冯晓华, 邱思远. 中国城市全要素生产率测度与要素空间溢出效应分析 [J]. 地理科学, 2024, 44(5): 775-784. [Feng Xiaohua, Qiu Siyuan. Measurement of urban total factor productivity and analysis of spatial spillover effect of factors in China. Scientia Geographica Sinica, 2024, 44(5): 775-784.] doi: 10.13249/j.cnki.sgs.20210977

中国城市全要素生产率测度与要素空间溢出效应分析

冯晓华^{1,2}, 邱思远^{1,2}

(1. 湖北大学商学院, 湖北 武汉 430062; 2. 湖北省开放经济研究中心, 湖北 武汉 430062)

摘要: 在合理构建嵌入空间计量模型的 CD 生产函数基础上, 使用 2000—2018 年中国 258 个地级及以上城市数据, 测度纳入要素空间溢出效应的中国城市全要素生产率, 并通过此生产函数模型对中国 258 个城市和 5 大城市群的资本和劳动要素空间溢出效应进行分解, 探究其辐射带动能力。研究发现: ① 在时序发展上, 中国城市全要素生产率整体略有下降, 但近期有上升的趋势。在空间演变上, 中国南部和北部城市全要素生产率变化明显, 东部和西部城市全要素生产率则保持稳定。② 纳入要素空间溢出效应的城市全要素生产率测度结果比未纳入要素空间溢出效应的城市全要素生产率测度结果平均高 0.4663, 说明要素空间溢出效应对城市全要素生产率有正向促进作用。③ 在城市层面上, 环渤海城市、长三角城市、珠三角城市和国家中心城市要素空间溢出效应较强, 中西部城市要素空间溢出效应较弱。在城市群层面上, 长三角城市群要素空间溢出效应较高, 成渝城市群要素空间溢出效应较低。

关键词: 城市全要素生产率; 要素空间溢出效应; 空间计量模型

中图分类号: F293.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-0690(2024)05-0775-10

城市是经济活动的主要场所, 也是要素流动的集中单元, 在区域发展中起着引领和协调作用^[1]。然而近年来, 中国城市依靠大量要素投入的经济发展模式在资源约束的现实背景下已难以为继, 亟待提高城市经济发展质量, 城市全要素生产率则是对城市经济发展质量的综合评判^[2]。相比于行业和企业层面等的全要素生产率测度, 城市之间有着天然的空间联系, 而空间联系往往会转化为经济联系, 产生要素空间溢出效应。将要素空间溢出效应纳入到城市全要素生产率测度中, 能够从空间角度更加合理的测度出城市全要素生产率, 也能研究其对城市全要素生产率的影响, 为中国城市经济高质量发展提供科学依据。与此同时, 要素空间溢出效应反映了本地区对邻近地区的辐射带动能力^[3], 在中国以中心城市和城市群作为承载发展要素的空间形式下^[4], 合理评估中心城市和群落的辐射带动能力对推动中国区域协调发展具有重要的现实意义。

全要素生产率是在各种要素投入水平既定的条件下, 所达到的额外生产效率^[5]。全要素生产率的测度方法众多, 根据是否需要估计具体生产函数模型的系数, 可以分为参数法和非参数法。参数法始于 Solow 开创的索洛余值法^[6], 其核心是通过设定一系列假定和生产函数模型, 对生产函数模型的弹性系数进行估算, 使用产出和所有投入要素的比例来度量全要素生产率。后续发展的随机前沿方法和微观企业全要素生产率测度方法也需要进行生产函数模型的预设才能测度出全要素生产率^[7-10]。然而正是因为需要事先设定生产函数模型, 参数法往往面临生产函数模型选择的困难, 不同的生产函数模型可能测度出的全要素生产率会有所偏差, 使测度结果不稳健^[11]。非参数法主要以 DEA 方法为主^[12-14], 同时与 Malmquist 和 Luenberger 指数相结合, 测度出全要素生产率增长率。DEA 方法简便易行, 不需要进行统计推断, 只需要特定的数据。因此现有文

收稿日期: 2023-01-09; 修订日期: 2023-04-12

基金项目: 国家社会科学基金项目 (20BJL140) 资助。[Foundation: National Social Science Foundation of China (20BJL140).]

作者简介: 冯晓华 (1978—), 女, 湖北丹江口人, 博士, 教授, 研究方向为全球价值链与创新。E-mail: sherryxiaohua@126.com

通信作者: 邱思远。E-mail: 1724669894@qq.com

献中城市全要素生产率的测度多数以 DEA 方法为主^[15-17]。但 DEA 方法无法测度出全要素生产率水平值,且对于宏观和中观层面测度误差较大,亦没有明确的经济意义^[18-19]。与此同时,上述测度方法都忽略了一个重要问题,即要素的空间溢出效应,特别是对于具有明显空间联系的城市而言。虽然已有学者使用空间计量模型测度考虑要素空间溢出效应的全要素生产率^[20-21],但其主要聚焦在中国省级或者是行业层面,而城市间的空间联系相比于省级或者行业层面更加突出,因此有必要在中国城市全要素生产率测度中纳入要素空间溢出效应。与此同时,要素空间溢出效应是本地区生产要素通过区位关联影响到邻近地区经济增长的经济现象^[22],体现了城市间的辐射带动作用。现有文献主要研究国家间和特定区域的要素空间溢出效应^[23-24],鲜有中国城市层面的要素空间溢出效应研究,并且对于城市层面的要素空间溢出效应则是用所有城市溢出效应的平均值代替^[25],忽视了中国不同规模等级城市的异质性。因此,本文遵循以上文献的思路并进一步完善,使用优选过后的嵌入空间计量模型的 CD 生产函数测度纳入要素空间溢出效应的中国城市全要素生产率,并在此模型基础上对中国 258 个城市和 5 大城市群的资本和劳动要素空间溢出效应进行分解,以期为中国城市经济高质量发展和区域协调发展提供理论参考和现实依据。

