

分类号 C8/326
U D C

密级 公开
编号 10741

兰州财经大学

LANZHOU UNIVERSITY OF FINANCE AND ECONOMICS

硕士学位论文

论文题目 数字经济对中国工业高质量发展的影响研究

研究生姓名: 刘璐

指导教师姓名、职称: 刘明教授

学科、专业名称: 应用经济学 统计学

研究方向: 经济与社会统计

提交日期: 2023年5月30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： 刘璐 签字日期： 2023年5月30日

导师签名： 刘明 签字日期： 2023年5月30日

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： 刘璐 签字日期： 2023年5月30日

导师签名： 刘明 签字日期： 2023年5月30日

Research on the Impact of Digital Economy on the High Quality Development of China's Industry

Candidate : Liu Lu

Supervisor: Liu Ming

摘要

我国经济已由高速增长阶段转向高质量发展阶段，工业作为实体经济的核心，推动工业高质量发展是实现经济高质量发展的重要抓手和关键环节。当前，工业发展存在关键领域的技术创新能力不足，产能过剩问题，增长方式相对粗放，质量和效率亟待提高等问题。面对“第四次工业革命”，如何推动数字技术与实体经济深度融合，促进传统产业转型升级，释放数字经济动能，实现工业高质量发展，成为当前亟需解决的问题。

本文对数字经济和工业高质量发展相关文献进行梳理和归纳，厘清数字经济发展的相关理论，深入分析数字经济对工业高质量发展的积极影响以及数字经济赋能工业高质量的潜在阻碍。考虑到现有研究在研究区域和研究变量上的局限性，本文基于2010-2020年的省级面板数据进行实证研究。首先基于新发展理念 and 工业高质量发展内涵，从创新驱动、结构优化、绿色高效、国际竞争力、社会效益五个维度构建综合评价指标体系，对地区工业高质量发展水平进行测度并分析其时空变化特征；其次，划分数字经济行业，对数字经济规模进行测算；最后通过构建面板平滑转移模型、空间杜宾模型等，研究数字经济影响工业高质量发展的区域异质性，非线性特征和空间溢出效应。研究得到如下结论：

第一，工业高质量发展整体水平呈稳步上升态势，但是区域工业高质量发展不平衡，呈阶梯式空间发展格局，同时工业高质量发展具有都市联动效应。

第二，数字经济规模两极分化严重，存在明显的“数字鸿沟”现象。从数字经济发展趋势来看，数字鸿沟现象略有改善，整体的数字经济规模在持续扩大。

第三，数字经济对工业高质量发展有推动作用，且这种推动作用具有区域异质性和非线性动态特征。区域异质性方面，数字经济对工业高质量发展的促进作用在中部地区最大，东部地区次之，西部地区不显著。非线性特征方面，数字经济对工业高质量发展的促进作用具有边际效应递增的特点，且数字经济的规模突破一定阈值后，其对工业高质量发展的促进作用会被放大。

第四，数字经济对本地区的工业高质量发展具有显著促进作用，但对其他地区的工业高质量发展存在负的空间溢出效应。

关键词：数字经济 工业高质量发展 异质性 非线性特征 空间效应

Abstract

China's economy has changed from a stage of rapid growth to a stage of high-quality development. At present, there are problems in industrial development, such as insufficient innovation capacity, overcapacity, relatively extensive growth mode, and urgent need to improve quality and efficiency. In the face of the "industry 4.0", how to release the kinetic energy of the digital economy, and achieve high-quality industrial development has become an urgent problem to be solved.

This paper combs and summarizes the literature related to digital economy and high-quality industrial development, clarifies the relevant theories of digital economy development, and deeply analyzes the positive impact of digital economy on high-quality industrial development and the potential obstacles of digital economy enabling high-quality industry. Considering the limitations of existing research on research regions and research variables, this paper conducts empirical research based on provincial panel data from 2010 to 2020. First, based on the new development concept, a comprehensive evaluation index system is constructed from five dimensions: innovation, structural optimization, green efficiency, international competitiveness, and social benefits to measure the level of high-quality industrial development in the

region and analyze its spatio-temporal dynamic characteristics. Secondly, divide the digital economy industry and calculate the scale of the digital economy. Finally, the PSTR model and spatial Dubin model are constructed to study the regional heterogeneity, nonlinear characteristics and spatial spillover effects of digital economy on high-quality industrial development. The following conclusions are drawn:

First, the overall level of high-quality industrial development is steadily rising, but the high-quality development of regional industries is uneven, showing a ladder like spatial development pattern. At the same time, high-quality industrial development has an urban linkage effect.

Second, the scale of the digital economy is seriously polarized, and there is an obvious "digital divide". From the perspective of the development trend of the digital economy, the digital divide has narrowed slightly, and the overall scale of the digital economy has continued to expand.

Third, the digital economy can promote the high-quality development of industry, which is characterized by regional heterogeneity and nonlinear dynamics. In terms of regional heterogeneity, the digital economy plays the largest role in promoting high-quality industrial development in the central region, followed by the eastern region, and the western region is not significant. In terms of non-linear characteristics, the promotion of digital economy on high-quality industrial development

is characterized by increasing marginal effect. After the scale of digital economy breaks through a certain threshold, its promotion on high-quality industrial development will be amplified.

Fourth, the digital economy has a significant role in promoting the high-quality industrial development of this region, but it has a negative spatial spillover effect on the high-quality industrial development of other regions.

Keywords : Digital economy; High quality development of industry; Heterogeneity; Nonlinear characteristic; Spatial effect

目 录

1 绪论	1
1.1 研究背景与研究意义.....	1
1.1.1 研究背景.....	1
1.1.2 研究意义.....	2
1.2 研究文献综述.....	3
1.2.1 工业高质量发展的研究动态.....	3
1.2.2 数字经济的内涵与测度.....	5
1.2.3 数字经济与高质量发展.....	8
1.3 研究内容与研究方法.....	9
1.3.1 研究内容.....	9
1.3.2 研究方法.....	10
1.4 边际贡献与不足.....	11
1.4.1 边际贡献.....	11
1.4.2 不足之处.....	11
2 数字经济影响工业高质量发展的理论分析框架	12
2.1 数字经济发展特征.....	12
2.1.1 规模效应.....	12
2.1.2 网络效应.....	12
2.2 数字经济对工业高质量发展的积极影响.....	13
2.2.1 数字经济的创新驱动效应.....	13
2.2.2 数字经济的节能降耗效应.....	14
2.2.3 数字经济的要素升级效应.....	15
2.2.4 数字经济的结构优化效应.....	16
2.3 数字经济赋能工业高质量发展的潜在阻碍.....	16
3 工业高质量发展评价和数字经济规模测算	19
3.1 工业高质量发展评价.....	19

