

# 经济高质量发展背景下京津冀制造业创新效率及其影响因素

王金波<sup>1,2</sup>, 肖风华<sup>1</sup>, 李兴光<sup>2</sup>

(1. 德州学院, 山东 德州 253000; 2. 衡水学院, 河北 衡水 053000)

**[摘要]**制造业创新效率是衡量京津冀经济高质量发展的重要内容之一,文章利用DEA-BCC模型与Malmquist指数,实证分析了京津冀制造业2016—2019年的创新效率及其变化情况;随后利用面板Tobit模型考察了影响制造业创新效率的相关因素。研究表明:京津冀制造业创新效率主要表现为规模报酬递增,技术创新的全要素生产率(TFP)、技术效率(TE)、规模效率(SE)总体偏低、多数行业处于无效率状态;通过计算基尼系数发现,不同行业的创新效率存在明显差距,不平等现象突出,并呈现加剧趋势;进一步计算Malmquist指数发现,2016—2019年京津冀制造业的创新效率总体趋于上升;从行业细分来看,相对于低技术产业,高技术产业的效率优势更为明显,行业的技术水平对创新效率具有正向效应;最后,相关因素分析发现:政府补助、主营业务收入、市场化进程、外商直接投资与制造业创新效率正相关,可以促进效率的提升;而融资约束与创新效率负相关,对创新效率的影响具有一定的抑制作用。

**[关键词]**制造业创新效率;DEA-BCC模型;Malmquist指数;面板Tobit模型

doi:10.3969/j.issn.1673-9477.2022.03.004

**[中图分类号]**F062

**[文献标识码]**A

**[文章编号]**1673-9477(2022)03-0021-10

习近平总书记在党的十九大报告中指出:“我国经济已由高速增长阶段转向高质量发展阶段,正处在转变发展方式、优化经济结构、转换增长动力的攻关期,经济高质量发展将成为今后我国经济发展的新常态”。与此同时,党中央进一步明确了经济高质量发展的五大核心理念,分别以“创新、协调、绿色、开放、共享”的包容式增长解释了经济高质量发展的内涵。其中,“创新”一词更是排在首位。事实表明,我国进入2012年以来,适龄劳动人口连续出现总量和比重双下降,劳动力市场供求关系发生重大变化,物质资源大量投入也遇到“瓶颈”,经济发展动力明显不足。与此同时,世界科技革命和产业变革对我国新旧动能转换既提供了机遇也形成了倒逼,如果再继续维持以往传统的经济思维模式,经济增长的动力最终会收敛于零增长。因此,推进动力变革,实现经济发展的创新驱动则显得尤为重要。面对创新驱动的重要性,习近平总书记在十八届五中全会指出“我们必须把创新作为引领发展的第一动力,把人才作为支撑发展的第一资源,把创新摆在国家发展全局的核心位置,不断推进理论创新、制度创新、科技创新、文化创新等各方面创新,让创新贯穿党和国家一切工作,让创新在全社会蔚然成风”。

京津冀作为我国北方经济重要的增长极,在科技资源、经济活力、开放程度等方面具有明显优势。同时,京津冀还是我国战略性新兴产业发展的重要载体与区域支撑,数据显示,2019年京津冀地区生产总值合计84580亿元中约占全国的12%,北京、天津、河北地区生产总值分别为35371.3亿元、14104.3亿元和35104.5亿元,按可比价格计算,分别同比增长6.1%、4.8%和6.8%。2019年,京津冀区域第三产业增加值占GDP的比重比上年提高5.5个百分点,高于全国平均水平12.9个百分点。其中,北京、河北、天津分别为83.5%、63.5%和51.3%。京津冀区域协同发展在带动我国经济高速发展的同时,也面临着较为突出的现实问题。例如,京津冀制造业在资源利用效率、信息化程度、质量效益等方面与世界先进水平尚存在较大差距,转型升级压力较大,制造业的创新动力不足,产品结构始终在价值链的低端徘徊,这些都严重制约了企业绩效的实现。

因此,文章通过对京津冀制造业创新效率的测度和相关因素的把握,对实现京津冀制造业向中高端发展,加快构建新型制造业体系,推动京津冀制造业协同发展,使京津冀成为我国制造业发展的重要增长极和参与国际竞争合作的先导区域具有重要意义。

**[投稿日期]**2022-04-07

**[基金项目]**河北省高等学校青年拔尖人才计划项目(编号:BJ2021106)

**[作者简介]**王金波(1983-),男,山东德州人,博士,讲师,研究方向:创新经济学。

## 一、文献回顾

创新是国家经济可持续发展的源泉,而制造业则构成了国家创新的重要载体。目前国内关于创新的相关文献主要围绕以下两个方面展开,一是关于创新效率的测度方法;二是关于创新效率影响因素的分析。就目前来看,关于技术创新效率的测度方法主要集中于数据包络分析(DEA)以及随机前沿(SFA)。李健(2021)<sup>[1]</sup>采用 Super-SBM-DEA 模型测算了我国 31 个省高新技术产业的绿色创新效率;曾刚(2021)<sup>[2]</sup>采用多阶段 DEA 模型对我国高端装备制造制造业的技术创新效率进行了测算;沙德春(2021)<sup>[3]</sup>采用 DEA 模型对我国 109 个创新性产业集聚的技术效率进行了测算。除以上传统的 DEA 方法外,部分学者采用随机前沿模型对相关问题进行了考察。例如,胡立和(2020)<sup>[4]</sup>采用 SFA 测算了长江经济带 11 个省市的技术创新效率;刘湘云(2020)<sup>[5]</sup>运用随机前沿模型测算了粤港澳 11 个城市的技术创新效率;易明(2019)<sup>[6]</sup>基于 SFA 模型对我国高新技术产业的创新效率进行了测算。通过对上述测度方法的比较发现,DEA 与 SFA 具有不同的适用性。DEA 模型主要基于非参数,不依赖于严格的经济模型,可以适用于多投入多产出的情况。而随机前沿模型(SFA)依赖于严格的经济方程,通过参数估计的方法来求得前沿值,仅适用于多投入单一产出的情形,相对于 SFA 模型 DEA 的使用频率相对普遍。

