

中国省会城市生态创新绩效评价与时空差异 ——创新驱动发展战略实施以来的实证分析

郑焯^{1,2} 秦可馨¹¹

(1. 西北工业大学 人文与经法学院;

2. 西北工业大学 管理学院, 陕西 西安 710072)

【摘要】: 省会城市在引领现代化创新型生态城市建设以及实现区域生态创新战略中发挥着重要作用, 但当前缺乏对省会城市生态创新绩效评价的相关研究。基于创新驱动发展战略实施背景, 选取中国内地 29 个省会城市 2013-2018 年的面板数据, 运用 DEA-SBM 模型对中国省会城市生态创新绩效及其时空差异进行深入分析。结果发现: (1) 在时间维度下, 全国及三大地区省会城市生态创新绩效水平整体较低, 且不规律波动性较强, 东部地区大多数城市生态创新绩效始终处于“高产出、高效率”水平, 而中西部地区大多数城市持续处于“低产出、低效率”水平; (2) 在空间维度下, 全国及三大地区省会城市生态创新绩效水平差异显著, 呈两极分化态势, 各省会城市生态创新绩效水平空间集聚性显著。综上可知, 当前中国各省会城市生态创新发展不均衡, 据此从区域和国家两个层面提出相关政策建议。

【关键词】: 省会城市 生态创新 绩效评价 区域创新

【中图分类号】: F290 **【文献标识码】:** A **【文章编号】:** 1001-7348(2021)04-0036-09

0 引言

自 20 世纪 60 年代以来, 生态化就扮演着重要角色, 随后生态创新研究引起学界高度重视。当前, 全球气候变化等环境问题不断升级, 促使生态环保日益成为世界各国关注的焦点, 如日本、欧盟、美国以及一些发展中国家都不约而同地选择通过发展高新技术减少能源消耗^[1], 提高自身国际竞争地位。由此, 生态创新为世界各国提供了实现可持续循环发展(环境—社会—经济)的可能性^[2]。聚焦国内形势, 党的十八大报告强调创新和环境发展的重要性, 并且明确指出要坚持走中国特色自主创新道路, 实施创新驱动发展战略。随后, 党的十八届五中全会明确提出“创新、协调、绿色、开放、共享”五大发展理念。党的十九大和十九届四中全会也进一步强调要深入实施创新驱动发展战略、保护生态环境、完善生态文明制度体系。总之, 在当前国际社会高度关注生态环保背景下, 党中央和国家领导人深刻意识到实施创新驱动发展战略与保护生态环境二者同等重要、缺一不可。

作者简介: 郑焯(1986-), 男, 新疆阿克苏人, 博士, 西北工业大学管理学院博士后, 西北工业大学人文与经法学院助理教授、硕士生导师, 研究方向为绩效管理与政府改革创新、科技政策与管理;

秦可馨(1997-), 女, 陕西渭南人, 西北工业大学人文与经法学院硕士研究生, 研究方向为公共政策与治理创新。

基金项目: 国家自然科学基金青年基金项目(72004182); 教育部人文社会科学研究青年基金项目(19YJCZH267); 中国博士后科学基金面上项目(2020M673497); 陕西省创新能力支撑计划项目(2019KRM068); 陕西省社科界重大理论与现实问题研究项目(2019C152); 西北工业大学中央高校基本科研业务费资助项目(06130-TS2020004)

创新驱动发展战略作为一项国家中长期重大发展战略，其本身是一项系统工程，是技术创新、产业创新、制度创新、知识创新、生态创新等各项创新活动的综合协同，其目标是加快经济发展方式转变，实现经济社会长期协调可持续发展^[3]。因此，着力实施生态创新、积极践行生态环境保护是实施创新驱动发展战略的重要组成部分。城市作为创新驱动发展战略主体实施区域^[4]，是推动区域创新和生态环境建设的重要载体，尤其是省会城市作为一省政治、经济、科教文卫地域中心，具有较强的代表性和研究价值。在实践中，为推动省会城市高质量发展，各地方政府在大力推动科技创新的同时，越发重视生态创新的重要作用，并采取了一系列积极的干预措施，如通过行政手段对造成的环境污染收取污染税费，促使高新技术企业实现生态创新发展；鼓励企业进行绿色技术研发，生产绿色产品，减少环境污染和能源消耗；同时，在高新技术项目和环境处理方面加大经费投入等^[5]。概而言之，当前各省会城市都在积极探寻节约资源，减少环境污染，向低消耗、低污染、高效率绿色生态发展模式转变，从而实现城市科技、经济与生态协调发展。

在现有理论研究中，尽管学界从政策、规制、技术、市场以及其它一些方面对生态创新相关问题展开了一系列有益探索^[6-7]，但针对城市生态创新议题，尤其是省会城市生态创新的系统研究却少之又少。自党的十八大以来，中央和各级地方政府积极贯彻落实创新驱动发展战略及生态环境保护战略。在此背景下，国内各省会城市当前生态创新绩效状况如何？各区域间是否存在明显差异？这一问题亟需得到深入论证和解答。鉴于此，本研究基于创新驱动战略实施背景，以中国内地 29 个省会城市作为研究对象，在系统构建城市生态创新绩效评价指标体系的基础上，采用 DEA-SBM 模型对中国省会城市 2013-2018 年面板数据进行测度，并对城市生态创新效率和效益时空演变特征进行深入分析，旨在客观把握中国省会城市生态创新发展现状、时空演化规律及绩效水平，为进一步推进城市高质量发展提供理论参鉴。