1 研究方法 with 数据来源

1.1 嵌入空间计量模型的 CD 生产函数

1.1.1 基准模型构建

本文生产函数选择 CD 生产函数,因其结构简单易用,而且对于规模报酬的测度直观且符合常理^[26-27],具体 CD 生产函数模型形式参考 Ouwelhand 等的设置^[28],形式如式(1)所示,本文的生产要素选择经典的资本和劳动生产要素,因其流动性强,要素空间溢出效应更易发生。但式(1)无法捕捉要素空间溢出效应,而空间计量模型因其空间权重矩阵的特殊设置,可以对空间溢出效应进行有效捕捉。因此,本文参考范巧和郭爱军的嵌入空间计量模型的 CD 生产函数的构建^[29],并放松其规模报酬不变假设,测度纳入要素空间溢出效应的城市全要素生

产率,具体形式如式(2)所示。式(2)是嵌入一般嵌套空间计量模型(GNSM)的 CD 生产函数,其包含了 7 种经典空间计量模型^①以及非空间计量模型(NSM),本文以此模型为基准,使用 LR 检验优选合理的空间计量模型形式嵌入进 CD 生产函数以测度出城市全要素生产率。因为空间计量模型中反馈效应的存在^[30],资本要素,劳动要素的弹性系数(即贡献率)如式(3)和式(4)所示,式(5)为城市全要素生产率 TFP_{it} (A_{it} 含义同 TFP_{it})测度等式。

$$\ln Y_{it} = \ln A_{it} + \alpha \ln K_{it} + \beta \ln L_{it} + u_i + v_t + \xi_{it} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \ln Y_{it} = & \rho(SWE \times \ln Y_{it}) + \beta_K \ln K_{it} + \beta_L \ln L_{it} + \\ & \theta_K(SWE \times \ln K_{it}) + \theta_L(SWE \times \ln L_{it}) + \\ & u_i + v_t + \xi_{it} \\ \xi_{it} = & \lambda(SWE \times \xi_{it}) + e_{it} \end{aligned} \quad (2)$$

$$\alpha_s = \frac{1}{NT} \times \text{Trace}[(I_{NT} - \rho \times SWE)^{-1}(\beta_K I_{NT} + \theta_K SWE)] \quad (3)$$

$$\beta_s = \frac{1}{NT} \times \text{Trace}[(I_{NT} - \rho \times SWE)^{-1}(\beta_L I_{NT} + \theta_L SWE)] \quad (4)$$

$$TFP_{it} = A_{it} = \frac{Y_{it}}{K_{it}^{\alpha_s} L_{it}^{\beta_s}} \quad (5)$$

式中, Y_{it} 、 K_{it} 和 L_{it} 分别代表产出、资本要素和劳动要素。 u_i 是个体效应, v_t 是时间效应。 ξ_{it} 和 e_{it} 是随机扰动项,其中 e_{it} 为独立同分布的随机变量,且服从零均值,同方差的正态分布。 α 、 β 、 α_s 、 β_s 、 ρ 、 λ 、 β_K 、 β_L 、 θ_K 和 θ_L 是被估计的模型参数, N 为样本个体数, T 为样本时期数, I_{NT} 为 $N \times T$ 阶单位阵,Trace 为矩阵迹运算符。 SWE 为经济空间距离时空权重矩阵,其构建思路下文将详细论述。

1.1.2 时空权重矩阵构建

本文样本期间为 2000—2018 年,时期跨度较大。因此为了捕捉要素空间溢出效应的动态特征,构建时空权重矩阵。具体如下,本文借鉴 Dubé 等构建时间权重矩阵^[31],记为 S 。 S 的上三角阵为 0,表明未来的行为无法影响现在; S 的下三角阵表示过去的行为会影响现在,并且离现在时间越近的行为对现在的影响越大。 W 为空间距离权重矩阵,其矩阵元素是 W_{ij} 。同时由于城市之间经济发展水平具有较

① 7 种经典空间计量模型包括一般嵌套空间计量模型(GNSM)、空间杜宾模型(SDM)、空间杜宾误差模型(SDEM)、空间自相关模型(SAC)、空间自回归模型(SAR)、空间误差模型(SEM)和空间 X 滞后模型(SXL)。

大的差距,经济发展水平较高的地区往往对经济发展水平较低的地区影响更大,因此本文在空间距离权重矩阵基础上构建经济空间距离权重矩阵 WE 。 W 和 WE 如下式所示。 $\bar{Y}_N$ 为研究期间 N 市人均GDP均值, $\bar{Y}$ 为样本期间总人均GDP均值, diag 为主对角线运算符。

$$W(i, j) = \begin{cases} \frac{1}{d_{ij}}, & i \neq j \\ 0, & i = j \end{cases} \quad (6)$$

$$WE = W \times \text{diag}(\bar{Y}_1/\bar{Y}, \bar{Y}_2/\bar{Y}, \dots, \bar{Y}_N/\bar{Y}) \quad (7)$$

式中, d_{ij} 为根据城市之间经纬度算出的直线距离。将 S 、 W 和 WE 矩阵进行行标准化,经过克罗内克积,形成最终的空间距离(SW)和经济空间距离(SWE)时空权重矩阵。由于SWE时空权重矩阵同时考虑了经济差距和空间距离这两种因素,更加符合现实情况,本文使用SWE时空权重矩阵作为最终时空权重矩阵。

