

中国省际绿色创新效率与系统协调度双演化研究

张逸昕^{1,2}, 林秀梅¹

(1. 吉林大学 商学院, 长春 130012; 2. 黑龙江科技大学, 哈尔滨 150027)

摘要:运用非期望产出的 SUPER-SBM 模型和 MALMQUIST 指数法, 从内部协同适配的视角, 从静态动态两个方面, 分析比较中国 30 个省际区域的绿色创新效率水平, 研究结果表明: 省际绿色创新效率与系统协调度之间具有某种程度的一致性; 中国三大区域绿色创新水平呈现自东向西“梯度递减”的趋势, 东部地区在两类排名上均具有比较优势, 但落后省份也有望在薄弱环节加速赶超。

关键词:绿色创新; 创新效率; SUPER-SBM 模型; 3E 系统协调度; 协同演化

中图分类号:F061.3 **文献标识码:**A **文章编号:**1005-2674(2015)03-051-06

一、引言

当前, 全球环境问题已成为国际社会关注的焦点。后工业时代以来, 能源供给短缺和日益严重的环境污染已经成为我国经济实现新一轮高速增长的瓶颈。创新是经济发展的灵魂, 绿色思想蕴含了当今社会资源节约、永续发展的要求, 因而, 绿色创新就成为理想经济体在环境规制日益严格条件下争取市场地位、赢得竞争优势的必然选择。基于此背景, 对中国省际区域绿色创新效率及其协调性进行客观的评价有着重要的理论和现实意义。

自 Brawn 和 Wield 首次提出“绿色技术”以来, 学界对经济体如何减少对环境的消极影响的关注从未间断。2005 年以来, 绿色创新和生态创新的概念开始日益出现在科学杂志上。绿色创新是一种以能源节约、环境优化、经济发展为核心的发展理念, 与循环经济、绿色发展、低碳经济、生态创新等概念具有相近性。到目前为止, 学术界还没有给出一个能被广为接受的绿色创新的定义,^[1] 学者们对绿色创新的理解也没有形成一个统一的认识。不同学者出于自身不同的研究视角, 尝试性地对绿色创新进行了界定。Beise 和 Rennings^[2] 把绿色创新定义为, 为了避免和降低环境损害, 经济组织采用新的或改良的流程、技术、系统和产品, 这是基于“环境影响降低”角度的界定。经济合作和发展组织^[3] 把绿色创新界定为, 凡能引起环境改进的产品、流程、营销方式、组织结构以及制度安排等的创造和实施行为均为绿色创新, 这是从“环境绩效改进”角度的判断。基于已有文献启发, 参考应瑞瑶^[4] 的观点, 本文认为一切能够促使能源-经济-环境系统协调互动发展的创造性活动都可称之为绿色创新, 其结果都将体现为有助于节能减排的技术进步。

当前我国绿色创新研究正处于起步阶段, 已有学者就针对绿色创新的驱动要素、影响机理等进行了初步

收稿日期: 2014-12-26

定稿日期: 2015-01-06

基金项目: 黑龙江省哲学社会科学规划项目(13C051); 国家社科基金项目(13BJY059); 全国统计科研计划重点项目(2011LZ048)

作者简介: 张逸昕(1975-), 女, 江苏淮安人, 吉林大学商学院博士后流动站研究人员, 黑龙江科技大学副教授, 硕士生导师, 主要从事区域可持续发展与协同创新研究; 林秀梅(1956-), 女, 吉林临江人, 吉林大学商学院教授, 博士生导师, 主要从事统计方法与计量经济方法的应用研究。