3.1.1 工业高质量发展评价指标体系的建立与水平测度	19
3.1.2 工业高质量发展的时空特征分析	23
3.2 数字经济规模测算	26
3.2.1 数字经济规模测算方法	26
3.2.2 数字经济规模的时空分布特征	29
4 数字经济影响工业高质量发展的实证分析	31
4.1 研究设计	31
4.1.1 模型设定	31
4.1.2 变量说明和数据来源	34
4.2 数字经济对工业高质量发展的影响	35
4.2.1 数字经济对工业高质量的线性影响	35
4.2.2 数字经济影响工业高质量发展的区域异质性	36
4.2.3 数字经济影响工业高质量的非线性特征	37
4.2.4 数字经济对工业高质量发展的空间溢出效应	40
5 结论与相关启示	44
5.1 研究结论	44
5.2 研究启示	44
参考文献	47
攻读硕士学位期间承担的科研任务及主要成果	52
致谢	53

1 绪论

1.1 研究背景与研究意义

1.1.1 研究背景

自 1978 年改革开放以来，人民的生活水平逐年提高，经济保持着高速发展，中国 GDP 从 1978 年的 3600 多亿元增加到了 2021 年的 114 万亿，实现了经济规模巨大的飞跃。随着中国的经济发展，工业化进程也在加速推进，工业化水平大度提升。近年中国的工业经济总量已经跃居世界第一，且通过不断的技术创新和产业升级，提高工业化水平和产品质量，中国的工业经济已经成为世界领先的工业经济之一。此外，中国的工业化进程还带动了就业和城市化的快速发展，为中国经济的可持续发展提供了强有力的支持。同时，党的十九大报告也指出，我国要建设成社会主义现代化强国，必须要重视工业的发展，工业是基础，工业稳则经济稳，工业强则经济强，因此实现工业高质量发展是实现中国建设社会主义现代化强国的必由之路。我国经济已由高速增长阶段转向高质量发展阶段，正处于转变发展方式、优化经济结构、转换增长动力的攻关期。且随着新冠疫情的反复爆发和外部环境的冲击，中国经济发展陷入困境，实现工业高质量发展任重而道远。在面对中国工业取得的辉煌成就的同时，也要清醒地认识到中国工业化进程仍需不断推进，工业发展存在关键领域的技术创新能力不足，基础研究投入不足；产能过剩问题严重，经济运行风险加大；增长方式相对粗放，质量和效率亟待提高等问题。为了实现工业高质量发展这一长远目标，现有的经济发展模式已经略显疲态，亟待寻找新的发展动能。

随着信息通信技术的快速发展和广泛应用，人们的生产、生活和经营方式发生了巨大的变化，并影响国民社会经济的方方面面。基于此，人们提出了数字经济的概念，并在此基础上不断扩充和发展，为社会经济发展注入新的发展动力。数字经济的发展给各行各业提供了一个新的发展方向，开辟了新的赛道，促进了经济的稳步向前发展。世界各国都想要在这条新赛道上拿到好成绩，提振本国经济，增加就业机会，为行业的转型升级和自动化奠定坚实的基础。2016 年，我

国首次在《政府工作报告》中重点强调要积极推进数字经济的进一步发展，从政府层面为数字经济发展扫除障碍。在党的十九大报告中，进一步提出了要建设“数字中国”的宏伟目标。依托我国庞大的市场和完整的产业体系，数字经济蓬勃发展。据有关机构发布的白皮书显示，2021年我国数字经济规模庞大，突破了45万亿，有力地提振了受到疫情影响的中国经济，数字经济的发展进入了一个新的阶段，数字经济已成为当前经济发展的新动力。

数字经济与实体经济融合，推动产业数字化和数字产业化水平，提高技术创新能力，发挥数字金融的普惠效应，加强数字人才培养的方式构建实体经济、科技创新、现代金融、人力资源协同发展的产业体系，因此，数字经济对于工业高质量发展乃至经济高质量发展都有较大的促进作用。数字经济不只提供了一种新的经济形态，还通过新技术形成新产业、新产业催生新模式、新技术赋能传统产业三条路径，推动全球经济产业变革，其发展过程中出现的各种新技术被广泛应用于生产、消费、分配和流通的各个环节，进一步加速了国内国际双循环过程并且提高了循环的效率。在新时代背景下，发展数字经济、助推制造业数字化转型成为提升工业经济发展质量的关键机遇。

1.1.2 研究意义

高质量发展近年来是学界和政府关注的焦点，中国作为工业大国，如何抓住数字经济机遇，提升工业发展质量？数字经济在我国工业高质量发展过程中作用力如何，是否存在非线性影响？数字经济对我国工业高质量发展的影响是否存在区域异质性？数字经济是否工业高质量发展存在空间溢出效应？这些都是本文要探索的问题。本文从数字经济影响工业高质量发展的理论机制出发，构建面板平滑转移模型（PSTR）、空间计量模型，利用2010年-2020年我国30个省市的面板数据对上述问题进行实证研究，为进一步释放数字经济生产力，提升新时代工业发展质量提供新思路。因此，本文在理论和现实层面都有一定意义。

（一）理论意义

第一，目前关于工业高质量的研究集中在工业高质量发展水平的测度上，本文将数字经济与工业高质量发展纳入同一分析框架，系统分析数字经济对工业高质量发展的作用效果和作用机制，为实现工业高质量发展提供新的理论支撑。

第二,目前关于如何实现工业高质量的研究大多为定性分析,缺乏实证检验,本文基于 2010 年-2020 年的省际面板数据,实证分析了数字经济对中国工业高质量发展的影响,使得研究结果更有说服力。

(二) 现实意义

本文及时关注了新时代中国对工业高质量发展的要求,探究第四次工业革命的背景下,数字经济对工业高质量发展的作用效果,揭示数字经济影响工业高质量发展的作用机制,进而充分释放数字经济动能,发挥其对工业高质量发展的驱动作用,这对于解决我国工业化进程中的问题和推动工业高质量发展具有重要的现实意义。

1.2 研究文献综述

1.2.1 工业高质量发展的研究动态

随着 2017 年中国共产党第十九次全国代表大会首次提出高质量发展,学界对经济发展质量的研究再次受到关注。实现经济高质量发展的基础和前提是工业发展质量,而其也是经济发展质量的核心。目前围绕工业高质量发展的研究主要聚焦在其内涵和评估上。从理论源流来看,工业高质量发展源自高质量发展。党的十九大报告将高质量发展描述为更高质量、更有效率、更加公平、更可持续发展,各学者在此基础上对高质量发展的内涵和外延不断规范。部分学者基于马克思主义政治经济学视角,钞小静和薛志欣(2018)通过梳理马克思主义政治经济学理论,提出经济高质量发展应满足发展动力、发展结构和发展效率三个方面的要求^[18];张涛(2020)认为高质量发展的内涵会随着生产力水平和经济社会的不断发展而逐渐丰富,且强调要从宏中微观三个不同层次关注“质量”的内涵^[61]。也有学者认为高质量发展不仅包含经济发展层面,还应从社会效益等层面丰富高质量发展内涵。任保平和李禹墨(2018)强调生态效益、社会效益、经济效益的结合,指出高质量发展包括生态环境高质量、人民生活高质量、城乡建设高质量、经济发展高质量、改革开放高质量五个方面^[39]。赵剑波等(2019)认为高质量发展的目标是满足人民日益增长的美好生活需要,并从系统平衡观、经济发展观、民生指向观三个视角剖析高质量发展的内涵,指出高质量发展要提升要素投入质

