

中国制造业数字化转型研究热点可视化分析

刘禹良

北方工业大学经济管理学院, 北京

收稿日期: 2025年6月18日; 录用日期: 2025年7月26日; 发布日期: 2025年8月5日

摘要

工业4.0背景下, 数字化转型日益成为制造业企业提升核心竞争力的必经之路与关键战略。本文基于CNKI数据库2014~2024年间有关制造业数字化转型的1894篇核心文献, 以CiteSpace作为研究工具, 对制造业数字化转型的研究热点及演化方向进行可视化分析。通过对CiteSpace生成的关键词共现图、关键词聚类图、关键词突现图进行分析, 结果表明: 技术创新是制造业数字化转型的核心驱动力, 此外, 管理模式和业务流程的创新也是数字化转型得以实现的关键; 未来研究需要关注如何解决数字鸿沟的问题, 如何通过政策扶持以及技术普及帮助中小企业和传统企业更好地实现数字化转型也是一个重要的研究内容。

关键词

制造业, 数字化转型, CiteSpace, 智能制造

Visualization Analysis of Research Hotspots on Digital Transformation in China's Manufacturing Industry

Yuliang Liu

School of Economics and Management, North China University of Technology, Beijing

Received: Jun. 18th, 2025; accepted: Jul. 26th, 2025; published: Aug. 5th, 2025

Abstract

Under the backdrop of Industry 4.0, digital transformation has increasingly become an essential pathway and key strategy for manufacturing enterprises to enhance their core competitiveness. Based on 1,894 core publications related to digital transformation in manufacturing from the CNKI database (2014~2024), this study employs CiteSpace as a research tool to conduct a visual analysis of research hotspots and evolutionary trends in this field. Analysis of the keyword co-occurrence

maps, keyword clustering maps, and keyword burst detection maps generated by CiteSpace reveals that technological innovation serves as the core driving force for digital transformation in manufacturing. Furthermore, innovations in management models and business processes are also crucial for achieving successful digital transformation. Future research should focus on addressing the digital divide and exploring how policy support and technology popularization can assist small and medium-sized enterprises (SMEs) and traditional enterprises in better implementing digital transformation, which constitutes another significant research direction.

Keywords

Manufacturing, Digital Transformation, CiteSpace, Smart Manufacturing

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

工业 4.0 概念最早由德国提出,其核心内容是利用大数据、云计算、物联网等新一代数字技术,推动制造业不断从自动化、机械化向数字化、智能化方向转变。《中国制造 2025》的印发,是全面促进制造业高质量高水平发展的重要举措,也为我国制造业的发展指明了方向,由“制造”向“智造”的转变是必然趋势。随着大数据、物联网、人工智能等新兴技术的发展,近年来,我国制造业的数字化转型也逐步开展,并在诸多方面取得了显著成效,为我国的经济增长输送着源源不断的动力。

然而,数字技术的更新速度不断加快,人工智能大模型、量子计算等技术的出现为制造业的数字化转型进程提供了更多的机遇,同时也带来了不少的挑战。对于新兴的制造业,要深化技术融合,加强创新力度,力争走在技术前沿。而对传统制造业来说,想要在激荡的数字化浪潮中撑起风帆,行稳致远,就更需要主动出击,转变观念,把握住发展机遇,实现自身的数字化转型。在这种背景下,理清制造业数字化转型的研究热点和发展方向,对更好地推动制造业的发展有一定的理论与现实意义。

2. 文献综述

近年来,制造业数字化转型已成为中外学术界研究热点。国内研究起步较早,主要聚焦转型路径、能力构建与治理机制等议题。宗梦婷等(2025) [1]从主题结构出发,将相关研究划分为战略认知、数字创新、能力构建和制度协同四个领域,构建了较为完整的理论体系。樊驰与公艳(2025) [2]指出,国内学者更关注管理创新、组织重构与产业融合对数字转型的支撑作用,研究主题逐渐从“技术采纳”向“系统创新”转向。

