

中国制造业全要素生产率时空演变及影响因素

王泽宇¹, 王焱熙², 赵 莉², 赵 璐¹

(1. 辽宁师范大学海洋经济与可持续发展研究中心, 大连 116029;

2. 辽宁师范大学地理科学学院, 大连 116029)

摘要: 提高制造业全要素生产率是实现中国制造业高质量发展的重要途径。运用超效率SBM模型、标准差椭圆、空间自相关、地理加权回归等方法实证分析了2002—2016年中国制造业全要素生产率的时空演变特征及影响因素。结果显示:① 2002—2016年中国制造业全要素生产率总体呈波动上升趋势,由2002年的0.58上升至2016年的0.80;② 中国制造业全要素生产率的重心整体呈“西南—东北—西北”的变化格局,移动距离和速度逐渐缩小。标准差椭圆主要位于中国中东部地区,转角呈“缩小—增大—再缩小”的趋势,由偏东北—偏西南方向向正北—正南方向不断偏移,在偏东北—偏西南方向的空间分布趋于分散,在偏东南—偏西北方向的空间分布趋于极化;③ 中国制造业全要素生产率的正向空间相关关系逐渐减弱,高一高集聚区主要集中于江苏、上海等华东地区,低—低集聚区主要集中于陕西、甘肃、四川等地区;④ 中国制造业全要素生产率影响因素存在显著的空间异质性特征,金融发展是制造业全要素生产率提高的主要因素,对外开放、产业集聚和交通基础设施是制造业全要素生产率提高的重要正向影响因素,信息化水平阻碍了制造业全要素生产率的提高。

关键词: 制造业;全要素生产率;时空演变;影响因素;中国

DOI: 10.11821/dlxb202112013

1 引言

制造业是国民经济的主体,是立国之本、兴国之器、强国之基。自2010年起,中国制造业产值及其增长速度已处于国际领先地位,连续11年成为世界上最大的制造业国家。然而,中国制造业在技术创新、生产效率等方面与国际领先水平仍存在差距。随着中国劳动力成本和土地价格不断攀升,制造业传统粗放型发展模式弊端逐渐显露,亟需塑造新的比较优势^[1]。《中共中央关于制定国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标的建议》强调“坚持把发展经济着力点放在实体经济上,加快推进制造强国、质量强国建设”,为“十四五”乃至更长一段时期中国制造业的高质量发展确立了目标。在此背景下,提高全要素生产率,从外延式增长向内涵式增长转变成为新时期中国制造业高质量发展的重要战略选择^[2]。因此,明确制造业全要素生产率的时空格局及影响因素对促进区域制造业高质量协同发展,加快建设制造强国、质量强国具有重要意义。

20世纪90年代以来,测度制造业全要素生产率、解释中国经济增长的奇迹成为国内外学者研究的重点内容^[3]。国外学者中最具代表性的是Young和Brandt。以Young为代表

收稿日期: 2020-05-14; 修订日期: 2021-09-24

基金项目: 辽宁省委组织部青年拔尖人才项目(XLYC1907027); 辽宁省社会科学规划基金(L20AJY003); 辽宁省社会科学联合会项目(2020slsktqn-048) [Foundation: Youth Talent Foundation of Organization Department of Liaoning Provincial Party Committee, No.XLYC1907027; Social Science Program of Liaoning Province, No.L20AJY003; Social Science Federation Program of Liaoning Province, No.2020slsktqn-048]

作者简介: 王泽宇(1981-), 女, 辽宁铁岭人, 博士, 教授, 研究方向为海洋经济地理。E-mail: wangzeyu2008@163.com
3061-3075 页

的学者对中国制造业全要素生产率的增长持悲观态度^[4],认为依赖外部投入增加形成的粗放式增长不可持续,难以称为“东南亚奇迹”^[5]。以Brandt为代表的学者认为在关税自由化与企业进入和退出的作用下,中国制造业全要素生产率实现了可观的增长^[6-7]。国内制造业全要素生产率的早期研究主要从经济增长角度,以资本、劳动力要素为主要投入,分析全国或特定区域制造业全要素生产率的发展状况及时序变迁特征^[8-9]。随着制造业企业统计数据可获得性的增强,研究逐渐由宏观走向微观^[10],在经济增长理论^[11]、新贸易理论^[12]、产业组织理论^[13]等框架下,从方向、程度和机制等出发探究制造业全要素生产率的作用因素^[14]。如李小平等以新贸易理论为指导,探讨贸易模式和贸易结构对中国制造业全要素生产率的影响^[12];李玉红等基于产业组织理论,从企业动态演化角度解释技术进步对转轨时期中国制造业全要素生产率变动的作用^[13]。随着企业层面数据样本统计误差、统计口径变更、关键指标缺失和异常值多等问题的显露,大多数基于企业层面数据的制造业全要素生产率研究囿于2008年前^[15],时效性渐失。虽然李苏苏等通过混合插补法等方法将企业层面数据扩展到2013年,但时效性和适用性有所局限^[16-18]。

纵观对制造业全要素生产率的研究,虽然取得了一系列丰硕成果,但仍存在一些亟待深入思考的问题:① 创新是制造业要素投入的重要组成部分,仅从资本、劳动力两个方面构建制造业全要素生产率度量模型,难以科学评估制造业全要素生产率的实际水平。同时,高质量发展背景下的制造业全要素生产率测度,应将污染类指标作为非期望产出纳入指标体系;② 从学科角度看,现有研究多从经济学、管理学视角探究制造业全要素生产率的增长方式与区域差异,地理学领域的相关研究主要集中在制造业产业关联与产业结构^[19]、演变格局及机制^[20]、产业集聚与创新网络^[21]、经济环境效益与可持续发展^[22]等方面,忽视了地理学视角下制造业全要素生产率“格局—过程—机理”的研究;③ 在影响因素方面,现有研究多为探讨单一或少数因子对制造业全要素生产率的作用机制,但各因子对制造业全要素生产率的影响并不是均质的,其作用强度与作用空间存在显著差异,亟需引入地理加权回归模型考察制造业全要素生产率影响因素的空间异质性。

基于此,本文以中国30个省市(因限于数据的可获得性,暂未包括西藏、港澳台地区)为样本,将创新投入、非期望产出纳入超效率(Slacks-Based Measure)SBM模型,采用标准差椭圆、空间自相关分析法探究2002—2016年中国制造业全要素生产率的时空演变特征,并运用地理加权回归模型探究其主要影响因素,以期为区域制造业高质量协同发展提供参考依据。

2 理论基础、研究方法与数据来源

2.1 理论基础

高质量发展是体现新发展理念的发展,是创新成为第一动力、协调成为内生特点、绿色成为普遍形态、开放成为必由之路、共享成为根本目的的发展,更加注重生产效率和经济社会环境效益的提高^[23]。内生增长理论认为创新投入带来的技术和知识增量是技术更新的主要动力,会促进全要素生产率的提高^[24]。然而,传统的制造业全要素生产率指标体系仅考虑劳动、资本要素的投入约束,没有考虑到资源环境约束和创新投入对于制造业发展的作用,不符合高质量发展背景下中国建设制造强国的实践需要。制造业全要素生产率的提高,本质上是制造业发展质量和经济社会环境效益的提高,是诸多影响因素作用的综合结果,主要包括对外开放、产业集聚、交通基础设施、金融发展和信息化水平等方面^[25-26]。

“极化—涓滴”效应理论认为发达地区与落后地区之间存在极化效应和涓滴效应^[27]。制造业相对落后地区通过技术引进、知识溢出效应或“学习效应”从制造业发达地区获取先进的技术和管理经验，制造业发达地区不断促使人才、资本等有利因素集聚，进而影响制造业相对落后地区的发展。基于此，制定中国制造业全要素生产率时空演变及影响因素分析思路 and 理论框架（图1）。

2.2 研究方法

2.2.1 超效率SBM模型

相比于传统的数据包络分析模型（Data Envelopment Analysis, DEA），Tone提出的SBM模型不仅消除了松弛变量对测度值的影响，解决了投入产出的松弛性问题，同时考虑了非期望产出对制造业生产过程的影响，使制造业全要素生产率的测度值更加准确^[28]。超效率DEA模型是一种对评价为DEA有效或弱有效的决策单元（Decision Making Unit, DMU）进一步评价的方法，其原理是将被评价DMU从参考集中排除从而使求解得出的效率值可能大于1^[29]。超效率SBM模型结合了超效率DEA模型和SBM模型的优势，不仅可以更恰当地处理非期望产出，而且可以在有效决策单元中进一步作出比较^[30]。

