

文章编号: 1003-1421(2026)08-0051-13

引用格式: 高紫妍, 吕倩, 刘浩宇. 数实融合背景下中国物流业绿色低碳转型路径[J]. 铁路运输与经济, 2026, 48(8): 51-63, 72.
GAO Ziyan, LYU Qian, LIU Haoyu. Green and Low-Carbon Transformation Path of China's Logistics Industry under Background of Digital-Real Integration[J]. Railway Transport and Economy, 2026, 48(8): 51-63, 72.

数实融合背景下中国物流业绿色低碳转型路径

高紫妍^{1, 2}, 吕倩^{1, 2}, 刘浩宇^{1, 2}

(1. 北京信息科技大学 管理科学与工程学院, 北京 102206; 2. 北京知识管理研究基地, 北京 102206)

摘 要: 物流业绿色低碳转型是实现中国“双碳”战略目标的关键环节, 探究数实融合背景下绿色低碳发展的有效路径, 对于物流行业可持续发展具有重要理论与实践意义。构建物流业绿色低碳指标体系, 采用熵权法测算中国30个省份物流业绿色低碳水平; 基于熵权法和耦合协调度模型, 构建并测算各省份数实融合水平, 并将其纳入TOE框架下, 基于技术、组织和环境3个层面建立物流业绿色低碳发展的前因条件; 采用fsQCA方法对物流业绿色碳减排路径进行组态分析。结果表明: ①中国物流业绿色低碳水平呈现多层次、非同步的区域特征, 各省份物流业绿色低碳转型需依靠技术、组织和环境3个层面多个条件协同推进; ②物流业绿色低碳转型有城镇支撑型、数实-环境双轮联动型和数实-集聚-市场协同型3种驱动模式, 总体一致性为90.854 3%, 整体覆盖度为60.347 1%; ③物流业非绿色低碳转型有数实缺失型、非数实-环境型和弱支持-组织型3种驱动模式, 数实融合水平的缺失是主要原因; ④多条组态路径表明数实融合水平是中国物流业绿色低碳转型的核心驱动条件。以数实融合赋能物流业绿色低碳转型, 是实现物流业高质量发展的重要途径, 研究结论可以为政府及相关部门决策提供重要理论依据。

关键词: 数实融合; 物流业绿色低碳发展; 组态路径; TOE框架; fsQCA方法

中图分类号: U2-9; X322; F259.2 **文献标识码:** A **DOI:** 10.16668/j.cnki.issn.1003-1421.20251117005

Green and Low-Carbon Transformation Path of China's Logistics Industry under Background of Digital-Real Integration

GAO Ziyan^{1, 2}, LYU Qian^{1, 2}, LIU Haoyu^{1, 2}

(1. School of Management Science and Engineering, Beijing Information Science and Technology University, Beijing 102206, China;
2. Beijing Research Base of Knowledge Management, Beijing 102206, China)

Abstract: The green and low-carbon transformation of the logistics industry is a key link in achieving the strategic goals of “carbon peaking and carbon neutrality” in China. Exploring the effective path of green and low-carbon development under the background of digital-real integration is of great theoretical and practical significance for the sustainable development of the logistics industry. A green and low-carbon indicator system for the logistics industry was constructed, and the entropy weight method was used to measure the green and low-carbon level of the logistics industry in 30 provinces in China; based on the entropy weight method and the coupling coordination degree

收稿日期: 2025-11-17 修订日期: 2026-05-06

通信作者: 吕倩(1986—), 女, 河北石家庄人, 北京信息科技大学管理科学与工程学院副教授。

基金项目: 国家自然科学基金项目(72364028)

model, the digital-real integration level in each province was constructed and measured, and it was incorporated into the TOE framework. The preconditions for the green and low-carbon development of the logistics industry were established based on the three dimensions of technology, organization, and environment; the fsQCA method was used for the configuration analysis of green carbon emission reduction pathways in the logistics industry. The results show that: ① The green and low-carbon level of China's logistics industry exhibits multi-level and asynchronous regional characteristics, and the green and low-carbon transformation of the logistics industry in various provinces relies on the synergistic advancement of multiple conditions across three dimensions of technology, organization, and environment. ② There are three driving modes for the green and low-carbon transformation of the logistics industry: urban support type, digital-real-environment dual-wheel linkage type, and digital-real-aggregation-market synergy type, with an overall consistency of 90.854 3% and an overall coverage of 60.347 1%. ③ The non-green and low-carbon transformation of the logistics industry has three driving modes: digital-real deficiency type, non-digital-real-environment type, and weak support-organization type, and the lack of digital-real integration level is the main reason. ④ Multiple configuration paths indicate that the level of digital-real integration is the core driving condition for the green and low-carbon transformation of China's logistics industry. Empowering the green and low-carbon transformation of the logistics industry through digital-real integration is a crucial pathway to achieving high-quality development of the logistics industry. The research conclusions can provide an important theoretical basis for the government and relevant departments to make decisions.

Keywords: Digital-Real Integration; Green and Low-Carbon Development of Logistics Industry; Configuration Path; TOE Framework; fsQCA Method

0 引言

当前,国际社会正积极应对由温室气体排放所引起的全球气候变暖问题,绿色发展成为全球共识,绿色低碳转型已成为各行业领域的共同行动目标^[1]。中国政府高度重视绿色低碳发展,并将其作为推动经济高质量形态和应对气候变化的重要战略举措。2020年9月22日,中国在第七十五届联合国大会中正式提出,二氧化碳排放力争于2030年前达到峰值,努力争取2060年前实现碳中和^[2]。《国务院关于加快建立健全绿色低碳循环发展经济体系的指导意见》明确指出,要健全绿色低碳循环发展的流通体系^[3]。近年来,随着中国经济持续稳健增长,物流行业迎来快速发展的机遇期,其产业规模和竞争实力持续提升,成为畅通国民经济循环、维护产业链供应链稳定的重要支撑^[4]。与此同时,作为高碳能源依赖性产业,物流行业也面临着巨大的减排压力,这促使其努力寻求绿色、低碳的增长模式。目前,我国数字经济发展形势稳中向好,推动数字经济与实体经济深度融合,是经济发展方式转变的必然选择。在“双碳”政策的指引下,数实融合有潜力推动低碳化管理,提升产业绿色化水

平^[5-6]。总体来看,深化物流业绿色低碳转型既是探索数实融合背景下中国物流业绿色低碳发展方式的有效路径,也是中国实现“双碳”目标的重要抓手。

现如今,关于中国物流业绿色、低碳发展的研究逐渐丰富,研究内容较多集中在绿色低碳发展指标测度^[7-8]、时空效应^[9-10]、影响因素^[11-12]和转型路径^[13-14]等多个方面,研究尺度主要包含国家^[15-16]、省域^[17]、城市^[18]和流域^[19-20]。具体而言,较多学者采用熵权法测度绿色物流发展水平和低碳物流发展水平,如李向荣等^[21]从环境构建与运营要素2个维度构建绿色物流发展水平的评价指标体系,并采用熵权法测算中国30个省份的绿色物流水平;杨扬等^[22]以西部陆海新通道为研究对象,从基础设施水平、物流产出效益和物流低碳状态3个方面构建低碳物流子系统评价体系,并利用熵值法测度低碳物流发展水平。总体来看,已有研究多基于物流业绿色发展或低碳发展单一层面构建指标体系,少有将二者相结合,建立综合的物流业绿色低碳水平指标体系,指标范围有待深化。进一步,已有学者针对物流业绿色低碳转型路径展开研究,研究方法多采用多元回归模型^[23-24]、地理探测器模型^[25]和LMDI分解法^[26],

