

长江经济带国家高新区如何实现绿色低碳发展： 基于 TOE 框架的组态研究

李婧婧¹, 徐珂欣¹, 付轼辉², 庞鹏沙¹

(1. 科学技术部火炬高技术产业开发中心, 北京 100045; 2. 太原理工大学经管学院, 山西 太原 030010)

摘要: 基于 TOE 分析框架探讨多个要素协同影响长江经济带国家高新区绿色低碳绩效的作用机制, 并采用 fsQCA 方法对其绿色低碳发展路径进行组态分析。研究发现: 国家高新区绿色低碳绩效受到多个条件变量的共同影响, 且存在 5 条有效驱动路径, 分别为政府高度支持下高新技术产业驱动型, 政府高度支持下技术与产业驱动型, 创新资源集聚下的技术驱动型, 政府高度支持下的技术、产业与经济发展共同驱动型, 以及创新资源集聚下的技术、产业与开放创新共同驱动型。其中, 政府高度支持下的技术、产业与经济发展共同驱动型路径最为普遍, 其次是创新资源集聚下的技术、产业与开放创新共同驱动型。产业结构和政府支持是有效促进高新区绿色低碳绩效提升的核心条件。研究拓展了 TOE 理论研究范畴, 为长江经济带国家高新区差异化绿色发展提供科学的决策依据。

关键词: 长江经济带; 国家高新区; 绿色低碳发展; TOE 框架; 模糊集定性比较

中图分类号: F207 **文献标识码:** A **文章编号:** 1005-0566(2024)02-0094-10

How to achieve green and low-carbon development in the National High-tech Zone of the Yangtze River Economic Belt: Configuration research based on TOE framework

LI Jingjing¹, XU Kexin¹, FU Shihui², PANG Pengsha¹

(1. Torch High Technology Industry Development Center, Ministry of Science & Technology, Beijing 100045, China;

(2. School of Economics and Management, Taiyuan University of Technology, Taiyuan 030010, China)

Abstract: Based on the perspective of configuration and TOE analysis framework, this paper constructs a green development system for high-tech industrial parks in China to achieve high green and low carbon performance. Using the fsQCA method, the case studies of green and low-carbon development in high-tech industrial parks along the Yangtze River Economic Zone are analyzed. The findings show that the green and low carbon performance of high-tech industrial parks in China is affected by multiple conditional variables, and there are five effective driving paths, including high government support technology and industry driving type, high government support technological innovation driving type, innovative resource agglomeration technology driving type, high government support technology, industry, and economic development driving type, and innovative resource agglomeration technology, industry, and open innovation driving type. Among them, the high government support technology, industry, and economic development driving type is the most common path. Industrial structure and government support are the core conditions to effectively promote the green and low-carbon performance improvement of high-tech industrial parks. This paper expands the theoretical research

收稿日期: 2023-08-24 修回日期: 2024-01-17

基金项目: 科技部战略研究专项“面向高水平科技自立自强的国家自创区发展战略研究”(ZLY202229); 国家自然科学基金青年项目“产品迭代创新的结构维度、动因与效能研究”(72002164)。

作者简介: 李婧婧(1987—), 女, 山西太原人, 科技部火炬中心博士后, 研究方向为产业创新和园区高质量发展治理。通信作者: 庞鹏沙。

scope of TOE, and provides action guidance for high-tech industrial parks along the Yangtze River Economic Zone to achieve green development based on their own endowments.

Key words: Yangtze River Economic Belt; national high-tech zone; green and low-carbon development; TOE framework; qualitative comparison of fuzzy sets

习近平总书记强调要“使长江经济带成为我国生态优先绿色发展主战场、畅通国内国际双循环主动脉、引领经济高质量发展主力军”。“十四五”规划纲要提出,全面推动长江经济带发展,协同推动生态环境保护和经济发展。长江经济带发展战略实施近8年来,沿江11省市积极构建绿色发展长效机制,努力探索生态优先、绿色发展新路径,已成为我国生产发展、生活富裕、生态良好“三生”融合高质量发展的典范。

国家高新区特色产业创新能力较强^[1],是最有条件探索绿色发展道路的区域^[2]。长江经济带国家高新区数量约占全国的32%,主要集中在“长三角”“长江中游”和“成渝”三大城市群内,且呈现出由长江上游至下游逐渐增加的趋势。其高新区积极优化产业结构、开展绿色技术创新,高效集约利用资源,使碳排放强度逐年减弱^[3]。然而,长江经济带也面临创新发展能力亟待强化、园区间绿色发展不平衡不充分、产业同质竞争与松散合作、缺乏统筹协调机制等突出问题^[4]。国家高新区在自然资源禀赋、经济发展水平和发展阶段等方面存在较大的差异,绿色发展需要重点关注和优先解决的问题各不相同,相应的绿色发展战略和路径选择也不尽相同。因此,充分认识到不同国家高新区存在的差异,因地制宜引导长江经济带绿色发展,成为亟待解决的重要问题。

目前的研究为了解长江经济带绿色发展现状及要素提供了参考,但鲜有文献以国家高新区为研究对象,建立长江经济带绿色低碳发展的整合型分析框架,也未对各因素发挥作用的基本条件及特定情境展开深入研究。鉴于此,本文基于TOE理论框架构建了国家高新区低综合能耗的绿色发展体系,通过引入组态视角的模糊集定性比较分析方法(fsQCA),从根本上识别制约高新区绿色发展的关键因素,探讨多个要素协同影响高新区绿色发展的因果机制,提出不同情境下绿色发

