij} - \min(X_j)}{\max(X_j) - \min(X_j)} \quad (2)$$

① <http://jingji.cctv.com/2019/03/02/ARTIvuyfQ1gT9p5T0pXTWTkv190302.shtml?spm=C87458.PxZ1sQfyXDLK.S83118.3>。

表1 新基建发展水平综合评价指标体系

Tab.1 Comprehensive evaluation indicator system of new infrastructure development level

一级指标	二级指标	三级指标	四级指标
信息基础设施(N_1)	通信网络基础设施(N_{11})	5G(N_{111})	移动电话基站数量(N_{1111})
		物联网(N_{112})	物联网相关企业数量(N_{1121})
		工业互联网(N_{113})	工业互联网相关企业数量(N_{1131})
		卫星互联网(N_{114})	卫星互联网相关企业数量(N_{1141})
	新技术基础设施(N_{12})	人工智能(N_{121})	人工智能相关企业数量(N_{1211})
		云计算(N_{122})	云计算相关企业数量(N_{1221})
		区块链(N_{123})	区块链相关企业数量(N_{1231})
	算力基础设施(N_{13})	数据中心(N_{131})	数据中心相关企业数量(N_{1311})
		智能计算中心(N_{132})	国家超级计算中心数量(N_{1321})
融合基础设施(N_2)	智慧交通基础设施(N_{21})	城际高速铁路与城际轨道交通(N_{211})	轨道交通里程(N_{2111})
		智慧交通(N_{212})	智慧交通相关企业数量(N_{2121})
	智慧能源基础设施(N_{22})	特高压(N_{221})	特高压相关企业数量(N_{2211})
		充电桩(N_{222})	充电桩相关企业数量(N_{2221})
		能源生产和利用设施智能化(N_{223})	智慧能源相关企业数量(N_{2231})
	防疫基建(N_{23})	医疗IT(N_{231})	智慧医疗相关企业数量(N_{2311})
		智慧城市(N_{232})	智慧生活相关企业数量(N_{2321})
	重大科技基础设施(N_{31})	重大科技基础设施(N_{311})	重大科技基础设施数量(N_{3111})
		科教基础设施(N_{32})	国家重点实验室数量(N_{3211})
		产业技术创新基础设施(N_{33})	高新技术产业特色产业基地数量(N_{3311})

(3) 计算信息熵 E_j :

$$E_j = -k \sum_{i=1}^m p_{ij} \ln p_{ij} \quad (3)$$

式中: $p_{ij} = \frac{Y_{ij}}{\sum_{i=1}^m Y_{ij}}$; $k = \frac{1}{\ln m}$ 。

(4) 确定各指标的权重,通过信息熵计算各个指标的权重 w_j :

$$w_j = \frac{1 - E_j}{\sum_{j=1}^n (1 - E_j)} \quad (4)$$

式中: $w_j \in [0, 1]$, 且 $\sum_{j=1}^n w_j = 1$ 。

(5) 计算加权矩阵 R :

$$R = (r_{ij})_{m \times n} \quad (5)$$

$$r_{ij} = w_j \cdot x_{ij} \quad (i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n)$$

(6) 确定最优解 s_j^+ 和最劣解 s_j^- :

$$s_j^+ = \max(r_{1j}, r_{2j}, \dots, r_{mj}), s_j^- = \min(r_{1j}, r_{2j}, \dots, r_{mj}) \quad (6)$$

(7) 计算各种方案与最优解和最劣解的欧氏距离 sep_i^+ 、 sep_i^- :

$$\text{sep}_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (s_j^+ - r_{ij})^2}, \text{sep}_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (s_j^- - r_{ij})^2} \quad (7)$$

(8) 计算综合评价指数 C_i :

$$C_i = \frac{\text{sep}_i^-}{\text{sep}_i^+ + \text{sep}_i^-}, C_i \in [0, 1] \quad (8)$$

1.2 变量选取与模型说明

影响新基建发展的因素众多,为了确保核心因素不被遗漏,同时兼顾数据的可获得性,本文基于已有研究成果来选择新基建发展的驱动因素。第一,经济发展水平较高的国家往往更具有增加基础设施投资的动机^[22],因为经济发展会提高基础设施的需求与供给能力^[23],那么经济发展必定会增加新基建投资,更有能力维护、升级或改造传统基建;第二,产业结构可能会影响新基建的需求^[24],因为工业互联网、物联网、云计算等新型基建将助力智慧产业的形成及运营^[8],如智慧社会下的远程办公等^[25];第三,任何基建的发展都需要足额的资金支撑,而且已有研究表明,金融发展水平是基础设施发展的影响因素^[16],而需要较大投资规模的新基建自然离不开优良金融发展水平的加持;第四,新基建与新技术革命前沿紧密结合,以技术创新为驱动^[1],所以创新基础也有可能是新基建发展的重要驱动力;第五,基础设施与城市化密切相关^[26],农村人口转移到城市将增加配套基础设施的需求,拉动基础设施的投资^[27-28],因而城市化进程也可能影响新基建的

发展;最后,人口规模可能对新基建发展产生影响,因为人口规模和基础设施的市场需求密切相关,人口规模越大对基础设施的需求往往越大。综上所述,本文将选择经济发展水平、产业结构高度化、产业结构合理化、金融发展水平、创新基础、城市化进程、人口规模等变量来探讨新基建发展水平的驱动因素,具体计算方法见表2。