1 文献回顾

1.1 生态创新内涵界定

1996 年，Fussler & James^[8]首次提出生态创新的概念，认为其是指“为消费者和商业提供价值但也会显著减少环境冲击的新产品和新过程”。当前，这一术语与绿色创新、可持续创新和环境创新的含义大致相同。整体而言，国内外学者对生态创新定义展开了广泛研究，虽然界定视角不同，但本质上差别不大。基于环境保护和可持续发展视角，Rennings 等^[9]认为对公司或用户来说，生态创新是对全新产品、服务、生产工艺、组织或管理结构或商业方法的生产、应用或探索；Klemmer 等^[10]认为一些相关主体（企业、政府部门、非盈利组织、家庭等）以减轻环境负担或实现生态化可持续发展为目标，采取一系列措施，引进新理念、创造新产品及工艺；Beise & Rennings^[11]将其定义为用于避免或降低关于环境破坏的新的或改进的流程、技术和操作等；唐善茂^[12]将其定义为通过生态技术创新、绿色制度创新及生态观念改变，以可再生资源代替不可再生资源、以低级能源代替高级能源，提高资源利用效率，增加除污设备研制与开发，进而减少环境污染，提高生态系统运转资本；彭雪蓉^[13]认为生态创新涵盖内容非常丰富，是具有高生态效能的创新，明确强调经济和环境的二元目标。在结合城市功能特征的基础上，邵安菊^[14]认为城市生态创新具有系统性特征，是激发城市创新的特定土壤和外部环境，随着城市人才、信息、资金等创新要素的不断聚集，由创新资源与政策创新、制度创新、机制创新等要素构成城市创新生态系统；徐君等^[15]认为在城市生态创新中，企业和产业创新活动需以区域为载体，生态创新系统无形且真实地存在于某一创新区域（如硅谷和中关村），由此实现创新要素与外部环境间物质、信息和能量的相互交换。尽管当前研究并未明确指出城市生态创新的内涵，但结合现有观点，本文认为城市生态创新作为生态创新的重要组成部分，是指城市创新主体基于技术、人才、资金等创新要素，以城市可持续发展为目标，努力实现城市经济系统与生态系统间动态平衡的一种创新过程。

1.2 生态创新绩效评价指标

关于生态创新绩效评价研究，国内外学者当前主要聚焦于企业层面，围绕城市的相关研究成果较少。当前，生态创新绩效评价指标体系主要包括“三要素论”（投入—产出三要素）和“四要素论”（投入—产出四要素）。基于指标设置三要素，Anthony^[16]认为投入包括科技活动人员、生产技术创新、企业污染治理完成投资额，产出包括专利申请及授权数、新产品开放项目数、环

保产业产值；Cheng 等^[17]认为投入包括企业 R&D 经费支出占主营业务收入的比重、生态环境治理投资费用、高新技术产业营业总额，产出包括环保产业每年产值、城镇生活污水达标天数、GDP 综合能耗；付帼等^[18]认为投入包括 R&D 人员全时当量、科技财政支出、企业 R&D 经费支出，产出包括专利申请授权数、技术市场成交额、代表新产品销售收入的高新技术产业营业总额；García-Granero^[19]认为投入包括 R&D 人员投入数量、高新产业总产值占工业总产值的比重、生态环境治理投资费用，产出包括有效发明专利数、GDP 能耗、技术市场成交额等；基于指标设置四要素，周雪娇和杨琳等^[20]认为投入包括 R&D 人员全时当量、R&D 经费内部支出、高新产业新产品开发经费支出、高等院校数，产出包括新产品销售收入、技术市场成交额、有效发明专利数、GDP 综合能耗；彭文斌^[21]认为投入包括地方财政科技投入、从业人口中的科技人员数、环境污染治理费用、高新技术总产值，产出包括期望产出(专利授权量)、非期望产出(工业 SO₂)、工业废水排放量、工业烟(粉)尘排放量。总之，现有研究大多是从单一视角考虑生态创新绩效评价维度，且缺乏对城市生态创新绩效评价的系统性研究，且对生态创新绩效时空演进规律的梳理也较少。因此，本文从生态创新内涵出发，结合城市功能特征，构建城市生态创新评价指标体系并对其进行实证检验。

