

石化经济系列研究(五)

引文格式: 王卫星, 王亚萍. 石油化工行业绿色创新效率及其影响因素研究 [J]. 常州大学学报(社会科学版), 2020, 21(4): 51-61.

石油化工行业绿色创新效率及其影响因素研究

王卫星, 王亚萍

摘要: 作为经济发展的支柱性行业, 石油化工行业发展模式正逐渐由要素、资源驱动向创新驱动转变。绿色创新驱动发展不仅是我国经济高质量发展的要求, 也是石化行业转型升级的必然选择。研究绿色创新效率及其影响因素对石化行业绿色创新发展及可持续发展具有重要意义。以五个代表性行业大类为样本, 运用 Super-SBM 模型对 2011—2015 年石化行业绿色创新效率数据进行分析, 利用 OLS 回归模型探究石化行业绿色创新效率的影响因素。研究发现: 石油及天然气开采业的效率较低, 效率值皆在 1 以下, 其他几个行业趋于平稳; 外商直接投资、市场竞争、盈利能力与绿色创新效率显著正相关, 环境规制及政府支持未通过显著性检验。

关键词: 石化行业; 绿色创新效率; Super-SBM

作者简介: 王卫星, 管理学博士, 常州大学商学院教授、硕士研究生导师; 王亚萍, 常州大学商学院硕士研究生。

基金项目: 国家社会科学基金重点项目“民营科技企业融资结构对创新效率的影响机理及优化对策研究”(17AGL012)。

中图分类号: F205 **文献标志码:** A **Doi:** 10.3969/j.issn.2095-042X.2020.04.006

改革开放以来, 中国经济处于持续高速增长的态势, 1979—2010 年, 中国 GDP 年均增长超过 10%, 2010 年以后也保持中高速增长状态。随着中国经济的深入发展, 传统工业资源能耗高, “三废”排放高等问题也日益突出, 资源和环境问题已经逐渐成为中国传统工业发展的瓶颈, 制约着中国经济的高质量发展。2013 年, 习近平总书记在哈萨克斯坦纳扎尔巴耶夫大学演讲时提出“绿水青山就是金山银山”的观点, 强调生态文明是关系人民福祉、关乎民族未来的大计, 是实现中华民族伟大复兴中国梦的重要内容。秉承“创新、协调、绿色、开放、共享”发展理念, 走绿色创新发展道路, 是我国石油化工行业发展的必然选择。

绿色创新又被称为生态创新、可持续创新。与传统创新不同, 绿色创新被寄予借助新知识、新技术实现降低环境污染的期望。企业通过绿色创新提高经济效益, 实现经济和环境的协调发展^[1]。绿色创新是我国经济由高速度发展转向高质量发展的必然要求。当前, 绿色创新效率受到越来越多的关注。Chen^[2]认为绿色创新等同于绿色产品或绿色生产过程中相关的硬件或软件创新。Lin^[3]将绿色创新分为绿色产品创新、绿色工艺创新、绿色技术创新、绿色管理创新。We-

ber^[4]则认为绿色创新(绿色产品)不应该以降低环境负担为目标,而应该以产生显著的环境效益为目标。可见,学者们对绿色创新的理解不同。无论如何,绿色创新应该兼顾绿色和创新两个属性,即:绿色创新既要提高经济效益,也要降低对环境的破坏程度。

绿色创新的一个重要衡量标准就是绿色创新效率。关于绿色创新效率的研究成果并不多,少量成果聚焦区域经济绿色创新效率评价,且基本采用数据包络分析法对其进行测算。最早研究绿色创新效率的是华振^[5]。他运用 DEA-malmquist 生产率指数分析法,测度我国 30 个省(市、区)绿色创新能力,得出 R&D 强度、人力资本素质等与绿色创新能力显著正相关的结论。韩晶^[6]采用 DEA 模型分析我国绿色创新效率发现,各地区绿色创新效率差异较大,东部地区绿色创新效率明显优于中西部地区及东北地区。此后,学者们尝试改进 DEA 模型,并将之运用于绿色创新效率的分析之中。冯志军^[7]考虑要素松弛性,运用 DEA-SBM 方法建立了区域工业绿色创新效率模型,得出经济相对发达的沿海地区绿色创新效率较高的结论;同时他认为,DEA-SBM 模型的创新效率测度结果更符合实际情况。要素松弛被纳入 DEA 模型后,相关研究进一步发现,使用污染性能源不可避免地产生诸如二氧化碳的非期望产出^[8-9]。针对忽视非期望产出所导致的创新效率数值存在偏差的问题,牛彤等^[10]将期望产出和非期望产出引入生产过程,运用 SBM-DEA 四阶段方法,评估山西省的绿色创新效率。改进后的 DEA 模型仍存在一个缺陷,那就是不能将全部决策单元的绿色创新效率进行排序。之后,学者尝试采用超效率模型研究绿色创新效率,解决效率排序问题。龚新蜀等^[11]运用 Super-SBM 模型测算中国工业绿色创新效率,得出效率值虽不高,但呈现上升趋势的结论。曾冰^[12]运用超效率模型评价我国省际绿色创新效率,发现省际绿色创新效率存在正向自相关性。