展的提升路径。

一、文献回顾与理论框架

(一)长江经济带绿色发展研究

国内对长江经济带绿色发展的研究多集中于评价指标体系、影响机理、时空差异等宏观层面,缺乏对工业园区尤其是高新区的绿色创新发展研究。

在评价指标体系方面,蔡绍洪等^[5]和袁靖等^[6]均构建了长江经济带绿色发展指数评价体系,设计了包括经济、社会、资源、生态环境4个子系统的绿色发展系统动力学模型。李林子等^[7]基于主体功能区的视角提出了长江经济带“框架一致、权重不同”的差异化绿色发展指标体系,包括自然资源维持、资源环境利用、经济绿色增长、绿色福利提升和绿色公平实现5个维度。翁异静等^[8]构建了包含绿色增长、绿色财富、绿色福利3个子系统和22个因子在内的评价指标体系,测度长江经济带城市群绿色发展水平。已有研究涵盖了绿色发展的经济、社会、资源和环境等多个方面,全面综合地反映了长江经济带的绿色发展绩效,但仍缺少针对园区经济,如高新区发展特色的绿色评价指标体系。

在影响机理方面,陈晓雪等^[9]从目标层、路径层及行动层,阐述长江经济带高质量发展与绿色发展的耦合机理。邓铃钰^[10]利用熵值法和耦合协调度模型分析了长江经济带产业链低碳发展所创造的投资、就业和环境保护协同效应。王鸽等^[11]基于空间视角分析长江经济带高新技术产业集聚对绿色发展的影响。影响机理研究识别了驱动长江经济带绿色发展的关键影响因素,对本文构建高新区绿色发展的理论框架具有重要的借鉴意义。

在空间效应方面,长江经济带上中下游之间存在显著的产业梯度和要素禀赋差异,产业能级沿长江流向呈递增趋势,要素丰裕度则沿长江流向递减^[8],下游区域高质量创新与绿色经济达到

勉强协调阶段,而中上游区域尚处于濒临失调阶段^[12],下游地区碳排放量明显高于中上游地区^[13]。空间效应研究集中体现了长江经济带中下游的差异化发展,不同的要素禀赋导致不同的绿色发展水平,然而如何帮助不同区域突破资源限制实现更高质量发展的研究却相对匮乏。

在工业园区方面,刘洋等^[14]建立了资源环境要素约束下长江经济带工业园区产业结构优化调整模型,揭示基准情景、工业结构调整情景、清洁生产情景和可持续发展情景下,经济发展与主要污染物协同脱钩的绿色发展路径。郝吉明等^[4]从经济发展、空间布局、产业特点、基础设施、用水排水、经济环境绩效等方面对长江经济带工业园区的发展进行了分析。以上研究对本文探索高新区的绿色发展路径具有一定的参考价值,但如何从国家高新区“创新驱动发展示范区和高质量发展先行区”的功能定位剖析其绿色发展的路径尚不明确。

(二) 长江经济带绿色发展水平的影响因素

已有文献研究发现,长江经济带绿色发展差异是经济发展、产业结构高级化、外资强度、技术创新、政府管控、环境规制共同作用的结果。其中经济基础、产业结构、环境规制是长江经济带绿色发展的高作用力影响因子^[5]。

(1) 经济基础。经济因素与绿色发展的关系受经济发展阶段影响^[15]。经济发展初期对绿色发展具有抑制作用,当经济发展水平达到较高阶段时,良好的发展环境会对绿色发展效率产生更高的追求,同时也有能力提升绿色发展水平,即环境库兹涅茨曲线^[16-19]。经济发展效应是驱动碳排放增长的主要原因^[3]。

(2) 产业结构。产业结构转型能够进一步推动投入要素由低生产率增长率部门向较高生产率增长率部门流动,从而带来“结构红利”,成为提升绿色发展的重要驱动力^[20]。

(3) 技术创新。自主创新与技术进步能有效推进能源的集约利用和治污技术的改进,提高资源利用效率、降低污染排放,从而促进绿色发展^[21]。在能源发展对实体经济的影响中,绿色技术创新具有门槛效应^[22]。

(4) 环境规制。现有研究表明规制工具和强度是影响技术创新的关键因素。环境规制对长江经济带工业绿色转型存在正向促进效应^[13],符合“波特假说”,且这种影响存在排污异质性特征,表现为排污强度越高的地区促进作用越强^[23]。长期内长江经济带的环境规制、绿色技术进步与绿色经济发展之间形成良性互动机制,是长江经济带实现绿色发展的重要保障^[24]。

(5) 对外开放。利用外商投资推动经济发展的过程存在着“污染光环”和“污染天堂”环境假说,前者带来了国外淘汰的落后产能,后者带来了先进的环保技术,无论哪种假说,对绿色发展都能产生较大影响。对外开放对长江经济带绿色发展水平提升的贡献率高,提升潜力大^[13]。

(6) 创新资源集聚。促进创新资源集聚与融合发展是激发高新区产业集群强大推力的关键^[25]。各地区绿色发展具有很强的联系性,区域一体化和创新能力的结合能够促进长江经济带整体生态环境的改善^[26]。产业集聚则会对长江经济带绿色发展产生抑制作用^[13]。

综上所述,经济基础、产业结构、技术创新、环境规制、对外开放和创新资源集聚在驱动高新区绿色发展均发挥重要作用,高新区各要素相辅相成,协同驱动绿色发展绩效提升。本文从以上 6 个方面对高新区降低综合能耗进行分析。

(三) 理论框架与模型构建

TOE 框架是一种基于技术应用的综合性分析框架,将影响技术应用的因素划分为技术、组织与环境 3 个维度。TOE 框架契合研究低碳创新应用规律的理论需求^[27]。结合长江经济带国家高新区绿色发展实践情境特征,本文对 TOE 分析框架进行拓展调试。

第一,技术条件。具体包括研发投入与开放创新 2 个二级条件。参考万晓乐等^[28]把研发强度作为技术条件,国家高新区通过专项攻关、壮大主体、吸纳资源等举措,持续推动研发投入高速增长,助力企业技术攻关,为绿色发展积蓄动能。此外,国家高新区鼓励外商投资、技术引进和产品走出去,进行绿色技术迭代升级,反映绿色创新能力