1.2 要素空间溢出效应分解

1.2.1 城市要素空间溢出效应分解

本文参考Kelejian对空间溢出效应的分解^[32],使用上文中嵌入空间计量模型的CD生产函数对具体城市的资本要素和劳动要素的空间溢出效应分解,如式(8)和式(9)所示。

$$SE_{KVV} = \sum_{i=1}^{4902} [(I_{UV} - \rho \times SWE)^{-1} (\beta_K I_{UV} + \theta_K SWE)]_{ij} \quad (8)$$

$$SE_{LVU} = \sum_{i=1}^{4902} [(I_{UV} - \rho \times SWE)^{-1} (\beta_L I_{UV} + \theta_L SWE)]_{ij} \quad (9)$$

式中, $j = U + (V - 1) \times 258, V = 1 \dots 19, U = 1 \dots 258, i \neq j$ 。 SE_{KVV} 和 SE_{LVU} 分别表示 V 时期 U 城市资本要素和劳动要素的空间溢出效应, ij 表示矩阵 i 行 j 列元素。

1.2.2 城市群要素空间溢出效应分解

城市群要素空间溢出效应通过对其所属城市要素空间溢出效应加总平均而得。同时,本文将城市群要素空间溢出效应进一步分解为城市群外部要素空间溢出效应和城市群内部要素空间溢出效应,以探究要素空间溢出的不同路径。具体而言,城市群外部要素空间溢出效应是指城市群中城市对城市

群外部城市的溢出效应,城市群内部要素空间溢出效应是指城市群中城市对城市群内部城市的溢出效应。

1.3 变量选取与数据说明

1) 产出(Y)。产出使用各城市实际GDP。具体方法是基于2000年不变价GDP平减指数对各城市名义GDP进行平减。由于缺乏城市层面GDP平减指数,使用城市所在省的GDP平减指数代替各市GDP平减指数。

2) 资本要素(K)。资本要素投入使用资本存量代替。资本存量(K_{it})本文使用永续盘存法计算,如式(10)所示。

$$K_{it} = K_{it-1}(1 - \delta) + I_{it}/P_{it} \quad (10)$$

式中, δ 为折旧率, I_{it} 为固定资产投资, P_{it} 为固定资产投资价格指数。资本存量的核算最重要的是基期资本存量和折旧率的确定。本文采用Young的方法,使用基期固定资产投资总额除以10%作为基期资本存量^[33]。折旧率采用张军等的方法,使用9.6%^[34]。由于缺乏城市层面固定资产投资价格指数,本文采用城市所在省的固定资产投资价格指数代替各市固定资产投资价格指数。

3) 劳动要素(L)。劳动要素投入使用各城市单位从业人员,私营和个体从业人员之和表示。

考虑到数据的可得性以及时间的完整性,本文的样本为中国2000—2018年258个地级及其以上城市(未含港澳台数据)。数据来源于《中国城市统计年鉴》^[35]、国研网数据库^①和CEIC数据库^②。

2 空间计量模型优选与城市全要素生产率测度结果分析

2.1 空间计量模型优选

本文参考范巧和郭爱军^[29]的优选策略,并加以改进。从GNSM模型开始,使用LR检验优选嵌入进CD生产函数的空间计量模型。由于数据形式为面板数据,每个空间计量模型需要与个体固定效应、时间固定效应、双向固定效应和随机效应相结合,本文使用FE、TE、TW和RE表示,同时SWE表示使用经济空间距离时空权重矩阵,SW表示使用空间距离时空权重矩阵。如表1所示,GNSM_TE_SWE统计性质最好,所有的估计系数均显著,

① <https://data.drcnet.com.cn>[2021-04-28]

② <https://insights.ceicdata.com>[2021-04-30]

表 1 城市全要素生产率测度模型参数估计结果

Table 1 Parameter estimation results of the urban total factor productivity measurement model

变量	GNSM_FE_SWE	GNSM_TE_SWE	GNSM_TW_SWE	GNSM_RE_SWE	OLS_TW
β_K	0.0884*** (26.9957)	0.5743*** (56.5987)	0.0856*** (24.6760)	0.5698*** (56.1195)	0.7350*** (161.4200)
β_L	0.0198*** (7.3122)	0.4349*** (41.9956)	0.0175*** (7.3027)	0.4373*** (42.1506)	0.2400*** (29.5600)
θ_K	-0.0329** (-3.1639)	-0.1957** (-2.2974)	-0.0149 (-0.5496)	-0.1951** (-2.1749)	
θ_L	0.1846*** (7.9669)	-0.1937* (-1.6835)	0.0121 (0.5292)	-0.1625 (-1.5432)	
α_s	0.0846* (1.9326)	0.5754*** (59.4797)	0.0858*** (30.0246)	0.5710*** (44.9678)	
β_s	0.0035 (0.0177)	0.4356*** (47.0443)	0.0175*** (7.0372)	0.4391*** (41.8366)	
拟合优度修正值	0.9945	0.9010	0.3180	0.9018	0.9994
对数似然值	8285.8859	-714.2310	8921.9043	-732.2714	2211.9000
随机扰动项方差	0.0019	0.0780	0.0015	0.0776	0.0238

注：***、**、*分别表示通过显著性水平为1%、5%和10%的假设检验；括号内为*t*统计值；空白处相关变量无数值；FE、TE、TW和RE分别表示个体固定效应、时间固定效应、双向固定效应和随机效应； β_K 、 β_L 、 θ_K 、 θ_L 、 α_s 、 β_s 为生产函数的待估参数；暂缺港澳台数据。

拟合优度较高。因此将以此模型为基础，进行退化的空间计量模型LR检验，检验结果显示，其他6种空间计量模型均不能拒绝原假设，GNSM_TE_SWE模型为7种空间计量模型中最优模型。事实上，GNSM_TE_SWE模型包含了所有的经典空间计量模型，与中国城市间多样化的空间联系相吻合，即既有模型中已经存在的要素空间溢出效应，也有随机扰动项中未考虑的其他因素的空间溢出效应，因此选择GNSM_TE_SWE模型在统计性质和经济理论上都较为适宜。最终计算出来的资本要素弹性系数为0.5754，劳动要素弹性系数为0.4356，将其代入式(5)，测度出纳入要素空间溢出效应的中国城市全要素生产率。同时也进行传统CD生产函数的面板回归结果报告，将其报告进表1中。由于是面板数据，为了结果的准确性以及与嵌入空间计量模型的CD生产函数具有可比性，传统CD生产函