作为国民经济的重要组成部分,石油化工行业是经济发展的主要推动者和奠基产业,然而石化产业生产过程会释放大量有害物质,危害人类健康,且石化制品的后续使用对生态环境造成严重的破坏^[13]。在传统工业的驱动力从要素驱动、投资驱动转向绿色创新驱动的转变过程中,石化行业承担着重要的责任。本文研究石油化工行业绿色创新效率,主要从以下几个方面对以前的研究进行补充。首先,选择石油化工行业全部行业而非某个大型石化企业为研究样本,拓宽了绿色创新效率的研究视野;其次,综合考虑石化行业绿色创新涉及的环境、经济、社会效益,运用改进的非角度、非径向的 Super-SBM 模型评价绿色创新效率,方法选择上更合理;最后,研究石化行业绿色创新效率的影响因素,为石化行业进行绿色创新转型升级决策提供实证依据。

一、研究设计

(一) 模型构建

多数学者选择 DEA 模型开展效率评价研究。一方面,传统的 DEA 模型只考虑劳动、资本、收益、产量等要素,即期望决策单元的产出越高越好,投入越小越好,这通常被称为期望产出模型。然而,在石油化工行业的绿色创新活动中,期望产出和非期望产出都是客观存在的。另一方面,传统 DEA 模型采用角度和径向度量方法,会产生投入要素的“松弛”或者“拥挤”问题,进而产生“高估决策单元效率值”的问题。为此,学者们提出非角度、非径向的 SBM 模型^[14],基本思路如下:

假设生产系统有 n 个决策单元,令 m 、 s_1 、 s_2 分别为投入指标(x)、期望产出指标(y^g)、非期望产出指标(y^b)的数量; S^- 、 S^g 、 S^b 分别为投入指标、期望产出指标、非期望产出指标

的松弛量; λ 为权重向量, ρ 为目标效率值, 则包括非期望产出的 SBM 模型为:

$$\rho = \min \frac{m^{-1} \sum_{i=1}^m \bar{x}_i / x_{i0}}{(s_1 + s_2)^{-1} \left(\sum_{r=1}^{s_1} \bar{y}_r^g / y_{r0}^g + \sum_{j=1}^{s_2} \bar{y}_j^b / y_{j0}^b \right)}$$

约束条件为:

$$\begin{aligned} x_0 &= X\lambda + S^{-1}, y_0^g = Y^g\lambda - S^g, y_0^b = Y^b\lambda + S^b \\ \bar{x} &\geq \sum_{j=1}^n \lambda_j, x_j, \bar{y}^g \leq \sum_{j=1}^n \lambda_j y_j^g, \bar{y}^b \leq \sum_{j=1}^n \lambda_j y_j^b \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j &= 1, S^{-1} \geq 0, S^g \geq 0, S^b \geq 0, \bar{y}^b \geq 0, \lambda \geq 0 \\ \bar{x} &\geq x_0, \bar{y}^g \leq y_0^g, \bar{y}^b \geq y_0^b \end{aligned}$$

非期望产出 Super-SBM 模型的明显特征在于: 决策单元的效率值不再局限于 0~1, 这就可以将多个有效的决策单元进行排序; 充分考虑并且有效解决了投入、产出变量的松弛性问题。因此, 本文选择 Super-SBM 模型测算石油化工行业的绿色创新效率。

(二) 变量选取

1. 绿色创新投入与产出变量

绿色创新效率的投入指标主要包括人力、财力、能源等基础资源要素。借鉴已有研究成果, 用 R&D 人员全时当量 (人年) 测评人力资源投入, 用 R&D 内部经费支出测评财力资源投入, 用石化行业内分行业类别 (以下称行业大类) 的能源消耗量测评能源投入。

绿色创新效率的产出指标包括期望产出指标和非期望产出指标。选择发明专利申请数、新产品销售收入作为绿色创新的期望产出指标, 选择各行业大类的工业废水、固体废弃物、工业废气等三种污染物排放的综合指数作为非期望产出指标, 构建石化行业绿色创新效率评价指标体系 (见表 1)。污染物排放综合指数的计算方法如下:

表 1 绿色创新效率评价指标

一级指标	二级指标	三级指标
投入	人员投入	R&D 内部经费支出/万元
	资本投入	R&D 人员全时当量
	能源投入	能源消费总量/万吨煤
产出	期望产出	发明专利申请数
		新产品销售收入/万元
	非期望产出	污染物 (三废) 排放综合指数

首先, 运用 spss22.0 对各行业的三废排放量数据进行标准化处理, 统一变量的量纲。其次, 采用层次分析法确定各种污染物占环境污染综合指数的比重。有学者采用 Matlab 对判断矩阵进行处理, 得出废水、废气、固体废弃物的权重分别是 0.40、0.37、0.23^[15], 本文采纳该研究结果。最后, 计算历年的行业大类污染物排放综合指数, 公式如下:

$$\varphi_{it} = \sum_{k=1}^3 \overline{w}_k \gamma'_{i,k,t}$$

式中, φ 表示第 i 个行业大类的污染物排放综合指数, \overline{w}_k 表示第 k 种污染物的权重值。 $\gamma'_{i,k,t}$ 为标准化后的数据。

2. 绿色创新效率影响因素及研究假定

石油化工行业作为能源支柱性产业, 产值占比较高, 越来越受到国家和政府的关注^[16]。2016 年国务院办公厅在《关于石化产业调结构促转型增效益的指导意见》中指出, 加大财政金融支持的保障措施。政府可以为石化行业提供自主创新所需的导向性、公共性、保护性资源。政

府提供的研发资金越多,石化行业绿色创新投入越多,绿色创新效率也越高^[17]。也有学者认为,政府鼓励创新的政策、政府对石油化工行业的税收减免或补贴政策,会在一定程度上减少企业资金流出,使得企业有更多的资金用于创新^[18]。政府投入是石化行业绿色创新效率不可或缺的影响因素,对石化行业创新效率可能产生正向影响。因此,本文选取政府资金投入占 R&D 经费的比例作为政府投入的代理变量,并提出如下假设:

H₁: 政府资金投入越多,石化行业的绿色创新效率越高。

近年来我国对外开放程度逐渐提高,国际地位和国际声誉日益提升,吸引了许多外商对我国石化行业进行投资。外商直接投资(FDI)成为绿色创新发展的又一重要影响因素。然而针对 FDI 对绿色创新效率的影响,学者们众说纷纭。一种观点认为,外商直接投资不仅为我国绿色创新活动带来大量的创新资金,还为绿色创新发展提供技术支持,对其有积极的正面影响^[19]。另一种观点认为,外商拥有先进的技术及雄厚的资金,在进入中国市场后不仅会挤占我国内资企业的市场份额,还会导致内资企业绿色研发人员流失。这不仅不利于绿色创新发展,而且会对绿色创新效率产生负面影响^[20-21]。可见,FDI 对石化行业绿色创新效率既存在正面影响也存在负面影响。然而基于创新投入资金仍是制约中国石化行业创新发展的一个重要因素这一现实,笔者认为,FDI 可弥补这一缺陷,正面影响可能大于负面影响。因此,本文选取当年外商(含港澳台)固定资产投资金额与主营业务收入的比值作为外商直接投资变量,并提出以下假设:

H₂: 石化行业外商直接投资力度越大,绿色创新效率越高。

经济活动的负外部性、公共物品的非排斥性和非竞争性导致了环境问题的产生。随着环境问题凸现,政府制定环境规制政策对经济活动加以约束,以减少环境问题。政府的环境规制政策直接影响环境污染问题的解决及绿色创新效率的提升。环境规制可以引导石化行业开展绿色创新活动。环境规制越有效,绿色创新效率越高。从消费者需求角度来说,环境规制政策也会提高消费者的环保意识,使其在消费过程中更倾向于购买低污染、低耗能产品,从而激发行业对绿色产品的研发创新^[22]。不仅如此,环境规制政策还有利于激发行业的创新活力,鼓励行业引进新的绿色工艺与技术,对绿色创新有积极的正向影响作用^[23]。根据上述分析,笔者认为环境规制是绿色创新效率的重要影响因素,可能对石化行业的绿色创新效率产生正向影响。因此,本文选取年度废气处理费用、年度废水处理费用之和与主营业务收入的比值测度政府环境规制强度,并提出如下假设:

H₃: 政府环境规制强度越大,石化行业的绿色创新效率越高。

政府投入、外商直接投资属于绿色创新的外在影响因素,盈利能力则是石化行业绿色创新的内在动力,亦是绿色创新效率重要的内在影响因素之一。行业盈利能力提高,一方面有助于提升行业内资源的利用效率及管理效率,另一方面也会使行业发展产生规模经济效应,从而提升整个行业的创新效率。石化企业的绿色创新活动主要依靠企业超额利润的支持。若没有雄厚的资金支持,企业就没有能力投入大量的人员和经费进行绿色创新活动^[24]。因此,企业盈利能力越强,资金积累越多,R&D 投入就越多^[25],企业利润率对 R&D 支出强度具有正向效应^[26]。本文选取石化行业销售总产值占工业总销售产值比例的变化率表示行业盈利能力,并提出如下假设:

H₄: 石化行业盈利能力越高,绿色创新效率越高。

自熊彼特创新理论问世以来,市场竞争与企业创新之间的关系成为学者们研究的热点。激烈

的市场竞争给企业带来生存发展压力的同时，也带来了创新动力^[27]，市场竞争也是石化行业绿色创新效率的影响因素。随着竞争的加剧，企业当前所拥有的技术或者产品无法在将来为企业带来收益，企业不得不提高自身的创新技术水平或引进新技术，以提高石化行业绿色创新效率。冯宗宪等^[28]研究发现，市场化程度对创新技术效率具有显著的正向影响。黄基伟等^[29]研究发现，市场开放程度对创新能力有正向影响。本文选取石化行业企业数量作为市场竞争的代理变量，并提出如下假设：

H₅：市场竞争越激烈，绿色创新效率越高。

石化行业绿色创新效率影响因素指标变量及含义见表 2。

表 2 石化行业绿色创新效率影响因素指标变量及说明

变量类型	变量名称	变量代码	变量含义
被解释变量	绿色创新效率	<i>Gie</i>	Super-SBM 模型计算所得
	政府支持	<i>Gov</i>	R&D（政府）/R&D 经费
解释变量	外商直接投资	<i>Fdi</i>	外商（含港澳台）固定资产投资金额（FDI）/主营业务收入
	环境规制	<i>Er</i>	年度废水废气处理费用之和/主营业务收入
	盈利能力	<i>Pro</i>	石化行业销售产值/工业销售总产值
	市场竞争	<i>Mc</i>	石化行业企业数量（取自然对数）
控制变量	经济发展水平	<i>Ecod</i>	国家 GDP 增长率
	行业研发资金比例	<i>Rdf</i>	R&D 内部费用支出/主营业务收入
	行业规模	<i>Size</i>	石化行业总资产（取自然对数）

为验证以上假设，构建多元回归模型：

模型 1： $Gie = \alpha_0 + \beta_1 Gov + \beta_2 Ecod + \beta_3 Rdf + \beta_4 Size + \epsilon$

模型 2： $Gie = \alpha_0 + \beta_1 Fdi + \beta_2 Ecod + \beta_3 Rdf + \beta_4 Size + \epsilon$

模型 3： $Gie = \alpha_0 + \beta_1 Er + \beta_2 Ecod + \beta_3 Rdf + \beta_4 Size + \epsilon$

模型 4： $Gie = \alpha_0 + \beta_1 Is + \beta_2 Ecod + \beta_3 Rdf + \beta_4 Size + \epsilon$

模型 5： $Gie = \alpha_0 + \beta_1 Mc + \beta_2 Ecod + \beta_3 Rdf + \beta_4 Size + \epsilon$

（三）样本选择与数据来源

1. 样本选择

国务院国资委考核分配局将石油化工行业分为三大类：天然石油和天然气开采业、石油加工及炼焦业、化学工业。其中，化学工业又分为七类：基础化学原料制造业、肥料制造业、日用和化学产品制造业、化纤制造业、橡胶制造业、塑料制造业、农药制造业。而在《中国统计年鉴》中，石化行业被分为四大类：石油和天然气开采业，石油加工、炼焦业，核燃料加工业，化学原料和化学制品制造业。考虑行业环境污染程度，为保持行业的统一性，本文对比国务院国资委考核分配局和《中国统计年鉴》的分类，选取其中极具代表性的若干行业，包括石油和天然气开采业，石油加工、炼焦和核燃料业，化学原料及化学制品制造加工业，化学纤维制造业，橡胶及塑料制品业这五个行业大类作为本文的研究对象。

2. 数据来源

考虑行业数据的时间跨度及统计口径,本文选用规模以上石化行业数据作为研究对象。研究数据来自 2011—2015 年《中国统计年鉴》《中国科技统计年鉴》《中国环境统计年鉴》《中国能源统计年鉴》。使用的数据处理软件为 MaxDEA 和 SPSS 22.0。