与此同时,国外学者则更多采用实证模型,从技术嵌入对组织绩效的作用机制进行分析。比如,Kraus等(2021) [3]基于欧洲制造业企业样本,探讨了技术转型与组织敏捷性的关系,强调中小企业需通过敏捷管理实现技术导入的组织适配。Ivanov等(2021) [4]则提出,数字化必须与供应链弹性协同发展,才能在复杂环境中提升企业绩效。此外,张英(2024) [5]指出,中小企业在数字化过程中仍面临技术、资金、人才等多重瓶颈,“数字鸿沟”问题在区域层面差异显著。柯遵义等(2024) [6]进一步强调应在政策设计中关注不同类型企业的治理适配机制。

综上,国内研究强调制度与场景适配,国外研究聚焦能力与绩效关系,本文试图通过 CiteSpace 可视化手段打通“热点-路径-演化”三维结构,为理论整合和实证研究提供图谱化支撑。

(1) 以“智能制造”“智能车间”“智能工厂”为代表的与智能制造相关的关键词，智能制造是基于新一代信息技术的制造系统，是工业 4.0 的核心概念之一。智能制造通过智能化生产方式提升生产效率，降低成本，提高产品质量。智能制造不仅仅是自动化生产的延伸，它将物联网、人工智能、云计算、大数据等技术深度融合，用以实现生产的全生命周期管理。从图中可以看出，“智能制造”节点周围紧密联系了多个子领域，如“生产线”、“虚拟仿真”、“机器视觉”等，表明智能制造领域涵盖了从技术实现到生产应用的多方面内容。另外，从图 1 中“智能车间”“智能工厂”与“数据驱动”、“深度学习”等关键词相连也可以看出，智能车间、工厂的构建也依赖于数据技术的支撑和人工智能的优化。数字技术的应用对信息的采集、分析和决策以及工厂的集成化和可视化管理起到了关键作用。

(2) 以“大数据”、“物联网”、“云计算”“人工智能”“数字孪生”“虚拟仿真”等为代表的数字化转型技术相关关键词。数据日益成为核心的生产要素，数据的处理和应用对于生产制造、供应链管理、调度决策都至关重要。大数据技术被广泛应用于制造业，用于数据的采集、分析和辅助决策等。制造企业通过大数据分析可以预测设备维护、优化生产排程以及精确追踪供应链环节，“数据驱动”是制造业发展的关键支撑。物联网技术提供了连接设备和系统的能力，实现了设备之间的通信与协作以及从生产线、设备到供应链的全流程数字化。云计算为数字化制造系统提供了灵活的计算资源和存储能力，帮助制造企业应对大规模数据分析需求。云计算作为数字技术基础设施，在支持复杂制造系统的数字化管理上发挥了关键作用。“数字孪生”“虚拟仿真”是利用计算机技术，基于数学模型和物理定律，对现实世界中的复杂系统进行建模和仿真。在虚拟环境中设计和优化产品，模拟分析生产线的运作情况，提前预测供应链中的潜在问题并优化物流、库存等策略。

(3) 以“转型升级”“创新驱动”“商业模式”“产业升级”等为代表的产业升级与管理创新相关关键词。制造业的数字化转型不仅仅是技术上的升级，更是管理模式和产业链的深度变革。要实现从机械化、自动化向智能化、数字化的跨越，首先要引入新的数字技术，但同时也需要对整个生产流程、管理模式和商业模式进行全面的创新和变革，以适应前沿数字化技术引入所带来的颠覆性冲击[8]。因此对产业升级和管理创新的研究一直是制造业数字化转型的相关研究中不可或缺的内容。

