

# 减污降碳协同推进与中国3E绩效

刘华军<sup>1</sup>, 乔列成<sup>2</sup>, 郭立祥<sup>3</sup>

(1. 山东财经大学 经济学院, 山东 济南 250014; 2. 厦门大学 王亚南经济研究院, 福建 厦门 361005;  
3. 东南大学 经济管理学院, 江苏 南京 211189)

**摘要:** 推动减污降碳协同增效必须坚持“绿水青山就是金山银山”理念。文章在数据包络分析框架下, 将大气污染和碳排放纳入3E系统, 提出减污降碳协同推进下3E绩效评价思路, 定量考察了减污降碳协同推进对中国3E系统及子系统绩效的影响。研究表明: 样本考察期内, 减污降碳协同推进推动中国3E系统整体绩效实现年均0.91%的增长, 特别是党的十八大以来, 减污降碳协同推进对于绩效的提升作用更加显著。在3E子系统层面, 减污降碳协同推进有利于经济系统、能源系统和环境系统的绩效提升, 但是能源系统的绩效提升面临更大挑战。文章阐释了“绿水青山就是金山银山”理念在减污降碳协同推进行动中的实践指导意义, 对于“十四五”时期推动全社会保持生态文明建设的战略定力, 进一步深入贯彻落实“绿水青山就是金山银山”理念, 扎实推进减污降碳协同增效具有重要的启示意义。

**关键词:** 减污降碳; 3E系统; 绩效评价; 两山论

**中图分类号:** F062.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-9952(2022)09-0004-15

**DOI:** 10.16538/j.cnki.jfe.20211218.202

## 一、引言

生态文明建设是关乎中华民族永续发展的根本大计。党的十九届六中全会审议通过《中共中央关于党的百年奋斗重大成就和历史经验的决议》, 强调必须坚持“绿水青山就是金山银山”理念, 坚持山水林田湖草沙一体化保护和系统治理, 像保护眼睛一样保护生态环境, 像对待生命一样对待生态环境, 更加自觉地推进绿色发展、循环发展、低碳发展, 坚持走生产发展、生活富裕、生态良好的文明发展道路。党的十八大以来, 党中央以前所未有的力度抓生态文明建设, 全党全国推动绿色发展的自觉性和主动性显著增强, 美丽中国建设迈出重大步伐, 我国生态环境保护发生历史性、转折性、全局性变化。“十四五”时期, 我国生态文明建设进入以降碳为重点战略方向、推动减污降碳协同增效、促进经济社会发展全面绿色转型、实现生态环境质量改善由量变到质变的关键时期, 同时也面临着碳达峰、碳中和带来的严峻挑战, 深入打好污染防治攻坚战的任务更加艰巨。站在新的历史起点, 必须更加完整、更加准确、更加全面地贯彻“绿水青山就是金山银山”理念, 统筹推进污染治理、生态保护和应对气候变化, 推动减污降碳协同增效, 加快实现经济社会发展的全面绿色转型。

收稿日期: 2021-07-28

基金项目: 国家社会科学基金项目(21BGL003)

作者简介: 刘华军(1979-)(通讯作者), 男, 山东广饶人, 山东财经大学经济学院教授, 博士生导师;

乔列成(1994-), 男, 山东济南人, 厦门大学王亚南经济研究院博士研究生;

郭立祥(1995-), 男, 天津红桥人, 东南大学经济管理学院博士研究生。

“绿水青山就是金山银山”,是新发展理念的重要内容,是习近平生态文明思想的核心内容,为新时代生态文明建设和美丽中国建设提供了基本遵循,拥有持久的生命力和强大的引领力。协同推进减污降碳,必须以“两山”理念为指引,深刻认识并准确把握“两山”理念的精神实质和科学内涵。首先,新发展阶段的发展是高质量发展。推动实现高质量发展,不是简单地以GDP论英雄,而是强调以提高经济质量和效益为立足点。在新发展阶段,既要绿水青山,又要金山银山,而且绿水青山就是金山银山。减污降碳协同推进在促进创新、节约资源等方面有诸多益处,要从系统、整体的角度看待减污降碳协同推进对于实现经济社会发展全面绿色转型的重大意义。其次,绿色发展是推动高质量发展的题中之义。绿色发展注重实现经济建设、资源供给、环境保护等多方面协调发展。就减污降碳对经济社会的影响而言,涉及多个系统、涵盖多个部门,不能只盯着经济发展这个小账,而是要兼顾能源绩效、环境绩效,算好生态文明建设全局的大账、整体账、长远账。最后,绿色低碳发展必须处理好短期和中长期的关系。实现碳达峰、碳中和是一场广泛而深刻的经济社会系统性变革,尽管短期内将不可避免地经历阵痛,但从长期来看这是经济社会发展绿色转型的必然过程。绿色低碳发展不仅是历史发展的大趋势,也是时代的要求、前进的方向。虽有智慧,不如乘势。面对新的历史任务,必须顺应历史潮流,积极应变、主动求变,以最小的成本实现成功的转型和未来更好的发展;若不能顺应时代的潮流,即使得到金山银山,也是不可持续的金山银山,坐等观望,等到的只有更高的转型成本和未来更难的发展。

3E(*Energy-Environment-Economy*)系统是能源、环境和经济子系统在互相作用、互相渗透、互相联系下形成的结构和功能相统一的动态复杂系统(兰天阳,2016)。从系统论角度出发,3E绩效是既能衡量3E系统整体发展水平的动态变动,又可以反映能源、环境和经济三者作为一个有机整体耦合协调程度的经济学概念。相关研究将环境约束引入3E系统,并通过比较引入环境约束后绩效水平的变化来判断环境污染治理对绩效的影响。目前存在以下三种观点:第一种观点认为环境污染治理会对经济绩效造成损失(Watanabe和Tanaka,2007;陈诗一,2010;Xia和Xu,2020),即生态环境保护占用了原本用于生产的资源,从而降低经济绩效,并且生产过程采用不环保的技术,由此产生的污染排放造成大量的外部成本。第二种观点则认为考虑环境因素会提高经济绩效(王兵等,2010;黄清煌和高明,2016;Meng和Qu,2022),并且运用“波特假说”来解释考虑环境约束后的绩效提升。第三种观点认为环境治理对绩效的影响存在时效性,短期为正向推动作用,长期则表现出显著的负向影响(黄庆华等,2018;金刚和沈坤荣,2018)。上述研究的时代背景不同,指标选取和模型选取上也各具特点,因此在研究结论上存在明显差异。

为了深刻阐释减污降碳协同推进行动所体现的“绿水青山就是金山银山”理念的精神实质和科学内涵,从绩效视角展示党的十八大以来我国污染治理和碳排放控制方面取得的显著成效,本文将减污降碳纳入3E绩效研究框架,将绩效研究从3E系统层面延伸至子系统及分项指标层面,通过时间、空间、子系统等多维度的比较分析,揭示减污降碳协同推进产生的绩效影响。研究发现:在3E系统维度上,一方面,“绿水青山就是金山银山”理念在全国各地区都具有普遍性的实践指导意义,减污降碳协同推进能够显著提升绩效水平;另一方面,减污降碳协同推进对于绩效的推动作用具有明显的阶段性特征和空间异质性特征,党的十八大以来协同推进行动产生的绩效优势显著增强,并且在西部地区更为明显。在3E子系统维度上,减污降碳协同推进有利于能源系统、环境系统和经济系统的绩效提升,但是能源系统的绩效提升压力更大,反映出环境约束仍然是我国实现能源高质量发展面临的严峻挑战。

本文的边际贡献在于:在理论层面,立足新时代我国生态文明建设实践,首次将减污降碳协同推进纳入3E绩效研究框架,深化了“绿水青山就是金山银山”理念在减污降碳协同推进中的

