

分类号 F74/253
U D C 339

密级 不保密
编号 10741



硕士学位论文

论文题目 中国制造业数字化转型对出口
技术复杂度的影响研究

研究生姓名: 敖杰

指导教师姓名、职称: 聂元贞 教授

学科、专业名称: 国际贸易学

研究方向: 国际贸易理论与政策

提交日期: 2024年05月31日

独创性声明

本人声明所提交的论文是我个人在导师指导下进行的研究工作及取得的研究成果。尽我所知，除了文中特别加以标注和致谢的地方外，论文中不包含其他人已经发表或撰写过的研究成果。与我一同工作的同志对本研究所做的任何贡献均已在论文中作了明确的说明并表示了谢意。

学位论文作者签名： 敖杰 签字日期： 2024.5.31

导师签名： 聂元贞 签字日期： 2024.5.31

关于论文使用授权的说明

本人完全了解学校关于保留、使用学位论文的各项规定， 同意（选择“同意” / “不同意”）以下事项：

1. 学校有权保留本论文的复印件和磁盘，允许论文被查阅和借阅，可以采用影印、缩印或扫描等复制手段保存、汇编学位论文；

2. 学校有权将本人的学位论文提交至清华大学“中国学术期刊（光盘版）电子杂志社”用于出版和编入 CNKI《中国知识资源总库》或其他同类数据库，传播本学位论文的全部或部分内容。

学位论文作者签名： 敖杰 签字日期： 2024.5.31

导师签名： 聂元贞 签字日期： 2024.5.31

Research On The Impact Of Digital Transformation In Chinese Manufacturing On The Complexity Of Export Technology

Candidate :Ao Jie

Supervisor:Nie Yuanzhen

摘 要

一方面,改革开放以来我国制造业得到快速发展,总体规模已连续十四年保持全球第一,但目前我国制造业的整体竞争力仍然“大而不强”,因此提升出口技术复杂度以增强出口竞争力仍然是我国制造业发展的重要任务。另一方面,目前数字经济的快速发展为我国制造业进行数字化转型以提高国际竞争力提供了重要契机,但目前关于制造业数字化转型影响出口技术复杂度的理论机制研究仍有不足,因此本文探究制造业影响出口技术复杂度的理论机制并分析其影响的行业异质性,对我国制造业的高质量发展具有重要的理论价值和现实意义。

论文在文献综述、相关概念界定和我国制造业数字化转型与出口技术复杂度现状描述性分析的基础上,探讨了制造业数字化转型通过提升创新能力和开放水平、降低交易成本影响制造业出口技术复杂度的理论机制,运用比较分析法和计量分析法实证分析了数字化转型对我国出口技术复杂度的影响,并据此提出了相应的政策建议。论文的研究发现:第一,制造业数字化转型在理论上不仅可以通过提高企业创新能力途径来提升出口技术复杂度,而且可以通过降低交易成本途径来提升出口技术复杂度,还可以通过提高开放水平途径来提升出口技术复杂度;第二,2013-2021年间,我国制造业数字化水平和出口技术复杂度整体呈上升趋势,但存在内部分行业的差异性:(1)高技术制造业数字化转型指数最高,其次为低技术制造业,中技术制造业的数字化转型指数最低。(2)高技术制造业出口技术复杂度最高,中低技术制造业出口技术复杂度相差不大且相较于高技术制造业存在显著差距。(3)中技术行业出口技术复杂度的提升乏力且不稳定,低技术行业的出口技术复杂度的提升速度高于中技术行业且较为稳定;第三,实证分析显示制造业数字化转型在总体上确实对我国出口技术复杂度的提升起到了正向促进作用,创新能力、交易费用和开放水平的中介效应显著,理论机制在我国实践中得到验证;第四,实证分析显示制造业数字化转型对我国出口技术复杂度的影响效果存在分行业的差异性,高技术制造业数字化转型对出口技术复杂度的提升具有较强的促进作用,但中低技术制造业数字化转型对出口技术复杂度的影响不够显著,其主要原因是创新动力的差异、知识吸收能力方面的局限、交易成本降低作用有限以及市场的特殊性等方面因素。为此,论文提出了持续推进数字基础设施建设,加强数字化人才培养,完善对线上平台的治理,进一步提升

开放水平，采取差异化、精细化的数字化转型产业政策等建议。

关键词：制造业数字化转型 出口技术复杂度 影响机制 中介效应 行业异质性

Abstract

On the one hand, the fast development of China's manufacturing industry since the reform and opening up of China, the overall scale has been fourteen consecutive years to maintain the world's first, but at present the overall competitiveness of China's manufacturing industry is still "big but not strong". Therefore, upgrading the technological complexity of exports to increase export competitiveness remains an equally important task for the development of China's manufacturing industry. On the other hand, the rapid development of the digital economy for China's manufacturing industries to carry out digital transformation to improve international competitiveness provides an important opportunity, but the current digital transformation of the manufacturing industry to affect the export technology complexity of the theoretical mechanism of the research is still insufficient, so this paper explores the manufacturing industry to affect the export technology complexity of the theoretical mechanism and analyze the impact of the heterogeneity of the industry, the high quality of China's manufacturing industry development has an interesting theoretical value and practical significance. important theoretical value and practical significance.

On the basis of literature review, definition of relevant concepts and descriptive analyse of the current situation of digital transformation of manufacturing industry and export technological complicatedness in

China, the paper discusses the theoretical mechanism of digital transformation of manufacturing industry which affects the degree of export technological complicatedness by improving innovation ability and openness level and reducing transaction cost.

Digital conversion of the manufacturing industry through the enhancement of innovation capacity and openness level, reduce transaction costs affect the export technology complexity of the manufacturing industry's theoretical mechanism, the use of comparative analysis and econometric analysis to verify the impact of digital transformation on China's export technology complexity, and accordingly puts forward a proposal. Using comparative analysis law and econometric analysis law, the impact of digital transformation on the technical flexibility of China's exports has been analyzed, and corresponding policy recommendations have been put forward accordingly. The paper's research findings: first, the digital transformation of manufacturing industry can theoretically improve the export technology complexity not only by improving the enterprise innovation ability pathway, but also by reducing the transaction cost pathway, and also by improving the openness level pathway; second, during 2013-2021, the level of China's manufacturing industry digitization and export technology complexity as a whole showed an upward trend, but there are differences within some industries: (1) high-tech manufacturing industry has the highest digital

transformation index, followed by low-tech manufacturing and the digital transformation index of medium-tech manufacturing industry is the lowest. (2) High-tech manufacturing industry export technology complexity is the highest, medium and low-tech manufacturing industry export technology complexity is not very different and compared to the high-tech manufacturing there is a significant gap. (3) The promotion of export technology complexity of medium technology industry is weak and unstable, and the promotion speed of export technology of low technology industry is higher than that of medium technology industry and more stable; third, the empirical analysis shows that the digital transformation of manufacturing industry does play a positive role in promoting the promotion of China's export technology complexity on the whole, and the mediating effect of innovation ability, transaction cost and open level is significant, and the mechanism of theory has been verified in China's practice; fourth, the digital transformation index of high-technology manufacturing industry is the highest, and there is a significant gap compared with high-technology manufacturing industry. China's experience has been verified; fourth, empirical analysis shows that there is sub-industry variability in the effect of manufacturing digital transformation on China's export technological complexity, and the digital transformations of high-technology manufacturing industries have a strong promotional effect on the enhancement of export technological

complexity, but the digital transformation of medium- and low-technology manufacturing industries does not have a significant enough effect on the export technological complexity, which is mainly due to the differences in the power of innovation, the limitations in the capacity to absorb knowledge, the limitations in the market, the limitations in the market, the limitations in the capacity to absorb knowledge, the limitations in the capacity to absorb knowledge, and the limitations in the capacity to absorb knowledge. limitations in absorption capacity, market specificity and other aspects. In this regard, the paper puts forward suggestions such as continuously promoting the development of digital infrastructure, strengthening the cultivation of digital talents, improving the governance of online platforms, further enhancing the level of openness, and adopting differentiated and refined industrial policies for digital transformation.

Keyword: Manufacturing Digitalization; Export Technology Complexity; Influencing Mechanism; Mediating Effects; Industry Heterogeneity

目 录

1 绪论	1
1.1 研究背景	1
1.2 研究目的	2
1.3 研究意义	3
1.3.1 理论意义	3
1.3.2 现实意义	3
1.4 文献综述	4
1.4.1 制造业数字化转型影响的相关研究	4
1.4.2 制造业数字化转型测度的相关研究	5
1.4.3 出口技术复杂度的内涵的相关研究	6
1.4.4 出口技术复杂度测度的相关研究	7
1.4.5 制造业数字化转型对出口技术复杂度的影响机制的相关研究	7
1.4.6 文献简评	8
1.5 研究思路、研究内容及方法	9
1.5.1 研究思路	9
1.5.2 研究内容	10
1.5.3 研究方法	11
1.6 创新点与不足	11
2 制造业数字化转型影响出口技术复杂度的理论机制分析	13
2.1 相关核心概念的界定	13
2.1.1 制造业数字化转型的内涵界定	13
2.1.2 出口技术复杂度的内涵界定	13
2.2 理论基础	13
2.2.1 人力资本内生经济增长理论	13
2.2.2 熊彼特的创新理论	14
2.2.3 比较优势理论	14
2.3 理论机制分析	15

2.3.1 理论机制概述	15
2.3.2 创新能力的中介作用	15
2.3.3 交易成本的中介作用	16
2.3.4 开放水平的中介作用	17
3 中国制造业数字化转型与出口技术复杂度现状分析	18
3.1 制造业数字化转型现状分析	18
3.1.1 制造业数字化转型现状	18
3.1.2 制造业数字化转型测度分析	19
3.2 制造业出口技术复杂度现状分析	22
3.2.1 制造业出口现状	22
3.2.2 制造业出口技术复杂度测度分析	24
4 中国制造业数字化转型影响出口技术复杂度的实证分析	28
4.1 模型的构建、变量的选取及数据的来源	28
4.1.1 模型的构建	28
4.1.2 变量的选取及数据来源	29
4.2 基准回归结果	31
4.2.1 基准回归分析	33
4.2.2 稳健性检验	34
4.3 中介机制检验	35
4.3.1 创新能力的中介效应	35
4.3.2 交易费用的中介效应	36
4.3.3 开放水平的中介效应	36
4.4 行业异质性分析	37
4.4.1 低技术制造业	38
4.4.2 中技术制造业	39
4.4.3 高技术制造业	41
5 结论与政策建议	44
5.1 主要结论	44

5.2 政策建议	45
5.2.1 持续推进数字基础设施建设	45
5.2.2 加强数字化人才培养	46
5.2.3 完善对线上数字平台的治理	46
5.2.4 强化开放水平的中介作用	47
5.2.5 制定精细化、差异化的数字化转型产业政策	48
5.3 研究展望	48
参考文献	50
后 记	57

1 绪论

1.1 研究背景

自改革开放以来，我国制造业始终保持稳健增长的态势，逐步形成了门类齐全、独立完整的产业体系，对我国工业化和现代化建设起到了积极的推动作用，为提升我国综合国力作出了卓越的贡献（石晶，2015）。然而，过去的发展强调对“量”的追求，忽视了对“质”的关注，导致我国经济长期处于粗放发展模式，我国制造业技术水平与美国、德国这种世界制造业强国相比处于落后地位。制造业作为实体经济的主体，其发展质量代表了一个国家生产力水平，因此要进一步提升我国综合国力，将我国建设成世界强国，就必须打造出“大而强”的制造业。2015年，国务院发布《中国制造2025》，提出要把我国建设成引领世界制造业发展的制造业强国，2022年，政府工作报告再次强调“要增强制造业核心竞争力”，在中央和地方各级政府出台的一系列旨在促进我国制造业高质量发展的政策的支持下，我国的高新技术产业领域涌现出了一批媲美国际高端产业的高科技制造业企业，如中国南车和华为等。然而，我国制造业目前依旧大而不强，整体上存在着自主研发能力较弱的情况，受到大国竞争的影响，我国在部分核心零件和核心技术方面仍面临受制于人的情况。此外，以美国为代表的西方发达国家在2008年金融危机后提出了要进行“制造业再回归”，旨在恢复本国的制造业优势，这对我国高端制造业的发展造成了巨大的压力。因此，如何提高我国制造业出口的竞争力是一个值得研究的问题。

一方面，学术界研究一国制造业出口竞争力状况时使用的评价指标较多，其中出口技术复杂度是一个重要的综合性评价指标，而且在科学技术作为第一生产力的时代，出口技术复杂度指标最能全面体现行业出口的竞争能力，因此本文的研究将出口技术复杂度作为我国制造业出口竞争力的评价指标。

另一方面，影响制造业出口技术复杂度的因素众多，其中数字经济被普遍认为是在当前及今后一段时期内影响制造业出口技术复杂度的一个重要因素。这是因为：首先，随着全球经济的数字化转型，制造业面临着前所未有的挑战与机遇。一方面数字化技术如人工智能、物联网、大数据和云计算的融入，极大地改变了

传统制造业的生产方式和业务模式。这些技术的应用不仅优化了制造流程，提升了生产效率和灵活性，还促进了产品创新和质量的提升，从而直接提高了制造业产品的技术复杂度。另一方面数字经济时代下的全球化市场环境要求制造业必须在快速变化的市场需求和激烈的国际竞争中保持竞争力，而制造业通过数字化转型，能更有效地连接全球市场，加速技术和信息的交流，从而提高其出口产品的市场竞争力。

作为数字经济发展的关键领域，产业数字化在提升制造业出口技术复杂度方面发挥着不可或缺的重要作用。在国际上，制造业的数字化转型被普遍认为是推动其持续发展的关键。世界上主要的制造业强国诸如美国、日本、德国均大力发展数字经济，制定了符合本国国情的制造业数字化转型战略。如美国 2018 年制定了《美国机器智能国家战略》，该规划聚焦于高端制造业的数字化发展及前沿技术的应用；德国也制定了“数字战略 2025”，该计划描述了德国政府的优先事项，即发展数字能力和促进新工具的使用，以加强德国的数字化进程从而推动制造业发展。我国于 2021 年 12 月 12 日颁布了《“十四五”数字经济发展规划》，该规划强调要抓住数字化发展的新机遇，要求进一步推进数字技术与制造业产业的融合；2024 年《政府工作报告》再次强调要制定相关政策积极推进产业数字化，实施制造业数字化转型。在这种数字经济引领经济发展的背景下，制造业数字化转型是推动制造业实现高质量发展的关键路径和必然选择。

1.2 研究目的

关于制造业数字化转型影响出口技术复杂度的机制研究，目前仍存在一定的研究空白；在行业层面，由于各行业环境条件、创新活动的不同，具有明显的行业异质性，然而关于行业异质性问题，现有研究也未给予特别关注。

基于上述问题，为了更好理解数字化转型在提升制造业出口竞争力方面的作用，本文旨在探讨我国制造业数字化转型对出口技术复杂度的影响机制，探究这种影响是否存在行业异质性，若存在行业异质性，探究存在行业异质性的原因，并在机制研究的基础上为政府和企业就如何充分利用制造业数字化转型以提升出口技术复杂度提供政策建议。

1.3 研究意义

1.3.1 理论意义

尽管已有少量相关研究对制造业数字化转型是否影响了出口技术复杂度进行了探讨,但这些研究主要集中在单一的影响因素上,忽略了其他可能的复杂影响机制和行业异质性。本文侧重探究中国制造业数字化转型对出口技术复杂度的影响机制,通过融入创新能力、交易费用和开放水平三个中介变量,为理解制造业数字化转型如何影响出口技术复杂度提供了更加细致的视角。其次,对于行业异质性的研究为不同领域制造业数字化转型的效果提供了更为分化和详尽的分析,为后续研究提供了相应参考。