为检验新基建发展水平的影响因素,本文首先构建了各省域新基建发展水平影响因素估计的面板模型:

$$D_{it} = \beta_0 + \beta_1 X_{it} + \varepsilon_{it} \quad (9)$$

式中: i 代表地区, t 代表年份; D_{it} 为 i 地区 t 年的新基建发展水平, X_{it} 为各省新基建发展水平的影响因素, β_1 为 X_{it} 的系数, β_0 为常数项, ε_{it} 为残差项。

进一步考虑空间依赖性,选择空间杜宾模型进行估计。模型如下:

$$D_{it} = \beta_0 + \rho W * D_{it} + \beta_1 X_{it} + \rho_1 W * X_{it} + \varepsilon_{it} \quad (10)$$

式中: W 为空间邻接权重, $W * D_{it}$ 为新基建发展水平的空间滞后变量, $W * X_{it}$ 为影响因素的空间滞后变量, ρ 、 ρ_1 分别反映被解释变量 D_{it} 和解释变量 X_{it} 的空间溢出效应。所以,空间杜宾模型同时考察邻近地区新基建发展水平对本地新基建发展水平的影响和邻近地区影响因素对本地新基建发展水平的影响。

1.3 数据来源

本文以全国31省(市、区)(不含港澳台地区)为研究样本,考虑到“新基建”数据可得性与及时性而选取2013—2020年作为时期跨度。新基建发展水平综合指标数据主要来源于企查查平台(<https://www.qcc.com/>)、《中国火炬统计年鉴(2013—2020)》、科塔学术网站(<https://www.sciping.com/>)等,新基建发展的驱动因素数据主要来源于《中国

统计年鉴(2013—2020)》和《国民经济和社会发展统计公报(2013—2020)》等,个别数据缺失值采用插值法补充。

2 中国新基建发展的时空演变特征

2.1 新基建发展水平的时间演变趋势

中国新基建发展水平逐年提高,而其变异系数(CV)整体呈下降趋势(图1)。本文运用基于熵值法的TOPSIS模型对中国新基建发展水平进行评价,结果显示,2013—2020年全国新基建发展水平呈持续增长趋势,其增长率也在波动中不断增长,2020年增长率达29.95%。截至2020年,广东的新基建发展水平位居全国首位,其次是北京、江苏、山东、浙江、上海等,青海和宁夏等地区发展较为落后。然而,从变异系数来看,全国新基建发展水平的差异在波动中持续下降,特别是2020年较上一年直接下降了7.67%。究其原因,离不开全国各省(市)对新基建发展的重视,其中:福建、海南和西藏等地2013—2020年新基建发展水平翻了10余倍;其次是贵州,提高了近6倍;湖南、宁夏和广西等地也取得了长足的发展。

2.2 新基建发展水平的空间演化

中国新基建发展水平存在着较大的空间异质性,东部地区远高于中部、西部和东北地区(图2)。具体来看,4大区域的新基建发展水平持续提高,其中,东部地区新基建发展水平远远高于全国平均水平,而中部、西部和东北地区新基建发展水平均低于全国平均水平。从绝对值来看,2013—2020年期间,中部地区新基建发展水平一直领先于西部和东北地区,而西部地区在2019年后略微超过东北地区。就增长率而言,西部地区2014—2020年间的平

表2 空间计量回归模型的变量含义及计算方法

Tab.2 Definition and calculation methods of variables in the spatial econometric regression model

变量	符号	名称	测算方法	单位
因变量	New	新基建发展水平	综合测算指标	—
自变量	PGDP	经济发展水平	人均GDP	万元
	AIS1	产业结构高度化	第三产业增加值/第二产业增加值	—
	AIS2	产业结构合理化	借鉴袁航等 ^[29] 采用Theil测算	—
	FD	金融发展水平	年末全部金融机构各项贷款余额/GDP	—
	INNO	创新基础	研发人员全时当量	万人
	UP	城镇化进程	城镇人口比重	%
	POP	人口规模	总人口	亿人

均增长率最高,达21.39%,其次是中部地区(18.95%),均高于全国平均增速(16.67%),而东部地区(15.74%)和东北地区(8.22%)均低于全国平均水平。同时,西部地区新基建发展水平的增长率在2020年居4大板块第一位,高达31.34%;其次是东部地区,为30.84%,在拉动当年全国平均增长率方面起了重要作用;而中部和东北地区也存在着较大提升,增长率分别为29.17%和16.73%。

与此同时,东部和西部地区新基建发展水平存在着较大的不均衡性,高于中部和东北地区。从4大区域新基建发展水平的变异系数来看,尽管东部地区的变异系数呈现出先增大后下降的趋势,且2014—2019年一直高于其他3大区域,到2020年被西部地区超越,但其内部各省(市)的差距仍很大,如

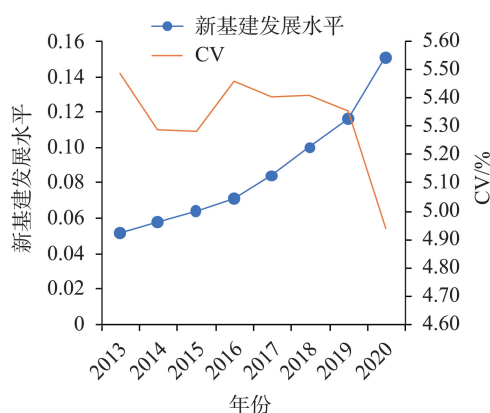


图1 中国新基建发展水平

Fig.1 The development level of new infrastructure in China

北京和海南等;中部地区新基建发展水平的变异系数自2014年后一直呈下降态势,这可能源于中部崛起战略的持续深化;西部地区新基建发展水平的变异系数明显高于中部和东北地区,且其波动幅度以2018年为分界线呈现出先下降后增大的趋势,可能主要是因为2018年中国提出新基建之后,贵州、陕西、四川和重庆等地区新基建发展速度快于西部其他地区;东北地区的变异系数在4大区域一直处于最低状态,且2013—2020年在波动中基本维持稳定,体现了东北三省在新基建发展方面的步调基本一致。

