

我国绿色数字化领域研究现状及热点分析 ——基于CiteSpace的可视化研究

陈怡璇, 张 峥

上海理工大学管理学院, 上海

收稿日期: 2025年4月11日; 录用日期: 2025年6月4日; 发布日期: 2025年6月11日

摘 要

本研究以2019~2024年间CNKI、Web of Science数据库中数字化转型相关文献作为数据源, 借助CiteSpace6.3.R1软件开展可视化分析。研究结果显示, 我国数字化转型研究的发文量呈现指数式增长态势, 自2022年起进入爆发阶段, 研究热点集中于企业数字化转型、数字技术创新、双碳目标等方向。聚类分析揭示三大研究分支: 技术融合研究分支、要素协同研究分支、目标价值研究分支。研究趋势呈现出管理协同创新、跨学科融合、绿色低碳导向等特征。本研究为绿色数字化领域的理论深化与实践应用提供可视化参考。

关键词

数字化转型, 绿色创新, 可视化分析, 可持续科技, CiteSpace

Research Status and Hotspots Analysis in the Field of Green Digitalization in China —A Visualization Study Based on CiteSpace

Yixuan Chen, Zheng Zhang

Business School, University of Shanghai for Science & Technology, Shanghai

Received: Apr. 11th, 2025; accepted: Jun. 4th, 2025; published: Jun. 11th, 2025

Abstract

This study conducts a visualization analysis using literature on digital transformation from the CNKI database between 2019 and 2024 as the data source, employing CiteSpace6.3.R1 software. The findings reveal an exponential growth in publications related to digital transformation research in

China, entering a phase of explosive growth since 2022. Research hotspots primarily focus on corporate digital transformation, digital technology innovation, and dual carbon goals. Cluster analysis identifies three major research clusters: technology integration research cluster, factor coordination research cluster, and goal-value research cluster. Emerging trends demonstrate characteristics of management collaborative innovation, interdisciplinary integration, and green-low-carbon orientation. This research provides visual references for theoretical advancement and practical applications in the field of green digitalization.

Keywords

Digital Transformation, Green Innovation, Visualization Analysis, Sustainable Technology, CiteSpace

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

在全球数字化转型加速与“双碳”目标驱动的双重背景下，绿色发展与数字技术的深度融合已成为破解环境约束、实现可持续发展的关键路径。党的二十大报告明确提出“推动绿色发展，促进人与自然和谐共生”，并强调“加快数字化发展，建设数字中国”，为我国经济社会的系统性变革指明了方向[1]。作为实现“双化协同”(数字化与绿色化)的核心载体，绿色数字化领域聚焦数字技术对绿色创新的赋能效应，涵盖企业转型、技术研发、政策协同等多元议题，既承载着技术创新驱动产业升级的实践需求，也蕴含着破解环境与发展矛盾的理论探索价值。

然而，当前学术界对绿色数字化的研究呈现碎片化特征，尚未形成系统性的知识整合。尽管数字化转型与绿色创新的交叉研究逐步升温，但既有成果多聚焦单一维度，缺乏对领域整体发展脉络、热点演化及前沿趋势的可视化解析。在此背景下，科学计量学工具为跨学科研究提供了新的方法论视角。CiteSpace 作为揭示学科领域知识图谱的重要工具，能够通过关键词共现、聚类分析等技术，直观呈现研究热点的演进路径与结构特征，为识别领域核心议题、研判发展趋势提供量化支撑。本文将研究以 2019~2024 年 CNKI、Web of Science 数据库中“数字化转型”结合“绿色创新”相关文献为数据源，借助 CiteSpace6.3.R1 软件开展可视化分析，旨在通过量化研究勾勒我国绿色数字化领域的知识图谱，揭示该领域的发展阶段、核心研究主体与合作网络特征，剖析当前研究热点及前沿趋势的演进逻辑。

2. 数据来源与研究方法

2.1. 数据来源及统计

本研究中的中文文献使用中国知网(CNKI)数据库，英文文献使用 Web of Science 数据库，鉴于学术概念上的相似性，本文以“数字化转型”结合“绿色创新”为主题进行高级检索，由于中国知网(CNKI)数据库只有 2019 年后数据，故选择时间跨度为 2019 年 1 月至 2024 年 12 月，经过人工筛选，最终取得有效文献 557 篇作为综述分析的数据集。

2.2. 研究方法

CiteSpace 是一种基于 Java 语言开发的信息可视化软件，支持知识领域动态结构的实时可视化分析，

其作为一种热门的研究工具，在许多研究领域被广泛使用。本文采用 CiteSpace6.3.R1 软件对有效文献进行作者、机构、关键词共现聚类等系列分析，用可视化知识图谱来展示该领域的重点研究机构、作者、研究热点和前沿。单个时间切片设置为 1 年；节点类型设置“keyword”（关键词）；网络节点关联强度选择“Cosine”算法；设置参数 $k = 25$ ， $TopN = 50$ ，其余参数默认系统选择。其中 Q 值(模块值) S 值(平均轮廓值)表征聚类效果的好坏，Q 值 > 0.3 则认为聚类的结果是显著的，本文研究 Q 值 $= 0.5131 > 0.3$ ，S 值 > 0.5 时聚类是合理，S 值 > 0.7 时说明聚类是高效率并且具有说服力的，该图谱 S 值 $= 0.8703$ ，综合两个指标可以说明该聚类是高效率并且很有说服力的[2]。