量,强调发展的效益,注重成果为全民所享^[64]。李金昌等(2019)基于不同分析视角将当前对高质量发展内涵的研究归纳为三大类,同时指出这些研究的整体意义指向是一致的,即高质量发展以满足人民日益增长的美好生活需要为根本目的,以五大新发展理念为根本理念和指导思想^[30]。随着高质量发展内涵的不断丰富,其对工业高质量发展的内涵和内在要求也产生了一定影响。史丹和李鹏(2019)认为工业高质量发展的内涵和实质是对经济增长的贡献和作用,随着经济社会的不断发展,工业发展面临的需求也在不断变化,工业高质量发展的内涵在不断拓展^[40]。目前关于工业高质量发展的内涵研究尚未明确,但高质量发展作为工业高质量发展的理论来源,其相关研究为理解工业高质量发展内涵提供了一定理论依据。

在上述高质量发展内涵研究的基础上,不少学者构建高质量发展评价模型并取得一定成果,但大多数研究围绕整体经济社会层面展开,针对工业领域进行高质量发展评估的研究相对较少。蔺鹏和孟娜娜(2021)构建资本、劳动和能源三要素标准化 CES 生产函数,通过计算工业绿色全要素生产率(GTFP)来衡量工业高质量发展,并基于技术一致性理论探究工业高质量发展的和新动能^[34]。但单一指标并不能全面概括工业高质量发展的丰富内涵,绿色全要素生产率只体现了工业高质量发展对绿色低碳的要求,并不能充分体现工业高质量发展水平。因此,一些学者通过构建综合评价指标体系来测度工业高质量发展水平。史丹和李鹏(2019)以工业发展面临的需求为出发点,从产出效率、结构优化、产品需求、技术创新、出口创汇与竞争力、就业吸纳与产业协同、资源环境、基础设施建设八个子维度,综合评价中国自加入 WTO 以来的工业发展质量^[40]。较多学者以五大新发展理念为引领,构建工业高质量发展指标评价体系。宋晓娜和张峰(2019)根据新型工业化道路和新发展理念,构建“创新—协调—绿色—开放—共享”综合测度体系,采用正态云和关联函数法测度并横纵向分析我国工业发展质量^[41]。杜宇等(2020)从创新驱动、绿色转型、协同发展、开放发展、质量效益 5 个维度构建工业高质量发展评价体系^[22]。邹圆和唐路元(2021)在新发展理念的基础上考虑效益原则,从经济效益提升、创新驱动发展、结构协调优化、低碳绿色环保、开放纵深推进、成果普惠共享 6 个维度评价长江经济带的工业发展质量^[68]。车明佳和赵彦云(2021)立足提质增效和新发展理念,从工业规模、生产效率、

技术创新、营商要素、能源环境和社会效益 6 个维度编制工业高质量发展指数，并探究其时空演变特征^[19]。

通过对工业高质量发展相关研究进行梳理，可知当前关于工业高质量发展的内涵尚无明确定义，但关于高质量发展的内涵和外延逐渐规范，为后续研究工业高质量发展提供一定参考。关于构建工业高质量发展评价体系的方法尚未形成统一标准，但主流方法是以五大新发展理念为基础构建综合评价指标体系。目前关于工业高质量发展的定量研究较少，主要集中在工业高质量发展的趋势分析和空间分布演进。因此，本文在参考相关理论与文献的基础上，首先界定了工业高质量发展的内涵：首先，以“创新、协调、开放、绿色、共享”的新发展理念为指导思想，以满足人民日益增长的美好生活需要为目标；其次，从新时代下工业发展面临的需求出发，解决当前我国工业发展的问题，如解决工业创新能力不足、结构不合理、运行效率低、环境污染等问题。基于此，本文将从创新驱动、结构优化、国际竞争力、绿色高效、社会效益五个维度构建工业高质量发展评价指标体系，并采用熵权 Topsis 法对工业高质量发展水平进行测度。

1.2.2 数字经济的内涵与测度

数字经济这一概念最早由 Tapscott Don（1996）在其编写的《The digital economy: Promise and peril in the age of networked intelligence》一书中提出^[15]。Brent R. Moulton 和 R Kling & R Lamb（1999）认为信息技术是数字经济发展的基础^[14]。Beomsoo Kim（2002）指出以数字化的商品和服务进行贸易的一种新的特殊的经济形态即为数字经济^[8]。各国早期对数字经济的定义倾向于广义的电子商务，其中以日本为典型代表，后美国在此定义上扩充，并给出规范表述，将数字经济划分为基础设施、电子商务流程和电子商务贸易^[43]。随着数字技术的快速发展，其应用场景和适用范围不断丰富和扩大，数字经济的定义也变得难以界定，各国和学界对数字经济的理解分化。2016 年 G20 峰会上，各国共同签署的《G20 数字经济发展与合作倡议》指出“数字经济是指以使用数字化的知识和信息作为关键生产要素、以现代信息网络作为重要载体、以信息通信技术的有效使用作为效率提升和经济结构优化的重要推动力的一系列经济活动”，这是官方层面首次对数字经济给出同一定义。在此基础上，国内外学者和官方结构对数字经济的内

涵进行补充,但各有侧重。孙杰(2020)强调数字经济的生产性,认为数字经济的核心涵义是数字化知识和信息传输交易这种生产性服务给实体经济发展带来的巨大推动作用,因此不应将数字经济视为独立的经济形式^[42]。谢康和肖静华(2022)以中国经济治理的视角,基于国家需求归纳数字经济发展的新问题,并基于此从生产要素、生产方式、经济结构三个层面阐释数字经济内涵和提炼总结数字经济新特征^[51]。佟家栋和张千(2022)总结了数字经济的四个特征:数据化、网络化、智能化和共享化,并基于此探究数字经济对经济增长的巨大贡献^[44]。韩凤芹和陈亚平(2022)指出数字经济在技术、产业、场景应用和治理四个层面与传统经济不同,并基于此对数字经济内涵和特征进行梳理^[26]。欧阳日辉(2023)从基础设施、生产要素、生态环境、转型发展和形态创新五个层次,构建数字经济概念模型,并指出数字经济的技术属性和经济属性并不是相互独立的,因此基于技术-经济范式分析数字经济的本质特征和发展规律^[36]。通过数字经济研究进行梳理,发现各国及官方机构对数字经济的内涵理解存在差异,各有侧重,但对数字经济的定义存在一定共识:一是以数据要素为关键生产要素,二是以现代信息网络作为重要载体。

关于数字经济的测度研究也在不断丰富,其测度方法大致可分为两类。一是构建指数综合评价数字经济发展水平。经济合作与发展组织(OECD)较早关注数字经济相关问题,其设计了具有国际可比性的数字经济综合评价指标体系,但限制于数据可得性,该指标体系仅涵盖了数字经济的核心领域,并不能全面系统地评价数字经济发展水平。欧盟于2014年发布了数字经济与社会指数报告,并于2021年对数字经济与社会指数(DESI)进行更新,将环境可持续性等方面也纳入指数设计中,该指数的涵盖范围较为均衡,并侧重于考虑数字经济对社会各方面的影响。中国信息通信研究院也构建了数字经济指数(DEI),该指数是景气指数,包括先行指数、一致指数、滞后指数,其指标选取较具有中国特色,能较好地反映我国数字经济的发展态势^[44, 53]。除了各国官方机构,学界也有不少研究关注数字经济测度问题。万晓榆等(2019)指出数字化治理是数字经济发展的重要环节,并基于投入产出视角,将数字治理作为发展环境层面的指标纳入数字经济评估指标模型^[45]。巫景飞和汪晓月(2022)参考最新发布的《数字经济及其核心产业统计分类(2021)》,将数字经济划分为数字产品制造业、数字产 品服