制造业全要素生产率测度投入指标包括资本、劳动力和创新，产出指标包括期望产出和非期望产出。借鉴Young的研究方法^[31]，使用永续盘存法计算各省市制造业固定资产资本存量作为资本投入，固定资产折旧率取9.6%^[32]；以各省市工业企业年末平均从业人员作为劳动力投入；各省市工业企业科技经费内部支出作为创新投入；各省市工业总产值当年价格（以2002年为基期利用工业品出厂价格指数进行平减得到）作为期望产出；各省市工业废气、废水、废物排放量作为非期望产出。

2.2.2 标准差椭圆

标准差椭圆（Standard Deviation Ellipse, SDE）是由美国社会学家Wolfe Lefever等提出的用于揭示社会经济、自然环境等要素空间格局特征的空间统计方法^[33]，可通过定量刻画中国制造业全要素生产率标准差椭圆的面积、重心、长短轴、转角等基本参数，描绘中国制造业全要素生产率在空间层面的分布特征^[34]。

2.2.3 空间自相关分析

空间自相关分析可揭示空间变量的分布是否与邻近变量有关，主要分为全局空间自相关与局部空间自相关^[35]。首先利用全局自相关的Moran's I 指数，检验中国制造业全要素生产率是否具有空间依赖性，再利用局部空间自相关的Moran's I 指数分析中国制造业全要素生产率的局部空间集聚情况^[36]。

2.2.4 地理加权回归模型

地理加权回归（Geographically Weighted Regression, GWR）模型是一种空间系数的回归分析工具。区别于普通线性回归模型，GWR模型将数据的空间特性纳入模型之中，可根据参数估计值地理位置的变化情况来探索空间关系的非平稳性，进而分析影响因素在不同地理位置的空间变异特征及规律^[28]。基于此，本文采用地理加权回归模型来探索各省市制造业全要素生产率的影响因素，并对各影响因素的重要性及空间分布格局进行分析^[37]。

2.3 数据来源

由于工业品出厂价格指数的数据缺失，无法对2017年后各省市工业总产值进行平减，且考虑到西藏及港澳台地区制造业数据的可获得性，本文选取2002—2016年中国30

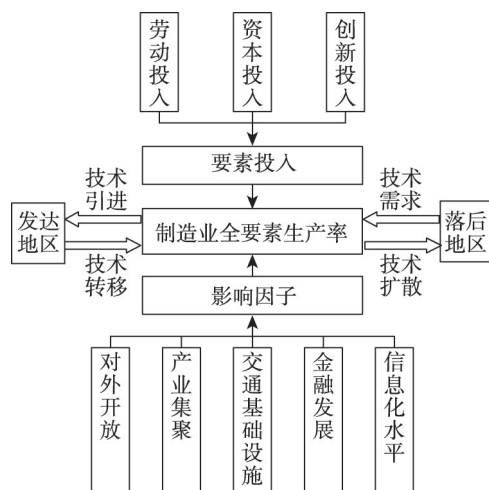


图1 理论框架

Fig. 1 Theoretical framework

个省市（暂未包括西藏、港澳台地区）制造业为研究样本。数据主要来源于2003—2017年的《中国工业统计年鉴》^[38]、《中国科技统计年鉴》^[39]、《中国城市统计年鉴》^[40]、《中国统计年鉴》^[41]、《中国环境统计年鉴》^[42]。

3 中国制造业全要素生产率时空演变特征

3.1 时序演变特征

本文利用MAXDEA软件测算2002—2016年中国制造业全要素生产率（表1）。总体来看，2002—2016年间中国制造业全要素生产率呈波动上升趋势，由2002年的0.58上升至2016年的0.80，并在国家发展战略导向和国内外市场环境改变的作用下呈明显阶段性变化。分阶段来看，2002—2010年，中国加入世界贸易组织和市场化改革的成效逐渐显

表1 2002—2016年中国制造业全要素生产率
Tab. 1 TFP in China's manufacturing industry from 2002 to 2016

省份	2002	2004	2006	2008	2010	2012	2014	2016
安徽	0.52	0.63	0.65	0.65	1.03	0.75	1.01	1.00
北京	1.00	1.08	1.15	1.05	1.08	1.11	1.10	1.30
福建	0.65	0.71	0.76	0.73	1.03	1.03	1.05	1.01
甘肃	0.65	0.61	0.58	0.56	0.60	0.57	0.58	0.56
广东	0.91	1.08	1.05	1.03	1.03	1.02	1.04	1.09
广西	0.31	0.54	0.57	0.55	0.60	0.59	0.65	0.69
贵州	0.39	0.60	0.58	0.55	0.59	0.52	0.57	0.58
海南	0.44	0.54	1.02	1.07	1.09	0.52	0.79	0.90
河北	0.64	0.62	0.63	0.61	0.65	0.64	0.62	1.01
河南	0.65	0.63	0.62	0.64	0.82	0.63	0.76	0.75
黑龙江	0.63	0.81	0.57	0.52	0.51	0.48	0.50	0.68
湖北	0.65	0.61	0.60	0.61	0.62	0.72	0.93	0.99
湖南	0.46	0.58	0.60	0.61	0.62	0.63	0.63	0.69
吉林	0.67	0.66	0.62	0.65	1.03	1.01	1.00	1.02
江苏	0.75	1.04	1.04	1.30	1.02	1.03	0.75	0.86
江西	0.42	0.60	0.60	0.61	0.64	0.63	0.66	0.73
辽宁	0.50	0.62	0.60	0.60	0.62	0.60	0.61	0.93
内蒙古	0.42	0.61	0.62	0.60	0.66	0.58	0.60	0.82
宁夏	0.57	0.58	0.56	0.53	0.57	0.57	0.57	0.58
青海	0.43	0.60	0.57	0.54	0.60	0.53	0.58	0.79
山东	0.63	1.00	1.03	1.01	1.01	0.71	0.96	0.11
山西	0.59	0.59	0.53	0.52	0.56	0.53	0.54	0.83
陕西	0.62	0.58	0.58	0.56	0.58	0.56	0.60	0.70
上海	0.75	1.06	1.02	1.00	1.14	0.70	0.69	0.61
四川	0.59	0.59	0.60	0.62	0.84	0.65	1.06	1.04
天津	0.81	1.04	1.02	1.03	1.03	1.17	1.25	1.22
新疆	0.34	0.57	0.57	0.51	0.51	0.35	0.36	0.33
云南	0.43	0.61	0.63	0.59	0.65	0.56	0.56	0.54
浙江	0.62	0.88	1.01	0.80	1.05	0.70	0.66	0.59
重庆	0.41	0.58	0.57	0.59	0.62	0.65	0.72	1.02
均值	0.58	0.71	0.72	0.71	0.78	0.69	0.75	0.80

注：受篇幅所限，仅选取代表年份。

现，国内外需求市场及中小民营制造业企业的发展壮大促使制造业规模迅速扩大，资源要素获得较优配置，全要素生产率实现较大幅度增长，由2002年的0.58上升至2010年的0.78。2010—2012年，受全球金融危机后效影响，中国制造业产品内需动能不足、出口订单严重下滑，企业产出锐减，全要素生产率呈波动下降趋势。2012—2016年，中国经济发展进入新常态，深入实施创新驱动、绿色发展战略，产业结构调整和发展模式转变加快，制造业自主创新能力进一步提升，全要素生产率呈回弹趋势。

3.2 空间演变特征

依托ArcGIS 10.2软件计算中国制造业全要素生产率的空间分布重心及标准差椭圆相关属性（表2、表3），选取2002年、2007年、2012年、2016年4个特征时点绘制中国制造业全要素生产率的重心移动轨迹和标准差椭圆分布图（图2、图3）。