3. 我国研究基本情况

3.1. 整体发文量分析

发文量可以直观地反应学术界对某一领域的研究热度及发展趋势，为最基本的文献量度指标。从 CNKI、Web of Science 数据库中获得的关于绿色数字化的相关文献年发文量趋势统计如图 1 所示。根据其年发文量，将其分为初步探索和快速发展两个阶段。

初步探索阶段(2019~2022 年，年发文量低于 25，累计发文量为 39 篇)：此阶段研究处于起步期，发文量较少。学者聚焦数字化转型与绿色创新的基础关联探索，初步分析数字化技术在绿色创新中的应用潜力，尝试构建两者融合的基础理论框架，为后续研究积累理论基石[3]。

快速发展(2023~2024 年，年发文量大于 150，累计发文量为 518 篇)：近两年发文量呈指数级增长，研究热度激增，说明该研究方向为热点话题。研究者深入挖掘数字化转型驱动绿色创新的内在机制，如数字技术对绿色创新流程的优化、资源利用效率的提升路径等；同时拓展多场景应用研究，涵盖制造业数字化转型中的绿色创新实践、数字化工具助力企业绿色技术研发等方向，推动研究向多元化、实践化发展[4] [5]。

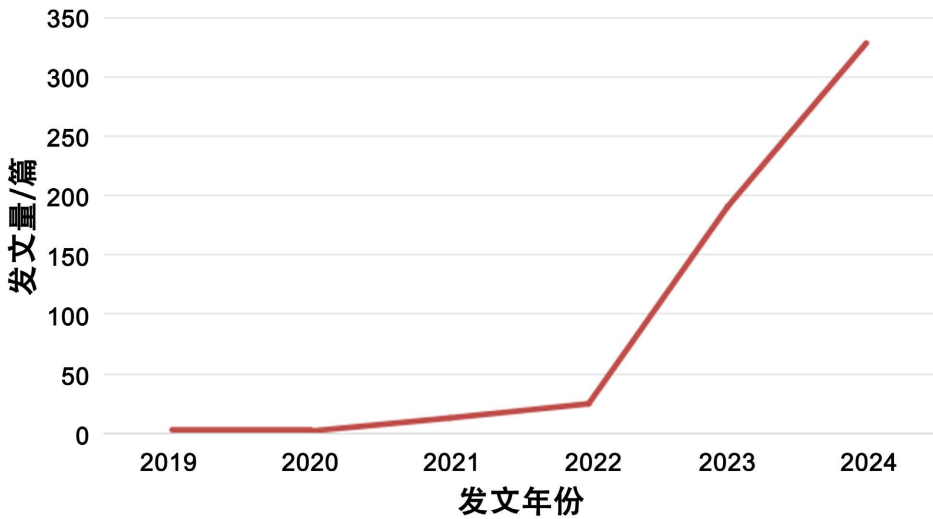


Figure 1. Temporal trend of publication volume
图 1. 发文量趋势

3.2. 文献核心作者

对 557 篇文献第一作者情况及发文量进行分析，从表 1 呈现的结果来看，吕志梅、陈劲、张和平、孙晴晴几位学者在发文数量上并列首位，均发表了 3 篇相关研究成果，其余学者的发文量均为 2 篇。这

一数据情况表明，当前国内学术界在绿色数字化这一研究领域，所投入的研究工作仍存在欠缺，无论是在研究的深度方面，还是在研究的广度层面，都有着进一步拓展和深化的空间。

再依据图 2 的信息可知，研究共识别出了 121 个彼此独立的学术节点，每一个节点都代表着在该领域内开展研究的学者或者研究团队。同时，这些学术节点之间通过 40 条连接线相互连接，这些连接线寓意着学者之间的合作与交流互动。然而，将连接线的数量与节点的总数进行对比可以发现，连接线的数量明显偏少。这一现象清晰地表明，在我国数字化转型中的绿色创新领域，研究者们之间的合作交流并不频繁，彼此之间的联系还不够紧密。