水平,也属于技术条件^[29]。

第二,组织条件。具体体现为政府支持^[30-31]。政府通过政策支持为国家高新区创造良好的创新创业生态,改善营商环境,为产业绿色转型升级提供至关重要的支撑保障。如南昌高新区每年列支绿色发展专项资金1000万元,用于扶持企业节能技改、清洁生产、循环利用、生态文明建设等。

第三,环境条件。具体包括经济基础、产业结构和创新资源集聚3个二级条件,共同构成高新区绿色发展的外部环境。TOE分析框架中,产业结构是环境条件的典型指标^[30]。国家高新区大力发挥新经济促进绿色发展的作用,在绿色低碳产业培育和创新资源集聚等方面持续发力,加快绿色

低碳创新技术成果转化,进一步完善产业生态。

定性比较分析(Qualitative comparative analysis, QCA)方法能有效分析并发条件、等效路径及非对称关系等复杂管理问题^[31-32],已成为研究复杂动态的创新生态系统的重要方法。组态视角基于系统和整体分析思路,能有效分析高新区多重因素协同驱动绿色发展,降低综合能耗的复杂因果机制^[33]。鉴于此,本文引入基于组态视角的QCA方法,选择了经济基础、产业结构、研发投入、政府支持、开放创新、创新资源集聚共6个前因条件,构建TOE分析框架,探讨多个要素影响高新区综合能耗的组态效应,揭示不同条件下实现低综合能耗的绿色发展路径,研究框架如图1所示。

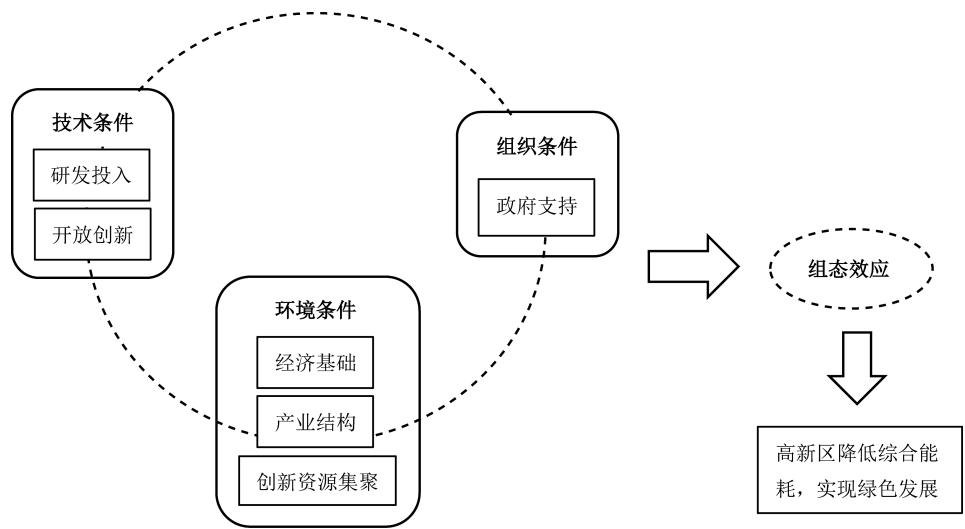


图1 高新区降低综合能耗,实现绿色发展的TOE分析框架

二、研究设计

(一)变量选择与测量

(1)结果变量。为实现绿色发展,高新区通过坚持和完善能耗强度和总量双控制度,以碳达峰碳中和目标为导向,以产业绿色转型为引领,以节能降耗为主线,全面提升能源资源利用效率和产出效益。国家高新区绿色发展绩效用工业企业万元增加值综合能耗表示。

(2)技术条件变量。研发投入选用研究与试验发展经费支出占GDP比重测量,通过引导企业进行绿色技术研发创新,使用绿色生产设备来减少工业排放污染物;开放创新用内资控股企业万人拥有欧美日专利授权数量及境外注册商标数量衡量,反映高新区企业引入先进国家专利技术及

我国先进技术和产品走出去,进行绿色新技术迭代升级和产业链创新链深度融合。

(3)组织条件变量。政府是国家高新区绿色发展的关键组织条件,政府支持具有促使国民经济平稳运行的作用,通过促进社会公平、改善人民生活影响着绿色发展,如资金扶持、税收优惠、政策激励等。鉴于此,选择财政科技支出占当年财政支出比例衡量政府支持水平。

(4)环境条件变量。高新区的环境是指推动绿色发展的创新创业生态。环境条件变量包括产业结构、经济基础和创新资源集聚3个变量。经济基础是高新区绿色发展的原始动力,用园区生产总值占其所在城市GDP比例进行测度。高新区是发展高新技术产业的功能区,通过调节资源要素

在经济活动与生态环境之间的流动使结构效益不断增加,从而对绿色发展水平产生影响,用高技术产业营业收入占营业收入比例进行测度。创新资源集聚用省级及以上各类研发机构数量和当年认定的高新技术企业数量进行测度。各变量的描述统计结果见表 1。

表 1 变量定义与描述

类别	维度	名称	测度方式	均值	标准差	最小值	最大值
结果变量		绿色发展绩效	工业企业万元增加值综合能耗	0.810	0.217	0.000	1.000
条件变量	技术	研发投入	研究与试验发展经费支出占 GDP 比重	0.051	0.035	0.006	0.168
		开放创新	内资控股企业万人拥有欧美日专利授权数量及境外注册商标数量	3 398 871.000	4 818 837.000	0.000	19 200 000.000
	组织	政府支持	财政科技支出占当年财政支出比例	0.166	0.168	0.019	1
	环境	经济基础	园区生产总值占其所在城市 GDP 比例	0.229	0.168	0.007	0.952
		产业结构	高技术产业营业收入占营业收入比例	0.217	0.190	0.013	0.780
		创新资源集聚	省级及以上各类研发机构数量和当年认定的高新技术企业数量	366.561	528.407	26.000	2 414.000