表2 2002—2016年中国制造业全要素生产率重心移动方向和距离参数

Tab. 2 Moving direction and distance parameter of the center of gravity of TFP in China's manufacturing industry								
年份	重心坐标	移动方向	移动距离(km)	东西向距离(km)	南北向距离(km)	移动速度(km/a)	东西向速度(km/a)	南北向速度(km/a)
2002	34.21°N, 113.22°E							
2007	33.38°N, 113.09°E	西偏南	91.54	3.09	91.49	18.31	0.62	18.30
2012	33.75°N, 113.34°E	东偏北	47.16	19.47	42.95	9.43	3.89	8.59
2016	33.79°N, 112.86°E	西偏北	44.34	44.34	0.17	8.87	8.87	0.03

表3 2002—2016年中国制造业全要素生产率空间分布的标准差椭圆参数

Tab. 3 Standard deviation ellipse parameter of the spatial distribution of the TFP in China's manufacturing industry				
参数	2002	2007	2012	2016
转角(°)	27.07	20.54	25.21	23.8
沿x轴标准差(km)	925.64	966.75	899.88	877.21
沿y轴标准差(km)	1123.37	1149.68	1130.22	1172.59

3.2.1 重心移动轨迹 2002—2016年间中国制造业全要素生产率重心在33.38°N~34.21°N、112.86°E~113.34°E之间变动，均分布在河南境内，整体呈“西南—东北—西北”的变化格局，重心移动距离和速度呈逐渐缩小的态势（表2、图2）。具体来看，2002—2007年重心的移动距离和速度最大，分别为91.54 km、18.31 km/a，其中重心南移速度与重心整体移动速度几乎相同。此时期，经济发展基础较好的江苏、浙江等华东、华中地区更好地推行国际化战略，通过与国外合作获得了先进的知识技术和管理经验，制造业全要素生产率得到较快提升，而北部地区偏重型的制造业产业体系在结构转型、技术升级等方面面临诸多困难，全要素生产率增速较慢，导致中国制造业全要素生产率的重心快速向南移动。2007—2012年重心的移动距离和速度有所降低，分别缩小至47.16 km、9.43 km/a，主要归结于南北方向上移动速度的减小。随着东北振兴战略的深入实施，国家层面实施的东北地区重要财税和金融政策效应不断释放，税费优惠和投资计划的增加促使辽宁、吉林等省市制造业产业结构调整加快，全要素生产率实现较快增长，导致中国制造业全要素生产率重心向东北移动，而全球金融危机背景下的中国整体制造业全要素生产率增速放缓是重心移动速度逐渐缩小的主要原因。2012—2016年，中国把加强生态环境保护作为“十二五”时期实施西部大开发战略的重要切入点，严格实行污染物总量排放控制，西北地区制造业废水、废气、废物等污染物总量大幅减少，绿色发展能力大幅提高。同时，西北地区承接东部、中部地区制造业转移的技术溢出效果明显，技术创新和转化应用能力得到显著增强，全要素生产率快速提升，致使中国制造业全要素生产率重心向西北移动。

3.2.2 标准差椭圆分析 制造业全要素生产率标准差椭圆主要位于中国中东部地区,空间分布格局由偏东北—偏西南方向向正北—正南方向不断偏移,覆盖范围逐渐缩小,表明中国制造业全要素生产率空间分布趋于集中(表3、图3)。从转角来看,标准差椭圆转角呈“缩小—增大—再缩小”的趋势。2002—2007年转角由2002年的 27.07° 缩小至2007年的 20.54° ,表明制造业全要素生产率的空间分布格局由偏东北—偏西南向正北—正南偏转了 6.53° ;2007—2012年转角增至 25.21° ,表明制造业全要素生产率空间分布格局向东北—西南偏转了 4.67° ;2012—2016年转角减小的幅度较小,制造业全要素生产率空间分布格局基本保持稳定。从主轴长度来看,主轴经历了“延伸—缩短—再延伸”的过程,由2002年的1123.37 km延伸至2016年的1172.59 km,表明制造业全要素生产率在主轴方向的空间分布经历了先极化再分散的演变。从辅轴的长度来看,辅轴经历了“延伸—缩短”的过程,表明制造业全要素生产率在辅轴方向上的空间分布经历了先分散再极化的演变。整体来看,中国制造业全要素生产率在偏东北—偏西南方向的空间分布趋于分散,在偏东南—偏西北方向的空间分布趋于极化。

3.3 空间相关性分析

利用Geoda软件计算2002—2016年中国制造业全要素生产率的Moran's I 指数(表4)。由表4可知,2002—2016年中国制造业全要素生产率的全局Moran's I 指数均大于0,说明中国制造业全要素生产率存在较强的空间正相关关系,某省市的制造业全要素生产率不

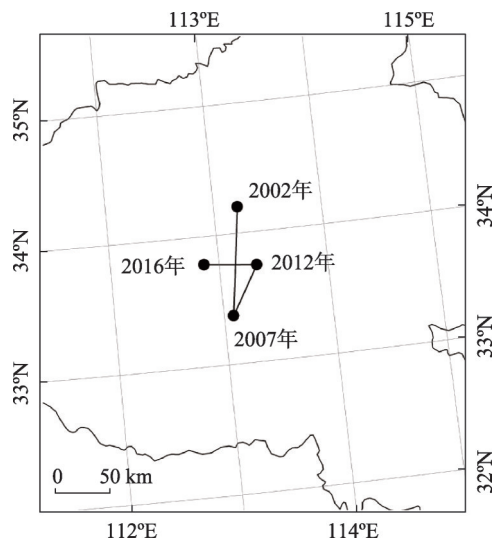
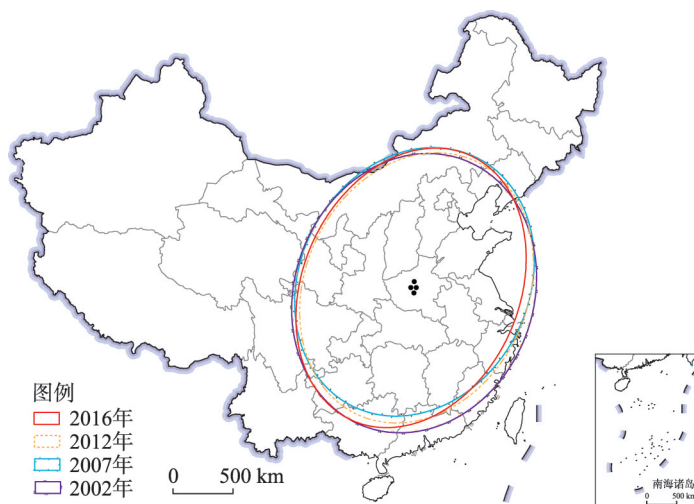


图2 中国制造业全要素生产率重心移动轨迹
Fig. 2 The moving trajectories of the gravity center of TFP in China's manufacturing industry



注:基于自然资源部标准地图服务网站GS(2019)1825号标准地图制作,底图边界无修改。

图3 2002—2016年中国制造业全要素生产率空间分布的标准差椭圆

Fig. 3 Standard deviation ellipse of the spatial distribution of the TFP in China's manufacturing industry