二、实证分析

(一) 绿色创新效率的总体特征

选择数据包络下非径向的、包含非期望产出的 Super-SBM 模型,运用 MaxDEA 软件对我国石油化工行业的绿色创新效率进行计算分析,计算结果见表 3。

表 3 2011—2015 年中国石油化工行业绿色创新效率

行业	创新效率					平均值
	2011 年	2012 年	2013 年	2014 年	2015 年	
石油和天然气开采业	0.926	0.941	0.940	0.951	0.968	0.945
石油加工、炼焦及核燃料业	1.000	1.003	1.020	1.019	1.013	1.011
化学制造业	1.027	1.061	1.044	1.042	1.031	1.041
化学纤维制造业	1.017	1.018	1.012	1.013	1.013	1.014
橡胶和塑料制品业	1.040	1.034	1.030	1.039	1.042	1.037
平均值	1.002	1.011	1.005	1.011	1.013	—

就石油化工行业整体而言,2011—2015 年绿色创新效率呈整体上升趋势,但上升速度缓慢,反映石化行业绿色创新能力提升难度较大。

就石油化工分类而言,五个行业大类的效率值差距不大,其绿色创新效率均值从低到高分别为:石油和天然气开采业,石油加工、炼焦及核燃料业,化学纤维制造业,橡胶和塑料制品业,化学制造业。在所分析的五个行业大类中,石油加工、炼焦及核燃料业,化学纤维制造业,橡胶和塑料制品业,化学制造业的绿色创新效率均大于 1,属于有效决策单元,表明这几个行业绿色创新能力较强,资源配置较为合理。石油和天然气开采业的效率值小于 1,属于非有效决策单元,可能的原因是研发经费投入不足,研发人员配备不足,研发经费的管理效率不高,研发人员结构不合理。由此可见,要提升石化行业绿色创新效率,不仅需要加大研发经费和研究人员的投入,还应当合理配置资源,协调好产出质量与环境污染之间的关系,提高投入产出之比。

(二) 回归分析

1. 描述性统计

运用 Super-SBM 模型测算石化行业绿色创新效率,并运用测算结果进行回归检验,各变量描述性统计结果见表 4。

第一,石化行业绿色创新效率平均值为 1.010,最小值为 1.061,相差较小,表明石化行业绿色创新发展平稳有效。第二,政府资金支持的最大值为 0.134,最小值为 0.010,处于较低水平,表明政府的支持力度有待加大。第三,外商直接投资的平均值为 0.625,标准差为 0.324,

表明我国石化行业外商直接投资总体平稳向好。第四, 环境规制的平均值为 0.187, 最小值为 0.020, 最大值为 0.430, 差距较大, 表明政府环境规制的落实仍然任重道远。第五, 行业盈利能力平均值为 3.178, 标准差大, 离散程度较高, 表明行业销售产值差异较大, 盈利能力有较大波动。第六, 市场竞争的平均值为 8.017, 最大值为 10.137, 标准差不大, 表明市场竞争情况良好。

2. 回归结果分析

政府支持的回归系数为 0.412, 未通过显著性检验。可能的原因是: 第一, 政府部门对石化企业的支持会显著提高石化行业创新投入, 但政府用于绿色创新的资金可能较少, 绿色创新投入落实不到位; 第二, 石化企业创新资金的管理效率不高, 绿色创新产出结果不理想, 导致创新效率偏低; 第三, 政府支持没有实质上激励企业进行有效创新, 相反对企业的研发存在一定的“挤出效应”。诸多原因使得政府研发资金投入未对创新效率产生显著的正向影响。

表 5 模型 1—5 回归结果

解释变量	绿色创新效率 (<i>Gie</i>)				
	模型 1	模型 2	模型 3	模型 4	模型 5
<i>_cons</i>	0.932 ³⁾ (7.186)	0.943 ³⁾ (11.126)	0.881 ³⁾ (7.621)	1.583 ³⁾ (11.721)	0.999 ³⁾ (26.682)
<i>Gov</i>	0.412 (0.903)				
<i>Fdi</i>		0.090 ³⁾ (4.582)			
<i>Er</i>			-0.081 (-1.230)		
<i>Pro</i>				0.025 ³⁾ (6.093)	
<i>Mc</i>					0.021 ³⁾ (13.996)
<i>Rdf</i>	2.241 (0.748)	-2.256 (-0.965)	1.367 (0.454)	0.321 (0.175)	-1.737 ¹⁾ (-1.791)
<i>Size</i>	0.009 (0.773)	0.007 (0.875)	0.014 (1.353)	-0.063 ³⁾ (-0.548)	-0.012 ²⁾ (-3.337)
<i>R</i> ²	0.114	0.550	0.143	0.677	0.915
<i>Adj. R</i> ²	-0.063	0.460	-0.029	0.613	0.898
<i>F</i> 值	0.644	6.116	0.834	10.490	53.537

