

创新驱动战略实施对工业环境效率的影响及演化规律探析*

■ 张乐勤^{1**} 陈素平²

1. 池州学院资源环境学院 池州 247000

2. 池州学院商学院 池州 247000

摘要:本文以安徽省为例,运用主成分分析评价方法,对工业环境效率与科技创新综合指数进行了评价;采用偏最小二乘回归分析,测算了科技创新对工业环境效率边际效应;基于最佳拟合优度回归分析方法,就科技创新与工业环境效率间演化规律进行了考察。结果表明:①工业环境效率、科技创新指数分别由2005年的47.17、43.63跃升至2016年的71.28、83.63;②科技创新对工业环境效率提升具有正向促进效应,其边际弹性系数为0.0051,而产业结构是工业环境效率的短板制约因素,其边际弹性系数为-0.0014;③科技创新与工业环境效率之间符合正向指数函数演化规律,增强科技创新能力有助于进一步提升工业环境效率。最后,基于研究结果,从如何发挥科技创新的促进作用、降低产业结构调整的负向影响提出了相应的政策建议。

关键词:科技创新 工业环境效率 效应 偏最小二乘回归 最佳拟合优度分析

DOI:10.11842/chips.2019.03.012

1 引言

提高环境效率,实现资源要素的高效配置是推动经济高质量发展的内在要求,也是生态文明建设的关键所在,而创新是引领经济高质量发展的第一动力。科技创新能改变或颠覆传统的生产方式与商业模式,使同等资源投入得到更多产出,排放单位污染物也会创造更高经济价值,故而,科技创新是提升环境效率的关键举措,探索科技创新对环境效率的影响效应,对制定或调整新形势下环境保护政策具有重要启示意义。

环境效率概念最早可追溯至1990年德国学者

Andreas Sturm和瑞士学者Stefan Schaltegger提出的eco-efficiency一词^[1],意指单位环境负荷所创造的经济价值^[2],因其能直观揭示出经济发展与环境保护关系,故为可持续发展领域研究热点^[3-5]。围绕环境效率驱动因素,现有研究大多在测度环境效率的基础上,基于Tobit回归模型,从经济发展水平^[2,6-10,12-13]、产业结构^[2,6-13]、能源结构^[9,13]、科技水平^[2,6-13]、环保力度^[2,6-13]、对外开放^[6-13]、城镇化水平^[10]、人口密度^[8,10,11]等方面,考察了其对环境效率影响。尽管结果不一,但均揭示了其对环境效率具有显著效应,为本研究提供了有益借鉴与启示,然而,既有研究也存在以下不足:首先,前人研究多从投入产出视角来考察

* 安徽省哲学社会科学规划项目(AHSKY2018D94):安徽省创新驱动战略实施对绿色发展影响效应、促进机制及实现路径研究,负责人:张乐勤;安徽省教育厅高等学校省级质量工程项目(2015sjjd026):水处理工程实践教育中心项目,负责人:张乐勤。

** 张乐勤,教授,研究方向:资源生态与可持续发展。

环境效率,而影响环境质量主要为工业生产所致,目前针对工业环境效率的研究仍然较少;其次,科技创新既是当下实现高质量发展的核心引擎,也是支撑绿色发展的“金钥匙”,与环境效率存在密切关系,前人研究中,很少有从创新视角来研究科技创新对环境效率的影响,更鲜见有对两者间演化规律进行考察的文献;再次,已有研究中,多从单一的R&D经费支出^[7,8,10]或专利授权数^[9,13]进行表征,而科技创新的内涵十分丰富,既包括资金、人才的投入,也包括专利申请数、高科技产品等产出,仅以单一指标来考察其对环境效率思维影响较片面,鉴于此,本文以安徽省为例^{***},运用熵值赋权法,对科技创新与工业环境效率进行综合评价,采用偏最小二乘回归分析方法,考察其对工业环境效率的边际效应及演化规律,以期安徽省制定高质量发展的政策策略提供决策参考。与已有同类研究相比,本文的学术贡献体现在:考察科技创新对工业环境效率的影响,具有较新的视角;以综合指数作为核心指数表征科技创新水平,具有较高的系统性和代表性;深入考察了科技创新与工业环境效率的演化规律,拓展了研究深度。