(4) 以“案例研究”“数据分析”为代表的对转型路径进行探索的方法类关键词。通过对检索得到的核心文献进行观察可知，制造业数字化转型这一领域内的研究方法，大多以案例分析为主。本文认为主要有以下几个原因：首先是制造业数字化转型涉及的技术、管理、供应链、市场环境等多方面内容高度复杂，不同企业和行业的数字化需求与实施路径差异巨大。通过案例分析，可以深入研究具体企业的实践经验，揭示其独特的转型策略和应对措施，有助于理解不同环境下的多样化转型模式；其次是数字化转型不仅是理论问题，更是实践中的复杂变革过程。案例研究能够将理论与实际相结合，分析企业在数字化转型中的具体应用场景、技术实施和管理变革，提供有针对性的经验和教训。这对于企业的实际应用和决策具有直接参考价值；三是数字化转型是一个正在进行中的过程，很多转型项目仍处于实施阶段，相关的定量数据尚不完备或难以获取。而案例分析可以利用企业的实践数据和经验，为研究提供具体且有深度的素材。同时，案例研究允许对复杂背景下的现象进行细致剖析，有助于揭示难以量化的动态因素[9]。

4.2. 关键词聚类分析

生成关键词聚类图的目的是根据共现的关键词，形成不同的主题或子领域，展现领域内部的研究热点和结构。通过观察关键词聚类图，我们可以看到不同的研究主题和它们的相互关联。关键词聚类图将相似或相关的关键词聚集在一起，形成清晰的研究模块。图中的每个聚类代表了制造业数字化转型的一个研究方向。

如图 2 所示，可以清晰地看到，制造业数字化转型在 2014~2024 年间研究的关键词聚类有 15 个，分别是：#0 智能制造、#1 融资约束、#2 工业 4.0、#3 物联网、#4 数字经济、#5 制造业、#6 数字孪生、#7 数字化、#8 智能车间、#9 案例研究、#10 人工智能、#11 信息管理、#12 知识图谱、#13 家具制造、#14 集成制造系统。



Figure 2. Keyword cluster diagram of digital transformation of manufacturing industry
图 2. 制造业数字化转型关键词聚类图

从关键词聚类的聚合程度来看，一些核心关键词的聚合程度较好，表明制造业的数字化转型研究热度高，热点密集。

例如#2 工业 4.0，工业 4.0 代表了制造业的第四次工业革命，它将数字技术与传统制造深度融合，推动制造业向智能化转型。该聚类主要聚焦于工业 4.0 的基础理论和实践应用，包括物联网、智能工厂、云计算等技术；#1 融资约束，这一聚类看似与制造业数字化转型不直接相关。然而，融资约束在制造业数字化转型中的作用不容忽视，尤其是在中小企业的转型过程中，融资能力直接影响了企业的创新能力和技术升级。中小企业在数字化转型过程中，面临着大量资金需求，包括购买新设备，升级 IT 基础设施，研发新技术等。融资约束是指企业由于资金不足而无法有效投资于这些领域，阻碍数字化转型的步伐。在此过程中，政策支持、金融创新、政府补贴等措施都可能帮助企业突破融资约束的瓶颈，加速转型进程，因此，这也是一个研究的热点领域；再比如#3 物联网、#6 数字孪生、#10 人工智能等聚类，显示了一些与制造业数字化转型相关的前沿数字技术，这些也是该领域内的研究热点，并且推动这些数字技术与制造业相结合的相关研究，对于加速制造业数字化转型的进程有重要意义。

通过对关键词聚类图的分析，可以看到制造业数字化转型是一个多层次、跨领域的复杂过程，涵盖了从技术应用、资金支持到管理模式创新的各个方面。每个聚类代表了研究的一个重要方向，展示了技术、资金、管理模式等在转型过程中的作用。

4.3. 关键词突现分析

关键词突现图展示了不同时间段内，特定关键词在文献中的“突现”强度，帮助我们识别出某一领域内的研究热点，技术趋势和发展的关键节点。通过突现图，能够直观了解制造业数字化转型过程中，不同关键词在不同时期的重要性，揭示出某些概念或技术的兴起和衰落，指导未来的研究和实践。

从图 3 关键词突现图的分析中，我们可以得到一条清晰的时间轴，反映了制造业数字化转型领域中

研究重点的变化和转型路径。



Figure 3. Key words emergent diagram of digital transformation of manufacturing industry
图 3. 制造业数字化转型关键词突现图