务业、数字技术应用业、数字要素驱动业，并构建数字经济发展指标体系^[48]。伍国勇等（2022）从数字化经济环境、数字化基础设施、农业数字化转型、生活数字化四个方面理解乡村数字经济，基于此测度了我国乡村数字经济发展水平，并发现当前乡村数字经济区域差异较大^[49]。程广斌和李莹（2022）认为数字经济发展的本质就是新一轮的技术-经济范式转变，基于此从数字技术、核心产业、社会应用三个层面构建数字经济指标体系^[21]。钞小静等（2023）指出随着数字技术应用场景的不断丰富以及数字经济与实体经济逐渐融合，形成信息经济、平台经济、共享经济和智能经济等不同经济形态，并基于数字经济的形态属性，测度数字经济发展水平^[17]。

二是从核算角度测算数字经济规模及其对经济增长的贡献。国际上影响较大的是 BEA 提出的数字经济核算框架，并在 2018 年将数字经济核算内容拓展为数字化的基础设施、电子商务和数字媒体。许宪春和张美慧（2020）借鉴国际经验界定数字经济核算范围，参考美国国家经济分析局（BEA）的测算方法，系统测算数字经济增加值等指标，基于国际比较视角对我国数字经济规模和结构进行分析^[55]。在许宪春和张美慧（2020）的研究基础上，韩兆安等（2021）对数字经济相关行业进行划分，并测算了中国各省际的数字经济规模，探究数字经济发展的非均衡性和地区差异；傅智宏等（2022）根据数字经济核算来源分类，在区域层面测算不同类别的数字经济增加值^[23, 27]。朱发仓等（2021）从数字技术生产和应用角度出发，将数字经济划分为两大部门并构建数字经济核算框架，采用生产法和“两步法”测算浙江省的数字经济增加值^[66]。陈梦根等（2022）提出了数字经济发展的三大效应，并依此将数字经济划分为基础部门、融合部门和替代部门测算和分析数字经济规模和结构特征，结合 Jorgenson 增长核算框架分析数字经济全要素生产率^[20]。杨立勋等（2022）通过编制数字经济部门投入产出表，测算中国 2017 年数字经济规模，并进一步探究了工业数字经济的提升路径^[56]。同时，有较多学者尝试构建数字经济卫星账户以便于更全面系统地探究数字经济与其他行业和宏观经济增长之间的关系。向书坚和吴文君（2019）探究了数字经济对现有核算体系各部分的影响，尝试设计以内部卫星账户构建方式为主，同时参考外部卫星账户构建方式将数字经济关键部门细化的数字经济卫星账户框架^[50]。罗良清等（2021）基于数字经济与实体经济融合的视角，对数字经济进行定义，并

在此基础上设计了数字经济卫星账户的核心表式和总量指标^[35]。张美慧（2021）指出从数字经济特征活动的视角划分数字经济产业更为准确，围绕产品、产业、特征活动三重维度设计数字经济供给使用表整体架构^[60]。张恪渝和武晓婷（2023）依据《数字经济及其核心产业统计分类（2021）》将数字经济相关活动剥离，编制数字经济投入产出表，测算数字经济产业的直接或间接产出并得到数字经济生产账户^[59]。

1.2.3 数字经济与高质量发展

关于数字经济如何促进宏观经济层面的高质量发展，目前已有许多研究讨论。大多学者倾向与从宏观、中观、微观视角出发分析数字经济影响经济高质量发展的理论机制：李辉（2019）从宏中微观视角出发，分析大数据在效率提升、产业结构升级和商业模式创新三个方面推动经济高质量发展的理论机制，并从政策基础、技术支撑等方面考察其实践基础^[29]；任保平（2020）从企业、产业和宏观经济三个层面理论探讨数字经济驱动经济高质量发展的内在逻辑，并指出质量变革、效率变革、动力变革是经济高质量发展的三大实现机制^[38]；徐曼等（2023）指出数字经济引领经济高质量发展的机制是多层次的，体现在微观要素配置、中观结构优化和宏观均衡发展三个层次^[52]。葛和平和吴福象（2021）通过构建 Feder 两部门模型，理论分析并实证检验数字经济对经济高质量直接影响，以及经济效率和经济结构对数字经济赋能高质量发展的作用机制，对这一问题的实证研究进行补充^[24]。

关于数字经济对中观产业层面的高质量发展研究相对较少。祝合良和王春娟（2020）从成本节约效应、规模经济效应、精准配置效应、效率提升效应和创新赋能效应五个方面，剖析数字经济如何引领产业高质量发展^[67]。李英杰和韩平（2021）通过分析制造业发展下现状，指出当前我国制造业存在创新水平不强等问题，并从质量、效率和动力三个层面分析数字经济与制造业融合推动制造业高质量发展的作用机理^[33]。王德祥（2022）基于数据要素视角，分析数据作为生产要素对制造业高质量直接影响，以及数据要素与技术、资本、劳动等要素相结合对制造业高质量发展的影响^[46]。惠宁和杨昕（2022）以制造业绿色全要素生产率衡量制造业高质量发展水平，实证检验数字经济驱动制造业高质量发展的作用

机制,研究发现人力资本和创业活动能强化数字经济对制造业高质量发展的驱动作用^[28]。徐星等(2023)基于技术创新视角,构建随机前沿生产函数模型,实证检验后发现数字技术有利于制造业技术创新效率的提升,其数字经济通过技术创新密度水平和技术创新专业化分工水平的增加促进了技术创新效率的空间效应^[54]。李史恒和屈小娥(2022)通过构建制造业高质量发展评价指标体系,实证分析了数字经济对制造业高质量发展的直接影响,及数字经济通过人力资本、产业升级等对制造业高质量发展的间接影响^[31]。

通过上述文献梳理可以发现,目前关于数字经济对高质量发展的影响研究大多聚焦在宏观层面上对经济发展的影响,而较少分析数字经济对工业高质量发展的影响。虽有部分探讨数字经济与工业高质量发展关系的研究,但大多聚焦于从理论层面探讨数字经济驱动工业高质量发展的机制机理和实现路径,缺乏经验证据支撑。关于数字经济与工业高质量发展关系的实证研究大多选择绿色全要素生产率等单一指标衡量工业高质量发展水平,并不能全面概括工业高质量发展内涵。因此,本文通过构建工业高质量发展综合评价指标体系,对数字经济是否促进工业高质量发展,以及如何影响工业高质量发展的问题进一步开展研究。

1.3 研究内容与研究方法

1.3.1 研究内容

本文的研究内容有五个部分,具体内容如下:

第一部分是绪论,主要阐述论文的研究背景和研究意义,通过分析工业高质量发展和数字经济发展的相关文献,并结合本文研究主题找到研究思路和研究方法,并说明本文的边际贡献和不足之处。