总而言之,本文对于丰富和完善制造业数字化转型与出口技术复杂度的相关领域的研究具有重要的理论意义。通过深入探究制造业数字化转型对出口技术复杂度的影响机制及影响的行业异质性,我们将能够更好地理解数字化转型在提升制造业出口竞争力方面的作用,并为相关领域的学者和政策制定者提供更为全面和深入的理论依据。

1.3.2 现实意义

本论文的研究构建的制造业数字化转型指数,不仅能够对不同类型制造业的数字化转型水平进行精细的量化和比较分析,还能够为决策层提供具有深度和广度的参考依据,以制定和实施更加精准和有效的政策扶持,以推动我国制造业的数字化转型。

此外,通过对制造业数字化转型与出口技术复杂度之间影响机理的深入研究,我们可以更加准确地锁定影响制造业数字化转型提升出口技术复杂度的关键因素及面临的挑战,从而能够针对性地制定相应的对策和措施,以提高我国制造业的国际竞争力,为实现我国制造业高质量发展提供坚实的支撑和推动。相关成果具有重要的现实意义。

1.4 文献综述

1.4.1 制造业数字化转型影响的相关研究

“数字化转型”的概念最初由尼古拉·尼葛洛庞帝在 1996 年提出，他预见到人类社会的生活与生产模式将因信息技术的广泛应用和互联网的普及而经历深刻的变革。。PP Senna（2023）等人在研究欧盟的制造业数字化转型中提出，制造业数字化转型可以通过更有效地利用能源和材料，在生产力和可持续性方面带来巨大的社会效益。

国内学者对制造业数字化转型也较为关注。2014 年，周志明等学者对中国制造企业在数字化转型方面的模式进行了深入探究，他们以黑龙江斯达造纸有限公司为例，详细阐述了位于不同生命周期阶段的制造业企业应如何选择最适合自身的数字化转型模式，并建议政府应致力于为企业数字化进程营造一个积极的外部环境，并加强对制造业企业数字化建设的支持力度，鼓励企业应充分认识到数字化人才的重要性，并积极开展数字化人才的培训工作，以提升企业的数字化水平和核心竞争力。杜传忠（2016）以互联网革命为背景，深入探讨了制造业的升级路径。他指出，制造业的数字化转型指的是通过科学运用信息技术，对产品制造过程进行持续优化和改进，进而实现生产效率、产品质量以及行业整体响应能力的显著提升。戚聿东（2020）指出，制造业数字化转型是指通过运用新一代信息技术与生产制造的深度融合，构建数字化制造体系，进而逐步取代传统的技术和生产模式，企业在进行数字化转型中能够利用数字化工具为产品的研发生产提供支持，使得企业能够更好响应市场需求，提高产品的竞争力。张伟等人（2022）的研究表明：“要突破转型陷阱，就必须认识到数字化转型是一个系统工程，企业难以通过简单地堆砌大量数字化工具完成的数字化转型，要实现数字化转型，就必须把数字技术和人员、生产设备和制造场景等紧密连接起来；要构建转型生态，实现内部集成，实现产业链整合，实现产业生态集成，打造贯穿全生命周期、全产业链的制造新生态”。傅为忠等人（2021）基于 2011 至 2019 年长三角地区各省市的数据对长三角制造业数字化转型进行了深入分析。经过研究，他们得出结论“长三角区域的制造业数字化转型与制造业高质量发展的耦合协调水平在 2011 至 2019 年间呈现出明显的上升趋势。此外，该研究还指出，产业数字化与

制造业高质量发展之间存在相互影响、相互作用的紧密关系。这两者的发展相互促进，共同推动经济社会的持续进步。”根据李寿喜等（2023）所进行的研究，数字化转型在提升企业绩效方面表现出了明显的效果。该研究详细分析了企业内部的各个环节，并发现研发数字化、生产数字化、运营数字化以及营销数字化与企业绩效之间存在显著的正相关关系。这些发现为企业实现数字化转型提供了有力的理论依据，同时也为未来的研究和实践提供了重要的参考。

1.4.2 制造业数字化转型测度的相关研究

对制造业数字化转型进行测度是产业数字化研究中极为重要的一环。准确、全面、客观地测算制造业数字化转型水平，能够帮助政府及企业对制造业数字化转型有更加准确的认识。1977年，Porat在其著作《信息经济》中，将涵盖信息生产及服务的产业明确界定为信息产业，此举为制造业数字化转型的研究提供了坚实的理论基础。当前对制造业数字化转型的定量测度采用的方法主要有三类：

（1）综合指标评价法。该方法使用多项数字化相关指标来构建多维综合评价指标体系，例如ICT投资、互联网普及度、域名数、上市公司年报信息等。（2）投入产出法。它通过构建投入产出表来深入探究不同产业部门之间的投入产出关系。具体而言，该方法可计算数字信息产业对制造业的投入产出比，以揭示数字信息产业对制造业的贡献程度和依赖程度。（3）增加值法。通过构建增长核算框架，使用生产函数来考察素质要素投入给各行业带来的产值变化。

我国制造业根基深厚，伴随着互联网技术在我国广泛应用，我国学界对制造业数字化转型水平的测度研究也日益充实。赵宸宇（2021）通过对数字技术应用、互联网商业模式、智能制造、现代信息系统等四个方面的99个数字化相关词汇进行频次统计，科学构建了企业数字化转型指数，为量化评估企业数字化转型程度提供了有力工具。李雪松等学者（2022年）利用2012年至2020年间中国制造业上市公司的相关数据，经过深入研究与精确计算，评估了中国制造业的数字化转型水平，该项研究结果表明，数字化转型对企业融入全球创新网络具有积极推动作用，并且显著提升了企业的创新绩效。袁凯华、张海鹏等（2023）通过将增加值贸易核算方法拓展至企业层面，系统刻画了中国制造业企业与数字技术的融合程度及其结构特点。

1.4.3 出口技术复杂度的内涵的相关研究

Hausmann 于 2003 年率先提出了一项综合性指标——出口技术复杂度，用以评估一国制造业出口竞争力的水平，他认为出口技术复杂度能够较为精准地反映一个经济体出口产品的比较优势和技术含量，具体而言，高出口技术复杂度通常意味着该经济体的制造业出口产品具有较高的技术含量和生产效率。这一指标为我们理解和评估不同经济体的出口竞争力提供了有力工具。Rodrik（2006）在 Hausmann 的定义基础上，提出了一种创新性的观点，即可以通过对出口技术复杂度的分析，全面评估出口主体在国际竞争中的地位和实力，以及其在全球价值链中的分工和角色，他经过深入分析后认为，出口主体在国际分工中所处的地位与其出口技术的复杂度呈现出正相关关系，即地位越高，出口技术的复杂度也相应越高。出口技术复杂度作为衡量出口竞争力水平的指标，为后续的国际贸易研究，特别是关于如何提高发展中国家，特别是制造业大国的制造业竞争力，提供了新的研究视角。Hausmann 进一步阐释了出口技术复杂度的概念，并创新性地将其应用于评估国家和行业在国际分工中的地位，乃至产品、行业和地区的维度。他提出，由于各国在要素禀赋上的差异，导致了在出口产品生产过程中的不同分工环节，这些环节的技术含量差异进而决定了各国在全球价值链中的价值地位。因此，那些位于国际生产价值链高端的国家，往往能够占据具有高技术含量和高附加值的生产环节，从而展现出较高的出口技术复杂度。

国内学者也对出口技术复杂度有所研究，在 Hausmann 的（2005）出口技术复杂度度量方法的基础上，赵红、彭馨（2014）对 2000—2012 年间我国产品层面、国家层面、区域层面出口技术复杂度进行了测算，深入分析了自主创新水平、熟练劳动力等指标对我国出口技术复杂度的影响。陈晓华、邓贺（2022）的研究成果显示：服务业开放对中国制造业出口技术复杂度的提升有一定的帮助，此外，服务业开放对资本密集型产业以及东部地区企业的出口技术复杂程度有更显著的提升作用。孟庆雷、王煜昊（2022）的研究发现：沿线国家的贸易便利化程度与出口技术复杂度呈正相关关系，其中，降低贸易成本发挥了中介作用。

1.4.4 出口技术复杂度测度的相关研究

出口技术复杂度的研究开始时间较早,其计算方式已经得到了较为完善的发展。自 2003 年出口技术复杂度这一概念被 Hausmann 提出以来,学者们基于不同的研究视角,提出了多种测算方法,包括 TSI 法、出口相似性指数(ESI)法和最常用的 EXPY 指数法。TSI 法,全称为 Trade Structure Index,即贸易结构指数法,是一种以国家的收入水平和出口结构为基础的分析方法,杜修立等(2007)通过 TSI 指数构建了 TC 模型测算法。Schott 于 2008 提出了 ESI,即根据出口产品相似度衡量出口国出口技术复杂度,该方法通过选定一个技术水平较高的国家作为参照系,以此来评估其他国家的出口技术复杂度。具体而言,如果一个国家的出口产品结构与这个高技术水平国家的出口产品结构越为接近,那么可以认为该国的出口技术复杂度越高。Hausmann 根据比较优势理论,提出了 EXPY 指标。该测试方法以比较优势作为权重,可用于测算国家以及产业层面的出口技术复杂度,全面考量了一国出口产品中各类技术的含量,进而准确评估了一国出口产品的整体技术水平。这一测算方法已在学术界获得了广泛的认可。

众多学者在探索过程中提出了三种的修正 EXPY 指数的方法,旨在提升该指数在实际应用中的准确性和可靠性。第一种方法是通过剔除进口中间品的方式进行修正,如丁小义等(2013)在研究中将中间加工剔除后发现,我国出口技术复杂度指数有所下降,与其他学者所测得数据有所差异,新测得的出口技术复杂度低于欧美发达国家。第二种方法则是在全球价值链下计算产品国内技术含量(DTC),用 DTC 排除加工贸易对 EXPY 测算造成的影响(丁小义,胡双丹,2013)第三种方法是通过使用投入产出表来计算各个出口国家的生产垂直专业化水平,并以此为基础来计算国内出口产品的增加值。

从现有研究来看,关于出口技术复杂度的计算,国内外学者尚未完全形成一致意见,但 Hausmann 提出的测算方法因其科学性和实用性,在国内外学术界得到了广泛的接受和应用。

1.4.5 制造业数字化转型对出口技术复杂度的影响机制的相关研究

首先,关于制造业数字化转型对出口技术复杂度的影响上,目前学者们普遍

认为,制造业数字化转型对出口技术复杂度的提升具有积极的促进作用。Atasoy Burak Sencer (2021) 基于 61 个国家的数据分析表明,随着制造业数字化转型程度的提高,制造业出口技术复杂度也会相应提高。李宏和乔越(2021)利用双重差分法评估了制造业数字化转型的影响,发现数字化转型显著提高了出口技术复杂度。

关于影响机制方面,目前研究还不多。李宏与乔越在共同的研究中(2021年)发现,数字化转型通过扩大本地市场规模以及为新产品注入活力,有效推动了制造业出口技术复杂度的提升。然而,与对上游产业的积极效应相比,数字化转型对下游产业的出口技术复杂度产生了明显的制约作用。杜传忠等(2021)通过构建中介效应发现,数字化对制造业出口技术复杂度的提升主要通过以下三个路径发挥作用:降低交易成本、推动技术外溢和促进产业融合。段佳文(2022)也同样认为降低交易成本在其中发挥了中介作用,此外,该研究还从进口依赖效应、非技能劳动需求效应和消费需求升级效应三个视角论述了制造业数字化转型对出口技术复杂度提升的促进效应。张华(2023)从供应链视角解释了制造业数字化转型对出口技术复杂度的提升作用,认为供应链数字化有助于提升制造企业竞争优势,提升出口技术复杂度。何琨玟(2023)从市场一体化的中介效应角度分析了数据赋能影响出口技术复杂度的作用机理,研究结果表明数据赋能对出口技术复杂度具有显著的正向促进作用,市场一体化是数据赋能推动地区出口技术复杂度提升的重要机制。

1.4.6 文献简评

通过对相关研究的梳理发现,尽管在测量出口技术复杂度的方法上存在些许争议,但是 Haumann 的 EXPY 指标测算法得到了大多数国内外学者的普遍认同。相较而言,目前关于制造业数字化转型的内涵以及发展水平的测度方法目前尚未得到统一。在关于制造业数字化转型对出口技术复杂度的影响的研究方面,当前,学术界普遍认为,制造业数字化转型对提升出口技术复杂度具有显著的积极影响。然而目前的研究仍然存在几方面的不足:一是已有研究多集中在如何高效地实现制造业数字化转型,对于制造业数字化转型对出口技术复杂度之间联系的研究有待加强。二是对其具体影响机制的深入探讨还比较有限。三是现有研究未对制造

业数字化转型对出口技术复杂度的影响的行业异质性进行机制分析,关于行业异质性方面需要深入研究。基于此,本文旨在现有研究基础上深入探讨制造业数字化转型对出口技术复杂度的影响机制及其影响的异质性,以填补现有研究的不足之处。

1.5 研究思路、研究内容及方法

1.5.1 研究思路

本文在阅读制造业数字化转型和出口技术复杂度的相关文献基础上,探究制造业数字化转型对其出口技术复杂度的影响机制,通过测算制造业数字化转型指数以及出口技术复杂度,对制造业数字化转型水平以及出口技术复杂度进行现状分析,构建固定效应模型以及中介效应模型分析确定制造业数字化转型对出口技术复杂度的影响机制,并分析存在行业异质性的原因,最后根据研究结论给出政策建议。技术路线图如下图 1.1 所示。

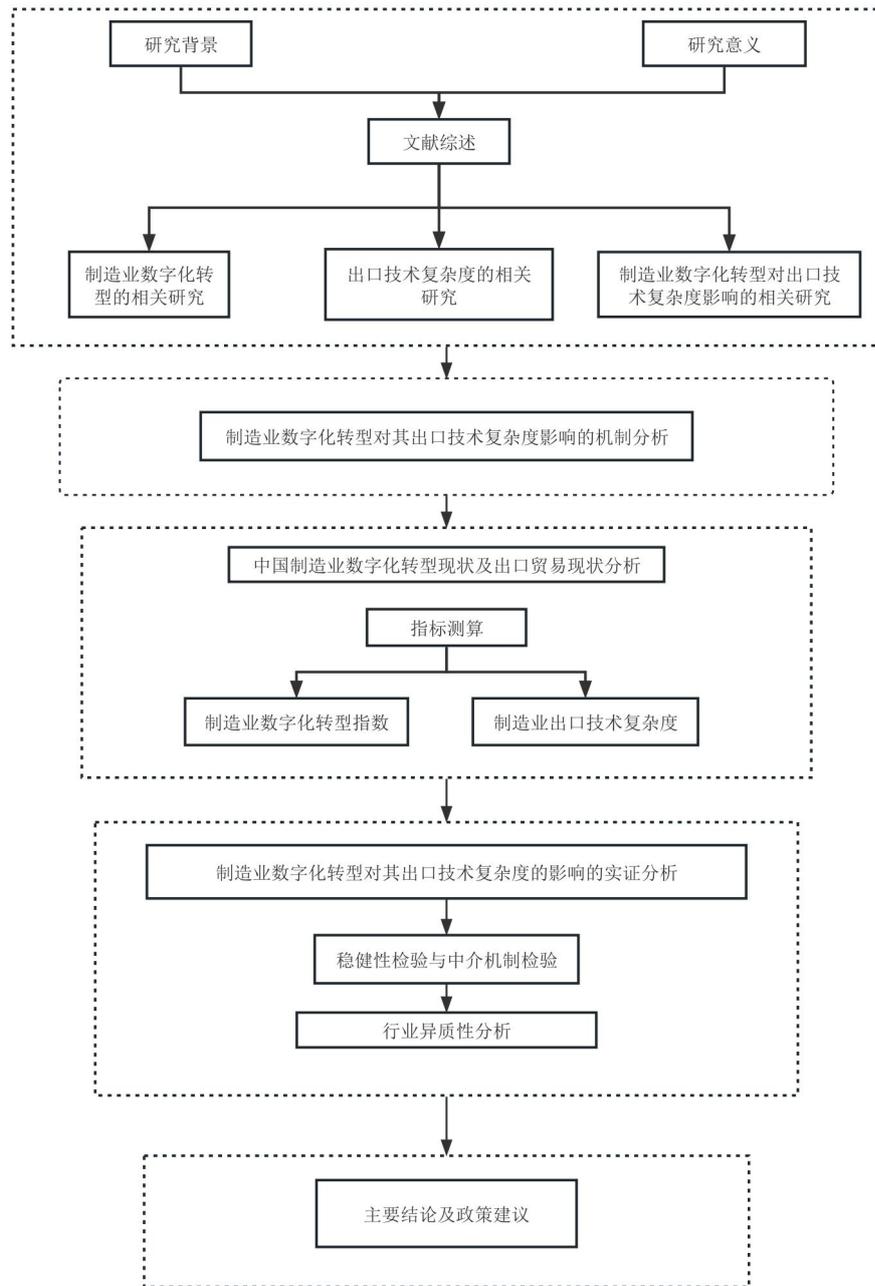


图 1.1 技术路线图

1.5.2 研究内容

本文的研究主要分为五个部分。第一章为绪论，介绍了研究背景、研究意义、研究方法框架，以及文献综述，为后续的深入探讨奠定了坚实的基础。第二章为制造业数字化转型对出口技术复杂度的影响机制分析，本章对相关概念内涵进行