2014~2019 年间，基础技术开始兴起，转型的概念逐渐形成，在这一时期，制造业数字化转型的研究热点主要集中于基础技术的引入和概念的初步构建。突现的关键词反映了技术基础的铺设与产业意识的觉醒。自“工业 4.0”概念提出以来，这一关键词迅速成为制造业数字化转型的代名词。工业 4.0 代表了智能制造的未来发展方向，为全球制造业的数字化转型提供了理论框架和技术路线图。大数据技术、物联网技术等作为推动制造业设备互联，决策支持等方面的核心技术，在这一阶段引发了学术界和工业界的广泛关注。2016 年，以“智能工厂”为代表的关键词开始突现，这也表明在经过前期不断的酝酿和发展之后，制造业数字化转型真正开始落地实施，智能工厂等应用研究开始大量增多。

2019~2022 年间，智能制造与深度应用的研究突增，制造业的数字化转型进入了智能化、自动化的深度应用阶段，突现的关键词体现了技术的深入和应用场景的扩展。智能制造成为这一阶段的核心关键词，表明研究重点从概念探索转向具体技术的实践应用。智能制造通过集成物联网、人工智能和大数据等技术，实现了生产智能化和数字化。再如制造企业从传统的固定生产线向柔性生产线进行转变，深度学习技术的广泛应用，利用数字化平台协同设计，多方协作，这一阶段的转型内容更加深入，应用更加落地，是制造业数字化转型这一领域的研究蓬勃发展的一段时期。

2022 年后，突现的关键词集中体现了新兴技术的崛起和对未来发展的探索，揭示了制造业在数字化转型过程中面临的新挑战和机遇。随着数字化技术的广泛应用，企业间技术采用的不平衡性开始显现。中小企业在资源、技术能力和人才方面的不足，导致其在数字化转型过程中面临更大的挑战。数字鸿沟

的研究反映了在数字经济时代，如何帮助中小企业实现数字化升级成为新的关注点。制造业的未来发展依赖于持续的技术革新，特别是在人工智能、区块链、边缘计算等前沿技术领域的探索。创新不仅推动企业的生产效率提升，也为制造业创造了全新的商业模式和价值链。但是制造业的数字化转型不仅是技术层面的升级，还涉及管理模式和业务流程的变革，技术和管理的双创新才是未来的研究趋势和制造业的发展方向[10]。通过分析也可以看出，关键词共现图与关键词聚类图和关键词突现图所呈现出的信息基本一致。

5. 研究结论和启示

5.1. 结论

(1) 技术创新是制造业数字化转型的核心驱动力。通过对制造业数字化转型的研究热点的可视化分析可以看出，诸如物联网、大数据、人工智能等基础技术在不同时期的研究中都占据了重要位置。这些技术为制造业向智能化、数字化转型提供了坚实基础，并持续推动了产业升级。无论是早期的概念性探索，还是近期的智能制造应用，技术进步始终是推动该领域发展的关键因素。技术创新机制主要体现在企业对核心生产要素的重组与流程的自动化升级。人工智能与大数据技术的广泛应用，推动了从预测性维护到柔性制造等一系列深度变革，构建了基于数据驱动的决策体系。

(2) 管理模式创新是数字化转型成功的必要条件。除了技术上的进步，管理模式和业务流程的创新也是数字化转型得以实现的关键。在引入新兴技术的同时，制造企业需要对其管理模式进行深度变革，以适应日益复杂的生产环境和全球竞争态势。这一领域的研究表明，创新驱动型的管理升级对提升生产效率、优化供应链管理和推动业务转型起到了至关重要的作用。管理创新机制体现为组织结构、绩效体系与供应链协作模式的系统重构。在适应高度数字化的生产环境中，企业需推进以扁平化、协同化为导向的管理革新，管理体系的适应性成为技术落地的重要保障。

(3) 中小企业的数字化鸿沟问题是未来研究的焦点。随着数字化技术的广泛应用，企业间的数字鸿沟问题逐渐显现，特别是中小企业在资源、技术能力和人才储备方面的不足使其在转型过程中面临更大的挑战。因此，如何缩小数字鸿沟，帮助中小企业实现数字化转型，已经成为该领域的一个重要研究热点，未来的研究与实践将进一步关注这一问题。