并得出了诸如提升市场化进程、发展数字技术、推进城镇化建设、加大对外开放等政策建议，总体研究成果丰硕，但针对数实融合对物流业绿色低碳转型的影响研究稍显匮乏。与此同时，许多社会现象的产生往往源于多种条件的相互作用，并以多重并发、非对称的组态形式影响结果。物流业绿色碳减排受不同层次多因素交互影响，但已有研究多采用线性或因果分析方法，鲜有从非线性的组态视角考虑数实融合赋能物流业绿色低碳转型路径的“殊途同归”性，事实上，探讨非对称、非线性和非可加性的绿色低碳转型路径具有重要理论和现实意义。

有鉴于此，以中国 30 个省份为研究对象，构建物流业绿色低碳水平和数实融合水平测量指标体系，并运用熵权法测度中国物流业绿色低碳水平，采用熵权法和耦合协调度模型测算数实融合水平；基于 TOE 框架确定影响物流业绿色低碳发展的前因条件，并将数实融合水平内嵌其中，对其进行组态匹配；最后基于 fsQCA 方法构建中国物流业绿色低碳转型和物流业非绿色低碳转型的差异化组态路径，以期实现中国物流业绿色低碳发展，并为物流业可持续发展提供纾解之道。

1 材料与方法

1.1 数据来源

考虑到原始数据的可得性，以中国 30 个省份 2022 年的数据作为研究对象(因香港特别行政区、澳门特别行政区、台湾省和西藏自治区的数据资料缺失过多，不参与研究)，并选取交通运输、仓储

和邮政业来代表物流业的整体发展^[27]。其中，绿色低碳物流可持续发展能力层面，建成区绿化覆盖率来自《中国城市建设统计年鉴》，物流业能源消费总量和物流业碳排放量相关数据来自《中国能源统计年鉴》并经计算得出；数字经济层面，数字普惠金融指数来自“北京大学数字普惠金融指数”；其余数据均来自《中国统计年鉴》。

1.2 物流业绿色低碳水平指标构建及测度

为系统揭示物流业绿色低碳水平的多元结构与发展特征，推动构建绿色、高效、可持续的物流业良性循环生态，参考以往学者研究^[28-30]，从绿色低碳物流发展效益、绿色低碳物流发展潜力和绿色低碳物流可持续发展能力 3 个维度构建物流业绿色低碳水平测量指标体系如表 1 所示。其中，绿色低碳物流发展效益维度聚焦于物流业的经济产出与服务效能，反映其绿色低碳发展的产出结果；绿色低碳物流发展潜力维度衡量物流业在资源配置上的积累与储备，构成绿色低碳发展的基础条件；绿色低碳物流可持续发展能力维度关注物流业在能源利用、生态保护和政策支持等方面的系统协调水平，体现其绿色低碳发展的系统韧性与生态相容性。其次，基于熵权法测度各省份物流业绿色低碳水平。

1.3 数实融合水平指标构建及测度

数字经济与实体经济相互促进、相互依存、共同发展，耦合演进形成良性循环机制。所以，参考以往学者研究^[31-32]，从数字经济和实体经济 2 个维度构建数实融合水平测量指标体系如表 2 所示。其中，数字经济维度从数字化、网格化、智能化和平

表 1 物流业绿色低碳水平测量指标体系
Tab.1 Green and low-carbon level measurement index system for logistics industry

二级指标	三级指标	指标说明	属性
绿色低碳物流发展效益	产出收益	物流业增加值，亿元	+
	货运总量	货运量，万 t	+
	货物周转量	货物周转量，亿 t·km	+
绿色低碳物流发展潜力	物流业从业人数占比	物流业从业人员数量占总从业人员数量的比例，%	+
	物流业投资占比	物流业固定资产投资额占总固定资产投资额比例，%	+
	运输网络规模	运输线路总长度，km	+
绿色低碳物流可持续发展能力	绿化水平	建成区绿化覆盖率，%	+
	森林覆盖能力	森林覆盖率，%	+
	绿色环保力度	节能环保支出占一般公共预算支出比例，%	+
	物流业能源消耗强度	物流业能源消费总量占物流业增加值比例，%	-
	物流业碳排放强度	物流业碳排放量占物流业增加值比例，%	-

表2 数实融合水平测量指标体系
Tab.2 Digital-real integration level measurement index system

二级指标	三级指标	指标说明	属性
数字经济	数字化	数字普惠金融指数	+
		有电子商务交易活动的企业数比重，%	+
		人均电信业务总量，万元	+
	网格化	每百家企业拥有网站数，个	+
		信息化就业人员占总就业人员比例，%	+
		移动电话交换机容量，万户	+
	智能化	国内专利授权数量，个	+
		工业机器人安装密度，%	+
	平台化	电子商务销售额占地区生产总值比例，%	+
		快递业务量，万件	+
实体经济	发展规模	第二、三产业增加值占地区生产总值比例，%	+
		进出口总额占地区生产总值比例，%	+
		社会消费品零售额占地区生产总值比例，%	+
	经济效益	规模以上工业企业利润总额占营业收入比例，%	+
	发展潜力	规模以上企业 R&D 经费，万元	+

台化4个层面来衡量^[33-34]，共同反映数字经济的发展进程与核心特征；实体经济维度从发展规模、经济效益和发展潜力3个层面来衡量^[35-37]，系统评估实体经济的整体质量与韧性水平。其次，通过熵权法结合线性加权法分别确定数字经济和实体经济2个维度的综合评价值，进一步采用耦合协调度模型测算各省份数实融合水平。

1.4 构建基于TOE框架的组态路径

1.4.1 TOE框架

TOE框架理论最初于1990年由Tornatizky和Fleischer提出^[38]，作为一种综合性的分析方法，该框架将影响因素聚焦于技术、组织和环境3个层面，用于解释组织的技术整合和采纳行为^[39]。经过不断演化发展，TOE框架所属内涵和应用情景逐渐丰富，能够更好地分析中国物流业低碳发展情景下的绿色减排路径。因此，从技术、组织和环境3个层面选取相关指标并嵌入中国物流业绿色低碳发展情境之中。

1.4.2 技术层面

绿色低碳物流发展本质上依赖于技术层面的深刻变革与创新驱动。数实融合作为数字经济和实体经济深度协同的高级形态，通过数字技术重塑传统要素投入结构，赋能要素配置优化，提高能源等要

素生产效率，并最终推动实现碳减排^[40]。而物流业作为碳排放的主要行业之一，尤其需要数实融合的驱动作用。数实融合从技术层面全面体现了数字技术应用的深度、数据要素整合的效能和系统智能协同的水平，能够有效促进绿色技术提升，提高能源利用效率，推动产业结构升级，实现物流业绿色低碳转型。可见，数实融合水平是推动技术条件支持物流业绿色低碳发展的关键因素。因此，在技术层面选取数实融合水平这个条件变量，并用数实融合测量指标体系的测算结果来表示。

1.4.3 组织层面

在组织层面，关键在于深入探讨与技术相契合的组织特性^[41]。对于物流行业而言，从直接影响上讲，随着物流产业的不断集聚，其碳排放水平将呈现先上升后下降的趋势^[42]；从间接影响上讲，物流业集聚使得企业间形成较为紧密的合作关系，有利于充分整合产业绿色要素资源、强化低碳协同合作分工^[43]。此外，物流业绿色低碳发展离不开政府的作用。陈刚等^[44]认为，一方面，如果政府积极投入物流领域，组织参与物流投资，推动绿色低碳发展，促进物流生产要素跨区域流动，就能提高物流业效率，有效降低碳排放；另一方面，如果政府为追求局部利益而过度干预甚至滥用资金，导致物流