在测度方法选择的基础上,国内学者从金融结构(蔺鹏,2021)<sup>[7]</sup>、金融发展(张黎娜,2020;负菲菲,2019)<sup>[8-9]</sup>、金融集聚(阮素梅,2020;张东,2020)<sup>[10-11]</sup>、市场化进程(戴魁早,2013;苏勇,2013;孙宏芑,2016)<sup>[12-14]</sup>、政府行为(施建军,2021;严荔,2021;王鹏辉,2021)<sup>[15-17]</sup>等相关因素,进一步考察了对技术创新效率的影响。例如,罗天正(2021)<sup>[18]</sup>从金融效率与金融规模视角利用两阶段 DEA 考察了金融发展对科技创新效率的影响,结果表明金融效率与银行贷款规模均对科技创新具有正向效应;吕承超(2019)<sup>[19]</sup>的研究进一步支持了罗天正(2021)的结论,认为金融发展对技术创新效率的促进作用主要依赖于金融发展规模,而并非金融结构的优化以及金融市场效率的提升。除此之外,在讨论政府行为与创新效率的关系时,相关结论主要集中在以下两点,一是基于政府补贴对技术创新效率线性关系的考察(陈子韬,2020;闫俊周,2020)<sup>[20-21]</sup>,认为政府补助可以显著提高企业的创新效率。但也有学

者持相反观点,认为政府补助对企业技术创新效率的影响并非线性,而是存在门槛效应(夏靓莹,2020;罗雪婷,2019)<sup>[22-23]</sup>,只有当政府补助越过门槛时对企业创新效率的影响才会显著。从市场化进程与技术创新效率的关系来看,多数观点认为市场化改革可以促进企业技术创新效率的提升,但就改革的速度与广度来看其效应存在显著差异(张峰,2021)<sup>[24]</sup>,徐鹏杰(2020)<sup>[25]</sup>研究表明,政府和市场都显著影响了我国地区创新发展能力,但就比较来看,中西部和北方地区创新发展依赖政府,而东部和南方地区更倚重于市场,这是导致区域创新发展能力差异的首因;戴魁早(2021)<sup>[26]</sup>基于行业视角研究了市场化进程对企业创新绩效的影响,发现垄断程度较低、技术密集度较低、外向度较高的行业中,市场化程度的提高对创新绩效的促进作用更大。

通过文献梳理发现,多数关于创新效率相关问题的研究主要集中在了区域层面,而从中观层面去考察制造业细分行业的创新效率及其对相关因素的分析相对较少,涉及到更为具体的京津冀地区制造业创新效率的相关问题研究就更为鲜有,虽然从宏观层面通过对地区创新效率及影响因素的分析有助于了解发展过程中各区域技术创新的总体状况,但不能进一步深入宏观经济的内部考察尤其是对制造业的考察,这将会制约决策部门对经济政策的制定。鉴于此,文章以京津冀制造业 33 个细分行业 2016—2019 年的面板数据为样本,利用 DEA-BCC 模型、Malmquist 指数、面板 Tobit 模型深入考察了京津冀制造业的创新效率及其动态变化情况,并对其相关因素进行了分析。

## 二、研究设计

### (一) 指标构建及数据来源

在借鉴相关文献的基础上,文章构建了京津冀制造业技术创新效率指标体系,具体而言,选取研究与发展经费支出、研究与发展人员全时当量两个指标作为创新投入;选取新产品销售收入作为创新产出,为避免价格因素所产生的相关性,将其中涉及到的名义变量均用该年对应的 CPI 指数进行平减,将其转化为实际量。在决策单元(DMU)的选择上,分别采用《河北科技统计年鉴》、《天津科技统计年鉴》、《北京统计年鉴》所记载的京津冀 2016—2019 年制造业中的 33 个细分行业作为考察对象。

### (二) 基于投入导向的 DEA-BCC 模型及实证分析

为考察京津冀制造业的 33 个细分行业的技术

创新效率,文章采用可变投入导向的 DEA-BCC 模型进行分析,具体公式如下:

$$\begin{aligned} & \min \theta \\ \text{st: } & \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} \leq \theta x_{ik} \\ & \sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} \geq y_{rk} \\ & \sum_{j=1}^n \lambda_j = 1, \lambda \geq 0 \end{aligned}$$

$$i = 1, 2, \dots, m; r = 1, 2, \dots, q; j = 1, 2, \dots, n$$

其中,  $\theta$  为决策单元 DMU 的效率值,其取值范围为(0,1],当  $\theta$  趋近于 1 时代表效率值越高;反之,当  $\theta$  趋近于 0 时代表效率值越低,而  $\lambda$  表示 DMU 的线性组合。运用 Deap2.1 软件,可以得到京津冀制造业 33 个细分行业的综合效率(TFP)、纯技术效率(TE)、规模效率(SE),并且三者满足关系  $TFP = TE \times SE$ ,表 1 给出了京津冀制造业技术创新效率的测算结果。

由表 1 所示,总体上看,京津冀制造业综合效率(TFP)整体偏低,均在 0.6 以下,其走势在 2016—2019 年趋于下降,期间虽有反弹但波动幅度不大,趋势较为平稳。2016 年的综合效率(TFP)为 0.549,2019 年降为 0.424,降低了近 0.22 个百分点,虽然在 2018 年出现短暂回升,但总体下降趋势仍未改变。在 2016—2019 年京津冀制造业 33 个细分行业中,综合效率等于 1 的行业总体偏少,多数行业处于无效率状态。其中,2016 年仅有石油、煤炭及其他燃料加工业;汽车制造业;计算机、通信和其他电子设备三个行业处于高效率水平,其他 30 个行业效率值均低于 1。2017 年仅有石油、煤炭及其他燃料加工业;汽车制造业两个行业处于高效率水平;而在 2018、2019 年综合效率等 1 的行业数量进一步降低,仅有石油、煤炭及其他燃料加工业这一行业的效率值为 1。

从纯技术效率来看(TE),在 2016—2019 年其效率呈逐年递减态势,由 2016 年的最高值 0.662,下降到 2019 年的 0.553,降低了 0.165 个百分点,在这期间虽然效率值仍小于 1,但与综合效率(TFP)相比,总体上要好于综合效率(TFP)。从技术效率的分布特征来看,2016—2019 年效率值等于 1 的行业数量基本维持在区间[2,5]内,行业数量总体偏少,多数行业的处于技术无效率状态。其中,2016 年技术效率(TE)等于 1 的行业有:木材加工和木、竹、藤、棕加工业;造纸和纸制品业;石油、煤炭及其他燃料加工业;化学纤维制造业,电气机械和器材制造业。