实践指导意义,丰富了减污降碳协同控制的理论研究体系。在方法层面,充分发挥卢恩伯格(Luenberger)生产率指数的可加性特征,在识别分项指标绩效的基础上,提出能源、环境和经济子系统绩效的计算思路。在视角层面,将绩效考察从 3E 系统延伸至子系统和分项指标层面,形成了生态文明系统观下 3E 绩效研究的完整链条,实现了绩效评价在 3E 系统、子系统、分项指标三个层面的有机统一。总之,本文从绩效角度真实立体地展示党的十八大以来我国生态文明建设所取得的伟大成就,深化了对“绿水青山就是金山银山”理念的认识,有助于推动全社会凝聚共识、全力实现减污降碳协同增效。

## 二、模型与数据

### (一)模型设定

作为一种数据驱动的效率和生产率评价方法,DEA 能够模拟多投入、多产出的生产过程,可以对生产率进行分解,特别是在资源环境约束的处理上具有明显优势,为考察减污降碳协同推进对 3E 绩效的影响提供了方法论支撑。结合研究目的,本文将基于松弛测度的方向性距离函数(SBM-DDF)模型与 Luenberger 生产率指数相结合,科学测度减污降碳协同推进下中国的 3E 绩效水平,并将 3E 整体绩效分解至子系统层面。

1. 绩效评价模型的选择。参考 Fukuyama 和 Weber(2009)的研究,本文在 CRS 假设下构造考虑非期望产出的 SBM-DDF 模型。该模型是一种非径向、非角度的 DEA 模型,不仅能够使投入和产出按照不同的比例进行缩减或扩张,还可以将资源环境约束纳入到效率测度模型中,提高了测度的准确性,使得效率测度模型涵盖了非期望产出因素。 $t$  时期决策单元  $DMU_o$  在全局基准技术下的 SBM-DDF 模型如公式(1)所示:

$$\begin{aligned} \bar{S}(x_o^t, y_o^t, b_o^t; g^x, g^y, g^b) = \max_{s^x, s^y, s^b, \lambda} & \frac{1}{2} \left[ \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N \frac{s_{no}^x}{g_n^x} + \frac{1}{M+Q} \left( \sum_{m=1}^M \frac{s_{mo}^y}{g_m^y} + \sum_{q=1}^Q \frac{s_{qo}^b}{g_q^b} \right) \right] \\ \text{s.t.} \quad & x_{no}^t = \sum_{i=1}^T \sum_{k=1}^K \lambda_k^i x_{nk}^i + s_{no}^x, \forall n; \\ & y_{mo}^t = \sum_{i=1}^T \sum_{k=1}^K \lambda_k^i y_{mk}^i - s_{mo}^y, \forall m; \\ & b_{qo}^t = \sum_{i=1}^T \sum_{k=1}^K \lambda_k^i b_{qk}^i + s_{qo}^b, \forall q; \\ & s_{no}^x \geq 0, s_{mo}^y \geq 0, s_{qo}^b \geq 0, \lambda_k^i \geq 0. \end{aligned} \tag{1}$$

其中,  $\bar{S}(\cdot)$  表示全局基准技术下  $DMU_o$  的无效率值,取值范围为  $[0,1]$ 。 $(x_o^t, y_o^t, b_o^t)$  代表  $DMU_o$  在  $t$  时期的投入产出向量,  $(g^x, g^y, g^b)$  代表  $DMU_o$  的投入缩减、期望产出增加以及非期望产出缩减的取值为正的方向向量。 $g_n^x$ 、 $g_m^y$  和  $g_q^b$  分别为  $DMU_o$  中的第  $n$  种要素投入、第  $m$  种期望产出和第  $q$  种非期望产出的实际值; $s_{no}^x$ 、 $s_{mo}^y$  和  $s_{qo}^b$  分别为  $DMU_o$  中的第  $n$  种要素投入、第  $m$  种期望产出和第  $q$  种非期望产出的松弛变量,当  $s_{no}^x$ 、 $s_{mo}^y$  和  $s_{qo}^b$  为正时,表示存在投入冗余和产出不足。

结合 Cooper 等(2007)的思路,我们以标准化后的松弛比率衡量无效率(IE)水平,并将整体的无效率水平分解至各变量层面,如公式(2)所示:

$$IE = IE_{Energy}^G + IE_{Labour}^G + IE_{Capital}^G + IE_{GDP}^G + IE_{Carbon}^G + IE_{Pollution}^G \tag{2}$$

其中,  $IE_{Energy}^G$ 、 $IE_{Labour}^G$ 、 $IE_{Capital}^G$ 、 $IE_{GDP}^G$ 、 $IE_{Carbon}^G$  和  $IE_{Pollution}^G$  分别代表能源、劳动、资本、GDP、二氧化碳和污染的无效率值。

2. 卢恩伯格生产率指数的构建与分解。卢恩伯格生产率指数具有差分形式的相加结构, 能够对整体绩效进行分解, 可以刻画能源、环境和经济子系统绩效之间内在的逻辑关系。参考 Chamber 等(1996)和 Oh(2010)的全局基准技术思路, 本文构建了全局参比的卢恩伯格生产率指数(L), 计算过程如公式(3)所示:

$$L_t^{t+1} = IE^G(x^t, y^t, b^t; g_x, g_y, g_b) - IE^G(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1}; g_x, g_y, g_b) \quad (3)$$

其中,  $IE^G(x^t, y^t, b^t; g_x, g_y, g_b)$ 和 $IE^G(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1}; g_x, g_y, g_b)$ 分别表示全局参比下第  $t$  期和  $t+1$  期的无效率值。

整体无效率可以表示为各投入产出变量的无效率之和, 因此, 可以发挥卢恩伯格生产率指数的分解优势, 对 3E 绩效进行两个层次的分解, 得到投入产出和子系统两个层面的绩效水平。具体分解思路如图 1 所示:

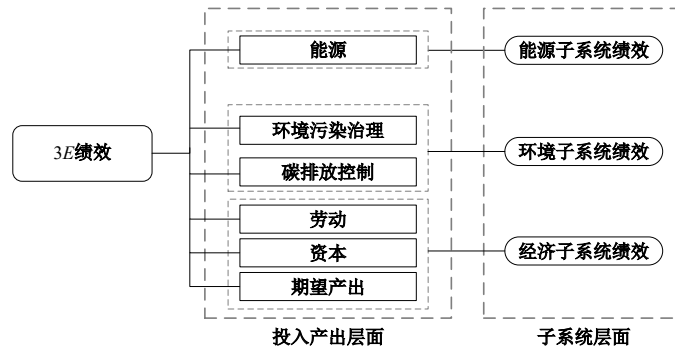


图 1 3E 绩效分解思路

根据上述分解思路, 首先将 3E 绩效分解至投入产出层面, 分解方法如公式(4)所示:

$$L_t^{t+1} = (L_t^{t+1})_{Energy} + (L_t^{t+1})_{Labour} + (L_t^{t+1})_{Capital} + (L_t^{t+1})_{GDP} + (L_t^{t+1})_{Pollution} + (L_t^{t+1})_{Carbon} \quad (4)$$