数模型最终使用双向固定效应进行估计，估计结果为表1最后一列所示。

2.2 中国城市全要素生产率时空演变特征

本文根据城市全要素生产率结果进行时序发展分析。并借鉴韩增林等^[36]的做法，将其分为3个阶段(表2)，同时根据《统计制度及分类标准(16)》^[37]将经济地带划分为四大板块进行空间演变分析。

在时序发展上，中国城市全要素生产率整体略有下降，从2000年的1.39降为2018年的1.36，在样本期间呈“先上升到持续下降再到后上升”的波动态势。2000—2008年，中国城市全要素生产率整体持续上升，从1.39上升到1.70。在此期间中国加入世界贸易组织，吸引大量外商直接投资，外商直接投资的技术溢出效应可能是中国城市全要素生产率提高的原因。2008—2017年，中国城市全要素生产率持续下降，可能的原因是2008年金融危机对

表 2 中国城市全要素生产率空间演变

Table 2 Spatial evolution of urban total factor productivity in China

四大板块	低级阶段城市数量		中级阶段城市数量		高级阶段城市数量	
	2000年	2018年	2000年	2018年	2000年	2018年
东部地区	27	16	44	42	15	28
中部地区	43	45	36	31	0	3
西部地区	43	41	17	12	1	8
东北地区	28	9	4	13	0	10

注：暂缺港澳台数据。

中国城市经济发展影响较大,且有一定的滞后效应。同时中国城市也面临着“三期叠加”的严峻形势,在两者的交互影响下,中国城市全要素生产率逐渐下降。2017—2018年,中国城市全要素生产率开始稳步上升。这与2017年党的“十九大”报告(http://www.gov.cn/zhuanti/2017-10/27/content_5234876.htm)提出:“必须坚持质量第一、效益优先,以供给侧结构性改革为主线,推动经济发展质量变革、效率变革、动力变革,提高全要素生产率”的政策指引密不可分。对于具体区域而言,东北部地区部分城市全要素生产率在样本期间变化较大。东北部地区的长春、沈阳和哈尔滨等,在2000年处于全要素生产率低级阶段,而2010年之后逐渐跃升为高级阶段。这可能得益于2009年中国政府发布的《国务院关于进一步实施东北地区等老工业基地振兴战略的若干意见》(http://www.gov.cn/zwggk/2009-09/11/content_1415572.htm)。同时环渤海地区的辐射带动作用也对东北部地区的城市全要素生产率提高有一定作用。江西省南部地区、湖南省部分地区以及福建省的莆田市和南平市等地从2000年的高级阶段跌入中级阶段或低级阶段。可能的原因是江西省、湖南省和福建省的这部分地区周边有国家中心城市或区域性中心城市,如广州、深圳和武汉等,其受中心城市要素集聚的影响,高技能劳动力和资本流入中心城市,而中心城市的辐射效应没有完全抵消要素流动的负向影响,导致城市全要素生产率降低。

在空间演变上,中国城市全要素生产率不同阶段空间分布整体上呈现全局分散,部分集中的特点。2000年处于全要素生产率较低级阶段的城市有141个,约占样本总数的54.7%,主要分布在中、西部地区和东北部地区,包括银川、西宁、天水、鹤岗和白山等。处于全要素生产率高级阶段的城市有16个,约占样本总数的6.2%,主要集中在东部地区,如上海、苏州、无锡等。而处于全要素生产率中级阶段的城市有101个,约占样本总数的39.1%。从中可以看出在样本初期,中国城市全要素生产率空间分布呈现“东高西低,南强北弱”的特征,这与中国的区域经济发展差距相互印证。即由于东部地区处于优先改革开放的政策红利下,吸引了大量高技术人才和资本,技术创新能力和经济发

展速度明显强于中、西部城市。2018年处于全要素生产率低级阶段的城市有111个。处于全要素生产率高级阶段的城市有49个。处于全要素生产率中级阶段的城市有98个。因此,整个样本期间,中国城市全要素生产率平均数值变化较小,但阶段所处区位特征则有所改变。北部地区城市全要素生产率平稳上升,南部地区的部分城市全要素生产率开始下降,而东部和西部地区城市全要素生产率未出现明显变化,东部地区城市全要素生产率始终高于西部地区。综上所述,中国城市全要素生产率从样本初期的“东高西低,南强北弱”空间分布逐渐转化成“东高西低,南北均匀”的空间态势。说明中国区域经济发展质量差距在东西部之间表现更加明显,而南北部之间差距在不断缩小,这与邓忠奇等的研究发现相一致^[38]。

3 要素空间溢出效应分析

3.1 要素空间溢出效应对城市全要素生产率影响

本文将所测的纳入要素空间溢出效应的城市全要素生产率结果与表1中未纳入要素空间溢出效应的传统CD生产函数结果相减,以研究要素空间溢出效应对城市全要素生产率的影响。结果发现纳入要素空间溢出效应的城市全要素生产率测度结果平均比传统CD生产函数所测结果高0.4663,表明城市之间的要素空间溢出效应会提高城市全要素生产率,可能的原因是资本要素和劳动要素对产生的正向空间溢出过程中,将原有地区的技术能力、管理能力和先进知识等进行扩散溢出^[39],进而提高周边地区的全要素生产率。

3.2 城市要素空间溢出效应分析

本文基于式(8)和式(9)测度具体城市的要素空间溢出效应,通过Jenks自然断点法将其分为3个水平^[36]。并对2000年和2018年的城市要素空间溢出效应进行空间区位分析(表3)。