2 研究设计

2.1 评价维度与评价指标体系

本研究在梳理国内外相关文献的基础上，从生态创新内涵出发，遵循指标选取全面性、可行性和代表性等原则，构建城市生态创新绩效评价指标体系。本研究重点参考中国创新生态发展报告、中国创新城市评价报告、欧洲创新报告等权威机构遴选的经典指标，以及 Cheng & Shiu^[17,22]、王彩明等^[23]、段新等^[24]、周亮等^[25]学者的建议，从生态创新投入和生态创新产出两个方面构建科学可行的城市生态创新绩效评价指标体系，如表 1 所示。其中，生态创新投入主要从人员投入、能源和资本投入 3 个层面筛选出 6 个二级指标，生态创新产出指标包括期望产出和非期望产出，从科技产出、经济产出和环境产出 3 个方面筛选出 8 个二级指标。具体地，期望产出包括百万人口发明专利申请授权数(件)、每万名 R&D 人员国际科技论文数(篇)和高技术产业当年总产值占工业总产值的比重(%)等，非期望产出包括万元 GDP 综合能耗(吨标准煤/万元)等。本研究对于最终形成的指标体系特别咨询了科技、环保等政府部门工作人员，进行反复多轮次商讨之后才最终确定下来。

表 1 生态创新绩效评价指标体系

评价对象	一级指标	指标分类	二级指标
	生态创新投入	人员投入+能源投入+资本投入	每万名就业人员中 R&D 人员数(人)
			环境污染治理费用占总费用的比重(%)
			节能环保支出占财政支出的比重(%)
			技术引进及改造经费占总费用的比重(%)
			全社会 R&D 经费支出占地区生产总值的比重(%)
			企业 R&D 经费支出占主营业务收入的比重(%)
城市生态创新绩效=生态创新转化效率+生态创新产出效益	生态创新产出	科技产出+经济产出+环境产出	百万人口发明专利申请授权数(件)

			每万名 R&D 人员国际科技论文数(篇)
			高技术产业当年价总产值占工业总产值的比重(%)
			技术市场成交合同金额占 GDP 的比重(%)
			空气质量达到二级以上天数占全年的比重(百分比)
			城镇生活污水处理率(百分比)
			生活垃圾无害化处理率(百分比)
			万元 GDP 综合能耗(吨标准煤/万元)

2.2 各指标含义

2.2.1 一级指标

生态创新投入是指城市在生态创新发展过程中投入的实质性资源，主要包括 R&D 人员数量、R&D 经费支出、技术引进及改造经费、环境污染治理费用、节能环保支出等。生态创新产出是指城市在开展生态创新相关活动过程中取得的科技产出、经济产出和环境产出效益，其中科技产出效益主要包括发明专利申请授权数和国际科技论文数；经济产出效益体现在高技术产业当年价总产值和技术市场成交合同金额等方面；环境产出效益主要包括空气质量、城镇生活污水处理率、生活垃圾无害化处理率、万元 GDP 综合能耗等指标。

2.2.2 二级指标

(1) 每万名就业人员中 R&D 人员数、企业 R&D 经费支出占主营业务收入的比重。该指标反映企业在研发过程中对人力资源和资本资源创新的投入力度，即创新能力。

(2) 环境污染治理费用占总费用的比重、节能环保支出占财政支出的比重。该指标反映在生态创新活动中为减少环境污染，加强生态环保所采取的行政手段或经济手段。具体而言，节能环保支出占财政支出的比重可看作供给侧管理经济政策，如通过专项资金支持资源综合利用、能源管理和污染治理，或是对企业绿色生产进行补贴，反映政府依靠节能环保支出促进总量意义上的节能减排，以加强能源节约和环境保护^[26]。

(3) 全社会 R&D 经费支出占地区生产总值的比重。该指标反映国家或地区科技发展水平及其与经济发展之间的关系，是评价国家或地区经济增长方式的重要指标。

(4) 技术引进及改造经费占总费用的比重。该指标反映技术促进生态创新水平提升程度。

(5) 百万人口发明专利申请授权数、每万名 R&D 人员国际科技论文数。该指标较为全面地反映区域科技创新产出，其在城市创新产出评价研究中已被广泛采用。

(6) 高新技术产业当年总产值占工业总产值的比重、技术市场成交合同金额占 GDP 的比重。两个指标反映经济产出收益，其

中高新技术产业占工业总产值的比重可直接反映技术突破程度和产品创新成果产出量，用以衡量城市经济发展水平。

(7) 空气质量达到二级以上天数占全年的比重、城镇生活污水处理率、生活垃圾无害化处理率。该指标直接反映城市在发展过程中对大气资源、水资源以及固体废弃物治理的效果，用于衡量城市生态创新中的环境效益。此外，万元 GDP 综合能耗反映对能源的利用程度，可间接衡量本年度城市各项节能政策措施实施效果^[27]。

(8) 万元 GDP 综合能耗。创新不仅带来专利申请授权数等期望产出，还会产生 GDP 综合能耗等非期望产出。非期望产出数量越少，越有利于创新效率提升。因该指标与创新效率呈负向关系，所以处理方式较期望产出有所不同，学者大多取其倒数作为产出。万元 GDP 能耗说明经济活动中对能源的利用程度，可间接反映本年度各项节能政策措施效果，表示每消耗一吨标准煤的经济产值，是一项表征单位能源消耗的常用指标^[22]。本研究中万元 GDP 综合能耗对应的投入指标是节能环保支出占财政支出的比重。