了界定,探讨了制造业数字化转型对出口技术复杂度的影响机制。第三章为中国制造业现状分析及相关指标测度,本章节对制造业数字化转型及出口贸易的现状进行了全面分析,揭示了当前制造业数字化转型和出口贸易的实际情况和特点。第四章为制造业数字化转型对出口技术复杂度的影响的实证分析,本章节通过构建固定效应模型和中介效应模型,对制造业数字化转型对出口技术复杂度的影响进行了深入探究,并进行了行业异质性分析,为前文的影响机制分析提供了实证支撑。第五章为结论与政策建议,本章节基于前面的研究结论,我们提出了相应的政策建议,为政策制定者提供了宝贵的参考。

1.5.3 研究方法

(1) 文献研究法。首先对制造业数字化转型的相关研究、出口技术复杂度的相关研究以及制造业数字化转型对出口复杂度的影响的相关研究进行梳理,发现制造业数字化转型影响制造业出口技术复杂度的理论机制研究尚存空白,进而提出论文的研究重点:制造业数字化转型如何影响出口技术复杂度?其次基于现有理论,分析制造业数字化转型对制造业出口技术复杂度的影响机制,以及存在行业异质性的原因。

(2) 比较分析法。将我国制造业各行业数字化水平与出口技术复杂度进行比较分析,分析我国制造业各行业数字化与出口技术复杂度发展趋势,为下文研究分析提供一定的基础。

(3) 计量分析法。本文通过 STATA 16.0 软件,将所获的研究数据进行处理和分析:使用描述性统计分析以及相关分析性分析方法对样本数据进行检验,选择固定效应模型和中介效应模型,分析变量之间的关系。

1.6 创新点与不足

(1) 创新点

虽然国内外学者在制造业进出口贸易领域的研究日益深入,但是现有研究大多聚焦于技术、创新等要素对制造业进出口贸易的影响。目前关于制造业数字化转型影响制造业出口技术复杂度的理论机制研究较为单一,关于其影响的行业异质性问题的研究则更少,本文引入创新能力、交易费用和开放水平三个中介变量,

探讨了制造业数字化转型对出口技术复杂度的影响机制，并探讨了制造业数字化转型影响出口技术复杂度表现出的行业异质性，为理解制造业数字化转型对出口技术复杂度的影响机制提供了新的视角，并为政策制定者提供参考。

（2）不足

第一，本文进行了行业异质性分析，但对于不同行业间差异的原因和背景进行的探讨时，缺乏结合具体案例的分析。第二，虽然本文提出了些许政策建议，但是具体情况往往较为复杂，在政策的具体落实的可行性方面可能有待加强。

2 制造业数字化转型影响出口技术复杂度的理论机制分析

2.1 相关核心概念的界定

2.1.1 制造业数字化转型的内涵界定

当前，学界对于制造业数字化转型的概念的认识尚且没有得到完全统一，这里参考了《中国数字经济发展白皮书 2020》中对产业数字化转型的定义，该定义较为全面地概括了产业数字化转型的内涵。本文将制造业数字化转型定义为：制造业通过利用数字要素，实现业务升级、提升决策与生产效率、促进产业融合、重构产业组织的竞争模式的过程，包括但不限于工业互联网、两化融合、智能制造等。

2.1.2 出口技术复杂度的内涵界定

目前，关于出口技术复杂度的研究比较丰富，在其概念的界定上存在些许分歧，但 Hausmann 的定义得到了大多数学者的认同。Hausmann 认为生产效率水平更高的国家比生产率水平更低的国家出口的产品拥有更高的技术含量，出口技术复杂度反映了一个国家的整体生产效率以及出口产品的技术水平。这里参考了 Hausmann 的定义，将出口技术复杂度界定为：对一个国家或地区出口产品的结构以及生产效率的体现，并能在一定程度上反映，该国家或者该地区在国际分工中的地位以及出口产品的技术水平。

2.2 理论基础

2.2.1 人力资本内生性经济增长理论

1988 年 Lucas 提出了人力资本内生性理论，该理论强调人力资本的积累和提高对于经济增长的促进作用，根据人力资本内生性经济增长理论，投资人力资本可以带来多重效应。首先，提高人力资本水平可以提高劳动生产率，从而提高企业的生产效率和竞争力。其次，人力资本的增加可以促进技术创新和技术进步，

从而推动技术升级和产业结构的优化。此外，人力资本的提升还可以促进创新能力和创业精神的培养，推动经济的创新和企业的发展。在制造业数字化转型过程中，企业可以引入先进的信息技术和数字化工具，使生产过程更加智能化和自动化。这将导致对员工的需求发生变化，企业将需要更多具备数字技术和数据分析能力的人才。因此，企业将更加重视培养和吸引具备相关技能的人才，从而促进人力资本的累积，从而提升生产效率，促进经济持续增长。

2.2.2 熊彼特的创新理论

熊彼特认为，创新是经济发展和增长的关键驱动力之一，创新不仅包括新产品的开发，还包括新技术的应用、新市场的开拓、新的组织形式以及新原料或半成品的使用。通过创新，企业可以提高生产效率、开拓新市场、增加竞争力并获得长期竞争优势。在制造业数字化转型过程中，企业可以通过数字化技术，更加高效地进行研发、设计、生产和营销，加快创新的速度和降低创新的成本。此外，数字化还可以促进企业与上下游企业之间的合作和信息共享，从而加强创新的协同效应。可见，数字化可以为创新提供支持，提高生产效率。

2.2.3 比较优势理论

比较优势理论是国际贸易理论的基石之一，对于解释和理解国际贸易的原因和效益提供了重要的框架。比较优势理论的核心思想主要是：各国或地区应该专注于生产具有比较优势的商品或服务，然后通过贸易与其他国家进行交换。这种专业化和贸易的分工可以实现资源的最优配置和生产效率的提高，从而带来经济的增长和社会福利的提升。在制造业数字化转型过程中，制造业企业引入先进的数字技术和信息化工具，企业可以提高降低成本、生产效率，使得企业能够更好发挥自身比较优势从而提高出口产品质量。除此之外，数字化技术的应用可以创造新的商业模式、开拓新的市场，使得企业能够在原本没有比较优势的领域获得竞争力。例如，通过数字平台和电子商务的发展，企业可以跨越地域和国界，实现全球市场的拓展，从而利用规模经济降低成本，从而扩大自身的比较优势。

2.3 理论机制分析

2.3.1 理论机制概述

制造业出口技术复杂度是衡量一个国家制造业的发展水平的重要指标,以往研究表明,其影响因素主要集中在人力资本、创新、生产成本、贸易结构与市场竞争等方面。根据制造业数字化转型内涵以及出口技术复杂度的影响因素,本文认为制造业数字化转型主要从以下三个方面影响出口技术复杂度:第一,制造业数字化转型能够提升企业的创新能力,推动技术升级从而提高出口技术复杂度;第二,制造业数字化转型能够降低交易成本,使得企业能够以更低的成本参与到全球竞争中,提高了制造业在国际贸易中的比较优势,进而提高出口技术复杂度;第三,制造业数字化转型能够提高一地区的开放水平,进而帮助企业扩大市场降低生产成本、更精准把控市场需求,达到提升出口技术复杂度的目的。

2.3.2 创新能力的中介作用

在制造业数字化转型过程中,创新是制造业数字化转型提升出口技术复杂度的重要途径。具体而言,这一过程主要通过增强企业创新的精确性和速度来实现出口技术复杂度的提升。第一,制造业数字化转型将提升企业创新的精准度。在制造业企业推进数字化转型的过程中,会积极采纳前沿的数字技术和信息通信技术。这些技术的应用,能够帮助企业更加高效地利用数据与信息资源,进而实现与消费者的精确对接。此举不仅将消费者纳入产品设计和研发的关键环节,从而加强用户与企业的联系,同时也有助于企业更加全面、深入地掌握消费者的需求信息(党琳,2022),催生出精准、敏捷的产品或服务供应生产模式,提高了研发的精准度。第二,制造业数字化转型将提升企业创新的速度。制造业数字化转型可以促进企业间的协同创新,通过共享研发资源、知识产权和技术平台,提高研发效率、加速产品设计和优化生产过程,进一步提高企业的创新能力。另一方面,数字技术的应用会带来生产成本的降低,成本的降低为企业提供了更多的可使用资金和资源,这些资金和资源可以用于研发活动,研发经费的增加使得企业有能力购买更先进的研发设备、引进更多高级人才,增加人力资本,根据人力资

本内生理论，人力资本的增加可以促进技术创新和技术进步，从而推动技术升级。总之，制造业数字化转型有助于企业提升创新能力。

在制造业领域，创新通常涉及产品创新、过程创新。首先，产品创新包括引入新技术、改进产品设计、提高产品性能和增加产品功能等，这能够直接提高制造业的出口技术复杂度。其次，过程创新，即对生产过程的改进和优化，如引入先进的制造技术和自动化流程，能够提高生产效率，降低成本，从而间接增加产品的市场吸引力，提升行业的出口技术复杂度。由此，提出如下假说：

假说 2.1 (H1)：在制造业数字化转型对出口技术复杂度影响过程中，创新能力发挥中介作用。

2.3.3 交易成本的中介作用

在传统制造业的交易过程中，信息不对称、合同谈判和执行成本等问题往往会导致较高的交易成本，交易成本包括信息成本、运输成本、决策成本、执行成本等。制造业数字化转型对国际贸易中交易成本的影响主要体现在三个方面。一是制造业数字化转型可以降低交易双方信息搜寻所花费的成本。在传统国际贸易中，由于地理距离的限制因素，寻找交易对象、进行询盘、达成初步交易意向以及后续的信息交换都需要耗费大量的信息成本在数字经济时代，得益于信息数据的高速流通和现代数字技术的广泛应用，贸易双方在时间和金钱上的成本得以显著降低，从而提高了交易效率和经济效益，从而改变了交易的范式，线上平台将生产、流通、服务、消费等环节进行了整合，使得国内制造业企业能够与国外消费者进行直接对接，减少了市场信息的不对称性，为交易双方构建了高效且精准的交易搜寻与匹配机制，显著降低了交易过程中涉及的信息搜寻成本。二是制造业数字化转型可以降低企业的运输成本。数字技术的应用可以帮助企业实现更高效、更准确的数据交换和处理，可以为企业提供实时的物流跟踪和监控功能，帮助企业实时了解货物的位置和状态，从而更好地进行物流管理和调度，这样可以减少物流延误和损失，从而降低运输成本。三是制造业数字化转型可以降低企业的决策成本。人工智能技术可以自动化和智能化地处理大量的数据和信息，帮助企业更好地分析市场趋势、预测需求变化，提高决策的准确性和效果，降低了企业的决策成本。总之，企业可以利用数字平台整合内部资源信息，强化生产、销

售、管理等环节的全流程数据流通，提高企业在生产、运营和销售等环节的经济效率，降低交易成本（王如萍，2023）。

根据比较优势理论，不同国家或地区在生产某些商品上具有成本优势，应专注于这些商品的生产 and 出口，数字化转型降低了企业的交易成本，加强了企业在国际贸易中的比较优势，从而在全球市场上提升了企业的出口技术复杂度。对整个行业来说，交易成本的降低有助于增强一个国家制造业的成本优势，进而推动其生产活动并积极参与国际竞争，这种竞争优势的增强，将促进制造业出口技术复杂度的提升，进一步推动国家经济的发展。由此，提出如下假说：

假说 2.2 (H2)：在制造业数字化转型对出口技术复杂度影响过程中，交易成本发挥中介作用。

2.3.4 开放水平的中介作用

《世界开放报告 2022》指出，数字是推动世界开放的“新赛道”，数字领域对开放有着促进和引领作用。一个地区的开放水平一般与该地区的数字化水平呈在相关关系，本文认为，在制造业数字化转型过程中，企业利用数字技术以及数字平台，突破了对外贸活动的活动空间限制，提升了开放程度。随着开放程度的不断提升，市场规模逐渐扩大，进而产生了规模经济效应。这一效应使得企业生产成本得以降低，为企业提供了更多的资源来投入创新研发环节。通过加大创新研发力度，企业能够不断提高其出口技术复杂度，进一步提升了企业的竞争力。另一方面，随着市场规模的不断扩大，企业具备了更有利的市场环境，这种市场环境使得企业能够针对特定的细分领域进行产品的开发与生产，通过数字技术以及数字平台，企业可以更加精准地分析国外客户需求和市场趋势，实现个性化生产，减少库存和存货成本，提高生产效率，提升产品附加值，提高出口技术复杂度。除此之外，更高的开放程度，可以促进技术和知识的流动和传播，让企业获得更先进的技术，从而提高制造业出口技术复杂度。由此，提出如下假说：

假说 2.3 (H3)：在制造业数字化转型对出口技术复杂度的影响过程中，开放水平发挥中介作用。

3 中国制造业数字化转型与出口技术复杂度现状分析

3.1 制造业数字化转型现状分析

3.1.1 制造业数字化转型现状

中国数字经济规模在 2022 年超过 50 万亿元，占 GDP 比重超过 40%，并继续保持 10% 的高位增长速度，成为稳定经济增长的新引擎。这表明中国数字经济在经济发展中发挥着越来越重要的作用。数字经济的快速增长为创新、创业和就业提供了新的机遇，推动了经济结构的升级和转型，同时反映了中国推动企业数字化转型方面取得了巨大成就。

自动化和智能化方面，制造业越来越多地采用自动化和智能化技术，例如机器人、自动化生产线和物联网设备。这些技术提高了生产效率、降低了成本，并提升了产品质量。根据国际机器人联合会公布的数据，2022 年我国工业机器人装机量占全球总量的比重超过 50%，是世界上工业机器人总数最多的国家，制造业机器人密度达到每万名工人 392 台。我国智能制造工程同样取得重大成果，目前，我国已实施 305 个智能制造试点示范项目和 420 个新模式应用项目，建成 700 余个智能工厂、数字化车间，培育智能制造系统解决方案供应商超过 6000 家。

在工业互联网方面，截止到 2023 年，我国工业互联网标识解析体系已经全面建成，覆盖了 31 个省（区、市），服务近 24 万家企业，培育有影响力的工业互联网平台达到 240 余个，有力促进了产品全流程、生产各环节、供应链上下游的数据互通，加速企业的数字化转型。

数据驱动决策方面，中国制造业企业越来越多地利用数据分析来指导决策。如江小白，作为一家快消企业，江小白在内部自主建立了数据湖，包括数仓、大数据平台、数据管理平台三大部分，为解决移动端随时查看数据的需求，企业通过 Fine Report 开发了移动端管理驾驶舱，集成到企业微信中应用，通过统一身份认证系统实现对各事业部分配数据权限，数字化分析带动决策，大大提升了工作效率和质量。