第二部分是数字经济影响工业高质量发展的理论分析框架。首先厘清数字经济发展的相关理论,分析数字经济发展的特征。其次,结合数字经济的发展特征,从数字经济的创新驱动效应、节能降耗效应、要素升级效应、结构优化效应四个方面,分析数字经济对工业质量发展的积极影响。最后,从“数字垄断”和“数字鸿沟”等方面分析数字经济赋能工业高质量发展的潜在阻碍。

第三部分是我国各地区工业高质量发展水平评价分析与数字经济规模测算。

首先基于五大新发展理念在工业层面的延伸,结合中国实际,探索工业高质量发展内涵,并从创新能力、结构优化、国际竞争力、绿色高效、社会效益五个维度构建工业高质量发展的多维度综合评价指标体系,使用 topsis 熵权法对各省份的工业高质量发展状况进行测度,通过核密度估计法和 ArcGIS 空间可视化方法分析各省份工业高质量的发展趋势以及空间分布特征。然后划分数字经济范围,对中国各省的数字经济规模进行测算,并通过核密度估计法分析数字经济规模的动态演化特征。

第四部分是数字经济影响工业高质量发展的实证检验。首先以数字经济作为核心解释变量建立面板固定效应模型和面板分位数模型,基于 2010 年-2020 年我国 30 个省市的面板数据,实证分析数字经济及各控制变量对工业高质量发展的线性影响和区域异质性。其次,构建面板平滑转移模型(PSTR),分析数字经济影响工业高质量发展的非线性特征。最后,构建面板空间计量模型,探索数字经济对工业高质量发展的空间溢出效应。

第五部分是结论与启示。基于理论研究以及结合本文实证,对本文研究成果形成结论,并根据研究结论给出相关启示。

1.3.2 研究方法

(一) 文献研究法

本文通过搜集研究数字经济和工业高质量发展相关的文献,熟悉了相关的研究现状和研究成果,并发现了已有研究的不足,从而为本文的研究设计提供了一定思路。同时通过梳理数字经济赋能工业经济的相关文献,为本文研究筑牢理论基础。

(二) 定量分析法

本文基于 2010-2020 年的省级面板数据,通过 Topsis 熵权法对工业高质量发展水平进行测度,构建面板计量模型和空间计量模型,定量分析数字经济对工业高质量发展的影响,提高了研究结论的可信度。

1.4 边际贡献与不足

1.4.1 边际贡献

本文可能的边际贡献在于：（1）通过梳理工业高质量发展内涵，构建工业高质量发展综合评价指标体系，并基于省级面板数据测度及分析工业高质量发展的时间趋势及空间分布特征，丰富了工业高质量发展的测度研究。（2）通过综合评价工业高质量发展，更全面地概括工业高质量发展内涵，基于此理论探讨和实证分析数字经济对工业高质量发展的影响，弥补现有关于数字经济与工业高质量发展关系的实证研究中，采用单一指标衡量工业高质量发展的不足。

1.4.2 不足之处

受公开数据的限制，本文在构建工业高质量发展指数综合评价体系时，选取指标可能不够全面。对数字经济影响工业高质量发展的理论探讨可能不够深入，后续的研究需要在此基础上进一步拓展完善。

2 数字经济影响工业高质量发展的理论分析框架

2.1 数字经济发展特征

数字经济作为经济增长的新引擎和新旧动能转换的关键，已成为各国经济发展的重点领域，其发展过程中具有以下两个特征。

2.1.1 规模效应

数字经济背景下，数字平台发展迅速，大数据技术广泛运用，由此诞生的互联网营销新模式拉近了消费者和生产者之间的距离，产品分工逐步细化，产品品类逐渐增多，市场范围扩展和市场规模扩大，产生规模经济效应（祝合良和王春娟，2020）^[67]。一是数字技术应用改变了传统生产方式，数字经济以需求为导向，大数据的应用可以抓取挖掘海量的消费数据，使供求端快速响应消费者的需求，促进消费增长。二是互联网营销新模式激发更多的消费潜力，商家通过互联网将数字化商品信息以低廉的成本传播到更广泛的消费者群体中，相比传统经济，商品的宣传效果大大提升，进而刺激消费增长。三是电商平台的快速发展，使得消费者购物更加便利，企业通过电商平台获得更多的销售增长。四是数字技术的发展可以打破时间和地域的限制，通过跨境电商平台降低了远程交易成本，拓展了市场边界，双边市场向多边市场转变。五是数字经济的高技术属性决定了企业高固定成本和低边际成本的生产成本结构特征，由此导致规模经济效应与范围经济效应愈加显著，进而提升生产效率和推动创新发展。

2.1.2 网络效应

网络效应是数字产业的典型特征，简单地说，就是大网络比小网络更具吸引力（李晓华，2019）^[32]。网络效应或网络外部性有三种类型，分别是直接网络效应、间接网络效应和跨边或双边网络效应。直接网络效应是指一种产品或服务的用户数量越多，该产品或服务带给用户的价值越大。间接网络效应是指一种产品或服务的互补品的数量越多，它能够给用户带来的价值越大。跨边网络效应是指

平台能够带给一侧用户的价值取决于平台另一侧的用户数量，一侧的用户数量越多，带给另一侧用户的价值越大。

当企业在具有网络效应的市场中竞争时，如果一家企业的产品或服务能够更快地获得足够数量的用户或供应商，那么正反馈机制就会发生作用：更多的用户或供应商使该平台价值更大，从而进一步吸引更多的用户或供应商入驻该平台，从而占领市场份额。传统产业进入成熟期后，虽然也会有一些企业市场份额处于领先地位，但整个产业通常会有多家规模相对较大的企业，形成多家企业共同瓜分市场的垄断竞争格局。就数字经济产业而言，由于网络效应的存在，往往是最早引发正反馈机制的平台成为最终胜利者，而且将会赢得大多数市场份额，即呈现所谓的“赢家通吃”特征。

从国家或地区产业发展的角度来看，人口数量大、购买力强意味着具有数量更多的潜在用户，这就为正反馈机制的启动和网络效应的发挥提供了条件。中国政府长期以来高度重视通信基础设施的建设，移动网络基本覆盖到村，而且连续多年的“提速降费”和智能终端价格下降大幅度提高了互联网的普及率；且中国具有世界最大的人口规模，随着数字基础设施的不断完善和数字终端设备的逐渐普及，我国网民规模快速增长，网民的年龄结构相对比较年轻，购买力强。人口规模优势在中国数字经济的发展中发挥了重要的作用。需要注意的是，“赢家通吃”并不意味着“赢家”的地位无法撼动，如果“赢家”创新乏力或缺少对用户的关注，也可能导致产品吸引力的下降；竞争对手也可以在细分市场进行差异化竞争，或者开发出更优性能的产品，从而利用技术功效优势抵消因自身用户规模小而带来的“网络效应”弱势。

2.2 数字经济对工业高质量发展的积极影响

2.2.1 数字经济的创新驱动效应

数字经济的发展有利于促进工业企业技术创新。首先，数字经济发展使得市场和社会趋于透明，加剧企业竞争，倒逼企业创新。研发创新的投入成本高、风险大，这会导致企业的研发创新积极性不高。数字的经济发展减少了信息的不对称性，使得市场趋于公开透明，加剧了企业间的竞争。剧烈的竞争倒逼企业加大