研究。^[5]但如何对绿色创新的效率效果施以合理评估,沿用以往测度“传统创新”的方法是否有效等问题研究不够深入。应该说,国内学者对“绿色创新效率”的测量目前处于尝试期,对创新成果的计量大多基于企业层面。例如,童昕以 2004 年经济普查企业数据库为基础,针对施查企业度量了其绿色创新水平;^[6]冯志军以规模以上工业企业为样本,比较分析了中国 30 个省级区域规模以上工业企业的绿色创新效率。^[7]总体看来,学界已经初步建立了对微观层面绿色创新绩效的度量方法,但是对地区、行业乃至国家层面的绿色创新水平的度量明显不足。通过对绿色创新相关研究的检索发现,在可查到的关于省际区域绿色创新效率的评价中,周力^[8]和韩晶^[9]分别运用 DEA 和 malmquist 指数法对省际绿色创新效率进行了测评。但其中存在的不足是,对创新效率的分析变量较少,仅在传统创新模型的基础上,增加了能源最终消费量和三废排放中某一个指标的经济表征。本文基于绿色创新的本质内涵,通过引入环保产业产值、综合能耗产出率等多个经济变量,来实现对省际区域绿色创新效率的全面表征,并试图将环境科学 3E 系统协调度引入对省际区域绿色创新水平的评价中,尝试从双演化的视角对绿色创新效率进行交叉适配度的探测。

二、省际区域绿色创新效率的静态测算

1. 模型说明

(1) 考虑非期望产出的静态 SUPER-SBM 模型。传统的 DEA 模型假设所有产出均为期望产出,但现实生产过程中某些产出却并不具备这样的特征,减少产出才有利于实现最佳经济效率,这样的产出被称为“非期望产出”。对于“非期望产出”,通常有三种处理方法:一是把非期望产出作为投入进行处理;二是 Zhu 和 Scheel 等人^[10]提出的倒数转换的办法;三是 Seiford 和 Zhu^[11]等人的通过对非期望产出乘以 -1,然后通过一个转换向量使所有负的非期望产出转变成正值的做法。这几种处理方法在直观经济学意义上都有悖于实际生产过程。为了克服现有模型的缺陷,Tone 提出了基于非期望产出的非径向非角度 SBM 模型,通过把松弛变量直接放入目标函数中,来解决投入产出的松弛性问题,这同时也解决了非期望产出存在下的效率评价问题。^[12]但其中还存在的一个问题是,无法比较经济效率值等于 1 的有效单元之间的效率差异。为解决此问题,笔者认为可以通过引入超效率模型,重新计算有效单元之间的生产前沿,使它们之间的效率评比成为可能。本文借鉴 Li Hong 等^[13]¹²⁵的方法,将非期望产出放入超效率 SBM 模型中,以解决资源约束和非期望产出下有效单元之间的效率比较问题。

将非期望产出放入超效率 SBM 模型中得到生产可能性集合为:

$$P\{(\bar{x}, \bar{y}^g, \bar{y}^b) \mid \bar{x} \geq \sum_{j=1, j \neq j_0}^n \lambda_j x_j; \bar{y}^g \leq \sum_{j=1, j \neq j_0}^n \lambda_j y_j^g; \bar{y}^b \geq \sum_{j=1, j \neq j_0}^n \lambda_j y_j^b; \bar{y}^g \geq 0, \lambda \geq 0\}$$

考虑非期望产出的超效率 SBM 模型如下:

$$\tau^* = \min \frac{\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \frac{\bar{x}_i}{x_{i0}}}{\frac{1}{s_1 + s_2} \left(\sum_{r=1}^{s_1} \frac{\bar{y}_r^g}{y_{r0}^g} + \sum_{r=1}^{s_2} \frac{\bar{y}_r^b}{y_{r0}^b} \right)}$$

$$s. t. \begin{cases} \bar{y}^g \leq \sum_{j=1, j \neq j_0}^n \lambda_j y_j^g \\ \bar{y}^b \geq \sum_{j=1, j \neq j_0}^n \lambda_j y_j^b \\ \bar{x} \geq x_0, \bar{y}^g \leq y_0^g, \bar{y}^b \geq y_0^b, \lambda \geq 0 \end{cases}$$

其中, λ 是权重向量。目标函数 τ^* 的值不小于 1, 且 τ^* 越大表明该单元越有效率。

(2) 动态 Malmquist 指数分析。上文模型所测得的绿色创新效率为静态相对有效性测度, 较适合用于各省区间的横向比较, 但不利于从时间上进行纵向对比。这里通过引入 Malmquist 指数计算来实现对动态效