在供应链的数字化方面，2021 年 11 月，工业和信息化部印发《“十四五”

信息化和工业化深度融合发展规划》，将“产业链供应链数字化升级行动”作为五大重点工程之一，在供应链数字化转型的未来主导模式下，国内制造企业也越来越重视供应链管理能力的提升。

总而言之，我国制造业正积极应对数字化转型的挑战，取得了显著成果。数字化的发展为我国制造业带来了更大的创新潜能、竞争优势以及产业升级的契机。

3.1.2 制造业数字化转型测度分析

(1) 数字化转型指数测度方法

近年来，测算数字化转型程度的方法众多，本文采用了 CSMAR 数据库中的《中国上市公司数字化转型研究数据库》中的企业数字化转型数据，时间跨度为 2013 年至 2021 年，该数据主要从战略引领、技术驱动、组织赋能、环境支撑、数字化成果、数字化应用六个方面来测算企业的数字化转型指数，较为全面准确地测算了中国上市公司的数字化转型程度。

根据中华人民共和国国家标准 GB/T 4754—2017 的规定，国民经济行业代码 C13-C43 为制造业，基于数据的可获取性，本文研究的制造业行业为代码 C13-C41 的行业，为研究方便，将部分行业进行合并整理为 15 个制造业大类，具体如下表 3.1。

《中国上市公司数字化转型研究数据库》中的数字化转型指数为企业的数字化转型指数，现按照中国证监会发布的《上市公司行业分类指引》，对上市公司进行分类，筛选出所属行业代码为 C13-C41 的企业并归入 15 个制造业大类中，涉及 2013 年至 2021 年，共计九年的 21491 条数据。随后以单个企业总资产占该行业所有企业总资产的比重为权重计算出中国制造业各行业数字化转型指数。具体计算公式如 (3-1)。

$$Digital_{it} = \sum_{m \in i} \left(\frac{AS_{mt}}{\sum_i AS_{mt}} * dig_{mt} \right) \quad (3-1)$$

$Digital_{it}$ 为 t 年中国制造业 i 行业数字化转型指数， AS_{mt} 为 m 公司 t 年总资产， dig_{it} 为 m 公司 t 年数字化转型指数。

表 3.1 制造业行业合并表

制造业合并后 新代码	中国国民经济行业 分类代码	行业名称
D1	C13, C14, C15, C16	农副食品加工业, 食品制造业, 酒、饮料和精制茶制造业, 烟草制造业
D2	C17, C18, C19	纺织业, 纺织服装、服饰业, 皮革、毛皮、羽毛及其制品和制鞋业
D3	C20, C21	木材加工和木、竹、藤、棕、草制品, 家具制造业
D4	C22, C23, C24	造纸及造纸业, 印刷业, 文教、美工、体育和娱乐用品制造业
D5	C25	石油、煤炭及其他燃料加工业
D6	C26, C28	化工原料及化学制品制造业、化学纤维制造业
D7	C27	医药制造业
D8	C29	橡胶和塑料制品业
D9	C30	非金属矿物制品业
D10	C31, C32, C33	黑色金属冶炼和压延加工业、有色金属冶炼和压延加工业、金属制品业
D11	C34, C35	通用设备制造业、专用设备制造业
D12	C36	汽车制造业
D13	C37	铁路、船舶、航空航天和其他运输设备制造业
D14	C38, C39, C40	电子机械和器械制造业, 计算机、通信和其他电子设备制造业, 仪器仪表制造业
D15	C41	其他制造业

数据来源: 《国民经济行业分类》

(2) 数字化转型指数测度结果及分析

根据上述方法, 测得中国 15 个制造业行业的数字化转型指数如下表 3.2 所示。参照联合国发布的《2016 工业发展报告》, 将制造业划分为三大类别: 低技术、中技术、高技术制造业, 具体而言, 低技术制造业涵盖了行业代码为 D1、D2、D3、D4 的行业; 中技术制造业则包括行业代码为 D5、D9、D10 和 D15 的行业; 而高技术制造业则为行业代码为 D6、D7、D8、D11、D12、D13 和 D14 的行业。制造业分类的测量结果如图 3.1 所示。

表 3.2 2013 年至 2021 年中国各制造业行业数字化转型指数

行业	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
D1	28.21	29.13	32.86	32.81	32.91	32.97	34.52	34.65	35.53
D2	30.72	31.52	32.05	32.13	32.01	35.03	36.53	37.65	38.55
D3	28.40	28.86	32.18	32.86	32.95	34.15	35.63	39.32	40.65
D4	30.45	31.57	32.30	32.11	32.73	34.14	34.94	35.78	37.39
D5	25.42	25.42	26.13	26.58	27.36	27.58	28.87	28.43	30.38
D6	29.06	29.17	30.58	30.96	31.05	32.73	33.02	34.10	35.27
D7	28.20	29.86	30.13	30.34	31.52	31.93	32.72	33.69	34.39
D8	28.67	29.00	32.32	32.94	34.05	34.41	35.85	36.51	37.55
D9	27.64	28.79	29.10	29.16	30.29	32.19	32.46	34.43	36.21
D10	32.82	33.43	34.41	34.49	34.72	36.82	37.92	38.19	38.43
D11	37.24	37.92	38.75	40.99	42.89	44.74	45.28	47.21	48.36
D12	33.53	34.47	35.24	38.24	44.97	46.42	45.58	47.85	48.22
D13	34.34	34.59	41.03	41.36	42.74	42.77	42.96	43.65	44.54
D14	48.53	48.75	54.17	54.47	55.52	55.39	56.45	57.78	59.39
D15	31.45	31.92	35.52	36.16	36.49	36.19	36.83	36.81	37.06

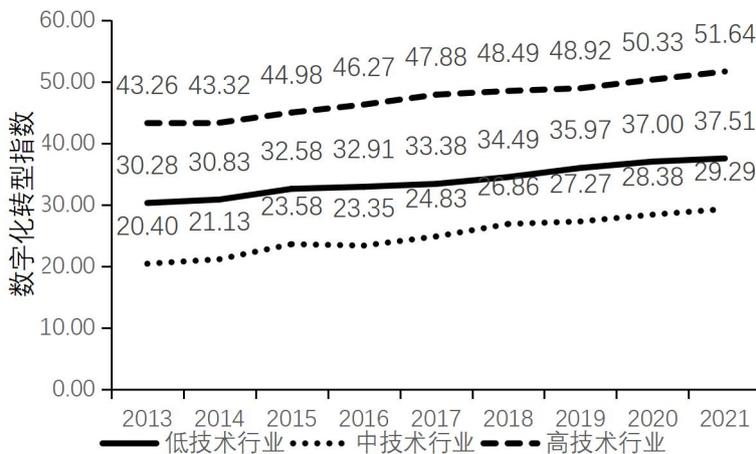


图 3.1 制造业分行业数字化转型指数

测算结果可以看出，九年间（2013 年-2021 年）中国各制造业行业的数字化转型指数整体呈上升趋势，2021 年制造业各行业的数字化转型指数较 2013 年都有了较大提升。从具体制造业行业上看，2013 年数字化转型指数最高的行业为 D14（电子机械和器械制造业，计算机、通信和其他电子设备制造业，仪器仪表制造业）为 48.53，而九年后 D14 依旧领跑全行业。其中 D12（汽车制造业）的数字化转型指数增长幅度最大，增长率达到了 40%，D12 的数字化转型指数从 2013

年的 33.53 增长到 2021 年的 48.22，根据分析，汽车制造业的数字化转型指数的迅速上升，可能与中国汽车制造业近几年大力发展新能源汽车、推进汽车智能化发展相关。将制造业划分为低技术、中技术、高技术行业后发现，高技术制造业整体数字化转型指数最高，其次为低技术制造业，中技术制造业的数字化转型指数最低。并且，在这九年里，低技术行业的数字化转型指数增长存在一定程度疲软，正在拉大与高技术行业数字化转型指数的差距，且中技术行业的数字化转型指数也正在缩小与低技术行业的数字化转型指数差距，在三个行业中中技术数字化转型指数上升幅度最大。

3.2 制造业出口技术复杂度现状分析

3.2.1 制造业出口现状

中国作为全球制造业大国，以其多样化的产品类别、大规模的产能和广泛的出口市场而著称。据 2022 年数据显示，中国制造业在全球范围内占据超过 35% 的市场份额，且呈现出稳步上升的趋势。这一现象凸显了中国制造业在全球经济中的显著地位和持续增长的竞争力。我国 2012-2022 年制造业出口总体趋势如图 3.2 所示。



图 3.2 中国制造业对世界出口（亿美元）

数据来源：联合国商品贸易统计数据库（UN Comtrade 数据库）

如图 3.2 所示, 2013 年至 2022 年间, 从总体上看, 我国制造业对世界出口是呈上升趋势的, 但是在 2016 年, 我国制造业出口出现了下降, 出口增长率从 2013 年的 7.7% 降到了 -8.2%, 出现下降的原因主要有两个: 一是因为 2016 年是全球经济增长放缓的一年, 许多国家和地区面临经济困难和需求疲软, 这导致了对中国制造业产品的需求减少; 二是 2016 年我国加大了对经济结构调整的力度, 鼓励转型升级和提高产品质量, 这导致一些传统制造业产能过剩, 而新兴产业的发展尚未完全弥补出口下降的影响。在 2016 年之后我国制造业出口额基本上保持了正增长, 尤其 2021 年制造业出口增长率达到 30%, 这也表明我国经济结构工作调整取得了巨大成果。

表 3.3 2013 年至 2022 年我国制造业各行业出口占货物总出口额比重

行业代码	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
D1	1.3%	1.3%	1.3%	1.4%	1.4%	1.4%	1.3%	1.2%	1.1%	1.4%
D2	17.3%	17.2%	17.0%	16.9%	16.0%	15.0%	14.9%	14.4%	12.7%	12.9%
D3	4.7%	4.8%	5.2%	5.0%	4.7%	4.6%	4.7%	5.0%	4.9%	4.4%
D4	2.6%	2.6%	3.0%	3.2%	3.5%	3.3%	3.7%	3.8%	4.0%	4.0%
D5	1.6%	1.5%	1.3%	1.3%	1.6%	1.9%	1.9%	1.3%	1.3%	1.9%
D6	4.2%	4.5%	4.4%	4.5%	4.8%	5.2%	5.0%	4.9%	5.3%	6.7%
D7	0.3%	0.3%	0.3%	0.3%	0.3%	0.4%	0.4%	0.5%	1.2%	0.4%
D8	3.9%	4.0%	3.9%	4.0%	4.1%	4.2%	4.4%	4.8%	5.0%	5.0%
D9	2.3%	2.3%	2.6%	2.3%	2.3%	2.3%	2.5%	2.4%	2.4%	2.4%
D10	9.6%	10.8%	9.4%	8.7%	8.3%	8.5%	8.4%	7.8%	9.0%	9.6%
D11	43.9%	42.6%	43.3%	44.1%	44.7%	45.2%	45.0%	46.0%	44.5%	43.5%
D12	2.7%	2.8%	2.8%	3.0%	3.1%	3.1%	3.1%	3.1%	3.7%	4.3%
D13	1.9%	1.8%	2.0%	1.6%	1.7%	1.8%	1.6%	1.4%	1.7%	1.5%
D14	3.7%	3.5%	3.6%	3.6%	3.4%	3.1%	3.2%	3.4%	3.1%	2.2%
D15	0.6%	0.6%	0.7%	0.7%	0.7%	0.7%	0.7%	0.7%	0.7%	0.8%

数据来源: 联合国商品贸易统计数据库 (UN Comtrade)

2013 年至 2022 年我国制造业各行业出口占货物总出口额比重如表 3.3 所示, 从出口结构上看, 我国制造业出口前三的行业中类为 D11、D2 和 D10, 其中 D11 为通用设备制造业、专用设备制造业, 其出口额占我国制造业出口额比重一直遥遥领先, 2022 年 D11 出口额占我国制造业出口额 41.9%。其次为 D2 (纺织业,

纺织服装、服饰业，皮革、毛坏、羽毛及其制品和制鞋业），占我国制造业出口额 12%，在过去的几十年里，我国一直是全球纺织服装相关产品制造和出口的主要国家之一，近几年，虽然出口占总出口的比重有所下降，但是中国纺织业及相关行业仍然在全球市场上保持着较大的份额。

3.2.2 制造业出口技术复杂度测度分析

(1) 测度方法

制造业的提质升级实质上是通过提高制造业的国际竞争力来实现的，而制造业的国际竞争力很大程度上取决于出口产品的出口技术复杂度。出口技术复杂度高的产品往往具有更高的附加值、创新性和市场竞争力，能够更好地满足国际市场的需求。目前对于出口技术复杂度的测算方法已经有一些较为成熟的方法，Hausmann et al. (2007) 的两步法得到大多数学者的认可，因此本文采用该方法测量中国制造业的出口技术复杂度。本文选取了中国 15 个制造业大类的年度出口数据，进行制造业出口技术复杂度的测算。具体公式如公式 (3-2) 和公式 (3-3) 所示。

$$Prody_{kt} = \sum_i \frac{\frac{x_{ikt}}{X_{it}}}{\sum_i \frac{x_{ikt}}{X_{it}}} \times Y_{it} \quad (3-2)$$

$$Prody_{indijt} = \sum_{k \in ind} \frac{x_{ikt}}{X_{ikt}} \times Prody_{kt} \quad (3-3)$$

其中， x_{ikt} 为 i 国 t 年 k 产品的出口额， X_{it} 为 i 国 t 年制造业出口总额， Y_{it} 为 i 国 t 年的人均国民生产总值， $Prody_{kt}$ 为 t 年 k 产品的出口技术复杂度， $Prody_{kt}$ 以 k 产品在 i 国 t 年的制造业 j 行业出口比重作为权重，加总得到了 i 国 t 年 j 行业的出口技术复杂度 $Prody_{indijt}$ ，这反映了 i 国 j 行业在 t 年的出口竞争力。

关于数据来源，出口技术复杂度测算所需的数据来自国研网以及 UN Comtrade 数据库时间跨度为 2013 年至 2021 年，包含了 39 个国家，具体为：中国、美国、德国、日本、荷兰、韩国、意大利、法国、加拿大、墨西哥、俄罗斯、英国、新加坡、阿联酋、印度、西班牙、瑞士、澳大利亚、波兰、马来西亚、沙特阿拉伯、巴西、捷克共和国、土耳其、奥地利、爱尔兰、瑞典、挪威、匈牙利、

丹麦、南非、斯洛伐克、智利、罗马尼亚、卡塔尔、芬兰、阿根廷、葡萄牙和新西兰。这些国家的货物出口额占世界货物贸易出口额的 70%以上，以这些国家出口数据为基础能够较为准确地计算出 2013 至 2021 年各类产品的出口技术复杂度。

由于 UN Comtrade 的出口数据是以 HS 编码统计，本文首先使用联合国提供的产品-行业转换表，将 HS 编码下的产品数据归类到 ISIC 行业分类下，再使用由中国国家统计局提供的《国民经济行业分类》与《所有经济活动的国际标准行业分类》对照表，将产品归类到国民经济行业分类中，由于在转换过程中存在一对多映射问题，为保证数据的可靠性和实用性，本文将部分制造业行业进行合并统计，HS 两位编码与国民经济行业分类对照表如下表 3.4 所示：