Table 1. List of core authors of the literature
表 1. 文献核心作者列表

作者	发文量
吕志梅	3
陈劲	3
张和平	3
孙晴晴	3
周慧慧	2
张黎鑫	2
张弘正	2
陈乐	2
顾巍	2
刘畅	2

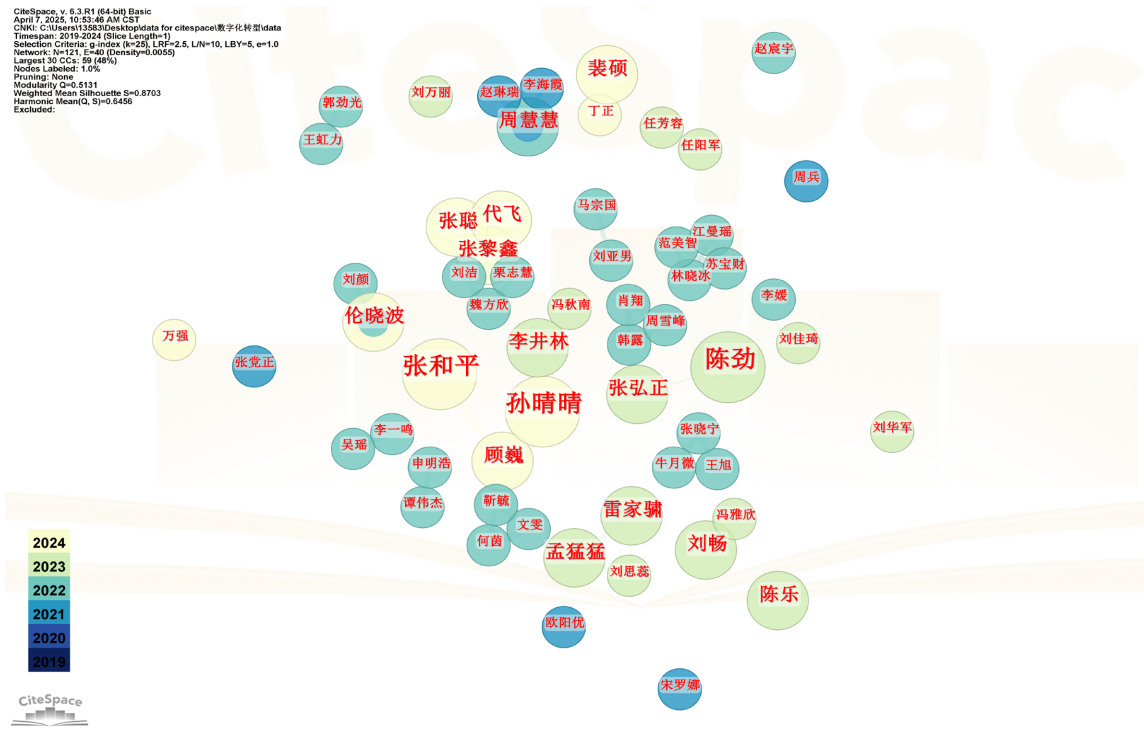


Figure 2. Authors co-present the map
图 2. 文献作者共现图谱

3.3. 文献核心机构

研究机构发文量统计能够展示某一领域的研究主体以及研究主要地区。在知网进行检索，将绿色数字化领域过去 5 年(2019~2024 年)的研究机构年度发文量进行统计，选取发文量排名前 10 的研究机构得到表 2，如图 3 研究机构合作可视化得知，发文量较多的机构包括北京化工大学、内蒙古财经大学、哈尔滨工程大学等，其中发文频次最高的为北京化工大学，累计发文量为 11 篇。

Table 2. Research institutions' publication output
表 2. 研究机构发文列表

机构	发文量
北京化工大学	11
内蒙古财经大学	10
哈尔滨工程大学	8
中南财经政法大学	8
山东财经大学	8
山西财经大学	7
中南大学商学院	6
河南大学	6
清华大学经济管理学院	5
浙江财经大学	5