此外,中国新基建发展水平的时空演化格局呈现出东西扩张态势,重心不断向西南方向移动。从图3可以看出,2013—2020年中国省域尺度下新基建发展水平的重心由河南和安徽交界处经河南向湖北移动,大致向西位移97.42 km,向南移动176.22 km,总体移动201.35 km。与此同时,中国新基建发展水平空间分布标准差椭圆长轴与短轴的比值呈缩小趋势,即椭圆的东西方向呈扩张态势,体现出中国近年来西部地区新基建发展水平的增长拉动作用强劲。

3 新基建发展水平的驱动因素分析

通过空间自相关分析(Moran's I)证明了新基建发展水平具有一定空间正相关性,对于具有较强空

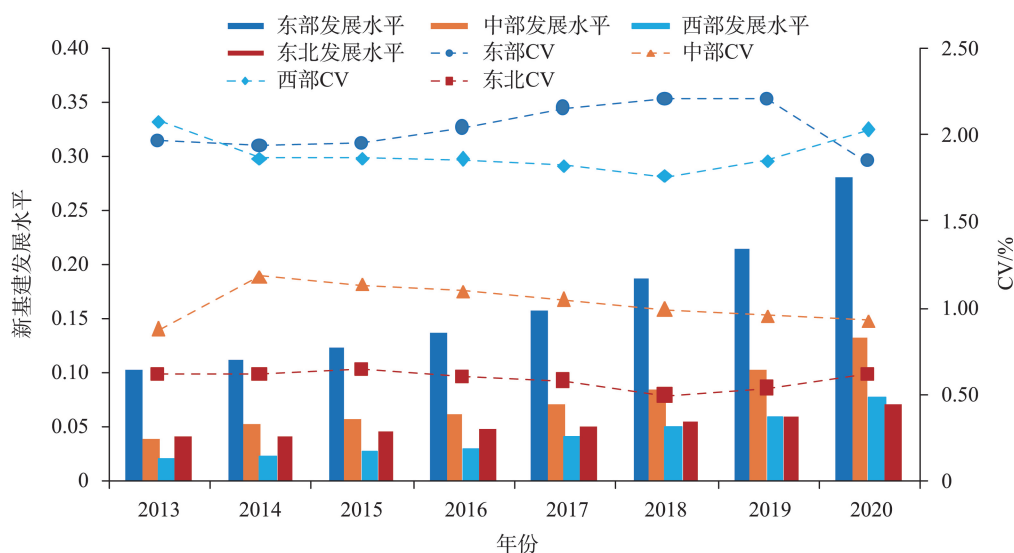
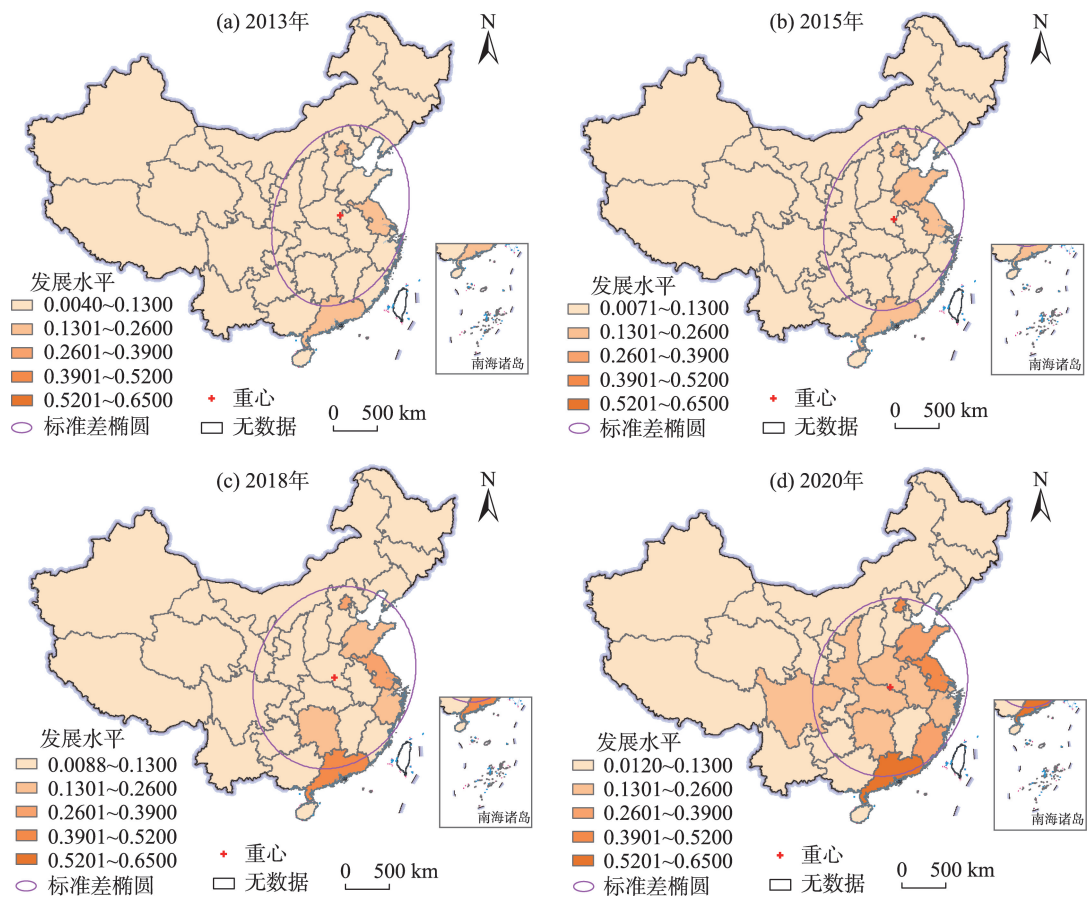