表 3.4 HS 两位编码与国民经济行业分类对照表

HS 两位编码	中国国民经济行业分类代码	合并代码	产品名称
16-24	C13, C14, C15, C16	D1	农副食品加工业，食品制造业，酒、饮料和精制茶制造业，烟草制造业
41-43, 50-67	C17, C18, C19	D2	纺织业，纺织服装、服饰业，皮革、毛坯、羽毛及其制品和制鞋业
44-46, 94	C20, C21	D3	木材加工和木、竹、藤、棕、草制品，家具制造业
47-49, 95	C22, C23, C24	D4	造纸及造纸业，印刷业，文教、美工、体育和娱乐用品制造业
27	C25	D5	石油、煤炭及其他燃料加工业
28-29, 31-36, 38	C26, C28	D6	化工原料及化学制品制造业、化学纤维制造业
30	C27	D7	医药制造业
39, 40	C29	D8	橡胶和塑料制品业
25, 26, 68-70	C30	D9	非金属矿物制品业
71-83	C31, C32, C33	D10	黑色金属冶炼和压延加工业、有色金属冶炼和压延加工业、金属制品业
84, 85	C34, C35	D11	通用设备制造业、专用设备制造业
87	C36	D12	汽车制造业
86, 88, 89	C37	D13	铁路、船舶、航空航天和其他运输设备制造业
90, 91	C38, C39, C40	D14	电子机械和器械制造业，计算机、通信和其他电子设备制造业，仪器仪表制造业
96	C41	D15	其他制造业

(2) 测度结果及分析

根据前文的测算方法以及分类标准，对 2013 年至 2021 年中国 15 个制造业行业的出口技术复杂度进行测算，结果如下表 3.5 所示。

表 3.5 2013 年至 2021 年中国制造业各行业出口技术复杂度

合并后代码	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
D1	30222	30739	27382	27429	29735	31428	30566	30921	37440
D2	24739	25367	22362	23021	24773	26826	26432	25219	29742
D3	33755	34455	30269	31125	33261	35348	33941	33013	38546
D4	25864	26226	22835	23865	26113	27320	27784	26578	30480
D5	40919	39946	38508	33440	35889	38513	36930	34300	46618
D6	36323	36933	37217	38776	39726	41540	41409	42981	48600
D7	46869	46913	47888	48222	52005	55050	56144	58159	64987
D8	31403	31969	32385	32806	33422	33664	34834	34973	36414
D9	27984	28392	24709	25449	27047	28511	27377	26145	30376
D10	27122	25585	24733	24127	24327	25842	25057	25248	28131
D11	29792	30526	31133	31566	32389	34352	34457	35095	38712
D12	24722	25919	25866	26158	27510	28055	28237	28633	32506
D13	30982	32126	32148	31507	32497	34585	34886	35932	36825
D14	41258	42444	42062	42818	43337	46305	45869	47024	51681
D15	28876	29333	26122	26597	28389	30209	29425	28901	33243

进一步将 15 个制造业行业划分为低技术、中技术和高技术三个大类，划分标准与前文一致，制造业分行业的测度结果如图 3.3 所示。

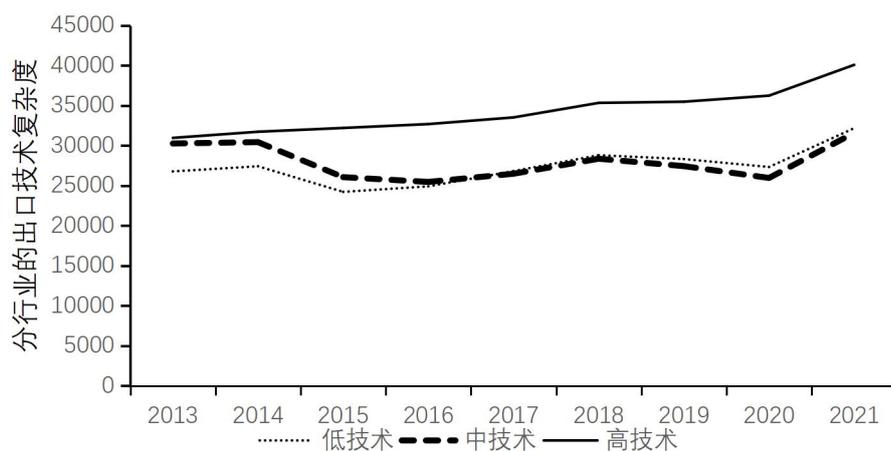


图 3.3 制造业分行业出口技术复杂度

从各行业出口技术复杂度测度结果看，2013 年至 2021 年九年间，中国制造

业各行业的出口技术复杂度大多呈递增的趋势，九年间出口技术复杂度最高的行业始终为 D7（医药制造业），同时 D7 也是九年间出口技术复杂度增长幅度最大的行业。这也与中国作为世界上最大的药品生产国之一的地位相匹配，2021 年，出口技术复杂度最低的行业为 D10（黑色金属冶炼和压延加工业、有色金属冶炼和压延加工业、金属制品业），与其他行业比较，其出口技术复杂度增长幅度也最低。需要注意到，2019 年至 2020 年期间，众多行业普遍出现了出口技术复杂度下滑的现象。经过深入分析，我们认为这一趋势主要受到了中美贸易摩擦以及新冠疫情的双重冲击，对各行业的生产及出口造成了显著影响。从分低技术、中技术、高技术行业的测算结果看，各行业增长有着明显区别，高技术行业出口技术复杂度增长幅度明显大于低技术行业以及中技术行业，中技术行业增长存在疲软，在九年间起伏不定，低技术行业的出口技术复杂度的增长幅度高于中技术行业且增长较为稳定，需要注意到，2014 年到 2015 年两年中，低技术、中技术行业出口技术复杂度均出现了下降，原因可能是 2014 年中国开始注重于经济结构优化调整升级，低技术行业和中技术行业受到政策调整的影响，且这两年全球经济较为低迷，出口受到一定影响，导致出口技术复杂度的降低。

4 中国制造业数字化转型影响出口技术复杂度的实证分析

4.1 模型的构建、变量的选取及数据的来源

4.1.1 模型的构建

根据第二章的分析,本文推测制造业数字化转型通过提高企业研发创新能力、降低交易成本以及促进地区开放水平三个方面对制造业出口技术复杂度存在正向的促进效应。由此,本文首先通过构建固定效应模型,检验制造业数字化转型对制造业出口技术复杂度的影响是否存在,随后通过构建中介效应模型验证制造业数字化转型是否通过创新能力、交易费用以及开放水平这三个中介变量对制造业出口技术复杂度产生影响。

(1) 基准回归模型

为验证制造业数字化转型对制造业出口技术复杂度的影响,本文利用2013年至2021年的十五个制造业行业的面板数据进行回归分析,参考已有研究,本文基于2013年至2021年的十五个制造业行业的面板数据进行了回归分析。在参考已有研究的基础上,除了将制造业数字化转型指数作为核心解释变量外,本文还纳入了外商直接投资(FDI)、行业规模(Scal)、交通基础设施建设水平(Tfc)以及人力资本水平(Hum)等控制变量,以确保分析的全面性和准确性,具体模型的设计如(4-1)所示。

$$Expy_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 Dig_{it} + \alpha_2 FDI_t + \alpha_3 Tfc_t + \alpha_4 Scal_{it} + \alpha_5 Hum_t + \mu_i + \varphi_t + \varepsilon_{it} \quad (4-1)$$

其中, $Expy_{it}$ 表示*i*行业*t*年的出口技术复杂度, Dig_{it} 表示*i*行业*t*年的数字化转型指数, FDI_t 表示*t*年中国的外商直接投资, Tfc_t 表示*t*年中国交通基础设施建设水平, $Scal_{it}$ 表示*i*行业*t*年的行业规模, Hum_t 表示*t*年中国的人力资本水平, μ_i 、 φ_t 分别表示行业和年份的固定效应, ε_{it} 表示随机误差项。

(2) 中介效应模型

前文通过梳理现有研究以及对影响机制的分析发现,制造业数字化转型可能通过三个中介变量创新能力、交易费用以及开放水平对制造业出口技术复杂度产生影响,为检验中介机制的存在性,本文设定(4-2)、(4-3)、(4-4)三个

模型来进行中介机制的检验，具体如下。

$$Expy_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 Dig_{it} + \alpha_2 FDI_t + \alpha_3 Tfc_t + \alpha_4 Scal_{it} + \alpha_5 Hum_t + \mu_i + \varphi_t + \varepsilon_{it} \quad (4-2)$$

$$M_{mit} = \beta_0 + \beta_1 Dig_{it} + \beta_2 FDI_t + \beta_3 Tfc_t + \beta_4 Scal_{it} + \beta_5 Hum_t + \mu_{1i} + \varphi_{1t} + \varepsilon_{it} \quad (4-3)$$

$$Expy_{it} = \gamma_0 + \delta_1 M_{1it} + \delta_2 M_{2it} + \delta_3 M_{3it} + \gamma_1 Dig_{it} + \gamma_2 FDI_t + \gamma_3 Tfc_t + \gamma_4 Scal_{it} + \gamma_5 Hum_t + \mu_{2i} + \varphi_{2t} + \varepsilon_{it} \quad (4-4)$$

以上模型中， M_{mit} ($m=1, 2, 3$) 表示中介变量创新能力 (RD)、交易费用 (TC) 以及开放水平 (Open)，其他变量含义与前文一致。

4.1.2 变量的选取及数据来源

(1) 被解释变量

出口技术复杂度 (Expy)：参考 Hausmann et al. (2007) 的两步法进行测算，具体测算方法前文已展示，测算时间范围为 2013 年至 2021 年共九年。

(2) 核心解释变量

数字化转型指数 (Dig)：本文采用了 CSMAR 数据库中的《中国上市公司数字化转型研究数据库》中的企业数字化转型数据，该数据主要从战略引领、技术驱动、组织赋能、环境支撑、数字化成果、数字化应用六个方面来测算企业的数字化转型指数，较为全面准确地测算了中国企业的数字化转型程度。以企业的总资产占该行业所有上市企业总资产比重为指数加权求和，得到该行业的数字化转型指数，代表该行业数字化发展水平。具体过程以及结果如前文展示。

(3) 中介变量

创新研发能力 (RD)：大量研究表明，制造业数字化转型会提升企业的创新能力，这种正向促进效应主要是通过增强企业创新的精确性和速度，从而提高制造业竞争力，促进制造业出口技术复杂度的提升。本文选取了 2013 年-2021 年中国规模以上工业企业专利申请数来衡量该行业的创新能力，数值越大，说明创新研发能力越强，数据来自中国科技数据库。

交易费用 (TC)：企业可以利用数字平台整合内部资源信息，强化生产、销

售、管理等环节的全流程数据流通，提高企业在生产、运营和销售等环节的经济效率，降低交易成本，从而使得企业以更低的成本参与到国际竞争中，从而提高出口技术复杂度。本文参考王如萍（2021）的做法，使用规模以上工业企业销售费用占主营业务成本的比重来表示交易成本，数值越小说明交易费用越低，数据来自中国工业企业数据库。

开放水平（Open）：根据现有研究结果显示，制造业的数字化转型对地区的开放程度具有显著影响。具体而言，当地区内产业数字化发展水平提升时，其开放程度亦会相应提高。本文采用中国社会科学院发布的《世界开放报告 2022》中的中国的世界开放指数来衡量中国开放程度，数值越高，说明对外开放水平越高。

（4）控制变量

外商直接投资（FDI）：外商直接投资（FDI）通常会引入新的技术、管理经验和生产方式，从而提升了我国的生产能力和技术水平。这些技术和管理经验的引入可能会提高出口产品的技术含量和附加值，从而提高出口产品的技术复杂度。此外，FDI 还可能带来对劳动力的培训和技术转移，进一步提升了出口产品的技术含量和复杂度。本文采取制造业当年实际利用外资来表示外商直接投资强度，数值越高，说明外商直接投资强度越高，数据来自中国国家统计局。

交通基础设施建设水平（Tfc）：优越的交通设施有助于提高物流效率，降低运输成本，缩短交货时间，从而使供应链更为高效。这种高效的物流环境促使企业采纳更先进且复杂的生产技术，并能更好地整合全球供应链资源。因此，发达的交通设施可以促进技术的引进和传播，从而提高出口产品的技术含量和复杂度。另一方面，良好的交通设施也可以改善出口产品的运输条件，使得更加复杂、更高附加值的产品能够更快、更安全地抵达目的地，这也间接促进了出口产品技术复杂度的提升。本文采用国内公路、铁路与内河航道里程总数来表示国内交通设施水平，数值越大说明交通基础设施建设水平越高。数据来自中国国家统计局。

行业规模（Scale）：较大规模的行业通常拥有更多的资源用于研发和创新，能够承担更高的研发成本，从而更容易采用先进的生产技术和工艺。这使得大规模行业更有可能生产技术含量较高、复杂度较大的产品，并将这些产品出口至国际市场。此外，大规模行业通常具备更完善的供应链和分工合作体系，能够更好

地整合全球资源，进一步提升产品的技术含量和复杂度。因此，较大规模的行业往往能够生产更具技术含量和附加值的产品，从而提高出口产品的技术复杂度。本文采用产成品总价值来衡量当年该制造业行业的行业规模，数值越大说明行业规模越大。数据来自中国国家统计局。

人力资本水平（Hum）：高水平的人力资本通常意味着更高的教育水平、更广泛的知识储备以及更强的创新能力。这些因素使得具备高水平人力资本的国家或地区更有可能采用和开发先进的生产技术，从而生产更具技术含量和复杂度的产品。本文采用当年教育经费与各阶段教育在校人数总和的比值来衡量当年的人力资本水平。数据来自中国国家统计局。

表 4.1 各变量类别、名称、含义及计算方法

变量类别	变量名称	变量含义	数据来源
被解释变量	Expy	出口技术复杂度	Hausmann 的两步法
解释变量	Dig	数字化转型指数	基于 CSMAR 数据库中数字化转型指数计算而得到
中介变量	RD	创新研发能力	规模以上工业企业发明专利申请数
	TC	交易费用	规模以上工业企业销售费用占主营业务成本的比重
	Open	开放水平	《世界开放报告 2022》中中国的开放指数
控制变量	FDI	外商直接投资	当年实际利用外资
	Tfc	交通设施建设水平	国内公路、铁路与内河航道里程总数
	Scal	行业规模	产成品总价值
	Hum	人力资本水平	教育经费与高等教育在校人数的比值

数据来源：国研网、中国国家统计局、UN Comtrade 数据库、CSMAR 数据库

4.2 基准回归结果

本文对涉及变量进行描述性统计分析，结果如表 4.2 所示，对涉及变量进行相关性分析，结果如表 4.3 所示，表 4.3 初步报告了，变量之间的相关关系以及显著水平，可以看出本文的被解释变量出口技术复杂度与核心解释变量数字化转型指数存在显著的正相关关系，即制造业数字化转型对制造业出口技术复杂度的提升可能有促进作用，同时，两个中介变量创新能力和开放水平与被解释变量制

制造业出口技术复杂度也呈正相关,交易费用与被解释变量制造业出口技术复杂度呈负相关,但未进行进一步的模型检验,不能代表最后结果,只能初步判断变量之间的相关性。

表 4.2 描述性统计分析

变量名称	样本量	最大值	最小值	平均值	标准差	中位数
Expy	135	64987.35	22361.86	33510.91	8069.19	31507.13
Dig	135	59.39	25.42	35.83	7.17	34.15
RD	135	496723.00	1600.00	56809.91	84961.37	29054
Scal	135	11690.17	91.87	2592.33	2123.77	1961.79
TC	135	0.223	0.01	0.09	0.06	0.08
FDI	135	455.55	309.97	372.56	43.49	354.92
Hum	135	7046.45	4129.11	5591.41	922.14	5649.40
Open	135	0.75	0.71	0.73	0.01	0.73
Tfc	135	555.91	458.52	505.60	31.59	502.75

表 4.3 相关性分析

	Expy	Dig	RD	Scal	TC	FDI	Hum	Open	Tfc
Expy	1								
Dig	0.282**	1							
	*								
RD	0.352**	0.826**	1						
	*	*							
Scal	0.371**	0.657**	0.856	1					
	*	*	***						
TC	-0.17	-0.018	0.174	-0.33	1				
	1***	**	**	3***					
FDI	0.191**	0.121	0.179	0.147	0.164	1			
			**	*	*				
Hum	0.005	0.025	0.005	0.018	0.03	0.753**	1		
						*			
Open	0.052	0.054*	0.05*	0.026	0.078	0.772**	0.982	1	
			*			*	***		
Tfc	0.021	0.037	0.023	0.009	0.048	0.79***	0.987	0.993*	1
							***	**	