2.3 研究模型

本文主要采用 DEA-SBM 模型进行研究。DEA 模型是线性规划模型应用之一，常被用来衡量拥有相同目标运营单位的相同效率，是一种加权意义之下投入产出数据相对有效性评价方法，利用观察到的样本数据，评价具有多个输入、特别是多个输出“部门”或单位(称为“决策单元”，简记 DMU)间的相对有效性，其本身具有评价多投入多产出同类型决策单元间相对有效性的显著优势。为完善传统 DEA 模型的不足，Tone 提出处理非期望产出的 DEA-SBM 模型，将松弛变量考虑到目标函数中，一方面能解决 CRR 模型不能解决的投入产出松弛性问题，另一方面也考虑非期望产出对效率测度的影响，这一模型当前已广泛应用于生态、环境、工业等领域。具体模型表述如下：

假定有 n 个决策单元， m 种投入，元素 $x \in R^m$ ，定义 $X \in (x_1, x_2, \dots, x_n) \in R^{m \times n}$ ， $X \in (x_1, x_2, \dots, x_n) \in R^{m \times n}$ 且 $x_i > 0$ ； s 种产出，其中 s_1 类期望产出(元素 $y^e \in R^{s_1}$)和 s_2 类非期望产出(元素 $y^b \in R^{s_2}$)定义：

$$Y^e = (y_1^e, y_2^e, \dots, y_{s_1}^e) \in R^{s_1 \times n} \quad (1)$$

$$Y^b = (y_1^b, y_2^b, \dots, y_{s_2}^b) \in R^{s_2 \times n} \quad (2)$$

且有 $y_{gi} > 0, y_{bi} > 0$ ，则 DEA-SBM 模型可表述为：

$$\rho^* = \min \rho = \min \frac{1 - \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \frac{s_i^-}{x_{i0}}}{1 + \frac{1}{s_1 + s_2} \left\{ \sum_{i=1}^{s_1} \frac{s_i^e}{y_{i0}^e} + \sum_{i=1}^{s_2} \frac{s_i^b}{y_{i0}^b} \right\}}$$

$$s.t. \begin{cases} x_0 = X\lambda + s^- \\ y_0^e = Y^e\lambda - s^e \\ y_0^b = Y^b\lambda + s^b \\ \lambda \geq 0, s^- \geq 0, s^e \geq 0, s^b \geq 0 \end{cases} \quad (3)$$

在公式(3)中， s^- 、 s^e 、 s^b 分别为投入、期望产出、非期望产出的松弛变量，目标函数对变量 s^- 、 s^e 、 s^b 严格递减，且目标函数数值 $\rho^* \in [0, 1]$ 。当 $\rho^* = 1$ 时， s^- 、 s^e 、 s^b 皆为 0，表明 DMU 有效；当 $\rho^* < 1$ 时，表明 DMU 无效，这时就需要通过增加

期望产出、减少投入或非期望产出改进效率。

2.4 数据来源与处理

国外对生态创新的研究起步较早，而中国真正将生态创新与创新驱动发展战略融合，大力发展城市生态创新是近年来才开始的一项创新活动。正如前文所述，本研究旨在考察在创新驱动发展战略实施背景下，中国内地各省会城市近年来生态创新发展状况。本文借鉴已有学者的相关研究，以中国内地 29 个省会城市（剔除未查询到数据的拉萨市以及数据缺失较多的西宁市）为研究对象，时间跨度为 2013-2018 年，样本数据均来源于《中国统计年鉴》、《中国科技统计年鉴》、《中国城市统计年鉴》、《中国火炬统计年鉴》、《中国环境统计年鉴》、地方统计年鉴以及统计公报等档案数据，兼顾样本数据可得性和可比性，对部分缺失数据按照插值法估算，尽可能保证数据真实、准确。

3 中国省会城市生态创新绩效时空差异

3.1 测算结果

本研究采用 MAX-DEA 软件测算中国省会城市生态创新投入与生态创新产出效益，结果见表 2。与此同时，借鉴学者 Alegre^[30]和姜滨滨等^[31]的观点，在构建“效率-产出”企业创新绩效评价概念框架的基础上，认为企业创新绩效应由创新效率和创新产出两方面构成。鉴于此，本文认为城市生态创新绩效亦包括过程与结果两个方面，其实质是转化效率和产出效益的合成，具体表现为在特定时间段，随着创新资源约束程度的提高和创新环境的不断变化，这一结果会影响生态创新投入产出效益以及投入产出转化效率。因此，本研究根据生态创新转化效率与产出效益高低组合，将生态创新绩效划分为 4 类，如图 1 所示。并且，以样本数据中生态创新转化效率与产出效益的全国均值作为基准，高于全国均值将其定义为高水平，低于全国均值将其定义为低水平，据此对中国内地 29 个省会城市生态创新绩效水平进行归类，结果见表 3。