(二) 研究对象与数据来源

本文选取长江经济带 84 家国家高新区为研究对象。其中,长三角城市群 36 家,长江中游城市群 30 家,长江上游城市群 18 家(其中成渝城市群 12 家),覆盖我国内地 11 个省级行政区,各园区实现绿色发展的要素投入与发展水平均具有较大异质性,满足总体同质性与内部异质性的案例选择要求。

本文数据均来源于《中国火炬统计年鉴》,由于模糊定性比较分析无法处理面板数据,因此各条件变量和结果变量数据均采用某一年的静态截面数据。考虑到高新区实现绿色发展相较于形成低综合能耗路径具有一定滞后性,本文将结果数据设定为相比前因条件滞后 1 年,即综合能耗使用 2020 年数据,条件变量使用 2019 年数据。

(三) 数据校准

校准是给每个案例赋予集合隶属度的过程^[34]。对案例进行校准需要根据理论和实际的外部知识或标准设定完全隶属、交叉点以及完全不隶属 3 个锚点^[35]。本文基于案例的描述性统计结果进行校准。参考既有研究^[36],本文对 6 个条件与 1 个结果采用 25%分位数(完全不隶属)、50%分位数(交叉点)和 75%分位数(完全隶属)进行校准,进而将原始变量数据转化为 0 到 1 的模糊隶属数值。同时,存在样本数据在交叉点校准后等于 0.5 的情况,本文将 0.5 的真值修正为 0.500 1 后进行计算。高绿色低碳绩效通过取低综合能耗的非集实现。条件变量与结果变量的校准结果如表 2 所示。

表 2 条件变量和结果变量的校准锚点

结果和条件	目标集合	校准居中		
		完全不隶属	交叉点	完全隶属
绿色发展绩效	高绿色发展绩效	0.750	0.889	0.950
研发投入	高研发投入水平	0.024	0.040	0.080
产业结构	优产业结构	0.084	0.146	0.327
开放创新	高开放创新水平	390 030	1 545 600	3 656 550
政府支持	高政府支持力度	0.066	0.105	0.189
经济基础	优经济基础	0.120	0.175	0.303
创新资源集聚	高创新资源集聚度	77.000	153.000	315.000

三、结果分析

(一) 长江经济带国家高新区综合能耗现状

本文首先以工业企业万元增加值综合能耗为衡量指标,对长江经济带三大城市群的国家高新区综合能耗水平进行差异分析,如图 2 所示。《国家高新区绿色发展专项行动实施方案》指出,到 2025 年,50% 的国家高新区单位工业增加值综合能耗低于 0.3 t 标准煤/万元。2020 年 169 家高新区工业企业万元增加值综合能耗为 0.451 t 标准煤,因此将国家高新区综合能耗水平分为三个等级:高水平(<0.3),低水平(>0.45)和中等水平(0.3~0.45)。

长江经济带国家高新区综合能耗水平的分布呈明显的区域差异性和集聚辐射效应,长三角城市群(0.265)、长江上游城市群(0.443)、长江中游城市群(0.514)的国家高新区绿色发展水平依次递减,跨度接近两个数量级,区域差异性显著。其中,长三角城市群集聚辐射效应显著。2023 年 7 月,长三角生态绿色一体化发展示范区跨省域高新技术产业开发区正式揭牌成立,这是全国首个跨省域高新技术产业开发区。江苏(0.249)、上海

(0.138)、重庆(0.210)、安徽(0.264)等省份(直辖市)绿色发展水平领先,技术、资源等要素外溢,吸引优势企业集聚,辐射相邻省市,带动长三角及

长江上游整体水平提升。以江西、湖北、湖南为代表的长江中游城市群集聚潜力较大,可通过国家高新区引领示范进一步提升区域整体的绿色发展水平。

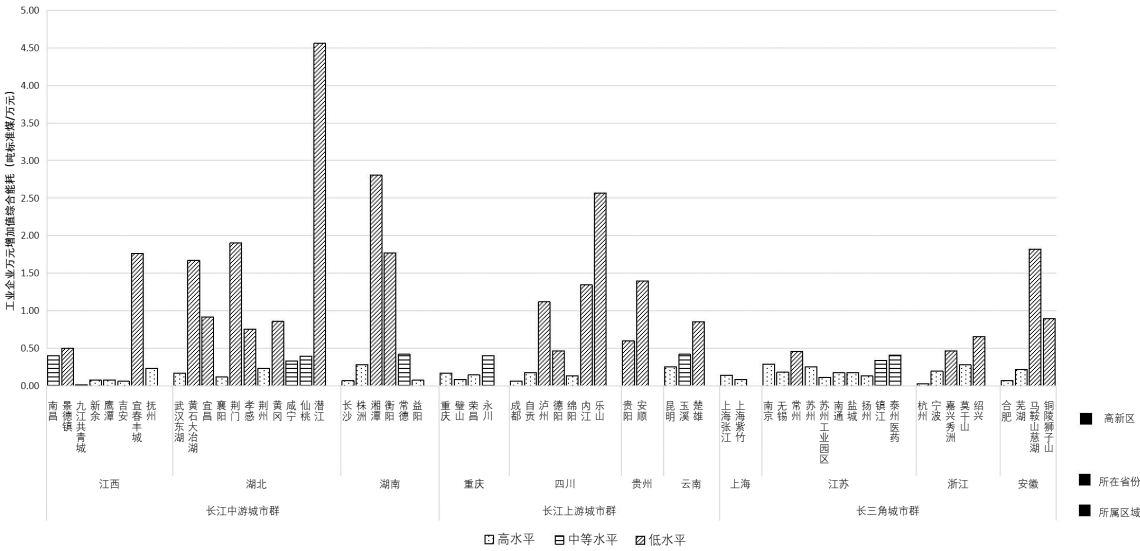


图2 2020年长江经济带国家高新区工业增加值综合能耗

注:根据描述性统计分析,将综合能耗水平分为3个等级:高水平(<0.3),低水平(>0.45)和中等水平(0.3~0.45)。

(三)NCA 必要条件分析

NCA 是基于复杂因果关系的一种全新的必要条件分析法,可以更精确地计算绿色发展的瓶颈标准。当单个条件的效应量(d)大于0.1,且P值检验显著时,认为该条件是结果的一个必要条件^[35]。本文同时应用CE和CR两种方法构建x-y散点图,并整理相应参数得出最终的NCA必要条件,结果见表3。