利用投入产出层面的绩效值, 可以求得能源、环境和经济子系统的绩效, 并进一步将 3E 绩效表示为三大子系统绩效之和。其中, 能源系统只包含能源一种要素投入, 因此能源系统绩效可直接用能源投入的两期无效率之差计算求得; 环境系统绩效由污染和碳排放无效率求得; 经济系统绩效由劳动、资本以及地区生产总值三种投入产出的无效率求得。具体计算过程如下:

$$L_t^{t+1} = (L_t^{t+1})_{Energy} + (L_t^{t+1})_{Environment} + (L_t^{t+1})_{Economy} \quad (5)$$

$$(L_t^{t+1})_{Energy} = IE_{Energy}^G(x^t, y^t, b^t; g_x, g_y, g_b) - IE_{Energy}^G(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1}; g_x, g_y, g_b) \quad (6)$$

$$\begin{aligned} (L_t^{t+1})_{Environment} &= (L_t^{t+1})_{Pollution} + (L_t^{t+1})_{Carbon} \\ &= IE_{Pollution}^G(x^t, y^t, b^t; g_x, g_y, g_b) - IE_{Pollution}^G(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1}; g_x, g_y, g_b) \\ &\quad + IE_{Carbon}^G(x^t, y^t, b^t; g_x, g_y, g_b) - IE_{Carbon}^G(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1}; g_x, g_y, g_b) \end{aligned} \quad (7)$$

$$\begin{aligned} (L_t^{t+1})_{Economy} &= (L_t^{t+1})_{Capital} + (L_t^{t+1})_{Labour} + (L_t^{t+1})_{GDP} \\ &= IE_{Capital}^G(x^t, y^t, b^t; g_x, g_y, g_b) - IE_{Capital}^G(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1}; g_x, g_y, g_b) \\ &\quad + IE_{Labour}^G(x^t, y^t, b^t; g_x, g_y, g_b) - IE_{Labour}^G(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1}; g_x, g_y, g_b) \\ &\quad + IE_{GDP}^G(x^t, y^t, b^t; g_x, g_y, g_b) - IE_{GDP}^G(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1}; g_x, g_y, g_b) \end{aligned} \quad (8)$$

## (二)数据说明

本文的研究样本为中国 30 个省、自治区和直辖市(以下简称为省份), 不包含西藏自治区、香港特别行政区、澳门特别行政区和台湾省。为了研究减污降碳对中国 3E 绩效的影响, 需要将污染控制和碳减排两个关键环境约束纳入到 3E 系统中。为此, 选择能源、资本、劳动作为投入指标, 选择地区生产总值作为期望产出指标, 选择  $PM_{2.5}$  浓度作为污染约束的代理变量, 选择  $CO_2$  排

放量作为碳排放约束的代理变量,从而构建起减污降碳双重约束下中国 3E 绩效测度指标体系。考虑到样本数据的可得性和完整性,本文研究的时间跨度为 2006—2018 年。<sup>①</sup>在数据的来源及处理上,以资本存量表征资本投入,计算方法参照单豪杰(2008),利用永续盘存法进行资本存量估测;以能源消费总量表征能源投入;以三次产业就业人员合计量表征劳动投入;期望产出的代理变量为地区实际生产总值,为消除价格因素影响,以 2006 年为基期进行消胀处理;以细颗粒物( $PM_{2.5}$ )浓度表征大气污染;以  $CO_2$  排放总量表征碳排放水平。投入和期望产出数据来源于《中国统计年鉴》《中国能源统计年鉴》以及各省统计年鉴;此外, $PM_{2.5}$  浓度取自圣路易斯华盛顿大学大气成分分析团队公布的卫星监测数据,<sup>②</sup> $CO_2$  排放总量取自中国碳排放数据库(CEADs)。<sup>③</sup>

### 三、减污降碳与中国 3E 整体绩效

为全面把握减污降碳协同推进对中国 3E 绩效的影响,本部分基于 SBM-DDF 模型与卢恩伯格生产率指数的测算结果,<sup>④</sup>从全国和区域两个层面展开分析,在减污降碳协同推进、单独减污、单独降碳、不考虑环境约束四种情形下刻画了中国 3E 绩效的时序演变情况,<sup>⑤</sup>并以党的十八大为时间节点,对中国 3E 绩效的阶段性变化进行重点考察。

#### (一)减污降碳协同推进与中国 3E 绩效:全时期考察

本部分首先根据各省绩效得分求得全国 3E 绩效的时间序列,以此展示减污降碳协同推进下国家层面 3E 绩效的时序演变特征,并进一步将研究视角延伸至区域层面,描述东部、中部、西部和东北四大区域的 3E 绩效水平。

减污降碳协同推进不仅不会对 3E 绩效造成负面影响,反而能够显著地提升 3E 绩效水平。图 2 报告了全国层面 3E 绩效的测度结果,左侧为四种情形下逐年的时序演变趋势,右侧为据此得到的 3E 绩效均值。样本考察期内,减污降碳协同推进下 3E 绩效最高,能够实现年均 0.91% 的增长;而放松环境约束会明显导致绩效下降,单独减污和单独降碳时绩效年均增长率分别为 0.68% 和 0.91%;当完全不考虑环境约束时,甚至出现了整体绩效的负增长,年均下降 0.91%。加入环境约束要远高于不考虑环境约束的整体绩效,这反映出自然生态的重大价值,体现了保护生态环境就是保护生产力,也再次印证了“绿水青山就是金山银山”理念的科学指导意义。因此,走高质量发展之路,必须坚持环境优先、生态优先,宁要绿水青山不要金山银山,宁可牺牲当下粗放的发展也要努力保护环境、改善生态,努力实现永续发展。

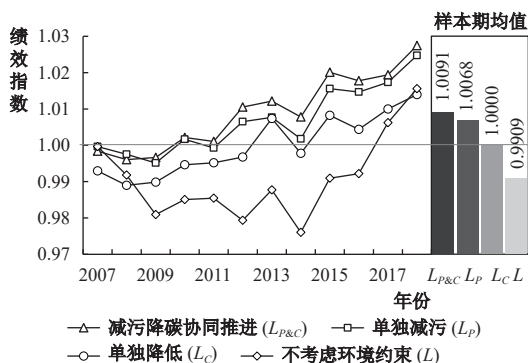


图 2 中国 3E 绩效的时序变化与样本期均值

① 将样本考察期设定为 2006—2018 年,主要基于以下考虑:一是在《国民经济和社会发展第十一个五年规划纲要》中,党和国家历史上第一次将“环境友好型社会”载入经济社会发展文件,这是生态文明建设执政理念的一大突破,为此,本文选择以 2006 年为研究起点;二是将 2018 年设定为样本期终点,既保证了所有投入产出数据均可完整获取,又最大可能地兼顾了本研究的时效性、前沿性。

② 圣路易斯华盛顿大学大气成分分析小组网址: <https://sites.wustl.edu/acag/datasets/surface-pm2-5>。

③ CEADs 网址: <https://www.ceads.net.cn/>。

④ 卢恩伯格生产率指数得到的结果为增长率形式,为便于表述,本文将其转化为指数形式的绩效,绩效指数大于 1 表示生产率增加,绩效指数小于 1 表示生产率下降,绩效指数等于 1 表示生产率不变。

⑤ 严格意义上,当不考虑环境约束时,“3E 绩效”表示的是能源系统和经济系统的整体绩效。

此外,减污降碳协同推进的3E绩效水平要高于单独减污和单独降碳的3E绩效水平,这凸显了减污降碳协同推进行动的重大意义。大气污染和温室气体在化石能源燃烧方面具有高度的同根同源特征,二者的协同减排策略不仅能够有效地节约减排成本,还能够事半功倍地实现温室气体和大气污染物的多重减排目标。上述结论再次证明了生态环境的重要价值,证实了减污降碳协同推进行动的科学性、前瞻性,为新时期全力开展减污降碳协同推进工作提供了理论支撑,为进一步深入贯彻“绿水青山就是金山银山”理念提供了基础。