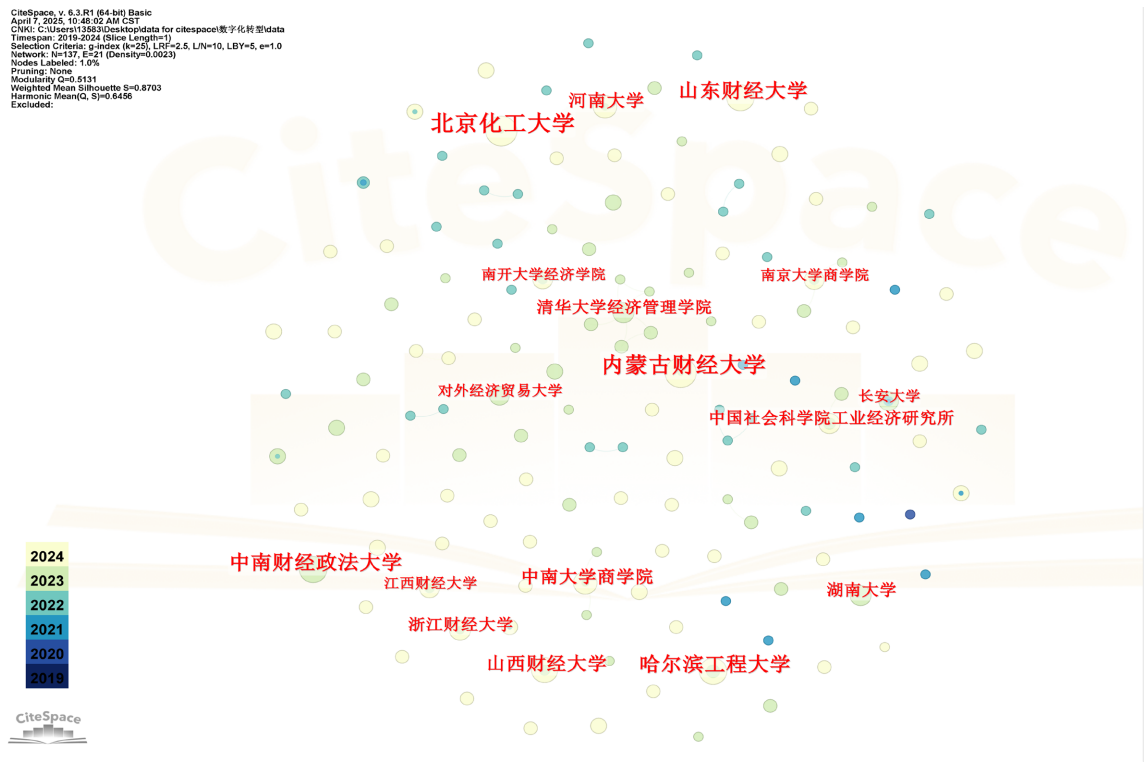


Figure 3. Research institutions collaboration network map
图 3. 研究机构合作图谱

4. 数字化转型研究趋势分析

4.1. 关键词共现

关键词作为文章研究主题的简要代表，其可视化分析可以更好地反映关键词之间的关联性，为数字化转型和绿色创新的主题研究发展分析提供重要思路。数字化转型和绿色创新研究关键词共现图谱如图 4 所示，图中节点的大小和字体大小均与关键词的研究热度成正比，连线数量则代表关键词之间的关联度。该图谱共包含 180 个节点和 329 条连线，网络密度为 0.0204。此外，图谱揭示了该研究领域的热点词汇，主要包括绿色创新、数字经济、融资约束、绿色转型、绿色发展、数字化、环境规制。在 CiteSpace 中，中介中心性(Centrality)是衡量关键词在网络中重要性的一个关键参数，它反映了节点在网络中的中心地位以及与其他节点的关联程度。如果一个节点的 Centrality 值超过了 0.1，那么它就被视为一个中心节点，这意味着它在整个研究网络中占据了核心地位，具有较大的影响力和研究价值[6]。根据表 3 的数据，我们可以看到绿色创新、数字经济和融资约束的中心度均超过了 0.1 的阈值。这一数据不仅验证了它们在研究网络中的中心地位，也进一步强调了它们作为关键研究词汇的重要性。数字化转型作为当前经济发展的重要驱动力之一，其研究不仅有助于推动产业的绿色化与低碳化升级[7]，还能更好地应对全球气候问题带来的风险与挑战[8]；而绿色创新作为实现可持续发展的核心动能，其研究同样具有紧迫性和战略价值。因此，在“双碳”目标导向下，数字化与绿色创新的深度融合仍将是未来一段时期内经济与科技领域的研究热点和重点突破方向。