表3 NCA方法的必要条件分析结果

条件	方法	精确度/%	上限区域	范围	效应量(d)	P值
研发投入	CR	93.0	0.009	1	0.009	0.213
	CE	100	0.006	1	0.006	0.520
产业结构	CR	84.2	0.075	1	0.075	0.070
	CE	100	0.015	1	0.015	0.078
开放创新	CR	100	0.000	1	0.000	0.759
	CE	100	0.000	1	0.000	0.738
政府支持	CR	100	0.005	1	0.005	0.475
	CE	100	0.010	1	0.010	0.314
经济基础	CR	100	0.005	1	0.005	0.385
	CE	100	0.010	1	0.010	0.322
创新资源集聚	CR	100	0.001	1	0.001	0.669
	CE	100	0.002	1	0.002	0.670

注:①表格使用的数据为校准后模糊集隶属值,因此X、Y值在[0,1]范围内;②P值为显著性检验效应值,默认置换检验的重抽次数=10000。③效应量(d)表示必要条件的效应大小, $d=C/S(0\leq d\leq 1)$ 。效应量越大,表示该条件对结果的约束性越大,通常 $0\leq d<0.1$ 为“低效应”, $0.1\leq d<0.3$ 为“中等效应”, $0.3\leq d<0.5$ 或者 $d\geq 0.5$ 为“高效应”。

NCA 分析结果显示,各要素中的效应量均小于0.1,即不构成降低综合能耗的必要条件。表4进一步报告了必要条件瓶颈水平分析结果。要达到70%及以上水平的绿色发展,只有产业结构是必要条件,其他条件都不必要,表明产业结构是绿色发展的基本条件。要达到100%的低碳发展水平,研发投入至少要达到48.7%水平,产业结构至少要达到42.2%水平,开放创新至少要达到3.1%水平,经济基础要满足96%的水平,创新资源集聚要达到5.1%的水平。

表4 NCA必要条件瓶颈水平(%)分析

绿色发展	研发投入	产业结构	开放创新	政府支持	经济基础	创新资源集聚
0	NN	NN	NN	NN	NN	NN
10	NN	NN	NN	NN	NN	NN
20	NN	NN	NN	NN	NN	NN
30	NN	NN	NN	NN	NN	NN
40	NN	NN	NN	NN	NN	NN
50	NN	NN	NN	NN	NN	NN
60	NN	NN	NN	NN	NN	NN
70	NN	6.6	NN	NN	NN	NN
80	NN	18.5	NN	NN	NN	NN
90	NN	30.3	NN	NN	NN	NN
100	48.7	42.2	3.1	NN	96.0	5.1

注:NN表示不必要;该瓶颈水平分析结果采用上限回归分析CR方法计算得出。

(四)组态的充分性分析

组态分析试图揭示多个条件构成的差异化组

态致使结果产生的充分性。参考杜运周等^[33]的做法,选择案例频数阈值为 1,原始一致性阈值为 0.8, PRI 一致性阈值为 0.7。遵循 Fiss^[36]的研究,由于不存在既定的理论和经验证据,在进行反事实分析时,假设单个条件出现与否均可贡献高绩效。组态分析结果如表 5 所示,实现高新区低综合能耗的组态有 7 条,其中存在组态 S1a 和 S1b、组态 S3a 和 S3b 两组等价组态,即每组组态的核心条件相同。

表 5 国家高新区实现高绿色发展绩效的组态

前因条件	绿色发展绩效组态						
	S1a	S1b	S2	S3a	S3b	S4	S5
研发投入	⊙	●	●	●	●	●	●
产业结构	●	●	●	⊗	⊗	●	●
开放创新		⊙	⊗	●	⊙	●	●
政府支持	●	●	●	●	⊙	●	⊗
经济基础	⊙	●	⊙	⊗	⊗	●	⊗
创新资源集聚	⊗	⊗	●	●	●	●	●
一致性	0.901	0.903	0.969	0.953	0.944	0.848	0.859
原始覆盖度	0.088	0.081	0.076	0.083	0.052	0.128	0.113
唯一覆盖度	0.050	0.047	0.013	0.023	0.009	0.071	0.053
总体一致性	0.907						
总体覆盖度	0.378						

注:●表示核心条件存在,⊗表示核心条件缺失,●表示边缘条件存在,⊙表示边缘条件缺失、空白表示该条件既可出现也可不出现。下同。

S1a 和 S1b 组态是相似度较高的条件组合:政府高度支持下高新技术产业驱动型。以优产业结构、高政府支持水平和非高创新资源集聚为核心条件,高新区可以实现低碳发展。说明强有力的政府支持和良好的产业结构在提升绿色发展绩效方面发挥普适作用,其它条件均需要政府支持和产业结构协同联动才能实现高绿色绩效。S1a 表明在创新资源集聚水平不高且技术创新和经济发展水平均存在不足的高新区,如果政府加强支持水平且具有优质的高新技术产业,可以促进绿色发展。这个组态覆盖了约 8.8% 的国家高新区。典型案例为盐城高新区。盐城高新区引进资源消耗少、产出效益高的绿色项目,支持先进绿色低碳技术示范应用,试点超低能耗、近零能耗产业示范工程,打造江苏省“近零碳”排放示范园区。S1b 表明在创新资源集聚不高、开放创新不足的高新区,政府加大支持力度,优化产业结构,提高绿色技术研发投入和经济发展水平,高新区可以实现绿色发展。这个组态覆盖了约 8.1% 的国家高新区。典型案例为吉安高新区。吉安高新区探索林