2 研究方法

2.1 综合指数评价

2.1.1 评价指标体系构建

科技创新为引领经济高质量发展的第一动力^[15],也是建设生态文明的核心引擎^[16],其内涵既包括人才、资金及制度政策的投入,也包括专利申请数、高科技产业产值等产出^[17],因而,考察科技创新应秉持投入与产出的系统视野,借鉴既有研究成果^[17],遵循系统性、科学性与数据可获性原则,选取R&D经费支出、科研活动人员作为投入要素,专利授权数、高科技产业产值、重大科研成果、技术市场成交项、技术市场成交额作为产出要素7项指标,构建科技创新评价体系。

工业环境效率意指单位工业负荷的工业价值,工业生产活动所产生的污染物包括大气、水、固废等多方面,选取单位工业废水工业价值、单位工业SO₂工业价值、单位工业废气工业价值、单位工业粉(烟)尘工业价值、单

位工业固体废物工业价值、单位工业危险废物工业价值5项指标,作为工业环境效率的评价指标。

2.1.2 评价方法

综合评价方法包括层次分析法、模糊评价法、主成分分析综合评价法、熵值法、突变级数法等,其中,主成分分析综合评价法通过将原指标变量进行变换后形成彼此相互独立的主成分^[18],依据各主成分方差贡献率占总方差贡献率比例作为权重,进而测算出考察对象的综合得分,因其能有效消除评价指标间关联影响,具有机理清晰,操作简洁,可信度高特点,得到了学术界普遍认同^[18-20],为此,本文采用该方法对综合指数进行测算,步骤如下:首先,运用极差标准化法对原始数据进行归一化处理(以 X_i 表示, $i=1,2,3\cdots,n$);其次,计算主成分得分 Z_j 可表示为: $Z_j = \sum_{i=1}^n k_{ji} \cdot X_i$ (k_{ji} 为 j 关系式 i 指标回归系数);第三,计算主成分权重 ω_j 。若 j 主成分的方差贡献率为 λ_j ,则 $\omega_j = \lambda_j / \sum_{j=1}^m \lambda_j$;第四,计算考察对象综合得分 Z 。 $Z = \sum_{j=1}^m \omega_j \cdot Z_j$;最后,采用百分制形式对综合得分进行转换,公式为^[18]: $B = \frac{Z}{Z_{\max} - Z_{\min}} \cdot 40 + 60$,式中, B 表示转换后得分, $Z_{\max}$ 、 $Z_{\min}$ 分别表示研究时序的最高与最低得分。

2.2 科技创新对环境效率边际效应测算

2.2.1 环境效率影响因子遴选

借鉴既有研究成果^[2,6-13],选取科技创新、经济发展水平、城镇化、产业结构、对外开放度、规制政策作为环境效率备选影响因子,借助SPSS软件,采用偏相关分析方法(分析某个变量与环境效率相关性时,将其它变量作控制变量),遴选出关联性较高的因子作为其影响因子。

2.2.2 分析模型构建

STIRPAT模型为考察人文因素对环境影响的经典模型,因其能直观揭示人文因素对环境影响的弹性,被广泛应用于环境影响因子的驱动分析中^[17,19,21],借鉴

*** 选择安徽省基于以下考量:一是科技创新为其靓丽的特色名片,2016年,区域创新能力排名全国第九^[14],二是安徽省正着力打造绿水青山就是金山银山的生态文明建设示范样板,以其作例案具有典型性和代表性。

STIRPAT模型,构建工业环境效率影响的分析模型:

$$IEE = aD^b(STI)^cS^dO^e(ER)^f \varepsilon, i=1,2,3,\dots,n \quad (1)$$

式中, IEE 表示工业环境效率; D 表示经济发展水平; STI 表示科技创新; S 表示产业结构; O 表示对外开放; ER 表示环境规制; a 为模型系数; b 、 c 、 d 、 e 、 f 分别表示经济发展水平、科技创新、产业结构、对外开放度、规制政策对工业环境效率弹性系数; ε 为模型随机项,表示影响工业环境效率的其他因素。

为了通过回归分析确定参数,对式(2)两边取自然对数,得:

$$\ln IEE = m + b \ln D + c \ln STI + d \ln S + e \ln O + f \ln ER \quad (2)$$

式(2)中, m 为常数, $m = \ln a + \ln \varepsilon$, b 、 c 、 d 、 e 、 f 可通过回归分析获取,表示当其每变化1%时,分别引起变量 IEE 的 $b\%$ 、 $c\%$ 、 $d\%$ 、 $e\%$ 、 $f\%$ 变化。