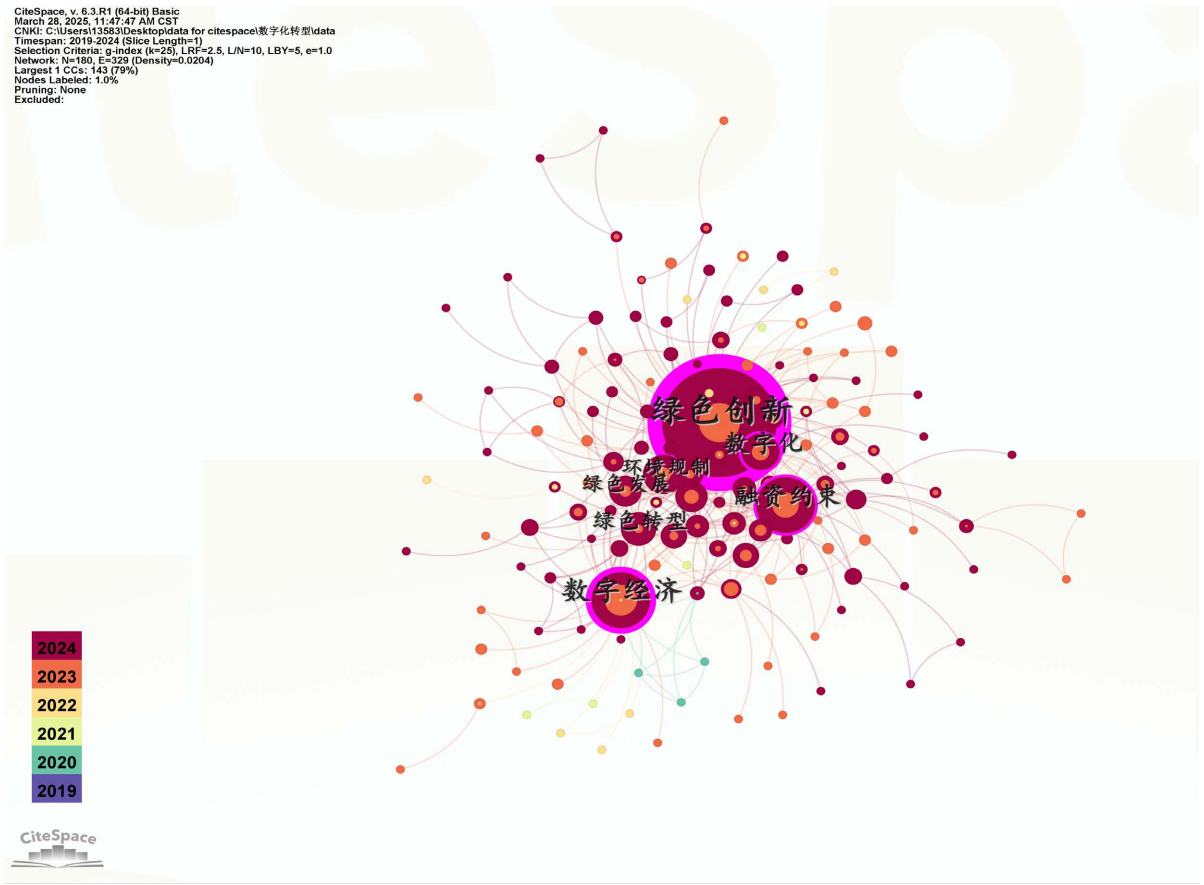


Figure 4. Diagram of keyword co-occurrence
图 4. 关键词共现

Table 3. High-frequency keywords
表 3. 发文高频关键词

频次	关键词	中介中心性
189	绿色创新	0.84
57	数字经济	0.30
49	融资约束	0.16

4.2. 关键词聚类分析

如图 5，图谱的网络模块度(Modularity Q)为 0.5131，处于合理区间(0.4~0.8)；加权平均轮廓系数(S)为 0.8703，表明网络同质性较高。这 2 个指标共同评估了聚类内部的一致性，数值越高聚类效果越佳。通过关键词聚类分析，我们能够识别出 8 个模块(#0~#7)，涵盖绿色创新、数字经济、绿色转型、融资约束、数字化、人力资本、政府补助和环境绩效等研究领域。