率变动的考察。设 (x_t, y_t) 和 (x_{t+1}, y_{t+1}) 分别表示 t 期和 $t+1$ 期的投入产出关系,投入产出关系从 (x_t, y_t) 向 (x_{t+1}, y_{t+1}) 变化即为生产率变化,生产率变化不仅来自技术水平变化 *techch*,还来自效率变化 *effch*。 $D_0^t(x^t, y^t)$ 、 $D_0^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})$ 为距离函数,基于 t 和 $t+1$ 期参照技术的 Malmquist 生产率指数为:

$$M(x^t, y^t, x^{t+1}, y^{t+1}) = (M_t \times M_{t+1})^{1/2} = \left[\frac{D_0^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_0^t(x^t, y^t)} \frac{D_0^{t+1}(x^t, y^t)}{D_0^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})} \right]$$

2. 投入产出变量说明

绿色创新旨在节能降耗、减少污染和不断取得经济增长的创新,对绿色创新的效率评价应体现此特征。依据学界对绿色创新效率测度方面的相关研究,在投入表征方面,考虑资本、劳动、能源三种要素投入,选用研发经费投入、研发人员全时当量和能源终端消费量作为衡量绿色创新效率的投入变量。在绿色创新的产出度量上,节能降耗(资源效益)用综合能耗产出率表征。经济增长(经济效益)选取专利申请授权数作为衡量绿色创新潜在市场收益和价值实现的指标。但由于专利不能准确反映创新成果的转化能力,因此,同时采用“新产品销售收入”作为衡量绿色创新带来经济效益的评价指标。绿色环保(环境效益)维度,选用环保产业产值作为期望产出,废水排放量、废气排放量、固体废物排放量作为非期望产出。实行绿色创新,其理想的结果就是产生资源效益、经济效益和环境效益三方面的综合效益。

3. 实证演算与结果分析

以2008~2012年为考察区间,以除西藏外(西藏统计数据缺失较多)的中国境内30个省、自治区和直辖市为样本空间,得到面板数据集为包含30个截面单位10个评价变量在内的5年期间时间序列,样本观察值共1500个。考虑到数据指标公信力、获取口径一致及系统覆盖原则,选取2009~2013年度《中国统计年鉴》、《中国科技统计年鉴》和《中国能源统计年鉴》作为基础数据源。另外的环保产业产值数据来自环保部所属统计机构,并经推算处理。综合能耗产出率取单位GDP能耗的倒数。

由于SUPER模型将所有有效决策单元重新进行递移推算,所以,本文测算结果中前沿面上的效率值高于传统模型的运行结果,且相对有效与非有效间分异较大。相对传统模型,SUPER模型细化了决策单元间投入产出相对效率的区分度量。测度结果如表1所示。

(1)大区维度分析。由表1可见,2008~2012年间,中国绿色创新效率的总体水平保持了缓慢的上升趋势,由0.512上升至0.542。其中三大区域在绿色创新效率水平上存在明显差异。东部地区(除河北外)绿色创新效率值普遍较高,其平均值一直高于全国平均水平;中部地区虽创新效率值偏低,但近几年增速迅猛,可以预见其未来发展弹性空间很大;西部地区在绿色创新效率上基本处于停滞状态,其评价价值和排名一直处于同一水平线上下波动。如除去重庆,则其得分垫底,说明尽管西部地区非期望性质的污染排放相对较少,但其创新能力与其低排放同样处于较低层次水平。可见,三大地域自东向西呈现出较明显的“梯度递减”趋势。这一测度结果在某种程度上验证了绿色创新效率与区域经济水平之间存在的因果关系。即绿色创新作为一项具有巨大社会效益的正向外外部性很强的行为,受到供给(技术能力等)、需求(预期市场需求等)以及政策规制的影响,并与一个地区的经济水平正相关,具体表现为:经济水平占先地区的政府一般制定更为严格的环保政策及给予企业更多的绿色创新资金支持;公众对绿色产品特别是绿色创新产品具有更强诉求;相关企业具有更强的创新能力特别是绿色创新能力。^[7]另外,相较于2008年,三大区域间绿色创新效率的差异在波动中有收缩趋势,呈现出一定程度上的“收敛”态势。