图2 中国4大区域新基建发展水平

Fig.2 The development level of new infrastructure in the four main economic regions of China



注:本图基于自然资源部标准地图服务网站下载的审图号为GS(2020)4628号的标准地图绘制,底图无修改。

图3 中国新基建发展水平的时空格局

Fig.3 Temporal and spatial patterns of China's new infrastructure development level

间自相关性的空间数据而言,采用最小二乘法回归是有偏误的^[30],故探讨其影响因素应考虑空间依赖性,宜采用空间计量模型。在进行空间计量分析之前,本文通过LM检验、Hausman检验、LR检验和Wald检验等方法进行比较空间滞后模型(spatial lag model, SLM)、空间误差模型(spatial error model, SEM)和空间杜宾模型(spatial Durbin model, SDM)的适配性(表3),最终确定采用固定效应下的空间杜宾模型(SDM)来探讨新基建发展水平的驱动因素。

基于空间邻接权重矩阵,本文采用固定效应下的SDM估计新基建发展水平的驱动因素,结果如表4所示。其中,模型1(M1)采用了时间固定效应,模型2(M2)采用了个体固定效应,模型3(M3)采用了混合固定效应,结果显示:模型1的拟合度高于模型2和模型3,可信度更强($R^2=0.815$),故本文重点关注模型1的回归结果。

从具体结果来看,模型1空间滞后项系数(ρ)通

表3 空间面板模型的检验结果	
Tab.3 Test results of the spatial panel model	
检验方法	结果
LM_spatial_error	3.137 [*]
LM_spatial_lag	5.417 ^{**}
Hausman	86.49 ^{***}
LR_sar	31.55 ^{***}
LR_sem	18.04 ^{**}
Wald_spatial_error	17.65 ^{**}
Wald_spatial_lag	17.13 ^{**}

注:*, **, ***分别表示 $P<0.1$ 、 $P<0.05$ 、 $P<0.01$ 。下同。

过了1%的显著性水平检验($P<0.01$),且空间效应显著为负,表明新基建发展水平在省域之间具有负向的空间溢出效应。

经济发展水平(PGDP)对新基建发展水平具有显著正向影响($P<0.01$)。由于人均GDP是区域综合经济实力的反映,一个地区的经济实力越强,往往越有能力解决新基建的供需矛盾,从而为新基建

表4 固定效应SDM模型估计结果
Tab.4 Estimation results of the SDM based on fixed effects

变量	时间固定效应(M1)	个体固定效应(M2)	混合固定效应(M3)
PGDP	0.036*** (<0.01)	0.102*** (<0.01)	0.071*** (<0.01)
AIS1	0.017*** (<0.01)	0.020* (0.07)	0.027*** (0.01)
AIS2	0.145*** (<0.01)	0.044 (0.18)	0.006 (0.83)
FD	0.035*** (<0.01)	-0.002 (0.83)	-0.016** (0.02)
INNO	0.004*** (<0.01)	0.006*** (<0.01)	0.006*** (<0.01)
UP	0.194*** (<0.01)	-0.540*** (<0.01)	-0.671*** (<0.01)
POP	0.077*** (<0.01)	0.952*** (<0.01)	0.964*** (<0.01)
W*PGDP	0.048** (0.04)	0.022 (0.49)	0.003 (0.93)
W*AIS1	-0.005 (0.59)	-0.036** (0.05)	0.010 (0.60)
W*AIS2	0.043 (0.33)	0.140* (0.05)	0.031 (0.64)
W*FD	0.026** (0.04)	-0.002 (0.90)	-0.056*** (<0.01)
W*INNO	0.003*** (<0.01)	0.003** (0.03)	0.004*** (<0.01)
W*UP	-0.165*** (<0.01)	0.988*** (<0.01)	0.366*** (0.01)
W*POP	-0.066*** (<0.01)	-0.031 (0.91)	0.350 (0.16)
ρ	-0.323*** (<0.01)	-0.012 (0.89)	-0.431*** (<0.01)
sigma2_e	0.001*** (<0.01)	<0.001*** (<0.01)	<0.001*** (<0.01)
样本数	248	248	248
R ²	0.815	0.237	0.192
地区数	31	31	31

注：括号内为标准误。下同。

的发展提供良好的基础环境。同时,经济发展水平的空间滞后项对新基建发展水平的估计结果也通过了5%的正向显著性水平检验,说明经济发展水平具有明显的空间溢出效应,即周边地区经济发展水平对当地新基建发展的传导作用明显。

产业结构高度化(AIS1)对新基建发展水平具有显著正向影响($P < 0.01$)。这表明中国第三产业相对第二产业更有助于推进新基建发展,间接体现了中国服务业数字化的程度高于制造业的客观现实。然而,产业结构高度化的空间滞后项对新基建

发展水平的估计结果并不显著,即周边地区产业结构对当地新基建发展的传导效果不明显,可能的原因在于以现代服务业为主的第三产业的空間服务范围集中于本地区。

产业结构合理化(AIS2)对新基建发展水平具有显著正向影响($P < 0.01$)。这表明产业结构合理化,即产业之间协调能力和资源有效利用程度^[31]对新基建发展具有促进作用。然而,产业结构合理化的空间滞后项对新基建发展水平的估计结果也没通过显著性水平检验,表明周边地区产业结构合理化

