

分类号 _____
U D C _____

密级 _____
编号 _____



硕士学位论文

论文题目 数字经济驱动制造业转型升级：
作用机制与经验证据

研究生姓名： 王晨晨

指导教师姓名、职称： 万永坤 教授

学科、专业名称： 应用经济学 产业经济学

研究方向： 企业理论与战略管理

提交日期： 2022年6月6日

独创性声明

本人声明所呈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： 王晨晨 签字日期： 2022.6.6

导师签名： 马冰 签字日期： 2022.6.6

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內容。

学位论文作者签名： 王晨晨 签字日期： 2022.6.6

导师签名： 马冰 签字日期： 2022.6.6

The Digital Economy Drives the Transformation and Upgrading of the Manufacturing Industry: Mechanism of Action and Empirical Evidence

Candidate : Wang Chenchen

Supervisor: Wan Yongkun

摘 要

经济新常态背景下,以数据为生产要素的数字经济成为继工业经济出现后的一种新的经济形态,不仅成为重要的经济增长点,也为经济高质量发展和产业结构优化升级提供重要引擎。在中国新旧动能转换之际,数字经济成为制造业转型升级的强大驱动力。因此,深入研究数字经济对制造业转型升级的影响及内在机理对我国数字经济发展和制造业迈向全球价值链中高端具有重要的理论和现实意义。

首先,本文在梳理数字经济与制造业转型升级的相关研究的基础上,剖析数字经济驱动制造业转型升级的内在机理。从发展环境、数字产业化、产业数字化及数字化治理四个方面构建数字经济发展水平综合评价指标体系。通过效率升级化和转型高级化两个方面,构建制造业转型升级水平综合评价指标体系,并使用改进的熵值法模型分别对数字经济发展水平、制造业转型升级水平进行测度。同时,利用 Arcgis10.6 软件,分析各地区数字经济发展与制造业转型升级的时空格局及演变特征。

其次,根据 2011—2019 年我国 30 个省(市、自治区)层面的数据(除去数据缺失较多的西藏地区),采用面板固定效应、中介效应等多种计量经济学实证方法,多维度分析数字经济对制造业转型升级的影响和内在机理,剖析数字经济通过提高资源配置效率、技术创新水平、供需动态匹配进而促进制造业转型升级的路径,并进一步分析数字经济发展对制造业转型升级子系统的影响。

最后,基于地理位置和经济社会发展程度,将全样本划分为东部、中西部地区、HDI 高区和 HDI 低区进行对比分析,探究数字经济影响制造业转型升级的区域异质性。

经深入研究与实证检验,本文主要的研究结论如下:

一是,数字经济对制造业转型升级具有显著的驱动作用,主要通过资本配置效率提升、技术创新水平提高、供需动态匹配三条路径促进制造业转型升级;二是,数字经济水平对制造业转型升级具有显著的空间溢出效应。数字经济对周边地区的制造业转型升级水平具有负向影响,产生“虹吸效应”;三是,相对于效率升级化,数字经济更能促进制造业转型高级化,且数字经济对制造业转型升级

的影响效果存在明显的区域差异。东部和中西部地区数字经济发展均对制造业转型升级起良好的促进作用，且东部地区的促进效果更加明显。但基于 HDI 进行分区时发现，在 HDI 高的地区，数字经济对制造业转型升级的影响效果更为显著，而在 HDI 较低的地区则不明显。

基于以上研究结论，本文从加强基础设施建设、提升资源配置效率、促进供需动态匹配、合理推进数字化转型、分区域管理等角度，提出对我国数字经济发展和制造业转型升级的建议。

关键词：数字经济 制造业转型升级 中介效应 空间溢出效应

Abstract

Under the background of the new economic normal, the digital economy with data as the factor of production has become a new economic form after the emergence of the industrial economy. It has not only become an important economic growth point, but also provided an significant engine for high-quality economic development and industrial structure optimization and upgrading. At a time when China's new and old kinetic energy is changing, the digital economy has become a powerful driving force for the transformation and upgrading of the manufacturing industry. Therefore, in-depth research on the impact and internal mechanism of the digital economy on the transformation and upgrading of the manufacturing industry has important theoretical and practical significance for the development of my country's digital economy and the manufacturing industry moving towards the mid-to-high end of the global value chain.

Firstly, on the basis of sorting out the related researches on the digital economy and the transformation and upgrading of the manufacturing industry, this paper analyzes the internal mechanism of the transformation and upgrading of the manufacturing industry driven by the digital economy. Build a comprehensive evaluation index system for the development level of digital economy from four aspects: development

environment, digital industrialization, industrial digitization and digital governance. Through the two aspects of efficiency upgrading and transformation and advanced transformation, a comprehensive evaluation index system for the transformation and upgrading level of the manufacturing industry is constructed, and the improved entropy value method model is used to measure the development level of the digital economy and the level of transformation and upgrading of the manufacturing industry. At the same time, ArcGIS 10.6 software is used to analyze the spatiotemporal pattern and evolution characteristics of digital economy development and manufacturing transformation and upgrading in various regions.

Secondly, according to the data of 30 provinces (municipalities and autonomous regions) in my country from 2011 to 2019 (excluding the Tibet region with more missing data), a variety of econometric empirical methods such as panel fixed effects and mediation effects are used to analyze the data in multiple dimensions. The impact and internal mechanism of the economy on the transformation and upgrading of the manufacturing industry, analyze the path of the digital economy to promote the transformation and upgrading of the manufacturing industry by improving the efficiency of resource allocation, the level of technological innovation, and the dynamic matching of supply and demand, and further analyze the development of the digital economy on

the transformation and upgrading subsystem of the manufacturing industry Impact.

Finally, based on geographical location and economic and social development level, the whole sample is divided into eastern and central and western regions, HDI high region and HDI low region for comparative analysis, to explore the regional heterogeneity of the digital economy affecting the transformation and upgrading of the manufacturing industry.

After in-depth research and empirical testing, the main research conclusions of this paper are as follows:

First, the digital economy has a significant driving effect on the transformation and upgrading of the manufacturing industry. It mainly promotes the transformation and upgrading of the manufacturing industry through three paths: improving the efficiency of capital allocation, the level of technological innovation, and the dynamic matching of supply and demand. Second, the level of digital economy has a significant spatial spillover effect on the transformation and upgrading of the manufacturing industry. The digital economy has a negative impact on the level of manufacturing transformation and upgrading in surrounding areas, resulting in a "siphon effect". Third, compared with the upgrading of efficiency, the digital economy can promote the transformation and upgrading of the manufacturing industry; there are obvious regional

differences in the impact of the digital economy on the transformation and upgrading of the manufacturing industry. The development of the digital economy in the eastern and central and western regions has played a good role in promoting the transformation and upgrading of the manufacturing industry, and the promotion effect in the eastern region is more obvious. However, when zoning based on HDI, it is found that in areas with high HDI, the impact of the digital economy on the transformation and upgrading of manufacturing is more significant, while it is not obvious in areas with low HDI.

Based on the above research conclusions, this paper puts forward suggestions for my country's digital economy development and manufacturing transformation and upgrading from the perspectives of strengthening infrastructure construction, improving resource allocation efficiency, promoting dynamic matching of supply and demand, rationally promoting digital transformation, and sub-regional management.

Keywords: Digital economy; Manufacturing transformation and upgrading; Intermediary effect; Spatial spillover effect

目 录

1 绪论	1
1.1 研究背景与意义.....	1
1.1.1 研究背景.....	1
1.1.2 研究意义.....	2
1.2 研究方法与内容.....	3
1.2.1 研究方法.....	3
1.2.2 研究内容.....	3
1.2.3 技术路线图.....	5
1.3 国内外文献综述.....	6
1.3.1 关于制造业转型升级的研究.....	6
1.3.2 关于数字经济的研究.....	8
1.3.3 关于数字经济影响制造业转型升级的研究.....	9
1.3.4 文献述评.....	9
1.4 可能的创新点与不足之处.....	10
2 理论分析	11
2.1 相关理论基础.....	11
2.1.1 数字技术—经济范式.....	11
2.1.2 产业结构演变理论.....	11
2.1.3 产业融合理论.....	12
2.2 数字经济驱动制造业转型升级的作用机制.....	13
2.2.1 资源配置视角下数字经济驱动制造业转型升级的作用机制.....	13
2.2.2 技术创新视角下数字经济驱动制造业转型升级的作用机制.....	14
2.2.3 供需匹配视角下数字经济驱动制造业转型升级的作用机制.....	15
2.2.4 空间溢出视角下数字经济对邻近地区的作用机制.....	15
3 我国各省数字经济与制造业转型升级水平的测度与评价	17
3.1 我国各省数字经济发展水平的测度与评价.....	17
3.1.1 数字经济发展水平评价指标体系的构建.....	17

3.1.2 数字经济发展水平的测度与分析.....	18
3.2 我国各省制造业转型升级水平的测度与评价.....	21
3.2.1 制造业转型升级水平评价指标体系的构建.....	21
3.2.2 制造业转型升级水平的测度与分析.....	22
4 数字经济驱动制造业转型升级的实证研究.....	25
4.1 计量模型的设定和指标选取.....	25
4.1.1 模型构建.....	25
4.1.2 变量说明.....	26
4.2 实证分析.....	28
4.2.1 数字经济与制造业转型升级的时空演变.....	28
4.2.2 基准回归结果.....	30
4.2.3 内在作用机制分析.....	31
4.2.4 空间溢出效应分析.....	35
4.2.5 异质性分析.....	38
4.2.6 稳健性检验.....	41
5 结论与政策建议.....	47
5.1 结论.....	47
5.2 政策建议.....	47
5.2.1 加强数字基础设施建设.....	48
5.2.2 提升资源配置效率.....	48
5.2.3 促进供需动态匹配.....	48
5.2.4 合理推进数字化转型.....	49
5.2.5 分区域管理.....	49
参考文献.....	49
后 记.....	55

1 绪 论

1.1 研究背景与意义

1.1.1 研究背景

目前，数字经济正逐渐成为全球新一轮产业变革的核心力量，这关系着是否能抓住新一轮科技革命的机遇，增强新的国际竞争力，因而受到国家高度重视。2018年习近平总书记提出“网络强国”、“数字中国”战略思想，各级政府积极响应，开始制定相关政策，推进数字经济发展。2019年12月，中央经济工作会议提出大力发展数字经济。党的十九届四中全会强调：数据是新的生产要素，是重要的生产力。2022年十四五规划提出，要推进数字经济健康发展的“四梁八柱”，加快推进我国数字经济发展。据《中国数字经济发展与就业白皮书（2020）》显示，2020年我国数字经济规模已突破39万亿元，占国内生产总值比重达到38.6%，成为推动经济高质量发展的重要力量，迎来了由互联网平台和信息技术主导的“数字产业化”阶段到新兴技术推动的“产业数字化”新阶段的巨大转变。数字经济与传统产业不断融合、渗透，催生出一系列新产业新业态新模式，不仅成为重要的经济增长点，也成为产业高质量发展与转型的关键驱动力，引起了企业、产业、宏观经济等层面的一系列变化。

近年来，随着经济下行压力持续加大，经济增长处于新旧动能转换期，我国作为世界制造业第一大国，一方面，制造业正面临着劳动力成本的快速上升，使得制造业企业转而将生产工厂建设在劳动力成本更为低廉的国家和地区。随着中国工业化进入到工业化后期，人口红利的逐渐丧失、人口老龄化等问题也不断凸显；另一方面，全新的工业革命带来了一系列机遇和挑战。发达国家提出以振兴制造业、大力发展实体经济为目标的“再工业化”战略，不仅提出要提高制造业的产值份额，更核心的在于通过现代信息技术与制造业的融合，提高制造复杂产品的能力，满足消费者的个性化需求，使制造业重新获得竞争优势，这构成了一场新的工业革命，给长期处于全球价值链低端的中国制造业带来了沉重打击，也为中国制造业的发展指明了新的方向。如何加快从制造大国向制造强国转型，在新的环境背景下，挖掘新的经济增长点，提升制造业在全球价值链中的地位，已

成为推动我国制造业转型升级的重要问题。随着数字经济与制造业不断融合、渗透，不仅成为数字经济自身发展的有效途径，也有利于制造业朝着智能化、网络化和数字化方向发展。数字经济核心产业所具有的高技术密集性特点，使得传统制造业的组织模式、生产模式、创新模式产生一系列革新，从而为中国制造业转型升级提供一条全新的路径。

1.1.2 研究意义

(1) 理论意义

目前，从数字经济角度出发，研究其对制造业转型升级内在机理的文章还较少。本文将通过理论结合实证分析数字经济对制造业转型升级及其子系统的影响效果，以及数字经济驱动制造业转型升级的作用机制。研究成果不仅能够为各地区加快数字化转型和制造业升级提供借鉴，还可以深化产业升级理论，完善关于数字经济发展与制造业转型升级的相关文献，丰富数字经济影响制造业转型升级的机制研究。

(2) 现实意义

第一，对我国各省数字经济发展及制造业转型升级水平进行测算，进一步分析其时空格局及演变特征，有助于从整体上掌握我国数字经济和制造业发展的历程、现状和演化趋势，从而认识到当前我国各地区数字经济发展阶段不一，制造业分工体系不完善等问题，有利于找不足、补短板，为政府部门因地制宜，合理规划产业发展政策提供相应建议。

第二，对于长期处于价值链低端的中国制造业而言，为实现数字经济与制造业的深度融合，数字化转型是必由之路。数字化转型不仅可以提高制造业企业的服务质量，还能够促进制造业转型升级。本文通过实证分析数字经济驱动制造业转型升级的作用路径，以期能够为中国制造业企业数字化转型和加快实现“中国制造 2025”提供切实可行的建议。

1.2 研究方法 with 内容

1.2.1 研究方法

(1) 文献研究法

通过对数字经济发展、制造业转型升级相关文献的阅读和梳理，对数字经济和制造业转型升级的内涵与特征有了更加清晰地认知，掌握二者的研究现状，为本文的具体研究提供思路与理论基础。

(2) 比较分析方法

本文对我国各省市的数字经济发展及制造业转型升级水平进行测度，并分别从时间、空间两个维度进行比较分析。同时，基于地理位置和经济社会发展程度进行分区，将东部与中西部地区、HDI 高区与 HDI 低区进行对比，分区域检验数字经济影响制造业转型升级的不同效果。

(3) 实证分析

本文通过构建数字经济发展和制造业转型升级水平指标体系，利用改进的熵权法测算出数字经济发展和制造业转型升级水平。运用空间计量、中介效应等多种计量经济学方法分析数字经济对制造业转型升级的影响和内在机理。

1.2.2 研究内容

本文的总体结构可分为五个部分，各部分的主要研究内容如下：

第一部分，绪论。本章主要从研究背景与意义、国内外研究现状、研究思路与方法、研究创新与存在的不足等方面进行阐述。

第二部分，理论分析。本章的内容主要是介绍全文涉及的重要理论基础，有数字技术经济范式、产业结构演变理论、产业融合理论。同时，对数字经济驱动制造业转型升级的作用机制进行阐述，为后续实证部分做好理论铺垫。

第三部分，我国各省数字经济发展与制造业转型升级水平的测度与评价。本章通过多维度构建数字经济发展水平评价指标体系和制造业转型升级评价指标体系，采用改进的熵值法对我国各省的数字经济和制造业转型升级水平进行测算，并予以评价。

第四部分，数字经济驱动制造业转型升级的实证研究。首先，本章利用

Arcgis10.6 软件，分析各地区数字经济发展与制造业转型升级的时空格局及演变特征。其次，通过构建计量经济学模型，分析数字经济对制造业转型升级的影响和内在作用机制，异质性检验和一系列稳健性检验，以及空间溢出视角下数字经济对邻近地区的作用机制。