资源流通受阻,反而会降低物流业效率,影响碳排放。可见,物流业集聚程度和物流业支持力度是实现物流业绿色低碳发展的关键因素。因此,在组织层面选取物流业集聚程度和物流业支持力度这2个条件变量。其中,物流业集聚程度用物流业区位熵来表示^[45],物流业支持力度用物流业一般公共预算支出占地方一般公共预算支出比例来表示^[46]。

1.4.4 环境层面

环境条件是指行为主体开展活动所处的宏观环境,根据权变理论,组织的战略和行动会受到所处环境的影响^[47]。环境规制是化解能源消费与环境保护之间矛盾的重要途径^[48],通过加大污染治理投资,各行业环境治理能力提升,物流行业也能更好地利用资金支持增强绿色创新能力,减少污染物排放,提高能源利用效率,实现经济发展与环境保护双赢。同时,环境层面还需要关注市场环境因素^[49]。物流业的本质是服务业,而服务业的发展与市场化水平密切相关,学界对市场化水平与服务业的发展之间存在显著的正向影响具有普遍共识^[50],在高度市场化的环境中,物流行业能够更灵敏地响应需求,通过技术和管理优化来提升效率,吸引投资,推动行业规模化发展。此外,城镇化建设也从宏观环境层面影响物流业绿色低碳发展的空间格局与需求结构。随着人口集聚,城镇规模扩大,进一

步改变就业与消费结构,而产业结构的调整倒逼物流业优化运营网络 and 资源配置^[51],推动其向集约化、绿色化方向演进。可见,环境规制程度、市场化水平和城镇化水平是实现物流业绿色低碳发展的关键因素。因此,在环境层面选取环境规制程度、市场化水平和城镇化水平这3个条件变量。其中,环境规制程度用工业污染治理投资额占工业增加值比例来表示^[29],市场化水平用私营单位企业就业人数占总就业人数比例来表示^[52],城镇化水平用年末城镇人口比例来表示^[44]。

1.4.5 fsQCA方法

Ragin提出的定性比较分析方法近年来在学术界已被拓展至组织管理、战略管理和技术应用等领域^[53]。与传统回归分析方法主要研究单一变量的“净效应”不同,模糊集定性比较分析方法fsQCA常用于解决复杂类因果关系问题,尤其适合分析前因条件组态与物流业绿色低碳发展之间的关系。

基于上述构建的框架,最终选择技术层面的数实融合水平、组织层面的物流业集聚程度和物流业支持力度、环境层面的环境规制程度、市场化水平和城镇化水平共6个条件变量,并使用fsQCA方法来探究物流业绿色低碳转型路径和物流业非绿色低碳转型路径。TOE框架下组态路径如图1所示,变量定义与描述如表3所示。

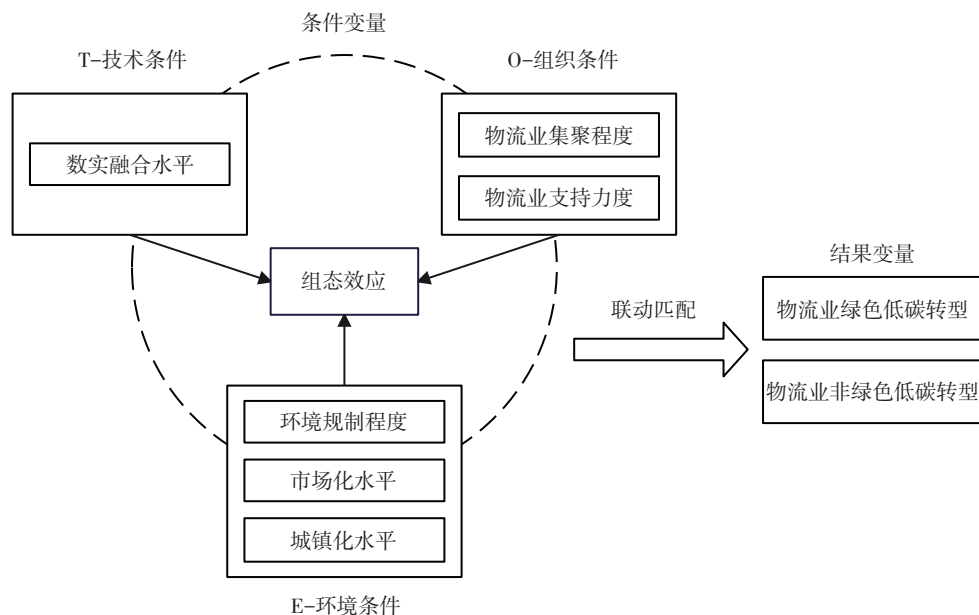


图1 TOE框架下组态路径

Fig.1 Configuration path under TOE framework

表3 变量定义与描述
Tab.3 Variable definition and description

变量类别	变量维度	变量	指标说明
结果变量		物流业绿色低碳水平	物流业绿色低碳水平测量指标体系
条件变量	技术	数实融合水平	数实融合水平测量指标体系
	组织	物流业集聚程度	物流业区位熵，%
		物流业支持力度	物流业一般公共预算支出占地方一般公共预算支出比例，%
	环境	环境规制程度	工业污染治理投资额占工业增加值比例，%
		市场化水平	私营单位企业就业人数占总就业人数比例，%
		城镇化水平	年末城镇人口比例，%

2 结果与分析

2.1 中国物流业绿色低碳水平特征

2022年中国30个省份物流业绿色低碳水平如表4所示。从整体分布特征来看，各省份之间存在明显差异，反映出中国物流业绿色低碳发展进程中存在显著的非均衡性格局。其中，云南居于首位，领先优势较为突出；上海和江苏紧随其后，表明部分经济发达地区在物流业绿色低碳发展方面仍具备较强能力；相较之下，河北、河南等部分传统工业大省，以及四川、广东等部分人口与经济规模较大的省份，其排名相对靠后，在推动物流业绿色低碳发展方面仍面临严峻挑战。进一步，从具体数值分布来看，排名前30%的省份其物流业绿色低碳水平

表4 物流业绿色低碳水平
Tab.4 Green and low-carbon level of logistics industry

排序	省份	物流业绿色低碳水平	排序	省份	物流业绿色低碳水平
1	云南	0.687 262 847	16	山东	0.387 463 123
2	上海	0.539 492 567	17	海南	0.385 425 643
3	江苏	0.503 980 363	18	北京	0.354 452 614
4	广西	0.489 234 787	19	广东	0.346 521 430
5	贵州	0.482 809 977	20	吉林	0.343 410 256
6	重庆	0.465 459 754	21	辽宁	0.308 879 178
7	青海	0.460 815 038	22	黑龙江	0.274 949 700
8	浙江	0.434 116 186	23	湖南	0.273 732 614
9	江西	0.429 872 027	24	甘肃	0.271 628 711
10	陕西	0.429 823 236	25	内蒙古	0.233 909 877
11	宁夏	0.402 497 097	26	福建	0.229 429 194
12	安徽	0.399 604 536	27	河北	0.228 158 501
13	湖北	0.399 419 126	28	天津	0.197 994 757
14	山西	0.392 958 036	29	河南	0.186 133 948
15	新疆	0.392 402 171	30	四川	0.172 560 582