(2)省级维度分析。从各省份效率排名看,海南排名第一,这与其具有相对宽松的资源环境承载空间以及相对欠发达的工业经济存在密切关系。但配合表1中Malmquist技术进步指数分析,其绿色创新技术进步速率小于1,说明其绿色创新的高效率值主要来源于特殊地理位置,及地区经济发展战略所带来的环保性,而非技术进步。吉林省由于在环保产业产值等期望产出和三废排放等非期望产出上的占优表现,超越经济发达省份,稳居排名第二的位置。但Malmquist指数也显示其绿色创新技术进步增速放缓,后续发展路径可能缺乏状态跃迁动力。东北板块中的辽宁,虽资源配置效率持续走低,但其Malmquist指数偏高,说明其技

术前沿面移动较大,后续发展值得关注。而对排名靠后的河北、内蒙古、山西、陕西等省份,通过观察其各指标得分,发现这类省份的创新投入基础薄弱,创新产出水平偏低。此类省份均为传统产业比重较大省份,经济发展伴随较多环境污染,能源消耗的路径依赖严重,因而在效率评价中处于劣势。

表 1 2008~2012 年各省(区、市)绿色创新效率及创新 3E 系统协调度

	2008	2009	2010	2011	2012	效率平均值	Malmquist 指数	协调度均值
北 京	1.084(3)	1.082(4)	1.086(4)	1.103(6)	1.116(5)	1.094(3)	1.151(6)	0.642(3)
天 津	1.026(10)	1.022(7)	1.012(10)	0.576(12)	1.008(12)	0.929(8)	0.981(16)	0.408(7)
河 北	0.025(30)	0.019(30)	0.0167(30)	0.025(29)	0.027(28)	0.023(30)	0.985(15)	0.228(21)
上 海	1.039(8)	1.070(5)	1.106(2)	1.103(5)	1.090(6)	1.082(5)	1.187(5)	0.582(5)
江 苏	1.062(4)	1.057(6)	1.061(7)	1.119(3)	1.132(4)	1.086(4)	1.787(3)	0.696(2)
浙 江	1.116(2)	1.103(3)	1.063(6)	1.051(8)	1.058(7)	1.078(6)	1.627(4)	0.622(4)
福 建	1.008(11)	1.003(11)	0.096(18)	0.231(13)	0.179(14)	0.504(13)	1.043(11)	0.380(9)
山 东	0.165(15)	1.021(8)	1.023(9)	1.006(11)	1.014(9)	0.846(10)	1.870(2)	0.514(6)
广 东	1.059(5)	1.016(9)	1.040(8)	1.008(10)	0.571(13)	0.939(7)	1.997(1)	0.726(1)
海 南	2.963(1)	2.707(1)	2.833(1)	2.362(1)	2.379(1)	2.649(1)	0.724(29)	0.085(28)
东部平均	1.055	1.110	1.034	0.958	0.958	1.023	1.335	0.488
山 西	0.032(29)	0.025(28)	0.020(29)	0.025(28)	0.027(29)	0.026(28)	0.929(20)	0.200(22)
安 徽	0.250(12)	0.173(15)	0.136(13)	0.172(15)	0.153(16)	0.177(16)	1.050(10)	0.348(13)
江 西	0.088(19)	0.103(18)	1.003(12)	1.012(9)	1.010(10)	0.643(12)	0.936(19)	0.267(18)
河 南	0.062(22)	0.057(24)	0.047(24)	0.056(26)	0.050(26)	0.054(25)	1.025(12)	0.349(12)
湖 北	0.120(17)	0.134(17)	0.121(15)	0.141(17)	0.152(17)	0.134(18)	1.054(8)	0.384(8)
湖 南	0.114(18)	0.155(16)	0.110(16)	0.195(14)	1.009(11)	0.317(15)	1.055(7)	0.360(11)
中部平均	0.111	0.108	0.239	0.267	0.401	0.225	1.008	0.318
内 蒙 古	0.034(28)	0.024(29)	0.023(28)	0.024(30)	0.027(30)	0.026(29)	0.883(22)	0.182(23)
广 西	0.084(20)	0.073(22)	0.073(21)	0.140(18)	0.121(18)	0.098(20)	0.951(17)	0.233(20)
重 庆	1.034(9)	0.310(12)	1.080(5)	1.058(7)	1.028(8)	0.902(9)	0.997(14)	0.300(16)
四 川	0.059(23)	0.082(21)	0.057(23)	0.069(23)	0.070(23)	0.067(22)	1.005(13)	0.365(10)
贵 州	1.048(6)	1.012(10)	0.095(19)	0.119(19)	0.110(19)	0.477(14)	0.850(25)	0.132(26)
云 南	0.057(25)	0.049(25)	0.044(27)	0.046(27)	0.046(27)	0.048(26)	0.881(23)	0.176(24)
陕 西	0.038(27)	0.045(27)	0.047(26)	0.059(24)	0.053(25)	0.048(27)	0.947(18)	0.310(15)
甘 肃	0.079(21)	0.083(20)	0.087(20)	0.094(21)	0.087(21)	0.086(21)	0.882(23)	0.152(25)
青 海	0.223(13)	0.259(13)	1.002(11)	1.106(4)	1.188(2)	0.756(11)	0.324(30)	0.021(30)
宁 夏	0.179(14)	0.211(14)	0.129(14)	0.164(16)	0.175(15)	0.1729(17)	0.800(27)	0.053(29)
新 疆	0.137(16)	0.101(19)	0.099(17)	0.095(20)	0.075(22)	0.101(19)	0.820(26)	0.129(27)
西部平均	0.270	0.205	0.249	0.270	0.271	0.253	0.849	0.186
辽 宁	0.056(26)	0.073(23)	0.060(22)	0.058(25)	0.055(24)	0.060(24)	1.051(9)	0.344(14)
吉 林	1.045(7)	1.123(2)	1.099(3)	1.144(2)	1.172(3)	1.117(2)	0.919(21)	0.294(17)
黑 龙 江	0.057(24)	0.047(26)	0.047(25)	0.079(22)	0.090(20)	0.064(23)	0.918(22)	0.264(19)
东北平均	0.386	0.414	0.402	0.427	0.439	0.414	0.963	0.300
全国平均	0.512	0.508	0.524	0.514	0.542	0.520	1.047	0.325