对本地新基建发展的作用不明显,原因可能在于目前跨区域的产业协调和资源利用还没充分利用新基建的价值,从而对新基建发展的促进作用未得到完全发挥。

金融发展水平(FD)对新基建发展水平具有显著正向影响($P < 0.01$)。因为金融发展水平往往代表着地区的投融资能力,而新基建对投资规模要求较高,所以新基建的发展离不开发达的金融发展。与此同时,金融发展的空间滞后项对新基建发展水平的估计结果也通过了5%的显著性水平检验,说明周边地区金融发展对当地新基建发展具有明显的正向传导作用,这符合现实中跨区域参与投融资的基本事实。

创新基础(INNO)对新基建发展水平具有显著正向影响($P < 0.01$)。新基建对技术水平的要求较高,而领先的技术水平需要优良的创新基础作为根基,所以创新基础对新基建的发展具有正向促进作用。与此同时,创新基础的空间滞后项对新基建发展水平的估计结果也通过了1%的显著性水平检验,且方向为正,表明周边地区的创新基础有助于本地新基建发展,反映了创新具有较强的空间溢出效应^[32-33]。

城市化进程(UP)对新基建发展水平具有显著的正向影响($P < 0.01$)。由于新基建旨在推进数字化、网络化和智能化等转型,而城市对其供给与需求能力往往更高,所以城市化进程有助于新基建发展。然而,城市化进程的空间滞后项对新基建发展水平的估计结果显示,周边地区城市化进程对当地新基建发展具有显著的负向传导作用,可能的原因在于城市的虹吸效应大于溢出效应^[34],进而对本地新基建发展更有利。

人口规模(POP)对新基建发展水平具有显著正向影响($P < 0.01$)。原因主要在于人口规模和新基建的市场需求密切相关,人口规模越大,新基建的需求量自然也就越高,从而推进新基建的发展。与此同时,人口规模的空间滞后项对新基建发展水平具有显著负向影响,估计结果通过了1%的显著性水平检验,表明周边地区的人口规模越大会反向抑制本地新基建发展,原因可能在于周边地区人口规模越大,往往对新基建的市场需求就越大,而相对来说本地较小的市场需求使新基建发展的动机减少。

此外,为了更好地体现各影响因素空间溢出的

方向和大小,本文借鉴 LeSage 等^[35]的做法,根据拟合优度较好的时间固定效应 SDM 模型估计结果,求得偏微分进而估计各影响因素对新基建发展水平的直接影响和间接影响,结果见表5。其中,经济发展水平(PGDP)对新基建发展水平的直接效应和总效应显著为正,表明经济发展对新基建发展的正向作用主要来源于本地,原因可能在于新基建的发展需要本地拥有足够的经济实力,同时地区经济发展,特别是在当前逐渐向数字经济转型的过程中又加大了对新基建的需求^[36];产业结构高度化(AIS1)对新基建发展水平的直接效应显著为正,间接效应和总效应均未通过显著性水平检验,说明产业结构对新基建发展的影响集中体现于本地,原因主要在于本地区的产业结构决定着新基建的布局与发展方向,如工业为主的地区转型升级过程中会增加对工业互联网等新型基础设施的需求^[37];产业结构合理化(AIS2)对新基建发展水平的直接效应和总效应均通过了1%的显著性水平检验,且方向为正,而其间接效应未通过显著性水平检验,表明产业结构合理化对新基建发展水平的影响主要来自本地,原因可能在于行政区划和市场分割等因素不利于跨区域的产业协调和资源流动^[38],从而导致周边地区产业结构合理化对新基建的促进作用不明显;金融发展水平(FD)对新基建发展水平的直接效应和总效应均通过了显著性水平检验,方向均为正,表明金融发展水平对新基建建设的影响主要来自于本地,

表5 解释变量对新基建发展水平的直接效应和间接效应
Tab.5 Direct and indirect influences of independent variables on the development level of new infrastructure

变量	直接效应	间接效应	总效应
PGDP	0.035** (0.01)	0.028 (0.13)	0.063*** (<0.01)
AIS1	0.017*** (<0.01)	-0.008 (0.33)	0.009 (0.22)
AIS2	0.149*** (<0.01)	-0.002 (0.96)	0.147*** (<0.01)
FD	0.034*** (<0.01)	0.011 (0.26)	0.045*** (<0.01)
INNO	0.004*** (<0.01)	0.002*** (<0.01)	0.006*** (<0.01)
UP	0.213*** (<0.01)	-0.184*** (<0.01)	0.028 (0.36)
POP	0.084*** (<0.01)	-0.074*** (<0.01)	0.010 (0.57)

原因可能在于新基建的发展对资金的需求往往较大,需要大量的投融资,但由于当前关键核心技术能力不足、技术路线不确定、网络和信息安全、投融资机制不畅等问题的存在^[4],导致周边地区金融能力对本地新基建发展的促进作用不明显;创新基础(INNO)对新基建发展水平的直接、间接和总效应均通过了显著性水平检验,表明区域内及周边地区创新基础均对本区域新基建发展具有积极影响,原因可能在于创新基础是人工智能、物联网、区块链等新型基础设施建设与维护的必要条件,而且创新又具有明显的溢出效应^[39];城市化进程(UP)对新基建发展水平的直接效应和间接效应均通过了显著性水平检验,但两者的方向相反,证明了城市化进程对本地新基建发展有促进作用,而周边区域城市化进程对本地新基建发展具有抑制作用,即城市化进程主要以虹吸原理推进新基建发展,原因主要在于中国城市的智慧化转型加大了新基建的需求^[40],而本地城市化进程对新基建的需求往往只需要在本地进行满足;人口规模(POP)对新基建发展水平的直接效应和间接效应均通过了1%的显著性水平检验,但直接效应的方向为正,间接效应的方向为负,进一步验证了人口规模与新基建的发展密切相关,人口规模越大越有利于新基建的发展,原因可能在于出于集约化考虑,新基建的建设更倾向于人口规模较大的区域。