注: **、*、*分别代表 1%、5%、10%的显著性水平

4.2.1 基准回归分析

表 4.4 为基准模型回归结果，实证结果（1）为只考虑核心解释变量数字化转型指数（Dig），而未加入其他控制变量，如结果显示，在 1%的水平上，其对应系数显著为正。在逐步加入了其他控制变量后，如实证结果（2）-（5）所示，发现核心变量的系数和显著性没有出现显著的变化，相关性系数依旧是在 1%的水平上显著为正，并且，随着控制变量的加入， R^2 值从 0.29 增加到 0.391，这表明随着更多变量的加入，模型的解释能力有所增强，这证明中国制造业数字化转型与制造业出口技术复杂度有在相关关系，制造业出口技术复杂度随制造业数字化转型水平提高而提高。

表 4.4 制造业数字化转型对出口技术复杂度的基准回归结果

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	Expy	Expy	Expy	Expy	Expy
Dig	496.145*** (6.973)	271.281*** (3.229)	271.286*** (3.215)	269.054** (3.069)	275.644*** (3.214)
Scal		191.549*** (4.359)	191.687*** (4.332)	192.019*** (4.323)	187.615*** (4.162)
FDI			0.228 (0.044)	3.513 (0.338)	4.84 (0.456)
Hum				17.411 (0.366)	-79.985 (-0.496)
Tfc					29.923* (0.633)
_cons	15732.13*** (6.147)	18824.309*** (7.565)	18735.684*** (5.825)	16609.532** (2.498)	6310.206 (0.359)
N	135	135	135	135	135
R^2	0.29	0.388	0.389	0.389	0.391

注：***、**、*分别代表 1%、5%、10%的显著性水平

4.2.2 稳健性检验

为保证实证结果的可靠性,排除由于测量误差所致的结果误差,本文选择其他方式来测量核心解释变量制造业数字化转型指数,以进行稳健性分析,所选的新制造业数字化转型指数的来自CSMAR数据库中企业数字技术驱动指数,使用该指数来衡量数字化水平,该数字化转型指数主要通过对上市公司的年报文本进行分析,筛选其中与制造业数字化转型相关的词进行词频统计,进而衡量制造业企业的数字化水平。检验方法与前文一致,通过逐步加入控制变量来验证制造业数字化转型对出口技术复杂度的影响效果,结果如表4.5所示。实证结果显示,在更改了核心解释变量的指标后,被解释变量制造业出口技术复杂度与核心解释变量制造业数字化转型指数依旧显著正相关,模型的稳定性得到验证。

表 4.5 稳健性检验

	Expy	Expy	Expy	Expy	Expy
Dig	397.556*** (3.56)	404.229*** (2.871)	402.404*** (2.846)	408.577*** (2.886)	405.603*** (2.849)
Scal		-3.10 (-0.078)	-4.365 (-0.109)	-11.572 (-0.284)	-11.823 (-0.289)
FDI			-5.208 (-0.332)	-22.826 (-0.94)	-19.193 (-0.716)
Hum				-107.736 (-0.95)	-258.859 (-0.539)
Tfc					48.52 (0.324)
_cons	20095.677*** (5.252)	19951.084*** (4.681)	21985.593*** (2.945)	34551.939*** (2.275)	17223.424 (0.31)
N	135	135	135	135	135
R ²	0.239	0.245	0.354	0.351	0.366

注:***、**、*分别代表1%、5%、10%的显著性水平

4.3 中介机制检验

在影响机制分析中,本文就制造业数字化转型对其出口技术复杂度的影响效果提出了三个假说:H1,在制造业数字化转型对出口技术复杂度影响过程中,创新能力发挥中介作用;H2,在制造业数字化转型对出口技术复杂度影响过程中,交易成本发挥中介作用;H3,在制造业数字化转型对出口技术复杂度的影响过程中,开放水平发挥中介作用。

基于三个假设,本文构建中介效应模型对这三个假设进行检验,其中 α_1 为模型(4-2)中数字化转型指数的回归系数, β_1 为模型(4-3)中数字化转型指数的回归系数, δ_i ($i=1, 2, 3$)为模型(4-4)中各中介变量的回归系数, γ_1 为模型(4-4)中数字化转型指数的回归系数,如果 α_1 和 β_1 显著, γ_1 不显著,则为完全中介效应,如果 α_1 和 β_1 显著, γ_1 显著,且 $\alpha_1 * \beta_1$ 与 γ_1 同号,则为部分中介效应,如果 β_1 不显著,则不存在中介效应,具体结果如表4.6所示。

表 4.6 中介机制检验

项	α_1	α_1 (P 值)	β_1	β_1 (P 值)	δ_i	δ_i (P 值)	γ_1	检验结论
创新能力的中介效应检验	275.644	0.002***	5520.99	0.000***	0.01	0.026* *	63.3 57	部分中介效应
交易费用的中介效应检验	275.644	0.002***	-0.002	0.04*	-9029.08	0.03*	63.3 57	部分中介效应
开放水平的中介效应检验	275.644	0.002***	0.272	0.001***	46.588	0.048* *	63.3 57	部分中介效应

注:***、**、*分别代表 1%、5%、10%的显著性水平

4.3.1 创新能力的中介效应

根据表 4.6 创新能力与数字化转型指数在 5%显著水平下正相关,且存在部

分中介效应,说明制造业数字化转型,能通过提高创新能力对制造业出口技术复杂度产生正向的促进作用,假说 H1 得到验证。根据实证结果看,行业的研发创新能力对制造业出口技术复杂度的有着较为明显的正向促进作用,一方面企业创新能力的提高使企业能够研发出更具复杂度的技术和产品。这些具有较高技术含量的产品和技术可以更好地满足国际市场的需求,提高企业在国际市场的竞争力和地位,进而促进企业的出口。另一方面,创新可以帮助企业提高生产效率和产品质量,降低成本,从而更好地适应国际市场的需求和竞争,提高出口技术复杂度。制造业数字化转型能通过提升制造业的研发创新能力,最终实现提升制造业出口产品的技术复杂度的目标。

4.3.2 交易费用的中介效应

根据表 4.6 交易费用与数字化转型指数在 10%显著水平下负相关,且存在部分中介效应,说明制造业数字化转型能够通过降低交易费用对制造业出口技术复杂度产生正向的促进作用,假说 H2 得到验证。首先,制造业数字化转型通过降低交易双方信息搜寻所花费的成本,提升了企业的市场适应性和响应速度。通过数字化平台和工具,制造企业能够更快地获取市场信息、更有效地与客户沟通,并根据市场变化快速调整生产策略。数字技术减少了市场交易中的信息不对称,降低了寻找合适市场机会和客户的成本。其次,制造业数字化转型可以降低企业的运输成本,为企业实现实时的物流跟踪和监控,更好地进行物流管理和调度,使得企业能够更灵活地参与国际贸易,降低由于复杂的国际贸易规则和标准所产生的合规成本,进而达到提高出口技术复杂度的目的。此外,制造业数字化转型可以降低企业的决策成本。数字化转型通过引入先进技术如云计算、大数据分析和人工智能,能够优化生产流程、提高供应链效率,并通过精准的市场分析和需求预测,提高决策的准确性和效果,减少库存成本和生产过剩。这些改进降低了制造业企业的交易成本,使企业在国际市场中以成本优势取得竞争优势,从而提升出口技术复杂度。

4.3.3 开放水平的中介效应

开放水平的中介效应模型实证结果表明,在 5%显著水平下,制造业数字化

转型能通过提高开放程度来对制造业出口技术复杂度产生正向的促进作用,假说 H3 得到验证。首先,较高的开放水平也可以促进国际分工和产业协作,使得企业能够更好地利用全球资源和市场,实现更广泛的市场覆盖,并利用规模经济提高企业的生产效率和产品质量,降低成本,在保证产品品质的前提下,在产品价格上更具有竞争力,进而更好地满足国际市场的需求,提高出口产品的技术复杂度。其次,更高的开放水平使得企业能够更好的洞察市场动态,可以为特定市场生产针对性产品,实现个性化生产,减少库存和存货成本,提高生产效率,提升产品附加值,提高出口技术复杂度。再次,较高的开放水平可以促进技术和知识的流动和传播,有利于企业获取外部创新资源和技术,提高企业的技术水平,提高企业产品竞争力,提升出口技术复杂度。

4.4 行业异质性分析

由于不同行业中产品的技术水平、创新活动的不同,制造业数字化转型对其出口技术复杂度的影响也呈现出多样化的特点,这种行业异质性在制造业数字化转型过程中具有不可或缺的参考价值。根据前文对制造业的低技术、中技术高技术分类,以明晰不同技术类别制造业的差异,对三个类别制造业分别对其进行实证分析,结果如表 4.7 所示。

表 4.7 行业异质性检验

	低技术制造业	中技术制造业	高技术制造业
Dig	48.412 (1.602)	20.833 (1.375)	4.443** (0.401)
TC	92.377 (1.317)	-26.697 (-0.891)	-18.479*** (-3.249)
Open	821.311 (0.591)	698.824 (0.997)	555.715** (1.922)
Hum	51.71 (0.946)	41.528 (1.348)	32.728 (1.137)
Tfc	14.103 (0.3)	13.858 (0.605)	11.873 (1.012)
RD	0.006 (1.613)	0.003 (1.077)	0.013** (2.507)

续表 4.7 行业异质性检验

	低技术制造业	中技术制造业	高技术制造业
FDI	0.534 (0.087)	2.064 (0.682)	2.286* (1.187)
Scal	-25.788 (-1.096)	5.018 (0.325)	50.712 (6.693)
_cons	52507.979 (0.69)	42618.222 (1.097)	32241.049* (1.957)
R ²	0.394	0.232	0.394

注：***、**、*分别代表 1%、5%、10%的显著性水平

4.4.1 低技术制造业

从实证结果可以看出，低技术制造业的核心解释变量数字化转型指数并不显著，可以认为低技术制造业数字化转型对出口技术复杂度的影响是不显著的。本文将从以下三个角度分析低技术制造业数字化转型对出口技术复杂度的影响不显著的原因。

(1) 从创新角度。根据 Schumpeter 的创新理论，企业的创新动机受到预期回报和市场结构的影响。低技术制造业的企业通常专注于成熟市场，其产品和生产流程的技术含量相对固定，技术变革的速度缓慢。以食品制造业为例，其市场需求相对稳定，主要集中在基本的食品安全和质量上，消费者对食品的需求更多集中在品质、安全性和价格，这就导致制品制造业企业在产品开发和生产过程中的创新动力相对较弱，通常不会主动投资于颠覆性的技术革新，数字化转型可能主要用于简化生产流程、提高物流效率。因此，即便进行了数字化转型，也可能只是优化现有流程，而非研发新技术或改善产品设计，这导致低技术制造业数字化转型对提升出口产品的技术复杂度的直接影响有限。其次，低技术行业的研发资源投入相对较少，这导致这些企业在数字化转型时，缺乏足够的技术开发和应用能力，数字化转型不仅需要先进的硬件和软件，也需要技术开发和应用的人才，在资源有限的情况下，即使企业尝试数字化转型，其对创新能力的提升有限，对出口技术复杂度的影响也较小。此外，低技术制造业数字化转型过程中对创新的促进可能存在局限性，例如，在食品制造业中，创新通常集中在配方、口味或包装上，而这些方面的创新不一定需要复杂的数字化技术，导致即使企业数字化程

度提高,这些企业也可能难以充分利用数字技术进行创新,从而无法通过数字化提升出口技术复杂度。

(2) 从交易费用角度。数字化转型虽然在理论上可以通过提高信息的透明度和降低沟通成本来减少交易费用,但低技术制造业行业的市场需求相对固定,在交易过程中,所涉及的信息搜寻成本已经降低至一个相对较低的水平,如农副食品加工业,该行业的市场需求较为稳定,客户群体稳定,因此数字化转型带来的交易成本降低的作用有限。

(3) 从开放水平角度。低技术制造业倾向于服务较为成熟的市场环境,我国该类型制造业企业面对的已经是一个比较开放的全球市场,因此,随着开放程度的进一步加深,由此产生的边际效益增长相对有限。

综上所述,低技术制造业数字化转型指数对出口技术复杂度的影响不显著的原因是多方面的。创新视角揭示了低技术行业在创新动力、资源约束和知识吸收能力方面的局限;交易费用视角强调了市场结构和交易成本在技术投资决策中的作用;而更高开放水平给低技术制造业企业带来的边际收益也较为有限。这些因素共同作用,限制了低技术制造业数字化转型对提升其出口技术复杂度的影响。

4.4.2 中技术制造业

从实证结果可以看出,中技术制造业的核心解释变量数字化转型指数并不显著,可以认为低技术制造业数字化转型对出口技术复杂度的影响是不显著的。本文将从以下三个角度分析中技术制造业数字化转型对出口技术复杂度的影响不显著原因。

(1) 创新角度。首先,中技术制造业虽然在技术上比低技术制造业更加先进,但其创新动力可能受限于市场激励的不足。这些行业的产品可能处于技术生命周期的中期,创新并不像在高技术行业那样迅速或者显著。因此,企业可能没有充分的动机去追求通过数字化转型实现技术的大幅度提升。其次,中技术行业的研发投入可能已经达到一定的饱和度,数字化转型的进一步投入不一定能带来相应的出口技术复杂度的增加,这可能是因为在某些领域,技术的边际改进需要非常高昂的成本,而这些改进带来的市场收益并不明显。再次,技术标准和行业规范可能在一定程度上抑制了创新。中技术制造业可能需要遵守特定的技术标准

和规范，这些可能限制了创新的范围和速度，因此即使实施了数字化转型措施，也可能难以在出口产品上体现出显著的技术复杂度提升。以中技术制造业中的金属制品业为例，金属制品业需要遵守严格的质量标准，例如 AWS D1.1（涵盖金属结构的焊接和连接要求）、ASTM B564（涵盖了镍合金、钛合金和镍钛合金的锻造规范）。这些标准要求企业在生产过程中实施一系列质量控制措施，包括材料的质量、制造过程、最终产品的一致性。数字化转型可以帮助企业更有效地遵守这些标准，但同时也限制了企业在技术创新方面的灵活性，因为新的或显著改进的金属制品可能需要经过复杂的认证和测试过程，以证明它们符合现有的行业标准和规范，这个过程既耗时又昂贵，抑制企业进行那些可能需要频繁重新认证的创新。因此，在中技术制造业中，制造业企业通过数字化转型以提升创新能力进而提升出口技术复杂度的作用并不显著。

（2）交易费用角度。数字化转型理应降低信息不对称，减少搜索成本，但在中技术制造业中，由于市场的特定性，如产品标准化程度高，客户需求相对固定，因此企业数字化转型带来的信息效益可能受限。其次，虽然数字化可以简化谈判过程和合同执行，但在中技术制造业中，这些过程已相对成熟且标准化，数字化在这一领域可能只带来边际改进，并不能显著改变合同成本，从而对提升出口技术复杂度的影响有限。此外，数字化工具如 ERP 系统和 CRM 软件可以提高监督效率，但对于中技术行业而言，这些工具的实施可能需要对现有流程进行大幅度调整。如果企业的内部监督机制已足够高效，数字化改进可能不会带来足够的成本节约来促进额外的技术投资。

（3）开放水平角度。在更开放的市场环境中，尽管可以获取更多的技术资源，但由于中技术制造业主要集中在原料加工和初级制造阶段，在技术创新和升级方面的空间相对有限，新引进的技术可能更多地集中于现有产品和流程的优化，而不是进行大规模的技术创新或重大突破。此外，中技术制造业中的石油、煤炭及其他燃料加工业，具有其行业特殊性，由于能源行业对国家安全的重要性，相关技术和市场往往受到更多的政策限制和监管，其市场竞争相对较小，导致企业的创新动力不足，这也限制了数字化转型在提升技术复杂度方面的作用。