均高于0.4，而排名末30%的省份则普遍低于0.25，呈现出较为明显的梯队分化特征。这一分布格局表明，中国物流业绿色低碳水平已形成多层次、非同步的区域特征。针对不同省份发展现状，实施差异化引导策略，构建分类指导、精准施策的物流业绿色低碳转型路径体系是推动中国物流业实现更高质量、更高效绿色低碳发展的关键所在。

2.2 中国物流业绿色低碳转型路径

2.2.1 变量校准

在必要条件分析之前，对结果和条件变量进行校准。变量校准指的是给案例赋予集合隶属的过程^[54]，即根据已有的理论知识和案例情境将变量校准为集合。采用直接校准法将案例数据的75%分位数界定为完全隶属锚点，将50%分位数界定为交叉点锚点，将25%分位数界定为完全不隶属锚点^[55]。由于案例数据出现0.5时软件会自动剔除，为了保证数据的完整性，如果校准后模糊集隶属分数为0.5，则加0.000 1，替换为0.500 1。变量校准锚点如表5所示。

表5 变量校准锚点
Tab.5 Variable calibration anchors

结果与条件变量	完全隶属	交叉点	完全不隶属
物流业绿色低碳水平	0.433 055 146	0.389 932 647	0.274 036 886
数实融合水平	0.482 439 419	0.423 385 473	0.351 043 618
物流业集聚程度	1.138 968 903	1.017 243 410	0.876 242 108
物流业支持力度	0.063 656 980	0.047 180 675	0.040 986 803
环境规制程度	0.001 160 787	0.000 775 276	0.000 336 606
市场化水平	0.810 262 640	0.790 458 908	0.742 841 772
城镇化水平	0.707 475 000	0.639 900 000	0.601 900 000

2.2.2 必要条件分析

在进行条件变量组态分析之前，需要对变量进行必要性检验，即验证单个变量是否为影响结果变

量的必要条件。必要条件分析通常使用一致性和覆盖率指标作为判断标准^[56]。若一致性数值高于0.9且覆盖率足够,则该变量就是必要条件。运用fsQCA3.0软件进行验证,必要条件分析结果如表6所示,所有条件变量的一致性数值均在0.9以下且覆盖率较为充足,因此可以判定影响物流业绿色低碳转型和非绿色低碳转型的必要条件不存在。

表6 必要条件分析结果

Tab.6 Results of necessary condition analysis

条件变量	绿色低碳转型		非绿色低碳转型	
	一致性	覆盖率	一致性	覆盖率
数实融合水平	0.769 693	0.747 730	0.344 874	0.335 927
~数实融合水平	0.316 422	0.325 103	0.741 012	0.763 374
物流业集聚程度	0.526 702	0.504 799	0.625 166	0.600 768
~物流业集聚程度	0.583 445	0.608 212	0.484 687	0.506 611
物流业支持力度	0.456 609	0.446 184	0.697 071	0.682 974
~物流业支持力度	0.675 568	0.689 843	0.434 754	0.445 126
环境规制程度	0.461 949	0.470 748	0.596 538	0.609 524
~环境规制程度	0.616 822	0.603 922	0.482 024	0.473 203
市场化水平	0.562 750	0.556 069	0.561 917	0.556 728
~市场化水平	0.551 402	0.556 604	0.551 931	0.558 625
城镇化水平	0.581 442	0.602 768	0.485 353	0.504 498
~城镇化水平	0.522 029	0.502 894	0.617 843	0.596 785

注:~表示逻辑运算中的“非”。

2.2.3 条件变量组态分析

fsQCA方法的核心部分是条件变量的组态分析,即分析不同前因条件形成的组态对结果的充分性。其中,频数阈值通常根据数据样本量来确定,10~15个的小样本频数设置为1,而对于大样本,频数阈值应高于1^[57]。考虑到本研究的样本数量为中等样本,所以将案例频数阈值设置为1更为合适。同时,参考Verweij等^[54]的建议,将原始一致性阈值设置为0.8,PRI一致性阈值设置为0.7,得到简约解、中间解和复杂解。通过对比简单解与中间解识别条件属性,即同时出现在简约解和中间解的条件变量为核心条件,仅存在于中间解的条件变量为边缘条件。

(1)物流业绿色低碳转型组态路径。物流业绿色低碳转型组态路径如表7所示,6个条件变量通过不同的组合方式共产生了4条路径,共3大类,分别为城镇支撑型、数实-环境双轮联动型和数实-集聚-市场协同型。各路径一致性水平均高于可接

表7 物流业绿色低碳转型组态路径

Tab.7 Green and low-carbon transformation configuration path of logistics industry

条件变量	H1	H2	H3	
			H3a	H3b
数实融合水平	●	◆	◆	◆
物流业集聚程度	⊕	⊕	◆	◆
物流业支持力度	⊕			⊗
环境规制程度		◆	●	⊗
市场化水平	⊗	⊗	◆	◆
城镇化水平	◆	●	●	⊗
一致性	0.989 407	0.987 854 0	0.973 545 0	1
原始覆盖度	0.311 749	0.162 884 0	0.122 830 0	0.154 206 0
唯一覆盖度	0.181 575	0.041 388 6	0.060 747 7	0.094 125 5
总体一致性		0.908 543		
总体覆盖度		0.603 471		
代表省份	江苏、浙江	上海	安徽、湖北、广西	

注:◆为核心条件存在;●为边缘条件存在;⊕为核心条件缺失;⊗为边缘条件缺失。

受的最低标准0.75,且总体一致性为90.854 3%,总体覆盖度为60.347 1%,表明组态效果显著,可解释性高。

①城镇支撑型路径。路径H1表明,以高城镇化水平、非高物流业支持力度和非高物流业集聚程度为核心条件,以高数实融合水平和非高市场化水平为边缘条件的组态路径,可以实现物流业绿色低碳转型。这类组态意味着,较高城镇化水平所带来的基础设施完善,为物流业绿色低碳发展提供良好的基础条件,数字经济与实体经济的深度融合,通过技术和模式创新提高物流运作效率,减少资源浪费和能源消耗,即使政府对物流业的支持力度和物流业本身的集聚程度没有达到较高水平,仍可以实现物流业绿色低碳转型。由于江苏和浙江在城镇化水平高,且物流业支持力度和物流业集聚程度低的条件下,仍可以保持绿色低碳发展,所以这2个省份是该类组态的代表。具体来看,江苏颁布的《江苏省深入实施以人为本的新型城镇化战略五年行动计划实施方案》中指出实施农业转移人口市民化质量提升、潜力县域城镇化水平提升等行动,同时集中发展京沪、陇海、京九沿线现代产业集群,共建绿色低碳能源等产业创新平台,提高物流业低碳化水平;此外,浙江注重城市功能提升,现阶段成功打造的宜居宜业城市环境,为物流业绿色发展创造