4 结论与讨论

新基建是应对新一轮科技革命和产业变革的核心支撑。为了准确把握中国新基建发展状况及其时空演化特征,本文首先构建了新基建发展水平的综合评价指标体系,进而测度并刻画出中国新基建发展水平及时空演化特征,在此基础上探讨了其驱动因素。得出以下主要结论:

(1) 2013—2020年期间,中国新基建发展水平逐年增长,且增长幅度有增大的趋势;但各省域新基建发展水平的差距呈逐年缩小趋势,其变异系数不断降低。

(2) 中国新基建发展水平存在着较大的空间异质性,东部地区新基建发展水平远远高于全国平均水平,其次是中部、西部地区,东北地区的新基建发展水平最低;整体时空演化格局呈现出东西扩张态势,重心不断向西南方向移动。

(3) 新基建发展水平受到多种因素的影响,其中,经济发展水平、创新基础、城市化进程和人口规模等是关键性驱动因素。

伴随着中国新基建发展步伐加快,未来必须结合区域比较优势,合理规划布局新基建。基于上述分析,进一步落实新基建发展战略可以从2个方面入手:一是结合区域新基建发展现状,综合考虑本地及周边地区经济发展、创新基础、城市化进程、人口规模等因素,科学评估区域实际供需能力,优化新基建布局策略;二是鉴于新基建发展驱动因素的空间溢出效应,应在加强本地与周边地区经济社会联系的基础上从区域整体或跨区域的角度制定新基建的布局政策。随着新基建驱动因素可识别性与可控性的增强,区域发展条件将成为新基建布局优化研究更有效的依据。

本文还存在一定局限性,由于数据限制,在测算新基建发展水平时较多地以不同类型新基建相关企业数量作为代理变量,使新基建发展水平的评价结果可能存在一定偏差。因此,在数据可获取的前提下,未来研究还可以用更为可靠的数据探讨中国新基建发展现状和影响因素,以及进行新基建类型异质性等问题的探讨。

参考文献(References)

- [1] 金凤君. 以“新基建”为牵引促进东北地区融合创新发展[J]. 学习与探索, 2021(1): 120-124. [Jing Fengjun. Promoting the integrated and innovative development of Northeast China under the guidance of "new infrastructure". Study & Exploration, 2021(1): 120-124.]
- [2] 李晓华. 面向智慧社会的“新基建”及其政策取向[J]. 改革, 2020(5): 34-48. [Li Xiaohua. New infrastructure construction and policy orientation for a smart society. Reform, 2020(5): 34-48.]
- [3] 郭朝先, 王嘉琪, 刘浩荣. “新基建”赋能中国经济高质量发展的路径研究[J]. 北京工业大学学报(社会科学版), 2020, 20(6): 13-21. [Guo Chaoxian, Wang Jiaqi, Liu Hao-rong. Studies on how new infrastructure empowers high-quality development of China's economy. Journal of Beijing University of Technology (Social Sciences Edition), 2020, 20(6): 13-21.]
- [4] 刘艳红, 黄雪涛, 石博涵. 中国“新基建”: 概念、现状与问题[J]. 北京工业大学学报(社会科学版), 2020, 20(6): 1-12. [Liu Yanhong, Huang Xuetao, Shi Bohan. China's new infrastructure construction: Concepts, current situations and problems. Journal of Beijing University of Tech-