2017 年技术效率(TE)等于 1 的行业有:木材加工和木、竹、藤、棕加工业;造纸和纸制品业;石油、煤炭及其他燃料加工业;汽车制造;电气机械和器材制造业;燃气生产和供应业;水供应。2018 年技术效率(TE)等于 1 的行业有:烟草制品业;石油、煤炭及其他燃料加工业;汽车制造业。2019 年技术效率(TE)等于 1 的行业有:烟草制品业;木材加工和木、竹、藤、棕加工业;石油、煤炭及其他燃料加工业;汽车制造业。

从规模效率(SE)来看,在 2016—2019 年京津冀制造业的规模效率变化不定,呈现波动状态,但基本都维持在 0.7 以上,相对于综合效率和技术效率均有所提高。就行业的分布特征来看,规模效率(SE)等于 1 的行业数量基本维持在区间[1,3]内,低于技术效率(TE)。其中,2016 年规模效率(SE)等于 1 的行业有:石油、煤炭及其他燃料加工业;汽车制造业;计算机、通信和其他电子设备。2017 年规模效率(SE)等于 1 的行业有:石油、煤炭及其他燃料加工业;汽车制造业。2018 年规模效率(SE)等于 1 的行业有:石油、煤炭及其他燃料加工业;汽车制造业;电气机械和器材制造业。2019 年规模效率(SE)等于 1 的行业仅有:石油、煤炭及其他燃料加工业。就规模报酬情况来看,2016—2019 年京津冀制造业创新效率总体上表现为规模报酬递增,就 33 个细分行业来看处于规模报酬递增的行业数量呈逐年递减趋势,由 2016 年的 26 个下降到 2019 年的 21 个行业,这表明随着研发费用与科技人员投入的增加,京津冀地区的技术创新效率将以更大的比例提高。而处在规模报酬不变与规模报酬递减的行业数量所占比例相对较小。其中,规模报酬不变的行业由 2016 年的 3 个下降到 2019 年的 1 个;而处在规模报酬递减的行业由 2016 年的 1 个提高到 2019 年的 11 个。

表 1 2016—2019 年京津冀制造业技术创新效率整体评价

DEA-BCC 值	特征值	2016	2017	2018	2019
综合效率	均值	0.549	0.439	0.480	0.424
(TFP)	TFP=1 的行业	3	2	1	1
纯技术效率	均值	0.662	0.637	0.567	0.553
(TE)	TE=1 的行业	5	4	3	4
规模效率	均值	0.845	0.724	0.829	0.784
(SE)	SE=1 的行业	2	3	1	1
规模报酬情况	规模报酬递增	29	28	21	21
	规模报酬不变	3	3	1	1
	规模报酬递减	1	2	11	11

表 2 给出了京津冀制造业 33 个细分行业技术创新效率的测算结果,从横向比较来看,除个别行业

表2 2016—2019年京津冀制造业33个细分行业创新效率测算结果

制造业	2016			2017			2018			2019		
	TFP	TE	SE									
农副食品加工业	0.619	0.637	0.972	0.369	0.418	0.885	0.386	0.389	0.994	0.446	0.456	0.978
食品制造业	0.251	0.278	0.900	0.277	0.314	0.882	0.329	0.333	0.989	0.323	0.331	0.976
酒、饮料和精制茶制造业	0.763	0.813	0.939	0.560	0.691	0.811	0.477	0.488	0.979	0.370	0.390	0.950
烟草制品业	0.046	0.980	0.047	0.025	0.732	0.035	0.763	1.000	0.763	0.450	1.000	0.450
纺织业	0.390	0.455	0.858	0.138	0.326	0.424	0.348	0.363	0.957	0.343	0.377	0.911
纺织服装、服饰业	0.658	0.683	0.963	0.422	0.479	0.881	0.660	0.690	0.956	0.810	0.913	0.887
皮革、毛皮、羽毛及其制品和 木材加工和木、竹、藤、棕 家具制造业	0.385	0.528	0.729	0.347	0.739	0.470	0.272	0.347	0.782	0.462	0.614	0.751
造纸和纸制品业	0.962	1.000	0.962	0.848	0.980	0.866	0.919	0.926	0.992	0.633	0.645	0.982
印刷和记录媒介复制业	0.580	0.636	0.913	0.241	0.436	0.553	0.501	0.525	0.953	0.480	0.521	0.921
文教、工美、体育和娱乐用品	0.627	0.700	0.896	0.575	0.714	0.806	0.392	0.422	0.930	0.483	0.578	0.836
石油、煤炭及其他燃料加工业	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
化学原料和化学制品制造业	0.645	0.650	0.992	0.445	0.457	0.975	0.450	0.519	0.866	0.407	0.495	0.823
医药制造业	0.435	0.437	0.994	0.340	0.349	0.972	0.390	0.451	0.865	0.333	0.411	0.810
化学纤维制造业	0.621	1.000	0.621	0.493	0.707	0.698	0.464	0.475	0.977	0.381	0.386	0.986
橡胶和塑料制品业	0.500	0.515	0.971	0.436	0.474	0.919	0.434	0.435	0.998	0.353	0.358	0.987
非金属矿物制品业	0.576	0.584	0.987	0.500	0.529	0.944	0.635	0.695	0.913	0.537	0.583	0.920
黑色金属冶炼和压延加工业	0.668	0.704	0.948	0.514	0.695	0.740	0.522	0.872	0.599	0.421	0.790	0.533
有色金属冶炼和压延加工业	0.894	0.922	0.969	0.831	0.854	0.973	0.658	0.662	0.994	0.490	0.508	0.966
金属制品业	0.704	0.708	0.994	0.425	0.433	0.981	0.691	0.775	0.891	0.434	0.487	0.891
通用设备制造业	0.495	0.499	0.993	0.424	0.438	0.968	0.482	0.542	0.889	0.396	0.449	0.881
专用设备制造业	0.425	0.427	0.996	0.371	0.381	0.972	0.379	0.434	0.873	0.341	0.415	0.821
汽车制造业	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.813	1.000	0.813	0.714	1.000	0.714
铁路、船舶、航空航天和其他 电气机械和器材制造业	0.596	0.598	0.997	0.608	0.614	0.991	0.363	0.414	0.876	0.291	0.335	0.868
计算机、通信和其他电子 设备	1.000	1.000	1.000	0.797	0.960	0.830	0.759	0.931	0.815	0.560	0.868	0.645
仪器仪表制造业	0.384	0.393	0.978	0.410	0.454	0.904	0.370	0.372	0.997	0.336	0.340	0.989
其他制造业	0.469	0.559	0.838	0.235	0.757	0.311	0.233	0.315	0.742	0.216	0.329	0.656
金属制品、机械和设备修 理业	0.148	0.225	0.658	0.275	0.619	0.444	0.221	0.304	0.726	0.260	0.495	0.525
电力、热力生产和供应业	0.154	0.217	0.711	0.209	0.456	0.458	0.047	0.118	0.401	0.243	0.321	0.757
燃气生产和供应业	0.562	0.722	0.778	0.079	1.000	0.079	0.046	0.257	0.178	0.043	0.227	0.189
水的生产和供应业	0.074	0.684	0.108	0.064	1.000	0.064	0.089	0.491	0.181	0.087	0.545	0.160