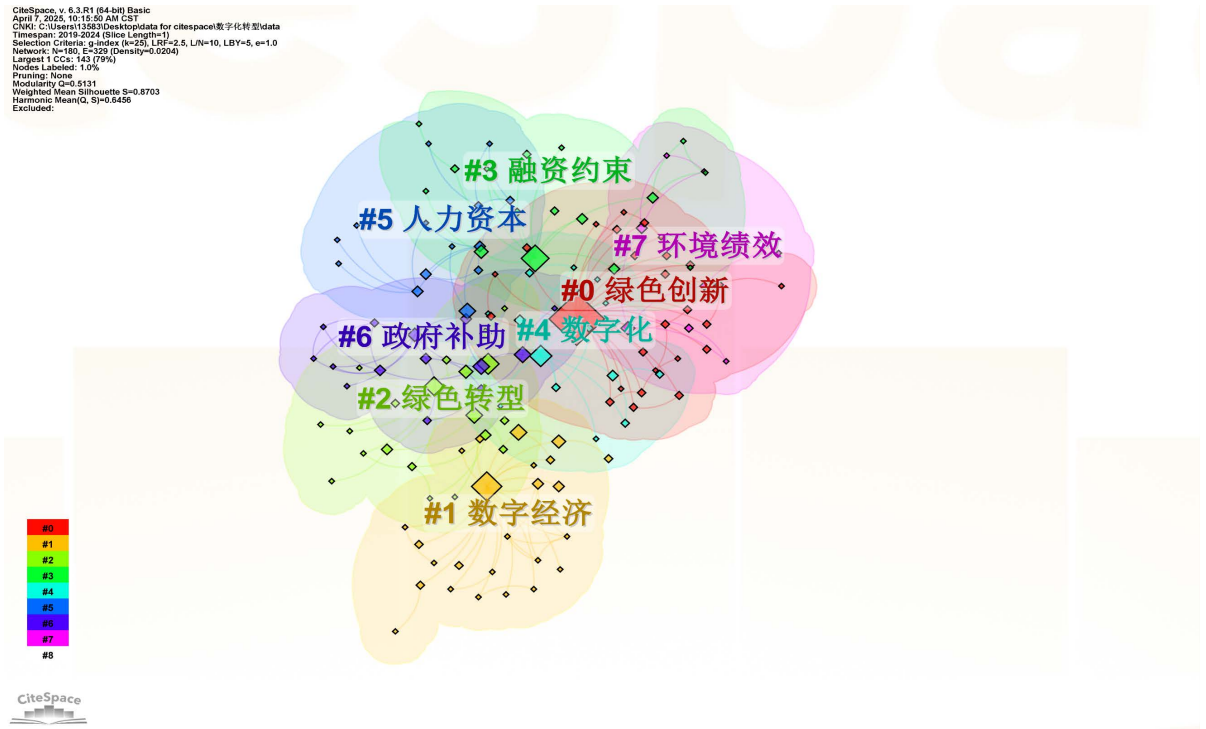


Figure 5. Keyword clustering map
图 5. 关键词聚类图谱

4.3. 关键词时间线图

运用 CiteSpace 软件对绿色数字化领域文献开展关键词聚类分析并绘制 2020~2024 年关键词共现时间轴图谱，见图 6，图谱形成#0 绿色创新、#1 数字经济、#2 绿色转型等 9 个聚类主题，聚类标号越靠前，对应主题研究规模越大。进一步归纳，关键词聚类主题可划分为技术融合、要素协同、目标价值三大研究方向：技术融合研究以数字经济、数字化为核心，早期“大数据”体现数字技术在经济领域的基础应用，后期“数字化”贯穿始终，展现数字技术与绿色创新的深度融合及应用场景延伸；要素协同研究涵盖绿色转型、融资约束、人力资本、政府补助等聚类，既探索绿色转型路径，又深入剖析资源与政策要

素对绿色创新的支撑机制，呈现研究向“技术 + 资源 + 政策”多要素协同深化的趋势；目标价值研究围绕绿色创新与环境绩效展开，绿色创新作为核心贯穿研究周期，后期“环境绩效”的出现，标志研究从转型过程探索转向成效评估，形成“技术应用 - 要素协同 - 价值成效”的完整闭环，体现研究目标从实践操作向价值创造的升级。

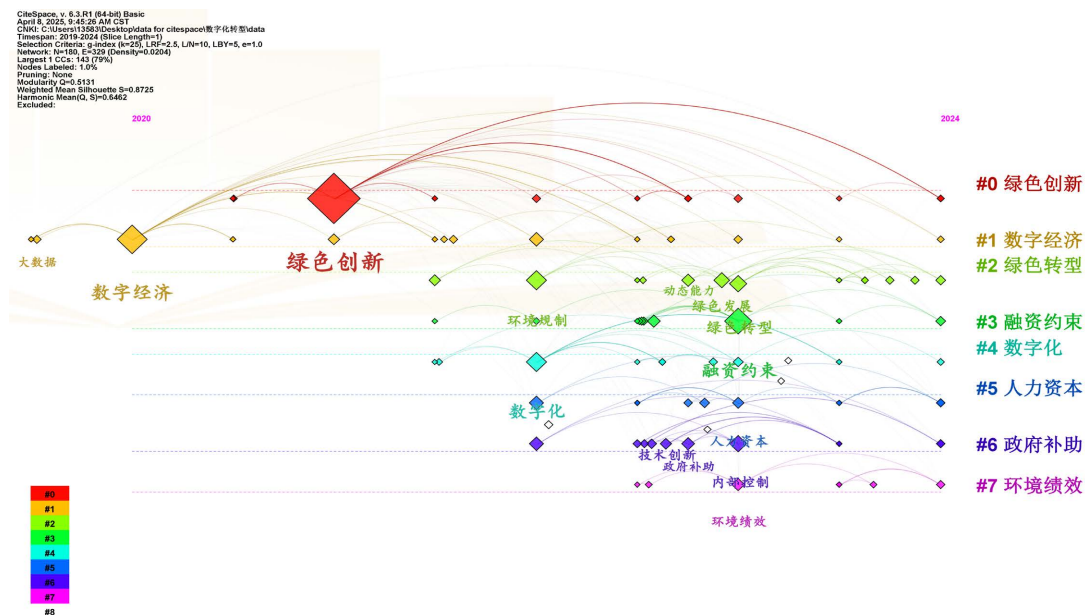


Figure 6. Keyword timeline map
图 6. 关键词时间线图谱

5. 案例分析：数字化转型驱动绿色创新的机制探究

5.1. 案例选取与背景

为深入解析数字化转型与绿色创新的协同机制，本研究选取海尔集团与国家电网作为典型案例。二者在制造业与能源领域分别通过数字化转型实现绿色创新突破，具有行业代表性 with 数据可获取性。