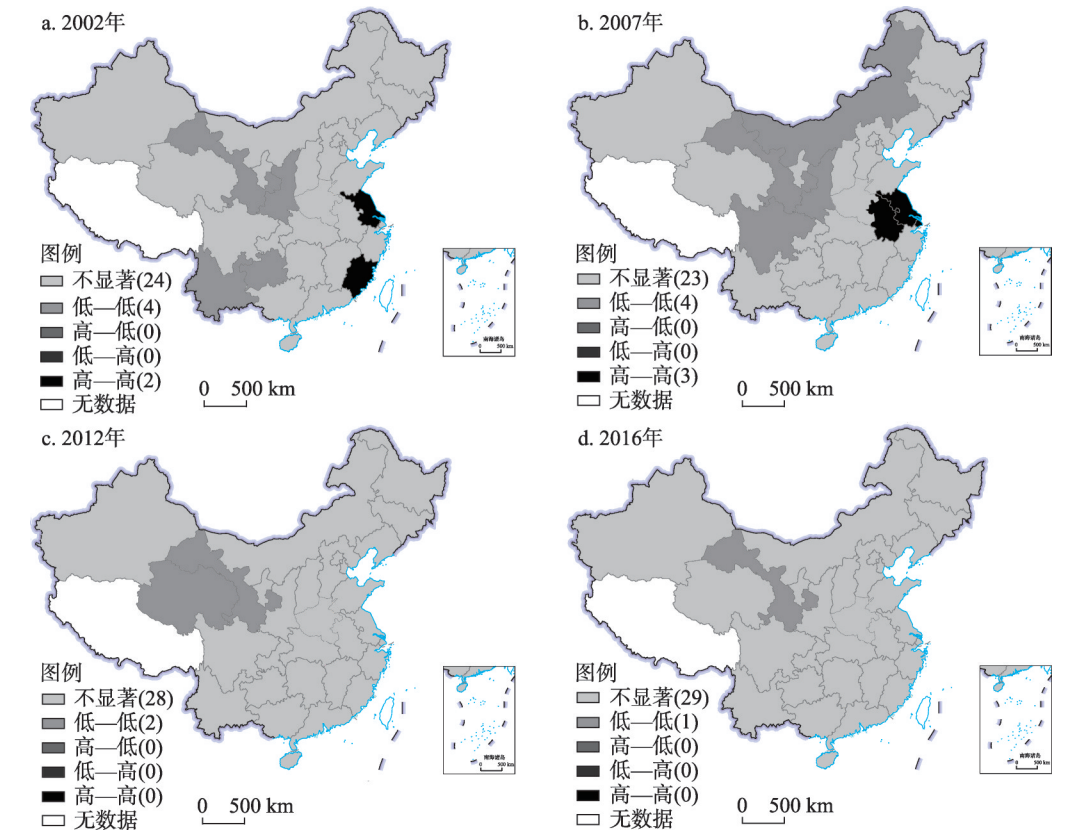
表4 2002—2016年中国制造业全要素生产率 Moran's I 指数

Tab. 4 Moran's I index of TFP in China's manufacturing industry from 2002 to 2016

年份	Moran's I	P 值	年份	Moran's I	P 值	年份	Moran's I	P 值
2002	0.305	0.008	2007	0.475	0.001	2012	0.278	0.016
2003	0.376	0.008	2008	0.434	0.002	2013	0.312	0.009
2004	0.376	0.005	2009	0.276	0.018	2014	0.129	0.102
2005	0.454	0.001	2010	0.387	0.003	2015	0.225	0.008
2006	0.449	0.001	2011	0.215	0.042	2016	0.082	0.143

但会影响其周围省市，也会受周围邻近省市的影响，表现出相似值之间的空间集聚。从变化趋势来看，全局 Moran's I 指数值呈现“低—高一低”的走势，在2007年达到0.475的峰值，随后呈波动下降趋势，下降至0.082，表明中国制造业全要素生产率在2007年表现出较强的空间集聚特征，而2007年后制造业全要素生产率的省际联系逐渐减弱。

同时，对2002年、2007年、2012年和2016年中国30个省市制造业全要素生产率进行局部空间自相关检验，并绘制局部自相关LISA图（图4）。由图4可知，中国制造业全要素生产率的局域空间集聚特征明显，总体以高一高集聚和低—低集聚类型为主，高一—高集聚区主要集中于江苏、上海等华东地区，低—低集聚区主要集中于陕西、甘肃、四川等西北、西南地区，呈先增后缩的空间分布趋势。2002年中国大部分省市制造业全要



注：基于自然资源部标准地图服务网站GS(2019)1825号标准地图制作,底图边界无修改。

图4 2002—2016年中国制造业全要素生产率的LISA集聚图

Fig. 4 LISA cluster map of TFP in China's manufacturing industry from 2002 to 2016

素生产率局域空间集聚性不显著,仅江苏和福建是高一高集聚区,甘肃、陕西、贵州和云南是低—低集聚区;2007年江苏、上海制造业的先进技术和方式通过辐射涓滴效应带动了邻近省市安徽的发展,高一高集聚区呈由沿海向内陆扩展趋势。低—低集聚区的空间集聚特征有所增强,向北扩大到内蒙古等华北地区,这主要是因为复杂地理条件的制约下,内蒙古等省市制造业创新发展的要素瓶颈约束效应明显,且受河北、北京及沿海省市对人才、技术等要素的极化效应影响,削弱了其制造业发展能力;2012年高一高集聚区消失,低—低集聚区呈向西扩展趋势,但整体范围有所缩减,仅甘肃和青海属于低—低集聚区;2016年低—低集聚区的空间分布范围进一步收缩,仅甘肃为低—低集聚区,表现出较强的空间稳定性特征,这与甘肃相对滞后的制造业发展水平存在密切关系。

4 影响因素分析

4.1 变量选择

为充分考察制造业全要素生产率各影响因素的空间异质性问题,在遵循可得性、可比性、可量化原则的前提下,本文选取对外开放、产业集聚、交通基础设施、金融发展和信息化水平5个因子作为解释变量。① 对外开放。对外开放程度高的地区能有效引进外资,加强区域内外经济联系,为地区制造业发展带来先进生产技术、管理经验等其他资源^[43]。本文采用地区外商直接投资额占地区生产总值的比重表征各省市的对外开放程度。② 产业集聚。产业集聚可加强集聚区内制造业企业的良性竞争,促进技术革新。此外,产业集聚的知识溢出效应有利于技术、人才等要素的流通,提升制造业整体的技术水平。参考相关文献^[44],采用区位熵表征制造业产业集聚情况。③ 交通基础设施。完善的交通基础设施可增强市场可达性,弱化区域市场分割,有效降低要素流通成本,提高要素资源的配置效率,进而作用于制造业全要素生产率。参考刘钜强关于交通基础设施与制造业区位的研究^[26],采用每平方公里公路里程数表征各省市的交通基础设施发展水平。④ 金融发展。完善的金融体系可降低企业的融资、投资与风险成本,提高企业管理效率。同时,金融也可对创新技术的研发、产业化提供重要支撑^[45]。本文选取金融业增加值占地区生产总值的比重表征各省市的金融发展水平。⑤ 信息化水平。信息技术使信息传递方式变得扁平,有利于缩短信息传递时间,降低信息、技术交流成本,加快企业组织决策速度,加强市场变化应对能力,进而作用于制造业全要素生产率^[46]。借鉴陆大道的相关研究^[47],选用电信业务收入占地区生产总值的比重表征该地区的信息化发展水平。

4.2 GWR模型评估

4.2.1 共线性检验 进行线性回归前,需要对各变量进行共线性检验,避免发生多重共线问题。通过检验,发现各影响因素的VIF值均小于10(表5),不存在多重共线性的问题,达到回归分析基本要求。

4.2.2 拟合优度检验 由表6可知,2002年、2016年GWR模型的校正模型拟合优度(调整 R^2)分别为0.38和0.20,均高于2002年、2016年OLS模型的模型拟合优度的0.35和0.08,说明GWR模型的拟合效果显著优于OLS模型。