由于资本要素空间溢出效应和劳动要素空间溢出效应的高低水平空间分布一致性较高,可能是因为在经济活动中资本要素和劳动要素往往组合使用,两者的空间溢出效应具有协同性^①。因此,本文使用表3统一展示要素空间溢出效应空间分布特征。从表3可以看出,2000年和2018年要素空间溢出效应高低水平空间分布未出现明显变化。从整

① 囿于空间计量模型技术的发展,本文的空间计量模型设置形式也是使资本和劳动要素空间溢出效应空间分布一致性较高的重要因素。

表 3 中国城市要素空间溢出效应空间分布

Table 3 Spatial distribution of spatial spillover effects of urban factors in China

四大板块	低水平城市数量		中等水平城市数量		高水平城市数量	
	2000年	2018年	2000年	2018年	2000年	2018年
东部地区	20	21	38	36	28	29
中部地区	34	36	38	34	7	9
西部地区	50	44	11	16	0	1
东北地区	24	22	7	8	1	2

注: 暂缺港澳台数据。

体地区看, 要素空间溢出效应高水平城市主要分布于东部沿海地区和长江中游地区, 包括长三角城市和中部分地区个别大型城市。这印证了东部地区由于自身政策、区位等优势, 使生产要素高度集聚, 从而对外围地区产生较强的扩散效应的理论^[37]。西部和东北部城市的要素空间溢出效应处于低水平或者是中等水平, 并且在样本期间未出现明显的改变, 这与其自身经济发展滞后于中西部地区密切相关。综上所述, 中国存在明显的区域辐射极, 主要为东部沿海地区和中地区个别大型城市, 其通过对周围经济发展较滞后地区进行要素的空间溢出, 促进区域协调发展。

从具体城市看, 要素空间溢出效应前 30 名城市中国家中心城市有 6 个, 分别是上海、广州、北京、武汉、天津和郑州, 而西安、成都和重庆排名靠后, 分别排 82、96 和 134 名。说明中国国家中心城市是推动中国区域协调发展的主力。但中国国家中心城市之间也存在着明显的区域差异, 西部中心城市的要素空间溢出效应还未追赶上中东部中心城市。排名前 30 名中, 除了 6 个国家中心城市外, 剩下的直辖市、副省级城市或者省会城市有天津、南京、杭州、长沙和济南, 计划单列市有深圳、宁波和青岛, 其余城市都是普通地级市。可以看出个别普通地级市的经济影响力正在逐渐超越省会城市等级别较高的城市。同时, 本文发现要素空间溢出效应排名前

6 位的城市多数来自江苏, 而上海位于这 6 座城市之后。说明上海对邻近地区的经济带动能力已经逐渐转换为协同优势, 长三角地区正从以往通过上海单一中心向外溢出, 转向长三角核心区对外的多点辐射, 已然成为中国辐射带动能力最强的地区, 这与长三角地区高度的一体化密切相关^[37]。同时, 值得关注的是拥有大量煤炭、石油和金属矿的资源型城市, 其凭借着原材料资源优势, 通过产业链对周边地区产生强大的辐射效应。不过, 由于资源的稀缺性, 这些资源型城市面临着资源枯竭的困境, 亟待产业结构的转型发展。

3.3 5 大城市群要素空间溢出效应分析

本文选取中国 5 大城市群分析其要素空间溢出效应, 这 5 大城市群政策确立时间较早, 经济发展在中国城市群中处于前列, 因此研究其要素空间溢出效应对发挥城市群辐射带动能力, 推动中国区域协调发展具有重要的参考价值。本文将城市群在样本期间的要素空间溢出效应分解为外部要素空间溢出效应和内部要素空间溢出效应, 并在样本期间进行加总平均, 结果如表 4 所示。

在内部要素空间溢出效应上, 长三角城市群最高, 长江中游和珠三角城市群紧跟其后, 京津冀和成渝城市群较低。这可能是因为: 在长三角一体化发展背景下, 长三角城市群内部空间联系紧密, 经济联系频繁, 如上海为科技研发中心, 苏州为生产

表 4 5 大城市群要素空间溢出效应分解结果

Table 4 Decomposition results of spatial spillover effect of factors in the five urban agglomerations

	要素空间溢出效应	外部要素空间溢出效应	内部要素空间溢出效应
京津冀城市群	105.5125	98.6021	6.9104
长三角城市群	204.0786	180.0098	24.0689
珠三角城市群	139.3196	126.9424	12.3771
长江中游城市群	101.0686	88.5066	12.5619
成渝城市群	50.9832	45.9933	4.9898

制造中心,杭州为数字服务中心。长三角城市群内部围绕这3座城市进行经济联系,形成强大的内部要素空间溢出效应。珠三角城市群则围绕广州和深圳进行产业布局,形成经济关联。但珠三角地区内部经济差距较大,广州和深圳与珠三角边缘城市经济联系较弱,与长三角城市群内部经济均衡发展相比有一定差距,因此其内部要素空间溢出效应低于长三角城市群。长江中游城市群与珠三角城市群类似,拥有武汉和长沙两个大型城市,但内部经济发展主要依靠这两大城市,其他城市之间经济联系不强,导致内部要素空间溢出效应不高。京津冀城市群的经济核心则为北京,与拥有双核或多核驱动的其他城市群相比,内部要素空间溢出效应较弱。成渝城市群则主要是因为地理条件以及内部经济差距过大,导致其内部要素空间溢出效应较低。