良好条件,同时还推动物流业与先进技术深度融合,实现绿色低碳技术的提升。

②数实-环境双轮联动型路径。路径H2表明,以高数实融合水平、高环境规制程度和非高物流业集聚程度为核心条件,以高城镇化水平和非高市场化水平为边缘条件的组态路径,可以实现物流业绿色低碳转型。这类组态意味着,数实融合和环境规制在推动物流业绿色低碳发展中扮演着重要角色,即使在物流业集聚程度不高、市场化水平有限的情况下,只要数实融合水平高、环境规制严格、城镇化建设完善,就能有效地促进物流业绿色低碳发展。由于上海在数实融合水平和环境规制程度高,且物流业集聚程度低的条件下,仍可以保持绿色低碳发展,所以是该类组态的代表。具体来看,上海近些年出台了众多绿色创新政策,如《上海市推动数字贸易和服务贸易高质量发展的实施方案》《上海市促进工业服务业赋能产业升级行动方案(2024—2027年)》等,明确提出加快推动数字技术贸易与产业协同发展,聚焦产业链供应链数字化、绿色化转型升级,鼓励物流企业搭建数字化平台,建设绿色低碳产业园区,实现全区域物流业绿色低碳转型。

③数实-集聚-市场协同型。路径H3表明,以高数实融合水平、高物流业集聚程度和高市场化水平为核心条件,以高环境规制程度、高城镇化水平或以非高物流业支持力度、非高城镇化水平、非高环境规制程度为边缘条件的组态路径,可以实现物流业绿色低碳转型。其中,路径H3a意味着,当数实融合为物流业注入智能化管理能力,物流企业高度集中促进资源共享与规模效应,市场机制完善引导资源高效配置时,便可以构筑物流业绿色低碳转型驱动框架;路径H3b意味着,以高数实融合水平驱动物流业运营智能化,以高集聚度促进物流设施共享,以完善的市场机制激励物流业绿色技术创新,即使在缺乏政府补贴、城镇化水平较低的情况下,依然可以依靠内生动力实现物流业绿色低碳转型。由于安徽、湖北和广西在数实融合水平、物流业集聚程度和市场化水平高的条件下,仍可以保持绿色低碳发展,所以这3个省份是该类组态的代表。具体来看,近年来安徽深化数实融合,依托合

肥综合性国家科学中心优势,推动数字技术在物流业碳减排场景的应用,建设合肥国际航空货运集散中心,提升高端物流集聚度,并积极融入长三角一体化,对标先进地区优化营商环境,激发市场主体活力,为物流业绿色低碳转型奠定基础;湖北则积极推动数字经济与实体经济深度融合,出台《湖北省数字经济发展“十四五”规划》,促进物流业数字化发展,并发挥集聚效应降本减耗,依托大型枢纽节点,吸引头部物流企业建立区域分拨中心,推动仓储设施共享和供应链绿色化,深化市场化改革;广西同样展现出核心驱动力的关键作用,运用数实融合赋能传统枢纽,依托“中国-东盟数字经济产业园”和“南宁临空经济示范区”,加快建设智慧陆港和多式联运数字平台,引导物流企业集聚共享仓储、共建配送网络,推动物流业绿色低碳转型。

(2)物流业非绿色低碳转型组态路径。物流业非绿色低碳转型组态路径如表8所示,6个条件变量通过不同的组合方式共产生了5条路径,共3大类,分别为数实缺失型、非数实-环境型和弱支持-组织型。各路径一致性水平均高于可接受的最低标准0.75,且总体一致性为90.8561%,总体覆盖度为52.9294%,表明组态效果显著,可解释性高。

①数实缺失型。路径NH1表明,数实融合水平低的省份,即便物流业支持力度、环境规制程度或市场化水平较高,也会导致物流业非绿色低碳转型。其中,路径NH1a引致非绿色低碳转型的核心条件是非高数实融合水平、高物流业支持力度和高市场化水平,边缘条件是非高城镇化水平;路径NH1b引致非绿色低碳转型的核心条件是非高数实融合水平、高物流业支持力度和高环境规制程度,边缘条件是高城镇化水平和非高市场化水平;路径NH1c引致非绿色低碳转型的核心条件是非高数实融合水平、高物流业支持力度和高环境规制程度,边缘条件是高物流业集聚程度和非高市场化水平。黑龙江、甘肃和内蒙古近些年分别利用政府对当地物流业的支持政策,打造黑龙江冷链基地、推动兰州新区空铁海公多式联运示范工程、推进呼和浩特、包头国家物流枢纽建设,但由于数实融合水平严重不足,导致传统物流模式升级受阻,即使有过

表8 物流业非绿色低碳转型组态路径
Tab.8 Non-green and low-carbon transformation configuration path of logistics industry

条件变量	NH1			NH2	NH3
	NH1a	NH1b	NH1c		
数实融合水平	⊕	⊕	⊕	⊕	◆
物流业集聚程度			●	◆	⊕
物流业支持力度	◆	◆	◆	⊗	⊕
环境规制程度		◆	◆	⊕	⊗
市场化水平	◆	⊗	⊗	◆	●
城镇化水平	⊗	●		●	⊕
一致性	0.874 060	0.990 244 0	0.987 854 0	0.925 373 0	0.928 571 0
原始覆盖度	0.309 587	0.135 153 0	0.162 450 0	0.082 556 6	0.095 206 4
唯一覆盖度	0.199 734	0.025 299 6	0.055 925 5	0.041 278 3	0.035 286 3
总体一致性			0.908 571 0		
总体覆盖度			0.529 294 0		
代表省份	黑龙江、甘肃和内蒙古			吉林	湖南

注：◆为核心条件存在；●为边缘条件存在；⊕为核心条件缺失；⊗为边缘条件缺失。

高的资金投入也难以克服物流业高能耗、高排放的问题，是该类组态路径的代表。在未来，还需将政策重心转向大力促进数字经济与实体经济的深度融合，利用数字技术优化物流网络、提升运营效率、强化排放监控，突破现有路径依赖。

②非数实-环境型。路径NH2表明，数实融合水平和环境规制程度低的省份，即便物流业集聚程度和市场化水平较高，也会导致物流业非绿色低碳转型。其中，引致非绿色低碳转型的核心条件是非高数实融合水平、高物流业集聚程度、非高环境规制程度和高市场化水平，边缘条件是非高物流业支持力度和高城镇化水平。吉林一直面临数实融合不足与环境规制力度弱的双重制约，尽管拥有吉林汽车物流集群等较为集中的物流产业基础，但由于有效约束和数字化引导的缺失，其物流业仍呈现粗放发展，是该类组态路径的代表。在未来，还需双管齐下，一方面加大污染治理投资，制定更严的碳排放标准，另一方面加快建设智慧港口平台，将物流枢纽打造成绿色转型示范区。

③弱支持-组织型。路径NH3表明，物流业集聚程度、物流业支持力度和城镇化水平低的省份，即便数实融合水平较高，也会导致物流业非绿色低碳转型。其中，引致非绿色低碳转型的核心条件是高数实融合水平、非高物流业支持力度、非高物流业集聚程度和非高城镇化水平，边缘条件是非高环境规制和高市场化水平。当前，湖南物流业绿色低碳发展的核心制约在于，虽然有相对较好的数实融

合基础，但物流业组织化程度不足，尤其体现在政府支持力度较弱、产业集聚效应不明显、城镇化水平对网络效率形成掣肘等方面，是该类组态路径的代表。在未来，应着力提升组织化水平和投入力度，加强省级统筹以补齐基础设施短板，建设区域性枢纽，并将数字化深度嵌入优化后的组织体系，充分释放物流业绿色效能。

2.2.4 稳健性检验

参考张明等^[56]的研究，采用调整PRI一致性阈值和原始一致性阈值2种方式进行稳健性检验，即在保持其他条件不变的情况下，分别将原始一致性阈值从0.80提高至0.85，将PRI一致性阈值从0.70提高至0.75。在物流业绿色低碳转型组态路径中，经过2种调整，组态路径与原结果完全一致。在物流业非绿色低碳转型组态路径中，提高原始一致性阈值后的组态路径与原结果完全一致；提高PRI一致性阈值后，组态路径为原始5个组态的子集，且总体一致性仍高于0.90，表明上述组态结果具有较好的稳健性。