注: ¹⁾、²⁾、³⁾ 分别表示在 10%、5%、1% 水平上显著; 括号内数字为相应系数的 *T* 检验值。

外商直接投资的回归系数在 1% 的统计水平上显著为正, 验证了假设 2。资金投入不足是现阶段石油化工行业绿色创新发展面临的一大难题。外商直接投资不仅能够增加绿色创新的资金与人员投入, 还能够促进先进技术与设备的引进, 提高石化行业技术创新水平。

环境规制的回归系数为 -0.081, 没有通过显著性检验。可能的原因是: 第一, 环境规制的政策效益具有长期性。在政策颁布之初, 企业尚不能适应新的规制要求, 短期内政策效益发挥不

出来,绿色创新效率没有明显变化。第二,短期内环境规制的高要求与企业经济利益之间会产生突出的矛盾,企业的应对措施跟不上。第三,“波特假说”认为,适当的环境规制能促使绿色创新效率提高。近年来,环境污染与工业生产的矛盾日益激化,政府为此出台了较为强硬的环境规制政策,并没有赋予企业绿色创新技术的主动选择权利,不利于绿色创新的发展。

盈利能力的回归系数在1%的统计水平上显著为正,表明石化行业盈利能力提升对绿色创新效率有显著的促进作用。企业盈利能力越强,越能为绿色创新活动提供物质基础、创新基础、创新环境,创新效率也会随之提高。

市场竞争的回归系数在1%的统计水平上显著为正,假设5得到验证。可能的原因是:行业内的企业数量越多,行业竞争越激烈,单个企业所能获得的超额利润越少,大多数企业需要通过研发核心创新技术来获得竞争优势。行业所面临的市场竞争程度越高,绿色创新效率越高。

三、研究结论与政策建议

(一) 研究结论

本文运用超效率SBM模型,对2011—2015年石化行业绿色创新效率进行了测度,并运用多元回归分模型分析绿色创新效率的影响因素,得出以下结论:

第一,2011—2015年石化行业绿色创新效率整体呈缓慢上升趋势。四个行业大类的绿色创新效率均值大于1,属于有效决策单元;石油和天然气开采行业大类的效率均值小于1,属于非有效决策单元。就实证结果而言,石油化工行业绿色创新资源的投入和产出比是合理的,绿色创新管理措施适合当前的发展要求,但行业内企业发展并不均衡。原因如下:其一,石油化工行业普遍重视绿色创新发展,员工的绿色创新意识普遍较高。其二,石化企业通过内外部融资,加大资金投入力度用于绿色创新发展。其三,石化企业十分重视研发人才,采取各种措施引进能推动绿色创新工作的高素质人才,这些措施对企业提高绿色创新效率起了重要的推动作用。其四,近年来,石油化工企业致力于推动管理创新,如中国石油化工集团公司设置了“企业管理现代化创新优秀成果奖”,这也有益于石化企业提升管理效益,而管理创新效率的提升间接推动了绿色创新发展。

第二,外商直接投资、行业结构、市场竞争与绿色创新效率在1%水平上显著正相关,这表明外商直接投资、行业结构、市场竞争对绿色创新效率的影响是正向的。

第三,政府支持力度、环境规制强度与绿色创新效率不存在明显的相关关系。

(二) 政策建议

1. 改善投资环境,合理引进外商直接投资

外商直接投资有利于提升石化企业绿色创新效率,而投资环境优劣是能否成功引进外商投资的重要决定因素之一。一方面,石化企业不仅要持续对基础设施等硬件条件和内部管理等软环境进行改造升级,以吸引外商直接投资,而且要增强企业员工的学习能力,以消化吸收外商的新技术、新知识,提升自身绿色创新效率;另一方面,石化企业需要制定科学的引资政策,吸引外商直接投资,并引导外资企业参与石化行业的绿色创新活动,增强外商直接投资的正向溢出效应,提高石化行业绿色创新效率。同时,地方政府也要积极为企业牵线搭桥,支持辖区内石化企业与

国外企业进行绿色创新项目合作。

2. 加强资金管理, 提高投入产出效率

虽然, 政府投入资金与企业绿色创新效率不存在明显的正相关关系, 但并不意味着石化企业绿色创新可以缺少政府的支持。在“大智移云”快速发展的环境下, 政府管理部门可以建立或者完善管理信息系统平台, 宣传绿色创新资金投入的管理制度与措施, 加强资金监管力度, 确保政府资金安全高效, 避免因信息不对称导致的资源配置效率低下问题, 切实提高石化行业的绿色创新效率。