注:括号内为排名次序

三、绿色创新效率与创新系统协调度的双演化分析

上文采用考虑非期望产出的 SUPER-SBM 模型,测度了省际空间绿色创新投入产出的最优次优相对有效性,但仅仅基于 DEA 的相对有效还不能准确诠释绿色创新系统的内涵及特征,投入产出的相对有效并不

意味着绿色创新系统内部的和谐有效运行。本文参考 3E 系统协调度评价的研究方法,^[14]从绿色创新应秉持“资源效益、经济效益、环境效益”相统一的原则出发,将绿色创新系统分解为创新能源子系统(U_1)、创新经济子系统(U_2)和创新环境子系统(U_3),从三者协调适配的角度测量省际区域绿色创新系统的运行绩效,以最终达到从双演化协同的视角进行绿色创新研究的目的。

1. 绿色创新系统协调度的判断

在表征变量方面,选取能源终端消费量、综合能耗产出率作为 U_1 的基础数据来源,选取研发全时当量、研发经费投入、新产品销售收入和专利申请数作为 U_2 的基础数据源,选取环保产业产值、三废(废水、废气、固体废物)排放量作为 U_3 的基础数据源。借鉴陈黎明等^[15]对三类不同协调度模型错判率的研究结论:综合型协调度模型精确度最高。选用综合型模型 $M = (U_1 * U_2 * U_3)^{1/3}$,同时也对比了容量耦合系数模型 $C = 3\{(U_1 * U_2 * U_3)/[(U_1 + U_2)^2(U_2 + U_3)^2(U_1 + U_3)^2]^{1/3}\}$, $D = (C * T)^k$ 的测算结果,结果认为后者的测算结果分辨率较低,大量数据的区分度体现在小数点后 3 位以上,因此本文选用了综合型模型。