- nology (Social Sciences Edition), 2020, 20(6): 1-12.]
- [5] Huang J, Li W, Guo L, et al. Information and communications technology infrastructure and firm growth: An empirical study of China's cities [J]. Telecommunications Policy, 2021, 46(3): 102263. doi: 10.1016/j.telpol.2021.102263.
- [6] Qiao L, Li L, Fei J. Information infrastructure and air pollution: Empirical analysis based on data from Chinese cities [J]. Economic Analysis and Policy, 2022, 73: 563-573.
- [7] 张建伟, 李贝歌, 毕东方, 等. 中国智慧城市发展水平空间差异研究 [J]. 世界地理研究, 2017, 26(2): 82-90. [Zhang Jianwei, Li Beige, Bi Dongfang, et al. Study on spatial difference of smart city development level in China. World Regional Studies, 2017, 26(2): 82-90.]
- [8] 刘鸿雁, 雷磊. 中国智慧产业发展水平综合评价与时空特征 [J]. 经济地理, 2017, 37(2): 106-113. [Liu Hongyan, Lei Lei. Comprehensive evaluation on development level of regional smart industry in China. Economic Geography, 2017, 37(2): 106-113.]
- [9] Feldman M P, Richard F. The geographic sources of innovation: Technological infrastructure and product innovation in the United States [J]. Annals of the Association of American Geographers, 1994, 84(2): 210-229.
- [10] Furman J L, Porter M E, Scott S. The determinants of national innovative capacity [J]. Research Policy, 2002, 31(6): 899-933.
- [11] 吕拉昌, 辛晓华, 陈东霞. 城市创新基础设施空间格局与创新产出: 基于中国 290 个地级及以上城市的实证分析 [J]. 人文地理, 2021, 36(4): 104-113, 125. [Lv Lachang, Xin Xiaohua, Chen Dongxia. Urban innovation infrastructure and innovation output: An empirical analysis based on 290 cities at the prefecture level or above in China. Human Geography, 2021, 36(4): 104-113, 125.]
- [12] 姚冠辉, 郑晓年. 面向“十四五”谋篇布局 统筹推进创新基础设施建设 [J]. 中国科学院院刊, 2020, 35(11): 1366-1372. [Yao Guanhui, Zheng Xiaonian. Structuring and organizing for 14th Five-year Plan, balancedly promoting the construction of innovation infrastructure. Bulletin of Chinese Academy of Sciences, 2020, 35(11): 1366-1372.]
- [13] 伍先福, 黄骁, 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.]
- [14] Wang S H. Fuzzy evaluations applied in analysis of infrastructure development based on national competitiveness perspectives [J]. Journal of Economic Policy Reform, 2014, 17(2): 178-200.
- [15] Chen Z H, Haynes K E. Multilevel assessment of public transportation infrastructure: A spatial econometric computable general equilibrium approach [J]. The Annals of Regional Science, 2015, 54(3): 663-685.
- [16] 陈银娥, 孙琼. 中国基础设施发展水平测算及影响因素: 基于省级面板数据的实证研究 [J]. 经济地理, 2016, 36(8): 23-30. [Chen Yin'e, Sun Qiong. A study on calculation of development of China's infrastructure and its influencing factors: The empirical research based on provincial panel data. Economic Geography, 2016, 36(8): 23-30.]
- [17] 黄金川, 黄武强, 张煜. 中国地级以上城市基础设施评价研究 [J]. 经济地理, 2011, 31(1): 47-54. [Huang Jinchuan, Huang Wuqiang, Zhang Yu. Study on infrastructure assessment of cities in China. Economic Geography, 2011, 31(1): 47-54.]
- [18] 肖凡, 任建造, 伍敏冬, 等. 21 世纪以来中国高新技术企业的时空分布和影响机制 [J]. 经济地理, 2018, 38(2): 27-35. [Xiao Fan, Ren Jianzao, Wu Mindong, et al. The spatiotemporal evolution and the influence mechanism of high-tech enterprise locations in China during the twenty-first century. Economic Geography, 2018, 38(2): 27-35.]
- [19] 古恒宇, 肖凡, 沈体雁, 等. 中国城市流动人口居留意愿的地区差异与影响因素: 基于 2015 年流动人口动态监测数据 [J]. 经济地理, 2018, 38(11): 22-29. [Gu Hengyu, Xiao Fan, Shen Tiyan, et al. Spatial difference and influencing factors of settlement intention of urban floating population in China: Evidence from the 2015 national migrant population dynamic monitoring survey. Economic Geography, 2018, 38(11): 22-29.]
- [20] 赵璐, 赵作权. 基于特征椭圆的中国经济空间分异研究 [J]. 地理科学, 2014, 34(8): 979-986. [Zhao Lu, Zhao Zuoquan. Projecting the spatial variation of economic based on the specific ellipses in China. Scientia Geographica Sinica, 2014, 34(8): 979-986.]
- [21] 曹贤忠, 曾刚. 基于熵权 TOPSIS 法的经济技术开发区产业转型升级模式选择研究: 以芜湖市为例 [J]. 经济地理, 2014, 34(4): 13-18. [Cao Xianzhong, Zeng Gang. The mode of transformation and upgrading based on the Methods of entropy weight and TOPSIS in case of Wuhu economic and technological development zone. Economic Geography, 2014, 34(4): 13-18.]
- [22] Holtz-Eakin D. Public-sector capital and the productivity puzzle [J]. The Review of Economics and Statistics, 1994, 76(1): 12-21.
- [23] Chen S T, Kuo H I, Chen C C. The relationship between