2.2.3 偏最小二乘回归

偏最小二乘回归是将主成分分析与普通最小二乘回归分析相结合的数理分析方法,因其能有效消除解释变量间的多重共线性问题,被广泛应用于资源环境领域的各类研究中^[17,21]。其机理为:假定因变量 Y 有 n 个自变量 v_i ($i=1,2,3,\dots,n$),即 $Y=f(v_i)$,首先,采用主成分分析,对自变量进行分析与筛选,提取 j 个 ($j=1,2,3,\dots,m$, $j < i$) 综合变量 W_j , $W_j = \sum_{i=1}^n u_{ji} \cdot v_i$, u_{ji} 为 j 主成分 i 变量的主成分分析得分系数;其次,以 Y 作因变量, W_j 作自变量,采用普通最小二乘回归分析方法,可得 Y 与 W_j 关系式;最后,将 W_j 与 v_i 线性关系式代入 Y 与 W_j 线性关系式,可得 Y 与 v_i 的关系式。

2.3 科技创新与环境效率演化规律识别

首先,运用经济学边际分析方法^[22],对式(2)中环境效率(IEE)求科技创新(STI)偏导数,可获取科技创新边际环境效率效益,即: $M_{IEE} = \frac{\partial IEE}{\partial STI} = c \cdot \frac{IEE}{STI}$

式中, M_{IEE} 为科技创新边际环境效率效益; c 为科技创新弹性系数。依据 M_{IEE} ,可测算科技创新对环境效率的贡献份额,即: $IEP_{STI} = M_{IEE} \cdot STI$ 。

其次,借助 Excel 软件,通过作散点图,比较不同拟合类型拟合优度(R^2),选取拟合优度最佳的拟合类型作为科技创新与工业环境效率之间的拟合模型(演化规律)。

3 实证研究

3.1 研究区概况

安徽省地处长江经济带下游,位于华东腹地,地形以平原、丘陵、山地相间分布,气候兼有南北过渡的特点。“十一五”时期来,安徽省积极推进创新强省、生态强省战略,科技创新与争当绿水青山就是金山银山生态文明样板已成为其两张靓丽名片。2016年, R&D 经费支出 475.1 亿元,发明专利授权量达 60983 件,高新技术产业产值占 GDP 的比例为 17%,区域创新能力居全国第 9 位^[23]。2016 年,工业废水排放 49625 万 t;工业 SO_2 排放 23.24 万 t;工业废气排放 25367 亿 m^3 ;工业烟(粉)尘排放量 26.46 万吨;工业固体废物产生量 12653 万 t;危险废物产生量 1371100t^[24]。

3.2 变量说明与数据来源

本文旨在考察科技创新对环境效率的边际效应,被解释变量为工业环境效率(IEE),核心解释变量为科技创新(STI),均以综合指数表征,除此之外,解释变量还包括经济发展水平、产业结构、固定资产投资额、城镇化水平、对外开放水平、规制政策,说明如下:

(1) 经济发展(D):以人均 GDP 表征,考虑到通胀因素影响,采用平减指数折算成研究基期不变价;

(2) 产业结构(S)。产业结构升级是影响工业环境效率的重要因素,产业结构升级意味着服务业占比越来越高,借鉴文献[17],以第三产业产值与第二产业产值比例表征产业结构升级状况;

(3) 对外开放(O)。对外开放一方面可促进投资区域经济发展,另一方面,也会通过技术或污染产业输入影响区域生态环境^[25],成为影响环境效率的重要因素,借鉴文献[17],以实际利用外商直接投资额表征;

(4) 环境规制(ER)。环境规制是协调经济发展与环境保护的重要工具之一^[26],政府对环境污染治理的投资额彰显了政府治污的决心与力度,以环境污染治理投资额占 GDP 的比例表征环境规制。

鉴于《安徽省生态省建设总体规划纲要》发布始于 2004 年,本研究样本期为 2005-2016 年,原始数据来源于《安徽省科技统计公报(2006-2017)》^[23]及《安徽统计年鉴(2006-2017)》^[24]。