第五部分，主要结论及相关政策建议。根据前文讨论的结果，为我国各地区因地制宜地推进数字经济发展和制造业转型升级提供对策建议。

1.2.3 技术路线图

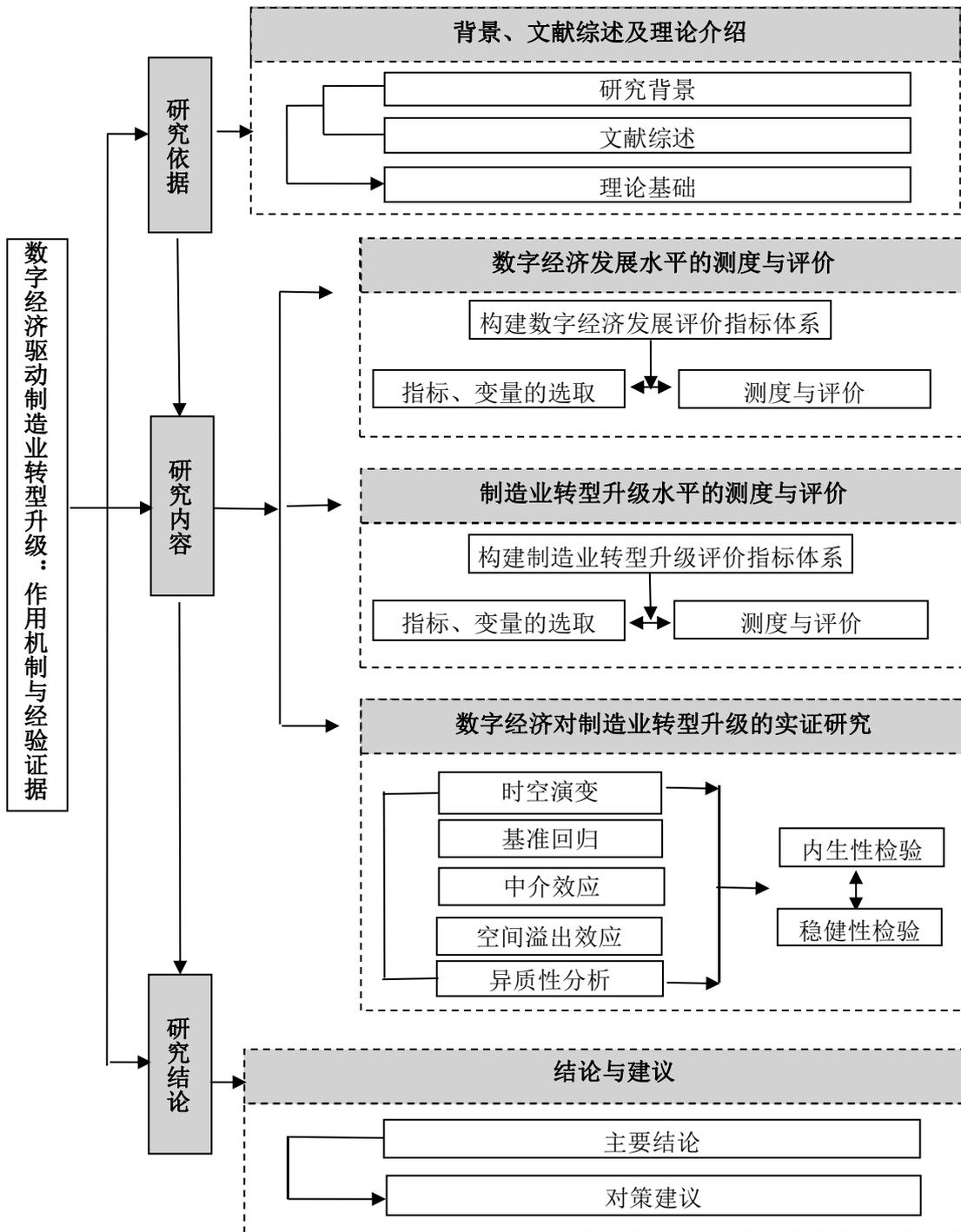


图 1.1 技术路线图

1.3 国内外文献综述

1.3.1 关于制造业转型升级的研究

(1) 制造业转型升级的影响因素

梳理现有文献，发现影响制造业转型升级的因素，主要分为内在因素和外在因素两类。内在因素是推动制造业变革和升级的内在动力，主要包括人力资本水平和技术进步、文化创新等（Banister and Cook, 2011；熊励，2020），能够为制造业发展提供新的生产动力，提高产品附加值，重新获取竞争优势。阳立高（2018）从实证上证明了人力资本和技术进步对制造业转型升级具有显著促进作用，人力资本水平的提高通过影响劳动者就业偏好、收入水平、消费结构、技术创新等途径促进制造业转型升级。同时，曾繁华等（2015）也认为技术进步是驱动制造业升级的内生动力，通过促进产品与工艺的更新换代、降低生产成本等途径影响制造业转型升级。熊励（2020）指出文化创新能够促进制造业转型升级，且主要体现在产品研发、设计、营销过程中，有助于推动制造业由低附加值向高附加值转变。

外在因素指市场需求、市场份额、制度支持等，这些都是促使制造业转型升级的外部环境，有助于内部因素与外部因素相互配合，形成最大合力推动制造业转型发展（涂颖清，2011）。周长富和杜宇玮（2012）认为市场需求会影响一国制造业价值链位置，尤其出口导向型的制造业企业对转型升级更为迫切。高启明（2017）指出根据市场需求生产产品，使得产品更趋个性化、定制化，能够实现产品升级和功能升级，进而掌握竞争优势。Kaplinsky 和 Readman（2005）、Agostino et al（2015）认为提高市场份额，使之具备一定的市场垄断能力，能够促进制造业转型升级。涂颖清（2011）和熊励（2020）则认为制度创新可以为制造业转型升级提供配套措施与政策，促进资源合理配置，提升转型升级的效率。

(2) 制造业转型升级指标测算

关于制造业转型升级水平的测度，学者们从不同角度出發，主要通过以下三种方式进行测算：

一是公式测算法。Syrquin and Chenery（1989）和戴魁早（2014）借鉴霍夫曼系数定义，将制造业划分为三类行业，利用第一类行与第二类行业产值之和

除以第三类行业产值的公式测算制造业转型升级水平。Koopman 等(2014)和 Yang 等(2015)利用投入产出表,计算加工贸易和一般贸易出口份额的加权平均值,利用垂直专业化贸易份额衡量升级程度,而后构建 GVC 地位指数。在此基础上, Hausmann 等通过出口复杂度来衡量制造业转型升级。傅元海(2016)则利用技术密集型制造业与资本密集型制造业增加值的比率来表征。周茂等(2018)、李磊等(2019)采用制造业技术复杂度和高技术产业比重衡量制造业转型升级。林秀梅等(2020)根据投入产出法,从增加值率视角研究制造业转型升级,采用工业增加值率衡量制造业升级指标,计算公式为规模以上工业企业工业增加值除以工业产值。全文涛等(2019)通过计算资本密集型与技术密集型制造业产值之和的平均值占制造业总产值的比重,来表示制造业转型升级指数。

二是单一指标法。侯晓晔等(2021)指出制造业在转型升级过程中主要体现在增加值和利润上,其采用制造业增加值来衡量制造业转型升级程度。傅元海(2014)和孙倩倩(2021),将制造业划分为高端、中端和低端制造业,以高端制造业用工人人数所占比重反映制造业转型升级。李永友和严岑(2018)、Carluccio 等(2019)采用企业全要素生产率和劳动生产率表示制造业转型升级。林秀梅等(2019)采用制造业全员劳动生产率来测算制造业转型升级,运用规模以上工业总产值与从业人数的比值来衡量全员劳动生产率。乔彬等(2019)则采用规模以上工业企业总产值来测度制造业转型升级水平。

三是构建综合评价指标法。张诚(2018)、高康和原毅军(2020)基于构建的投入产出指标体系,使用 DEA 法计算制造业全要素生产率来表示其转型升级程度。石喜爱等(2017)从制造业结构高度化以及合理化两个方面,构建制造业升级评价指标体系。杜宇玮(2017)基于制造业创新能力、经济效益和结构高度指标,构建制造业升级综合指数。水冰(2018)则着眼于制造业的生产、管理、销售等多个环节,从生产增值发展、创新研发能力、可持续发展等维度构建指标体系。潘为华等(2019)从质量效益、创新能力、信息技术和绿色发展四个方面测算制造业转型升级水平。任碧云等(2019)从规模、结构、效率、能环四个方面,以产业内在能力提升为着眼点,构建制造业转型升级评价指标体系。

1.3.2 关于数字经济的研究

(1) 数字经济的内涵与测算

“数字经济”的概念最早出现在 Don Tapscott 的《数字经济时代》一书中，其将美国的“新经济”称为“数字经济”。随着数字技术的不断发展，国内外学者陆续对数字经济的内涵进行深入探讨与解读，裴长洪等（2018）将数字经济的定义归纳为以数据为生产要素，以发达的互联网为载体，与生产者、消费者相互融合而成的新型经济形态，这与 2016 年在 G20 峰会上提出的数字经济定义也是一致的。中国电子信息产业发展研究院其从要素、载体、技术、系统四个维度理解数字经济内涵，并建立基础指标、产业指标、融合指标、宏观经济等多层面评价指标体系评价我国数字经济发展水平。腾讯研究院从数字经济、数字生活、数字文化和数字政务发展四个方面出发构建“互联网+”指数，用来衡量我国数字经济发展水平。范鑫（2021）着眼于 ICT 行业，从 ICT 发展环境、基础设施水平、使用水平以及经济影响四个维度，分别建立单一指标和综合指标体系来测度数字经济发展水平。张腾和蒋伏心等（2021）从覆盖广度、使用深度和支持服务程度三个维度构建综合评价指标，来衡量数字经济发展水平。温珺等（2020）将从基础设施与数字经济应用程度两个维度出发，一方面可以直接体现出数字经济基础设施建设状况，另一方面体现出数字经济与其他产业的渗透融合。因此，关于数字经济的测算，目前尚没有一个系统、统一的标准，大多数研究主要从 ICT 相关指标来衡量“数字产业化”，以及与其他传统产业的渗透融合来衡量“产业数字化”，用这两部分来测算数字经济发展水平。

(2) 数字经济的影响效应

目前，数字经济发展已由生活领域延伸至生产领域，对经济、社会和人们的生活产生了深远的影响。数字经济使得新技术与传统经济模式互相融合，不仅催生了许多新产业新业态新模式，对传统产业的渗透也较为明显，通过一系列传导机制带动产业结构优化升级，而产业结构升级所带来的能耗降低，社会生产率和资源利用率提高，推动经济高质量发展（万永坤和王晨晨，2022）。温珺等（2020）认为数字经济发展提高了各种类型专利的授权量，促进了区域创新能力的提升。同时，数字经济在一定程度上改变了企业的组织管理方式与生产方式，且能够通过信息技术向全产业链延展，突破创新资源配置的空间局限。向国成等（2021）

指出数字经济能够促进均衡产出增长, 不仅能过够提高居民消费水平, 还可以通过促进经济增长间接促进居民消费支出。王梦菲等(2020)认为数字技术正在重塑传统生产模式, 在拓展产业规模、提高产业内劳动生产率的同时也使得新产品的生产和创新过程更具柔性。阎世平等(2020)从影响劳动力就业结构的角度出发, 认为随着数字经济的发展, 会对高中、初中学历劳动力的需求有所减少, 而对小学以下和专科以上学历的劳动力需求有所增加。李怡等(2021)的实证研究表明, 数字经济可以促进农民收入增长, 但也会扩大收入差距, 社会经济地位和教育水平越高的群体从数字经济发展中受益越多。

1.3.3 关于数字经济影响制造业转型升级的研究

现有研究中数字经济对制造业转型升级的影响以及路径探讨是很多学者研究的重点。Giudice(2016)指出物联网技术的发展能够在很大程度上促进了制造业转型升级。Walker(2014)认为数据要素是驱动制造业转型升级的关键生产要素。廖信林等(2021)从实证上探讨了数字经济对长三角地区的制造业转型升级效应, 通过优化资源配置、降低生产成本和创新发展效应促进制造业转型升级。王贵铎等(2021)认为数字经济发展通过创新能力和人力资本两条路径促进制造业转型升级。何文彬(2020)在全球价值链视角下探讨数字经济对我国制造业发展的重构效应, 认为数字化有利于促进我国迈向全球价值链高端。沈运红、黄桁(2020)认为数字基础建设、数字化产业发展以及数字技术创新科研水平均能促进制造业产业结构优化升级。赵西三(2017)则认为数字经济能够通过制造链、创新链、供应链、服务链助力中国制造业实现弯道超车。张于喆(2018)认为以制造业数字化改造为切入点, 对实体经济进行数字化、网络化和智能化改造, 有利于抢占产业发展制高点, 全面重塑产业核心竞争力。宋歌(2019)指出为顺应数字经济时代发展, 加快制造业转型升级是必然要求, 应以研发模式、制造模式、组织形态、产品形态、商业模式等方面为重点推动传统制造业转型升级。

1.3.4 文献述评

综上所述, 很多学者对数字经济和制造业转型升级展开了较丰富的研究, 但也存在以下不足: 一是现有研究大多聚焦于数字经济和制造业转型升级的内涵、

影响因素、测算方法等方面，关于数字经济影响制造业转型升级的内在作用机制的探讨还较少，缺乏实证层面的相关研究；二是从空间层面上探讨数字经济影响制造业转型升级的相关研究还较少；三是挖掘数字经济对制造业转型升级子系统的影响研究并不多见。基于此，本文首先梳理出数字经济、制造业转型升级的相关理论，选取 2011—2019 年我国 30 个省（市、自治区）的数字经济和制造业发展相关数据，从不同维度选择相应指标构建评价指标体系，测度我国各省数字经济发展水平和制造业转型升级水平，通过面板固定效应、空间计量、中介效应等计量经济学方法，深入考量新形势下我国数字经济驱动制造业转型升级的作用机制，并针对性地提出推进数字经济发展与制造业转型升级的路径。

1.4 可能的创新点与不足之处

本文的创新之处主要体现在以下两方面，具体而言：

在研究变量上：首先，本文在构建数字经济发展综合评价指标体系时，在借鉴前人研究的基础上，将十四五规划提出的指导意见纳入考虑，充分结合当下数字经济的关注热点，使得指标体系能够为理论和实践服务，兼具综合性和实用性。其次，引入资源配置效率、技术创新水平、供需匹配度作为中介变量，剖析数字经济驱动制造业转型升级的作用机制；

在研究方法上：首先，本文通过构建数字经济发展和制造业转型升级综合评价指标体系，减少了通过单一变量或简单测算方法所带来结果偏差的影响；其次，从空间层面上：探究数字经济对制造业转型升级是否存在空间溢出效应；最后，将制造业转型升级分为效率升级化子系统和转型高级化子系统，进一步剖析数字经济对其子系统的影响，并分区域检验数字经济影响制造业转型升级的不同效果，以使研究结论和政策建议更有针对性。

本文的不足之处，主要体现在数据和指标存在一定局限，由于部分指标的最新年份的数据无法获得或统计口径有一定偏差，故本文对数字经济发展和制造业转型升级水平所选择的指标年限无法进一步更新。

2 理论分析

本章主要是介绍全文涉及的重要理论基础，有数字技术经济范式、产业结构演变理论、产业融合理论。同时，对数字经济驱动制造业转型升级的作用机制进行阐述，为后续实证部分做好理论铺垫。

2.1 相关理论基础

2.1.1 数字技术—经济范式

C·弗里曼和佩蕾丝（1992）提出技术经济范式这一概念，用来描述技术进步与经济增长之间的关系，即特定类型的技术进步与经济系统融合，对微观企业和宏观产业产生影响的过程。随着技术经济范式扩散，将带来产业革命以及经济社会的变革，新的产业模式替代旧模式，这将引起经济和社会生产力、生产方式及生产结构的跨越式发展。鄢显俊（2004）认为，技术经济范式是由科技革命和产业变革引起的，对宏观和微观经济结构和运行模式进行巨大调整后而形成的经济格局，而信息技术革命将传统的技术经济范式转变为信息技术范式，这是技术范式的一次深刻变革。云计算、人工智能、大数据等技术与经济活动不断融合重构，形成新的经济结构和形态，引发社会其他领域更多的连锁变化，最终引发整个经济领域的技术经济转型。数字经济本质上是一种新的技术经济范式，会重塑整个经济和社会（杨青峰和李晓华，2021）。Nicholas Negroponte（1995）指出数字技术经济范式是传统技术经济范式的质变。不同于传统的技术经济范式，数字技术经济范式的核心要素是数据（张玉琳，2021）。通过先进的数字技术对各类信息进行有效收集、处理、传输和存储，从而提升技术创新水平，在此基础上形成的这种新的经济范式被称为数字技术经济范式，其形成与发展能够在很大程度上促进生产力的发展与进步。