3. 建立长效机制, 兼顾远期利益与近期利益

保护环境、留住绿水青山是企业应该承担的社会责任。要落实环境规制, 建立健全的环境污染监督机制和公众参与的长效机制。一方面, 要不断培养公众的环保意识与企业的社会责任感, 奖罚分明。另一方面, 在政策实施过程中, 政府和企业都要避免“一刀切”的做法, 要结合具体情况逐步落实环境规制, 引导企业不断改进、逐步规范; 落实环境规制既要考虑环境保护的长远利益, 也要兼顾企业当下的生存困境。当前, 国际贸易环境不佳, 新冠疫情对社会生活普遍产生较大影响, 石化企业也要积极调整行业内部的管理机制, 兼顾国家战略与行业经营发展, 妥善处理经济利益与环境保护之间的矛盾; 加大技术创新力度, 选择环境规制成本较低的新技术、新工艺, 将环境规制融入企业的发展战略之中。

4. 简政放权, 激发绿色创新活力

竞争是激励石化行业绿色创新能力的重要推动力, 对提高石化企业绿色创新效率起显著的促进作用。只有在良好的市场竞争环境下, 政府扶持政策才能发挥应有的作用。因此, 政府要进一步简政放权, 减少干预, 在政策约束框架内破除行政垄断, 给石化企业更自由的发展空间, 促进绿色创新市场竞争, 激发环境技术创新活力, 推动行业绿色创新高质量发展。

5. 提升盈利能力, 为绿色创新打基础

内源融资是绿色创新的重要资金来源, 与企业的盈利能力密切相关。石化企业应注重引进与培养人才, 大力开拓市场, 提高市场占有率, 形成具有自身特色的核心竞争力; 采取多元化经营战略, 持续提高企业的销售收入。不仅如此, 石化企业还要注重技术改造与技术革新, 做好成本控制计划, 采取有效的内部管理措施提升盈利能力, 为提升行业绿色创新效率奠定良好的基础。

本研究的不足在于: 其一, 环境规制政策包括命令控制型、市场激励型、公民自愿型等。本文笼统地讨论了环境规制对石化行业绿色创新效率的影响, 并未分类讨论环境规制政策对石化行业绿色创新效率的影响。未来可以加强不同类型的环境规制政策对石化行业绿色创新效率的影响差异的研究。其二, 本文选取污染指数测度非期望产出, 而国家统计局年鉴中该指标的相关数据只更新至 2015 年, 数据稍显陈旧。未来的研究要增大数据的时间跨度, 使实证结果说服力更强。

参考文献:

- [1] 张钢, 张小军. 绿色创新研究的几个基本问题 [J]. 中国科技论坛, 2013 (4): 12-15.
- [2] CHEN M, KWON T, CHOI Y, et al. Energy-efficient differentiated directed diffusion (EDDD) in wireless sensor networks [J]. Computer communications, 2006, 29 (2): 231-245.
- [3] LIN C P, TSENG J M. Green technology for improving process manufacturing design and storage management of organic peroxide [J]. Chemical engineering journal, 2012, 180: 284-292.