从时序演变特征来看,中国3E绩效整体呈现出不断上升的趋势,这与刘华军等(2018)、李华和董艳玲(2021)的研究结论相呼应,表明样本考察期内中国经济发展的整体质量和效益持续提升,不断向高质量发展迈进。同时,中国3E绩效呈现出明显的阶段性特征,大致可划分为绩效衰退期和绩效增长期两个阶段。不考虑环境约束时整体绩效衰退期最长,2007—2017年每一年均为负增长,长达十年的持续下降导致3E绩效累计下降13.09%,直到2017年才开始止跌回升,此后两年3E绩效分别增长了0.62%和1.56%。其他三种情形下可以统一划分为2007—2011年的绩效衰退期和2012—2018年的稳步增长期。2012年以前,减污降碳协同推进、单独减污以及单独降碳下的3E绩效累积下降0.57%、0.68%和3.84%,2012年三者同时进入上升通道,3E绩效逐年稳定增长,2018年三种情形下3E绩效分别实现了2.74%、2.47%和1.39%的增长。3E绩效的持续增长,体现出在新发展理念的指引下,中国经济、社会、生态取得全方位的积极进展,表明中国的经济不断向更高质量、更有效率和更可持续的发展方向迈进。

减污降碳协同推进对3E绩效的影响在四大区域都表现为正向的促进作用,但是这种促进作用存在明显的空间分异特征。图3展示了不同情形下四大区域3E绩效的平均水平。首先,四大区域均可总结出“减污降碳协同推进—单独减污—单独降碳—不考虑环境约束”的3E绩效依次递减的一般性特征,这说明生态环境保护对3E绩效的推动作用在四大区域都有明显体现,为减污降碳协同推进在全国范围内的大力开展提供了事实证明。其次,从整体来看,东部地区在四种情形下的3E绩效均处于最高水平,其后为中部地区并略高于东北地区,西部地区最低。这是因为东部地区不仅在经济发展水平上领先其他地区,其经济结构和产业结构的高效化、合理化、高级化进程也更快,而且东部地区在资本和高素质劳动力投入上具有明显优势,能够实现对资源、能源、资金和人力资本更为合理的配置,进一步将经济优势转换为能源结构调整和生态环境保护方面的优势。为此,东部发达地区应充分发挥自身发展优势,在经济社会发展全面绿色转型进程中肩负起排头兵责任,加快产业和能源结构调整步伐,借助技术创新优势,加速打造污染防治和碳减排双轮共驱新模式,实现碳排放率先达峰,为其他地区的绿色低碳转型发挥示范引领作用。最后,也要认识到不同地区的生态环境保护对3E绩效的推动作用存在差异。从减污降碳

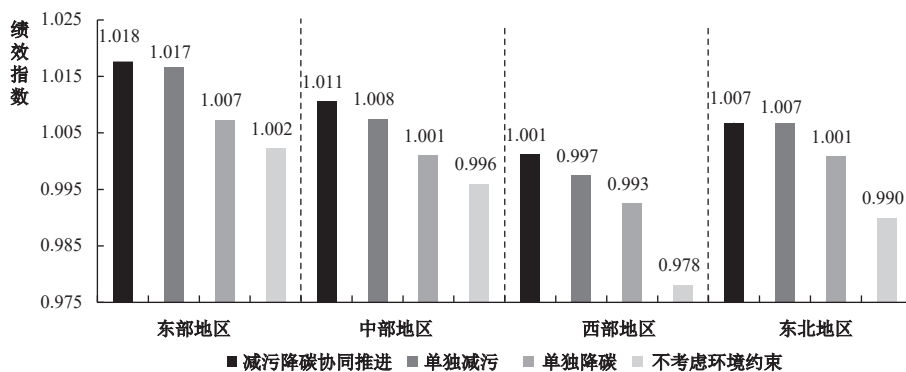


图3 中国四大区域3E绩效

协同推进与不考虑环境约束绩效的差距来看,东部、中部、东北地区这两者之间的差距并不明显,位于1.5%—1.7%区间,而西部地区这两者之差则高达2.3%。这表明西部地区虽然受到资源禀赋和区位因素的限制,整体绩效落后于其他地区,但在生态环境保护方面做出的努力为其实现高质量发展发挥了重要的作用。

### (二)减污降碳协同推进与中国3E绩效:阶段性考察

党的十八大以来,我国的生态文明建设取得了突出进展,不仅体现在四种情形下3E绩效的全面提升,也体现在生态环境保护对3E绩效推动作用的进一步增强。图4刻画了党的十八大前后四种情形下中国3E绩效的平均水平。具体来看,党的十八大之前单独减污、单独降碳、不考虑环境约束时3E绩效均为负增长,仅减污降碳协同推进下的3E绩效实现了正增长。这表明在党的十八大之前的某段时期,中国的生态环境保护工作并没有取得特别突出的进展,反而在某些方面存在明显短板,导致3E绩效下降。而党的十八大以来,除了不考虑环境约束时3E绩效增长为负,其他情形下均实现了正增长,减污降碳协同推进、单独减污、单独降碳以及不考虑环境约束下3E绩效分别比党的十八大之前高出1.66%、1.37%、1.38%和0.78%。3E绩效的全面提升,体现出党的十八大以来能源利用效率、环境保护效率以及经济发展质量方面的全面进步。此外,生态环境保护对3E绩效的提升作用在党的十八大前后也存在明显差异。党的十八大之前,减污降碳协同推进与不考虑环境约束的3E绩效相差1.38%,与单独减污的绩效相差0.09%,而党的十八大以来,上述两种差距分别扩大为2.26%和0.38%。考虑环境约束后3E绩效上升,反映了生态环境保护对3E绩效的推动作用。这体现出党的十八大以来中国在能源利用、环境保护、经济平衡发展和协同进步方面的出色表现,实现了建设资源节约型、环境友好型社会上的长足进步。特别是减污降碳协同推进与单独减污绩效差距的变化,展现出党的十八大以来中国在污染治理方面取得的历史性突出进展,在污染防治攻坚行动的持续开展下,真正实现了天更蓝、山更青、水更绿。

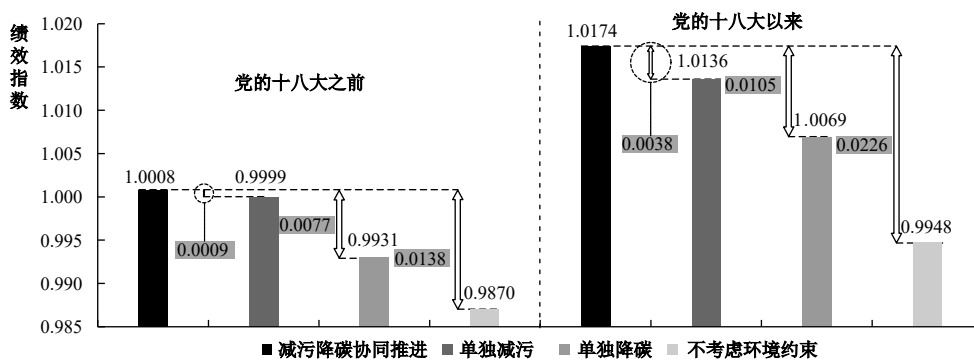


图4 党的十八大前后中国3E绩效对比

在区域层面,东部、中部、西部和东北地区的3E绩效都实现了提升,而且表现出“绩效越低进步越快”的演进态势。以减污降碳协同推进下的3E绩效为例(见表1),党的十八大之前绩效水平由高到低依次为东部、中部、东北和西部地区,而党的十八大以来它们的3E绩效分别上升了1.23%、1.87%、1.16%和2.09%,3E绩效增幅由大到小依次为西部、中部、东部和东北地区。不同区域3E绩效的变化呈现出一定的收敛特征,这主要得益于区域协调发展战略的深入实施。党的十八大以来,中国的区域协调发展进入新的历史阶段,不再单纯强调经济发展水平的协调,而是充分考虑经济发展落后地区的资源禀赋和发展条件,深入挖掘地方发展潜力和发挥比较优势,同时将节约能源资源、生态环境保护放在突出位置,按照人口资源环境相均衡、经济社会生态效益相统一的原则,持续推进国土空间开发格局,推动区域协调发展向更加均衡、更高层次、更高质量迈进。