2.1.2 产业结构演变理论

17世纪，威廉·配第、费希尔、科林·克拉克等人纷纷开始探索产业结构演变规律，形成了三次产业理论、配第一克拉克定理，发现随着社会经济的不断发展，由于产业之间相对收入存在较大差异，劳动力会从第一产业向第二产业转

移，进而向第三产业转移的规律。20世纪30年代，日本经济学家赤松提出雁形产业发展形态说，认为随着进口、国内生产和出口的增加，发展形势与三头大雁飞翔的图形类似，用其表示后进国家工业化、重工业化、高加工度的发展过程。西蒙·库兹涅茨在前人的研究成果基础上，对产业结构变化与经济发展的关系展开分析，认为人均国民收入变化是影响产业结构的变动的重要因素，提出库兹涅茨人均收入影响理论，完善了产业结构演化理论，阐释了产业结构转型升级的本质。20世纪30年代初，德国经济学家霍夫曼进一步研究了工业化过程中工业结构的演化规律，通过分析消费品工业与资本品的工业生产的比值不断下降的趋势，得出霍夫曼定理。二十世纪九十年代，罗斯托开始对主导产业展开研究，提出了产业扩散效应理论和主导产业该如何进行选择，利用主导产业的产业优势传递到产业链的各个产业来促进整体产业结构升级和经济增长。

2.1.3 产业融合理论

1963年，美国学者罗森伯格指出技术创新模糊了产业边界，促进了产业融合，首次提出产业融合的概念。Negrouponte（1978）通过三个交叉又具有重合部分的圆圈来表示三个不同产业间的技术融合，且重合的圆圈部分代表创新最活跃、成长性最强的产业领域。随着互联网技术的发展，“数字融合”逐渐推动相关产业的融合。Yoffie（1997）认为产业融合本质上是基于数字技术的原本各自独立产品的组合及企业融合。植草益（2001）在产业融合的研究中引入政策因素，认为产业融合是通过技术革新和放宽政府限制来来降低行业间壁垒，增强企业、行业之间的竞争以及合作关系。

随着学者们对产业融合理论的不断探索，产业融合的定义也形成了相对统一的观点，即产业融合指不同产业、同一产业的不同行业间不断进行延伸、渗透、融合，从而催生新产业、新行业的过程。在产业融合过程中，不仅在微观层面上使得企业间的竞争、合作关系发生变化，改变了产业结构、绩效、发展空间等中观层面上的反馈效应，也对宏观层面上的经济增长和就业等产生促进作用（刘昭洁，2018）。同时，技术创新等外部因素也加速了产业融合进程，在一定程度上提升了产业的生产效率与竞争力。伴随着近年来数字经济的快速发展，通过促进产业间的技术融合，使得产业融合成为普遍发生的现象，产业融合也因此成为产业发展与经济增长的新动力。数字经济与实体经济融合发展，打破了传统产业的

边界，推动了一系列新产业形态的出现。其中，数字技术与制造业相融合，不仅提高了资源配置效率，促使各类生产经营活动效率提升，也推动了制造业向数字化转型，不断实现产业升级。

2.2 数字经济驱动制造业转型升级的作用机制

制造业在中国经济发展中扮演着重要的角色，面对高投入、高耗能、高污染的传统生产方式，我国制造业走上转型升级之路。以先进数据要素为核心的数字经济，不断与传统产业融合，催生了一系列新产业新业态新模式，这不仅丰富了制造业的应用场景，也使得制造业从设计研发到销售服务的各个环节、组织形式产生一系列革新，提高制造复杂产品的能力，推动制造业产业链延伸、价值链向高端攀升，满足消费者的个性化需求。同时，数字经济核心产业所具有的高技术密集性特点，能够降低生产成本、提高生产效率，增强竞争优势。因此，数字经济能够赋予传统制造业升级转型的新动能。

据此，提出假设 H1：数字经济能够驱动制造业转型升级。

2.2.1 资源配置视角下数字经济驱动制造业转型升级的作用机制

首先，以互联网、大数据等新兴技术为代表的数字经济改变了信息的生产方式，提高了信息处理能力，增强了信息的透明度，改变了人们的交易方式，改善了以往的信息不对称性带来的价格不合理、闲置资源等现象，也催生出了共享经济等新模式，不仅保障了消费者权益，降低了消费成本，也使社会更透明，信息传递更顺畅，资源配置效率更高。

其次，随着经济和社会的发展，人们对生活质量的要求不断提高，消费不断趋于多元化、个性化。利用大数据、互联网、人工智能等技术手段对消费者需求进行追踪和分析，不断创新进步，实现精准个性化匹配，探寻消费发展规律，以实现供需双方资源的有效对接，大幅提升资源配置效率。

最后，利用大数据进行科学分析和预测，整合生产、销售、消费等方面的信息和数据。在生产制造过程中，数字技术的运用能够提高包括原材料、人力资源以及资金投入等生产资源的利用效率，同时，数字技术能够帮助企业第一时间掌握市场行情，合理安排资金投入与生产，提高资源配置效率。

因此，数字经济可以将技术、人才、资本等资源有效联结起来，优化要素市场，提高制造业企业的资源配置效率（韦庄禹，2021）。信息数字化使得部分有形的生产要素被转化为无形的生产要素，引起传统物质生产要素固有形态的转变，一系列新兴技术的出现拓宽了要素市场和劳动力市场信息的交流渠道，大大提高了信息传递的及时性、有效性和透明度，要素流动性明显提高，资源配置效率也相应提高。马中东等（2020）指出要素配置结构改善和产出效率的提升能够在相当程度上促进制造业升级。由于技术、人才等高端要素具备高能量密集度和高产出率，因此，高端要素投入占比越高，要素配置结构越优化，越有利于促进制造业转型升级。王凯（2021）认为数字经济具有网络化、智能化、协同化的特征，使数字技术这一高层次技术要素能够有效地嵌入资本、劳动等生产要素，极大地提升资源配置效率，从而推动我国产业结构优化升级。

因此，提出假设 H2：数字经济通过提高资源配置效率驱动制造业转型升级

2.2.2 技术创新视角下数字经济驱动制造业转型升级的作用机制

从数字技术对企业知识体系创新的影响上看，数字经济与传统产业不断融合渗透，使得原有的产业边界不断模糊，信息透明度提升，企业的知识体系得以重构，通过推动产品创新、研发创新、风险管控创新促进制造业转型升级。企业知识体系的创新，有利于培育企业开放式创新模式，向企业及时传递市场行情，带动制造业进行主动创新并实现产品创新升级。潘为华等（2019）通过实证分析发现，企业的创新能力是我国制造业转型升级的关键。

从数字技术影响企业内外部环境，进而影响技术创新水平上看，廖信林等（2021）认为在外部环境层面上，数字技术降低了企业管理成本和信息检索成本。在企业内部层面，制造业企业研发部门应用互联网的深度和宽度加速了内在技术创新。数字技术的普及提高了企业内部沟通和运营效率，企业利用现有的技术资源进行纵向和横向的拓展，实现了部门间低成本的有效沟通。

此外，数字经济本身也具有一定的技术创新和扩散效应，其通过创新效应促进制造业转型升级主要体现在：一方面，在双边网络作用下，更多创新主体、资源被平台整合，创新主体撬动资源的能力大幅度提高（黎晓春等，2020）。另一方面，信息技术具有创新溢出效应，能够显著促进工业部门的技术创新效率（韩

先锋等，2014)。

因此，提出假设 H3：数字经济通过增强技术创新驱动制造业转型升级

2.2.3 供需匹配视角下数字经济驱动制造业转型升级的作用机制

随着经济朝着多元化发展，传统制造业原本的大规模、粗放式的生产模式已经无法满足消费者对产品日益多样化的需求。在这种背景下，制造业不转型发展，只能陷入产能过剩的死循环。因此，当前制造业必须采用柔性化生产方式来满足消费者多样化的市场需求，激发产品市场活力，提升制造工艺，促进制造业生产效率的提高。随着新一代数字技术的不断发展，传统制造业也广泛应用新兴数字技术，主要体现在：不仅可以利用大数据实时跟踪消费者消费行为轨迹，科学合理地分析消费者偏好，突出个性化、定制化的生产特点。同时，核心技术的提升能够为柔性化生产也提供了强有力的支撑（张玉琳，2021）。

数字经济具有的包容性特征，能够有效促进供需两端的快速增长和供需动态匹配。一方面，数字终端广泛普及，由于存在网络外部性，同时服务于企业用户和个人消费者的电子商务平台的影响日益扩大，从而刺激了多样化的消费需求（韦庄禹等，2021）；另一方面，互联网等技术不仅带来了企业的产量增加，而且使企业能够以更低的成本进行更多样化的活动，激发了范围经济和规模经济效应。而互联网、云计算、大数据等新兴技术的出现增加了信息的有效性，为市场中供需双方的匹配问题提供了优化路径（荆文君、孙宝文，2019）。

因此，提出假设 H4：数字经济通过供需动态匹配驱动制造业转型升级。

2.2.4 空间溢出视角下数字经济对邻近地区的作用机制

由于地理临近的地区之间存在密切的经济关系，具有较强的产业关联性，也容易产生产业集聚效应，强化了制造业转型升级的空间相关性。同时，一个地区制造业的转型升级会产生竞争与示范效应，带动周边地区提高制造业转型升级水平（何盈颖，2021）。当数字经济在某些地区迅速发展时，会吸引周边地区的劳动力、资本、技术等生产要素向先进生产力转移，地理位置相邻则增强了这种效应的反应，使得溢出效应带来的正向影响要小于“虹吸效应”带来的负向影响，即数字经济发展较好的地区会对周边地区产生“虹吸效应”（侯宇琦，2021）。同

时，由于各地区之间发展数字经济存在明显的竞争效应，数字经济发展会加强该区域对知识和技术的保护作用，小于对周边地区产生的良性示范作用和知识溢出效应。因此，数字经济对周边地区制造业转型升级水平具有负向影响。

因此，提出假设 H5：制造业转型升级具有空间相关性，且数字经济对制造业转型升级具有负向空间溢出效应。

3 我国各省数字经济与制造业转型升级水平的测度与评价

本章主要对本文的核心变量进行测度与分析，通过测度 2011—2019 年我国各省数字经济发展及制造业转型升级水平，进一步分析各地区的数字经济发展及制造业转型升级状况、区域差异等，有助于全面了解和掌握我国数字经济发展和制造业转型升级现状和趋势，为下文的实证部分奠定基础。

3.1 我国各省数字经济发展水平的测度与评价

3.1.1 数字经济发展水平评价指标体系的构建

通过前文对国内外与数字经济发展相关的文献梳理，可以发现对数字经济发展水平的测度，目前尚没有一个系统、统一的标准，大多数研究主要从 ICT 相关指标来衡量“数字产业化”，与其他传统产业的渗透融合来衡量“产业数字化”，通过这两部分来测算数字经济发展水平。而除了要考虑这些，还要兼顾数字经济需要区别于传统经济的发展环境，以及数字经济治理。因此，在评价体系的构建与指标的选取上仍有欠缺，也给本文留下了进一步研究的空间。鉴于此，本文在借鉴葛和平等（2021）、潘为华等（2021）的基础上，结合十四五规划中关于数字经济的热点内容^①，从数字基础设施、数字产业化、产业数字化、数字化治理四个维度理解数字经济内涵，并建立信息化基础、互联网基础、技术应用、企业应用、数字生活、数字政务等多层面评价指标体系，采用改进的熵值法评价我国各省数字经济发展水平，具有完备性和科学性。

表 3.1 数字经济发展评价指标体系

一级指标	二级指标	三级指标
		移动电话基站密度（个/平方千米）
数字基础设施	信息化基础	长途光缆线路长度（公里）
		移动电话交换机容量（万户）

^① 《“十四五”数字经济发展规划》指出：以“优化升级数字基础设施、充分发挥数据要素作用”为基础支撑，以“大力推进产业数字化转型、加快推动数字产业化”为发展主线，以“持续提升公共服务数字化水平、有效拓展数字经济国际合作”为目标导向，以“健全完善数字经济治理、着力强化数字经济安全体系”为保障手段，推动数字经济健康发展的“四梁八柱”。

续表 3.1 数字经济发展评价指标体系

一级指标	二级指标	三级指标
		IPv4 地址数 (万个)
	互联网基础	互联网宽带端口密度 (万个/平方千米)
		互联网域名数 (万个)
	信息传输	移动电话用户比例 (%)
		互联网宽带用户比例 (%)
		电信业务总量占比 (%)
数字产业化	技术应用	软件业务收入占比 (%)
		数字电视用户比例 (%)
		技术合同成交额占比 (%)
		信息传输、软件和信息技术服务业从业人员占比 (%)
	企业应用	有电子商务交易活动的企业数比重 (%)
		每百家企业拥有网站数 (个)
产业数字化	数字生活	网上移动支付水平 (/)
		快递业务量 (万件)
		数字普惠金融指数 (/)
		电子商务销售额 (亿元)
数字化治理	数字政务	政府网站数量 (个)
	数字企业	信息传输、计算机服务和软件业法人单位数 (个)

3.1.2 数字经济发展水平的测度与分析

在测度方法上,由于熵权法的权重确定相对客观准确,故本文借鉴杨丽等(2015)方法,采用改进的熵值法确定各三级指标权重,减少了传统熵权法包含的时间因素的干扰。首先,将各三级指标标准化,进行无量纲化处理。其次,通过改进的熵值法计算各项指标权重,采用线性加权法得出数字经济发展综合评价指数。最后,本部分为了能够更直观地比较各地区的数字经济发展水平,将测得的指数乘以 100 进行展示。

改进的熵值法具体步骤如下：

(1) 指标说明：设年份跨度为 d ， n 个省份， m 个指标，则 $x_{\alpha ij}$ 表示第 α 年省份 i 的第 j 个指标。

$$(2) \text{ 标准化处理：正向指标公式： } x'_{\alpha ij} = \frac{x_{\alpha ij}}{x_{\max}} \quad (3.1)$$

$$\text{负向指标公式： } x'_{\alpha ij} = \frac{x_{\min}}{x_{\alpha ij}} \quad (3.2)$$

$$(3) \text{ 指标熵值的确定： } e_j = -b \sum_{\alpha=1}^d \sum_{i=1}^n y_{ij} \ln(y_{ij}) \quad (3.3)$$

$$\text{其中， } b > 0, \quad b = \ln(dn); \quad y_{\alpha ij} = x'_{\alpha ij} / \sum_{\alpha=1}^d \sum_{i=1}^n x'_{\alpha ij}$$

$$(4) \text{ 指标信息效用值和权重： } g_j = 1 - e_j \quad \omega_j = g_j / \sum_{j=1}^m g_j \quad (3.4)$$

$$(5) \text{ 指标综合得分： } S_{\alpha i} = \sum_{j=1}^m (\omega_j x'_{\alpha ij}) \quad (3.5)$$

根据以上步骤，可计算出 2011-2019 年我国各省数字经济发展水平。

表 3.2 2011-2019 年我国各省数字经济发展水平

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
北京	24.79	25.36	28.52	38.14	36.69	38.85	44.89	50.15	54.74
天津	12.51	11.89	13.05	16.80	18.73	21.59	21.98	24.75	27.91
河北	12.67	12.31	13.83	17.88	17.84	20.91	23.21	25.19	27.72
山西	9.52	9.74	12.55	15.19	15.57	18.13	19.00	21.46	23.44
内蒙古	11.61	11.88	13.92	16.11	16.71	19.70	20.10	21.29	22.90
辽宁	14.26	13.89	16.41	18.94	21.25	21.30	22.17	22.95	25.03
吉林	10.24	10.30	12.04	14.03	17.31	17.50	19.17	21.49	22.21
黑龙江	10.49	10.96	12.87	15.54	18.35	18.08	20.33	21.62	23.67
上海	15.40	17.19	20.35	24.43	28.04	28.49	30.59	36.13	39.92
江苏	18.57	17.08	21.09	25.18	29.07	29.85	32.59	36.26	40.03
浙江	19.55	21.25	22.85	26.42	30.59	33.50	36.64	39.00	42.01