(食品制造业;烟草制品业;纺织服装、服饰业;皮革、毛皮、羽毛及其制品;木材加工和木、竹、藤、棕)外,多数行业的综合效率(TFP)在2016—2017年间呈现波动性的走低趋势。纵向来看,2016年综合效率(TFP)排名较低的6个行业依次是烟草制品业;水的生产和供应;金属制品、机械和设备修理业;电力、热力生产和供应业;食品制造业;木材加工和木、竹、藤、棕的生产。排名较高的6个行业依次是酒、饮料和精制茶制造业;有色金属冶炼和压延加工业;造纸和纸制品业;石油、煤炭及其他燃料加工业;汽车制

造业;计算机、通信和其他电子设备。其中,计算机、通信和其他电子设备;汽车制造业的综合效率(TFP)分别位居第一位与第二位,进一步凸显了京津冀地区在汽车制造和以计算机通讯为核心的高技术产业的创新优势。而在2019年综合效率排名较低的6个行业依次是燃气生产和供应业;水的生产和供应业;其他制造业;电力、热力生产和供应业;金属制品、机械和设备修理业;铁路、船舶、航空航天和其他,与2016年相比烟草制品业;食品制造业;木材加工和木、竹、藤、棕的生产的综合效率在2019年得

到提升,排除在最低行业之列。排名最高的6个行业依次是非金属矿物制品业;计算机、通信和其他电子设备;造纸和纸制品业;汽车制造业;纺织服装、服饰业;石油、煤炭及其他燃料加工业,与2016年相比汽车制造;计算及通讯业;石油、煤炭及其他燃料加工业仍位于创新效率最高的行业之列,并且以劳动密集型为主的轻工业(纺织服装、服饰业;造纸和纸制品业)的创新效率得到明显提升。为进一步考察京津冀制造业33个细分行业2016—2019年三种效率的内部差异与不平等情况,表3给出了综合效率(TFP)、技术效率(TE)、规模效率(SE)的基尼系数<sup>①</sup>与极差值。总体来看,三种效率的基尼系数在

2016—2019年间呈现波动性的上升,其中综合效率(TFP)由2016年的0.216上升到0.281;技术效率(TE)由0.196上升到0.222;规模效率(SE)由0.129上升到0.146,这表明京津冀制造业创新效率的不平等程度呈现加剧,具有发散特征,反映了京津冀地区不同制造业之间创新效率的差距在增大,这主要是由于随着经济的发展,高新技术产业相对于传统的劳动密集型产业更加符合社会的需求,研发费用与科技人员在高新技术产业的投入规模相对较高,这使得高新技术产业的实际创新产出距离期望产出的有效边界在缩小,表现为创新效率的提升,进而导致不同产业间的创新效率差距进一步拉大。

表3 2016—2019年京津冀制造业创新效率的基尼系数与极差值

指标	TFP				TE				SE			
	2016	2017	2018	2019	2016	2017	2018	2019	2016	2017	2018	2019
基尼系数	0.261	0.301	0.265	0.281	0.196	0.200	0.237	0.222	0.129	0.216	0.121	0.146
极差	0.954	0.975	0.964	0.957	0.783	0.786	0.882	0.773	0.953	0.956	0.822	0.840

(三) Malmquist 指数及分解

尽管 DEA-BCC 模型可以有效测算出制造业33个细分行业的综合效率,但无法比较相邻年份效率的动态变化情况。因此,为进一步从比较创新效率的动态变化情况,文章引入 Malmquist 指数对其进行测算,其公式如下:

$$M(x^{t+1}, y^{t+1}, x^t, y^t) = \sqrt{\frac{E^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{E^t(x^t, y^t)} \frac{E^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{E^{t+1}(x^t, y^t)}}$$

其中,  $x$  代表投入向量;  $y$  代表了产出向量。Malmquist 指数是基于非参数方法,反映了从  $t$  期过渡到  $t+1$  期技术创新效率的动态变化规律。如果指数大于1,表明相对于  $t$  期在  $t+1$  期技术创效效率有所提高;如果指数小于1,则表明相对于  $t$  期在  $t+1$  期技术创效效率有所降低。根据 Fare 等人(1992)<sup>[28]</sup>的研究 Malmquist 指数可进一步分解为效率变化与技术变化两部分,其综合的 Malmquist 指数(tfpch)可以表示为效率变化(Effch)与技术变化(techch)的乘积。

表4给出了2016—2019京津冀制造业创新效率总体变化情况,由表3可知2016—2019年京津冀制造业的 Malmquist 指数(tfpch)均大于1,表明与上一年相比京津冀地区的制造业效率总体趋于上升,其中在2017—2018年间变化幅度最大,其值为1.379,这表明随着研发投入的逐年增加,其创新效

率将以更大的比例在提升;就规模效率的变化(Effch)而言,在2016—2017年其值为0.834,相对于2016年,2017年有所下降。而在2017—2018年、2018—2019年间规模效率变化均大于1,表现为规模效率的提升;技术变化(techch)在2016—2019年间的值均大于1,表明京津冀制造业与上一年相比,体现出生产技术的进步和创新力度的加大;就纯技术效率(pech)与纯规模效率(sech)而言,纯技术效率仅在2017—2018年的变化小于1,而在2016—2017年与2018—2019年的变化均大于1,表明在规模报酬可变的情况下,制造业技术水平的发挥得到不断提升;而纯规模效率仅在2017—2018年间变化值大于1,而在其他年份小于1,这表明纯规模效率的变化在多数年份较上一年提升速度较缓慢。因此,通过上述分析可知,京津冀制造业技术创新效率的提升与行业的技术进步、资源配置状态、组织创新的管理程度以及生产规模的报酬情况密切相关(彭晓静,2021)<sup>[29]</sup>。