5.2. 海尔集团：智能制造与全流程绿色化

海尔集团通过构建工业互联网平台实现生产全流程数字化管理，其绿色创新机制体现为技术赋能、资源协同与价值共创的深度融合。具体而言，基于物联网传感器实时监测生产线能耗数据，结合 AI 算法动态调整设备运行参数，2023 年单厂区能耗降低 18%，直接优化了资源利用效率；同时，依托区块链技术对原材料碳足迹进行全链路追踪，推动供应商采用清洁生产工艺，2024 年供应链整体碳排放强度下降 23%，凸显了数字化技术对跨产业链绿色协同的支撑作用。此外，通过用户需求大数据分析，海尔开发模块化、易回收的智能家电产品，将产品生命周期碳减排率提升至 31%，实现了用户需求与绿色技术创新的双向驱动，形成“数据洞察 - 技术迭代 - 环境效益”的闭环机制。

5.3. 国家电网：数字孪生与能源系统低碳转型

国家电网以“能源互联网”战略为核心，通过构建电力系统数字孪生平台推动低碳转型，其机制表现为技术整合与系统优化的协同效应。借助气象大数据与机器学习模型，风光发电量预测精度提升至 95%，显著降低备用火电碳排放；依托实时负荷数据优化电网调度策略，2023 年弃风弃光率降至 3%，同时通

过用户侧虚拟电厂参与调峰, 实现年减碳量 120 万吨, 体现了数字化技术对能源供需动态平衡的调控能力。此外, 区块链技术的应用使碳配额全链路溯源成为可能, 企业碳交易效率提升 40%, 进一步强化了数字化工具在碳资产管理中的核心作用。

5.4. 理论启示与机制提炼

基于海尔集团与国家电网的实践, 数字化转型驱动绿色创新的核心机制可归纳为技术赋能、协同创新与价值共创的深度融合。技术赋能体现为数字技术(如物联网、AI、区块链)通过数据整合与智能决策重构生产流程, 例如海尔通过能耗监测与算法优化实现单厂区能耗降低 18%, 国家电网借助数字孪生提升风光预测精度至 95%, 直接提升资源效率与低碳化水平; 协同创新机制则依托数字化平台打破产业链信息壁垒, 如海尔利用区块链追踪碳足迹推动供应商绿色转型, 国家电网通过虚拟电厂整合用户侧资源实现供需动态平衡, 凸显跨主体协作对绿色技术扩散的支撑作用; 价值共创机制表现为用户与利益相关者通过数字化工具参与创新闭环, 例如海尔基于用户数据分析开发模块化产品提升碳减排率, 国家电网以区块链强化碳资产溯源效率, 形成“技术应用 - 行为适配 - 环境效益”的良性循环。三者共同构成数字化转型赋能绿色创新的底层逻辑, 即通过技术重构流程、协同优化资源、用户驱动价值, 最终实现经济效益与生态效益的系统性统一。

6. 结论与展望

6.1. 结论

本研究基于 CNKI 数据库 2019~2024 年的 557 篇核心文献, 运用 CiteSpace 可视化工具, 系统解构了我国绿色数字化领域的研究现状、热点主题及演化路径, 形成以下核心发现:

首先, 从研究发展态势来看, 我国绿色数字化研究呈现“双阶段”演进特征: 2019~2022 年为初步探索期, 发文量低但奠定了理论基础, 学者聚焦数字化转型与绿色创新的基础关联及理论框架构建; 2023~2024 年进入快速发展期, 发文量呈指数级增长, 研究向多元化实践场景拓展, 涵盖制造业绿色创新、企业技术研发等应用领域。

其次, 在研究主体与合作网络方面, 核心作者群体尚未形成显著的规模效应, 吕志梅、陈劲等学者以 3 篇发文量领先, 但整体合作网络稀疏, 121 个学术节点仅通过 40 条连接线关联, 反映出领域内协同研究有待加强。机构分布呈现地域与学科聚集特征, 北京化工大学、内蒙古财经大学等高校成为研究主力, 但跨机构合作网络仍需进一步整合。

再者, 关键词共现与聚类分析揭示了三大研究分支: 技术融合研究以“绿色创新”“数字经济”为核心, 凸显数字技术对绿色发展的赋能作用; 要素协同研究围绕“融资约束”“人力资本”“政府补助”展开, 聚焦资源与政策对转型的支撑机制; 目标价值研究以“环境绩效”为代表, 标志研究从过程探索向成效评估的深化。时间线图进一步显示, 研究主题从早期技术应用逐步向“技术 - 资源 - 政策”多要素协同及价值创造闭环演进, 体现出理论与实践互动的系统性提升。

研究通过量化分析与可视化呈现, 清晰勾勒了我国绿色数字化领域的知识图谱, 验证了“双碳”目标下数字化转型与绿色创新融合的研究热度, 为该领域的理论深化提供了实证依据, 也为政策制定者与实践主体把握研究前沿、优化资源配置提供了决策参考。

6.2. 展望

尽管本研究通过科学计量方法揭示了领域发展规律, 但仍存在一定拓展空间, 未来可从以下方向深化探索:

首先, 时空维度与跨国比较视角的拓展至关重要。未来研究可整合 CNKI 与 Web of Science 等多源数据库, 构建覆盖全球主要经济体的纵向研究框架。例如, 针对欧盟碳边境调节机制与中国碳市场数字化监测体系的政策效应差异, 可运用双重差分法与动态随机一般均衡模型, 结合政策文本的自然语言处理技术, 揭示制度环境对绿色技术扩散的差异化影响。通过建立包含 50 个国家、跨度为 15 年的面板数据网络, 系统解析长江经济带与莱茵河流域等典型区域在工业数字化转型中的生态效率演化路径, 进而开发具有空间异质性特征的“数字-绿色”耦合协调度模型, 为跨尺度治理提供理论支撑。

其次, 新兴技术应用与政策工具创新的协同机制亟待探索。生成式 AI 在清洁能源系统优化中的应用、数字孪生技术在建筑全生命周期碳管理中的实践, 均可作为典型研究场景。此类研究可采用技术成熟度曲线与系统动力学模型, 量化量子计算等技术迭代对资源循环效率的提升阈值。同时, 需结合我国“新质生产力”战略, 设计基于多主体建模的政策仿真平台, 模拟碳配额交易、绿色金融等政策工具与工业互联网的交互效应。例如, 针对钢铁行业数字化改造的碳泄露风险, 可构建包含企业决策树与政府监管反馈的博弈模型, 为“双化协同”政策组合提供动态优化方案。

最后, 研究范式的实践转向需要构建产学研深度融合的创新生态。未来应重点突破学术成果转化瓶颈, 通过建立行业级数字孪生实验平台, 对中小企业供应链碳管理工具开发、园区级能源互联网系统集成等实践问题进行动态验证。采用行动研究方法, 联合行业协会与科技企业开展嵌入式研究, 将分布式账本技术在产品碳足迹追溯中的应用、工业大数据驱动的绿色信贷评级模型等创新方案直接植入企业数字化转型场景。同时, 依托政产学研协同创新联盟, 设计覆盖技术标准、数据共享与利益分配机制的跨学科研究框架, 推动绿色数字化理论从“技术可能性”向“经济可行性”跃迁, 最终形成支撑系统性低碳转型的知识生产体系。

致谢

在本文的研究与写作过程中, 我始终心怀感恩, 特别感谢我的导师张峥教授, 从选题的精准把关、研究框架的悉心指导到论文的反复雕琢, 其深厚的学术造诣、严谨的治学态度和前瞻性的学术视野让我在探索绿色数字化的道路上不断成长, 每一次耐心的点拨都使我对研究的理解更加深入。同时, 感谢课题组的各位同仁在日常研讨中给予的思想碰撞与热心帮助, 你们的智慧与支持让我在攻坚克难中收获颇丰。最后, 深深感恩家人一直以来的包容与鼓励, 你们的默默支持让我能够心无旁骛地投入学术探索, 是我不断前行的温暖动力。未来, 我将始终铭记这份恩情, 以更严谨的态度和更饱满的热情投身学术研究, 为相关领域的发展贡献更多力量。

基金项目

基于持续创新能力的上海战略新兴产业并购协同机理及路径研究(项目批准号: 2022ZGL013)。

参考文献

- [1] 徐雯雯, 赵彦云. 双碳目标与数智赋能的协同高质量发展[J]. 统计研究, 2025, 42(3): 60-75.
- [2] 陈秋含, 蔡丽玲, 梅晶晶, 等. 国内外服装需求预测研究综述与展望——基于 CiteSpace 的可视化分析[J/OL]. 现代纺织技术: 1-11. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/33.1249.TS.20250319.1905.042.html>, 2025-04-02.
- [3] 周雪峰, 韩露, 肖翔. “双碳”目标下数字经济对企业持续绿色创新的影响——基于数字化转型的中介视角[J]. 证券市场导报, 2022, (11): 2-12.
- [4] 罗栋梁, 徐浩涵, 刘春燕. 连锁股东交叉持股下股东关系网络对企业碳绩效的影响研究[J]. 管理学报, 2025, 22(3): 516-526.
- [5] 苏占才. 制造业上市企业 ESG 表现对绿色创新的影响研究[J]. 河北工程大学学报(社会科学版), 2024, 41(4): 16-25.

- [6] 覃巧裕, 罗春英, 韦洁莹, 等. 基于 CiteSpace 的医院学科建设研究文献计量分析[J]. 中国医院, 2025, 29(4): 81-84.
- [7] 孔婷婷, 张恒毅. 企业绿色创新、数字化转型与碳排放[J]. 统计与决策, 2024, 40(20): 178-183.
- [8] 刘太花. 双碳背景下华润电力绿色转型路径及效果研究[D]: [硕士学位论文]. 北京: 北方工业大学, 2024.