表 1 党的十八大前后四大区域 3E 绩效对比

区域	减污降碳		单独减污		单独降碳		不考虑环境约束		环保提升绩效		
	前	后	前	后	前	后	前	后	前	后	变化
东部	1.0115	1.0238	1.0107	1.0225	1.0033	1.0113	0.9998	1.0048	0.0117	0.0190	+0.0073
中部	1.0012	1.0199	1.0011	1.0139	0.9938	1.0082	0.9920	1.0000	0.0092	0.0199	+0.0107
西部	0.9908	1.0117	0.9903	1.0047	0.9842	1.0010	0.9773	0.9788	0.0135	0.0329	+0.0194
东北	1.0009	1.0125	0.9973	1.0162	0.9900	1.0118	0.9706	1.0093	0.0303	0.0032	-0.0271

注:“前”“后”分别代表党的十八大之前和党的十八大以来的3E绩效;“环保提升绩效”表示减污降碳协同推进与不考虑环境约束时的绩效差值。

西部和东北地区是 3E 绩效水平提升最快的两个区域,然而,如果从生态环境保护推动 3E 绩效提升的角度分析,党的十八大以来西部地区仍然表现出色,而东北地区则表现出生态环境保护拖累绩效的迹象。对比西部地区减污降碳协同推进与不考虑环境约束时的绩效差距,发现两者的差距从 1.35% 增加至 3.29%,而东北地区两者的绩效差距从 3.03% 下降至 0.32%。对于西部地区,党的十八大提出“优先推进西部大开发”重大战略部署,把西部大开发放在区域发展总体战略的优先位置,此后西部地区开始注重实现开发和生态的动态平衡,通过持续推进退耕还林还草、重点流域水污染防治等重点工程,进一步加大生态转移支付力度,不断完善生态补偿机制,将“绿水青山就是金山银山”理念贯穿于发展的各个环节,实现了经济、社会和生态效益的同步提升。东北地区在整体绩效上有所好转,四种情形下绩效提升幅度分别为 1.16%、1.18%、2.18% 和 3.88%,但由于地域、资源以及发展历史问题等方面的制约,其接续产业发展、资源供需矛盾等问题仍然突出,并且人口、经济与资源和环境承载能力适应匹配程度相对较低,进而在某些层面体现出环境保护与绩效提升之间的失衡。对于西部和东北这些发展水平较为落后的地区,更应该认识到绿水青山所蕴含的巨大生态效益和经济效益,把生态保护好,将生态优势发挥出来,这是它们实现高质量发展的重要途径。

#### 四、减污降碳与 3E 子系统绩效

在 3E 系统框架下开展绩效考察,是从发展、协调、可持续角度探究中国经济发展质量和效益的重要范式,是探寻经济社会复杂系统综合优化路径的有效手段。能源、环境和经济子系统既是相互协调、有机统一的复杂整体,又有着各自的显著特性,存在特殊问题,因此仅从系统整体视角并不足以全面认识中国的 3E 绩效。因此,有必要将研究深入至子系统层面,从相对独立的视角考察三大子系统的绩效水平,<sup>①</sup>并进一步揭示党的十八大前后绩效对比情况,这对推动中国经济高质量发展具有重要的理论和实践意义。

##### (一)全国层面 3E 子系统绩效的整体水平及阶段性特征

在全国层面上,3E 子系统之间的绩效协同提升有待加强。如图 5 所示,从绩效水平来看,能源系统和环境系统的整体绩效相对较高,经济系统相对较低;然而,从不同情形下的绩效对比情况来看,能源系统具有明显区别于环境系统和经济系统的特征。

在环境和经济子系统中,“减污降碳协同推进—单独减污—单独降碳—不考虑环境约束”绩效依次递减的一般性结论仍然成立,统筹推进污染防治和碳减排行动要远高于单独开展污染防治和碳减排行动的绩效水平,特别是在经济子系统中,减污降碳协同推进比不考虑环境约束的

<sup>①</sup> 在本研究中,若同时放松污染和碳排放约束,意味着测度过程完全不考虑生态环境保护对于绩效的影响,这等同于经济系统的绩效,因此本研究不涉及同时放开两种约束的环境系统绩效。



绩效水平高出 1.22%，“抓环境就是抓经济”论断体现得淋漓尽致。然而在能源子系统中，不同情形下的绩效并无明显差异，甚至出现了不考虑环境约束的绩效水平要高于单独降碳的绩效水平。不同情形下的绩效变化，解释了三大子系统整体发展质量和效益对于不同环境控制措施的敏感程度。上述结论反映出中国能源利用与生态环境保护行动的协调程度仍然相对较低，以化石能源为主的能源结构不可持续的特征越发明显。如何在推动能源革命过程中保持与经济增长、生态环境保护的动态平衡，是未来能源领域的一项重点工作。

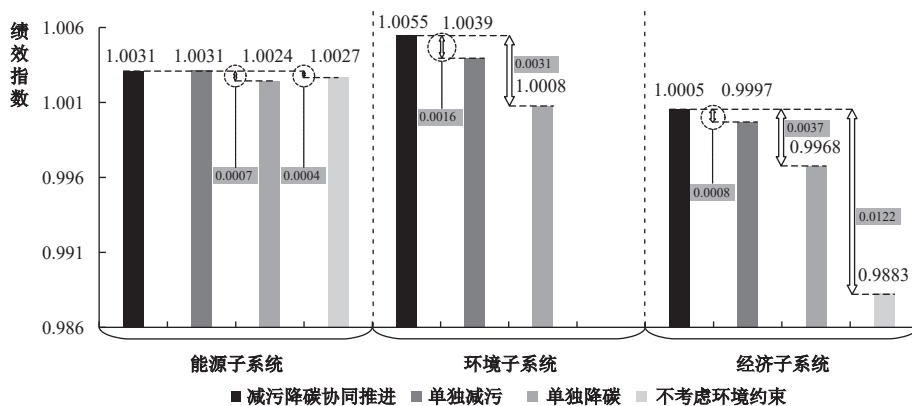


图 5 2006—2018 年中国能源、环境和经济子系统绩效

党的十八大以来，三大子系统绩效均实现了一定程度的提升，其中环境系统的绩效提升幅度最大。如图 6 所示，在环境系统中，减污降碳协同推进、单独减污、单独降碳三种情形下绩效的提升幅度分别为 0.78%、0.47% 和 0.63%。环境系统的出色表现，展现了党的十八大以来中国生态文明建设取得的伟大成就。党的十八大以来，生态文明建设被纳入中国特色社会主义事业“五位一体”总体布局，生态文明体制改革全面深化，思想认识程度之深、环境治理力度之大、环境改善速度之快前所未有，而最为深刻的变革是思想观念的转变，也就是“绿水青山就是金山银山”理念对中国绿色发展之路的指引作用。在“绿水青山就是金山银山”理念的引领下，中国真正实现了生态效益向经济效益的转化，做到了经济社会发展与生态环境保护的协同共进，实现了经济效益、社会效益、环境效益的有机统一。