3.3 结果与分析

3.3.1 工业环境效率与科技创新综合指数

将工业环境效率、科技创新评价原始时序数据极差

表1 主成分分析成分得分系数矩阵

工业环境效率			科技创新		
评价指标	成分		评价指标	成分	
	Z ₁	Z ₂		Z ₃	Z ₄
单位工业废水工业价值(X ₁)	0.378	-0.230	R&D经费支出(X ₇)	0.171	0.022
单位工业SO ₂ 工业价值(X ₂)	0.129	0.064	科研活动人员(X ₈)	0.131	0.274
单位工业废气工业价值(X ₃)	-0.683	1.165	专利授权数(X ₉)	0.189	0.122
单位工业粉(烟)尘工业价值(X ₄)	0.505	-0.431	高科技产业产值(X ₁₀)	0.157	0.000
单位工业固体废物工业价值(X ₅)	0.605	-0.369	重大科研成果(X ₁₁)	-0.125	0.774
单位工业危险废物工业价值(X ₆)	0.178	-0.569	技术市场成交项(X ₁₂)	0.210	-0.337
			技术市场成交额(X ₁₃)	0.199	-0.137

标准化后输入到SPSS19.0软件中,采用主成分分析方法对其进行测算,结果表明,工业环境效率与科技创新各可以提取两个主成分,工业环境效率的两主成分方差贡献率分别为88.520%、4.738%,总贡献率为93.258%,科技创新的两主成分方差贡献率分别为82.757%、15.086%,总贡献率为97.843%,工业环境效率和科技创新的主成分得分系数矩阵如表1。

依据表1的成分得分系数矩阵以及评价指标的标准化值,可计算工业环境效率与科技创新主成分得分,结果如表2。

表2 工业环境效率与科技创新评价主成分分析得分

年份	工业环境效率		科技创新	
	Z ₁	Z ₂	Z ₃	Z ₄
2005	-1.58293	0.46886	-0.93434	-1.26308
2006	-1.43635	0.40197	-0.94154	-0.98663
2007	-0.30594	-1.56687	-0.9202	-0.60969
2008	-0.43227	-1.0146	-0.75875	-0.44189
2009	-0.95264	0.26095	-0.62746	0.32988
2010	-0.4657	0.16988	-0.55061	0.6061
2011	0.93935	-1.34892	-0.21554	1.11922
2012	1.11800	-1.00892	0.1577	1.22859
2013	0.87898	0.26322	0.45852	1.5089
2014	0.56307	0.85372	0.86721	0.38244
2015	0.39144	0.9253	1.52705	-0.46402
2016	1.28500	1.59541	1.93795	-1.40982

以工业环境效率与科技创新的主成分分析方差贡献率与总贡献率之比作权重,可得工业环境效率与科技创新综合评价的线性关系式:

$$IEE = 0.949195Z_1 + 0.050805Z_2 \quad (3)$$

$$STI = 0.845814Z_3 + 0.154186Z_4 \quad (4)$$

依据表2主成分得分,运用式(3)、(4),可测算工业环境效率与科技创新综合评价分值,经百分制形式转换后,可得综合评价得分,结果如图1。

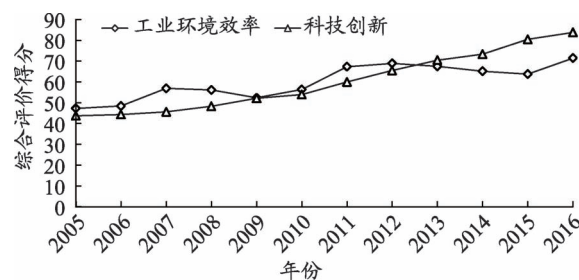


图1 安徽省2005-2016年工业环境效率与科技创新综合评价得分

图1表明,安徽省科技创新得分由2005年的43.63跃升至2016年的83.63,呈渐进上升态势,年均升幅6.09%,分析其原因,与其积极推进科技强省战略有关。2005年来,依靠加大研发经费投入、出台特殊扶持政策、实行奖励机制、大力引进高端人才等举措,极大地激发了全社会的“双创”潜能。尤其是党的十八大以来,以系统推进全面创新改革试验区、建设国家级合芜蚌自主创新综合试验区及合肥国家综合科学中心为契机,积极引导企业增加研发投入,开展重大关键技术攻关,扶持科技人才团队(千人计划、百人计划、百人计划、特支计划),大力促进科技成果转化,培育发展高新技术企业,支持科技企业孵化服务,强化知识产权保护,2016年,安徽省科技创新能力居全国第九,中部第一,创新能力以及科技创新对经济发展的贡献度日渐提升,推动科技创新指数呈持续攀升态势。