由于指标属性不同,采用极差法进行标准化处理,即:对于正向指标, $x_i' = (x_i - x_{\min}) / (x_{\max} - x_{\min})$; 对于逆向指标, $x_i' = (x_{\max} - x_i) / (x_{\max} - x_{\min})$ 。对于适度性指标(能源消费量),由于该指标参照“十二五”规划中提出的 2015 年 40 亿 t 标煤的基准,经对数曲线拟合换算后发现,2008 ~ 2012 发展阶段人均能源消费量尚有上升余量,故将其作为正向指标处理。数据标化处理后,带入功效函数 $U_p = \sum \lambda_i u_i (p = 1, 2, 3)$, 其中 λ_i 由 Delphi 统计专家策略确定。运用 yaahp 对指标权重抽象计算,得 $\lambda_1 = (0.44, 0.56)$, $\lambda_2 = \lambda_3 = (0.182, 0.273, 0.318, 0.227)$, 指标按上文次序排列。最终 3E 协调度模型计算结果如表 1 中最后一列所示。

参考相关学者和国际组织普遍采用的协调度等级划分方法,对比发现,2008 ~ 2012 年度中国多数省域绿色创新 3E 系统协调度均处于勉强协调以下水平(低于 0.5 勉强协调下线的有 24 个省份),说明中国经济在快速增长的进程中不可避免地带来了资源和环境的负效应。从地域分布来看,东部地区(0.488)、中部地区(0.318)、东北地区(0.300)、西部地区(0.186)依次占优,与绿色创新效率排序一样,省际 3E 系统协调度同样表现出了与地域整体发展水平近似吻合的进化趋势。排名前 10 位的省份中,东部占据 8 席,而排名后 10 位的省份中,西部却占据 8 席。说明东部地区在创新系统内部耦合协同上具有较强的比较优势,经济增长所带来的良好效益使其可以更多地关注再发展中的可持续问题,从而把更多的资金投入资源环境系统的改善中去,而西部地区在当前阶段绿色创新系统整体的协调发展能力还比较薄弱。

2. 创新效率与创新系统协调度的适配度分析

对照表 1 的最后三列,研究发现,绿色创新投入产出效率排序与创新 3E 系统协调度排序近似同步,大多数省份的位次差异较小(在 4 位以内)。从双演化角度评判,东部地区(除海南、河北外)无论在创新效率水平,还是在创新系统内部协同度上均表现出明显的领先优势,这与经济先行省份在经济发展中后期对绿色节能环保因素的格外关注关系密切;而西部地区处于排名双垫底的位置,也与西部地区未充分利用环境承载空间优势,按照集约化路径加速发展存在一定发展应因。这里需要说明的是,位次差异较大的省份中,海南省在绿色创新效率方面排名第 1,而在创新协同度上仅排名第 28 位。分析发现,其协同度排名滞后的原因在于其环境子系统 U_3 得分远高于经济子系统 U_2 得分,子系统间出现了明显的异步。海南投入产出的高效率并不是源自内部要素的匹配协同得当,而是环境层面变量的优异表现所致。这正是本文引入创新系统协调度来配合研究创新效率的原因,创新系统内部协调度可以有效弥补相对效率值在分析中的不足。与海南境况类似的还有宁夏、青海、贵州和新疆四个省份。另一个位次差异较大的省份是河南,其在协同度排名上取得了较为靠前的位置,但其创新效率值却偏低,究其原因,是由于河南绿色创新内部各子系统均处于较低水平, U_1 、 U_2 、 U_3 得分均偏低,因此,最终处在了较低层次的稳态上,属于“均衡的低水平”。与之类似的省份还有陕西和四川。还有一个需要特别说明的是,吉林省虽然其绿色创新效率水平很高,但创新协调度偏低,且有依时序渐趋走低趋势。对比其子系统功效分值,发现其环境(0.853)、经济(0.081)、能源(0.298)系统间严重失调,因此,对吉林省来说,加大绿色创新投入、改善能源结构应为当务之急。