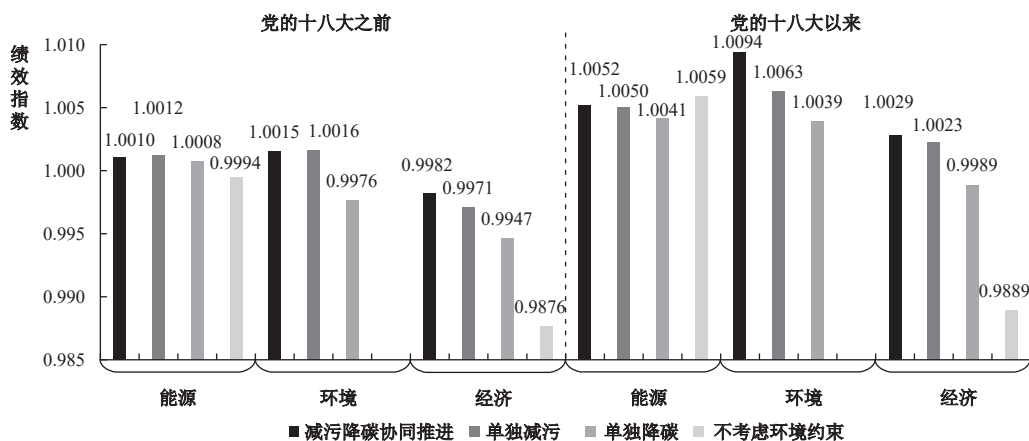


图 6 党的十八大以来前后中国能源、环境和经济子系统绩效对比

就能源系统而言，党的十八大以来其绩效水平大幅提升，但面临的挑战也最为严峻。党的十八大以来，在不考虑环境约束时，能源系统绩效的平均增长率为 0.59%，而减污降碳协同推进、单独减污、单独降碳下绩效的平均增长率分别为 0.52%、0.50% 和 0.41%。目前中国的能源消费还是

以化石能源为主,化石能源燃烧不仅会造成大量的二氧化碳排放,也是 $SO_2$ 、氮氧化物等大气污染物的主要来源,如何缓解能源消耗造成的生态环境压力仍然是中国能源领域实现高质量发展亟需解决的重大现实问题。

## (二) 区域层面 3E 子系统绩效的整体水平及阶段性特征

考察区域层面的 3E 子系统绩效,有助于帮助不同地区充分发挥比较优势、探寻差异化的绩效提升路径。为此,本文分别对四大区域的能源、环境和经济子系统绩效展开分析,结果如表 2 所示。在能源系统中,四大区域的整体绩效都实现了提升,其中东部地区能源系统绩效增长最快,其次为中部地区,东北地区和西部地区处于相对较低水平,这与李兰冰(2015)、关伟和许淑婷(2015)的研究结论一致,即中国的能源绩效呈现“东部—中部—东北—西部”依次递减趋势。东部地区经济实力雄厚,有着优越的技术创新和资本引进环境,这为其能源的高效利用及能源结构升级提供了强大的资金和技术保障;而西部以及东北地区在历史发展过程中扮演着工业制造和能源供应基地的角色,并且大多位于内陆和偏远地区,长期高投入、高排放的粗放发展模式致使这些地区经济发展以能源的大量投入为代价,进而导致能源系统绩效低于其他地区。与党的十八大之前相比,党的十八大以来四大区域的能源系统绩效有了明显提升,以减污降碳协同推进的绩效为例,四大区域的增长幅度分别为 0.27%、0.62%、0.43% 和 0.40%。党的十八大以来,中国始终坚持清洁低碳导向,不断加快能源绿色低碳转型,持续推动能源供给和能源消费革命,实现了能源结构的持续改善和能源效率的不断提升。

表 2 党的十八大前后四大地区 3E 子系统绩效对比

子系统	区域	全时期				十八大前				十八大后			
		污碳	污	碳	无	污碳	污	碳	无	污碳	污	碳	无
能源	东部	1.0043	1.0040	1.0030	1.0041	1.0029	1.0029	1.0016	1.0023	1.0056	1.0050	1.0044	1.0059
	中部	1.0039	1.0043	1.0024	1.0025	1.0008	1.0019	1.0004	0.9961	1.0070	1.0068	1.0043	1.0088
	西部	1.0017	1.0021	1.0018	1.0017	0.9996	0.9989	1.0001	0.9998	1.0039	1.0053	1.0035	1.0037
	东北	1.0028	1.0018	1.0029	1.0016	1.0008	1.0028	1.0008	0.9953	1.0048	1.0008	1.0050	1.0079
环境	东部	1.0092	1.0085	1.0024	—	1.0048	1.0052	0.9994	—	1.0136	1.0117	1.0054	—
	中部	1.0060	1.0022	1.0003	—	1.0039	1.0008	0.9976	—	1.0081	1.0036	1.0031	—
	西部	1.0025	1.0018	0.9996	—	0.9976	0.9992	0.9959	—	1.0073	1.0043	1.0034	—
	东北	1.0031	1.0005	1.0006	—	1.0005	0.9997	0.9985	—	1.0056	1.0013	1.0026	—
经济	东部	1.0042	1.0041	1.0019	0.9982	1.0039	1.0025	1.0023	0.9975	1.0046	1.0057	1.0014	0.9989
	中部	1.0007	1.0010	0.9983	0.9935	0.9966	0.9984	0.9958	0.9958	1.0048	1.0036	1.0008	0.9912
	西部	0.9970	0.9937	0.9911	0.9763	0.9936	0.9922	0.9882	0.9775	1.0004	0.9952	0.9940	0.9751
	东北	1.0009	1.0045	0.9974	0.9883	0.9996	0.9949	0.9906	0.9753	1.0021	1.0141	1.0042	1.0014

注:“污碳”“污”“碳”“无”分别表示减污降碳协同推进、单独减污、单独降碳、不考虑环境约束的绩效指数。

在环境系统中,除西部地区单独降碳时出现了绩效下降,其他情形下四大区域均实现了绩效的正增长,体现出中国生态文明建设取得的巨大成就。从样本期平均水平来看,东部地区仍然是环境系统绩效最高的地区,其后为中部地区和东北地区,西部地区绩效水平最低。正如前文所述,东部地区的技术创新能力较强,资源配置和管理模式先进,在环境治理方面也具有独特的技术和管理优势,而西部偏远地区本身自然条件较为复杂,生态脆弱性强,加之西部地区在资本投入和环境治理技术上存在明显劣势,其环境保护和治理成本相对较高,进而体现为环境系统绩效的劣势。党的十八大以来,三种情形下四大区域的环境系统绩效均实现了正增长,其中减污降碳协同推进时绩效上升最为明显,东部、中部、西部和东北地区分别上升 0.88%、0.42%、0.97% 和

0.51%。从环境约束对环境系统绩效的推动作用来看,党的十八大以来这种推动作用明显增强。对比减污降碳协同推进与单独减污时绩效差距的变动,党的十八大之前四大区域这两者的差距分别为-0.04%、0.31%、-0.16%和0.08%,而党的十八大以来差距扩大为0.54%、0.63%、0.17%和0.20%。两者差距的扩张,体现了碳排放对环境系统绩效的促进作用。党的十八大以来,中国为持续减排付出了艰苦卓绝的努力,实施了一系列诸如淘汰落后产能、推动产业升级、关停散乱污企业等绿色低碳发展措施,地方政府也将绿色低碳发展摆在重要位置,持续推动经济发展方式和能源利用方式转变。中国在绿色低碳转型方面的持续努力,为推动高质量发展提供了强劲动力。

经济系统绩效仍然呈现出东部最高、中部和东北地区次之、西部地区最低的空间分布特征。从党的十八大前绩效水平变化来看,中部地区和西部地区的绩效提升幅度较大,但若考虑不同情形下绩效水平的变化,中部和西部地区就成为表现最差的两个地区,它们减污降碳协同推进与单独减污的绩效差距变动分别为0.92%和-2.36%。由此可以看出,生态环境保护的大力开展对3E整体绩效产生了良好的推动作用,但单独从经济系统来看,则有可能给某些欠发达地区带来一定挑战,在经济资源投入本来就相对匮乏的条件下,如何将资源用于生态环境保护,解决传统经济活动要素投入不足、资源管理低效等问题,是应重点关注的问题。