续表 3.2 2011-2019 年我国各省数字经济发展水平

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
安徽	9.73	10.15	12.50	15.78	18.34	20.07	22.72	24.46	27.10
福建	18.59	16.48	18.17	19.77	22.54	30.14	29.86	30.89	32.78
江西	10.24	9.86	11.62	13.01	15.83	21.04	19.44	22.05	24.41
山东	14.96	13.62	19.19	21.37	23.47	28.20	29.19	32.23	33.59
河南	10.28	11.24	13.44	16.02	20.05	21.84	23.04	26.03	28.55
湖北	11.44	13.51	14.62	17.05	21.45	22.36	23.39	25.74	27.88
湖南	9.41	10.83	13.32	15.02	17.81	19.87	21.98	23.87	26.80
广东	24.39	24.28	28.57	33.04	36.45	39.69	43.15	47.08	52.33
广西	9.89	10.06	12.15	14.07	15.09	16.51	20.30	22.23	24.68
海南	9.09	10.57	13.24	14.27	15.40	16.43	19.93	21.22	23.52
重庆	9.14	10.26	15.22	14.93	16.33	18.62	20.45	22.70	26.54
四川	13.56	14.71	19.00	19.76	22.91	25.88	27.67	30.31	35.81
贵州	8.56	9.54	13.75	12.66	14.17	15.71	17.93	20.32	23.75
云南	9.89	10.88	14.02	14.05	17.42	17.20	19.38	21.66	24.72
陕西	9.59	12.60	14.77	15.79	18.45	19.06	21.17	23.19	26.76
甘肃	7.06	8.69	11.89	13.21	15.57	15.64	18.88	21.00	24.58
青海	10.33	14.62	12.00	17.46	17.21	17.06	19.47	20.56	25.67
宁夏	7.28	8.99	10.34	15.33	15.40	14.60	16.33	18.12	22.87
新疆	9.80	10.94	13.21	15.39	16.68	16.29	18.81	21.34	26.54

由表 3.2 测度结果可以发现：

(1) 从全国整体上看，数字经济发展水平呈明显上升态势，这表明近年来我国数字经济发展取得了较大进步。

(2) 从区域上看，东部沿海地区数字经济发展水平较高，而中西部地区发展水平相对较低，地区发展差距较大，说明存在着较大的数字鸿沟。东部地区在产业基础、技术能力、数字资源等方面的条件更为雄厚，对传统产业的融合和渗透更加深入，互联网、大数据、云计算等新兴技术带来了更为充分的信息、合理的价格、供需匹配，市场环境更为公平、自由，地理位置更加优越，经济发展水

平更高，这些都使得数字经济在东部地区更好的发展。而中西部地区由于地理位置相对偏远，经济发展水平较低，互联网等数字基础设施建设也相对落后，与传统产业的融合尚处于初期阶段，加上人才的短缺等，一定程度上影响了数字经济发展。

(3) 从国家重点战略布局来看，京津冀、长三角、珠三角等区域成为数字经济发展前沿地带，数字技术更为先进、经济基础设施建设完备、数字产业发展与传统产业融合程度更高。

(4) 从各省市上看，大多数省份数字经济发展水平明显提高。其中，北京、广东、浙江、江苏、上海五个省市的数字经济发展水平基本保持在排名前五位置，说明这五个地区是带动我国数字经济发展的主力军，这与中国信通院发布的数字经济发展报告中的前五名排名顺序，以及何盈颖(2021)的研究结论也是一致的。部分后发省份发展较快，有望通过数字经济缩小区域差异，如2019年新疆的数字经济综合发展指数为26.54，排在全国第18位，远高于第26位的全国各省GDP总量排名。

3.2 我国各省制造业转型升级水平的测度与评价

3.2.1 制造业转型升级水平评价指标体系的构建

制造业转型升级指标是一个综合性指标，外在表现为价值链升级，而内在表现为该产业由低级向高级化的转型，其体现的是制造业内部各方面的综合提升(胡聪，2020)。微观层面上，制造业企业通过技术创新、新品开发、管理提升等方式，提高了企业竞争力。这一动态过程反映在中观产业层面上，会带来劳动生产率提高、优质产能比重增加和盈利能力提升等变化(任碧云等，2019)。因此，本文在以衡量产业内在能力是否提升为核心标尺的测度原则上，认为制造业转型升级主要体现在率升级化和转型高级化两方面，并借鉴任碧云等(2019)的指标构建方法，建立制造业转型升级综合评价指标体系。其中，效率升级化主要体现在单位劳动力产值即劳动生产率提高和盈利能力的提升，转型高级化主要体现在高技术行业产能比重的增加、能源消耗与环境损耗的减少，然后通过改进的熵值法测算制造业转型升级综合指数。见表3.3。

表 3.3 制造业转型升级水平评价指标体系

一级指标	二级指标	三级指标	方向	计算公式
效率	生产率	全员劳动生产率	(+)	(1) $TLP=V_z/L_z$
升级化	盈利能力	主营业务利润率	(+)	(2) $OPE=OP_z/I_z$
转型	优质产能	高技术行业比重	(+)	(3) $PHT=I_h/V_z$
		单位收入能源消耗量	(-)	(4) $ECI=E_z/I_z$
高级化	能耗与环保	固体废物利用比例	(+)	(5) $ISW=W_u/W_t$

注：(1) 中 TLP 表示制造业全员劳动生产率， V_z 表示制造业增加值， L_z 表示制造业从业人数。TLP 越大，表明制造业的生产效率越高；

(2) 中 OPE 表示主营业务利润率， OP_z 表示制造业营业利润， I_z 表示制造业主营业务收入。OPE 越大，表明制造业的盈利能力越强；

(3) 中 PHT 表示高技术行业比重， I_h 表示高技术行业产值（高技术行业划分标准参照任碧云等（2019））， I_z 表示制造业主营业务收入。PHT 越大，表明制造业所生产的优质产能越多；

(4) 中 ECI 表示单位收入能源消耗量， E_z 表示制造业能源消耗总量， I_z 表示制造业主营业务收入。ECI 越小，表明制造业单位生产的所消耗的能源消费量越少；

(5) 中 ISW 表示一般工业固体废物综合利用率， W_u 表示工业固体废物综合利用量， W_t 表示工业固体废物产生量。ISW 越大，表明固废资源得到充分利用的程度越高，越有利于环保。

3.2.2 制造业转型升级水平的测度与分析

在测度方法上，同 3.1.2，采用改进的熵值法计算各三级指标权重，利用线性加权法得出各省制造业转型升级综合指数。为了能够更直观地比较各地区的制造业转型升级水平，依旧将测得的指数乘以 100 进行展示，测度结果见表 3.4。

根据表 3.4 可以发现：

(1) 从全国整体上看，制造业转型升级水平呈明显上升趋势，表明近年来我国制造业转型升级卓有成效。

(2) 从区域上看，无论是东部还是中西部地区，制造业转型升级水平均呈

现不断上升趋势,但东部地区的制造业转型升级水平明显高于中西部地区。同时,2011年至2019年我国制造业转型升级水平相对较低的省份多集中在西部地区,东部地区则整体排名靠前,这说明地区间制造业发展有明显差距,主要依靠东部地区的制造业带动发展。但随着国家政策向中西部地区的倾斜,使得地区间差异有所缩小。

(3)从各省市上看,大多数省份的制造业转型升级水平明显提高。其中,北京、江苏、上海、广东、天津、重庆、浙江、安徽等省市的制造业转型升级水平基本保持在排名前十名位置。同时,也存在个别省份的制造业转型升级水平有所降低,尤其是2019年青海省的制造业转型升级水平为负,主要原因是2019年青海省的制造业主营业务收入为负,表示可能由于销售退回或者转让,从而冲减收入导致的。

表 3.4 2011—2019 年我国各省制造业转型升级水平

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
北京	37.77	40.10	46.08	48.57	48.78	52.29	53.87	56.35	57.65
天津	39.34	40.58	41.21	41.07	42.69	43.16	53.47	44.99	45.15
河北	21.06	21.35	21.05	21.51	24.40	24.86	26.50	41.89	27.03
山西	19.97	21.13	18.48	18.09	15.19	15.61	12.37	19.86	17.80
内蒙古	28.51	24.20	25.11	22.84	19.27	17.36	22.15	18.35	17.60
辽宁	21.75	23.67	24.82	21.71	18.63	21.82	22.76	44.96	21.13
吉林	31.57	32.84	35.97	53.85	31.57	30.68	33.65	39.93	43.50
黑龙江	32.31	25.46	23.30	21.90	20.98	21.64	21.16	22.49	19.91
上海	43.78	43.70	44.20	45.39	46.00	47.20	48.52	50.52	49.33
江苏	42.42	42.21	44.90	45.95	45.95	45.63	49.09	51.02	51.51
浙江	39.83	36.33	37.57	37.96	38.35	39.34	38.58	40.97	41.76
安徽	33.85	35.23	35.68	34.73	35.36	34.87	37.35	40.57	39.71
福建	29.80	34.60	34.58	34.10	31.56	33.66	33.41	36.26	34.93
江西	26.78	27.08	28.25	28.91	28.49	26.82	29.66	31.24	32.55
山东	35.11	35.53	36.55	36.51	37.31	37.48	37.91	36.74	36.63
河南	30.97	32.57	32.98	33.98	34.65	32.11	33.14	37.26	37.32

续表 3.4 2011—2019 年我国各省制造业转型升级水平

湖北	32.86	30.75	32.15	31.54	29.83	31.55	32.29	38.45	37.81
湖南	30.88	29.83	30.21	28.67	29.37	29.85	32.73	36.04	36.37
广东	38.36	39.09	40.75	41.10	48.83	43.53	45.58	45.81	45.16
广西	28.75	29.92	30.20	28.78	29.71	27.90	28.59	31.34	33.26
海南	25.22	28.64	29.51	22.13	24.87	28.07	24.42	26.98	30.02
重庆	35.62	35.41	38.54	39.67	40.23	38.97	42.11	41.37	42.55
四川	26.00	26.04	24.96	25.01	24.57	24.42	24.70	29.58	30.27
贵州	26.75	29.66	27.18	27.42	27.56	27.24	30.37	36.24	37.76
云南	23.41	21.33	21.24	18.46	18.77	17.44	15.24	22.15	24.04
陕西	29.65	28.62	28.65	28.15	28.33	29.49	25.60	26.87	28.13
甘肃	16.37	15.40	16.32	14.77	11.66	14.46	12.02	15.24	16.38
青海	25.76	19.41	16.05	14.10	10.00	17.59	17.59	13.24	-29.38
宁夏	21.37	18.12	20.01	19.83	17.10	16.10	15.21	15.07	17.58
新疆	17.55	17.22	17.90	18.16	19.23	22.33	23.68	21.06	19.50

4 数字经济驱动制造业转型升级的实证研究

本章进一步从实证层面考察数字经济对制造业转型升级起驱动作用是否与前文理论分析相一致。通过构建面板固定效应模型、空间计量模型、中介效应模型，分析数字经济对制造业转型升级的影响和内在作用机制、异质性检验和一系列稳健性检验，以及空间溢出视角下数字经济对邻近地区的作用机制。

4.1 计量模型的设定和指标选取

4.1.1 模型构建

(1) 面板固定效应模型

根据数字经济影响制造业转型升级的传导机制构建以下模型：

$$MTU_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 DE_{it} + \alpha_2 X_{it} + u_i + \delta_t + \varepsilon_{it} \quad (4.1)$$

其中： DE_{it} 表示*i*省份在*t*时期的数字经济发展水平， MTU_{it} 表示*i*省份在*t*时期的制造业转型升级水平， X_{it} 代表一系列控制变量， α_0 表示截距项， α_1 表示数字经济对制造业转型升级的回归系数， μ_i 表示个体固定效应， δ_t 为时间固定效应， ε_{it} 表示随机扰动项。

(2) 中介效应模型

基于假设 H2、H3 和 H4，借鉴温忠霖等（2014），本文选择中介效应模型来检验数字经济驱动制造业转型升级的内在作用机制。由 2.2 部分分析可知，数字经济通过提升资源配置效率、技术创新水平、供需动态匹配进而促进制造业转型升级。因此，本部分对数字经济能否通过中介变量 H_{it} ：资源配置效率（RA）、技术创新水平（EI）、供需动态匹配（MSD）促进制造业转型升级进行实证检验。结合基准回归式（4.1），采用逐步回归法设定式（4.2）至式（4.3）如下：

$$H_{it} = \beta_0 + \beta_1 DE_{it} + \beta_2 X_{it} + u_i + \delta_t + \varepsilon_{it} \quad (4.2)$$

$$MTU_{it} = \gamma_0 + \gamma_1 DE_{it} + \gamma_2 H_{it} + \gamma_3 X_{it} + u_i + \delta_t + \varepsilon_{it} \quad (4.3)$$

其中，式（4.2）为数字经济发展水平（ DE_{it} ）对于中介变量（ H_{it} ）的线性回归方程；式（4.3）为数字经济发展水平（ DE_{it} ）和中介变量（ H_{it} ）对制造业转型

升级 (MTU_{it}) 的线性回归方程。结合式 (4.1)，按照中介效应检验步骤^①进行分析。

(3) 空间计量模型

考虑到制造业转型升级具有空间相关性，以及数字经济发展影响邻近地区制造业转型升级的作用机制，本文采用空间计量模型进行检验，在模型 (4.1) 基础上，进一步扩展为空间面板模型：

$$MTU_{it} = \alpha + \rho \cdot W \cdot MTU_{it} + \alpha_1 \cdot X_{it} + \rho_1 \cdot W \cdot DE_{it} + \varphi \cdot W \cdot X_{it} + \mu_i + \gamma_{it} + v_{it} \quad (4.4)$$

其中， DE_{it} 表示 i 省份在 t 时期的数字经济发展水平， MTU_{it} 表示制造业转型升级水平， W 代表邻接空间权重矩阵， ρ 表示空间自回归系数， μ 表示地区个体效应、 γ 表示时间效应， v 为随机扰动项。

4.1.2 变量说明

(1) 因变量

本文的因变量为制造业转型升级 (MTU_{it})，从制造业效率升级化和转型高级化两个维度，劳动生产率、盈利能力、优质产能、能耗与环保四个方面，利用改进的熵值法构建制造业转型升级综合指数。本文在第三章已对其进行充分描述，这里不再赘述。

(2) 自变量

本文的自变量为数字经济发展水平 (DE_{it})，从数字基础设施、数字产业化、产业数字化、数字化治理四个维度理解数字经济内涵，并建立信息化基础、互联网基础、技术应用、企业应用、数字生活、数字政务等多层面评价指标体系，采用改进的熵值法评价我国各省数字经济发展水平。本文在第三章已对其进行充分描述，这里不再赘述。

(3) 中介变量

资源配置效率 (RA)，体现在资本要素和劳动力要素流动上，用资本错配指数 (KRA) 和劳动力错配指数 (LRA) 来表示。参考陈永伟、胡伟民等 (2011)，

^① 中介效应检验步骤：首先，检验方程 (4.1)，若 α_1 显著，则按中介效应检验立论，继续进行后续检验；其次，检验方程 (4.2) 的系数 β_1 ，和方程 (4.3) 的系数 γ_2 ，若 β_1 、 γ_2 都显著，则间接效应显著。若其中一个不显著，则需要进一步用 Bootstrap 法检验 $H_0: \beta_1 \gamma_2 = 0$ ，若间接效应的置信区间不包含 0，说明中介效应显著，反之则不成立；再次，检验方程 (4.3) 的系数 γ_1 ，若 γ_1 显著，且小于 α_1 ，则中介变量发挥部分中介效应。若 γ_1 不显著，则说明中介变量发挥完全中介作用；最后，比较 $\beta_1 \gamma_2$ 与 γ_1 符号的正负，如果同号，则属于部分中介效应，如果异号，则属于遮掩效应。

计算公式如下： $KRA_i = \frac{1}{\gamma_{ki}} - 1$ ， $LRA_i = \frac{1}{\gamma_{Li}} - 1$ (4.5)。其中， $\gamma_{ki} = (\frac{K_i}{K_t}) / (\frac{s_i \beta_{ki}}{\beta_k})$ ，

$\gamma_{Li} = (\frac{L_i}{L_t}) / (\frac{s_i \beta_{Li}}{\beta_L})$ 。 K_i/K_t 、 L_i/L_t 分别表示该地区资本或劳动力占资本或劳动