图1还表明,安徽省工业环境效率得分由2005年的47.17攀升至2016年的71.28,年均升幅3.82%。究其原

因,2005年来,安徽省提出了生态强省发展战略,以循环经济理念积极构建现代化工业园区,以创新驱动为引领,积极推行产业结构与能源结构的优化升级,以协调发展为根本遵循,强化环境监管,着力实施大气、水、土壤污染防治计划,注重经济发展与环境保护间的协调性,使单位工业产值的污染物排放量日渐减少,尤其是党的十八大以来,安徽省积极打造绿水青山就是金山银山的全国示范样板,强力推进生态文明制度体系及源头严防、过程严管、后果严惩的生态文明治理体系建设,积极实施经济发展的“调转促”(调结构、转方式、促升级)战略,依靠科技创新,积极改造传统产业,大力发展战略新兴产业,增强了经济发展的协调性、持续性、平衡性,促进了污染排放的大幅下降,使环境效率呈持续上升态势。

3.3.2 科技创新对工业环境效率边际效应测算

3.3.2.1 驱动因子遴选

以工业环境效率作为被解释变量,以备选驱动因子作为解释变量,进行偏相关分析,所得结果如表3。

表3 工业环境效率与驱动因子偏相关分析结果

工业环境效率(IEE)	科技创新(STI)	经济发展(D)	产业结构(S)	对外开放(O)	环境规制(ER)
1	0.849**	0.900**	-0.595*	0.862**	0.873**

注:**表示在0.01水平上显著相关,*表示在0.05水平上显著相关。

由表3可知,科技创新、经济发展、对外开放、规制政策与工业环境效率间相关系数均在0.8以上,且在1%水平上均能通过显著性检验,产业结构与工业环境效率间相关系数-0.595,在5%水平上通过显著性检验,故5个解释变量均具有统计学分析意义,均为工业环境污染的驱动因子。

3.3.2.2 偏最小二乘分析

运用主成分分析,借助SPSS19.0软件,可对环境效率影响因子进行主成分分析,结果显示,可提取2个主成分(以 FAC_1 、 FAC_2 表示),2个主成分解释总方差为98.470%,综合变量与原变量间关系如下式:

$$FAC_1 = 0.039 \ln STI + 0.207 \ln D - 0.011 \ln S + 0.676 \ln O + 0.082 \ln ER \quad (5)$$

$$FAC_2 = 0.623 \ln STI + 0.637 \ln D + 0.792 \ln S + 0.280 \ln O - 1.086 \ln ER \quad (6)$$

以环境效率的自然对数为被解释变量, FAC_1 、 FAC_2 为解释变量,将其输入SPSS19.0软件进行OLS分析,结果如表4。

表4 OLS回归分析结果

模型检验		模型系数				
R^2	0.866	回归系数	标准误差	t	Sig	
F	27.055	常数	4.085	0.016	247.968	0.000
Sig	0.000	FAC_1	0.131	0.017	7.589	0.000
		FAC_2	-0.012	0.017	-0.715	0.493

由表4可知,模型回归的拟合优度为0.866,且在1%水平上通过显著性检验,表明模型拟合较好。表4表明,常数项与第一主成分t检验的Sig值均为0.000,在1%水平上均能通过显著性检验,而第二主成分t检验的Sig值为0.493,未能通过显著性检验,故予以剔除,由此可得如下回归模型:

$$\ln IEE = 4.085 + 0.131 FAC_1 \quad (7)$$

(247.968) (7.589)

式(7)下面括号内数为t值。将式(5)、(6)代入式(7)得:

$$\ln IEE = 4.085 + 0.0051 \ln STI + 0.0271 \ln D - 0.0014 \ln S + 0.0886 \ln O + 0.0107 \ln ER \quad (8)$$

将式(8)变形后,得:

$$IEE = 59.4419(STI)^{0.0051} D^{0.0271} S^{-0.0014} O^{0.0886} (ER)^{0.0107} \varepsilon \quad (9)$$