3 建议

(1) 深化数实融合是驱动物流业绿色低碳发展的核心引擎。根据最终得出的9条组态路径可以发现，数实融合在物流业绿色低碳转型中发挥重要作用。各省份需立足省情实际，充分发挥数实融合连接、赋能与优化作用，探索数实融合背景下的新型绿色物流治理模式，着力培育数实融合催生的绿色

物流新业态,打通“数据-业务-减碳”价值闭环。在此基础上,各省份还应根据自身情况,推动数实融合在政策实施、物流产业集聚、城镇化建设、环境保护和市场运作等方面的应用,如以强有力的政策为融合基础、以高物流业集聚程度创造规模化应用与协同降碳场景、推进城镇化发展实现城市末端物流绿色集约化运行、依托严格的环境规制力度降低物流业排放、以活跃的市场化水平作为催化剂激发绿色物流创新等。

(2) 对于江苏和浙江等城镇化水平较高,但在物流业集聚程度和物流业支持力度较差的省份,可以选择城镇支撑型路径,立足高城镇化水平的核心优势,强化数实融合对城市物流体系的优化作用,依托城镇基础设施完善度,通过数据开放引导市场自主创新,建设集约化、共享型的绿色智慧物流微枢纽;对于上海等数实融合水平和环境规制程度突出,但物流业集聚程度较低的省份,可以选择数实-环境双轮联动路径,重点强化数字技术赋能下的精准环境治理与分布式资源协同,依托高水平数实融合优势,构建覆盖全域的智慧化环境监管网络,并针对产业分散的短板,加强政策引导,建立分布式绿色物流联盟,通过虚拟协作弥补物理集聚不足;对于安徽、湖北和广西等数实融合水平、物流业集聚程度和市场化水平表现较好的省份,可以依据自身优势,选择综合驱动型路径或数实-集聚-市场协同型路径,基于高物流业集聚度,打造“数字孪生+绿色共享”平台,实现仓储、运力的跨企业调度,并利用高市场化水平激活绿色创新,吸引社会资本投资低碳技术,同步强化城镇化建设与环境规制,构建全域联动的低碳生态。

(3) 对于黑龙江、甘肃和内蒙古等数实融合水平低,但物流业支持力度、环境规制程度或市场化水平较高的省份,需要充分利用地区优势,重点推动智慧绿色物流枢纽与数字化低碳供应链建设,严控排放标准,并加强绿色低碳物流领域投资,将制度与市场优势转化为物流业减碳增效的驱动力;对于吉林等数实融合水平和环境规制程度较低,但物流业集聚程度和市场化水平较高的省份,要在强化环境投资力度的同时,依托高物流业集聚程度和市场化水平,优先在物流园区推进集中化、共享化的

绿色升级,推动物流集群整体向低碳高效模式转型;对于湖南等物流业支持力度、物流业集聚程度和城镇化水平较低,但数实融合水平较高的省份,应发挥数实融合优势,重点将数字技术应用于物流业绿色化改造,并针对性地加强对物流基础设施的绿色投入和城镇化区域的绿色物流规划,为技术赋能提供硬件支撑,实现物流效率提升与碳排放下降的协同。

4 结论

(1) 中国物流业绿色低碳水平呈现多层次、非同步的区域特征。各省份物流业绿色低碳发展并不依赖单一条件变量,而需依靠技术、组织和环境3个层面的协同推进。针对不同省份发展现状,实施差异化引导策略,是推动中国物流业实现绿色低碳转型的关键。

(2) 物流业绿色低碳转型有城镇支撑型、数实-环境双轮联动型和数实-集聚-市场协同型3种驱动模式,每种模式需要多个因素协同互动、共同作用,才可以形成物流业绿色低碳发展。

(3) 物流业非绿色低碳转型有数实缺失型、非数实-环境型和弱支持-组织型3种驱动模式,数实融合水平的缺失是造成非绿色低碳转型的主要原因。

(4) 数实融合水平在物流业绿色低碳转型进程中发挥重要作用。在多条组态路径中,均包含了数实融合水平这一条件,因此可以确定数实融合水平是中国物流业绿色低碳转型的核心驱动条件。尽管在必要条件分析中,验证了并不存在影响绿色低碳发展的必要条件,但如果能够深度激活数实融合潜能,可产生显著的减排杠杆效应,在推动物流业绿色发展、减少物流业碳排放方面能够起到事半功倍的效果。

参考文献:

- [1] 汪旭晖, 谢 寻. 数字科技创新引领物流业绿色低碳转型的机制与路径: 基于京东物流的案例研究[J]. 经济与管理研究, 2024, 45(5): 21-40.
WANG Xuhui, XIE Xun. Mechanism and Path of Green and Low-Carbon Transformation of Logistics Industry Driven by Digital Science and Technology Innovation: A Case Study of JD Logistics[J]. Research on Economics and Management,