业碳汇改革试点,建立网格化监管体系,形成新型绿色工业体系。2022 年荣获国家园区水效领跑者、全省首批碳达峰试点园区。

S2 组态是政府高度支持下技术与产业驱动型。以高技术创新、优产业结构、非高开放创新和高政府支持水平为核心条件,非高经济发展水平和高创新资源集聚为边缘条件,高新区可以实现低碳发展。表明在开放创新不足的高新区,高绿色低碳绩效依赖于技术、组织与环境三方面因素的协同并发效应,且各因素均衡发挥核心作用。该组态覆盖了约 7.6% 的国家高新区。典型案例为扬州高新区。扬州高新区将低碳经济管理职能纳入园区管理组织结构中,建立低碳技术企业孵化器,强化绿色低碳技术研发与应用,并与装备制造、新型光电等产业联动,延伸产业链条。对比路径 S1b 和路径 S2 可知,在具备高技术创新能力、高产业结构、高政府支持力度以及非高程度开放创新时,经济发展水平能够与创新资源集聚形成替代关系。

S3a 和 S3b 组态是相似度较高的条件组合:创新资源集聚下的技术驱动型。非优产业结构、非高经济发展水平和高创新资源集聚为核心条件,高技术创新为边缘条件,高新区可以实现低碳发展。说明创新资源要素集聚在提升绿色发展绩效方面发挥基础作用,技术创新发挥辅助作用。S3a 表明在高新技术产业欠缺且经济发展较为缓慢的高新区,大力集聚创新资源,增强技术创新和政府支持力度,提升开放创新水平可以实现绿色发展。该组态覆盖了约 8.3% 的国家高新区。典型案例为贵阳高新区。贵阳高新区实施绿色经济倍增计划,设置招商引资“绿色门槛”,积极与全球排名第一的汽车发电机制造商法国法雷奥公司合作,推动数字化、智能化、绿色化改造。2022 年,新能源汽车产业成为贵阳高新区首个工业百亿级产业。S3b 表明在政府支持水平不高且高新技术产业不发达、经济发展水平和开放创新水平均存在不足的高新区,大力集聚创新资源,开展技术创新可以实现绿色发展。这个组态覆盖了约 5.2% 的国家高新区。典型案例为宜昌高新区。宜昌高新区集聚先进研发机构和载体,开发具有自主知识产权、行业领先的生产工艺,主导制定数十项国际标准

和国家、行业标准。其中高效节能精馏技术获得国家科技进步奖二等奖。

S4 组态是政府高度支持下的技术、产业与经济发展共同驱动型。以高技术创新、优产业结构、高政府支持和高经济发展水平为核心条件,高开放创新和高创新资源集聚为边缘条件,高新区可以实现低碳发展。表明高新区依托良好的经济发展基础,通过提升技术创新水平,提高政府支持力度,打造优质的高新技术产业、营造开放创新的良好生态、加大创新资源集聚,可以实现低碳发展。该组态覆盖了约 12.8% 的国家高新区,是实现高水平绿色低碳绩效的主要路径。典型案例为合肥高新区。合肥高新区编制绿色发展规划,出台绿色发展政策新十条,成立碳达峰碳中和暨绿色发展高端智库,建立绿色低碳技术研究、孵化和成果转化中心,打造高端碳中和产业集聚区。目前节能环保产业年产值达 400 亿元,年增长率 19.5%。

S5 组态是创新资源集聚下的技术、产业与开放创新共同驱动型。非高政府支持、非高经济发展水平和高创新资源集聚为核心条件,高技术创新、优产业结构和高开放创新为边缘条件,高新区可以实现低碳发展。表明在政府支持水平较低、经济发展不足的高新区,可以依托优质的创新资源集聚、发展高新技术产业和技术创新,提高开放创新水平,最终实现低碳发展。这个组态覆盖了约 11.3% 的国家高新区。典型案例为郴州高新区。郴州高新区打造资源可持续循环利用、碳中和等方向的科技创新公共技术服务平台和基地,全面开展清洁能源替代改造工程,对重点耗能行业 and 重点用能企业实行分级管理,园区整体能源利用效率稳步提升。2022 年入选国家绿色工业园区。对比路径 S3a 和路径 S5 可知,在具备高技术创新能力、高开放创新水平、高创新资源集聚以及非高经济基础时,产业结构能够与政府支持形成互补关系。

综上所述,在实现高新区绿色发展的 5 条组态路径中,均需要技术、组织和环境 3 个层面要素的联动匹配作用,再次验证了利用 TOE 框架研究高新区绿色发展的合理性。其中,产业结构和政府支持是有效促进高新区绿色低碳绩效提升的核心条件。研发投入和创新资源集聚在实现绿色发展

中也发挥了重要作用。

(五) 稳健性检验

为了提升研究结果的可靠性和可信度,通过调整真值表构建过程中的案例频数阈值和一致性阈值进行稳健性检验。当调整原始一致性阈值为 0.85 时,除了组态 S3a 消失,其余组态皆有对应,如表 6 所示。当调整 PRI 一致性阈值为 0.75 时,除了组态 S2a 和 S3a 消失,其余组态皆有对应,如表 7 所示。PRI 一致性阈值调整前后的两个模型存在清晰的子集关系^[37]。基于此,高新区绿色发展的前因组态研究结果是较为稳健的。

表 6 提高原始一致性后的稳健性检验结果

前因条件	高绿色发展绩效组态					
	M1	M2	M3	M4	M5	M6
研发投入	⊙	•	•	•	•	•
产业结构	●	•	●	⊗	⊗	●
开放创新		•	⊗	•	⊙	⊙
政府支持	●	⊗	●	•	⊙	●
经济基础	⊙	⊙	⊗	⊗	⊗	•
创新资源集聚	⊗	●	•	●	●	⊗
一致性	0.901	0.880	0.982	0.944	0.957	0.905
原始覆盖度	0.088	0.123	0.077	0.052	0.054	0.078
唯一覆盖度	0.050	0.075	0.017	0.009	0.011	0.050
总体一致性	0.920					
总体覆盖度	0.322					