表5 影响因子VIF值
Tab. 5 VIF values of influencing factors

变量	对外开放	产业集聚	交通基础设施	金融发展	信息化水平
VIF值	1.206	1.060	1.783	1.401	1.212

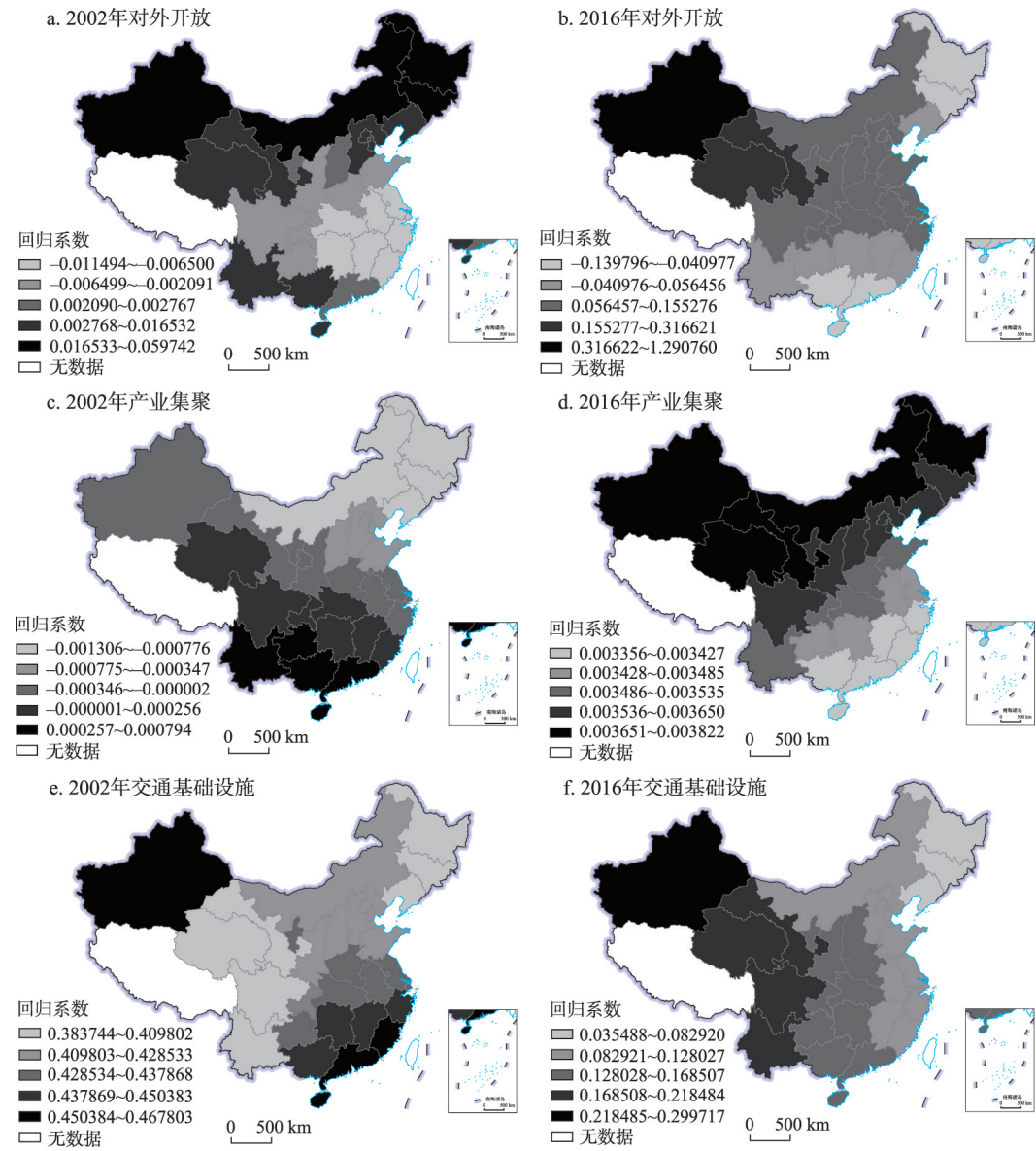
表6 OLS模型与GWR模型拟合优度结果
Tab. 6 The goodness of fit results of the OLS model and the GWR model

模型	2002年		2016年	
参数	R^2	调整 R^2	R^2	调整 R^2
OLS	0.46	0.35	0.24	0.08
GWR	0.52	0.38	0.36	0.20

4.3 结果分析

将GWR模型的计算结果借助GIS平台进行可视化表达，从而更直观地对制造业全要素生产率的影响因素进行空间异质性分析（图5）。由图5可知，各影响因素对制造业全要素生产率的作用具有明显的空间异质性特征，金融发展是制造业全要素生产率增长的主要因素，对外开放、产业集聚与交通基础设施也发挥了重要支撑作用，信息化水平阻碍了制造业全要素生产率的提高。

（1）对外开放对制造业全要素生产率的影响。2002年对外开放回归系数自西北向东南依次递减（图5a），2016年其空间格局无明显变化（图5b），回归系数高值区主要集中在

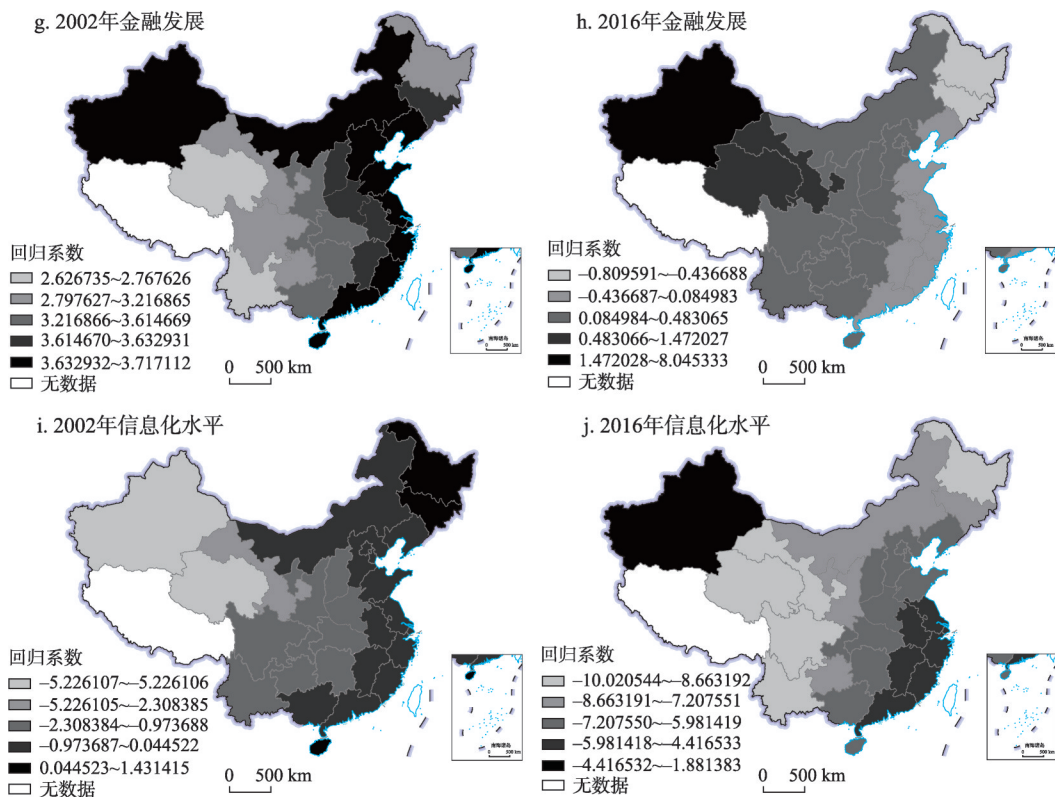


注：基于自然资源部标准地图服务网站GS(2019)1825号标准地图制作,底图边界无修改。

图5 2002年和2016年中国制造业全要素生产率影响因素回归系数空间分布

Fig. 5 Spatial distribution of regression coefficients of influencing factors of the TFP in China's manufacturing industry in 2002 and 2016

续图5



在新疆、青海等西北地区，表明对外开放对中国西北地区制造业全要素生产率的影响程度明显大于其他地区。这主要是因为，受资源要素约束和经济发展限制，青海等西北地区制造业全要素生产率较低，提升空间较大，外商直接投资带来的先进技术、管理经验和高技术含量中间产品对其制造业全要素生产率提高的促进作用相较于其他地区更为显著。值得注意的是，2016年回归系数低值区主要集中在黑龙江、吉林等中国东北地区，这主要是因为黑龙江、吉林等省市以从事加工、组装等价值链低端环节的劳动密集型制造业为主，从长期来看外商直接投资并未产生良好的投资效应，反而因跨国企业对核心技术的保护与封锁产生了明显的负面竞争效应，加剧了东北地区制造业内部同行业的竞争，导致了低端产能过剩和要素配置效率缺失，阻碍了制造业全要素生产率的提高。