创新研发投入，创新优化产品。其次，数字经济以数据为核心生产要素，其低成本、可共享等特点，有利于数据要素在工业企业间与不同环节间流通循环，加速数据信息和知识信息的溢出和吸收，从而促进工业技术创新；并且数据要素的开放共享促进了企业内部与企业间的协同创新，形成创新知识的网络效应，有利于推动企业开放性研发向创新，这一创新模式能有效促进位于产业链不同环节的企业协同创新，加速实现隐性知识与显性知识的串联串通（郭凯明等，2020）^[25]。另外，数字经济的发展有利于提高企业创新效率。数字技术的广泛应用改变了企业创新模式，借助数据挖掘和分析等技术，可以从海量数据信息中获得更多信息和知识，并将零散的研发信息和资源快速整合，从而降低了企业的学习成本，提高了企业的创新效率，使企业创新活动更加便利；基于人工智能、机器学习等技术的应用，生产者可以快速将数字化的新知识和新信息吸收并转化为生产力，进而提升生产效率，形成知识创新与生产效率之间的正向循环反馈；且数据要素投入具有显著规模效应，其规模报酬递增的特点使得企业经营成本降低，提升企业研发效率，进而促进区域创新。随着技术创新能力的不断提升，生产要素得以重新组合，使得资源配置优化，从而促进工业企业全要素生产效率和工业产品质量提高，实现工业高质量发展。

2.2.2 数字经济的节能降耗效应

数字经济可以帮助工业企业节约能源，减少污染排放，实现绿色转型。首先，数据要素本身以虚拟、非实体的形式存在，在数据的获取和流通过程中，其具有低自然资源消耗和低污染排放的环境友好型特点。第二，数字经济有利于传统工业企业实现绿色转型。传统工业企业的发展严重依赖能源和环境，具有高能耗、高投入和高污染的特点。数字经济可以通过优化生产流程和技术，帮助工业企业有效提高资源收集和使用效率（Mawson 和 Hughes, 2019; Yi 等, 2022）^[12, 16]。随着工业企业的数字化转型，工业对能源的过度依赖逐渐减少，能源浪费和损失大大减少。第三，数字经济的发展可以有效解决劳动力、资本、技术和数据要素在市场中的错配问题。它有利于生产要素的高效循环，从而提高资源的利用效率（Chen 等, 2019）^[2]。第四，数字经济的开放性和实时性可以缓解传统环境监管方式的信息不对称。通过利用数字技术，环境信息平台可以收集整个工业过程的

实时污染物排放信息（ElMassah 和 Mohieldin, 2020）^[5]。通过精确的环境监测和污染信息的透明度，可以拓宽环境监督的渠道。传统的政府主导的垂直监督形式将转变为政府和公众的多方位监督形式，从而加强环境监管的力度。另外，数字金融是数字经济的重要组成部分，金融机构可以通过大数据技术获取企业经营状况的真实信息，为工业企业的绿色转型提供金融支持，可以有效缓解绿色转型中工业企业的融资约束（Cui 等人, 2022）^[3]。同时，数字金融可以准确定位绿色项目，限制资源流向高污染行业，并扩大对工业企业升级节能技术的资金支持和绿色产品研发的规模。

2.2.3 数字经济的要素升级效应

数字经济的发展可以促进工业发展的要素升级，优化要素市场与企业内部的资源配置效率，激发工业发展活力。

一方面，数字技术的发展以及数据要素向传统要素的渗透融合，有助于建立自主有序的要素流动机制，可以促进要素精准地在不同部门间分配，推动要素由低质低效领域向优质高效领域流动，降低劳动力、资本、技术及数据要素市场的错配程度，优化要素市场化配置。首先，数字经济发展有利于提高劳动力市场透明度，依托互联网平台和大数据技术，企业和个人可以更加准确地了解市场需求和人才供求情况，使招聘和求职更有针对性，同时还可以让企业和个人更加方便地获取和分享信息，提高就业效率和劳动力市场的公平性，优化劳动力资本配置。其次，数字技术的发展为融资平台和信用信息平台的建设提供了有利条件，融资平台可以更好地整合各种融资资源，为融资需求方提供更加优质的服务，信用信息平台可以运用大数据技术，更加准确地评估借贷风险，提高借贷双方的信用评级和信用协同能力，优化资本要素市场化配置。同时，数字经济发展有利于推动数据资产化、数据开放共享最大化进而优化数据要素市场化配置。

另一方面，数字经济可以优化企业的生产和管理方式，改善各类生产要素在企业内的配置状况，从而提升企业内部资源配置效率（韦庄禹等, 2021）^[47]。不同于传统经济的生产方式，数字经济的高渗透性使得生产要素向无形化转变，依托于数字技术的发展和运用，数据化的知识和信息在企业内部可以实现实时传递，信息流通效率大大提升。企业可以运用大数据技术筛选整合生产管理过程中

的海量数据，有利管理企业内部资源，优化资源配置效率。此外人工智能等数字技术的应用有利于企业批量处理简单重复工作，提高企业生产效率。

2.2.4 数字经济的结构优化效应

数字经济具有高渗透性特点，数字技术在经济生产活动中渗透融合，促进传统产业生产、管理、营销等方面发生变革，推动产业数字化转型升级。具体体现以下三个方面：一是数字经济发展改变传统产业生产方式，促进传统产业的生产智能化、产品个性化变革。传统的生产方式主要依靠人工操作，存在着生产效率低下、生产成本高昂等问题，数字技术的应用使得生产过程更加自动化、智能化，提高了生产效率和产品质量。同时，随着数字经济的发展，以用户需求为导向，为消费者提供更加符合个性化需求的产品成为趋势，产品个性化变革的实现使传统产业更具有市场竞争力。二是传统产业管理方式的变革。传统产业的管理方式主要依靠人工操作、纸质记录等方式，存在着信息不透明、信息孤岛等问题。通过数字化管理，可以实现生产流程的可视化、数据的共享和信息的透明化，提高了企业的管理效率和决策水平。例如，企业可以通过大数据分析，了解市场需求和消费者行为，为产品研发和营销决策提供更准确的依据。数字化管理还可以为企业提供更加高效的供应链管理，实现供应链的可视化、信息的实时共享，提高了供应链的效率和稳定性。三是营销方式的变革。传统的营销方式主要依赖于传统媒体、销售人员等，存在着受众范围狭窄、营销成本高昂等问题。而数字化营销则可以通过精准营销、多渠道营销、互动营销等方式，提升了营销效果和客户满意度。数字经济可以通过促进产业数字化转型升级，提高工业生产效率、产品质量、经营效益，推动工业产业向智能化、绿色化、高端化方向发展，优化产业结构、产品结构、出口结构，带动产业在全球价值链的地位攀升，实现工业高质量发展^[57]。

2.3 数字经济赋能工业高质量发展的潜在阻碍

目前我国数字经济规模不断扩张，发展水平持续提升，但仍然存在大数据开放共享意识和标准缺乏、数据碎片化、大数据相关法律法规不完善、新型数字人才供给不足等问题，形成了“数据孤岛”、“数字垄断”、“数字鸿沟”等现象，可能