- GDP and electricity consumption in 10 Asian countries [J]. *Energy Policy*, 2007, 35(4): 2611-2621.
- [24] 王鹏飞, 李红波. 基于产业结构关联视角的区域经济韧性作用机理研究: 以江苏省为例 [J]. *地理科学进展*, 2022, 41(2): 224-238. [Wang Pengfei, Li Hongbo. Mechanism of regional economic resilience from the perspective of industrial structure relevance: Taking Jiangsu Province as an example. *Progress in Geography*, 2022, 41(2): 224-238.]
- [25] 王波, 甄峰, 谢金燕, 等. 智慧社会下的远程通勤: 基于全天和非全天在家办公选择及影响因素的分析 [J]. *地理科学*, 2021, 41(5): 788-796. [Wang Bo, Zhen Feng, Xie Jinyan, et al. Telecommuting in the e-society: An empirical study of full-day and part-day home-based working adoption and influencing factors. *Scientia Geographica Sinica*, 2021, 41(5): 788-796.]
- [26] 尹向来, 黄彩虹. 基础设施与城市化水平耦合协调关系演变: 基于285个地级市的实证研究 [J]. *世界地理研究*, 2018, 27(6): 77-87, 97. [Yin Xianglai, Huang Caihong. Research on the evolution of coupling and coordinating relationship between infrastructure and urbanization: Empirical analysis of China's 285 prefecture-level city. *World Regional Studies*, 2018, 27(6): 77-87, 97.]
- [27] 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.]
- [28] 曹琳剑, 王杰, 王欢欢, 等. 京津冀基础设施建设与人口集聚耦合演进分析: 基于推拉理论解析 [J]. *地理科学*, 2019, 39(8): 1256-1264. [Cao Linjian, Wang Jie, Wang Huanhuan, et al. Evolutional analysis of coupling between infrastructure and population agglomeration in Beijing-Tianjin-Hebei region: An analysis based on Push-pull theory. *Scientia Geographica Sinica*, 2019, 39(8): 1256-1264.]
- [29] 袁航, 朱承亮. 国家高新区推动了中国产业结构转型升级吗 [J]. *中国工业经济*, 2018(8): 60-77. [Yuan Hang, Zhu Chengliang. Do national high-tech zones promote the transformation and upgrading of China's industrial structure. *China Industrial Economics*, 2018(8): 60-77.]
- [30] 沈体雁, 于瀚辰. 空间计量经济学 [M]. 2版. 北京: 北京大学出版社, 2019. [Shen Tiyan, Yu Hanchen. *Spatial econometrics*. 2nd ed. Beijing, China: Peking University Press, 2019.]
- [31] 干春晖, 郑若谷, 余典范. 中国产业结构变迁对经济增长和波动的影响 [J]. *经济研究*, 2011, 46(5): 4-16, 31. [Gan Chunhui, Zheng Ruogu, Yu Dianfan. An empirical study on the effects of industrial structure on economic growth and fluctuations in China. *Economic Research Journal*, 2011, 46(5): 4-16, 31.]
- [32] 宓泽锋, 曾刚. 本地知识基础对新兴产业知识流动的影响: 以中国燃料电池产业为例 [J]. *地理学报*, 2021, 76(4): 1006-1018. [Mi Zefeng, Zeng Gang. The impact of local knowledge base on knowledge flow of emerging industry: A case of China's fuel cell industry. *Acta Geographica Sinica*, 2021, 76(4): 1006-1018.]
- [33] 王腾飞, 谷人旭, 马仁锋, 等. “集聚—扩散”视角下中国区域创新极及其知识溢出区位 [J]. *经济地理*, 2021, 41(5): 11-18, 185. [Wang Tengfei, Gu Renxu, Ma Renfeng, et al. Regional innovation pole and its location of knowledge spillovers in China from the perspective of "agglomeration diffusion". *Economic Geography*, 2021, 41(5): 11-18, 185.]
- [34] 丁任重, 许渤胤, 张航. 城市群能带动区域经济增长吗? 基于7个国家级城市群的实证分析 [J]. *经济地理*, 2021, 41(5): 37-45. [Ding Renzhong, Xu Boyin, Zhang Hang. Can urban agglomeration drive regional economic growth? Empirical analysis based on seven state-level urban agglomerations. *Economic Geography*, 2021, 41(5): 37-45.]
- [35] LeSage J, Pace R K. *Introduction to spatial econometrics* [M]. New York, USA: CRC Press, 2009.
- [36] 潘为华, 贺正楚, 潘红玉. 中国数字经济发展的时空演化和分布动态 [J]. *中国软科学*, 2021(10): 137-147. [Pan Weihua, He Zhengchu, Pan Hongyu. Research on spatiotemporal evolution and distribution dynamics of digital economy development in China. *China Soft Science*, 2021(10): 137-147.]
- [37] 张佩, 赵作权. 世界级先进制造业集群竞争力提升机制及启示: 以德国工业4.0旗舰集群为例 [J]. *区域经济评论*, 2020(5): 131-139. [Zhang Pei, Zhao Zuoquan. Competitiveness improvement mechanisms of world-class advanced manufacturing clusters and their implications: Taken the German industry 4.0 flagship cluster as an example. *Regional Economic Review*, 2020(5): 131-139.]
- [38] 刘秉镰, 朱俊丰. 区域市场分割的影响因素及其空间邻近效应分析: 基于1989—2014年中国省际面板数据 [J]. *经济地理*, 2018, 38(10): 36-45. [Liu Binglian, Zhu Junfeng. The analysis on the influencing factors of regional market segmentation and its spatial neighbor effects: Based on the panel data of China's provinces in 1989-2014. *Economic Geography*, 2018, 38(10): 36-45.]
- [39] 焦敬娟, 王姣娥, 程珂. 中国区域创新能力空间演化及

- 其空间溢出效应 [J]. 经济地理, 2017, 37(9): 11-18. [Jiao Jingjuan, Wang Jiao'e, Cheng Ke. Spatial-temporal evolution and spillover effects of regional innovation ability in China. *Economic Geography*, 2017, 37(9): 11-18.]
- [40] 郭杰, 王珺, 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.]

Spatial evolution and determinants of new infrastructure development in China

ZHANG Pei¹, WANG Jiao'e^{1,2*}, XIAO Fan^{1,2}

(1. Key Laboratory of Regional Sustainable Development Modeling, Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China; 2. College of Resources and Environment, University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Abstract: New infrastructure has become an important support for China's economic transformation and high-quality development in the new era. In order to investigate the temporal and spatial evolution of China's new infrastructure development and its driving factors, this study first constructed a comprehensive evaluation index of the development level of new infrastructure based on the provincial panel data from 2013 to 2020. Then, it used the technique for order of preference by similarity to ideal solution (TOPSIS) entropy method and spatial econometric model to measure the development level of new infrastructure and analyze its driving factors. The results show that: 1) The development level of China's new infrastructure has increased year by year, and there is a trend of balanced development among provinces. 2) There is great spatial heterogeneity in the development level of China's new infrastructure. The new infrastructure development level is much higher in the eastern region than the central, western, and northeastern regions. The overall temporal and spatial evolution pattern showed an east-west expansion trend, and the center of gravity continued to move to the southwest. 3) The development level of new infrastructure is affected by many factors, among which the economic development level, financial development level, innovation foundation, urbanization process, and population size are the key driving factors. By examining the evolution of the spatial pattern of China's new infrastructure development level and its influencing factors, this article may provide a decision-making reference for its optimal layout and development.

Keywords: new infrastructure; information infrastructure; convergence infrastructure; innovation infrastructure; development level; China