(2) 产业集聚对制造业全要素生产率的影响。2002年产业集聚的回归系数由东北向西南梯次增大(图5c)，表明产业集聚对中国制造业全要素生产率的影响程度由东北向西南逐渐增强；2016年产业集聚对中国制造业全要素生产率的影响程度逐渐增强，其空间分布格局发生较大变化，呈由南向北递增的趋势(图5d)。从正值区数量来看，产业集聚回归系数正值区数量有所增加，表明产业集聚水平的提升有利于中国制造业全要素生产率的改善。2002年东北地区相邻省市制造业产业结构雷同程度高，以消耗煤炭资源的重型化冶炼工业为主，污染物排放量较多，产业集聚规模扩大加剧了环境污染，具体表现为产业集聚回归系数在东北地区为负。2016年内蒙古等北部地区加速承接东部沿海地区产业转移，不同类型的产业集聚加强了制造业企业间的联系，推动信息服务和劳动力市场信息共享，进而促进了制造业全要素生产率的提高。浙江等东部沿海省市凭借优越

的区位优势和政策环境,吸引了大量制造业企业集聚,导致其产业集聚规模在研究末期逐渐接近市场容量限制和环境承载能力,增加了本土化市场竞争和地租等生产成本,对制造业全要素生产率的正向促进作用相对较弱。

(3) 交通基础设施对制造业全要素生产率的影响。2002—2016年交通基础设施对制造业全要素生产率的正向促进作用逐渐减弱,空间分布格局由南高北低逐渐向西高东低演变。2002年交通基础设施回归系数总体表现为由东南向西北梯次递减的趋势(图5e),与中国制造业全要素生产率东南高西北低的空间分布格局基本吻合,表明交通基础设施的发展差异是导致制造业全要素生产率区域差异的原因之一。产业发展依托于交通基础设施^[48],完善的交通基础设施可降低企业运输成本、交易成本、库存成本,进而提高制造业全要素生产率。新疆得益于国家对交通基础设施建设的直接投资,顺利完成多条国道新建和改建任务,交通基础设施规模和路网等级提升,吸引更多要素集聚,促进了制造业全要素生产率的提高,成为交通基础设施回归系数高值区。2016年回归系数空间分布格局发生较大变化,呈由西向东递减趋势,高值区主要分布在青海等中国西部地区(图5f)。这主要是因为中国西部地区制造业以中低技术的矿产资源深加工行业为主,呈明显的原料型特征,依赖交通基础设施提供的原材料运输服务,对交通基础设施完善带来的成本效应更为敏感,具体表现为交通基础设施对其制造业全要素生产率的正向促进作用相对较强。

(4) 金融发展对制造业全要素生产率的影响。2002年金融发展回归系数高值区主要分布在东南沿海省市,总体表现为东南沿海地区大于内陆地区(图5g)。江苏等东部沿海省市金融发展的本底条件良好,金融发展水平远高于全国平均水平,优越的融资环境和营商环境缓解了制造业企业投融资约束,促进了企业的投入式创新行为,进而对制造业全要素生产率产生了更多积极影响;2016年这种趋势有所变化,总体表现为由西北向东南梯次递减的趋势(图5h),表明金融发展对中国西北地区的制造业全要素生产率的影响程度大于其他地区。从正值区数量来看,2002—2016年间回归系数正值区数量有所减少,负值区主要分布在黑龙江、吉林等东北地区省市。这主要是因为黑龙江、吉林等省市金融业与制造业企业并未形成长期稳定的均衡发展关系,金融机构信用贷款倾向于流向更受国家政策青睐但全要素生产率偏低的国有制造业企业,而全要素生产率较高的民营制造业企业无法获得资源优化配置所需的金融资源,造成金融资源错配与浪费,最终导致制造业全要素生产率的损失。因此,东北地区应加快金融供给侧结构性改革,根据效率原则合理配置信贷资金,强化金融业对实体经济的服务作用,促进制造业全要素生产率的提升。

(5) 信息化水平对制造业全要素生产率的影响。2002年信息化水平的回归系数自东向西逐渐减小(图5i),表明研究初期信息化水平对东部地区制造业全要素生产率的影响力要大于西部地区;2016年回归系数的空间分布无明显变化,但从正值区数量来看,正值区数量明显减少(图5j),表明信息化水平并没有进一步推动制造业企业发展,反而阻碍了制造业全要素生产率的提高,这也说明单纯提高信息化水平并不是提升制造业全要素生产率的有效手段。信息化对制造业发展而言既是机遇也是挑战,在为制造业企业拓宽信息获取渠道和降低信息获取门槛的同时,也会因信息透明化导致资源挤占和创新收益被无创新贡献群体攫取,对制造业原始创新企业的创新行为产生负向激励,进而阻碍全要素生产率的提高。因此,推动信息化与制造业的深度融合,实现信息化与制造业发展的良性互动,消除信息化对制造业转型升级的负面影响,是新时期中国提高制造业全要素生产率、实现制造业高质量发展的关键。

5 结论与讨论

5.1 结论

本文运用超效率SBM、标准差椭圆、空间自相关等方法,定量评估了2002—2016年中国制造业全要素生产率及其时空演变特征,并使用GWR模型定量分析了制造业全要素生产率的影响因素,结论如下:

(1) 时序演化特征分析发现,2002—2016年中国制造业全要素生产率整体呈波动上升趋势,并表现出明显的阶段性变化特征。从宏观层面上看,国家发展战略导向和国内外市场环境的改变是中国制造业全要素生产率阶段性变化的主要原因。

(2) 重心移动轨迹和标准差椭圆分析发现,2002—2016年中国制造业全要素生产率的重心在33.38°N~34.21°N、112.86°E~113.34°E之间移动,整体呈“西南—东北—西北”的变化格局,移动距离和速度逐渐缩小;标准差椭圆主要位于中国中东部地区,转角呈“缩小—增大—再缩小”的趋势,由偏东北—偏西南方向向正北—正南方向不断偏移,在偏东北—偏西南方向的空间分布趋于分散,在偏东南—偏西北方向的空间分布趋于极化。

(3) 全局空间自相关分析发现,中国制造业全要素生产率存在较强的空间正相关关系,但省际联系逐渐减弱。局部空间自相关分析发现,中国制造业全要素生产率局域空间集聚特征明显,总体以高一高集聚和低—低集聚类型为主,高一高集聚区主要集中于江苏、上海等华东地区,低—低集聚区主要集中于陕西、甘肃、四川等地区。

(4) 影响因素分析发现,金融发展是制造业全要素生产率提高的主要因素,对外开放、产业集聚与交通基础设施也发挥了重要支撑作用,由此加快金融供给侧结构性改革、深化对外开放、提高产业集聚水平、完善交通基础设施可有效促进制造业全要素生产率的提高。信息化水平对制造业全要素生产率提高的阻碍作用,反映出信息化与制造业全要素生产率之间作用机制的复杂性特征和实现信息化与制造业深度融合的必要性。

5.2 讨论

本文在地理学“格局—过程—机理”的研究范式下,将创新投入、非期望产出纳入制造业全要素生产率测度模型,构建制造业全要素生产率变化的理论框架,探究中国制造业全要素生产率时空演变特征及影响因素,剖析影响因素的空间异质性,为解决制造业高质量发展问题、实现区域制造业高质量协同发展提供了一个新的研究范式,为地理学视角下制造业全要素生产率时空特征和影响因素的进一步研究奠定了基础。但受数据所限,本文研究时序为2002—2016年,无法揭示更长时间尺度中国制造业全要素生产率发展的规律性特征。因此,长时间序列的市级层面制造业全要素生产率的精细化研究及发展趋势模拟预测将是下一步的研究重点。

参考文献(References)

- [1] Zhang Keyun, Zhu Chunxiao. Coagglomeration and spatial relatedness of China's industry. *Acta Geographica Sinica*, 2021, 76(4): 1019-1033. [张可云, 朱春筱. 中国工业结对集聚和空间关联性分析. *地理学报*, 2021, 76(4): 1019-1033.]
- [2] Sheng Yanwen, Luo Huasong, Song Jinping, et al. Evaluation, influencing factors and spatial spillover of innovation efficiency in five major urban agglomerations in coastal China. *Geographical Research*, 2020, 39(2): 257-271. [盛彦文, 骆华松, 宋金平, 等. 中国东部沿海五大城市群创新效率、影响因素及空间溢出效应. *地理研究*, 2020, 39(2): 257-271.]
- [3] Khandelwal A K, Schott P K, Wei S J, et al. Trade liberalization and embedded institutional reform: Evidence from Chinese exporters. *American Economic Review*, 2013, 103(6): 2169-2195.
- [4] Young A. The tyranny of numbers: Confronting the statistical realities of the East Asian growth experience. *Quarterly Journal of Economics*, 1995, 110(3): 641-680.