四、结论与对策

在资源紧缺、环境污染日益严重的今天,绿色创新成为代表一个地区持续竞争优势的重要标志。创新效率是衡量区域绿色创新资源配置效果的重要指征,效率值的大小直接反映出各资源配置主体的资源利用效果。本研究以各省级区域为研究蓝本,运用 SUPER-SBM 模型和 Malmquist 指数,比较分析了各省际空间绿色创新的投入产出效率。在此基础上,本文舍弃了已有研究中倾向构造计量经济模型分析影响因素的做法,转而从另一个角度思考,即从绿色创新 3E 系统协同适配的视角分析绿色创新系统的内部平衡稳态情况。结果显示,3E 系统协调度对绿色创新效率水平的研究(传统效率模型方法)起到了补充修正作用,这是对已有绿色创新研究内容的丰富。

从两类排序可以看出,不同发展程度地区对绿色创新可持续发展的关注倾向性有所不同,绿色创新与不同地缘空间的经济基础、增量配置水平及制度观念差异存在一定发展应因,当然这其中更关键的是各省域政府在战略层面的推进部署。未来发展中,对效率占先而协调度靠后的海南、吉林等省份来说,作为经济欠发达省份如在弱项上着力推进,则有望在绿色创新发展中找到契合点,实现效率与协同度的互动协调发展。而对排名双靠后的山西、河北等省份而言,加速科技引领,推进产业绿色升级转型,实为当前经济发展中需格外关注之要务。应该说,影响绿色创新的潜在变量很多,我们既应该从投入产出配置的角度出发,对创新要素进行合理调配,也应该充分注意到其间要素的协调互动,进行统筹规划协同考量,从而推进绿色创新“能源-经济-环境”协调发展,实现资源投入最少、期望产出最多、污染排放最小的最终目的。

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).
- [2] Beise-Zee M, Rennings K. Lead Markets and Regulation: A Framework for Analyzing the International Diffusion of Environmental Innovation[J]. Ecological Economics, 2005, 52(1).
- [3] OECD. Environmental Innovation and Global Markets[M]. Paris: Organization for Economic Cooperation and Development, 2008: 79.
- [4] 应瑞瑶,周力.资源禀赋与绿色创新-从中国省级数据的经验研究看“荷兰病”之破解[J].财经研究,2009,(11).
- [5] 张钢,张小军.企业绿色创新战略的驱动因素:多案例比较研究[J].浙江大学学报(人文社会科学版),2014,(1).
- [6] 童昕.集群中的绿色技术创新扩散研究-以电子制造的无铅化为例[J].中国人口资源与环境,2007,(6).
- [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).
- [8] 周力.中国绿色创新的空间计量经济分析[J].资源科学,2010,(5).
- [9] 韩晶.中国区域绿色创新效率研究[J].财经问题研究,2012,(11).
- [10] Zhu J. Quantitative Models for Performance Evaluation and Benchmarking: Data Envelopment Analysis with Spreadsheets and DEA Excel Solver[M]. Kluwer Academic Publishers, 2003: 130-135.
- [11] Seiford L M, Zhu J. Modeling Undesirable Factors in Efficiency Evaluation[J]. European Journal of Operational Research, 2002, (4).
- [12] Tone K. Dealing with Undesirable Outputs in DEA: A Slacks-based Measure Approach[J]. European Journal of Operational Research, 2004, (143).
- [13] Li H. et al. Regional Environmental Efficiency evaluation in China: Analysis Based on the Super-SBM Model with Undesirable Outputs[J]. Mathematical and Computer Modeling, 2012, (58).
- [14] 姜伟,李萌.低碳经济规划[M].北京:社会科学文献出版社,2011.
- [15] 陈黎明等.3E 系统协调度评价模型应用及其比较研究[J].科技管理研究,(21).

责任编辑:黎贵才