对比分析四大区域的能源、环境和经济子系统绩效后发现,环境系统不仅绩效上升幅度最大,生态环境保护对绩效的推动作用也最为明显。从党的十八大前绩效变化幅度来看,环境系统绩效的进步最大,以减污降碳协同推进下的绩效变化为例,四大区域的环境系统绩效分别提升0.88%、0.42%、0.97%和0.51%,能源系统绩效分别提升0.27%、0.62%、0.43%和0.40%,经济系统绩效分别提升0.07%、0.82%、0.68%和0.25%。从生态环境保护对于绩效的推动作用来看,加入环境约束特别是污染和碳排放双重约束后,能源、环境和经济子系统中四大区域基本都实现了绩效跃升,其中环境系统绩效上升最为显著。党的十八大以来,中国经济社会发展不断向着高质量发展推进,在经济发展、能源利用、资源节约、生态环境保护等方面都有了历史性突破。其中,生态文明方面的成就最令世人瞩目,体制机制的不断完善、生态环境的明显转变、生态安全屏障的不断优化,一系列生态文明建设的新突破为推动高质量发展提供了强劲动力。

## 五、结论与启示

本文立足新的时代背景,对减污降碳协同推进下中国3E系统的整体绩效和子系统绩效展开全面考察,以进一步展现党的十八大以来中国生态文明建设所取得的伟大成就,并深化对“绿水青山就是金山银山”理念的认识,研究结果表明:

党的十八大以来,在习近平生态文明建设思想的指引下,中国的生态文明建设取得了显著成效,这具体表现在:一是中国整体3E绩效持续改善,样本考察期内四种情形下的绩效增长分别为1.74%、1.36%、0.69%和-0.52%;二是不同情形下中国大多数地区的3E绩效持续攀升,如减污降碳协同推进下四大区域的绩效增长分别为2.38%、1.99%、1.17%和1.25%;三是不同情形下三大子系统绩效水平不断升高,如减污降碳协同推进下能源、环境和经济三大系统的绩效增长分别为0.52%、0.94%和0.29%。此外,“绿水青山就是金山银山”理念在全国范围内具有普遍性的实践指导意义。在全国及四大区域内,四种情形下3E绩效基本上都可以总结出“减污降碳协同推进—单独减污—单独降碳—不考虑环境约束”依次递减的一般性结论,减污降碳协同推进不仅不会导致3E绩效下降,反而成为助推3E绩效提升的重要力量,特别是党的十八大以来,这种助推作用更加明显。

减污降碳协同推进对于3E整体绩效和子系统绩效的提升均具有明显的推动作用,但仍面临着严峻挑战。一方面,减污降碳所产生的绩效推动作用具有明显的空间分异特征,从整体绩效水平上看,东部地区绩效最高,其次为中部和东北地区,西部地区最低,但从生态保护对绩效的促进作用来看,西部地区要明显强于其他三个地区,因此如何进一步发挥西部地区的生态环境优势是亟待解决的重大现实问题。另一方面,能源、环境和经济子系统之间的绩效协同提升有待加强。能源系统绩效水平最高,但考虑环境因素时绩效提升幅度相对较小;而环境系统和经济系统虽然绩效水平较低,但环境因素的纳入能够明显提升绩效水平。此外,相比党的十八大之前,党的十八大以来减污降碳协同推进对绩效的促进作用在环境系统和经济系统中实现了进一步的增强,“绿水青山就是金山银山”理念在环境系统和经济系统中体现得淋漓尽致。

减污降碳协同推进行动具有鲜明的时代特征,这是立足新发展阶段、贯彻新发展理念、构建新发展格局、推动经济高质量发展的必然要求和重大实践举措。站在“向着第二个百年奋斗目标奋进”的新的历史坐标上,我们应深入贯彻“绿水青山就是金山银山”理念,深刻理解减污降碳协同增效的理论逻辑,持续推动全社会凝聚共识、探索生态效益和经济效益协调统一的新道路,以“绿水青山就是金山银山”理念引领高质量发展。

第一,深入贯彻“绿水青山就是金山银山”理念,扎实开展减污降碳协同推进行动。对于中国的经济发展实践而言,“绿水青山就是金山银山”理念具有真理性的政策指导意义,要加强“绿水青山就是金山银山”理念在全社会范围的宣传力度,增强民众对减污降碳协同推进行动的认同感和使命感,例如可以通过培训、教育和宣传等方式增进社会大众对生态环境保护经济价值和社会价值的认知程度,还可以有效利用市场力量,通过引导社会大众对生态服务和产品的需求,营造对生态友好型相关产品和服务的市场氛围和市场条件,推动基层民众深入贯彻“绿水青山就是金山银山”理念。与此同时,政府官员和商界人士要深入学习“绿水青山就是金山银山”理念的价值意蕴与实践指向,上级部门要定期开展培训和集体学习,持续深化基层行政人员和商界人士对于“绿水青山就是金山银山”理念的理解。此外,还要推动基层管理部门和相关企业自觉谋划以“生态优先、绿色发展”为导向的高质量发展新路子,将实现减污降碳协同增效作为促进经济社会发展全面绿色转型的总抓手,大力扶持环保型技术和产品的研发和推广,特别是节能环保的新型技术,提高社会微观主体运用这些技术的能力,同时大力发展不依赖自然生态资源的产业,减少对自然生态资源的依赖,并通过生态修复的有序开展提升地区生态承载能力,使绿水青山持续发挥生态效益和经济社会效益。

第二,准确把握地区经济现实水平,充分发挥生态比较优势。持续推动东部沿海地区生态环境保护对绩效的助推作用,重视经济发展、科技创新与生态文明建设的互动耦合发展关系,努力实现以技术、理念和管理创新促进生态文明建设,以生态文明建设助推经济社会的更高水平发展。对于北京、上海、浙江、广东等经济水平处于领先地位的省市,要增强资金的合理和高效化利用,严格控制产业规模,引导外资重点投入在生态友好、资源友好型生产技术上,降低污染排放和资源消耗;对于山东、福建、海南等仍存在较大经济发展潜力的省份,要加速推进产业结构转型和升级,积极引导资金流入技术密集型的高新技术产业、现代服务业以及先进制造业,改善过度依赖传统高资源密集型产业的局面,同时,还应加快发展现代海洋服务业、海洋科教创新等新兴项目的开展,持续降低经济发展造成的生态代价。进一步发挥中部、西部地区将生态效益转化为经济效益的能力,依托自身生态和资源优势,将生态环境保护作为推动高质量发展的新动能。例如,以祁连山、三江源等为代表的重要生态功能区要依托现有资源环境承载能力,大力开展清洁生产和循环经济,因地制宜发展环境友好型的富民产业和特色产业,形成以产业生态化和生态

产业化为核心的绿色经济体系,将资源和生态优势转换为发展优势。以青海柴达木、陕西榆林等矿产、能源资源丰富的地区,要紧紧围绕“碳达峰、碳中和”目标的如期实现,加速探索低碳发展转型路径,持续推进经济绿色化进程,还要积极引进东部发达地区的先进技术、先进理念,承接绿色环保的产业和企业转移,推进能源资源一体化高效使用,构建高效可持续的能源资源利用体系。