5.2. 启示

(1) 智能制造仍是未来的核心领域，随着人工智能、深度学习、智能机器人等技术的深入发展，如何在具体场景下实现智能制造的全方位应用将是研究的重点。同时，探索智能制造与5G、量子计算等新兴技术的结合也将成为新的热点。并且制造业的数字化转型涉及多个技术领域，未来的研究应更加注重跨学科的合作，包括信息技术、人工智能、管理科学和政策研究等，通过综合多学科的力量推动制造业的全面智能化。

(2) 未来的研究可重点关注如何解决制造业中的数字鸿沟问题。随着数字化技术的深入应用，不同规模和不同行业的企业在技术采纳和转型能力上存在显著差距，尤其是中小企业和传统制造企业在资源、技术和人才方面较为薄弱，难以跟上数字化转型的步伐。未来研究应探讨如何通过政策支持减轻这些企业的资金负担，比如税收减免、专项资金等方式；同时加大技术普及力度，提供标准化的数字化工具和技术培训，帮助中小企业提升技术应用能力[11]。此外，还可以通过加强区域性技术支持平台建设，提供持续的技术咨询和服务，以确保中小企业在数字化转型过程中获得长期的支持和资源保障。

根据研究内容本文提出以下四项切实建议：1) 财政与金融扶持机制：建议政府设立专项数字转型基金，对中小企业提供税收减免、贴息贷款与转型补贴。2) 区域数字化服务平台建设：依托产业集群设立

共享云平台和数据中台，为中小企业提供低门槛技术接入。3) 数字人才培养体系：通过产教融合机制，推动“短期认证 + 企业内训”的模式，增强员工数字素养与系统操作能力。4) 推广标准化工具包与开源资源：鼓励科研机构输出可复用的轻量化数字解决方案，提高中小企业的技术可达性与独立性。

参考文献

- [1] 宗梦婷, 朱岷, 陈曦. 数字化转型研究的主题结构、热点趋势和拓展方向[J]. 管理学报, 2025, 22(4): 782-793.
- [2] 樊驰, 公艳. 数字化转型赋能企业创新研究可视化分析——现状、热点及演进趋势[J]. 技术经济与管理研究, 2025(1): 119-126.
- [3] Kraus, S., Durst, S., Ferreira, J.J., Veiga, P.M. and Kailer, N. (2021) Digital Transformation in Business and Management Research: An Overview of the Current Status and a Call for Further Research. *Technological Forecasting and Social Change*, **162**, Article ID: 120379.
- [4] Ivanov, D., Dolgui, A. and Sokolov, B. (2021) The Impact of Digital Technology and Industry 4.0 on the Ripple Effect and Supply Chain Risk Analytics. *International Journal of Production Research*, **59**, 4999-5016.
- [5] 张英. 企业数字化转型研究热点可视化分析[J]. 工业技术经济, 2024(6): 132-138.
- [6] 柯遵义, 周宝光. 数字化转型研究热点、主题变迁与发展趋势——基于 CSSCI 数据的文献计量分析[J]. 情报科学, 2024, 42(3): 80-89.
- [7] 陈悦, 陈超美, 刘则渊, 等. CiteSpace 知识图谱的方法论功能[J]. 科学学研究, 2015, 33(2): 242-253.
- [8] 李文芯. 管理创新、数字化转型与企业绩效关系研究——来自中国制造业企业的证据[J]. 中国物价, 2022(12): 103-106.
- [9] 乌力吉图, 周碧波, 王英立. 中国中小制造业企业数字化转型路径研究[J]. 科学学研究, 2024, 42(5): 1021-1031, 1109.
- [10] 安家骥, 狄鹤, 刘国亮. 组织变革视角下制造业企业数字化转型的典型模式及路径[J]. 经济纵横, 2022(2): 54-59.
- [11] 孔存玉, 丁志帆. 制造业数字化转型的内在机理与实现路径[J]. 经济体制改革, 2021(6): 98-105.