- 2024, 45(5): 21-40.
- [2] 习近平. 在第七十五届联合国大会一般性辩论上的讲话[EB/OL]. (2020-09-22)[2026-04-20]. https://www.gov.cn/gongbao/content/2020/content_5549875.htm.
 - [3] 中华人民共和国国务院. 国务院关于加快建立健全绿色低碳循环发展经济体系的指导意见[EB/OL]. (2021-02-22)[2026-04-20]. https://www.mee.gov.cn/zcwj/gwywj/202102/t20210222_821923.shtml.
 - [4] 张 蕾. 绿色低碳技术对我国物流业可持续发展影响分析[J]. 商业经济研究, 2023(8): 93-95.
 - [5] 陈雨露. 数字经济与实体经济融合发展的理论探索[J]. 经济研究, 2023, 58(9): 22-30.
 - [6] 丁五启. 数字经济赋能民营经济高质量发展的逻辑共性、理论机制和实践路径[J]. 内蒙古农业大学学报(哲学社会科学版), 2026, 28(1): 8-14.
 - [7] 杨 川. 碳中和趋势下产业集聚对物流业碳排放水平的作用机制[J]. 商业经济研究, 2022(13): 103-106.
 - [8] WANG B J, TIAN Y. Green and Low-Carbon Efficiency Assessment of Urban Agglomeration Logistics Industry: Evidence from China's Beijing-Tianjin-Hebei Metropolitan Area (2008—2020)[J]. Sustainability, 2023, 15(15): 11833.
 - [9] 薛 阳, 郭世乐, 冯银虎, 等. 数字经济与物流产业融合发展的时空分异特征及影响因素: 以长江经济带为例[J]. 统计与决策, 2025, 41 (20): 125-130.
 - [10] 马越越, 闫小丽, 王维国. 中国物流业绿色全要素生产率时空格局和收敛趋势研究[J]. 系统科学与数学, 2023, 43(9): 2211-2231.
MA Yueyue, YAN Xiaoli, WANG Weiguo. Temporal-Spatial Pattern and Convergence Trend of Green Total Factor Productivity in Chinese Logistics Industry[J]. Journal of Systems Science and Mathematical Sciences, 2023, 43(9): 2211-2231.
 - [11] 马越越, 李银平, 马琳茜. 中国物流绿色低碳发展空间关联效应及影响因素[J]. 环境科学, 2025, 46(3): 1462-1472.
MA Yueyue, LI Yinping, MA Linxi. Spatial Correlation Network Effect and Influencing Factors of Green and Low-Carbon Development in Logistics Industry[J]. Environmental Science, 2025, 46(3): 1462-1472.
 - [12] WANG B J, YU T. Sustainable Development through Urban Agglomeration Green and Low-Carbon Logistics: Efficiency Insights from China's Urban Agglomeration[J]. Environment, Development and Sustainability, 2026, 28(4): 10071-10096.
 - [13] TANG L J, ZHAO Y B, ZHENG X J, et al. Pathways to Improve Energy Conservation and Emission Reduction Efficiency during the Low-Carbon Transformation of the Logistics Industry[J]. Sustainability, 2025, 17(10): 4629.
 - [14] 譙熙康, 陈 斌, 黄福友. 组态视角下我国低碳物流效率分析及提升路径研究[J]. 铁路物流, 2025, 43(5): 61-72.
QIAO Xikang, CHEN Bin, HUANG Fuyou. Efficiency Analysis and Improvement Path of Low-Carbon Logistics in China from the Perspective of Configuration[J]. Railway Logistics, 2025, 43(5): 61-72.
 - [15] CHEN B, LIU F, GAO Y N, et al. Spatial and Temporal Evolution of Green Logistics Efficiency in China and Analysis of Its Motivation[J]. Environment, Development and Sustainability, 2024, 26(2): 2743-2774.
 - [16] CHENG C, HAN Y N, REN X H. Analysis of Technological Innovation on Provincial Green Development Levels of Logistics Industry in China[J]. Environmental Science and Pollution Research, 2023, 30(18): 53020-53036.
 - [17] 李献士, 李林舒菲. 河北省商贸物流业碳排放脱钩状态及影响因素研究[J]. 铁路物流, 2026, 44(3): 63-70.
LI Xianshi, LI Linshufei. Research on Decoupling Status and Influencing Factors of Carbon Emissions in Commercial and Logistics Industry in Hebei Province[J]. Railway Logistics, 2026, 44(3): 63-70.
 - [18] HE M L, YANG M, WU X H, et al. Evaluating and Analyzing the Efficiency and Influencing Factors of Cold Chain Logistics in China's Major Urban Agglomerations under Carbon Constraints[J]. Sustainability, 2024, 16(5): 1997.
 - [19] KANG X Y, CHEN L, WANG Y, et al. Analysis on the Spatial Correlation Network and Driving Factors of Carbon Emissions in China's Logistics Industry[J]. Journal of Environmental Management, 2024, 366: 121916.
 - [20] 薛 阳, 郭世乐, 冯银虎. 长江经济带数字物流与物流高质量发展[J]. 华东经济管理, 2024, 38 (3): 23-34.
XUE Yang, GUO Shile, FENG Yinhu. Coupling and Coordination of Digital Logistics and High-Quality Logistics Development in the Yangtze River Economic Belt[J]. East China Economic Management, 2024, 38 (3): 23-34.
 - [21] 李向荣, 张 琳, 吕 洲. 绿色物流发展水平与区域经济高质量发展: 内在机制与经验证据[J]. 云南财经大学学报, 2024, 40(12): 31-44.
LI Xiangrong, ZHANG Lin, LYU Zhou. Development Level of Green Logistics and High-Quality Development of Regional Economy: Intrinsic Mechanism and Empirical Evidence[J]. Journal of Yunnan University of Finance and Economics, 2024, 40(12): 31-44.
 - [22] 杨 扬, 宋沁联, 徐新扬. 低碳物流、区域经济与生态环境耦合协调水平时空演变: 以西部陆海新通道为例[J]. 安

- 全与环境学报, 2025, 25(5): 2011-2022.
- YANG Yang, SONG Qinlian, XU Xinyang. Spatiotemporal Evolution of the Coupling and Coordination Level between Low-Carbon Logistics, Regional Economy and Ecological Environment: Taking the New Land-Sea Corridor in Western China as an Example[J]. Journal of Safety and Environment, 2025, 25(5): 2011-2022.
- [23] 李义华, 邓梦杰. 数字经济赋能冷链物流绿色化发展机理与路径研究[J]. 财经理论与实践, 2024, 45(6): 131-138.
- LI Yihua, DENG Mengjie. Research on the Mechanism and Path of Green Development of Cold Chain Logistics Empowered by Digital Economy[J]. The Theory and Practice of Finance and Economics, 2024, 45(6): 131-138.
- [24] 孙志贤, 刘 洋. 产业结构升级与物流业低碳效率的时空耦合特征及驱动机制[J]. 管理现代化, 2022, 42(5): 18-26.
- SUN Zhixian, LIU Yang. Spatial-Temporal Coupling between Industrial Structure Upgrade and Logistics Industry Efficiency under Low-Carbon Constraints and Its Driving Forces[J]. Modernization of Management, 2022, 42(5): 18-26.
- [25] 佐 赫. 绿色发展背景下数字物流韧性的影响因素和提升路径[J]. 商业经济研究, 2023(14): 71-75.
- ZUO He. Research on Influencing Factors and Improving Paths of Digital Logistics Resilience in the Context of Green Development[J]. Journal of Commercial Economics, 2023(14): 71-75.
- [26] 李 健, 白子毅, 李柏桐. 双碳背景下京津冀物流业碳排放脱钩及影响因素研究[J]. 城市问题, 2022(5): 69-76.
- LI Jian, BAI Ziyi, LI Baitong. Decoupling of Carbon Emissions and Influencing Factors of Logistics Industry in Beijing-Tianjin-Hebei in the Background of Carbon Peaking and Carbon Neutrality Goals[J]. Urban Problems, 2022(5): 69-76.
- [27] 高紫妍, 吕 倩, 雒 瑶. 数智背景下中国物流业碳排放动态演进及转型路径[J]. 环境科学, 2026, 47(3): 1423-1432.
- GAO Ziyang, LYU Qian, LUO Yao. Dynamic Evolution and Transformation Path of Carbon Emissions in China's Logistics Industry under the Background of Digital Intelligence[J]. Environmental Science, 2026, 47(3): 1423-1432.
- [28] 朱芳阳, 赖靓荣. 产业结构升级、技术创新与绿色物流: 基于PVAR模型的实证研究[J]. 现代管理科学, 2022(3): 40-50.
- [29] 窦红宾, 陈怡曼. 绿色物流与区域经济时空耦合及影响因素: 以长江经济带为例[J]. 生态经济, 2024, 40(11): 65-71.
- DOU Hongbin, CHEN Yiman. Spatial and Temporal Coupling and Influencing Factors between Green Logistics and Regional Economy: A Case Study of the Yangtze River Economic Belt[J]. Ecological Economy, 2024, 40(11): 65-71.
- [30] 周 泰. 低碳视角下区域物流与生态环境协调发展研究[J]. 统计与信息论坛, 2021, 36(6): 62-72.
- ZHOU Tai. Research on the Coordinated Development of Regional Logistics and Ecological Environment from the Perspective of Low Carbon[J]. Statistics & Information Forum, 2021, 36(6): 62-72.
- [31] 高培培. 数字经济与实体经济融合协调发展水平统计测度[J]. 统计与决策, 2024, 40(5): 28-32.
- GAO Peipei. Statistical Measurement of Integrated and Coordinated Development Level of Digital Economy and Real Economy[J]. Statistics & Decision, 2024, 40(5): 28-32.
- [32] 崔琳昊, 冯 烽. 数实融合与城市绿色发展: 影响与机制[J]. 上海财经大学学报, 2024, 26(4): 49-63.
- CUI Linhao, FENG Feng. Digital-Real Economy Integration and Urban Green Development: Impact and Mechanism[J]. Journal of Shanghai University of Finance and Economics, 2024, 26(4): 49-63.
- [33] 郭 晗, 全勤慧. 数字经济与实体经济融合发展: 测度评价与实现路径[J]. 经济纵横, 2022(11): 72-82.
- GUO Han, QUAN Qinhui. The Integrated Development of Digital Economy and Substantial Economy: Evaluation and Path[J]. Economic Review, 2022(11): 72-82.
- [34] 赵 涛, 张 智, 梁上坤. 数字经济、创业活跃度与高质量发展: 来自中国城市的经验证据[J]. 管理世界, 2020, 36(10): 65-76.
- ZHAO Tao, ZHANG Zhi, LIANG Shangkun. Digital Economy, Entrepreneurship, and High-Quality Economic Development: Empirical Evidence from Urban China[J]. Management World, 2020, 36(10): 65-76.
- [35] 魏良益, 李 琴. 数字经济和实体经济融合发展路径研究: 基于模糊集定性比较分析(fsQCA)方法[J]. 天府新论, 2024(6): 25-36.
- [36] 赵佳丽, 张晓雅, 常非凡. 数实融合驱动城市韧性提升的机制与效应研究[J]. 宏观经济研究, 2024(11): 18-37, 79.
- ZHAO Jiali, ZHANG Xiaoya, CHANG Feifan. A Study on the Mechanism and Effect of Urban Resilience Enhancement Driven by Digital-Real Integration[J]. Macroeconomics, 2024(11): 18-37, 79.
- [37] 刘江浩, 刘寒波. 数实融合发展影响省域制造业集聚模式: 内在机理与实证检验[J]. 统计与决策, 2024, 40(16): 65-71.