力总量的比例， $s_i \beta_{ki} / \beta_k$ 和 $s_i \beta_{Li} / \beta_L$ 分别为有效配置时的资本和劳动比例， β_{ki} 、 β_{Li} 分别为该地区资本产出弹性， KRA 和 LRA 表示资本错配程度和劳动力错配程度，值越小代表要素配置越合理；技术创新水平（ EI ），体现在企业创新能力上，用地区内规模以上工业企业 $R\&D$ 经费支出占主营业务收入的比重表示；供需动态匹配（ MSD ）体现在产品多样化上，用地区内规模以上工业企业新产品项目数来表示。

（4）控制变量

为了尽量控制其他因素对地区制造业转型升级的影响，本文参考现有的相关文献，选择控制变量包括地区经济发展水平（ $PGDP$ ）、外商直接投资（ FDI ）、人力资本水平（ HR ）、政府干预（ GI ）、交通基础设施（ IC ），具体说明如下：

①地区经济发展水平（ $PGDP$ ）：一个地区经济发展水平越高，越有利于该区域制造业转型升级。本文采用 2011—2019 年我国各省的人均 GDP 来表示地区经济发展水平，用 $PGDP$ 来表示。

②外商直接投资（ FDI ）：地方的外商直接投资作为一种重要的生产要素，可以通过增加资本积累和技术溢出效应促进制造业的发展（赵景峰和杨承佳，2019）。本文采用 2011—2019 年我国各省的实际利用外商直接投资额与该地区 GDP 的比值来衡量，用 FDI 来表示。

③人力资本（ HR ）：人力资本水平越高，越有利于促进制造业转型升级。本文采用 2011—2019 年我国各省的人均受教育年限衡量人力资本水平，用 HR 表示。

④政府干预（ GI ）：政府对产业发展的政策支持与导向，如加快数字经济与制造业深度融合、“中国制造 2025”等政策，都有利于促进制造业转型升级。本文选择 2011—2019 年我国各省的一般预算支出与该地区 GDP 的比值来衡量，用 GI 表示。

⑤交通基础设施（ IC ）：基础设施的完善，能够在一定程度上降低制造业企业的交易成本及生产要素的流动成本（黄庆华等，2020），更多的配套设施能够

与制造业发展相匹配，有利于提升制造业企业的竞争力，加快制造业升级。本文采用 2011-2019 年我国各省的路网密度作为交通基础设施的代理变量，用 IC 来表示。

考虑到西藏地区的数据缺失较多，本文选取 2011—2019 年我国 30 个省（市、自治区）（剔除西藏地区）的数据，部分指标缺失值采用插值法补齐。相关数据来源于《中国统计年鉴》、《中国工业年鉴》、各省市统计年鉴和统计公报、国研网、EPS 数据平台等。变量的描述性统计如表 4.1 所示。

表 4.1 变量的描述性统计结果

变量	样本量	均值	标准差	最小值	最大值
MTU	270	0.305	0.107	-0.294	0.576
DE	270	0.202	0.084	0.071	0.547
FDI	270	2.086	1.899	0	12.099
HR	270	9.178	0.892	7.474	12.681
GI	270	0.287	0.232	0.106	1.488
IC	270	0.336	0.188	0.031	0.843
PGDP	270	5.231	2.627	1.602	16.178
KRA	270	0.359	0.356	0.001	1.917
LRA	270	0.244	0.179	0.001	0.882
EI	270	0.786	0.355	0	1.862
MSD	270	0.522	0.715	0.001	4.297

4.2 实证分析

4.2.1 数字经济与制造业转型升级的时空演变

本文选取 2013 年和 2019 年两个时间断面，探究我国各省数字经济发展与制造业升级水平的时空格局演变。选取这两个时间断面的原因是，一方面，随着手机网民数量的大规模增长，2013 年互联网行业步入了移动端时代，表明我国数字经济发展格局已基本形成，并进入成熟发展阶段。

另一方面，各地政府陆续出台数字经济相关政策，大力推进数字经济发展。根据中国信通院研究资料，截至 2019 年，全国已有超过一半的省市出台了数字经济政策。同时，2019 年国家出台了《数字乡村发展战略纲要》、《国家数字经

济创新发展试验区实施方案》等数字经济行业重要政策，倡导数字经济与实体经济融合发展，加快推动智能制造和服务型制造。因此，本文在选定这两个时间断面后，借助 ArcGIS10.6 软件进行绘图，可以更清楚的识别二者的时空格局及演变特征，如图 4.1 和图 4.2。

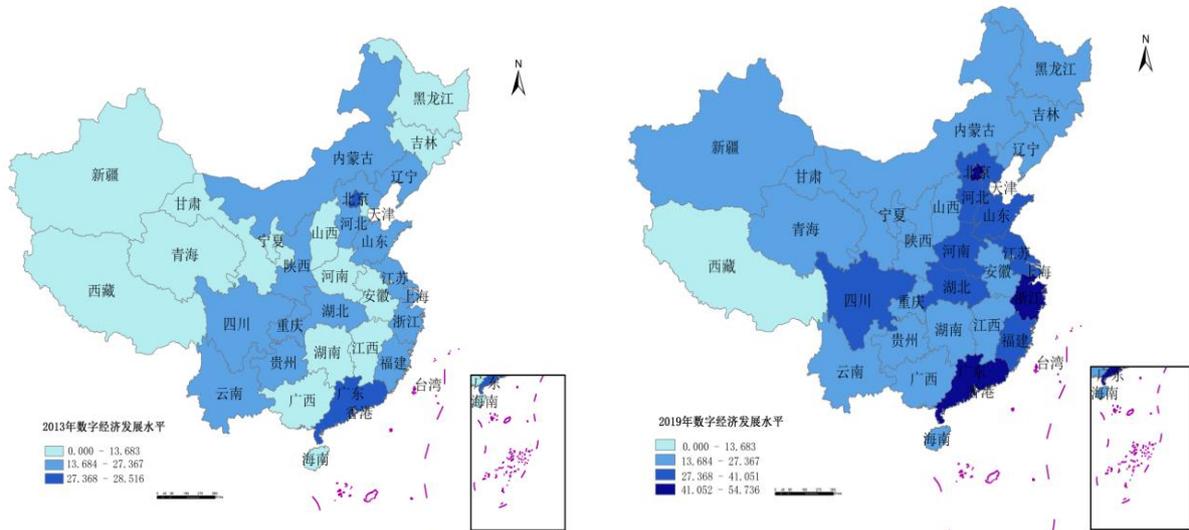


图 4.1 2013 年和 2019 年数字经济发展水平对比图

如图 4.1，将数字经济发展水平分为四个梯队，发现从整体上看我国各地区的数字经济发展水平逐年提高且极化现象突出，数字经济发展水平高的地区多聚集在东部沿海地区，中部及西部地区仅有零星分布，呈现由东高西低的特点。2013 年只有广东省数字经济发展水平处于第二梯队，大部分东部沿海及部分中部地区的数字经济发展水平处于第三梯队，大部分中西部省份尚处于第四梯队，且没有处于第一梯队的省份，说明 2013 年我国大多数地区数字经济发展水平相对较低，数字经济尚处于刚迈入移动端时代的起步阶段。2019 年，大部分东部沿海及部分中部地区的数字经济发展水平提升至第二梯队，其中北京、浙江、广东三个省市提升至第一梯队，是带动我国数字经济发展的排头兵。而大部分中西部省份提升至第三梯队，仅有西藏地区尚处于第四梯队，表明相较于 2013 年，2019 年全国各地区的数字经济发展水平都有了显著提升。各地政府陆续出台数字经济相关政策，大力发展数字经济发展，与此同时，各地区之间的数字经济发展差距也不断扩大，出现数字鸿沟。

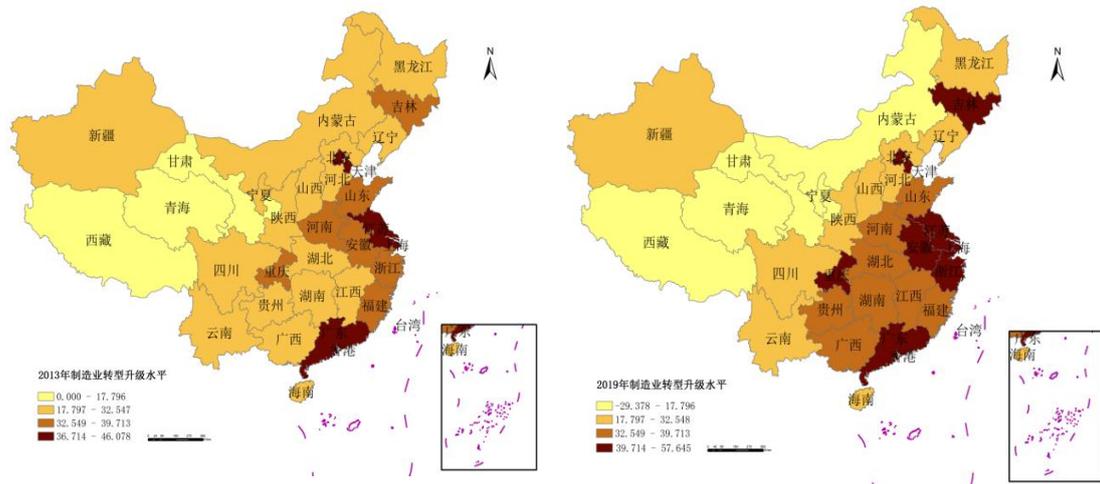


图 4.2 2013 年和 2019 年制造业转型升级水平对比图

由图 4.2 可以发现，将制造业转型升级水平分为四个梯队，可以发现我国大部分地区的制造业转型升级水平逐年提高且极化现象突出，制造业转型发展水平高的省份多聚集在我国东南地区，而处于制造业转型发展水平较低的省份主要分布在西部地区，整体上呈现由东部沿海向中西部地区递减的特征。2013 年只有北京、广东、上海、江苏的制造业转型升级水平处于第一梯队，部分东部地区处于第二梯队。大部分中西部地区的制造业转型升级水平处于第三梯队，仅有重庆处于第二梯队，且甘肃、青海、西藏地区处于第四梯队，说明 2013 年我国大多数地区的制造业转型升级水平处于第三阶段，制造业发展尚处于转型初期。2019 年，浙江、安徽、吉林、重庆等省市的制造业转型升级水平由 2013 年的第二梯队跃升至第一梯队，大部分中部地区省份跃升至第二梯队。而大部分西部省份的制造业转型升级水平变化不大，仍处于第三梯队，仅有宁夏、内蒙古地区制造业转型升级水平下降至第四梯队。这表明相较于 2013 年，2019 年全国大多数地区的制造业转型升级水平提高，极化现象有所改善，我国制造业转型升级成效显著。

4.2.2 基准回归结果

首先，为检验数字经济对制造业转型升级的影响，根据豪斯曼检验选择固定效应模型对 (4.1) 式进行回归，并以 OLS 回归结果作为对照。表 4.2 第 (1)、(2) 列报告了固定效应模型回归结果，第 (3)、(4) 列报告了 OLS 回归结果。

表 4.2 准回归结果：固定效应模型&OLS 模型

	(1)	(2)	(3)	(4)
DE	0.514*** (3.38)	0.528*** (3.31)	0.662*** (12.86)	0.197*** (2.94)
FDI		-0.003 (-1.32)		0.00431** (2.04)
HR		0.0116 (0.60)		0.0162** (2.13)
GI		0.335*** (3.00)		-0.0207 (-1.38)
IC		0.504*** (3.33)		0.300*** (11.26)
PGDP		0.000292 (0.11)		0.00407 (1.51)
_cons	0.234*** (11.37)	-0.108 (-0.58)	0.171*** (14.95)	-0.00836 (-0.15)
个体固定	NO	Yes	NO	Yes
时间固定	NO	Yes	NO	Yes
N	270	270	270	270
R ²	0.131	0.194	0.270	0.652

注：括号内为 t 值；***、**和*分别表示 1%、5%和 10%的显著性水平，下同。

表 4.2 中，第（1）列和第（3）列是在没有加入任何控制变量的情况下，考察数字经济对制造业转型升级的影响。第（2）列和第（4）列，加入了一系列控制变量：外商直接投资（FDI）、人力资本水平（HR）、政府干预（GI）、交通基础设施（IC）以及地方经济发展水平（PGDP），观察在控制了其他有可能影响制造业转型升级的因素后数字经济对制造业转型升级的影响效果。回归结果如表 4.2 显示，在没有纳入任何控制变量的情况下，在 1%的统计水平上，表 4.2 中第（1）列和第（3）列，在 1%的统计水平上，DE 系数显著为正，说明数字经济发展对制造业转型升级具有正向促进作用。同时，在 1%的统计水平上，第（2）列和第（4）列 DE 的系数显著为正，说明在加入一系列控制变量后，回归结果基本保持一致，即数字经济对制造业转型升级驱动作用明显。以互联网+、大数据、5G 等为特征的数字经济带动数字变革，也在一定程度上促使传统生产方式和商业模式的革新，有利于激发传统产业的活力，优化制造业供应链，提升制造业产品质量，提高制造业服务占比，推动制造业转型升级。因此，验证了本文假设 H1。

4.2.3 内在作用机制分析

本部分选择中介效应模型进行内在机制检验，实证结果见表 4.3 和表 4.4 所列。表 4.3 用于检验资源配置视角下数字经济驱动制造业转型升级的作用机制。其中，第（1）列和第（2）列用于检验劳动力要素配置作为中介变量时数字经济对制造业转型升级的影响效果，第（3）列和第（4）列用于检验资本要素配置作为中介变量时数字经济对制造业转型升级的影响效果。

表 4.3 中介效应检验：资源配置

	(1)	(2)	(3)	(4)
	LRA	MTU	KRA	MTU
DE	0.123 (0.60)	0.516*** (3.25)	-0.736*** (-3.25)	0.437*** (2.72)
LRA		0.0984* (1.92)		
KRA				-0.124*** (-2.67)
FDI	0.00808** (2.50)	-0.00409 (-1.62)	-0.00526 (-1.48)	-0.00394 (-1.59)
HR	0.0443* (1.76)	0.00724 (0.37)	-0.0854*** (-3.09)	0.00104 (0.05)
GI	-0.00147 (-0.01)	0.335*** (3.02)	-0.0596 (-0.38)	0.327*** (2.98)
IC	-0.0840 (-0.43)	0.513*** (3.40)	0.293 (1.36)	0.540*** (3.60)
PGDP	0.00414 (1.25)	-0.000115 (-0.05)	-0.00127 (-0.35)	0.000135 (0.05)
_cons	-0.206 (-0.87)	-0.0875 (-0.48)	1.204*** (4.60)	0.0409 (0.22)
Sobel		-0.006 (-0.839)		
BootStrap		-0.006		
	-0.038	0.002		
个体固定	Yes	Yes	Yes	Yes
时间固定	Yes	Yes	Yes	Yes
N	270	270	270	270
R ²	0.164	0.207	0.263	0.219
F	3.175	3.916	5.775	4.202

注：除 Sobel 检验的括号内为 z 值，其余括号内均为 t 值。

由表 4.3 第（1）和（2）列结果可知，数字经济对劳动要素配置的影响不显

著，且 Sobel 和 Bootstrap 法检验结果表明其中介效应不成立，说明数字经济发展对劳动力要素配置的改善作用十分有限。第（3）列结果显示，在 1% 的统计水平上，DE 的系数显著为负，表明数字经济能够改善资本要素错配，对资本要素配置产生显著的正向影响，在其他条件不变的情况下，数字经济发展水平每提高 1 个单位，资本错配指数降低 0.736 个单位。第（4）列加入资本要素配置这一中介变量后，在 1% 的统计水平上，KRA 的系数显著为负，即在其他条件不变的情况下，资本错配指数每降低一个单位，制造业转型升级水平将提高 0.124 个单位。同时，DE 的系数显著为正，且相较于基准回归方程（1）中 DE 的系数下降，说明部分中介效应成立，数字经济通过提高资本要素配置进而促进制造业转型升级。

以上说明相较于劳动要素配置，数字经济的资本要素配置效应更为显著，可能的原因是：当前数字经济发展更有利于改善资本要素配置，进而促进制造业转型升级，而数字经济对劳动力要素配置改善的作用尚未发挥出来。这是由于数字经济发展水平提高时，数字技术手段能够更加高效地匹配资本的供给和需求，减少资本的行业、地区和供需错配，从而提升资本配置水平（王凯，2021）。但数字技术的应用也会引发资本对劳动的替代，并且在替代简单劳动的同时，也增加了对复杂劳动力的需求（马中东等，2020）。