- [5] Young A. The razor's edge: Distortions and incremental reform in the People's Republic of China. *Quarterly Journal of Economics*, 2000, 115(4): 1091-1135.
- [6] Brandt L, Biesebroeck J V, Wang L H, et al. WTO accession and performance of Chinese manufacturing firms. *American Economic Review*, 2017, 107(9): 2784-2820.
- [7] Brandt L, Biesebroeck J V, Zhang Y. Creative accounting or creative destruction? Firm-level productivity growth in Chinese manufacturing. *Journal of Development Economics*, 2012, 97(2): 339-351.
- [8] Zhang Jun. Capital formation, industrialization and economic growth: Understanding China's economic reform. *Economic Research Journal*, 2002(6): 3-13, 93. [张军. 资本形成、工业化与经济增长: 中国的转轨特征. *经济研究*, 2002(6): 3-13, 93.]
- [9] Shen Neng. An empirical analysis on total factor productivity diversity in China's manufacturing industry. *China Soft Science Magazine*, 2006(6): 101-110. [沈能. 中国制造业全要素生产率地区空间差异的实证研究. *中国软科学*, 2006(6): 101-110.]
- [10] Lu Xiaodong, Lian Yujun. Estimation of total factor productivity of industrial enterprises in China: 1999-2007. *China Economic Quarterly*, 2012, 11(2): 541-558. [鲁晓东, 连玉君. 中国工业企业全要素生产率估计: 1999—2007. *经济学(季刊)*, 2012, 11(2): 541-558.]
- [11] Yang Rudai. Study on the total factor productivity of Chinese manufacturing enterprises. *Economic Research Journal*, 2015, 50(2): 61-74. [杨汝岱. 中国制造业企业全要素生产率研究. *经济研究*, 2015, 50(2): 61-74.]
- [12] Li Xiaoping, Lu Xianxiang, Zhu Zhongli. International trade, technological progress and productivity growth of Chinese industries. *China Economic Quarterly*, 2008(2): 549-564. [李小平, 卢现祥, 朱钟棣. 国际贸易、技术进步和中国工业行业的生产率增长. *经济学(季刊)*, 2008(2): 549-564.]
- [13] Li Yuhong, Wang Hao, Zheng Yuxin. Enterprise evolution: Important path of industrial TFP growth in China. *Economic Research Journal*, 2008(6): 12-24. [李玉红, 王皓, 郑玉歆. 企业演化: 中国工业生产率增长的重要途径. *经济研究*, 2008(6): 12-24.]
- [14] Wen Dongwei. Resource misallocation, TFP and growth potential in China's manufacturing. *China Economic Quarterly*, 2019, 18(2): 617-638. [文东伟. 资源错配、全要素生产率与中国制造业的增长潜力. *经济学(季刊)*, 2019, 18(2): 617-638.]
- [15] Li Dan, Hu Xiaojuan. Research on relative efficiency and the growth of TFP of enterprises in China's manufacturing industry. *The Journal of Quantitative & Technical Economics*, 2008(7): 31-41. [李丹, 胡小娟. 中国制造业企业相对效率和全要素生产率增长研究: 基于1999—2005年行业数据的实证分析. *数量经济技术经济研究*, 2008(7): 31-41.]
- [16] Li Susu, Ye Xiangsong, Zhang Shaohua. Research on the measurement of Total Factor Productivity of Chinese manufacturing enterprises. *Academic Research*, 2020(3): 105-113. [李苏苏, 叶祥松, 张少华. 中国制造业企业全要素生产率测度研究. *学术研究*, 2020(3): 105-113.]
- [17] Li Lin, Liu Kai. Research on manufacturing service and manufacturing total factor productivity from the perspective of regional heterogeneity. *Science & Technology Progress and Policy*, 2018, 35(23): 66-74. [李琳, 刘凯. 区域异质性视角下制造业服务化与制造业全要素生产率研究. *科技进步与对策*, 2018, 35(23): 66-74.]
- [18] Ding Ting, Qian Xiaodong. Does the "replacing business tax with value added tax" policy have spillover effects on the total factor productivity of manufacturing enterprises? *Modern Economic Research*, 2019(1): 77-85. [丁汀, 钱晓东. “营改增”政策对制造业企业全要素生产率存在溢出效应吗. *现代经济探讨*, 2019(1): 77-85.]
- [19] Li Jianxin, Yang Yongchun, Jiang Xiaorong, et al. The spatial-temporal patterns and influencing factors of the industrial structure upgrade of China's manufacturing. *Geographical Research*, 2018, 37(8): 1558-1574. [李建新, 杨永春, 蒋小荣, 等. 中国制造业产业结构高级度的时空格局与影响因素. *地理研究*, 2018, 37(8): 1558-1574.]
- [20] Mao Qiliang, Dong Suocheng, Wang Fei, et al. Evolving spatial distribution of manufacturing industries in China. *Acta Geographica Sinica*, 2013, 68(4): 435-448. [毛琦梁, 董锁成, 王菲, 等. 中国省区间制造业空间格局演变. *地理学报*, 2013, 68(4): 435-448.]
- [21] Wang Qiuyu, Zeng Gang, Lv Guoqing. Structural evolution of innovation networks of China's equipment manufacturing industry. *Acta Geographica Sinica*, 2016, 71(2): 251-264. [王秋玉, 曾刚, 吕国庆. 中国装备制造业产学研合作创新网络初探. *地理学报*, 2016, 71(2): 251-264.]
- [22] Wang Wenzhi, Lu Jianming. Factor endowment, pollution transfer and trade competitiveness of China's manufacturing industry: A test of pollution haven hypothesis and factor endowment hypothesis. *China Population, Resources and Environment*, 2012, 22(12): 73-78. [王文治, 陆建明. 要素禀赋、污染转移与中国制造业的贸易竞争力: 对污染天堂与要素禀赋假说的检验. *中国人口·资源与环境*, 2012, 22(12): 73-78.]
- [23] Zhang Tao. Theoretical interpretation and measurement methods of high-quality development in China. *The Journal of Quantitative & Technical Economics*, 2020, 37(5): 23-43. [张涛. 高质量发展的理论阐释及测度方法研究. *数量经济技术经济研究*, 2020, 37(5): 23-43.]