表 7 提高 PRI 一致性后的稳健性检验结果

前因条件	高绿色发展绩效组态				
	N1	N2	N3	N4	N5
研发投入	⊙	•	•	•	●
产业结构	●	●	⊗	⊗	●
开放创新		⊗	•	⊙	⊗
政府支持	●	●	•	⊙	●
经济基础	⊙	⊗	⊗	⊗	•
创新资源集聚	⊗	●	●	●	⊙
一致性	0.956	0.982	0.949	0.957	0.905
原始覆盖度	0.089	0.077	0.089	0.054	0.078
唯一覆盖度	0.049	0.019	0.044	0.013	0.054
总体一致性	0.946				
总体覆盖度	0.247				

四、结论与启示

(一) 研究结论

本文构建了长江经济带国家高新区降低综合能耗的 TOE 整合分析框架,以 84 家长江经济带国家高新区为样本,创新性地采用 QCA 方法从组态视角研究了经济基础、产业结构、技术创新、环境规制、对外开放和创新资源集聚等 6 个关键前因条件对国家高新区绿色低碳发展多重并发的联动效应,探讨国家高新区实现高绿色发展绩效的持续

发展路径。

(1) 国家高新区绿色低碳绩效受到多个条件变量的共同影响,不存在影响能耗绩效的必要条件。

(2) 国家高新区实现高绿色发展绩效的路径有 5 条,每条路径均需要多个要素协同互动、共同作用,分别为政府高度支持下高新技术产业驱动型,政府高度支持下技术与产业驱动型,创新资源集聚下的技术驱动型,政府高度支持下的技术、产业与经济发展共同驱动型,以及创新资源集聚下的技术、产业与开放创新共同驱动型。其中政府高度支持下的技术、产业与经济发展共同驱动型分布最为普遍。

(3) 前因要素在协同驱动园区实现高绿色低碳绩效过程中存在替代或互补关系。当高新区拥有良好的技术创新能力、产业结构和政府支持力度时,经济基础与创新资源集聚存在替代关系;当高新区拥有良好的技术创新能力、开放创新水平、创新资源集聚能力,但经济基础薄弱时,产业结构与政府支持存在互补关系。

(二) 理论贡献

(1) 从理论视角来看,基于 TOE 理论框架构建影响高新区绿色低碳绩效的前因条件体系,将高新区绿色低碳绩效驱动模式从关注分散性前因条件的影响转向关注技术、组织、环境等多重前因条件的综合作用上,不仅有助于系统梳理影响园区绿色发展的关键要素,也拓宽了 TOE 理论框架的适用范围,进一步挖掘了其在中国情境下的具体内涵。

(2) 从研究方法来看,将 QCA 方法引入高新区绿色发展绩效的研究中,丰富了园区绿色发展的研究工具。一方面,不同于现有研究主要采用案例分析或传统的净效应分析方法,本文利用 QCA 方法在分析复杂因果关系上的显著优势,有效揭示了高新区绿色发展体系多个要素共同影响绩效的组态效应。另一方面,本文将 QCA 方法应用到对产业园区复杂集群整体的研究,响应了学者关于使用组态视角和 QCA 方法的独特优势分析集群与绩效间复杂因果关系的呼吁。

(3) 从研究结论来看,研究得出了形成高新区高绿色低碳绩效的不同组态路径,实证探讨了多个要素协同影响园区低碳绩效的作用机制,并进

一步识别了要素之间存在的潜在替代、互补关系,有效弥补了现有研究对多个要素间协同作用与互动关系探讨匮乏的不足,进一步分析发现技术、组织、环境条件在不同绩效组态中的异质性作用,增强了国家高新区等工业园区绿色低碳发展的准确性和科学性。

(三) 管理启示

第一,充分发挥国家高新区在创新研发中的优势,构建市场导向型绿色技术创新体系。应加大对绿色技术创新的研发投入,加强技术引进,扶持一批绿色技术创新领军企业。加强绿色技术知识产权保护与服务,积极运用政策手段引导技术要素向长江经济带中上游城市流转,激发绿色转型的内生动力。

第二,促进下游高新区向中上游高新区产业梯度转移,建立跨地区、跨流域横向生态补偿机制。应严格落实长江经济带发展负面清单指南和长江经济带产业转移指南,让绿色成为承接产业转移的鲜明底色。国家高新区要加大纵向生态保护补偿力度,四川、贵州、云南三省已建立流域横向生态补偿机制,共同保护长江上游生态。

第三,综合考虑高新区资源禀赋与发展阶段进行分类施策。长江上游地区要大力促进区域合作和资源共享,建立多层次协商机制和协同发展平台,筑牢长江经济带绿色屏障。长江中游地区要协同推进经济高质量发展和产业结构调整,加强命令控制型和市场激励型环境规制的协同互补、配套衔接,加大科技创新力度,以及创新资源的充分集聚和利用^[7]。长江下游地区高新区要充分发挥经济增长方式转型、科技创新和环境规制的引领示范作用,辐射带动中上游地区绿色发展。

参考文献:

- [1] 李金华. 中国高新技术发展行动的成就及政策思考: 基于“火炬计划”实施的测度分析[J]. 北京工商大学学报(社会科学版), 2020, 35(2): 22-33.
- [2] 张先进. 绿色发展理念下的中国国家高新区发展战略研究[J]. 改革与战略, 2016, 32(8): 27-30.
- [3] 田慧敏, 王向前. 长江经济带碳排放时空差异及影响因素分析[J]. 西安文理学院学报(自然科学版), 2023, 26(1): 99-104.
- [4] 郝吉明, 田金平, 卢琬莹, 等. 长江经济带工业园区绿色发展战略研究[J]. 中国工程科学, 2022, 24(1): 155-165.