表 4.4 用于检验技术创新及供需匹配视角下数字经济驱动制造业转型升级的作用机制。其中，第（1）列和第（2）列用于检验技术创新作为中介变量时数字经济对制造业转型升级的影响效果，第（3）列和第（4）列用于检验供需匹配作为中介变量时数字经济对制造业转型升级的影响效果。

表 4.4 中介效应检验：技术创新与供需匹配

	(1)	(2)	(3)	(4)
	EI	MTU	MSD	MTU
DE	2.005*** (3.21)	0.419*** (2.63)	6.613*** (9.17)	0.477** (2.55)
EI		0.0542*** (3.27)		
MSD				0.00766 (0.52)
FDI	-0.00175 (-0.18)	-0.00320 (-1.31)	-0.00790 (-0.70)	-0.00323 (-1.29)
HR	-0.150* (-1.96)	0.0197 (1.03)	-0.192** (-2.18)	0.0131 (0.66)

GI	-0.183 (-0.42)	0.345*** (3.16)	-0.0740 (-0.15)	0.335*** (3.00)
IC	0.683 (1.15)	0.467*** (3.14)	0.987 (1.44)	0.497*** (3.26)
PGDP	-0.0116 (-1.16)	0.000922 (0.37)	-0.00118 (-0.10)	0.000301 (0.12)
_cons	1.593** (2.20)	-0.194 (-1.06)	0.971 (1.16)	-0.115 (-0.62)
Sobel			0.183*** (3.857)	
BootStrap			0.184	
			0.101	0.322
个体固定	Yes	Yes	Yes	Yes
时间固定	Yes	Yes	Yes	Yes
N	270	270	270	270
R ²	0.408	0.230	0.477	0.195
F	11.15	4.493	14.73	3.633

注：除 Sobel 检验的括号内为 z 值，其余括号内均为 t 值。

由表 4.4 第（1）列结果可知，在 1% 的统计水平上，DE 的系数显著为正，说明数字经济发展对技术创新水平产生显著的正向影响，在其他条件不变的情况下，数字经济发展水平每提高 1 个单位，技术创新水平会提高 2.005 个单位。第（2）列加入技术创新水平这一中介变量后，在 1% 的统计水平上，技术创新水平的系数显著为正，即在其他条件不变的情况下，企业技术创新能力每提升一个单位，制造业转型升级水平将提高 0.054 个单位。同时，DE 的系数显著为正，且相较于基准回归方程（1）中 DE 的系数下降，说明部分中介效应成立，数字经济通过提高技术创新水平进而促进制造业转型升级。这是由于以互联网、大数据、人工智能等新兴技术为核心的数字经济，本身就蕴含着技术创新效应，当赋能传统的制造业时，可以极大地提升传统制造业企业的创新能力，从而推动制造业实现转型升级。

由表 4.4 中第（3）列结果可知，在 1% 的统计水平上，DE 的系数显著为正，说明数字经济发展对供需匹配效应产生显著的正向影响，在其他条件不变的情况下，数字经济综合发展指数每上升 1 个单位，供需匹配效应提高 6.613 个单位。第（4）列加入供需匹配度这一中介变量后，DE 的系数显著为正，供需匹配效应的系数为正但不显著，因此，需要进一步进行 BootStrap 检验，并以 Sobel 检验

结果增加稳健性。本文借鉴陈瑞等（2013），采用偏差校正的非参数百分位 BootStrap 法进行检验，中介变量为供需匹配，样本量选择 500。表 4.4 第（4）列结果表明，间接效应 95%的置信区间为[0.101, 0.322]，不包含 0，说明中介效应成立。同时，Sobel 检验结果可以看出，p 值为 0.001，说明供需匹配的中介效应成立，中介效应占比 0.5032。这表明数字经济能够通过供需动态匹配促进制造业转型升级，验证了前文 H4。究其原因可能是随着数字终端的广泛普及，刺激了多样化的消费需求，同时，提高了市场中供需双方获取信息的有效性。制造业企业借助内外部数字技术手段开展更加丰富的业务活动，不断增强制造业产品的多样化。因此，数字经济具有的包容性特征，能够有效促进供需两端的快速增长和供需动态匹配，从而实现制造业转型升级。

由此验证了本文的假设 H2、H3 和 H4，数字经济通过资本配置效率提升、技术创新水平提高、供需动态匹配促进制造业转型升级。

4.2.4 空间溢出效应分析

（1）全局空间自相关分析

为了验证研究假设 3，本部分使用空间计量模型进行实证检验，将邻近地区之间的空间溢出效应纳入考量。采用全局 Moran' s I 指数检验我国各地区的制造业转型升级水平之间是否存在空间自相关性，从而确定其是否存在空间溢出效应，使用较为常用的邻接矩阵来衡量区域间的空间关系。

首先，对数据进行标准化处理，得到空间权重矩阵 W。表 4.5 是在空间邻接矩阵下测算的 2011—2019 年我国各省制造业转型升级水平的莫兰指数。通过表 4.5 结果可以看出，我国各省制造业转型升级水平的全局莫兰指数均大于 0，且在 1%的统计水平下，对应的 p 值均通过了显著性检验。这表明在空间分布上，我国各省的制造业转型升级水平具有显著的正向空间相关性。

表 4.5 制造业转型升级水平的 Moran' s I 指数

年份	Moran' s I	Z 统计量	P 值
2011	0.402	3.522	0.000
2012	0.496	4.264	0.000
2013	0.457	3.948	0.000
2014	0.257	2.350	0.009

2015	0.445	3.864	0.000
2016	0.485	4.197	0.000
2017	0.444	3.866	0.000
2018	0.518	4.448	0.000
2019	0.353	3.547	0.000

(1) 局部空间自相关分析

为进一步考察我国各地区制造业转型升级水平的空间相关性，本部分进行局部莫兰检验。图 4.3 和图 4.4 分别是基于邻接矩阵的 2011 年、2019 年的制造业转型升级水平的局部 Moran 散点图。

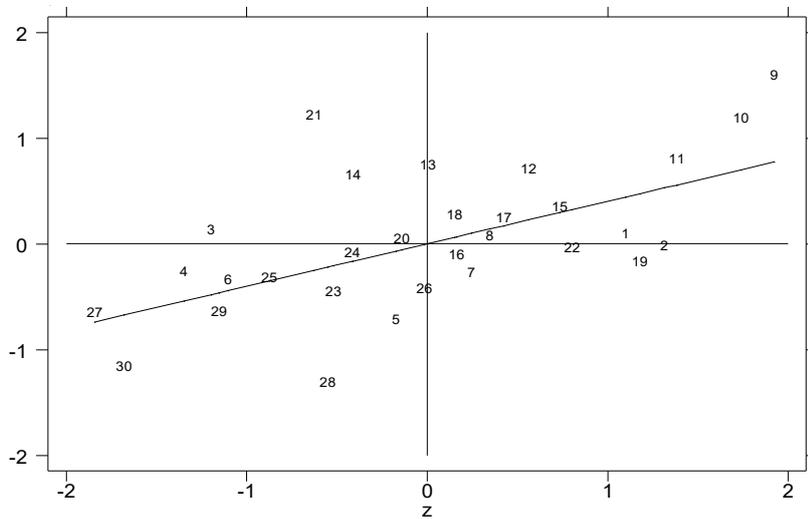


图 4.3 2011 年制造业转型升级水平局部莫兰检验结果

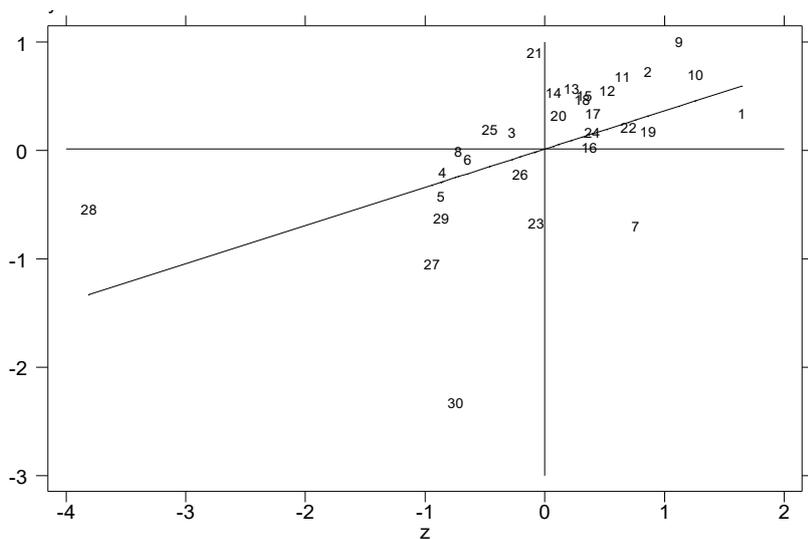


图 4.4 2019 年制造业转型升级水平局部莫兰检验结果

如图 4.3 和图 4.4 所示, 相较于 2011 年, 2019 年我国各地区的制造业转型升级水平呈现高一高集聚现象(观测值均落在第一象限)的省份明显增多, 说明近年来我国各地区制造业转型升级水平不断提高。但同时, 也存在部分中西部地区的省份制造业发展依然落后, 区域间差异较大。以上的局部莫兰检验结果再次说明我国各省制造业转型升级在空间上具有正相关性。因此, 在研究制造业转型升级的空间影响时, 应使用空间计量模型, 同时, 应将邻近地区之间的空间溢出效应纳入考量。

(2) 空间溢出效应分析

为进一步验证制造业转型升级是否具有空间溢出效应, 在空间计量模型选择上, 空间杜宾模型(SDM)是空间误差模型(SAR)和空间滞后模型(SEM)的一般形式, 适用范围更广, 故本文选择 SDM 模型进行以下分析。在回归之前, 依次进行了固定效应检验、LM 检验、LR 检验、Wald 检验。Hausman 检验的结果为 34.99, p 值为 0.000, 通过了 1% 的显著性检验。因此, 本文应选择固定效应模型。同时, LR 检验、Wald 检验结果表明 SDM 不能退化为 SAR 或 SEM, 最终选择时间空间双固定的 SDM 进行回归, 实证结果见表 4.6。

由表 4.6 可知, 制造业转型升级的空间自回归系数在 1% 的统计水平上显著为正, 说明我国各省的制造业转型升级存在显著的空间正向溢出效应。同时, 数字经济的空间滞后项的系数为负, 表明数字经济会对邻近地区的制造业转型升级产生一定的负向影响。可能的原因是, 在本地区数字经济发展水平提高带动其制造业转型升级的过程中, 会吸引更多的先进生产要素会流向该区域, 会对邻近地区制造业转型升级会产生一定的负向影响, 产生“虹吸效应”。因此, 本文研究假设 H5 得到验证。

接下来, 采用偏微分法对使用空间杜宾模型(SDM)得到的回归结果进行效应分解, 将其分解为直接效应和间接效应, 探讨分析我国各地区数字经济发展对周边地区制造业转型升级的影响效果究竟如何, 结果见表 4.6 第(2)-(4)列。

表 4.6 数字经济与制造业转型升级水平关系检验及效应分解结果

	(1)	(2)	(3)	(4)
	Wx	LR_Direct	LR_Indirect	LR_Total
DE	-0.650*** (-3.42)	0.115 (0.68)	-0.773*** (0.574)	-0.659** (-2.40)
FDI	-0.008 (-1.40)	-0.005* (-1.74)	-0.011 (-1.54)	-0.016* (-1.80)
HR	0.026 (0.75)	-0.004 (-0.20)	0.031 (0.79)	0.028 (0.64)
GI	-0.670*** (-3.33)	0.225** (2.24)	-0.747*** (-3.03)	-0.522* (-1.91)
IC	0.606* (1.75)	0.300* (1.96)	0.795* (1.86)	1.096** (2.43)
PGDP	0.013** (2.04)	0.004 (1.40)	0.017* (1.93)	0.022* (1.90)
Spatia rho		0.227*** (2.88)		
Sigma ²		0.002***		
R ²		0.574		
LR_test (SEM)		24.85***		
LR_test (SAR)		27.71***		
Wald_test (SEM)		26.02***		
Wald_test (SAR)		29.35***		

注：括号内均为 z 值。

从效应分解结果可以看出，在空间邻接矩阵下，在 1% 的统计水平上，数字经济发展的间接效应的估计结果显著为负，说明本地的制造业转型升级会受到邻近地区数字经济发展的负向影响，本文研究假设 5 得到检验。可能的原因是，当数字经济在某些地区迅速发展时，会吸引周边地区的劳动力、资本、技术等生产要素向先进生产力转移，地理位置相邻则增强了这种效应的反应，使得溢出效应带来的正向影响要小于“虹吸效应”带来的负向影响。同时，由于各地区之间发展数字经济存在明显的竞争效应，数字经济发展会加强该区域对知识和技术的保护作用，小于对周围产生良性的示范作用和知识溢出作用。因此，数字经济对周边地区制造业转型升级水平具有负向影响。

4.2.5 异质性分析

(1) 数字经济对我国不同区域制造业转型升级的影响

由于各地区经济发展水平各异，使得经济发展速度快、质量高的地区，技术创新能力也越强，拥有着更多的先进劳动力，越有助于制造业转型升级。因此，接下来基于地理位置和经济社会发展程度进行分区，将东部与中西部地区、HDI 高区与 HDI 低区进行对比，分区域检验数字经济促进制造业转型升级的作用效果在不同区域是否存在差异。

首先，本文根据 2000 年国家发改委划分，将全国 30 个省份（直辖市、自治区）划分为东部和中西部地区，其中东部地区为北京、广东等 11 个省市，中西部地区为山西、贵州等 19 个省市，用以检验数字经济对东部、中西部地区制造业转型升级的不同影响效果；其次，进一步根据人类发展指数（HDI）^①进行分区，基于 HDI 分区来比较数字经济对制造业转型升级的异质性影响。借鉴刘耀彬等（2020）的划分方法，将我国 31 个省份划分为 HDI 高区和 HDI 低区，分区考察数字经济对制造业转型升级的影响是否存在不同效果，回归结果见表 4.7。

表 4.7 分区异质性检验

	东部 (1)	中西部 (2)	HDI-H (3)	HDI-L (4)
DE	0.475*** (4.29)	0.460*** (3.59)	0.513** (2.39)	0.339 (1.01)
FDI	0.00545** (2.33)	-0.00471 (-1.10)	-0.00302 (-0.94)	0.00968 (1.14)
HR	0.0143 (1.59)	0.0149 (1.26)	0.0367 (1.23)	-0.00692 (-0.25)
GI	-0.172 (-1.23)	0.00982 (0.17)	0.0820 (0.28)	0.381*** (3.02)
IC	0.239*** (6.03)	0.357*** (7.84)	0.396 (0.83)	0.696*** (3.83)
PGDP	0.00464 (1.66)	0.00740 (1.30)	-0.000186 (-0.06)	-0.00593 (-1.01)
Cons	-0.00963 (-0.18)	-0.0838 (-0.75)	-0.234 (-0.65)	-0.0149 (-0.06)
N	99	171	108	162
R ²	0.763	0.573	0.270	0.208
F	44.96	34.82	2.163	2.432

注：括号内为 t 值。

^① 人类发展指数（HDI），是联合国开发计划署在 1990 年创立的以健康、良好的教育和较高的生活水平为基础的综合指数，用来衡量各国社会经济发展程度的标准。

根据豪斯曼检验结果，采用固定效应模型进行实证检验。表 4.7 第（1）列和第（2）列为按东部、中西部分区划分的回归结果。对比第（1）列和（2）列结果可以发现，在 1% 的统计水平上，DE 的估计系数均为正，且东部地区 DE 的系数要大于中西部地区。这表明无论东部还是中西部的数字经济发展均对该区域制造业转型升级具有显著的正向影响，但数字经济发展对制造业转型升级的影响在东部、中西部地区存在差异，即相较于中西部，东部地区的数字经济发展更能促进制造业转型升级。

表 4.7 第（3）列和第（4）列为按全国平均 HDI 指数划分的 HDI 高组和 HDI 低组的回归结果。表 4.7 中第（3）列结果显示，在 5% 的统计水平上，DE 的估计系数显著为正，而第（4）列 DE 的估计系数为正但不显著，这表明数字经济对制造业转型升级的影响在 HDI 发展水平不同的地区存在明显差异，在 HDI 高的地区数字经济对制造业转型升级的影响十分显著，而在 HDI 低的地区数字经济对制造业转型升级的影响则不明显。究其原因可能是在于 HDI 高的地区，多为北京、广东、江苏、浙江等发达省份，社会经济发展水平较高，技术创新能力强，人才相对集中，数字经济发展更能带动制造业转型升级。而在 HDI 低的地区，区域间差异较大，社会经济发展也相对落后，技术创新能力不足，主要承接发达地区的产业转移以及发展资源性产业，使得数字经济对制造业转型升级的驱动作用尚不明显。