- [24] Aghion P, Howitt P. A model of growth through creative destruction. *Econometrica*, 1992, 60(2): 323-351.
- [25] Li Lianshui, Bao Yifa, Liu Jun. Research on the influence of intelligentization on total factor productivity of China's manufacturing industry. *Studies in Science of Science*, 2020, 38(4): 609-618, 722. [李廉水, 鲍怡发, 刘军. 智能化对中国制造业全要素生产率的影响研究. *科学学研究*, 2020, 38(4): 609-618, 722.]
- [26] Liu Juqiang, Zhao Yongliang. Transport infrastructure, market access and location of manufacturing firms. *Nankai Economic Studies*, 2010(4): 123-138. [刘钜强, 赵永亮. 交通基础设施、市场获得与制造业区位: 来自中国的经验数据. *南开经济研究*, 2010(4): 123-138.]
- [27] Hirschman A O, Lindblom C E. Economic development, research and development, policy making: Some converging views. *Behavioral Science*, 1962, 7(2): 211-222.
- [28] Tone K. A slacks-based measure of efficiency in data envelopment analysis. *European Journal of Operational Research*, 2001, 130(3): 498-509.
- [29] Sun Caizhi, Ma Qifei, Zhao Liangshi. Analysis of driving mechanism based on a GWR model of green efficiency of water resources in China. *Acta Geographica Sinica*, 2020, 75(5): 1022-1035. [孙才志, 马奇飞, 赵良仕. 基于GWR模型的中国水资源绿色效率驱动机理. *地理学报*, 2020, 75(5): 1022-1035.]
- [30] Wang Shaojian, Gao Shuang, Huang Yongyuan, et al. Spatio-temporal evolution and trend prediction of urban carbon emission performance in China based on super-efficiency SBM model. *Acta Geographica Sinica*, 2020, 75(6): 1316-1330. [王少剑, 高爽, 黄永源, 等. 基于超效率SBM模型的中国城市碳排放绩效时空演变格局及预测. *地理学报*, 2020, 75(6): 1316-1330.]
- [31] Young A. Gold into base metals: Productivity growth in the People's Republic of China during the reform period. *Journal of Political Economy*, 2003, 111(6): 1220-1260.
- [32] Huang Yongfeng, Ren Ruoen, Liu Xiaosheng. Capital stock estimates in Chinese manufacturing by perpetual inventory approach. *China Economic Quarterly*, 2002(1): 377-396. [黄勇峰, 任若恩, 刘晓生. 中国制造业资本存量永续盘存法估计. *经济学(季刊)*, 2002(1): 377-396.]
- [33] Guo Xiangyang, Mu Xueqing, Ding Zhengshan, et al. Nonlinear effects and driving mechanism of multidimensional urbanization on $PM_{2.5}$ concentrations in the Yangtze River Delta. *Acta Geographica Sinica*, 2021, 76(5): 1274-1293. [郭向阳, 穆学青, 丁正山, 等. 长三角多维城市化对 $PM_{2.5}$ 浓度的非线性影响及驱动机制. *地理学报*, 2021, 76(5): 1274-1293.]
- [34] Xiong Junnan, Li Jin, Cheng Weiming, et al. Spatial-temporal distribution and the influencing factors of mountain flood disaster in southwest China. *Acta Geographica Sinica*, 2019, 74(7): 1374-1391. [熊俊楠, 李进, 程维明, 等. 西南地区山洪灾害时空分布特征及其影响因素. *地理学报*, 2019, 74(7): 1374-1391.]
- [35] Shen Zhongjian, Zeng Jian. Spatial relationship of urban development to land surface temperature in three cities of southern Fujian. *Acta Geographica Sinica*, 2021, 76(3): 566-583. [沈中健, 曾坚. 闽南三市城镇发展与地表温度的空间关系. *地理学报*, 2021, 76(3): 566-583.]
- [36] Pan Jinghu, Zhang Yongnian. Spatio-temporal patterns of energy carbon footprint and decoupling effect in China. *Acta Geographica Sinica*, 2021, 76(1): 206-222. [潘竞虎, 张永年. 中国能源碳足迹时空格局演化及脱钩效应. *地理学报*, 2021, 76(1): 206-222.]
- [37] Wan Luhe, Wang Shaowei, Chen Xiaohong. GeoDA-based spatial correlation analysis of GDP in Hadaqi industrial corridor. *Geographical Research*, 2011, 30(6): 977-984. [万鲁河, 王绍巍, 陈晓红. 基于GeoDA的哈大齐工业走廊GDP空间关联性. *地理研究*, 2011, 30(6): 977-984.]
- [38] Industrial Statistics Division of the National Bureau of Statistics. *China Industry Statistical Yearbook*. Beijing: China Statistics Publishing House, 2003-2017. [中国国家统计局工业统计司. *中国工业统计年鉴*. 北京: 中国统计出版社, 2003—2017.]
- [39] National Bureau of Statistics. *China City Statistical Yearbook on Science and Technology*. Beijing: China Statistics Publishing House, 2003-2017. [中国国家统计局. *中国科技统计年鉴*. 北京: 中国统计出版社, 2003—2017.]
- [40] National Bureau of Statistics. *China City Statistical Yearbook*. Beijing: China Statistics Publishing House, 2003-2017. [中国国家统计局. *中国城市统计年鉴*. 北京: 中国统计出版社, 2003—2017.]
- [41] National Bureau of Statistics. *China Statistical Yearbook*. Beijing: China Statistics Publishing House, 2003-2017. [中国国家统计局. *中国统计年鉴*. 北京: 中国统计出版社, 2003—2017.]
- [42] National Bureau of Statistics. *China Statistics Yearbook on Environment*. Beijing: China Statistics Publishing House, 2003-2017. [中国国家统计局. *中国环境统计年鉴*. 北京: 中国统计出版社, 2003—2017.]
- [43] Yang Yong, Deng Xiangzheng. The spatio-temporal evolutionary characteristics and regional differences in affecting factors analysis of China's urban eco-efficiency. *Scientia Geographica Sinica*, 2019, 39(7): 1111-1118. [杨勇, 邓祥征. 中国城市生态效率时空演变及影响因素的区域差异. *地理科学*, 2019, 39(7): 1111-1118.]

- [44] Guo Yanhua, Mei Lin, Tong Lianjun. The effect of industrial agglomeration on green development efficiency in restricted development zone of Jilin province. *Scientia Geographica Sinica*, 2020, 40(9): 1484-1492. [郭艳花, 梅林, 佟连军. 产业集聚对绿色发展效率的影响机制: 以吉林省限制开发区为例. *地理科学*, 2020, 40(9): 1484-1492.]
- [45] Zhang Kai, Lin Xiaoling. Fiscal decentralization, financial development and total factor productivity promotion. *Review of Economy and Management*, 2019, 35(1): 13-23. [张凯, 林小玲. 财政分权、金融发展与全要素生产率提升. *经济与管理评论*, 2019, 35(1): 13-23.]
- [46] Liu Jianguo, Li Guoping, Zhang Juntao, et al. Spatial distribution and its affecting factors of economy efficiency and total factor productivity in China: 1990-2009. *Acta Geographica Sinica*, 2012, 67(8): 1069-1084. [刘建国, 李国平, 张军涛, 等. 中国经济效率和全要素生产率的空间分异及其影响. *地理学报*, 2012, 67(8): 1069-1084.]
- [47] Lu Dadao. New factors and new patterns of regional development in China. *Geographical Research*, 2003, 22(3): 261-271. [陆大道. 中国区域发展的新因素与新格局. *地理研究*, 2003, 22(3): 261-271.]
- [48] Sun Hongri, Liu Yanjun, Zhou Guolei. The spatio-temporal differentiation and mechanisms of traffic dominance in Northeast China. *Acta Geographica Sinica*, 2021, 76(2): 444-458. [孙宏日, 刘艳军, 周国磊. 东北地区交通优势度演变格局及影响机制. *地理学报*, 2021, 76(2): 444-458.]

Spatio-temporal evolution and influencing factors of total factor productivity in China's manufacturing industry

WANG Zeyu¹, WANG Yanxi², ZHAO Li², ZHAO Lu¹

(1. Center for Studies of Marine Economy and Sustainable Development, Liaoning Normal University, Dalian 116029, Liaoning, China; 2. School of Geography, Liaoning Normal University, Dalian 116029, Liaoning, China)

Abstract: Improving total factor productivity (TFP) in the manufacturing industry is essential to implementing China's manufacturing power strategy. In this study, we employed the super-efficiency SBM model, standard deviational ellipse, spatial autocorrelation, and the geographic weighted regression (GWR) to analyze the spatio-temporal evolution and influencing factors of TFP in China's manufacturing industry from 2002 to 2016. The main conclusions can be drawn as follows: (1) During the study period, the overall trend of TFP in China's manufacturing industry showed an upward tendency of fluctuation, with an increase from 0.58 in 2002 to 0.80 in 2016. (2) The center of the gravity of TFP in China's manufacturing industry showed a "southwest-northeast-northwest" spatial evolution pattern, with its moving distance and speed gradually shrinking. The standard deviation ellipse was mainly located in central and eastern China with its distribution pattern shifting from northeast-southwest to true north-south while tending to scatter in the northeast-southwest direction and polarized in the southeast-northwest direction. The turning angle showed a trend of "shrinking-increasing-shrinking". (3) The positive spatial correlation of TFP in China's manufacturing industry gradually weakened during the study period. High-high agglomeration areas were mainly concentrated in coastal provinces and cities of eastern China such as Jiangsu and Shanghai, while low-low agglomeration areas were mainly in Shaanxi, Gansu, and Sichuan. (4) There are obvious spatial heterogeneities in the factors influencing the TFP of China's manufacturing industry. Financial development is the leading factor in the improvement of manufacturing TFP. Opening-up, industrial agglomeration, and transportation infrastructure have a positive effect on the TFP in the manufacturing industry, while the level of informatization has a restraining influence.

Keywords: manufacturing industry; TFP; spatio-temporal evolution; influencing factor; China