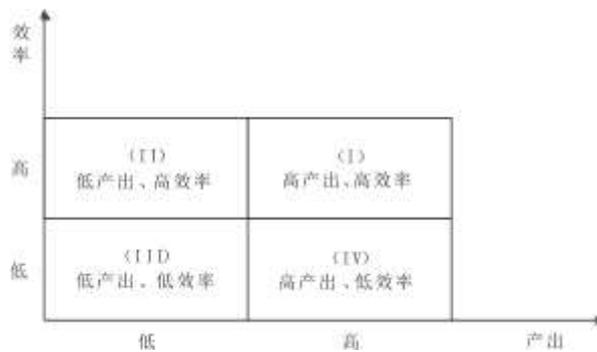


图 1 省会城市生态创新绩效水平分类

表 3 2013-2018 年中国省会城市生态创新绩效水平分布情况

年份	高产出、高效率	高产出、低效率	低产出、高效率	低产出、低效率
2013	北京、广州、海口、杭州、济南、天津、合肥、重庆 (8 个)	兰州 (1 个)	福州、南京、上海、沈阳、石家庄、太原、郑州、成都 (8 个)	哈尔滨、南昌、武汉、长春、长沙、贵阳、呼和浩特、昆明、南宁、乌鲁木齐、西安、银川 (12 个)

2014	北京、广州、杭州、济南、南京、沈阳、合肥、重庆(8个)	海口、武汉、银川(3个)	福州、上海、天津、太原、郑州、成都(6个)	石家庄、哈尔滨、南昌、长春、长沙、贵阳、呼和浩特、昆明、兰州、南宁、乌鲁木齐、西安(12个)
2015	北京、福州、广州、杭州、南京、上海、天津、济南、重庆(9个)	南昌、长沙、银川(3个)	海口、沈阳、合肥、武汉、郑州、成都、兰州(7个)	石家庄、哈尔滨、太原、长春、贵阳、呼和浩特、昆明、南宁、乌鲁木齐、西安(10个)
2016	北京、上海、沈阳、合肥、南京、天津、广州、杭州、济南(9个)	长春、长沙、贵阳(3个)	福州、海口、武汉、郑州、成都、重庆(6个)	石家庄、哈尔滨、南昌、太原、呼和浩特、昆明、乌鲁木齐、西安、银川、兰州、南宁(11个)
2017	北京、广州、杭州、南京、上海、天津、南昌、武汉、重庆(9个)	长沙、昆明(2个)	福州、海口、济南、沈阳、合肥、郑州、成都、兰州、银川(9个)	石家庄、哈尔滨、太原、长春、贵阳、呼和浩特、南宁、乌鲁木齐、西安(9个)
2018	北京、上海、天津、南京、海口、沈阳、合肥、郑州、杭州(9个)	长沙、昆明(2个)	福州、广州、济南、南昌、武汉、成都、兰州、乌鲁木齐(8个)	石家庄、哈尔滨、太原、长春、贵阳、呼和浩特、南宁、西安、重庆、银川(10个)

3.2 基于时间维度的生态创新绩效演化规律

根据 2013-2018 年中国省会城市生态创新绩效评价结果(见表 2), 以及中国省会城市生态创新绩效水平分布情况(见表 3), 在参考相关研究的基础上, 分别绘制全国及三大地区(包括东部 11 个城市、中部 8 个城市、西部 10 个城市)^[23]生态创新转化效率与产出效益时间演化趋势(见图 2)与中国省会城市生态创新绩效水平时间演化趋势(见图 3)。

在 2013-2018 年, 全国及三大地区省会城市生态创新转化效率与产出效益走势基本一致, 但呈现周期性波动, 均处于较低水平, 如图 2 所示。具体而言, 东部地区城市生态创新转化效率与创新产出效益逐年均高于全国均值, 持续呈现“高产出、高效率”的发展趋势; 反之, 中西部地区城市逐年低于全国均值, 始终处于“低产出、低效率”水平。因此, 全国各地间城市生态创新绩效水平呈现“两极分化”发展态势。选取 2013 年、2018 年和代表性年份 2015 年(党的十八届五中全会首次提出创新、协调、绿色、开放和共享五大发展理念), 得出 2013 年效率均值东部地区相对于中部地区变化幅度为 47.4%, 中部地区相对于西部地区变化幅度为 55.3%, 产出效益均值东部地区相对于中部地区变化幅度为 147.2%, 中部地区相对于西部地区变化幅度为 44%; 相应地, 2015 年对应的变化幅度分别为 36.1%、42.5%和 58.1%、47.6%; 2018 年对应的变化幅度分别为 18.6%、25.8%和 54.1%、21.3%。原因在于: 党的十八大召开以来, 国家明确提出实施创新驱动发展战略, 坚持走中国特色自主创新之路, 东部地区省会城市大多沿海分布, 地理位置优越, 历史财富积累较多, 拥有雄厚的经济基础, 引进了先进的科学技术, 吸引着众多创新人才, 这些都有利于营造良好的创新环境, 为生态创新发展提供优越条件。但由于资源短缺和不合理开发, 导致资源、技术和生态环境间的协同关系越发紧张且极度不平衡; 而中西部地区省会城市多位于内陆, 长期以来主要发展老工业基地或产业, 现代新兴工业产业发展迟缓, 在科技、资金、先进技术、高精尖生产设备和人才等方面明显落后于东部地区, 经济发展基本依靠对现有资源的消耗, 生态创新发展活力明显不足。