在外部要素空间溢出效应上,长三角和珠三角城市群较高,京津冀和长江中游城市群处于第二梯队,成渝城市群较低。可能的原因是:长三角城市群在形成产业集群后,通过产业链、供应链和价值链向邻近地区辐射,外部要素空间溢出较强。珠三角城市群是中国外贸企业集聚地,处于全球价值链中加工组装位置重要一环。其需要周边地区的中间品和劳动力等要素,因此拥有对外部地区较强的要素空间溢出效应。京津冀城市群则是通过北京进行产业转移和高技能人才流动,对外部地区进行要素空间溢出,而内部其他城市则溢出有限。与京津冀城市群类似,长江中游城市群通过武汉和长沙进行外部的资本和劳动要素空间溢出,内部其他城市要素空间溢出效应较低。这两大城市群有一定的外部要素空间溢出效应,但与长三角和珠三角城市群相比有较大差距。成渝城市群由于其地理位置处于西部,产业链集中在内部,因此外部要素空间溢出效应较低,需要进一步破除产业链和供应链壁垒,推动成渝地区双城经济圈发展。

4 结论与讨论

4.1 结论

本文使用2000—2018年中国258个地级及以上城市的产出、资本要素和劳动要素数据,运用嵌入空间计量模型的CD生产函数测度纳入要素空间溢出效应的城市全要素生产率,并基于此生产函数模型对资本要素和劳动要素空间溢出效应进行城市和城市群层面的分解,得出主要结论如下。

1) 在时序发展上,中国城市全要素生产率整体略有下降,但随着中国经济高质量发展的不断推进,2017年后有上升的趋势。在空间演变上,中国城市全要素生产率在2000年呈现“东高西低,南强北弱”的空间分布,2006年以后,这一空间分布有所改变,东北部地区城市处于全要素生产率高级阶段数量明显增加,而南部地区部分城市的全要素生产率跌入中级阶段或低级阶段。东部和西部地区城市全要素生产率所处阶段特征则无明显变化。

2) 嵌入空间计量模型的CD生产函数测度中国城市全要素生产率结果比传统CD生产函数测度结果平均高0.4663,说明中国城市之间资本要素和劳动要素的正向空间溢出效应对城市全要素生产率的提高有推动作用。这可能是因为城市在要素空间溢出过程中,将先进的技术、知识和管理观念向周边地区扩散,进而提高中国整体城市全要素生产率。因此,中国区域重大战略强调区域之间和区域内部的空间联系是有理可循的。

3) 中国258个城市中,国家中心城市和东部地区城市要素空间溢出效应较强。具体而言,国家中心城市中,东部中心城市要素空间溢出效应比中西部中心城市强。东部地区中,环渤海地区、珠三角地区和长三角地区城市要素空间溢出效应较强。5大城市群中,长三角城市群由于政策红利和区位优势等原因,外部和内部要素空间溢出效应均较高。成渝城市群由于内部经济发展不平衡和地理位置等原因,外部和内部要素空间溢出效应均较低。

4.2 讨论

中国城市之间并不是孤立的,而是有着多样化的空间联系。本文测度了纳入要素空间溢出效应的城市全要素生产率,证明了空间联系所形成的要素空间溢出效应有利于推动中国经济高质量发展和区域协调发展。一方面要素空间溢出将城市的技术和管理能力向周围地区扩散,提升了邻近地区城市全要素生产率水平。另一方面,中国国家中心城市、个别大型城市和长三角城市群要素空间溢出效应较强,其能够辐射带动周边经济发展较滞后的地区。本文认为加强中国城市之间的空间联系,充分发挥要素的空间溢出效应是新发展格局下中国经济高质量协调发展的题中应有之义。具体而言,中国政府应该消除劳动力流动的地域阻碍,加强交通基础设施建设,完善高技能人才地区流动的社会保障体系和薪酬待遇标准,提高劳动要素空间溢出效

应。同时加强核心地区和邻近地区,经济发达地区与欠发达地区产业联系,积极引导核心城市将不具优势的产业向周边地区转移,提高资本要素空间溢出效应。最终,通过提高城市之间多维度的要素空间溢出效应助力中国城市经济高质量协调发展。

参考文献(References):