由式(9)可知,科技创新、经济发展、对外开放、环境规制对工业环境效率具有正向促进影响,其弹性系数分别为0.0051、0.0271、0.0886、0.0107,即当科技创新、经济发展、对外开放、环境规制每升高1%时,工业环境效率分别提升0.0051%、0.0271%、0.0886%、0.0107%。究其原因:科技创新意味着更先进的技术融入工业生产,能促进传统产业优化升级,使单位资源投入产生更高效益,同时,科技创新也能催生知识技术密集、物质资源消耗少、污染物排放少、综合效益好的战略新兴产业,再者,科技创新还能提升污染物循环利用水平,故而科技创新有利于减少污染物排放,提高单位污染物的工业产值。随着经济发展水平的提高,公众对生活质量的要求更强烈,期盼政府能提供更多优质的生态产品,这会倒逼管理层发展生态文明,推动经济高质量发展。与此同时,经济发展水平的提升也可以为治理污染提供更多资金和技术,在此背景下,工业污染物排放将会日渐减少,

工业环境效率也会提升;对外开放在促进经济发展的同时,也会通过引进更先进的生产工艺、技术,减少工业污染物排放,从而提升了单位污染物工业产值;环境规划通过法律法规、经济杠杆、行政等手段,可促使企业改进生产技术与工艺,更好地履行社会环境责任,从而对环境效率产生正向效应。

式(9)表明,产业结构与工业环境效率呈现负向关系,其边际弹性系数为-0.0014,这与安徽省产业结构状况有关。长期以来,安徽省为了实现跨越发展、快速崛起目标,提出了工业强省的发展战略,致使第二产业占比与全国平均水平呈现显著差异,2016年,第二产业占比高出全国平均水平8.26个百分点^[24,27],比塞尔奎因—钱纳里研究得到的三次产业标准模式值高2.06个百分点(塞尔奎因—钱纳里标准模式为^[28]:人均GDP超过4000美元时,标准三次产业构成为7:46:47)。且在第二产业中,以传统的高能耗、高排放、资源型产业为主,失衡的产业结构,“两高一资”粗放式的第二产业,污染物排放量大,阻碍着环境效率提升。

3.3.3 科技创新与工业环境效率演化规律

运用边际分析方法,可测算科技创新对工业环境效率的贡献份额 IEE_{STI} ,结果如表5。

表5 安徽省2005–2016年科技创新对工业环境效率贡献份额

年份	IEE	M_{IEE}	IEE_{STI}
2005	47.17	0.0055	0.2406
2006	48.35	0.0056	0.2466
2007	56.79	0.0064	0.2896
2008	55.99	0.0059	0.2856
2009	52.27	0.0051	0.2666
2010	56.24	0.0053	0.2868
2011	67.14	0.0057	0.3424
2012	68.76	0.0054	0.3507
2013	67.35	0.0049	0.3435
2014	65.01	0.0045	0.3316
2015	63.63	0.0040	0.3245
2016	71.28	0.0043	0.3635

以表5中科技创新对工业环境效率贡献的份额 IEE_{STI} 为因变量,科技创新 STI 为自变量,借助Excel软件,通过作散点图,添加趋势线,分别选择线性函数、对数函数、二次函数、三次函数、幂函数、指数函数进行回归拟合,所得结果如表6。

表6 安徽省2005–2016年科技创新与工业环境效率拟合结果

拟合类型	函数表达式	拟合优度(R^2)
线性函数	$EE_{STI} = 288.49 \times STI - 28.279$	0.7207
对数函数	$IEE_{STI} = 85.432 \times \ln(STI) + 161.93$	0.7104
二次函数	$IEE_{STI} = 898.42 \times (STI)^2 - 253.62 \times STI + 52.028$	0.7278
三次函数	$IEE_{STI} = -19229 \times (STI)^3 + 18206 \times (STI)^2 - 5394.8 \times STI + 555.9$	0.7318
幂函数	$IEE_{STI} = 329.29 \times (STI)^{1.4485}$	0.7518
指数函数	$IEE_{STI} = 13.139 \times e^{4.8796 \times (STI)}$	0.7590

由表6可知,以指数函数拟合最佳,其拟合优度为0.759,为此,科技创新与工业环境效率间符合指数函数规律,由指数函数性质可知,当底数大于1时,其为增函数,表6中拟合指数底数为 $e(2.718281828)$,故科技创新水平与工业环境效率表现为正向演化规律,科技创新是促进工业环境效率提升的重要手段。