综上所述，中技术制造业数字化转型对出口技术复杂度的影响不显著可能源于多种因素。从创新视角来看，创新动力、研发投入的边际效应以及技术标准的

挑战都可能影响数字化对技术复杂度的正面影响。此外，数字化投资的不确定性和行业特殊性可能导致企业在数字化转型上的投资转化为技术复杂度提升的意愿和能力受限。

4.4.3 高技术制造业

根据实证结果，高技术制造业的核心解释变量数字化转型指数在 5%的水平上显著，说明高技术制造业中，制造业数字化转型对制造业出口技术复杂度的提升有较强的促进作用。交易费用在 1%的水平上显著为负，这表示交易费用的降低可以显著提升高技术制造业出口技术复杂度。开放指数在 1%程度上显著为正，表明开放程度的提高有助于提升高技术制造业的出口技术复杂度。创新能力在 5%水平上显著为正，表明研发创新能力的提升有助于高技术制造业提升出口技术复杂度。外商直接投资在 10%水平上显著为正，表明外商直接投资能提升高技术制造业出口技术复杂度。本文将从以下三个角度探讨高技术制造业数字化转型提升出口技术复杂度的路径。

(1) 创新角度。与中低技术制造业不同，在高技术制造业中，创新是企业生存和发展的核心，数字化工具，如 CAD（计算机辅助设计）、CAE（计算机辅助工程）和仿真软件，极大地提高了产品设计和开发的效率和精确度。这些工具允许更复杂的设计和更精细的工程测试，从而提升了出口技术复杂度。其次，在中技术行业存在的严格的行业标准限制了创新的问题，在高技术制造业中也有技术标准和规范，但行业标准对创新的限制并不明显，相反这些标准往往鼓励创新，同时这些行业标准保持还一定的灵活性，以适应快速变化的技术环境，标准常跟随技术发展而更新。例如，计算机行业的接口标准和 5G 标准，随着技术的进步，从 USB 1.0 到 USB 4、从 Thunderbolt 1 到 Thunderbolt 4，每一次升级都显著提高了传输速度和带宽，行业标准的迅速更迭促进了新一代设备和应用的发展，在 5G 标准（如 3GPP）方面，该标准不仅定义了网络性能和效率的基本要求，而且鼓励在速度、延迟、连接密度和能效方面的创新。这些标准为制造商提供了开发更快、更可靠和更高容量通信设备的动力。

(2) 交易费用角度。实证结果显示，高技术制造业数字化转型可以降低交易费。与中低技术制造业相比，高技术制造业的供应链通常更加复杂且全球化，

涉及多个国家和众多供应商。数字化通过提供更加透明和实时的供应链管理，使企业能够更有效地控制库存、降低成本并提高响应速度，这些改进降低了交易成本，从而使得企业以更低的成本参与到国际竞争中，从而提高出口技术复杂度。其次，高技术制造业的产品通常更加非标准化，具有更高的定制化需求，以华为为例，华为可以根据各个国家的规格要求、频段和网络环境，提供具有高度的定制性的 5G 设备，以满足不同市场的特定需求，数字技术和数字平台的应用使得华为能够更好地预测市场趋势和满足客户需求，提高设计和生产的灵活性，从而减少由市场不确定性带来的成本和风险，企业能够更加专注于产品创新和技术升级，从而提升出口技术复杂度。此外，由于高技术制造业其生产过程本质上与先进技术紧密相关联，特别是在数字化技术方面，因而在实施数字化转型时所面临的成本相对较低。具体来说，高技术制造业已经集成了诸如自动化、智能控制系统、高精度机械等先进技术，这些技术的存在为进一步的数字化转型提供了坚实的基础，减少了从传统制造向数字化制造转型所需的额外投资，数字技术融合具有技术优势与；并且，在高技术制造业中，员工通常具备较高的技术知识和技能水平，这使得他们能够更快地适应数字化技术的应用，减少了企业在培训和技能提升方面的投入。因此，与中低技术制造业相比，高技术制造业在数字化转型过程中所面临的成本相对较低，高技术制造业数字化转型对降低交易费用的影响更加显著。

(3) 开放水平角度。首先，与中低技术制造业不同，高技术制造业如半导体、航空航天、生物技术等领域的企业面临激烈的全球竞争，而开放水平的提升使得这种竞争加剧。其次，高技术制造业面临的市场中，消费者和企业客户更注重产品的创新和技术含量，对产品的技术性能和创新有更高的期待。由于上述两方面原因，企业有更加充足的动力进行产品的迭代升级和技术创新。除此之外，随着开放水平的提升，企业得以更加深入地洞察市场动态，更有效地应对市场需求的变化。以计算机、通信和其他电子设备制造业为例，在该行业中，产品生命周期极短，市场迅速变化。数字化使得企业能够快速收集市场反馈、分析数据，从而加速产品设计的迭代，使得出口产品的更具有竞争力。

综上所述，高技术制造业的数字化对出口技术复杂度的显著影响是多方面因素共同作用的结果，创新动力、交易费用、开放水平等因素的影响，使高技术制

制造业能够有效地利用数字技术来提升出口技术复杂度,从而在全球市场中保持竞争力。

5 结论与政策建议

5.1 主要结论

本文主要结论如下：

第一，2013年至2021年，我国各制造业行业的数字化转型指数整体呈上升趋势，制造业各行业的出口技术复杂度虽有所波动，但大多呈递增的趋势，具体而言：（1）高技术制造业整体数字化转型指数最高，其次为低技术制造业，中技术制造业的数字化转型指数最低。（2）高技术制造业出口技术复杂度最高，中低技术制造业出口技术复杂度相差不大且相较于高技术制造业存在显著差距；（3）中技术行业增长存在疲软，在九年间起伏不定；低技术行业的出口技术复杂度的增长幅度高于中技术行业且增长较为稳定。

第二，总体上，我国制造业数字化转型对出口技术复杂度的提升有着正向的促进作用，创新能力、交易费用和开放水平的中介效应显著，理论机制得到验证。基准回归结果显示：解释变量制造业数字化转型指数对被解释变量出口技术复杂度的影响显著为正，这表明制造业数字化转型有利于提高其出口技术复杂度。从中介机制检验结果来看，总体上，制造业数字化转型可以通过创新能力的提升、交易费用的降低以及开放水平的提高三个方面来提升出口技术复杂度。具体而言：（1）创新能力方面，企业可以利用数字化工具快速原型化、测试和迭代新产品，从而加速创新过程，推动技术升级，帮助企业更好地适应国际市场的需求和竞争，从而提高出口技术复杂度。（2）在交易费用方面，制造业数字化转型通过优化决策、降低信息搜寻成本和运输成本，有效降低了交易成本，这种成本的降低为企业提供了更多资源和能力去提升出口技术复杂度。（3）在开放水平方面，作为推动开放的“新赛道”，制造业数字化转型提升了我国的开放水平，拓宽了我国制造业企业的国际市场，此外，更高的开放水平促进了技术和知识的流动和传播以及国际分工和产业协作，并且使得企业能够更好洞察市场的需求变化，各方面协同作用，提升了我国制造业出口技术复杂度。

第三，中国制造业数字化转型对出口技术复杂度的影响存在较为明显的行业异质性，中低技术制造业数字化转型对出口技术复杂度的影响并不显著，而高技术制造业的影响则显著为正。中低技术制造业数字化转型对出口技术复杂度的影

响不显著，可能是由于创新动力、知识吸收能力方面的局限、市场的特殊性和交易成本降低作用有限等方面因素。

5.2 政策建议

目前，数字经济已经转变为推动经济发展的主导力量。在制造业领域，数字化转型已广泛融入各个生产环节，成为提高制造业出口技术含量的重要推动力量。基于前文深入的机制剖析和实证研究结果，本文提出以下一系列具有针对性的政策建议，旨在帮助制造业通过数字化转型进一步提升其出口技术复杂度，增强其在国际市场的竞争力。

5.2.1 持续推进数字基础设施建设

第一，政府应当重视制造业数字化转型对出口技术复杂度的提升作用，加大各地区数字通信基础设施的建设，在各地建立快速可靠的网络连接。制造业的数字化转型极度依赖于高速且可靠的互联网连接，高速宽带网络能够支持大数据传输，使企业能够实时获取和分析生产数据，实现远程监控和管理。我国地域辽阔，不同地区宽带建设很不平衡，尤其中西部地区应当加大数字通信基础设施的建设力度，实现国内的信息联通。

第二，应当推动云计算、云服务等数字平台建设。云计算基础设施为制造企业提供了弹性、可扩展和成本效益高的计算资源，云服务支持复杂的数据分析、存储大量数据和运行高级应用程序，如人工智能和机器学习，对产品设计和生产过程的优化至关重要；但是这一类平台的建设前期需要巨大投入，风险较高，企业往往难以承受，这就需要政府通过税收优惠、财政补贴、融资支持、市场准入便利化等方面的支持措施，鼓励企业进行这一类数字平台的构建。

第三，建立国家级或地区级的数字技术创新中心，促进数字技术交流和合作，支持新技术的孵化和应用。创新中心集中了政府、学术界和企业的资源，包括资金、人才和设备，为技术研发提供强大的支持；并且，配备先进的实验室和研究设施的创新中心，为开发和测试新技术提供了理想的环境，加速了高新技术的孵化和成熟，推动技术创新从实验室走向市场。除此之外，创新中心为不同领域的人才提供了实践和学习的平台，促进了不同领域知识和技能融合，可以促进培

养具有创新能力的综合性数字技术人才。例如，以华中科技大学作为建设主体的国家数字建造技术创新中心已于 2022 年揭牌，该中心定位我国新型城镇化领域的国家战略科技力量，以突破数字建造关键核心技术、实现重大研究成果产业化为核心使命，面向智能建造强国目标，能够辐射带动形成一批具有核心创新能力的一流企业，为科技型中小微企业的孵化、培育和发展提供创新服务，推动我国数字建造领域创新能力整体跃升。进一步推广建设此类数字技术创新中心，对我国制造业出口质量提升具有重要意义。

5.2.2 加强数字化人才培养

根据前文分析可知，制造业数字化转型可通过创新能力的中介作用提升出口技术复杂度，因此可以通过加强数字化人才培养实现创新能力中介作用的提升。

行业创新的根本在于人才，要充分利用数字化转型提升创新能力以提高出口技术复杂度，加大数字化人才培养力度至关重要。

首先，在教育体系中，应加大与数字化相关的课程和专业的教育投入，如数据科学、人工智能、云计算等，培养具备前沿数字技术能力的人才。同时，鼓励跨学科学习和研究，如将数字技术与传统制造、经济管理等领域结合，培养复合型人才。

其次，在企业层面，加强在职员工的数字化培训，特别是对生产线、研发团队和管理层的培训，以提升他们对数字化工具的应用能力和理解。企业可以通过内部培训、外部研讨会、在线课程等多种方式，不断提高员工的数字化素养。同时，企业还应鼓励员工进行创新实践，将数字技术应用于实际工作中，促进技术创新和产品改进。政府在此过程中可以发挥关键作用，通过提供政策支持和资金补贴，鼓励教育机构和企业加强数字化人才培养。

通过采取上述措施，可以为企业提供更数字化转型所需的人才支持，进而推动创新研发的发展，最终提高出口技术复杂度。

5.2.3 完善对线上数字平台的治理

根据前文分析，制造业数字化转型可通过交易费用的中介作用提升出口技术复杂度，在这过程中，线上数字平台发挥了重要作用。然而，目前线上数字平台

存在监管体系滞后的情况，政府在处理数据安全、隐私保护、虚假信息、知识产权等方面显得力不从心，这种监管滞后的情况增加了企业使用数字平台的顾虑，影响了数字化转型在降低交易成本方面的潜力。

应当完善对线上数字平台的监管治理。首先，加快更新和完善与数字经济相关的法律法规，特别是在数据保护、消费者权益保护和电子商务监管方面，确保数据的安全和隐私，规范电子商务中的交易行为，以及加强对网络欺诈和不正当竞争的监管。其次，推动国际合作，建立跨国监管框架和标准，共同应对线上交易带来的全球性挑战。

5.2.4 强化开放水平的中介作用

根据前文分析可知，开放水平作为中介变量可以提升出口技术复杂度，因此应有效地利用数字化转型提升开放水平，从而提高制造业的出口技术复杂度，增强国际市场竞争力。

第一，增强国际数据流通和合作。研究表明，开放程度的提高使得企业能够更好地利用全球资源和市场，市场规模的扩大产生了规模经济效应，从而降低了企业生产成本，提高了制造业出口技术复杂度。国际数据的流通，使得企业能够更好地了解国外市场的产品需求供给情况，从而提高开放程度，达到出口技术复杂度提升的目的。

第二，加强国际技术合作。政府应鼓励和支持制造业企业在数字化领域与国际领先企业和研究机构的技术合作与交流，例如，建立合作平台、举办国际论坛和展会这促进技术和知识的流动和传播，有利于企业获取外部创新资源和技术，提高企业的技术水平和创新能力。

第三，利用制造业数字化转型吸引外商直接投资。现有研究表明，外商直接投资会通过货物贸易以及资本流动等方式促进开放水平的提高，而数字基础设施的完善，可以为外国投资者提供先进的数字化环境，吸引那些寻求高技术环境的外国高水平制造业企业，这些高水平的制造业企业往往发挥正外部作用，通过技术外溢以及鲶鱼效应，对当地的制造业企业产生积极的正向作用，从而提升制造业出口技术复杂度。

5.2.5 制定精细化、差异化的数字化转型产业政策

根据前文分析可知,中低技术制造业数字化转型对出口技术复杂度的影响并不显著,而高技术制造业数字化转型则能较为明显地提升出口技术复杂度,因此需要针对不同类型制造业,制定精细化的产业政策。

第一,中低技术制造业数字化转型对出口技术复杂度的影响并不显著,主要原因可能是中低技术制造业通常生产相对传统、标准化的产品,数字化转型在这些领域更多地用于生产效率和成本控制,而不是技术创新。因此政府可以更多考虑其他政策措施,如降低制度性障碍、提供贸易融资支持以提高中低技术制造业产品的国际竞争力。此外,中技术制造业存在由于部分行业标准更新迭代较慢且过于刚性的情况,使得行业标准对创新存在一定程度的限制,因此,政府应该推动制定更灵活的标准,允许新技术和创新的采用,并确保标准不会成为创新的障碍,激发企业的创新活力,鼓励企业利用数字技术进行创新研发。

第二,高技术制造业数字化转型对出口技术复杂度的影响较为显著,因此,在利用数字技术推动制造业进行数字化转型时,应当对高技术制造业企业有适当的政策倾斜,以提升其出口产品的竞争力。例如,政府可以提供培训计划,以提高高技术制造业员工的数字技能,帮助他们适应数字化环境;促进高技术制造业与国际伙伴合作,扩大市场准入,帮助企业拓展国际市场。

总之,数字化转型对中低技术制造业和高技术制造业的影响不同,因此需要根据不同类型制造业的特点和需求来制定精细化的产业政策。高技术制造业会更受益于数字化转型,因此政府可以采取更多的数字化转型支持措施来推动其发展和出口。而中低技术制造业则需要更多关注其他方面的政策来提升竞争力。

5.3 研究展望

本文通过理论和实证分析了制造业数字化转型对出口技术复杂度的影响,并进行了行业异质性的分析,但是受本人能力有限,对相关研究的深度探讨还不够。本人认为本文存在以下几个方面需要完善:

第一,本文进行了行业异质性分析,但对于不同行业间差异的原因进行的探讨时,缺乏结合具体案例的分析。第二,尽管本文提出了一些政策建议,但鉴于

实际情况的复杂性和多样性,这些建议的具体实施可行性可能需要进一步的研究和探讨。

目前,全球经济低迷,制造业数字化转型已成为中国推动制造业升级的关键途径,探索如何利用制造业数字化转型的机遇,通过制造业的数字化提高产品的出口技术水平,增强中国制造业在国际市场上的竞争力,将是未来研究的核心内容。

参考文献

- [1] Acemoglu, Tessa. Surviving in a high-tech manufacturing industry: the role of innovative environment and proximity to metropolitan industrial portfolio [J]. *International and Management Journal*, 2020(9):54-65.
- [2] Atasoy B S. The determinants of export sophistication: Does digitalization matter?[J]. *International Journal of Finance & Economics*, 2021, 26(4): 5135-5159.
- [3] Boville ,John. Modernizing automation for competitive advantage[J]. *Control Engineering*, 2014, n/a.
- [4] Boris Padovan. A Prototype for an Agent-Based Secure Electronic Marketplace including Reputation-Tracking Mechanisms[J]. *International Journal of Electronic Commerce*, 2002(4):125-134.
- [5] Brent R. Moulton, M. and Hedner, “Internetization Management as A Facilitator for Managing Innovation in High-Technology Smaller Firms” , *Global Business Review*, 2014(1):121-136.
- [6] Chandrashekar Deepak. Product quality and the direction of trade[J]. *Journal of International Economics*, 2006(1): 238-265.
- [7] Cohen S, Zysman J, DeLong J. Tools for thought: what is new and important about the economy?[J]. *Ucais Berkeley Roundtable on the International Economy Working Paper*, 2000(3): 1-116.
- [8] Haltiwanger. Evaluating and developing resource-based operations strategy for competitive advantage: an exploratory study of Finnish high-tech manufacturing industries[J]. *International Journal of Production Research*, 2015(4):76-95.
- [9] Hausmann and Hidalgo. Factors affecting product innovation performance according to dynamics of environment: evidence from Korean high-tech enterprises in manufacturing sector[J]. *Int. J. of Technology Management*, 2015(2):26-38.
- [10] Hausmann, Fabiano Schivardi. Identifying the sources of local productivity growth [J]. *Journal of the European Economic Association*, 2003(4):720-744.
- [11] Kim B, Barua A, Whinston A B. Virtual field experiments for a digital economy: a new research methodology for exploring an information economy[J]. *Decision Support Systems*, 2002(3): 215-231.