- [1] 冯晓华, 邱思远. 中国城市国内国际双循环测度及影响因素[J]. 地理学报, 2023, 78(8): 2019-2040. [Feng Xiaohua, Qiu Siyuan. Measurement and influencing factors of dual circulations at the city level in China. *Acta Geographica Sinica*, 2023, 78(8): 2019-2040.]
- [2] 刘浩, 马琳, 李国平. 中国城市全要素生产率的演化格局及其影响因素[J]. 地理研究, 2020, 39(4): 880-891. [Liu Hao, Ma Lin, Li Guoping. The evolution pattern of urban total factor productivity and its influencing factors in China. *Geographical Research*, 2020, 39(4): 880-891.]
- [3] 杨喜, 卢新海, 沈纬辰. 土地要素投入对城市经济增长空间溢出效应[J]. 经济地理, 2020, 40(10): 83-90. [Yang Xi, Lu Xinhai, Shen Weichen. Spatial spillover effect of land factor input on urban economic growth. *Economic Geography*, 2020, 40(10): 83-90.]
- [4] 方创琳, 张国友, 薛德升. 中国城市群高质量发展与科技协同创新共同体建设[J]. 地理学报, 2021, 76(12): 2898-2908. [Fang Chuanglin, Zhang Guoyou, Xue Desheng. High-quality development of urban agglomerations and construction of science and technology collaborative innovation community. *Acta Geographica Sinica*, 2021, 76(12): 2898-2908.]
- [5] 蔡昉. 中国经济增长如何转向全要素生产率驱动型[J]. 中国社会科学, 2013(1): 56-71. [Cai Fang. How China's economic growth turns to total factor productivity driven. *Social Sciences in China*, 2013(1): 56-71.]
- [6] Solow R M. Technical change and the aggregate production function[J]. *Review of Economics and Statistics*. 1957, 39(3): 312-320.
- [7] Kumbhakar S C, Lovell C A K. *Stochastic frontier analysis*[M]. Cambridge: Cambridge University Press, 2003.
- [8] Kumbhakar S C, Denny M, Fuss M. Estimation and decomposition of productivity change when production is not efficient: A paneldata approach[J]. *Econometric Reviews*, 2000, 19(4): 312-320.
- [9] Olley G S, Pakes A. The dynamics of productivity in the telecommunications equipment industry[J]. *Econometrica*, 1996, 64(6): 1263-1295.
- [10] Leinsoh J, Petrin A. Estimating production functions using inputs to control for unobservables[J]. *Review of Economic Studies*, 2003, 70(2): 317-341.
- [11] 张志强. 微观企业全要素生产率测度方法的比较与应用[J]. 数量经济技术经济研究, 2015, 32(12): 107-123. [Zhang Zhiqiang. Comparison and application of total factor productivity measurement methods in micro enterprises. *Journal of Quantitative & Technical Economics*, 2015, 32(12): 107-123.]
- [12] Farrell M J. The measurement of productive efficiency[J]. *Journal of the royal statistical society: series A (General)*, 1957, 120(3): 253-281.
- [13] Charnes A, Cooper W W, Rhodes E. Measuring the efficiency of decision making units[J]. *European Journal of Operational Research*, 1978, 2(6): 429-444.
- [14] Tone K A. Slacks-based measure of efficiency in data envelopment analysis[J]. *European Journal of Operational Research*, 2001, 130(3): 498-509.
- [15] 金相郁. 中国城市全要素生产率研究: 1990—2003[J]. 上海经济研究, 2006(7): 14-23. [Jin Xiangyu. Research on total factor productivity of Chinese cities: 1990—2003. *Shanghai Economic Research*, 2006(7): 14-23.]
- [16] 刘秉镰, 李清彬. 中国城市全要素生产率的动态实证分析: 1990—2006——基于DEA模型的Malmquist指数方法[J]. 南开经济研究, 2009(3): 139-152. [Liu Binglian, Li Qingbin. A dynamic empirical analysis of urban total factor productivity in China: 1990—2006: Malmquist index method based on DEA model. *Nankai Economic Studies*, 2009(3): 139-152.]
- [17] 张建清, 龚恩泽. 中欧班列对中国城市全要素生产率的影响研究[J]. 世界经济研究, 2021(11): 106-119+137. [Zhang Jianqing, Gong Enze. Effect of China-Europe express on total factor productivity in China. *World Economic Studies*, 2021 (11): 106-119 + 137.]
- [18] 于永达, 吕冰洋. 中国生产率争论: 方法的局限性和结论的不确定性[J]. 清华大学学报(哲学社会科学版), 2010, 25(3): 141-153+161. [Yu Yongda, Lyu Bingyang. Chinese productivity debate: Limitations of methods and uncertainty of conclusions. *Journal of Tsinghua University (Philosophy and Social Sciences)*, 2010, 25 (3): 141-153 + 161.]
- [19] 刘云霞, 赵昱焜, 曾五一. 关于中国全要素生产率测度的研究——基于一阶差分对数模型和有效资本存量的再测算[J]. 统计研究, 2021, 38(12): 77-88. [Liu Yunxia, Zhao Yukun, Zeng Wuyi. Research on total factor productivity measures in China: Based on the first-order difference log model and the remeasurement of the effective capital stock. *Statistical Research*, 2021, 38(12): 77-88.]
- [20] 吴玉鸣, 李建霞. 中国区域工业全要素生产率的空间计量经济分析[J]. 地理科学, 2006, 26(4): 4385-4391. [Wu Yuming, Li Jianxia. Spatial econometric analysis of regional industrial total factor productivity in China. *Scientia Geographica Sinica*, 2006, 26(4): 4385-4391.]
- [21] 邢宏洋, 高俊, 谭辉. 国际空间溢出与服务业全要素生产率——基于空间随机前沿分析方法的测度[J]. 数量经济技术经济研究, 2021, 38(5): 75-95. [Xing Hongyang, Gao Jun, Tan Hui. International spatial spillover and total factor productivity of service industry: A measurement based on spatial stochastic frontier analysis. *Journal of Quantitative & Technical Economics*, 2021, 38(5): 75-95.]