第三,协同提升3E子系统绩效,重点提升能源系统的绩效。一方面,要立足“碳达峰、碳中和”目标如期实现,持续调整能源发展政策。一是要聚焦产能、用能、储能三大环节,加快关键核心技术攻关。在产能环节上,持续推动传统煤电技术改造升级,推进新能源和可再生能源技术攻关;在用能环节上,大力引进低碳用能新技术、新工艺,着力推动高耗能产业减碳技术革新;在储能环节上,大力发展电化学储能技术和氢能储运技术。二是从供需两侧发力,加快传统能源替代进程,加速推进能源结构优化调整,从能源供给侧推进能源生产的清洁替代,因地制宜推进光伏、风电等可再生能源发展以及高压输电工程建设,从能源需求侧拉动能源消费的电能替代,通过在工业、农业、建筑业等领域加快推广以电代煤,同时加强引导全社会科学用电、节约用电。三是加快发展绿色金融,以市场化手段促进能源低碳发展,要探索建立碳账户,加强碳金融创新发展,同时要丰富绿色信贷产品,扩大绿色信贷规模,还可以鼓励发展绿色金融,以满足低碳企业多元化的融资需求。另一方面,要着重提升能源、环境和经济子系统之间的协调性和系统性。一是从发展理念上加强对“能源—环境—经济”协调发展战略的认识,特别是对于中部和东北地区仍处于“环境困境”的欠发达地区,要将绿色发展理念深入融会到经济发展战略和规划当中,立足能源、经济、环境多系统耦合协调理念,以资源节约和生态保护为引导,反哺经济的发展,不断提升发展质量。二是加快构建现代化产业体系,培育经济发展新动能,特别是对于经济发展动能不足且绩效水平低的地区,如山西、黑龙江、内蒙古等省份,要持续推进工业经济结构调整,推进产业深度融合,发挥自身比较优势,结合自身发展特性来推进战略性新兴产业布局,要改善地区投融资环境,大幅提高有效投资的活力,以绿色消费、高端消费激发经济活力,同时要加快新旧动能转换,促进新业态的发展,强化创新驱动引领经济发展。

#### 参考文献:

- [1]陈诗一. 中国的绿色工业革命: 基于环境全要素生产率视角的解释(1980-2008)[J]. 经济研究, 2010, (11): 21-34.
- [2]关伟, 许淑婷. 中国能源生态效率的空间格局与空间效应[J]. 地理学报, 2015, (6): 980-992.
- [3]黄清煌, 高明. 环境规制对经济增长的数量和质量效应——基于联立方程的检验[J]. 经济学家, 2016, (4): 53-62.
- [4]黄庆华, 胡江峰, 陈习定. 环境规制与绿色全要素生产率: 两难还是双赢?[J]. 中国人口·资源与环境, 2018, (11): 140-149.
- [5]金刚, 沈坤荣. 以邻为壑还是以邻为伴?——环境规制执行互动与城市生产率增长[J]. 管理世界, 2018, (12): 43-55.
- [6]兰天阳. 实证研究我国能源经济环境系统的协调性[J]. 中国管理信息化, 2016, (24): 132.
- [7]李华, 董艳玲. 中国经济高质量发展水平及差异探源——基于包容性绿色全要素生产率视角的考察[J]. 财经研究, 2021, (8): 4-18.
- [8]李兰冰. 中国能源绩效的动态演化、地区差距与成因识别——基于一种新型全要素能源生产率变动指标[J]. 管理世界, 2015, (11): 40-52.
- [9]刘华军, 李超, 彭莹, 等. 中国绿色全要素生产率增长的空间不平衡及其成因解析[J]. 财经理论与实践, 2018, (5): 116-121.
- [10]单豪杰. 中国资本存量K的再估算: 1952-2006年[J]. 数量经济技术经济研究, 2008, (10): 17-31.
- [11]王兵, 吴延瑞, 颜鹏飞. 中国区域环境效率与环境全要素生产率增长[J]. 经济研究, 2010, (5): 95-109.

- [12]Chambers R G, Chung Y, Färe R. Benefit and distance functions[J]. *Journal of Economic Theory*, 1996, 70(2): 407–419.
- [13]Cooper W W, Seiford L M, Tone K. Data envelopment analysis: A comprehensive text with models, applications, references and DEA-solver software[M]. 2nd ed. Boston, MA: Springer, 2007.
- [14]Fukuyama H, Weber W L. A directional slacks-based measure of technical inefficiency[J]. *Socio-Economic Planning Sciences*, 2009, 43(4): 274–287.
- [15]Meng M, Qu D L. Understanding the green energy efficiencies of provinces in China: A super-SBM and GML analysis [J]. *Energy*, 2022, 239: 121912.
- [16]Oh D H. A global Malmquist-Luenberger productivity index[J]. *Journal of Productivity Analysis*, 2010, 34(3): 183–197.
- [17]Watanabe M, Tanaka K. Efficiency analysis of Chinese industry: A directional distance function approach[J]. *Energy Policy*, 2007, 35(12): 6323–6331.
- [18]Xia F, Xu J T. Green total factor productivity: A re-examination of quality of growth for provinces in China[J]. *China Economic Review*, 2020, 62: 101454.

## Coordinated Promotion of Pollution and Carbon Reduction and China's 3E Performance

Liu Huajun<sup>1</sup>, Qiao Liecheng<sup>2</sup>, Guo Lixiang<sup>3</sup>

(1. School of Economics, Shandong University of Finance and Economics, Jinan 250014, China;

2. The Wan Yanan Institute for Studies in Economics, Xiamen University, Xiamen 361005, China;

3. School of Economics and Management, Southeast University, Nanjing 211189, China)

**Summary:** The construction of ecological civilization is a fundamental plan related to the sustainable development of China. During the “14th Five-Year Plan” period, China’s ecological civilization construction has entered a key period focusing on carbon reduction, promoting the co-benefits of pollution and carbon reduction, promoting the comprehensive green transformation of economic and social development, and realizing the improvement of ecological environment quality from quantitative change to qualitative change. Meanwhile, it is also facing the severe challenges brought by carbon peak and carbon neutralization, as well as the arduous task of thoroughly fighting the tough battle of pollution prevention and control. Standing at a new historical point, we must more completely, accurately and comprehensively implement the concept of Two Mountains Theory, comprehensively promote pollution control, ecological protection and climate change, promote the co-benefits of pollution and carbon reduction, accelerate economic and social development, and realize comprehensive green transformation.

This paper brings air pollution and carbon emissions into the 3E (energy-environment-economy) performance research framework. Through the multi-dimensional comparative analysis of time, space and subsystems, this paper quantitatively investigates the impact of coordinated promotion of pollution and carbon reduction on the performance of China’s 3E system and its subsystems. The results show that: During the sample investigation period, the coordinated promotion of pollution and carbon reduction has increased the overall performance

(下转第 78 页)

The academic value of this paper could be concluded in following aspects: First, it extends the empirical research on the micro-financial stabilizing effect of the Two-pillar Adjustment Framework to the perspective of the business risk of non-financial enterprises. Second, it investigates the counter-cyclical effect of the Two-pillar Adjustment Framework, and discusses its different role in different cyclical superposition and different structural thresholds, providing supplementary evidence for the related research. Third, it not only provides reliable empirical evidence for the study of the Two-pillar Adjustment Framework regulating business risk, but also provides valuable suggestions for optimizing the regulatory policy of the Two-pillar Adjustment Framework.

**Key words:** Two-pillar Adjustment Framework; monetary policy; macro-prudential policy; business risk

(责任编辑 景 行)

---

(上接第 17 页)

of China's 3E system by 0.91% per year. Especially since the 18th CPC National Congress, the coordinated promotion of pollution and carbon reduction has played a more significant role in improving the performance. At the level of 3E subsystem, the coordinated promotion of pollution and carbon reduction is conducive to the performance improvement of economic system, energy system and environmental system, but the performance improvement of energy system faces greater challenges.

The marginal contribution of this paper may be reflected in the following aspects: First, this paper brings the coordinated promotion of pollution and carbon reduction into the 3E performance research framework for the first time, which enriches the theoretical research system of coordinated control of pollution and carbon reduction. Second, this paper gives full play to the additive characteristics of Luenberger productivity index and puts forward the calculation idea of energy, environment and economic subsystem performance. Third, this paper shows the great achievements of China's ecological civilization construction since the 18th CPC National Congress, and deepens the understanding of the idea that lucid waters and lush mountains are invaluable assets.

**Key words:** pollution and carbon reduction; 3E system; performance evaluation; Two Mountains Theory

(责任编辑 景 行)