4 结论与政策启示

以安徽省为例,运用主成分分析法,对工业环境效率与科技创新综合指数分别进行了评价;借助SPSS软件,采用偏最小二乘回归分析,定量测算了科技创新对工业环境效率的影响;基于经济学边际分析方法,借助Excel软件,通过作散点图,添加趋势线,比较不同拟合类型的拟合优度分析方法,揭示科技创新与工业环境效率之间的演化规律,主要结论如下:

4.1 科技创新呈渐进平缓上升态势,而工业环境效率呈窄幅波动上升态势,比较而言,科技创新综合指数增幅高于工业环境效率的增幅;

4.2 科技创新、经济发展、对外开放、环境规制对工业环境效率具有正向促进影响,而产业结构则呈现为负向抑制影响;

4.3 科技创新与工业环境效率之间符合指数函数的同向演化规律,提升创新驱动能力是促进工业环境效率的重要途径。

上述结论表明,科技创新是提升工业环境效率的重要因素,且两者之间呈现同向演化规律,为此,应以系统推进全面改革创新试验区及合肥国家综合科学中心为契机,通过加大财政投入、积极吸纳民间资本、建立激励机制、保护知识产权等举措,不断提高科技创新水平,以此支撑工业环境效率提升,促进经济高质量发展与生态

文明建设;经济发展、对外开放水平、环境规制对工业环境效率同样具有正向驱动效应,为此,应高度重视发展经济、引进外资和环境规制在工业环境效率提升中的作用,以新发展理念为引领,以供给侧结构性改革、创新、消费升级动力,积极发展经济,壮大经济实力,通过营造更高水平的对外开放环境,扩大开放,同时,进一步健全环境规制,补齐新形势下生态保护与绿色发展短板,强化环境规制的约束作用;高度关注产业结构在工业环境效率提升中的负向影响,通过科技创新、政策引导、信贷及税收等经济手段,积极改造传统“两高一资”产业,大

力发展战略新兴产业、环保产业及现代服务业,以产业结构优化升级提升工业环境效率水平。

本文以安徽省为例,就科技创新对工业环境效率的影响及演化规律进行了探索,揭示了科技创新对工业环境效率提升的正向促进作用,以及两者间具有指数曲线的演化规律,对指导安徽省经济高质量发展与污染攻坚战具有积极启示意义,也可为同类省域尺度研究提供借鉴。然而,受理论水平限制,本文未能就科技创新如何影响工业环境效率的机理进行解析,这是未来重要的研究方向。

参考文献:

- [1] 许旭,金凤君,刘鹤.产业发展的资源环境效率研究进展[J].地理科学进展,2010,29(12):1509-1517.
- [2] 刘士锐,谢志祥,秦耀辰,等.基于SFA和DEA的河南省环境效率时空差异及影响因素分析[J].河南大学学报(自然科学版),2018,48(2):138-150.
- [3] ZAIM O, TASKIN F. A Kuznets curve in environmental efficiency: an application on OECD countries[J]. Environmental and resource economics, 2000, 17(1): 21-36.
- [4] KHANNA M, KUMAR S. Corporate environmental management and environmental efficiency[J]. Environmental and resource economics, 2011, 50(2): 227-242.
- [5] LIN E, CHEN P Y, CHEN C C. Measuring the environmental efficiency of countries: a directional distance function metafrontier approach[J]. Journal of environmental management, 2013, 119(1): 134-142.
- [6] 盖美,连冬,田成诗,等.辽宁省环境效率及其时空分异[J].地理研究,2014,33(12):2345-2357.
- [7] 钱丽,陈忠卫,肖仁桥.环境约束下工业企业技术创新效率测算及影响因素分析——以安徽省16个地级市为例[J].技术经济,2015,34(5):13-21.
- [8] 鲁炜,赵云飞.中国区域环境效率评价及影响因素研究[J].北京航空航天大学学报(社会科学版),2016,29(3):30-35.
- [9] 郭丰.长江经济带环境效率评价及影响因素分析[J].河北地质大学学报,2017,40(4):30-36,41.
- [10] 郭四代,仝梦,郭杰,等.基于三阶段DEA模型的省际真实环境效率测度与影响因素分析[J].中国人口·资源与环境,2018,28(3):106-116.
- [11] 马骏,王雪晴.长江经济带工业环境效率差异及其影响因素——基于超效率DEA-Malmquist-Tobit模型[J].河海大学学报(哲学社会科学版),2017,19(3):49-54.
- [12] 袁荷,仇方道,朱传耿,等.江苏省工业环境效率时空格局及影响因素[J].地理与地理信息科学,2017,33(5):112-118.
- [13] 尹传斌,朱方明,邓玲.西部大开发十五年环境效率评价及其影响因素分析[J].中国人口·资源与环境,2017,27(3):82-89.
- [14] 中国科技发展战略研究院.中国区域创新能力评价报告2016-2017[R].北京:科学技术文献出版社,2017.
- [15] 任保平.新时代中国高质量发展的判断标准、决定因素与实现途径[J].改革,2018(4):5-16.
- [16] 黄娟.科技创新与绿色发展的关系——兼论中国特色绿色科技创新之路[J].新疆师范大学学报(哲学社会科学版),2017,38(2):33-41.
- [17] 张乐勤,陈素平.基于PLS-PATH方法的科技创新对资源利用绩效边际效应测度与分析[J].世界科技研究与发展,2018,40(3):302-315.
- [18] 张乐勤,陈素平,陈保平,等.城镇化与土地集约利用耦合协调度测度——以安徽省为例[J].城市问题,2014(2):75-82.
- [19] 张乐勤,张勇.安徽省城镇化演进边际生态环境效应的测度与分析[J].水土保持通报,2014,34(4):208-214.