会给数字经济赋能工业高质量发展带来一定阻碍。

数字经济的发展中存在着诸多潜在风险,其中之一就是数字平台的垄断。尽管数据在数字经济时代以极快的速度产生并不断增长,数据体量大,但绝大部分数据却被少数企业所掌控,这导致了数据的不合理分配和利用。数据垄断的局面是“赢者通吃”的结果。数字经济时代,数据作为关键生产要素,能够不断创造价值。通过前文对数字经济发展的特征之一——“网络效应”进行梳理,可以得知数据积累越多的平台企业能够通过正反馈机制获取更多数据并加以控制,不断占用并积累价值。这一局面在数字经济的发展过程中中非常常见,如国外的谷歌、微软、亚马逊等企业,国内的阿里巴巴、腾讯、百度等。当前,我国大数据开放共享标准缺乏、大数据相关法律法规不完善导致数据产权界定不清晰,这成为企业间在经济利益驱动下发生数据争夺的主因。这种数据争夺破坏了市场的良性竞争,同时损害了消费者的权益。由于数据产权不清晰,企业无法拥有和保护数据产权,因此无法通过开放共享数据获得收益,同时还存在商业机密泄露的风险。这种情况下,企业没有动力开放共享数据,相反,还需要通过对自身数据资源的绝对控制获得基于数据壁垒的竞争优势。数据驱动的生产力让各经济主体更加关注数据的价值属性。然而,生产关系的滞后可能会阻碍数据价值的释放(戚聿东和刘欢欢,2020)^[37]。

同时,数字经济发展可能拉大企业、行业或地区间的相对差距,导致“数字鸿沟”的出现和愈发明显。数字经济作为以数据要素为关键要素的新型经济形态,是社会经济增长的新动能,同时,数字经济的发展要要求高标准的社会生产条件,经济、政策、文化等因素引起的在数字基础设施和服务、信息通信技术的获得机会和信息通信技术使用能力等方面的差异,会导致不同群体、地区、国家、行业在知识和信息获取上存在差异,进而导致“数字鸿沟”^[63]。从宏观层面看,“数字鸿沟”的出现会减少弱势群体的经济机会,扩大贫富差距,影响社会公平;从行业层面来看,数字鸿沟会扩大企业间的差距,数字经济发展水平高的企业更容易获得数字资源,在资源分配上占据更优的地位,反之不然。这种企业间差距的扩大,会导致行业垄断程度和缺少竞争,不利于创新激励,其原因主要体现在以下两个方面。一方面是数字平台的网络效应使得企业依赖于商业模式创新。先发企业初期可能会通过提供补贴甚至免费服务等手段迅速吸引大量用户,抢占市场

份额，形成垄断地位。这种垄断依赖于营销模式的创新，而不是高精尖技术。行业垄断者在占据市场地位后，会更加注重短期利益。而创新研发是高初期投入、高风险项目，短期内难以获得成效。在这种情况下，行业垄断者更倾向于利用已有技术来维持垄断地位，而不是投入大量的资金和时间去研发新技术。因此，龙头企业为了在短时间内稳住市场地位，会大力加强广告宣传和商业模式创新。这会导致已经占据市场优势的企业缺乏技术创新动力，不愿承担技术创新的风险。另一方面，创新激励和垄断地位本身是冲突的。经济学理论表明，要想让企业积极开展自主创新、加强研发投入，关键前提是要有足够的垄断利润。如果企业无法长期占据市场、利用技术获得垄断收益，那么它自主开展研发的动力就会始终不足。这就导致行业垄断者缺乏创新动力，而小微企业更是面临着财力和物力的双重困扰，难以进行技术研发（周慧珺和邹文博，2022）^[65]。研发创新的停滞会引起核心创新技术的匮乏，导致产品同质化，且不利于提升生产效率，进而阻碍工业产业的高质量发展。

3 工业高质量发展评价和数字经济规模测算

3.1 工业高质量发展评价

3.1.1 工业高质量发展指数评价指标体系的建立与水平测度

本文基于“创新、协调、绿色、开放、共享”的新发展理念，对工业高质量发展的内涵进行解读。结合已有的工业高质量发展相关研究成果，遵循系统性、科学性、可比性、可操作性原则，本文从创新驱动、结构优化、绿色高效、国际竞争力、社会效益五个维度入手，选取其合理可行的评价指标来构建出我国省际工业高质量发展指数评价体系，如表 3.1 所示。创新是实现动力变革的重要抓手，创新驱动方面，本文选择发明专利授权数占比和技术市场成交额占比 2 个指标来评价工业行业的创新能力。结构优化方面，当前我国工业产业结构、企业结构、产品结构、出口结构均存在发展不均衡不充分的问题（张文会等，2018）^[62]。本文最终选择高技术产业主营业务收入占比、大中型工业企业主营业务收入占比、工业新产品销售收入占比和高新技术产品出口贸易额来作为衡量工业结构优化的评价指标。绿色高效是工业高质量发展的必由之路，是可持续发展的前提保障。工业经济的高速发展往往会和环境资源保护之间产生冲突，工业高质量发展强调资源、环境、工业经济发展之间的协调，因此本文选择工业生态效率作为衡量工业绿色高效发展的评价指标。国际竞争力方面，本文选择了贸易竞争力指数作为评价指标。社会效益方面，本文选择了城镇单位工业就业人数占比和工业总工资与工业增加值之比来分别衡量工业对就业和收入分配的贡献。

表 3.1 工业高质量发展评价指标体系

一级指标	二级指标	指标说明	指标属性
创新驱动	发明专利授权数占比	发明专利授权数/总专利授权数	正
	技术市场成交额占比	技术市场成交额/R&D 经费	正
结构优化	产业结构	高技术产业主营业务收入占规上工业主营业务收入比重	正
	企业结构	大中型工业企业主营业务收入占规上工业企业主营业务	正
		收入比重	
	产品结构	工业新产品销售收入占比	正
出口结构	高新技术产品出口贸易额占工业制品出口贸易额比重	正	
绿色高效	工业生态效率	通过超效率 DEA-SBM 模型测算得到	正
国际竞争力	贸易竞争指数	(货物出口额-货物进口额)/货物进出口总额	正
社会效益	就业贡献率	城镇单位工业就业人口数占比	正
	收入分配	工业工资总额/工业增加值	正

其中,工业生态效率是间接计算得来的,需要作进一步说明。在已有研究中,生态效率通常通过数据包络分析(DEA)来衡量。基于DEA相关理论,超效率DEA、三阶段DEA和DEA-SBM等方法逐渐发展起来。根据WBCSD对生态效率的定义,其主要目的是获得最大的经济产出,同时最大限度地减少资源消耗和环境破坏。除了期望的产出外,工业生产活动还伴随着对生态环境有害的不期望的产出。因此,本研究运用考虑非期望产出的超效率SBM-DEA来评估工业生态效率(Du等,2010)^[4]。参考以往研究,本研究构建了工业生态效率的衡量指标体系,如表3.2所示。投入指标包括劳动力、资本和资源。由于数据可行性,劳动力投入以工业城镇单位的就业人数表示,工业就业人员来源于对采矿业,制造业,电力、热力、燃气及水的生产和供应业三个行业就业人员数的加总;固定资本存量采用永续盘存法估算,资本折旧率设定为9.6%(张军,2004)^[58];资源投入以工业用水量和工业能源消耗总量表示,工业能源消耗总量来自各省份统计年鉴中的能源平衡表,能源消耗总量来源于煤炭、原油、汽油、煤油、柴油、燃料油、天然气7种能源消耗量的合计,具体做法为根据《中国能源统计年鉴》附录对应的折标准煤系数将能源平衡表中的能源消耗数据统一换算成标准煤单