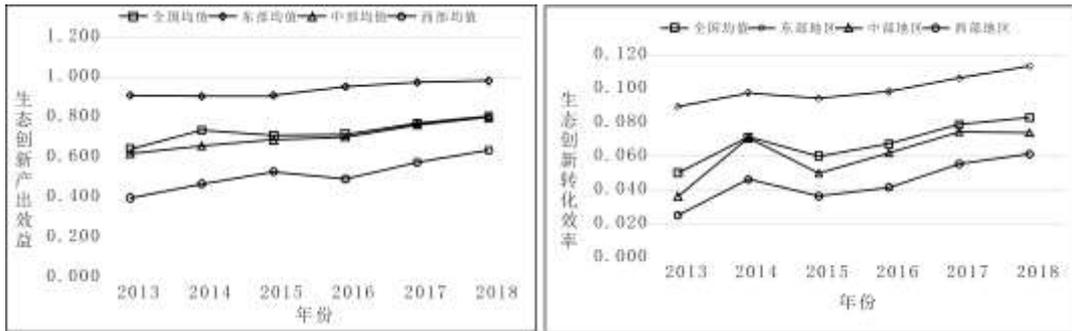
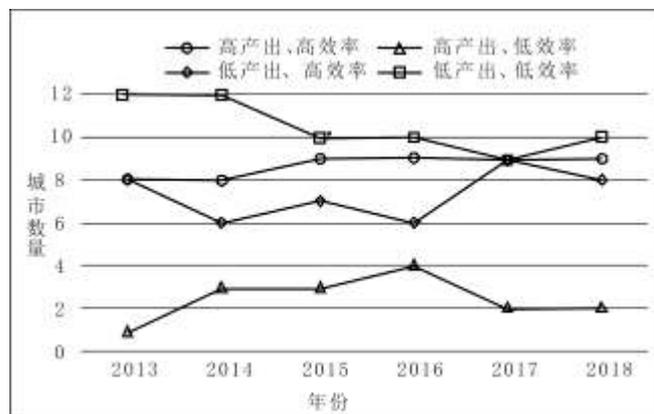


图 2 全国及三大地区生态创新转化效率与产出效益时间演化趋势

进一步，由图 3 知，不同生态创新绩效水平省会城市数量呈现小幅波动状态，其中“低产出、低效率”城市数量保持在 10~12 个之间，相较于其它 3 类绩效水平而言，占全国省会城市的 41%，表明中国大多数省会城市生态创新发展不成熟，尚未摆脱粗放型经济发展方式，发展过程中以环境污染为代价的特征较明显，地区间生态创新绩效水平提升伴随着环境遭到严重破坏及能源资源的过度消耗。“高产出、高效率”城市数量维持在 8~9 个之间，相较于其它 3 类绩效水平而言，占全国省会城市的 27%，表明中国省会城市在创新发展过程中，有部分城市秉承可持续发展理念，基本实现了经济发展与生态环境之间的相互协调，逐渐向以低消耗、低污染、高效率为特征的集约型绿色发展模式转变。这主要是得益于近年来国家实施的相关政策，极大地推动了中国省会城市生态创新发展进程。如 2012 年召开的“十八大”明确提出实施“创新驱动发展战略”和生态环保战略；2013 年国务院颁布《全国资源型城市可持续发展规划(2013-2020 年)》；“十三五”规划(2016-2020 年)首次将创新摆在国家发展全局核心位置，提出要牢固树立和贯彻落实“创新、协调、绿色、开放、共享”五大发展理念；同时，“五位一体”总体布局明确提出“生态文明建设”重大战略部署等。除此之外，“低产出、高效率”和“高产出、低效率”水平城市数量比以上两类城市占比低，其中“高产出、低效率”城市样本数量最少。这说明，随着国家相关政策的扶持和创新生态环境的不断改善，中国省会城市生态创新发展呈现正向发展态势，开始从传统城市发展模式向效率导向型模式转变。

3.3 基于空间维度的生态创新绩效地区差异

根据中国省会城市生态创新转化效率和产出效益测算出的评价均值，将全国均值作为基准(见表 2)，绘制中国省会城市生态创新绩效空间分布图(见图 4)。图 4 结果表明，中国省会城市生态创新绩效水平在空间上差异显著，且具有明显的空间集聚性特征。具体而言，“高产出、高效率”水平城市数量为 12 个，占全国省会城市的 41%，且其中大多数城市位于东部沿海地区，少数位于中西部地区；“低产出、低效率”水平城市数量为 10 个，占全国省会城市的 35%，主要集中在西部地区；“低产出、高效率”水平城市数量为 5 个，占全国省会城市的 17.24%；“高产出、低效率”水平城市数量为 2 个，占全国省会城市的 6.76%。



4.1 研究结论

本研究选取中国省会城市 2013-2018 年的面板数据, 基于 DEA-SBM 模型, 对中国省会城市生态创新绩效进行全面评价, 并从时空两个方面展开分析。主要得出以下结论:

(1) 基于时间维度视角发现:

①全国及三大地区省会城市生态创新绩效整体水平较低, 且不规律波动性较强; ②东部地区大多数城市生态创新绩效始终处于“高产出、高效率”水平, 中西部地区大多数城市持续处于“低产出、低效率”水平; ③处于不同生态创新绩效水平的城市数量呈现小幅度波动, 即“低产出、低效率”城市数量保持在 9~12 个(占全国省会城市的 41%), “高产出、高效率”城市数量为 8~9 个(约占全国省会城市的 28%-31%), “高产出、低效率”城市数量为 1~4 个(约占全国省会城市的 3%-13%)。以上数据表明, 中国省会城市生态创新发展存在区域不平衡和迟缓性等特征。

(2) 基于空间维度视角发现:

①全国三大地区及省会城市生态创新绩效水平呈现显著差异性; ②各区域之间生态创新绩效水平呈现两极分化态势, 东部地区>全国均值(效率: 0.73, 产出: 0.068)>中部地区>西部地区; ③省会城市生态创新绩效水平空间集聚性显著。其中, “低产出、低效率”城市 10 个, 占全国 34%, 且主要集中在中西部地区; “高产出、高效率”城市 12 个, 占全国 41%, 且主要聚集在东部地区; “低产出、高效率”城市 5 个, “高产出、低效率”城市 2 个, 占全国 7%。这表明, 中国省会城市以及三大地区间生态创新发展水平存在不平衡性。

4.2 理论贡献

本研究理论贡献主要体现在以下两个方面: ①从生态创新投入和生态创新产出视角界定省会城市生态创新绩效并对其进行测量, 依据转化效率和产出效益高低程度组合, 对城市生态创新绩效水平进行划分, 弥补现有研究从单一视角划分生态创新绩效评价维度的不足, 同时也丰富了生态创新绩效评价应用成果; ②揭示省会城市生态创新绩效在时空维度上的演化规律及区域差异, 有助于丰富当前生态创新绩效及城市创新领域研究成果, 为地方政府部门制定差异化城市生态创新发展战略提供理论指导。

4.3 政策建议

为深入贯彻落实区域创新驱动发展战略, 提升中国省会城市生态创新绩效水平, 实现经济发展、科技创新与生态环境间的相互协调, 促进城市绿色发展, 本文从区域和国家两大层面提出如下政策建议:

(1) 优化生态创新空间格局, 缩小区域间差距。本文研究结果表明, 中国省会城市生态创新绩效水平为: 东部>中部>西部, 考虑到区域间经济基础及资源禀赋等存在较大差异, 因此应因地制宜地制定适合各区域城市生态创新发展的相关政策。首先, 东部地区城市经济发展较早, 在生态创新发展方面拥有资金、人才、技术等诸多优势, 因此未来在生态创新发展过程中应秉持自主创新战略, 兼顾经济增长、科技进步与环境改善间的关系, 不断优化资源配置, 加强统筹协调, 探索建立高效率—高产出协调推进机制, 促进城市生态创新绩效水平不断提升; 其次, 中部地区相较于西部地区而言, 城市经济基础雄厚, 邻近东部沿海地区且人才聚集, 但是当前仍以老工业基地和传统发展模式为主, 阻碍了城市生态创新发展。未来, 中部地区应着重调整产业结构, 为城市发展注入创新活力, 充分利用自身优势条件, 实现自上而下的生态创新转型; 最后, 尽管目前西部地区城市生态创新发展不太乐观, 但其资源丰富, 可进步空间较大。未来, 西部地区应不断完善城市基础设施建设, 借助“一带一路”倡议, 实现跨越式追赶, 更好地利用国家政策扶持, 加大对生态创新资源的投入, 不断营造良好的生态创新环境, 凝聚生态创新

发展动力。

(2)深入贯彻落实创新驱动发展战略,积极打造具有中国特色的生态创新省会城市。当前,积极响应国家创新驱动发展战略,建设生态创新型省会城市是城市治理现代化的目标诉求,而要实现这一目标则需要政府相关部门发挥积极作用。首先,在当前和未来一段时期内,各级政府部门在深入落实创新驱动发展战略、加大对各区域生态创新资源投入的同时,还应该重视生态创新资源投入结构、投入方式及产出效率等问题,重点发展高科技产业、绿色环保产业和具有国际竞争力的产业,促进产业结构转型升级,推动省会城市高质量发展;其次,强化省会城市绿色发展理念,优化城市生态创新发展路径。一方面,应进一步明确政府在城市生态创新建设中的责任与担当,使其主动成为生态创新理念倡导者、制度制定者和执行者,积极宣传生态创新发展理念,引导社会增强环保意识,营造支持生态创新城市建设的良好氛围;另一方面应优化和完善城市生态创新发展各项制度,如建立差异化、特色化的生态创新考核评价体系,促使城市内部政治、经济、科技、教育、社会等多领域与多层级间协作,建立优势资源流动共享机制,充分实现不同利益相关主体间的协同联动等。

参考文献:

- [1]韩洁平,文爱玲,闫晶.基于工业生态创新内涵及外延的发展趋势研究[J].生态经济,2016,32(2):57-62.
- [2]杨燕.生态创新的概念内涵和特性:与一般意义上创新的比较与思考[J].东北大学学报(社会科学版),2013,15(6):557-562.
- [3]郑焯.创新驱动发展战略与科技创新支撑:概念辨析、关系厘清与实现路径[J].经济问题探索,2017,38(12):163-170.
- [4]辜胜阻,杨媚,庄芹芹.创新驱动发展战略中建设创新型城市的战略思考——基于深圳创新发展模式的经验启示[J].中国科技论坛,2016,32(9):31-37.
- [5]陈文玲,周京.把创新城市发展方式作为国家重大战略[J].南京社会科学,2012,23(12):6-12,45.
- [6]KUO TC,SMITH S.A systematic review of technologies involving eco-innovation for enterprises moving towards sustainability[J].Journal of Cleaner Production,2018,192(AUG.10):207-220.
- [7]KARAKAYA E,HIDALGO A,NUUR C.Diffusion of eco-innovations:a review[J].Renewable and Sustainable Energy Reviews,2014,33:392-399.
- [8]FUSSLER C,JAMES P.Driving eco-innovation:a break thorough discipline for innovation and sustainability [M].London:Pitman Publishing,1996.
- [9]RENNINGS K.Redefining innovation-eco-innovation research and the contribution from ecological economics [J].Ecological Economics,2000,32(2):319-332.
- [10]KLEMMER P,LEHR U,LOBBE K.Environmental innovation.Vol.3 of publications from a joint project on innovation impacts of environmental policy instruments [R].Synthesis Report of a project commissioned by the German Ministry of Research and Technology (BMBF),Analytica-Verlag,Berlin,1999.
- [11]BEISE M,RENNINGS K.Lead markets and regulation:a framework for analyzing the international diffusion of

environmental innovations [J]. *Ecological Economics*, 2005 (52):5-17.

[12]唐善茂. 广西矿产资源可持续开发利用与生态创新战略研究[D]. 长春: 吉林大学, 2007.

[13]彭雪蓉. 利益相关者环保导向、生态创新与企业绩效: 组织合法性视角[D]. 杭州: 浙江大学, 2014.

[14]邵安菊. 培育城市创新生态系统的路径与对策[J]. *宏观经济管理*, 2017, 33(8):61-66.

[15]徐君, 任腾飞, 戈兴成, 等. 资源型城市创新生态系统的驱动效应分析[J]. *科技管理研究*, 2020, 40(10):26-35.

[16]ANTHONY A, RENE K. Measuring eco-innovation[R]. UNU-MERIT, 2009

[17]CHENG C C, SHIU E C. Validation of a proposed instrument for measuring eco-innovation:an implementation perspective[J]. *Technovation*, 2012, 32(6):329-344.

[18]付帼, 卢小丽, 武春友. 中国省域绿色创新空间格局演化研究[J]. *中国软科学*, 2016, 31(7):89-99.

[19]GARCÍA-GRANERO E M, PIEDRA-MUNOZ L, GALDEANO-GÓMEZE. Eco-innovation measurement:a review of firm performance indicators[J]. *Journal of Cleaner Production*, 2018, 119(1):304-317.

[20]周雪娇, 杨琳. 基于创新驱动的区域经济与生态环境协调发展的研究[J]. *经济问题探索*, 2018, 39(7):174-183.

[21]彭文斌, 文泽宙, 邝嫦娥. 中国城市绿色创新空间格局及其影响因素[J]. *广东财经大学学报*, 2019, 34(1):25-37.

[22]肖仁桥, 丁娟, 钱丽. 绿色创新绩效评价研究述评[J]. *贵州财经大学学报*, 2017, 35(2):100-110.

[23]王彩明, 李健. 中国区域绿色创新绩效评价及其时空差异分析——基于 2005-2015 年的省际工业企业面板数据[J]. *科研管理*, 2019, 40(6):29-42.

[24]段新, 戴胜利, 廖凯诚. 区域科技创新、经济发展与生态环境的协调发展研究——基于省级面板数据的实证分析[J]. *科技管理研究*, 2020, 40(1):89-100.

[25]周亮, 车磊, 周成虎. 中国城市绿色发展效率时空演变特征及影响因素[J]. *地理学报*, 2019, 74(10):2027-2044.

[26]林永生, 孙颖. 中国省域节能环保支出与绿色经济发展[J]. *宏观质量研究*, 2016, 4(4):21-28.

[27]李金滢, 李超, 李泽宇. 城市绿色创新效率评价及其影响因素分析[J]. *统计与决策*, 2017, 33(20):116-120.

[28]CHARNES A, COOPER W W, RHODES E. Measuring the efficiency of decision making units[J]. *European Journal of Operational Research*, 2007, 2(6):429-444.

[29]TONE K. A slacks-based measure of efficiency in data envelopment analysis[J]. *European Journal of Operational Research*, 2001, 130(3):498-509.

[30]ALEGRE J, LAPIEDRA R, CHIVA R. A measurement scale for product innovation performance [J]. European Journal of In-novation Management, 2006, 9(4) :333-346.

[31]姜滨滨, 匡海波. 基于“效率-产出”的企业创新绩效评价——文献评述与概念框架[J]. 科研管理, 2015, 36(3) : 71-78.