（2）数字经济对制造业转型升级子系统的影响

接下来继续检验数字经济对制造业转型升级子系统的异质性影响。根据豪斯曼检验结果，采用固定效应模型进行回归。根据表 4.8 回归结果所示，第（1）列和第（2）列 DE 的估计系数为正，但不显著，说明表明数字经济对制造业效率升级化的促进作用还不够明显；在 1% 的统计水平上，第（3）列和第（4）列 DE 的估计系数显著为正，表明数字经济显著促进了制造业转型高级化。这说明相对于效率升级化，数字经济更能促进制造业转型高级化。究其原因可能是，以互联网、大数据等新兴为核心的数字经济，本身具有高技术性特征，其将信息、数据等高端生产要素引入生产、消费、流通等环节，有利于制造业附加值提升。同时，数字经济通过新技术运用，使得生产、消费等行为更趋环保，有利于制造业转型高级化。而在数字经济时代下，我国智能制造能力相对较弱，仍处于全球价值链中低端，因此，数字经济对效率升级化的促进作用尚未发挥充分作用。

表 4.8 子系统异质性检验

	效率升级化 (1)	效率升级化 (2)	转型高级化 (3)	转型高级化 (4)
DE	0.207 (0.64)	0.141 (0.42)	0.697*** (5.89)	0.769*** (6.10)
FDI		-0.00349 (-0.66)		-0.00328* (-1.66)
HR		0.00574 (0.14)		0.0148 (0.96)
GI		0.953*** (4.06)		-0.0788 (-0.89)
IC		0.953*** (2.99)		0.210* (1.75)
PGDP		0.00271 (0.50)		-0.00142 (-0.70)
Cons	0.202*** (4.62)	-0.389 (-1.00)	0.263*** (16.44)	0.0923 (0.63)
N	270	270	270	270
R ²	0.063	0.145	0.322	0.349
F	1.715	2.737	2.432	8.658

注：括号内为 t 值。

4.2.6 稳健性检验

(1) 内生性问题

前文已通过构建指标体系避免交叉、固定效应模型、加入一系列控制变量等方式对数字经济发展与制造业转型升级之间可能存在的内生性问题尽量加以控制，为了更好地保证结果的稳健性，本文进一步选择数字经济发展水平的滞后一期作为工具变量。通过 Hausman 等检验表明，工具变量的选取是较为合理的。同时，选择两阶段最小二乘法进行回归。

表 4.9 中的第 (1) 列和 (2) 列分别是利用最小二乘法得到的基准模型回归结果和采用工具变量的两阶段回归结果，考虑到可能存在的内生性，本文重点关注使用工具变量后的回归结果。第 (3) 列和 (4) 列分别是以工具变量作为解释变量回归的结果和对工具变量进行一阶段回归的结果。表 4.9 结果表明，本文所关注的核心解释变量的回归系数均显著为正，与基准回归结果一致，说明在考虑了内生性问题后，数字经济促进制造业转型升级的核心假说依然成立。

表 4.9 内生性检验

	OLS 回归	2SLS 回归	以工具变量为自变量	工具变量一阶段回归
	(1)	(2)	(3)	(4)
DE	0.197*** (2.94)	0.271*** (3.43)		
L.DE			0.634*** (3.53)	1.026*** (51.86)
FDI	0.00431** (2.04)	0.005* (1.95)	-0.003 (-0.99)	-0.001 (-1.01)
HR	0.0162** (2.13)	0.017** (2.50)	-0.002 (-0.11)	-0.001 (-0.33)
GI	-0.0207 (-1.38)	-0.015 (-0.73)	0.321** (2.48)	0.003 (0.51)
IC	0.300*** (11.26)	0.308*** (9.88)	0.423** (2.55)	0.006 (0.82)
PGDP	0.00407 (1.51)	0.003 (1.02)	-0.001 (-0.25)	0.001 (1.93)
_cons	-0.00836 (-0.15)	-0.034 (-0.62)	0.023 (0.12)	0.013 (0.95)
Chi ²	-	477.46	-	-
R ²	0.652	0.665	0.201	0.965

注：除（4）列括号内为 z 统计量，其余列括号内为 t 值。

（2）替换变量

为保证以上研究结果的可靠性，本文进行了如下稳健性检验：

①借鉴廖信林等（2021）改进熵值法模型，重新测度数字经济发展水平（DE1）和制造业转型升级水平（MTU1）。由表 4.10（1）列发现，核心解释变量的系数符号与前文基准回归结果一致，即数字经济发展能够促进制造业转型升级。

②借鉴 Syrquin and Chenery（1989）与戴魁早（2014）对制造业三类行业的划分，使用制造业分行业销售产值数据，重新测度我国各省的制造业转型升级水平，作为前文制造业转型升级水平的替代指标（MTU2）。计算公式为：

$$MTU2 = (\text{第一类行业产值} + \text{第二类行业产值}) / \text{第三类行业产值} \quad (4.5)$$

由（4.5）式计算得出的制造业转型升级水平是一个反向指标，数值越小，表明该省的制造业转型升级水平越高。由表 4.10 第（2）列可以看出，核心解释变量 DE 的系数在 5% 的统计水平上显著为负，说明数字经济发展能够显著促进制造业转型升级。

③借鉴傅元海等（2016）的方法，利用技术密集型制造业与资本密集型制造

业的增加值的比值重新衡量制造业转型升级水平，用 MTU3 表示，其能够反映出制造业产业结构是否朝着“服务化”方向发展。同时，数字经济发展水平更换为利用①中的改进熵值法测度出来的 DE1。由表 4.10 第 (3) 列可以看出，在 10% 的统计水平上，核心解释变量 DE1 的系数显著为正，说明数字经济对制造业转型升级的驱动作用明显。

④替换控制变量，将交通基础设施变量替换为城镇化水平变量 (LU)，用城镇人口与区域常住人口数的比重表示。表 4.10 第 (4) 列结果显示，核心解释变量 DE 的系数在 1% 的统计水平上显著为正。以上①-④均表明数字经济能够驱动制造业转型升级的结论是稳健的。

表 4.10 稳健性检验：替换变量

	(1)	(2)	(3)	(4)
	MTU1	MTU2	MTU3	MTU
DE		-27.64** (-2.01)		0.508*** (3.00)
DE1	0.557*** (3.78)		0.921* (1.66)	
FDI	-0.00329 (-1.33)	-0.0503 (-0.23)	0.0108 (1.17)	-0.00296 (-1.11)
HR	0.0100 (0.52)	3.916** (2.34)	0.0333 (0.46)	0.0139 (0.68)
GI	0.333*** (3.02)	-15.62 (-1.63)	0.503 (1.21)	0.265** (2.30)
IC	0.500*** (3.33)	-5.864 (-0.45)	-0.447 (-0.79)	
PGDP	-0.000191 (-0.07)	-0.0355 (-0.16)	-0.0145 (-1.52)	0.000401 (0.15)
LU				-0.000104 (-0.04)
_cons	-0.0891 (-0.49)	-20.71 (-1.30)	1.008 (1.47)	0.0513 (0.20)
个体固定	Yes	Yes	Yes	Yes
时间固定	Yes	Yes	Yes	Yes
R ²	0.206	0.167	0.187	0.155

注：括号为 t 值。

⑤空间溢出效应稳健性检验。使用①中测度的数字经济发展水平 (DE1) 和制造业转型升级水平 (MTU)，再次验证空间溢出效应的稳健性，步骤与前文相同，依旧选择 SDM 模型进行回归。表 4.11 (1) 列结果显示，核心解释变量 DE

的显著性、符号与前文回归结果基本一致，且从第（2）-（4）列的效应分解结果可以看出，数字经济发展的间接效应在 1% 的统计水平上显著为负，表明数字经济对制造业转型升级具有负向空间溢出效应的结论是稳健的。

表 4.11 稳健性检验：空间溢出效应

	(1) Wx	(2) LR Direct	(3) LR Indirect	(4) LR Total
DE1	-0.598*** (0.001)	0.119 (0.446)	-0.712*** (0.001)	-0.592** (0.026)
FDI	-0.008 (0.161)	-0.004* (0.086)	-0.012 (0.124)	-0.016* (0.074)
HR	0.029 (0.407)	-0.002 (0.901)	0.036 (0.378)	0.034 (0.454)
GI	-0.650*** (0.001)	0.232** (0.021)	-0.723*** (0.004)	-0.491* (0.076)
IC	0.621* (0.075)	0.309** (0.044)	0.823* (0.059)	1.132** (0.015)
PGDP	0.013* (0.052)	0.004 (0.188)	0.017* (0.065)	0.021* (0.071)
cons		0.0513 (0.20)	0.0513 (0.20)	0.0513 (0.20)
个体固定	Yes	Yes	Yes	Yes
时间固定	Yes	Yes	Yes	Yes
rho		0.233*** (0.003)		
Sigma ²		0.002*** (0.000)		
R ²		0.576		

注：括号内为 p 值。

（3）内在机制稳健性检验

为保证前文验证的假说：数字经济通过提高资源配置效率、技术创新水平、供需匹配度进而促进制造业转型升级的作用机制的实证结果的稳健性，本节进行内在机制稳健性检验（见表 4.12）。首先，利用前文测度的数字经济发展指数（DE1）和制造业转型升级水平（MTU1），分析资本要素配置作为中介变量时数字经济对制造业转型升级的影响效果。由表 4.12 第（1）列和第（2）列可以看出，核心解释变量 DE 的显著性、符号均与前文的中介效应结果基本一致，即数字经济发展能够通过提高资本配置效率促进制造业转型升级；

其次，更换中介变量衡量指标，技术创新水平选取 R&D 经费投入强度指标

(EI1) 进行替换, 供需匹配度选取开发新产品经费指标 (MSD1) 进行替换, 以进行稳健性检验。虽然指标的选取上存在着差异, 但其内在原理是一致的, 因此, 检验效果是具有可信度的。在检验方法与程序上与前文步骤相同, 表 4.12 第 (3) 列和第 (4) 列表明, 技术创新水平在其中发挥了中介效应。第 (5) 列和第 (6) 列则采用偏差校正的非参数百分位 BootStrap 法, 以检验供需匹配度作为中介变量时结论的稳健性, 表 4.12 检验结果表明, 间接效应 95% 的置信区间为 [0.096, 0.313], 不包含 0, 说明中介效应成立。数字经济通过提高技术创新水平、供需动态匹配驱动制造业转型升级。以上均与前文的研究结论保持一致, 表明稳健性检验通过。

表 4.12 内在机制稳健性检验

	(1) KRA	(2) MTU	(3) EI1	(4) MTU	(5) MSD1	(6) MTU
DE			1.701*** (3.74)	0.432*** (2.66)	5918*** (9.59)	0.452** (2.39)
DE1	-0.710*** (-3.36)	0.473*** (3.17)				
KRA		-0.118** (-2.58)				
EI1				0.0561** (2.43)		
MSD1						1.28e-05 (0.74)
FDI	-0.00544 (-1.54)	-0.00394 (-1.61)	0.0185** (2.59)	-0.00433* (-1.73)	-7.688 (-0.79)	-0.00319 (-1.27)
HR	-0.0839*** (-3.04)	0.000109 (0.01)	-0.0215 (-0.39)	0.0128 (0.66)	-119.4 (-1.58)	0.0131 (0.67)
GI	-0.0618 (-0.39)	0.326*** (2.99)	-0.301 (-0.95)	0.352*** (3.18)	-59.43 (-0.14)	0.335*** (3.01)
IC	0.298 (1.38)	0.536*** (3.59)	1.793*** (4.14)	0.404** (2.59)	586.5 (1.00)	0.497*** (3.27)
PGDP	-0.000960 (-0.26)	-0.000305 (-0.12)	0.00915 (1.25)	-0.000221 (-0.09)	-5.849 (-0.59)	0.000367 (0.14)
_cons	1.178*** (4.51)	0.0503 (0.27)	0.854 (1.62)	-0.156 (-0.85)	436.0 (0.61)	-0.113 (-0.61)
Sobel					0.181*** (3.681)	
BootStrap					0.184	
个体固定	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
时间固定	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes

N	270	270	270	270	270	270
R ²	0.266	0.229	0.599	0.215	0.477	0.196
F	5.842	4.459	24.13	4.101	14.70	3.656

注：除 Sobel 检验的括号内为 z 值，其余括号内均为 t 值。

5 结论与政策建议

5.1 结论

在数字经济蓬勃发展的背景之下，制造业的产业数字化变革已进入攻坚突破期，如何利用数字化优势提高制造业生产效率，促进制造业转型升级，成为我国当前亟待解决的问题。本文在梳理有关数字经济、制造业转型升级相关文献的基础上，根据产业升级、产业融合等理论，深入分析了数字经济驱动制造业转型升级的作用机制。通过选取 2011—2019 年我国 30 个省（市、自治区）的数据，从多维度构建数字经济发展与制造业转型升级水平评价指标体系，并利用改进的熵值法分别对其测度。同时，使用空间计量、中介效应等多种计量经济学模型，分析数字经济对制造业转型升级及其子系统的影响及其内在作用机制，并进一步探讨其空间溢出效应与区域异质性。本文得出的主要结论有：

第一，基准回归结果显示，数字经济对制造业转型升级具有显著的驱动作用。通过固定效应模型与 OLS 模型的回归结果的对比，以及在使用工具变量法和进行一系列稳健性检验后，本文的核心假说依然成立；

第二，中介效应检验结果显示，数字经济能够通过资本配置效率提升、技术创新水平提高、供需动态匹配促进制造业转型升级；

第三，空间计量模型结果显示，数字经济水平对制造业转型升级具有显著的空间溢出效应。数字经济对周边地区的制造业转型升级水平具有负向影响，产生“虹吸效应”；

第四，异质性分析结果显示，相对于效率升级化，数字经济更能促进制造业转型高级化，且数字经济对制造业转型升级的影响存在明显的区域差异。东部和中西部地区数字经济发展均对制造业转型升级起良好的促进作用，且东部地区的促进效果更加明显。但基于 HDI 进行分区时发现，在 HDI 高的地区，数字经济对制造业转型升级的影响效果更为显著，而在 HDI 较低的地区则不明显。

5.2 政策建议

基于上述结论，本文提出以下对策建议，以期为更好地促进数字经济发展和制造业转型升级提供一些思路：

5.2.1 加强数字基础设施建设

在数字经济发展能够促进制造业转型升级的现实依据下，我国应加强与数字经济发展相关的基础设施建设：第一，优化改造供电供水设施、生产设施和交通运输设施等制造业基础设施，为数字基础设施与制造业基础设施的协同发展奠定基础。第二，提高技术创新水平，拓展新一代信息网络，升级信息通讯基础设施。重点建设大数据中心、工业互联网、5G 通讯基站，加强数字技术在实体经济中的运用，尤其是引导数字技术应用于制造业融合发展。

5.2.2 提升资源配置效率

一是培养高层次复合型人才。各类学校要设置数字经济相关方向和专业，加强应用型技能人才培养，增加熟悉数字新技术的高层次复合型人才供给。同时，引导互联网公司与制造业企业共同建立人才培养基地，通过数字化技能培训等手段，提高企业人员的数字化素质；二是充分发挥数字经济在要素配置上能够突破时空限制的优势，引导制造业企业在生产过程中充分利用数字化新技术，以促进劳动力、资本要素等资源的有效配置，降低要素配置程度，提高资源配置效率。三是着重提升制造业生产效率，加快推进智能制造，抢占未来发展的战略制高点，推动我国制造业向全球价值链高端攀升。