- [4] WEBER M, DRIESSEN P P J, RUNHAAR H A C. Evaluating environmental policy instruments mixes; a methodology illustrated by noise policy in the Netherlands [J]. Journal of environmental planning and management, 2014, 57 (9): 1381-1397.
- [5] 华振. 我国绿色创新能力评价及其影响因素的实证分析: 基于 DEA-Malmquist 生产率指数分析法 [J]. 技术经济, 2011, 30 (9): 36-41.
- [6] 韩晶. 中国区域绿色创新效率研究 [J]. 财经问题研究, 2012 (11): 130-137.
- [7] 冯志军. 中国工业企业绿色创新效率研究 [J]. 中国科技论坛, 2013 (2): 82-88.
- [8] MANDAL S K. Do undesirable output and environmental regulation matter in energy efficiency analysis? evidence from indian cement industry [J]. Energy policy, 2010, 38 (10): 6076-6083.
- [9] GUO X, ZHU L, FAN Y, et al. Evaluation of potential reductions in carbon emissions in Chinese provinces based on environmental DEA [J]. Energy policy, 2011, 39 (5): 2352-2360.
- [10] 牛彤, 彭树远, 牛冲槐, 等. 基于 SBM-DEA 四阶段方法的山西省工业企业绿色创新效率研究 [J]. 科技管理研究, 2015, 35 (10): 244-249.
- [11] 龚新蜀, 李梦洁, 张洪振. OFDI 是否提升了中国的工业绿色创新效率: 基于集聚经济效益的实证研究 [J]. 国际贸易问题, 2017 (11): 127-137.
- [12] 曾冰. 我国省际绿色创新效率的影响因素及空间溢出效应 [J]. 当代经济管理, 2018, 40 (12): 59-63.
- [13] 王卫星, 朱学义. 中国石化行业驱动发展能力研究 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2017.
- [14] TONE K. A slacks-based measure of super-efficiency in data envelopment analysis [J]. European journal of operational research, 2002, 143 (1): 32-41.
- [15] 韩晶, 陈超凡, 冯科. 环境规制促进产业升级了吗?: 基于产业技术复杂度的视角 [J]. 北京师范大学学报(社会科学版), 2014 (1): 148-160.
- [16] 姜国刚, 陈思文, 左鹏. 困境·趋势·对策: 江苏石化产业高质量发展研究 [J]. 常州大学学报(社会科学版), 2019, 20 (6): 45-52.
- [17] 简兆权, 刘荣. 建设创新型城市的深圳模式研究 [J]. 科技管理研究, 2009, 29 (11): 1-4.
- [18] 周冉冉. 企业 R&D 投入、政府支持及创新效率关系研究: 基于浙江省高新技术企业的经验数据 [J]. 商业会计, 2018 (6): 49-52.
- [19] 毕克新, 杨朝均, 黄平. FDI 对我国制造业绿色工艺创新的影响研究: 基于行业面板数据的实证分析 [J]. 中国软科学, 2011 (9): 172-180.
- [20] YOUNG A. Growth without scale effects [J]. Journal of political economy, 1998, 106 (1): 41-63.
- [21] AITKEN B J, HARRISON A E. Do domestic firms benefit from direct foreign investment? evidence from Venezuela [J]. American economic review, 1999, 89 (3): 605-618.
- [22] 肖远飞, 吴允. FDI、环境规制政策和区域绿色创新效率 [J]. 重庆理工大学学报(社会科学版), 2019, 33 (6): 50-62.
- [23] 邢丽云, 俞会新. 环境规制对企业绿色创新的影响: 基于绿色动态能力的调节作用 [J]. 华东经济管理, 2019, 33 (10): 20-26.
- [24] 张绵纯. 上市高新技术企业研发费用规模影响因素分析 [J]. 财会通讯, 2011 (17): 25-27.
- [25] 白旭云, 由丽萍, 徐枫巍. 中小企业盈利能力与 R&D 投入关系实证研究: 基于深市制造业上市公司的数据分析 [J]. 科技进步与对策, 2012, 29 (24): 104-107.
- [26] 李廉水, 张芊芊, 王常凯. 中国制造业科技创新能力驱动因素研究 [J]. 科研管理, 2015, 36 (10): 169-176.
- [27] 栗进, 宋正刚. 科技型中小企业技术创新的关键驱动因素研究: 基于京津 4 家企业的一项探索性分析 [J]. 科学学与科学技术管理, 2014, 35 (5): 156-163.
- [28] 冯宗宪, 王青, 侯晓辉. 政府投入、市场化程度与中国工业企业的技术创新效率 [J]. 数量经济技术经济研究, 2011, 28 (4): 3-17, 33.
- [29] 黄基伟, 于中鑫. 开放经济下我国技术创新能力的影响因素研究: 基于我国 30 省际面板数据的实证分析 [J]. 国际商务(对外经济贸易大学学报), 2011 (2): 14-20.

On the Green Innovation Efficiency and Its Influencing Factors in Petrochemical Industry

Wang Weixing, Wang Yaping

Abstract: As a pillar industry for the economic development, the petrochemical industry is gradually shifting from factor-and-resource driven to innovation-driven development. Green innovation-driven development is not only a requirement for the Chinese high-quality economic development, but also an inevitable choice for the transformation and upgrading of the petrochemical industry. Studying the green innovation efficiency and its influencing factors is beneficial to the green, innovative and sustainable development of the petrochemical industry. This article takes five representative industrial categories as samples, analyzes the green innovation efficiency data of the petrochemical industry from 2011 to 2015 by the use of the Super-SBM model and explores the influencing factors of the green innovation efficiency of the petrochemical industry with the OLS regression model. It is found that the efficiency of the oil and gas extraction industry is low, which is below 1 while that of other categories is stable; the foreign direct investment, market competition, profitability and green innovation efficiency are significantly positively related while the environmental regulations and government support fail to pass the significance test.

Keywords: the petrochemical industry; the green innovation efficiency; Super-SBM

(收稿日期: 2020-02-11; 责任编辑: 沈秀)