表4 2016—2019 京津冀制造业创新效率总体变化情况

时间	Effch	techch	pech	sech	tfpch
2016—2017	0.873	1.239	1.031	0.847	1.034
2017—2018	1.988	1.010	0.943	1.283	1.379
2018—2019	1.037	1.225	1.044	0.955	1.272

<sup>①</sup> 借鉴黄潇(2017)<sup>[27]</sup>的研究,基尼系数的计算公式为:  $jini = \frac{-(n+1)}{n} + \frac{2}{n^2x} \sum_{i=1}^n iy_i$  其中  $n$  代表了制造业中的33个细分行业,  $y_i$  表示按照效率值的小到大排序后的第  $i$  个制造业的效率值,  $x$  代表了效率值的平均值。

为进一步考察在不同技术水平下,京津冀制造业的创新效率变动情况,借鉴张宇(2008)<sup>[30]</sup>的研究将农副食品加工;食品制造业;烟草制品业;饮料制造业;纺织业;皮革、毛皮、羽毛及其制品;木材加工和木、竹、藤、棕制造;印刷和记录媒介复制业;造纸及制品业;文教、工美、体育和娱乐用品定义为低技术产业。将黑色金属冶炼及加工;有色金属冶炼及加工;金属制品业;非金属矿物制品业;石油加工、炼焦及核燃料加工业;电力、热力的生产与供应;水的生产与供应定义为中低技术产业。将橡胶和塑料制品业;化学纤维制造;化学燃料及化学品制造;通用设备制造;专用设备制造;电气机械及器材制造;汽车制造业;铁路、船舶、航空航天和其他定义为中高技术产业。将医药制造业;计算机及通信及其他电子设备制造;仪器仪表制造业定义为高技术产业。

表5给出了技术分类后的创新效率变动情况,总体来看京津冀制造业的五种效率变化值随着技术水平的提高呈现逐年上升趋势。具体而言,综合效率变化(tfpch)由0.793上升到1.048;技术进步(techch)由1.142上升到1.152;规模效率(Effch)由0.693上升到0.909,纯技术效率(pech)由0.766上升到0.972,纯规模效率(sech)由0.906上升到0.936。就综合效率变化而言,只有中高技术产业(1.025)、高技术产业的效率(1.048)大于1;而低技术产业(0.793)与中低技术产业(0.964)的效率均小于1,这表明行业的技术水平对创新效率的变化具有正向促进效应,这主要归因于中高技术产业产品的科技含量相对较高,对研发投入的变化更为敏感,产业的技术水平越高,随着创新投入强度的不断加大,其效率值呈现逐年的上升。

表5 基于技术分类的京津冀制造业创新效率总体变动情况

制造业分类	Effch	techch	pech	sech	tfpch
低技术产业	0.693	1.142	0.766	0.906	0.793
中低技术产业	0.834	1.157	0.856	0.974	0.964
中高技术产业	0.894	1.148	0.909	0.983	1.025
高技术产业	0.909	1.152	0.972	0.936	1.048

图1进一步从直观上给出了不同技术水平下,各产业效率指数的变化趋势。从图形走势可以看出,高技术产业与中高技术产业相对低技术产业与中低技术产业的效率走势具有明显优势,高技术产业在全要素生产率(tfpch)、规模效率(Effch)、纯技术效率(pech)上的变化明显高于其他技术类型的产业;而在纯规模效率(sech)与技术效率(techch)上的变化基本与其他产业基本持平。

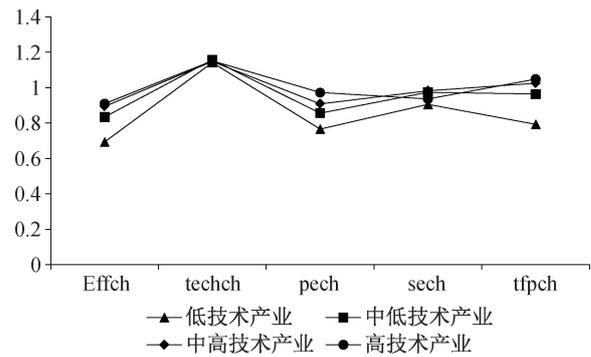


图1 基于技术分类的京津冀制造业创新效率总体变动情况

### 三、影响因素分析

#### (一) 模型设定

在效率测度的基础上,为进一步考察京津冀制造业创新效率的影响因素,构建如下回归模型:

$$y_{it} = c + \alpha Fr_{it} + \beta Gov_{it} + \gamma Marketproce_{it} + \theta Profit_{it} + \rho Fdi_{it} + \varepsilon$$

其中,  $y_{it}$  代表了京津冀制造业细分行业的创新效率,即,  $y_{it} \in \{TFP; TE; SE\}$ ;  $Fr_{it}$  代表了制造业行业的融资约束;  $Gov_{it}$  代表了政府主导的创新补贴;  $Marketproce_{it}$  代表了市场化进程,用来描述京津冀地区市场环境对企业创新绩效的影响;  $Profit_{it}$  代表了制造业企业的盈利情况;  $Fdi_{it}$  表示京津冀地区外商直接投资占GDP的比重,用来描述影响创新绩效的外部环境。

#### (二) 影响因素分析

1. 制造业融资约束 ( $Fr_{it}$ ): 通常情况下,企业进行创新活动所需要的研发投入规模相对较高,单靠企业自身融资犹如杯水车薪,更多的是诉求于金融机构的贷款,金融机构与企业通过协议的形式按比例共同分享创新利润,但更多情况是由于企业自身能力与外在因素的干扰,创新往往充满不确定性,随时可能出现失败的可能性,如果创新失败金融机构将面临贷款损失,这使得金融机构需要对创新企业的资质进行评估,谨慎为创新企业发放融资贷款,这样企业将面临着融资约束。由以上分析可知,产生融资约束的根本原因在于市场的不确定性以及创新企业与金融机构之间的信息不对称(易信,2015)<sup>[31]</sup>,结合需要,文章采用制造业分行业的利息支出的倒数间接衡量融资约束,利息支出越高表明行业可以较容易获得金融结构的贷款融资,融资约束就越小,企业的创新绩效也就相应越高。因此,利息支出与融资约束负相关与制造业创新效率正相关。