- 2021, 38(5): 75-95.]
- [22] 刘明, 赵彦云. 基于投入要素的中国制造业省域空间溢出效应: 测度与实证[J]. 数理统计与管理, 2018, 37(1): 122-134. [Liu Ming, Zhao Yanyun. Provincial spatial spatial spillover effect of China's manufacturing industry based on input elements: Measurement and demonstration. *Journal of Applied Statistics and Management*, 2018, 37(1): 122-134.]
- [23] 龚斌磊. 中国与“一带一路”国家农业合作实现途径[J]. 中国农村经济, 2019(10): 114-129. [Gong Binlei. Realization path of agricultural cooperation between China and “Belt and Road” countries. *Chinese Rural Economy*, 2019(10): 114-129.]
- [24] 何雄浪, 叶连广. 长江经济带城市群经济关联、空间溢出与经济增长[J]. 现代财经(天津财经大学学报), 2020, 40(1): 16-28. [He Xionglang, Ye Lianguang. Economic connection, space overflow and economic growth of Yangtze River Economic Belt Urban Agglomeration. *Modern Finance and Economics (Journal of Tianjin University of Finance and Economics)*, 2020, 40(1): 16-28.]
- [25] 王鹤, 陈小庭. 基于空间关联的中国地级市经济增长要素解析[J]. 经济与管理评论, 2018, 34(2): 142-152. [Wang He, Chen Xiaoting. Analysis of the economic growth factors of prefecture-level cities in China based on spatial correlation. *Review of Economy and Management*, 2018, 34(2): 142-152.]
- [26] 鲁晓东, 连玉君. 中国工业企业全要素生产率估计: 1999—2007[J]. 经济学(季刊), 2012, 11(2): 541-558. [Lu Xiaodong, Li-an Yujun. Estimated total factor productivity of Chinese industrial enterprises: 1999—2007. *China Economic Quarterly*, 2012, 11(2): 541-558.]
- [27] 田友春, 卢盛荣, 靳来群. 方法、数据与全要素生产率测算差异[J]. 数量经济技术经济研究, 2017, 34(12): 22-40. [Tian Youchun, Lu Shengrong, Jin Laiqun. Methods, data and total factor productivity measurement differences. *Journal of Quantitative & Technical Economics*, 2017, 34(12): 22-40.]
- [28] Ouwehand W M, van Oort F G, Cortinovis N. Spatial structure and productivity in European regions[J]. *Regional Studies*, 2022, 56(1): 48-62.
- [29] 范巧, 郭爱君. 一种嵌入空间计量分析的全要素生产率核算改进方法[J]. 数量经济技术经济研究, 2019, 36(8): 165-181. [Fan Qiao, Guo Aijun. An improved method of total factor productivity accounting embedded in spatial econometric analysis. *Journal of Quantitative & Technical Economics*, 2019, 36(8): 165-181.]
- [30] 冯晓华, 邱思远. 长三角城市经济高质量发展水平测度及收敛性研究[J]. 华东经济管理, 2022, 36(11): 28-43 [Feng Xiaohua, Qiu Siyuan. Study on the measurement and convergence of high-quality development level of urban economy in Yangtze River Delta. *East China Economic Management*, 2022, 36(11): 28-43.]
- [31] Dubé J, Legros D, Theriault M et al. A spatial difference-in-difference estimator to evaluate the effect of change in public mass transit system on house prices[J]. *Transportation Research Part B: Methodological*, 2014, 64: 24-40.
- [32] Kelejian H H, G S Tavlas, G Hondronyiannis. A spatial modeling approach to contagion among emerging economies[J]. *Open Economies Review*, 2006, 17: 423-442.
- [33] 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.
- [34] 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. [Zhang Jun, Wu Guiying, Zhang Jipeng. Estimation of China's provincial physical capital stock: 1952—2000. *Economic Research Journal*, 2004(10): 35-44.]
- [35] 国家统计局. 中国城市统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2000—2019. [National Bureau of Statistics. *China city statistical yearbook*. Beijing: China Statistics Press, 2000—2019.]
- [36] 韩增林, 曹锡顶, 狄乾斌. 基础设施投入效率时空演变及其关联格局研究——基于中国地级以上城市的实证[J]. 地理科学, 2021, 41(6): 941-950. [Han Zenglin, Cao Xiding, Di Qianbin. Research on the spatio-temporal evolutionary of infrastructure input efficiency and correlation pattern—Based on the empirical evidence of cities above the prefecture level in China. *Scientia Geographica Sinica*, 2021, 41(6): 941-950.]
- [37] 邱思远, 孙伟. 中国城市群一体化水平测度与辐射能力分析[J]. 地理研究, 2024, 43(2): 303-321. [Qiu Siyuan, Sun Wei. Measuring integrative level and analysis of radiation capacity of in China's urban agglomerations. *Geographical Research*, 2024, 43(2): 303-321.]
- [38] 邓忠奇, 高廷帆, 朱峰. 地区差距与供给侧结构性改革——“三期叠加”下的内生增长[J]. 经济研究, 2020, 55(10): 22-37. [Deng Zhongqi, Gao Tingfan, Zhu Feng. Regional gap and supply-side structural reform—The endogenous growth under the “three phases superposition”. *Economic Research*, 2020, 55(10): 22-37.]
- [39] 白俊红, 王钺, 蒋伏心, 等. 研发要素流动、空间知识溢出与经济增长[J]. 经济研究, 2017, 52(7): 109-123. [Bai Junhong, Wang Yue, Jiang Fuxin et al. R&D factor flow, spatial knowledge spillover and economic growth. *Economic Research Journal*, 2017, 52(7): 109-123.]

Measurement of urban total factor productivity and analysis of spatial spillover effect of factors in China

Feng Xiaohua^{1,2}, Qiu Siyuan^{1,2}

(1. School of Business, Hubei University, Wuhan 430062, Hubei, China; 2. Research Center of Open Economy, Hubei University, Wuhan 430062, Hubei, China)

Abstract: The spatial spillover effect of urban factors plays an important role in the high-quality development of urban economy and regional coordinated development in China. Based on the rational construction of CD production function embedded in general nested spatial econometric model, this paper uses the data of 258 cities at prefecture level and above in China from 2000 to 2018 to measure the urban total factor productivity incorporating spatial spillover effect of factors to represent high-quality development of urban economy in China. At the same time, this paper uses appreciate production function embedded in general nested spatial econometric model to decompose the spatial spillover effect of capital and labour factors of specific cities and 5 major urban agglomerations, and explore the radiation driving capacity of specific cities and 5 major urban agglomerations to improve current situation of regional coordinated development in China. The results show that: 1) In terms of timing development, the overall urban total factor productivity in China has decreased slightly, but there is a gradual rising trend after 2017. In terms of spatial evolution, the total factor productivity in cities in southern and northern China has changed significantly, while the total factor productivity in eastern and western cities remains stable. 2) The result of measurement of urban total factor productivity with spatial spillover effect of factors is 0.4663 higher than that of those without spatial spillover effect of factors, indicating that spatial spillover effect of factors has a remarkable positive effect on urban total factor productivity. 3) Among the specific cities, the spatial spillover effect of factors of national central cities, and cities in the Bohai Bay, the Yangtze River Delta and the Pearl River Delta is strong, while the spatial spillover effect of factors of central and western cities is weak. Among the 5 major urban agglomerations, the spatial spillover effect of factors in Yangtze River Delta urban agglomeration is higher, while that in Chengdu-Chongqing urban agglomeration is lower.

Key words: urban total factor productivity; spatial spillover effect of factors; spatial econometrics model