- 172-177.
- [38] DRAZIN R. The Processes of Technological Innovation[J]. The Journal of Technology Transfer, 1991, 16(1): 45-46.
- [39] CHAU P Y K, TAM K Y. Factors Affecting the Adoption of Open Systems: An Exploratory Study[J]. MIS Quarterly, 1997, 21(1): 1-24.
- [40] 张平淡, 郝时雨, 林琳. 数实融合对碳排放的影响及作用机制研究[J]. 求是学刊, 2025, 52(1): 88-99.
- ZHANG Pingdan, HAO Shiyu, LIN Lin. Carbon Emission Effect of Integration of the Digital and Real Economies[J]. Seeking Truth, 2025, 52(1): 88-99.
- [41] 孙秀梅, 闫肃. TOE框架下资源型城市低碳转型驱动路径: 基于我国108个资源型城市的fsQCA研究[J]. 科技进步与对策, 2023, 40(23): 72-81.
- SUN Xiumei, YAN Su. The Driving Path for Low-Carbon Transformation of Resource-Dependent Cities under the TOE Framework: An fsQCA Research Based on 108 Resource-Dependent Cities in China[J]. Science & Technology Progress and Policy, 2023, 40(23): 72-81.
- [42] 杨川. 碳中和趋势下产业集聚对物流业碳排放水平的作用机制[J]. 商业经济研究, 2022(13): 103-106.
- [43] 印玺, 周艳春. 物流业集聚影响流通业低碳发展的空间溢出效应[J]. 商业经济研究, 2023(21): 10-13.
- [44] 陈刚, 贾晓朋, 付江月. 碳排放约束下中国八大经济区物流业效率的时空演化及影响因素[J]. 生态经济, 2025, 41(2): 54-60.
- CHEN Gang, JIA Xiaopeng, FU Jiangyue. Spatiotemporal Evolution and Influencing Factors of Logistics Industry Efficiency in Eight Economic Zones of China under Carbon Emission Constraints[J]. Ecological Economy, 2025, 41(2): 54-60.
- [45] 肖红, 李鑫汝, 许荟珍, 等. 成渝城市群物流业集聚对物流业碳排放的时空异质性影响研究[J]. 铁道运输与经济, 2025, 47(1): 53-60, 81.
- XIAO Hong, LI Xinru, XU Huizhen, et al. Spatial-Temporal Heterogeneity Impact of Logistics Industry Agglomeration on Carbon Emissions from Logistics Industry in Chengdu-Chongqing Urban Agglomeration[J]. Railway Transport and Economy, 2025, 47(1): 53-60, 81.
- [46] 陈媛瑞. 创新驱动政策协同对物流业绿色效率的影响效应与作用机制: 来自国家自主创新示范区与创新型城市的证据[J]. 商业经济研究, 2024(12): 99-102.
- [47] 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.
- MA Haiyun, ZHANG Tong. Leading Carbon Peak Countries' Adoption and Application Patterns of Low-Carbon Technology Innovation and Their Implications for China: An Analysis Based on the "Technology-Organization-Environment" Framework[J]. Modern Economic Research, 2023(7): 15-22.
- [48] 于楠, 孙仁金, 石红玲, 等. 环境规制与能源生态足迹: 基于绿色技术创新的中介效应[J]. 调研世界, 2023(12): 27-35.
- YU Nan, SUN Renjin, SHI Hongling, et al. Environmental Regulation and Energy Ecological Footprint: Mediating Effects Based on Green Technology Innovation[J]. The World of Survey and Research, 2023(12): 27-35.
- [49] 王永贵, 张思祺, 张二伟, 等. 数智化赋能企业双元创新的组态路径研究: 以计算机及相关制造业为例[J]. 科研管理, 2025, 46(4): 44-53.
- WANG Yonggui, ZHANG Siqi, ZHANG Erwei, et al. Research on the Configuration Paths of the Dual Innovation of Digital-and Intelligence-Enabled Enterprises: A Case Study of the Computer and Its Related Manufacturing Industry[J]. Science Research Management, 2025, 46(4): 44-53.
- [50] 李娟. 我国现代服务业发展影响因素分析[J]. 商业研究, 2010(2): 112-115.
- [51] 刘小艳, 苏炜, 刘景芝. 技术升级与城镇化影响产业结构合理化的机制: 以物流业为例[J]. 商业经济研究, 2022(10): 186-189.
- LIU Xiaoyan, SU Wei, LIU Jingzhi. The Mechanism of Technological Upgrading and Urbanization Affecting the Rationalization of Industrial Structure: Taking the Logistics Industry as an Example[J]. Journal of Commercial Economics, 2022(10): 186-189.
- [52] 刘中艳, 黄盼. 信息化水平、人力资源水平与湖南省物流效率提升: 基于TOE框架的组态分析[J]. 城市学刊, 2023, 44(1): 26-33.
- LIU Zhongyan, HUANG Pan. Informatization Level, Human Resources Level and Logistics Efficiency Improvement of Hunan Province: Configuration Analysis Based on TOE Framework[J]. Journal of Urban Studies, 2023, 44(1): 26-33.
- [53] 谭海波, 范梓腾, 杜运周. 技术管理能力、注意力分配与地方政府网站建设: 一项基于TOE框架的组态分析[J]. 管理世界, 2019, 35(9): 81-94.
- TAN Haibo, FAN Ziteng, DU Yunzhou. Technology Management Capability, Attention Distribution and Local Government Website Construction: A Configurational Analysis Based on the TOE Framework[J]. Management World, 2019, 35(9): 81-94.

(下转第72页)