2. 政府补贴 ( $Gov_{it}$ ): 由于创新活动的不确定性以及金融机构融资约束的限制, 政府为鼓励企业创新通常采用补助的形式来激励企业的创新活动, 通过创新补贴鼓励企业进行新产品的开发和技术改造, 但就相关文献来看政府补助和创新效率之间的关系是不确定的, 一种认为政府补助对技术创新具有正向效应 (Lee, 2010)<sup>[32]</sup>, 主要表现为政府补助对技术创新效率的正向“挤入”, 这是由于创新活动通常具有正向的外溢效应, 在创新过程中通过“知识外溢”、“价格外溢”等搭便车行为间接的使其他企业受益, 降低了自身的创新利润, 使得创新收益低于社会收益, 这将极大地降低企业创新的激励, 而政府补贴可以弥补外溢效应给创新企业带来的损失, 提高企业的创新积极性与效率。二是由于信息不对称, 政府无法甄别企业的资质, 可能会出现政府补助的分配失灵, 使得创新意愿不足的企业得到资金, 而创新意愿强烈的企业会失去政府的补助, 造成企业创新的低效率 (Dominique, 2000)<sup>[33]</sup>。三是认为政府补助与企业创新效率并非呈线性效应, 而是具有倒“U”结构 (张彩江, 2016)<sup>[34]</sup>, 政府补助与企业创新效率之间存在拐点, 低于拐点呈现正向效应, 高于拐点呈现负向效应。

3. 市场化进程 ( $Marketproce_{it}$ ): 首先, 市场化进程提高意味着市场发育程度发育程度好, 价格信号与产品信息的传递失真度较低, 在产品市场新产品的生产与需求匹配度提高, 同时在上游的要素市场, 生产要素的资源配置效率相对较高, 进而有利于创新绩效的实现, 提高企业的创新激励。其次, 市场化进程的提提高意味着非国有经济的发展 (民营经济发展充分) 市场的竞争程度高, 企业为了争夺市场实现利润最大化, 会不断地从事创新活动, 在既定的资源约束下实现产出最大化, 提高创新效率。最后, 市场化进程越高, 意味着制度环境相对较好, 产权界定清晰, 有利于保护创新成果防止他人侵占, 提高创新主体的积极性 (戴魁早, 2013)<sup>[35]</sup>。

4. 主营业务收入 ( $Profit_{it}$ ): 一般而言, 企业研发费用主要来源于两部分, 一是依靠外部来源 (金融机构贷款、政府补贴) 为创新融资, 二是依靠企业的内部融资, 而企业的内部融资在很大程度上取决于盈利情况, 一般而言, 企业盈利状况与主营业务收入有关, 二者具有正相关关系, 并且主营业务收入通常反映了企业的规模情况, 主营业务收入越高企业的规模就越大盈利能力也就越强, 按利润分成所投入的研发费用比例也就越高, 在技术水平不变的情况下, 研发费用投入强度越大, 实际的创新产出与期望

产出之间的前沿距离也就越小, 企业的创新效率也就越高。

5. 外商直接投资占比 ( $Fdi_{it}$ ): 外商直接投资反映了企业创新的外部环境, 一般而言, 外商投资可以通过“知识外溢”与“技术外溢”给本地企业带来先进的管理经验、技术水平, 并通过“引进、消化、吸收、改进”的模式促使本地企业的技术改造升级, 实现产品革新的跨越式发展, 提高本地制造业的技术创新效率 (金基瑶, 2021)<sup>[36]</sup>。

### (三) 指标构建与数据来源

在因素分析的基础上, 进一步通过指标选择进行计量分析, 由于数据收集的限制, 将时间跨度限定为 2016—2019 年, 具体的指标构建说明如下:

被解释变量 ( $y_{it}$ ): 由前文 DEA-BCC 模型测算得出, 其中:  $y_{it}$  分别代表了制造业技术创新的综合效率 (TFP)、技术效率 (TE)、规模效率 (SE)。而相关解释变量指标选择如下:

(1) 融资约束 ( $Fr_{it}$ ) 用各行业利息支出的倒数表示, 利息支出越大, 表明融资约束就越小二者具有负相关关系, 通过对《中国工业经济统计年鉴》记载的京津冀地区制造业 33 个细分行业的利息支出进行手工整理计算得出。(2) 政府补贴 ( $Gov_{it}$ ), 用研究经费来源中的政府资金来间接表示, 数据来源于《河北科技统计年鉴》、《北京统计年鉴》与《天津科技统计年鉴》。(3) 市场化进程 ( $Marketproce_{it}$ ) 以樊纲的市场化指数为基础, 以北京、天津、河北三地的民营企业总产值比上该地区的工业总产值为权重重新计算得出, 用以反映京津冀整个区域的市场经济发育状况, 数据来源于樊纲著《中国市场化指数》。(4) 主营业务收入 ( $Profit_{it}$ ) 直接用《河北科技统计年鉴》、《北京统计年鉴》、《天津科技统计年鉴》所记载的数据相加得出。(5) 外商直接投资占比 ( $Fdi_{it}$ ) 直接用京津冀三地的外商直接投资经汇率调整后之和占该区域 GDP 的比重衡量, 数据来源于《中国统计年鉴》, 为防止回归系数过小, 对用绝对数表示的变量除以 10000 进行调整, 为直观展示样本的特征, 表 6 给出了相关变量的描述性统计。

### (四) 模型估计与实证分析

由于文章采用 DEA-BCC 模型估计的京津冀制造业 33 个细分行业的效率值均位于区间 (0, 1] 内, 样本具有截取性质, 为此采用面板 Tobit 模型进行回归。如表 7 所示, 融资约束 (Fr) 对综合效率 TFP、技术效率 TE、规模效率 SE 的系数为负, 并且均在 1%

表6 变量的描述性统计

变量	样本量	平均值	最小值	最大值	全距
TFP	132	0.472	0.025	1	0.975
TE	132	0.604	0.118	1	0.882
SE	132	0.795	0.035	1	0.965
Fr	132	0.581	0.393	9.090	9.507
Gov	132	0.258	0.024	1.719	1.695
Marketproce	132	7.980	7.830	8.110	0.280
profit	132	3.951	7.881	29.873	21.992
Fdi	132	0.040	0.038	0.043	0.005

的水平上显著,这表明融资约束会抑制创新效率的提升,融资约束越高,企业从事创新活动获得的贷款支持就越小,这会降低企业的研发费用,进而不利于创新效率的发挥。

政府补助(Gov)对三种效率的影响均在1%的水平上显著为正,表明二者具有正相关关系,政府补助通过弥补企业在创新过程中所遭受到的“外溢损失”来提高企业创新的积极性,进而有利于提高企业的技术创新效率。市场化进程(Marketproce)对三种