5.2.3 促进供需动态匹配

数字化时代，信息要素流动性的明显增强，用户需求得到了全面释放，为应对市场供求的变化，制造业企业应积极搭建产业数字化平台。主要可以从两个方面着手：一方面，企业应积极构建数字化生产及运营平台，提升产品价值链。不仅在企业内部建立统一的数字化生产平台，充分协调各部门的生产信息流，利用数字化技术帮助企业实现精益生产。同时，为了提高运营效率，降低运营成本，可以将部分业务活动通过数字化运营平台从线下转移到线上，实现线上线下业务的无缝对接，部门之间的动态连接。这样才能及时响应市场需求的变化，创新产品体验，提高产品使用价值，增强企业市场竞争力；另一方面，引进先进的数字技术手段，对以劳动力和资本为基础的生产方式、商业模式加以改造，将数字技术应用于原材料采购、市场分析、产品设计、加工等环节，构建新业态、新模式，

推动制造业企业向智能化、数字化、平台化转型。

5.2.4 合理推进数字化转型

鼓励政府和企业进行合理投资和数字化改造。对企业而言，要注重制造业企业数字化转型的全局性和系统性，整合现有资源与数字化资源。在考虑引进技术的同时，也要对该技术是否能够与企业内部资源进行有效整合展开全面评估。同时，利用现有制造设备，合理配置闲置资源，通过数字化技术对传统设备的操作方式进行改良与升级，将智能制造技术融入生产管理过程，尽量避免造成引进技术和企业资金的浪费；对政府而言，要做好数字技术发展的设计工作，促进数字化发展。一方面，政府提供创新政策支持，为致力于数字化转型的制造业企业提供一定的税收优惠，鼓励企业进行数字化转型。同时，应规划建立数字化转型相应的引导基金，根据数字化需求为投入数字化转型的企业提供一定补贴，补贴数额按数字技术投资比例支付，并在此基础上建立数字化转型保障基金，降低试错成本。此外，另一方面，政府部门发挥带头作用，帮助数字化转型企业挖掘多元化融资渠道，引进社会资本，促进企业间的合作，共同推动技术进步。

5.2.5 分区域管理

鉴于数字经济发展对制造业转型升级的影响具有区域异质性，因此，东部地区应在现有发展的基础上继续大力推进数字化进程，推动数字产业化、产业数字化纵深发展。同时，构建新型产业体系，发展集成电路、生物医药、人工智能等先导产业，打造电子信息产业、汽车产业等高端产业集群，培育出一批具有国际竞争力的重要先进制造业基地，进一步提高数字经济驱动制造业转型升级的作用效果。而对于中西部地区而言，不仅要加大对数字经济发展的支持力度，制定各项有利于数字经济发展的政策，还要引进高水平人才、实施发达地区的技术对接、帮扶。同时，大力发展电子设备、仪器仪表等技术密集型制造业，加快实现制造业数字革新。并且充分发挥现代服务业，尤其是生产性服务业的支撑作用，促进制造业与服务业融合发展，增加聚合效应，提升附加值。同时，为了规避区域间产生的“虹吸效应”，减轻数字经济对邻近地区制造业转型升级的负向空间溢出效应，应以融合发展为导向出台相关政策，探索区域协调发展新道路。

参考文献

- [1] Agostino M.,Giunta A.,NugentJB.,et al.The importance of being a capable supplier:Italian industrial firms in GVCs[J].International Small Business Journal,2015,33(7): 708-730.
- [2] Banister J,Cook G.China's Employment and Compensation Costs in Manufacturing Through 2008[J].Monthly Labor Review,2011,134(3):39-52.
- [3] Carluccio,J.,A. Cu at,H. Fadinger,and C. Fons-Rosen.Offshoring and Skill-Upgrading in French Manufacturing[J]. Journal of International Economics 2019,118:138-159.
- [4] Koopman R., Wang Z., Wei S. J.. Tracing Value-Added and Double Counting in Gross Exports[J]. American Economic Review, 2014,104 (2): 459-494.
- [5] Kaplinsky R.,Readman J.Globalization and Upgrading:What Can (and cannot) be Learnt from International Trade Statistics in the Wood Furniture Sector[J]. Industrial and Corporate Change. 2005,14(4):679-703.
- [6] Negroponte, Nicholas. Being Digital [M].New York: Alfred A.Knof,1995.
- [7] Syrquin M, Chenery H.Three Decades of Industrialization[J].The World Bank Economic Review, 1989, 3 (2) :145-181.
- [8] Yang C. H., Dietzenbacher E., Pei J. S., Chen X. K., Zhu K. F., Tang Z. P..Processing Trade Biases The Measurement of Vertical Specialization In China[J]. Economic Systems Research,2015,27(1): 60-76.
- [9]陈瑞,郑毓煌,刘文静. 中介效应分析:原理、程序、Bootstrap方法及其应用[J]. 营销科学学报, 2013, 9 (4) :120-135.
- [10]陈永伟,胡伟民. 价格扭曲、要素错配和效率损失: 理论和应用[J]. 经济学(季刊) ,2011, (04): 1401-1422.
- [11]戴魁早. 中国工业结构的优化与升级:1985-2010[J]. 数理统计与管理, 2014 (3): 296-304.
- [12]杜宇玮. 中国生产性服务业对制造业升级的促进作用研究——基于效率视角的评价[J]. 当代经济管理, 2017 (5): 65-72.
- [13]傅元海,叶祥松,王展祥. 制造业结构优化的技术进步路径选择——基于动态面

- 板的经验分析[J]. 中国工业经济, 2014, (9): 78-90
- [14] 范鑫. 数字经济与出口: 基于异质性随机前沿模型的分析[J]. 世界经济研究, 2021, (02): 64-76+135.
- [15] 高康, 原毅军. 生产性服务业空间集聚如何推动制造业升级[J]. 经济评论, 2020, (04): 20-36.
- [16] G 多西, C 弗里曼, R 纳尔逊, G 西尔弗伯格, L 苏蒂. 技术进步与经济理论[M]. 经济科学出版社, 1992.
- [17] 葛和平, 吴福象. 数字经济赋能经济高质量发展: 理论机制与经验证据[J]. 南京社会科学, 2021, (01): 24-33.
- [18] 侯晓晔, 苑春荟. 生产性服务业发展、制造业服务化与制造业升级的关系研究[J]. 江淮论坛, 2021, (03): 33-40+193.
- [19] 何文彬. 全球价值链视域下数字经济对我国制造业升级重构效应分析[J]. 亚太经济, 2020(3): 115-130, 152.
- [20] 何盈颖. 中国数字经济对产业结构升级的影响研究[D]. 河北大学, 2021.
- [21] 侯宇琦. 数字经济对区域绿色发展的影响效应研究[D]. 兰州大学, 2021.
- [22] 胡聪. 交通基础设施对中国制造业升级的影响研究[D]. 广东外语外贸大学. 2020.
- [23] 荆文君, 孙宝文. 数字经济促进经济高质量发展: 一个理论分析框架[J]. 经济学家, 2019, (2): 66-73.
- [24] 黎晓春, 常敏. 数字经济时代创新型城市发展的动力变革和路径优化研究[J]. 治理研究, 2020, 36(01): 93-99.
- [25] 李永友, 严岑. 服务业“营改增”能带动制造业升级吗?[J]. 经济研究, 2018, 53(04): 18-31.
- [26] 林秀梅, 关帅. 环境规制对中国制造业升级的非线性影响——基于面板平滑迁移模型的经验分析[J]. 西安交通大学学报(社会科学版), 2019, 39(04): 1-8.
- [27] 李怡, 柯杰升. 三级数字鸿沟: 农村数字经济的收入增长和收入分配效应[J]. 农业技术经济, 2021, (08): 119-132.
- [28] 廖信林, 杨正源. 数字经济赋能长三角地区制造业转型升级的效应测度与实现路径[J]. 华东经济管理, 2021, 35(06): 22-30.

- [29] 李磊, 刘常青, 徐长生. 劳动力技能提升对中国制造业升级的影响: 结构升级还是创新升级[J]. 经济科学, 2019, (04): 57-68.
- [30] 林秀梅, 关帅. 环境规制对制造业升级的空间效应分析——基于空间杜宾模型的实证研究[J]. 经济问题探索, 2020, (02): 114-122.
- [31] 刘昭洁. 数字经济背景下的产业融合研究[D]. 对外经济贸易大学, 2018.
- [32] 马中东, 宁朝山. 数字经济、要素配置与制造业质量升级[J]. 经济体制改革, 2020, (03): 24-30.
- [33] 潘为华, 贺正楚, 潘红玉. 中国数字经济发展的时空演化和分布动态[J]. 中国软科学, 2021, (10): 137-147.
- [34] 潘为华, 潘红玉, 陈亮, 贺正楚. 中国制造业转型升级发展的评价指标体系及综合指数[J]. 科学决策, 2019(09): 28-48
- [35] 裴长洪, 倪江飞, 李越. 数字经济的政治经济学分析[J]. 财贸经济, 2018(9): 5-22.
- [36] 任碧云, 贾贺敬. 基于内涵重构的中国制造业产业升级测度及因子分析[J]. 经济问题探索, 2019(04): 141-148
- [37] 孙倩倩, 周建军. 信息化对制造业升级的影响——基于技术创新视角的分析[J]. 科学决策, 2021, (05): 44-64.
- [38] 石喜爱, 季良玉, 程中华. “互联网+”对中国制造业转型升级影响的实证研究——中国 2003-2014 年省级面板数据检验[J]. 科技进步与对策, 2017, 34(2): 64-71.
- [39] 宋歌. 数字经济时代加快传统制造业转型升级研究[J]. 产业创新研究, 2019, (12): 116-118.
- [40] 沈运红, 黄桁. 数字经济水平对制造业产业结构优化升级的影响研究——基于浙江省 2008—2017 年面板数据[J]. 科技管理研究, 2020, 40(03): 147-154.
- [41] 水冰. 制造业转型升级能力的测度及其影响因素研究 ——基于中国省级面板数据的分析[D]. 山东大学, 2018.
- [42] 涂颖清, 谭旭孙. 我国制造业升级的创新机制研究[J]. 江西农业大学学报(社会科学版), 2011, 10(04): 69-73.
- [43] 全文涛, 顾晓光. 市场分割对制造业升级的影响效应研究[J]. 现代经济探讨,

- 2019, (11): 106-112.
- [44] 温珺, 阎志军, 程愚. 数字经济驱动创新效应研究——基于省际面板数据的回归[J]. 经济体制改革, 2020, (03): 31-38.
- [45] 王梦菲, 张昕蔚. 数字经济时代技术变革对生产过程的影响机制研究[J]. 经济学家, 2020, (01): 52-58.
- [46] 王贵铎, 崔露莎, 郑剑飞, 王春枝. 数字经济赋能制造业转型升级: 异质性影响机理与效应[J]. 统计学报, 2021, 2(05): 9-23.
- [47] 王凯. 数字经济、资源配置与产业结构优化升级[J]. 金融与经济, 2021, (04): 57-65.
- [48] 万永坤, 王晨晨. 双重环境规制对劳动生产率的影响——基于资本深化的中介效应分析[J]. 兰州财经大学学报, 2021, 37(04): 81-90.
- [49] 温忠麟, 叶宝娟. 中介效应分析: 方法和模型发展[J]. 心理科学进展, 2014, 22(5): 731-745.
- [50] 万永坤, 王晨晨. 数字经济赋能高质量发展的实证检验[J]. 统计与决策, 2022, 38(04): 21-26.
- [51] 韦庄禹, 李毅婷, 武可栋. 数字经济能否促进制造业高质量发展——基于省际面板数据的实证分析[J]. 武汉金融, 2021, (03): 37-45.
- [52] 熊励, 郑慧娴. 创新要素协同对制造业转型升级效率的影响——基于品牌竞争力视角[J]. 工业技术经济, 2020, 39(03): 20-29.
- [53] 向国成, 石校菲, 邝劲松. 数字经济发展提高了居民消费水平吗[J]. 消费经济. 2021, 37(05): 44-55.
- [54] 阎世平, 武可栋, 韦庄禹. 数字经济发展与中国劳动力结构演化[J]. 经济纵横, 2020, (10): 96-105.
- [55] 杨丽, 孙之淳. 基于熵值法的西部新型城镇化发展水平测评[J]. 经济问题, 2015, (03): 115-119.
- [56] 杨青峰, 李晓华. 数字经济的技术经济范式结构、制约因素及发展策略[J]. 湖北大学学报(哲学社会科学版), 2021, 48(01): 126-136.
- [57] 鄢显俊. 从技术经济范式到信息技术范式——论科技—产业革命在技术经济范式形成及转型中的作用[J]. 数量经济技术经济研究, 2004, (12): 139-146.
- [58] 阳立高, 龚世豪, 王铂, 晁自胜. 人力资本、技术进步与制造业升级[J]. 中国软

- 科学, 2018, (01): 138-148.
- [59]张诚, 赵刚. 对外直接投资与中国制造业升级[J]. 经济与管理研究, 2018(6): 52-65.
- [60]曾繁华, 何启祥, 冯儒, 吴阳芬. 创新驱动制造业转型升级机理及演化路径研究——基于全球价值链治理视角[J]. 科技进步与对策, 2015(24): 45-50.
- [61]张腾, 蒋伏心, 韦朕韬. 数字经济能否成为促进我国经济高质量发展的新动能?[J]. 经济问题探索, 2021, (01): 25-39.
- [62]赵西三. 数字经济驱动中国制造转型升级研究[J]. 中州学刊. 2017, (12): 36-41.
- [63]张于喆. 数字经济驱动产业结构向中高端迈进的发展思路与主要任务[J]. 经济纵横, 2018, (9): 85-91.
- [64]张玉琳. 数字经济发展对浙江省制造业升级的影响研究[D]. 浙江师范大学. 2021.
- [65]赵景峰, 杨承佳. 生产性服务进口对中国制造业升级的影响研究[J]. 经济纵横, 2019, (03): 102-113.
- [66]周茂, 陆毅, 杜艳, 姚星. 开发区设立与地区制造业升级[J]. 中国工业经济, 2018, (03): 62-79.
- [67]刘耀彬, 熊瑶. 环境规制对区域经济发展质量的差异影响——基于 HDI 分区的比较[J]. 经济经纬, 2020, (03): 1-10.

后 记

时间犹如白驹过隙，在兰州财经大学的求学生涯即将结束。回想这三年的硕士研究生生活，有无数的感动和收获，感谢这段经历，不仅使我学到了很多专业知识，也使我在实践中获得了成长。

2019年，我加入万永坤老师师门，老师学术态度严谨认真，对学生细心、照顾，为人随和，亦师亦友。在这三年中，无论是学习还是生活上，老师都给予了我非常多的关怀与照顾。从论文的选题、写作到课题研究，老师都耐心地指导着我，是我学术上的启蒙老师。老师常常鼓励我积极思考，自己发现问题，再去解决问题，使我逐渐有了学术研究的兴趣，学术能力也慢慢得到提高。在这里衷心的感谢万老师和师母对我的教导，祝福老师万事如意，桃李满天下！

感恩我的父母、亲人，年少的时光伴随着求学的喜怒哀乐，其中又包含了父母的多少酸甜苦辣。感谢父母对我不计回报的关心和爱护、对我学业上无限的支持，对我继续攻读博士的鼓励，这些都给予了我莫大的信心和勇气，使我能够没有后顾之忧的全身心投入到学业上。那些不经意间流逝的光阴，在父母脸上留下了依稀可见的痕迹，是他们将青春和爱毫无保留的奉献给了我，才有了现在这个坚毅、善良、无所畏惧的我。家就像我人生路上的一盏明灯，一直支持我勇往直前，一直给予我无尽的鼓舞，惟愿父母平安康健！

感谢帮助过我的所有老师、同学、朋友，可爱可敬的研秘张璐老师，感谢他们给予我学习与生活上的帮助。还要感谢我的硕士研究生舍友王娜、胡芮和杨晔，她们学习努力，善良可爱，积极向上！遇到如此志同道合的朋友是我感到十分难得的，感谢她们三年来对我的照顾和包容，希望未来的我们都更加发光发热！

感谢兰州这座古老的城市，感谢母校兰州财经大学，给我的青春年华写下了难以忘怀的记忆。校园的点点滴滴历历在目，“博修商道”的校训激励着我奋斗前行，未来我定以兰财人为荣。在母校即将迎来七十周年校庆之际，对兰州财经大学说一声：生日快乐！我衷心的祝福母校：桃李满园竞芬芳，硕果累累谱华章！

伴随着毕业论文写作的结束，我的硕士研究生生活也即将画上完美的句号！感恩国家，感恩社会，感恩所有相遇，感谢一直努力、不断奋斗的自己，我将重新出发，奔赴美好前程！