- [5]蔡绍洪,谷城,张再杰.长江经济带绿色发展水平测度及时空演化特征[J].华东经济管理,2021,35(11):25-34.
- [6]袁靖,马腾,于涵如,等.基于系统动力学模型的长江经济带绿色发展潜力研究[J].统计理论与实践,2023(1):3-11.
- [7]李林子,田健,赵玉婷,等.基于主体功能区的差异化绿色发展指标体系研究[J].生态经济,2022,38(5):222-229.
- [8]翁异静,卓莹莹,黄扬飞.长江经济带城市群绿色发展空间分布及障碍因子分析[J].林业经济,2022,44(3):37-49.
- [9]陈晓雪,王斌,刘译泽.长江经济带高质量发展与绿色发展耦合路径研究[J].福建商学院学报,2022(3):17-26.
- [10]邓铃钰.长江经济带高碳产业低碳化与低碳产业增长路径分析[J].现代工业经济和信息化,2022,12(3):1-3.
- [11]王鸽,朱建文,吴友群.长江经济带高新技术产业集聚对区域绿色发展的空间效应研究[J].安徽工业大学学报(社会科学版),2021,38(5):6-10.
- [12]朱新玲,贺岚静.长江经济带高质量创新与绿色经济耦合协调研究[J].中南林业科技大学学报(社会科学版),2021,15(1):31-39.
- [13]黄庆华,邓成玉.长江经济带绿色发展水平测度及影响因素研究[J].上海商学院学报,2022,23(1):73-88.
- [14]刘洋,赵佳玲,钱依森,等.长江经济带中游典型工业园区污碳协同脱钩发展路径研究[J].环境污染与防治,2022,44(12):1676-1681.
- [15]GROSSMAN G M, KRUEGER A B. Environmental impacts of a North American free trade agreement[J]. Social science electronic publishing, 1991(2): 223-250.
- [16]朱平辉,袁加军,曾五一.中国工业环境库兹涅茨曲线分析:基于空间面板模型的经验研究[J].中国工业经济,2010(6):65-74.
- [17]张欣,廖岚琪,唐赛.我国环境库兹涅茨曲线检验与影响因素分析[J].统计与决策,2020,36(13):72-76.
- [18]李鹏涛.中国环境库兹涅茨曲线的实证分析[J].中国人口·资源与环境,2017,27(S1):22-24.
- [19]林伯强.中国二氧化碳的环境库兹涅茨曲线预测及影响因素分析[J].管理世界,2009(4):27-36.
- [20]黄庆华,周志波,刘晗.长江经济带产业结构演变及政策取向[J].经济理论与经济管理,2014(6):92-101.
- [21]滕堂伟,孙蓉,胡森林.长江经济带科技创新与绿色发展的耦合协调及其空间关联[J].长江流域资源与环境,2019,28(11):2574-2585.
- [22]欧阳友,汪发元.绿色技术创新、能源发展对实体经济发展的影响:基于长江经济带2005—2020年数据的实证分析[J].统计理论与实践,2023(1):12-17.
- [23]黄成,吴传清,邓明亮.环境规制与长江经济带工业绿色转型:基于排污异质性的视角[J].改革,2023(9):138-154.
- [24]尹礼汇,孟晓倩,吴传清.环境规制对长江经济带制造业绿色全要素生产率的影响[J].改革,2022(3):101-113.
- [25]吴价宝,易爱军,吴佳玲,等.江苏省国家高新区创新资源集聚路径与融合机制研究[J].江苏海洋大学学报(人文社会科学版),2021,19(1):104-114.
- [26]曹颖,周钦.区域一体化、创新能力与绿色发展:基于长江经济带的实证研究[J].资源与产业,2022,24(1):96-106.
- [27]马海韵,张彤.率先碳达峰国家低碳技术创新采纳应用规律对中国的启示:基于“技术—组织—环境”框架的分析[J].现代经济探讨,2023(7):15-22.
- [28]万晓乐,毕力文,邱鲁连.供应链压力、战略柔性 & 制造企业开放式绿色创新:基于 TOE 框架的组态分析[J].中国软科学,2022(10):99-113.
- [29]肖静,曾萍,任鸽.如何提升制造业绿色转型绩效?:基于 TOE 框架的组态研究[J].科学学研究,2022,40(12):2162-2172.
- [30]闫华飞,牛兰兰,肖静. TOE 框架下地区碳减排的组态路径研究[J].管理学报,2023,36(3):35-48.
- [31]杜运周,贾良定.组态视角与定性比较分析(QCA):管理学研究的一条新道路[J].管理世界,2017(6):155-167.
- [32]DOUGLAS E J, SHEPHERD D A, PRENTICE C. Using fuzzy-set qualitative comparative analysis for a finergrained understanding of entrepreneurship [J]. Journal of business venturing, 2020, 35(1):1-17.
- [33]杜运周,李佳馨,刘秋辰,等.复杂动态视角下的组态理论与 QCA 方法:研究进展与未来方向[J].管理世界,2021,37(3):180-197.
- [34]程建青,罗瑾琰,杜运周,等.制度环境与心理认知何时激活创业:一个基于 QCA 方法的研究[J].科学学与科学技术管理,2019,40(2):114-131.
- [35]DUL J, VAN DER LAAN E, KUIK R. A statistical significance test for necessary condition analysis [J]. Organizational research methods, 2020(23):385-395.
- [36]FISS P C. Building better causal theories: a fuzzy set approach to typologies in organization research [J]. Academy of management journal, 2011(54):393-420.
- [37]张明,杜运周.组织与管理研究中 QCA 方法的应用:定位、策略和方向[J].管理学报,2019,16(9):1312-1323.

(本文责编:润 泽)