- [20] 阎永哲, 贺翔, 陈泱. 基于主成分分析的科技型小微企业融资环境评价——以浙江宁波为例[J]. 中国发展, 2018, 18(2): 45-51.
- [21] 张乐勤. 基于PATH-STIRPAT模型的城镇化演进边际资源环境胁迫效应测度及趋势预测——以安徽省为例[J]. 安徽师范大学学报(自然科学版), 2016, 39(5): 455-461.
- [22] 孙才志, 杨新岩, 王雪妮, 等. 辽宁省水资源利用边际效益的估算与时空差异分析[J]. 地域研究与开发, 2011, 30(1): 155-160.
- [23] 安徽省统计局, 安徽省科技厅. 安徽省科技统计公报(2007-2017)[M]. 北京: 中国统计出版社, 2007-2017.
- [24] 安徽省统计局. 安徽统计年鉴(2006~2016)[M]. 北京: 中国统计出版社, 2006-2016.
- [25] 孟庆雷, 刘钻扩, 李成豪. FDI对中国工业生态效益的影响[J]. 中国人口·资源与环境, 2016, 26(4): 14-21.
- [26] 邱金龙, 潘爱玲, 张国珍. 正式环境规制、非正式环境规制与重污染企业绿色并购[J]. 广东社会科学, 2018(2): 51-59.
- [27] 国家统计局. 中国统计年鉴2017[M]. 北京: 中国统计出版社, 2017.
- [28] Syrquin M, Chenery H.B Three Decades of Industrialization[J]. The World Bank Economic Reviews, 1989, 3(2): 145-181.

The Effect and Evolution Law of Innovation-Driven Strategy on Industrial Environmental Efficiency

ZHANG Leqin¹, CHEN Suping²

1. Resource Environment College, Chizhou College, Chizhou 247000

2. Commercial College, Chizhou College, Chizhou 247000

Abstract: In this study, taking Anhui Province as an example, the comprehensive indices of industrial environmental efficiency and technological innovation are evaluated by means of the principal component analysis method. Next, the marginal effect of technological innovation on industrial environmental efficiency is calculated via partial least square regression analysis. Then, based on the optimal fitting regression analysis method, the evolution law between technological innovation and industrial environmental efficiency is investigated. The results show the following: (1) The indices of industrial environmental efficiency and technological innovation rose to 71.28 and 83.63 in 2016 from 47.17 and 43.63 in 2005, respectively. (2) Technological innovation has a positive promoting effect on the improvement of industrial environmental efficiency, and its marginal elastic coefficient is 0.0051, while the industrial structure is a constraint factor for the weakness of industrial environmental efficiency, and its marginal elastic coefficient is -0.0014. (3) The evolution law of positive exponential function is shown between technological innovation and industrial environmental efficiency, in which the enhancement of technological innovation ability is conducive to the further improvement of industrial environmental efficiency. Based on the research results, corresponding policy suggestions are proposed regarding how to promote technological innovation and avoid the weakness of industrial structure.

Keywords: science and technology innovation; industrial environmental efficiency; effect; partial least-squares regression; the optimal fitting regression analysis

(责任编辑:任庆娟; 责任译审:毛子英)