表7 面板Tobit回归结果

变量	TFP		TE		SE	
	系数	Z值	系数	Z值	系数	Z值
Fr	-0.773***	-2.55	-0.576***	-2.99	0.533***	-3.01
Gov	0.226**	2.11	0.347***	2.66	0.308***	3.03
Marketproce	0.196**	1.89	0.109*	1.78	0.089	1.65
profit	0.528***	3.11	0.837***	5.53	0.898***	5.60
Fdi	0.091*	1.73	0.307***	2.49	0.049	1.55
Wald值	52.94		53.00		32.37	
P_Value	(0.000)		(0.000)		(0.000)	
LR_Test	71.34		49.7		77.76	
P_Value	(0.000)		(0.000)		(0.000)	
N	132		132		132	

注:“\*\*\*”、“\*\*”、“\*”,分别表示在1%、5%、10%的水平上显著。

效率的影响均为正,但只对综合效率(TFP)和技术效率(TE)显著;而对规模效率(SE)不显著,市场化进程通过完善市场环境,改善价格调节机制,降低信息不对称,保护企业创新的私有产权可以有效提高企业的创新效率。主营业务收入(profit)作为企业研发费用的重要内部来源,对技术创新效率的影响显著为正,通常情况下主营业务收入越高,企业的盈利能力也就越大,从而作为利润分成的研发费用投入力度也就越大,在技术水平既定的情况下,研发投入强度越高越有利于创新效率提高。外商直接投资占比(Fdi)仅对综合效率(TFP)具有显著影响,其系数为0.091,而对技术效率(TE)与规模效率(SE)的影响不显著,就系数的大小来看也小于其他因素,这是因为尽管外商投资会带来先进的管理经验和先进技术,但随着京津冀地区经济的发展,通过不断地“引进、消化、吸收”使得自身技术具有一定的规模,通过技术上的竞争效应会弱化外商投资对技术创新效率的正向效应。

#### 四、结论与启示

文章首先利用DEA-BCC模型测算了京津冀制造业33个细分行业2016—2019年的综合效率

(TFP)、技术效率(TE)、规模效率(SE);其次利用Malmquist指数考察了京津冀制造业创新效率的动态变化;最后利用面板Tobit模型考察了影响制造业创新效率的相关因素,具体得出如下结论:

首先,总体来看京津冀制造业技术创新的综合效率(TFP)偏低,效率值均位于0.6以下,综合效率等于1的行业总体偏少,多数行业处于无效率状态;从技术效率(TE)来看,2016—2019年整体呈现递态势,但总体上要好于综合效率(TFP),效率值等于1的行业数量维持在区间[2,5]内,行业总体数量较少,多数处于无效率状态;从规模效率(SE)来看其走势在2016—2019年间变化不定,呈现波动状态,但基本都维持在0.7以上,相对于综合效率与技术效率均有所提高,规模效率等于1的行业数量基本维持在区间[1,3]之内,且低于技术效率;就规模报酬情况来看,2016—2019年京津冀制造业创新效率总体上表现为规模报酬递增,就33个细分行业来看处于规模报酬递增的行业数量呈现逐年递减。通过计算基尼系数发现,不同行业间的创新效率存在明显差距,不平等现象突出,随着时间的推移这种差异还将进一步加剧。

其次,利用Malmquist指数测算了京津冀制造业

创新效率的动态变化,发现2016—2019年制造业创新效率的Malmquist指数均大于1,表明与上年相比京津冀制造业的创新效率总体趋于上升,从行业细分的角度来看,相对于低技术产业,中高技术产业的效率优势更为明显,行业技术水平的提高对创新效率具有正向促进作用。

最后,利用面板Tobit模型考察了影响京津冀制造业技术创新效率的相关因素。结果表明,政府补助、主营业务收入、市场化进程、外商直接投资与制造业创新效率正相关,可以有效促进京津冀地区制造业创新效率的整体提升;而融资约束与制造业创新效率负相关,融资约束越高会抑制创新效率的提升。

结合以上结论得到如下几点启示:

1. 建立和完善市场化机制,充分发挥价格机制对创新资源的调节作用,避免创新资源的浪费,提高资源利用率。

2. 加大金融机构对高技术产业创新的支持力度,降低融资门槛,建立和完善企业与金融机构之间的有效合作机制。

3. 积极的实行改革开放,积极利用外部资源,加大对外资的招商力度,吸收国外先进的技术经验,提高本地区制造业水平的创新效率。

4. 继续鼓励政府对 enterprise 创新的大力支持,对处于创新初期的企业要大力减免税收,积极营造创新环境,减少政府不必要的干预。

## 参考文献

- [1]李健,李宇宁,苑清敏.高新技术产业绿色创新效率时空分异及影响因素研究[J].中国科技论坛,2021(4):92-101.
- [2]曾刚,耿成轩.高端装备制造业技术创新效率测度与优化[J].技术经济与管理研究,2021(3):17-22.
- [3]沙德春,胡鑫慧,赵翠萍.中国创新型产业集群创新效率研究[J].技术经济,2021,40(2):18-27.
- [4]胡立和,商勇,王欢芳.长江经济带技术创新效率评价及影响因素分析[J].湖南社会科学,2020(3):87-93.
- [5]刘湘云,周铨翔.粤港澳大湾区技术创新效率评价研究——基于面板SFA随机前沿模型实证[J].科技管理研究,2020,40(7):67-74.
- [6]易明,彭甲超,吴超.基于SFA方法的中国高新技术产业创新效率研究[J].科研管理,2019,40(11):22-31.
- [7]蔺鹏,孟娜娜,褚席,等.金融结构对技术创新效率的影响效应——不同金融发展模式对比分析[J].科技进步与对策,2020,37(14):21-30.
- [8]张黎娜,千慧雄.区域金融发展对技术创新的双重作用机制研究[J].金融经济研究,2020,35(1):104-116.
- [9]负菲菲,王元地,潘雄锋.金融发展对区域创新效率的溢出效应研究——基于空间杜宾模型的实证分析[J].技术经济,2019,38(10):82-87.
- [10]阮素梅,张盟.金融集聚与宏观投资——基于分位数回归和中介效应模型的实证分析[J].财贸研究,2020,31(9):40-52.
- [11]张东,王豪杰.金融集聚、空间溢出与地区工业绿色创新效率[J].经济经纬,2021,38(1):134-142.
- [12]戴魁早,刘友金.市场化进程对创新效率的影响及行业差异——基于中国高技术产业的实证检验[J].财经研究,2013,39(5):4-16.
- [13]苏勇,马文杰,韩自然,等.制度对区域技术创新的影响[J].技术经济,2013,32(12):40-45.
- [14]孙宏芄.制度创新环境与中国绿色技术创新效率[J].科技管理研究,2016,36(21):251-257.
- [15]施建军,栗晓云.政府补助与企业创新能力:一个新的实证发现[J].经济管理,2021,43(3):113-128.
- [16]严荔,谢正娟.政府补贴对制造业企业创新效率的影响效应研究[J].经济体制改革,2021(2):124-130.
- [17]王鹏辉,王志强,刘伯凡.政府研发资助与企业创新效率——基于倾向得分匹配法的实证检验[J].经济问题,2021(4):87-95.
- [18]罗天正,魏成龙.金融发展对科技创新效率影响的区域收敛性研究[J].中国科技论坛,2021(4):34-43.
- [19]吕承超,王媛媛.金融发展、贸易竞争与技术创新效率[J].管理学报,2019,32(4):21-31.
- [20]陈子韬,孟凡蓉,王焕.政府支持对高技术产业创新效率影响研究[J].科学学研究,2020,38(10):1782-1790.
- [21]闫俊周,齐念念,童超.政府补贴与金融支持如何影响创新效率?——来自中国战略性新兴产业上市公司的经验证据[J].软科学,2020,34(12):41-46.
- [22]夏靛莹,蒋伏心.政府补贴对高技术产业创新效率的非线性影响——基于门槛模型的实证研究[J].管理现代化,2020,40(4):51-54.
- [23]罗雪婷.政府补助对高技术企业技术创新效率的影响研究——基于东中西区域的门槛分析[J].调研世界,2020(10):33-41.
- [24]张峰,殷西乐,丁思琪.市场化改革与企业创新——基于制度性交易成本的解释[J].山西财经大学学报,2021,43(4):32-46.
- [25]徐鹏杰,黄少安.我国区域创新发展能力差异研究——基于政府与市场的视角[J].财经科学,2020(2):79-91.
- [26]戴魁早,刘友金.行业市场化进程与创新绩效——中国高技术产业的经验分析[J].数量经济技术经济研究,2013,30(9):37-54.
- [27]黄潇,黄茂珂.我国金融业发展效率的地区差异及影响因素——基于NSBM-TOBIT两阶段分析框架的实证研究[J].西部论坛,2017,27(3):45-56.
- [28]FARE R, GROSSKOPF S, LINDGREN B, et al. Produc-

- tivity Changes in Swedish Pharmacies 1980–1989: A Non-parametric Malmquist Approach[J]. *Journal of Productivity Analysis*, 1992(3):85–101.
- [29] 彭晓静. 京津冀城市群创新效率及影响因素研究[J]. *技术经济与管理研究*, 2021(2):118–122.
- [30] 张宇, 蒋殿春. FDI、产业集聚与产业技术进步——基于中国制造业数据的实证检验[J]. *财经研究*, 2008(1):72–82.
- [31] 易信, 刘凤良. 金融发展、技术创新与产业结构转型——多部门内生增长理论分析框架[J]. *管理世界*, 2015(10):24–39.
- [32] LEE E Y, CIN B C. The Effect of Risk Sharing Government Subsidy on Corporate R & D Investment: Empirical Evidence from Korea [J]. *Technological Forecasting and Social Change*, 2010(6):881–890.
- [33] DOMINIQUE G, BRUNO V P. The Impact of Public R & D Expenditure on Business R & D [C]. *OECD Working Paper*, 2000.
- [34] 张彩江, 陈璐. 政府对企业创新的补助是越多越好吗? [J]. *科学学与科学技术管理*, 2016(11):11–19.
- [35] 戴魁早, 刘友金. 市场化进程对创新效率的影响及行业差异——基于中国高技术产业的实证检验[J]. *财经研究*, 2013, 39(5):4–16.
- [36] 金基瑶, 杜建国. 中国 FDI 企业环境绩效的影响机理研究——不同环境创新行为的双重中介模型[J]. *管理评论*, 2021, 33(1):68–79.

[责任编辑 李 新]

## The Innovation Efficiency and Corresponding Influencing Factors of Manufacturing Industry in Beijing-tianjin-hebei Region Under the Background of High-quality Economic Development

WANG Jinbo<sup>1,2</sup>, XIAO Fenghua<sup>1</sup>, LI Xingguang<sup>2</sup>

(1. Dezhou University, Dezhou, Shandong 253000, China; 2. Hengshui University, Hengshui, Hebei 053000, China)

**Abstract:** Manufacturing innovation efficiency is one of the important dimensions of high-quality economic development in Beijing-Tianjin-Hebei region. In this sense, this paper, via DEA-BCC model and Malmquist index, analyzes the innovation efficiency and its variations of the manufacturing industry in Beijing-Tianjin-Hebei region, ranging from 2016 to 2019. Accordingly, the panel Tobit model is employed to analyze the factors influencing the innovation efficiency of manufacturing industry. The results show that the innovation efficiency of manufacturing industry in this region is mainly manifested by the increasing scale reward and the overall low levels in terms of technology innovation, such as the total factors productivity (TFP), technology efficiency (TE), and scale efficiency (SE). In this regard, most industries are in a state of very low efficiency. Through the calculation of Gini coefficient, it is also found that there is a significant gap in the innovation efficiency of different industries, and the inequality between industries has become prominent and increasingly serious. Further calculation of Malmquist index demonstrates that the overall innovation efficiency in question tends to rise from 2016 to 2019; From the perspective of industry segmentation, the efficiency advantage of high-tech industry is more remarkable than that of low-tech industry, accordingly, the technology level has a positive effect on innovation efficiency; Finally, via the panel Tobit model, we find that some factors are positively correlated with manufacturing innovation efficiency, namely, government subsidies, main business income, marketization process, and direct foreign investment, thereby promoting the efficiency. It is also noted that financing constraints are negatively correlated with innovation efficiency, thus inhibiting the improvement of innovation efficiency.

**Key Words:** innovation efficiency of manufacturing industry; DEA-BCC model; Malmquist index; Panel Tobit model