- [12] Kling R, Lamb R. IT and organizational change in digital economic[J].Oxford Development Studies,1999(3): 17-25.
- [13] Miller P, Wilsdon J. Digital futures-an agenda for a sustainable digital economy[J]. Corporate Environmental Strategy, 2001, 8(3): 6-20.
- [14] P. P S, Jaime R B, C. A B. Overcoming barriers to manufacturing digitalization: Policies across EU countries[J]. Technological Forecasting Social Change, 2023,196
- [15] Rodrik. What accounts for the rising sophistication of China's exports? [M].China's Growing Role in World Trade. University of Chicago Press, 2006:63-104.
- [16] Schott. The firm-level employment effects of innovations in high-tech US manufacturing Industries [J].Journal of Evolutionary Economics, 2008(2):35-47.
- [17] Tapscott,Don.The Digital Economy:Promise and Peril in the Age of Networked Intelligence[M]. New York: McGraw-Hill,1996.
- [18] Weldemicael et al. The firm-level employment effects of innovations in high-tech US Manufacturing industries [J]. Journal of Evolutionary Economics, 2011(2):75-87.
- [19] 白雪洁, 宋培, 李琳. 数字经济发展助推产业结构转型[J]. 上海经济研究, 2022 (05) : 77-91.
- [20] 陈凤兰, 武力超, 戴翔. 制造业数字化转型与出口贸易优化[J]. 国际贸易问题, 2022 (12) : 70-89.
- [21] 陈金丹, 王晶晶. 数字化投入与制造业创新效率[J]. 经济经纬, 2022 (03) : 78-88.
- [22] 陈林, 张玺文. 制造业数字化转型升级的机理研究[J]. 暨南学报(哲学社会科学版), 2023 (03) : 99—110.
- [23] 陈晓华, 邓贺, 陈航宇. 服务业开放与制造业出口技术复杂度[J]. 南京审计大学学报, 2022, 19 (05) : 90-100.
- [24] 杜传忠, 管海锋. 数字经济与我国制造业出口技术复杂度——基于中介效应与门槛效应的检验[J]. 南方经济, 2021, (12): 45-54
- [25] 杜修立, 王维国. 中国出口贸易的技术结构及其变迁: 1980—2003[J]. 经济研究, 2007(07): 137-151.

- [26] 丁小义, 胡双丹. 基于国内增值的中国出口复杂度测度分析——兼论“Rodrik悖论” [J]. 国际贸易问题, 2013 (04): 40-50.
- [27] 戴翔. 中国服务贸易出口技术复杂度变迁及国际比较[J]. 中国软科学, 2012 (02): 52-59.
- [28] 党琳, 李雪松, 申烁. 制造业行业数字化转型与其出口技术复杂度提升[J]. 国际贸易问题, 2021 (06): 32-47.
- [29] 段佳文. 数字化投入对企业出口技术复杂度的影响机制[J]. 北方经贸, 2022 (09): 118-122.
- [30] 傅为忠, 刘瑶. 产业数字化与制造业高质量发展耦合协调研究——基于长三角区域的实证分析[J]. 华东经济管理, 2021, 35(12): 19-29.
- [31] 费越, 张勇, 丁仙, 吴波. 数字经济促进我国全球价值链地位升级——来自中国制造业的理论与证据[J]. 中国软科学, 2021 (S1): 68-75.
- [32] 郭爱美. 中国制造业数字化转型密度的时空分异特征[J]. 当代经济管理, 2023 (01): 67-76.
- [33] 何文彬. 数字化转型与我国制造业全球价值链攀升效应研究[J]. 统计与决策, 2021 (10): 97-101.
- [34] 何泉吟. 数字经济发展趋势及我国的战略抉择[J]. 现代经济探讨, 2013 (03): 39-43.
- [35] 何琨玟, 马莉莉, 任玥萱. 数据赋能出口技术复杂度提升的机制与路径研究 [J]. 中国软科学, 2023, (04): 54-65.
- [36] 何子龙, 盛新宇. 中德制造业数字化转型水平比较及对中国的政策启示[J]. 经济体制改革, 2022 (05): 160-166.
- [37] 贺子欣, 惠宁. 中国装备制造业高质量发展的测度及影响因素研究[J]. 中国科技论坛, 2023 (04): 82-92.
- [38] 洪兴建. 数字经济: 内涵、核算与评价[J]. 中国统计, 2019 (08): 49-52.
- [39] 黄东晶. 东北地区装备制造业高端化发展水平及效应评价研究[J]. 工业技术经济, 2023 (04): 34-42.
- [40] 黄永明, 张文洁. 出口复杂度的国外研究进展[J]. 国际贸易问题, 2012 (03): 167-176.

- [41] 金星晔, 伏霖, 李涛. 数字经济规模核算的框架、方法与特点[J]. 经济社会体制比较, 2020 (04): 69-78.
- [42] 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 (06): 98-105.
- [43] 李宏, 乔越. 数字化转型提高了制造业出口技术复杂度吗?——基于国家信息化发展战略的拟自然实验[J]. 山西大学学报(哲学社会科学版), 2021, 44 (05): 108-118.
- [44] 李蛟, 宫云飞, 郭艳慧, 鲍芙蓉. 生产性服务业数字化水平与制造业全球价值链地位的协同推进实践[J]. 技术经济, 2023 (05): 119-136.
- [45] 李寿喜, 赵帅, 岳成浩. 数字化转型与企业绩效——来自制造业的经验证据[J]. 工业技术经济, 2023, 42(06): 26-35.
- [46] 梁碧波, 李佳. 数字经济发展对全球价值链国际分工地位的影响效应——来自中国的经验证据[C]//长安大学智慧油气田研究院, 长安大学数据实验与研究中心, 广东财经大学数字经济学院, 广东财经大学中国数据研究院. 数据社会与数字经济暨“一带一路”合作国际学术会议论文集. 数据社会与数字经济暨“一带一路”合作国际学术会议论文集, 2022: 62-77.
- [47] 刘星辰. 淄博市制造业数字化转型升级中政府作用研究[D]. 中共山东省委党校, 2022: 145-175.
- [48] 李雪松, 党琳, 赵宸宇. 数字化转型、融入全球创新网络与创新绩效[J]. 中国工业经济, 2022(10): 43-61.
- [49] 刘志彪, 徐天舒. 我国制造业数字化转型改造的障碍、决定因素及政策建议[J]. 浙江工商大学学报, 2023 (02): 92-105.
- [50] 刘志坚. 数字经济发展、科技创新与出口技术复杂度[J]. 统计与决策, 2021 (17): 29-34.
- [51] 马丹, 董家伶. 企业数字化转型与出口产品质量提升——来自中国海关数据的分析[J]. 贵州省党校学报, 2023 (03): 104-117.
- [52] 孟庆雷, 王煜昊. “一带一路”国家贸易便利化对出口技术复杂度的影响[J]. 中南民族大学学报(人文社会科学版), 2022, 42 (12): 123-133+197.
- [53] 马文秀, 高周川. 日本制造业数字化转型发展战略[J]. 现代日本经济, 2021

- (01) : 27-42.
- [54] 尼古拉·尼葛洛庞帝.数字化生存[M].北京:电子工业出版社,2017:158-223.
- [55] 邱斌,叶龙凤,孙少勤.参与全球生产网络对我国制造业价值链提升影响的实证研究——基于出口复杂度的分析[J].中国工业经济,2012(01):57-67.
- [56] 戚聿东,蔡呈伟.数字化对制造业企业绩效的多重影响及其机理研究[J].学习与探索,2020(07):108-119.
- [57] 戚聿东,肖旭.数字经济时代的企业管理变革[J].管理世界,2020,36(06):135-152
- [58] 石晶.工业4.0能为“中国制造2025”带来什么[J].国家治理,2015(23):4-11.
- [59] 史言信,熊天任.数字化、制度环境与制造业高质量发展[J].当代财经,2022(11):113-124.
- [60] 孙光林,李婷,莫媛.数字经济对中国农业全要素生产率的影响[J].经济与管理评论,2023(01):92-103.
- [61] 涂心语,严晓玲.数字化转型、知识溢出与企业全要素生产率——来自制造业上市公司的经验证据[J].产业经济研究,2022(02):43-56.
- [62] 万伦,王顺强,陈希,杜林明.制造业数字化转型评价指标体系构建与应用研究[J].科技管理研究,2020(13):142-148.
- [63] 万晓榆,罗焱卿,袁野.数字经济发展的评估指标体系研究——基于投入产出视角[J].重庆邮电大学学报(社会科学版),2019(06):111-122.
- [64] 王和勇,姜观尚.我国区域制造业数字化转型测度及其影响机制[J].科技管理研究,2022(02):192-200.
- [65] 王领,黄容.数字化投入对制造业全球价值链地位的影响[J].哈尔滨商业大学学报(社会科学版),2023(02):19-28.
- [66] 王如萍,张焕明.数字化转型与企业对外直接投资——创新能力和交易成本的中介作用[J].财贸研究,2023,34(05):14-24.
- [67] 王汀汀,贾婧雅,张芳.制造业数字化转型对绿色技术创新的影响——来自沪深A股上市制造业企业的证据[J].工业技术经济,2023(04):91-99.
- [68] 王永进,盛丹,施炳展,李坤望.基础设施如何提升了出口技术复杂度?[J].经济研究,2010(07):103-115.

- [69] 王永龙, 余娜, 姚鸟儿. 数字经济赋能制造业质量变革机理与效应——基于二元边际的理论与实证[J]. 中国流通经济, 2020 (12): 60-71.
- [70] 项松林, 田容至. 投入数字化与制造业全球价值链攀升: 基于世界投入产出数据的全球检验[J]. 国际商务研究, 2022 (06): 13-26.
- [71] 谢长青, 曾思妮, 王美华. 数字经济发展、产业结构调整与低碳转型——基于广东省经验实证分析[J]. 广东开放大学学报, 2023 (01): 99-105.
- [72] 许宪春, 张美慧. 中国数字经济规模测算研究——基于国际比较的视角[J]. 中国工业经济, 2020 (05): 23-41.
- [73] 余妙志, 方艺筱. 数字化投入与制造业全球价值链攀升——基于 49 国面板数据的实证分析[J]. 工业技术经济, 2022 (10): 24-31.
- [74] 袁凯华, 张海鹏, 南士敬. 中国制造业企业数字化的“大而不强”特征与微观机制——来自出口企业的经验证据[J]. 国际贸易问题, 2023(05): 140-157.
- [75] 赵宸宇, 王文春, 李雪松. 数字化转型如何影响企业全要素生产率[J]. 财贸经济, 2021, 42(07): 114-129.
- [76] 张亮亮, 刘小凤, 陈志. 中国数字经济发展的战略思考[J]. 现代管理科学, 2018 (05): 88-90.
- [77] 张晴, 于津平. 投入数字化与全球价值链高端攀升——来自中国制造业企业的微观证据[J]. 经济评论, 2020 (06): 72-89.
- [78] 张伟, 王韶华. 中国制造业数字化转型投入的异质性经济效应研究[J]. 经济体制改革, 2022 (01): 103-110.
- [79] 张希颖, 王艺环. 跨境数据流动限制、制度质量与数字服务出口技术复杂度[J]. 价格月刊, 2023 (01): 86-94.
- [80] 张雪玲, 焦月霞. 中国数字经济发展指数及其应用初探[J]. 浙江社会科学, 2017 (04): 32-40+157.
- [81] 张华, 顾新. 供应链数字化与制造企业竞争优势的关系研究——供应链弹性的中介效应[J/OL]. 中国管理科学, 1-17[2024-01-16]
- [82] 赵红, 彭馨. 中国出口技术复杂度测算及影响因素研究[J]. 中国软科学, 2014 (11): 183-192.
- [83] 周夏伟, 杨彬如, 岳太青. 产业数字化、引致创新与区域经济增长[J]. 经济体制

- 制改革, 2022 (03) : 119-126.
- [84] 朱小艳. 数字经济赋能制造业转型: 理论逻辑、现实问题与路径选择[J]. 企业经济, 2022 (05) : 50-58.
- [85] 邹梦婷, 凌丹, 黄大禹, 谢获宝. 制造业数字化转型与产业链现代化关联性研究[J]. 科学学研究, 2023 (04) : 634-642+658.
- [86] 周志明, 崔森. 制造型企业数字化转型的研究[J]. 管理观察, 2014(21): 80-82.

后 记

在完成本篇硕士毕业论文的过程中，我深切感受到了来自各方的支持和帮助，在此，我衷心感谢所有给予我指导和关怀的老师、同学和家人。

首先，我要特别感谢我的导师聂元贞教授。在 2021 年 9 月，我有幸成为了聂元贞教授的学生，聂老师以其丰富的学术经验和深厚的专业知识，对我的研究工作给予了细致入微的指导。聂老师严谨的学术态度、深邃的思考和热忱的教导，不仅指引我顺利完成论文，更对我的学术道路和人生观产生了深远的影响。

攻读硕士的第二个学期，在聂老师的悉心教导下，我确定了研究方向，开始研究数字经济对国际贸易的影响。本文的选题亦来自于此，从选题的确立到文本资料以及数据资料的收集，再到实证模型的论证，聂老师在各个环节中均给予了我无私的帮助。

同时，我要对在兰州财经大学研究生课程中授课的所有教师表示感谢，他们提供的高质量课程为我提供了坚实的学术基础，让我收获了宝贵的知识。此外，我要感谢所有给予我帮助和启发的同学们。我们彼此分享思想和经验，共同学习和成长，使我受益匪浅。

最后，我还要感谢我的家人对我的支持和理解。他们的鼓励和陪伴是我不断前行的动力。在我遇到困难和挫折时，他们总是给予我无条件的关爱和支持。硕士毕业论文的完成是硕士求学阶段的结束，也是新的人生阶段的开始，愿自己始终保持坚韧不拔的精神，不论身处何处，都能够勇敢面对挑战，不断追求卓越。