位后进行加总。基于非期望 SBM 模型，产出指标可划分为期望产出与非期望产出，在本文中期望产出选取指标-工业增加值，非期望产出选取指标-工业 SO₂ 排放量、工业氮氧化物排放量和工业化学需氧量，以衡量工业造成的环境污染。

表 3.2 工业生态效率投入产出指标

一级指标	二级指标	指标说明	单位
投入	劳动力	城镇单位工业企业年末就业人员数	万人
	资本	固定资本存量	亿元
	资源	工业用水量	亿立方米
		工业能源消费总量	万吨标准煤
产出	期望产出	工业增加值	亿元
	非期望产出	工业 SO ₂ 排放量	万吨
		工业氮氧化物排放量	万吨
		工业化学需氧量	万吨

对于综合评价方法，本文尝试采用熵权 Topsis 法对我国省际工业高质量发展指数进行综合测算，使测算结果排除写者主观干扰，具体计算步骤如下：

首先消除不同指标的单位问题采取无量纲化处理，针对本文所选取的 10 项正向指标，进行标准化，公式如下。

$$X_{jt}^+ = \frac{x_{jt} - \min x_j}{\max x_j - \min x_j} \tag{1}$$

其中 j 表示测度指标， t 表示时间；

通过公式 (2) 计算第 t 年第 j 项指标的贡献度 P_{jt}

$$P_{jt} = X_{jt} / \sum_{t=1}^T X_{jt} \tag{2}$$

通过公式 (3) 计算工业高质量发展水平测度体系中各测度指标的 X_j 信息熵

E_j ：

$$E_j = \ln \frac{1}{T} * \sum_{t=1}^T P_{jt} * \ln P_{jt} \tag{3}$$

通过公式（4）计算得到第 j 项指标的权重 W_j ：

$$W_j = (1 - E_j) / \sum_{j=1}^J (1 - E_j) \quad (4)$$

通过公式（5）构建经济高质量发展水平测度指标的加权矩阵 R_{jt} ：

$$R_{jt} = W_j * X_{jt} \quad (5)$$

测度体系中最优方案 Q_j^+ 与最劣方案 Q_j^- 由上式加权矩阵 R 确定：

$$\begin{cases} Q_j^+ = (\max R_{1t}, \max R_{2t}, L, \max R_{jt}) \\ Q_j^- = (\min R_{1t}, \min R_{2t}, L, \min R_{jt}) \end{cases} \quad (6)$$

计算各测度方案与最优方案 Q_j^+ 及最劣方案 Q_j^- 的欧式距离 D_t^+ 和 D_t^-

$$\begin{cases} D_t^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^J (Q_j^+ - R_{jt})^2} \\ D_t^- = \sqrt{\sum_{j=1}^J (Q_j^- - R_{jt})^2} \end{cases} \quad (7)$$

计算各测度方案与理想方案的相对接近度 C_t

$$C_t = \frac{D_t^-}{D_t^+ + D_t^-} \quad (8)$$

即得到最终的工业高质量发展指数值。计算所得 2010 年-2020 年中国各地区工业高质量发展指数的结果如表 3.3 所示。

表 3.3 工业高质量发展指数计算结果

地区	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
北京	0.529	0.552	0.558	0.545	0.545	0.552	0.557	0.559	0.560	0.573	0.584
天津	0.487	0.513	0.512	0.499	0.493	0.488	0.472	0.447	0.464	0.411	0.412
河北	0.341	0.368	0.372	0.360	0.363	0.365	0.366	0.377	0.397	0.383	0.382
山西	0.411	0.448	0.425	0.440	0.441	0.448	0.454	0.467	0.464	0.452	0.488
内蒙古	0.321	0.338	0.332	0.323	0.324	0.326	0.319	0.277	0.329	0.312	0.310
辽宁	0.323	0.347	0.343	0.342	0.332	0.351	0.380	0.392	0.395	0.382	0.371
吉林	0.334	0.341	0.346	0.323	0.319	0.317	0.302	0.345	0.381	0.393	0.370
黑龙江	0.372	0.325	0.286	0.279	0.290	0.280	0.261	0.301	0.318	0.303	0.291
上海	0.512	0.556	0.578	0.564	0.565	0.574	0.577	0.563	0.532	0.518	0.510
江苏	0.440	0.454	0.459	0.447	0.461	0.472	0.467	0.495	0.482	0.492	0.503
浙江	0.413	0.410	0.407	0.430	0.436	0.439	0.443	0.448	0.461	0.466	0.481
安徽	0.315	0.321	0.353	0.357	0.361	0.375	0.373	0.372	0.391	0.386	0.413
福建	0.412	0.427	0.424	0.406	0.395	0.379	0.365	0.369	0.369	0.378	0.374
江西	0.312	0.336	0.351	0.367	0.362	0.365	0.352	0.355	0.347	0.354	0.367
山东	0.396	0.391	0.374	0.367	0.368	0.378	0.372	0.400	0.409	0.380	0.387
河南	0.330	0.360	0.371	0.390	0.390	0.397	0.399	0.418	0.417	0.411	0.401
湖北	0.354	0.369	0.373	0.374	0.371	0.377	0.382	0.394	0.420	0.416	0.402
湖南	0.313	0.316	0.340	0.380	0.390	0.405	0.400	0.377	0.394	0.365	0.389
广东	0.480	0.506	0.519	0.559	0.566	0.577	0.587	0.589	0.586	0.579	0.580
广西	0.313	0.315	0.323	0.355	0.366	0.383	0.382	0.355	0.329	0.304	0.304
海南	0.313	0.339	0.360	0.351	0.318	0.317	0.295	0.317	0.317	0.309	0.294
重庆	0.391	0.435	0.442	0.448	0.441	0.455	0.443	0.464	0.463	0.489	0.507
四川	0.320	0.374	0.406	0.402	0.390	0.365	0.350	0.363	0.371	0.383	0.394
贵州	0.328	0.341	0.342	0.347	0.342	0.326	0.344	0.330	0.339	0.383	0.389
云南	0.325	0.354	0.332	0.342	0.329	0.331	0.298	0.282	0.279	0.305	0.356
陕西	0.386	0.424	0.435	0.413	0.415	0.400	0.388	0.440	0.455	0.473	0.496
甘肃	0.346	0.358	0.357	0.358	0.383	0.398	0.360	0.347	0.345	0.327	0.319
青海	0.361	0.361	0.366	0.360	0.351	0.387	0.390	0.354	0.380	0.327	0.331
宁夏	0.351	0.390	0.400	0.408	0.399	0.406	0.380	0.373	0.379	0.356	0.383
新疆	0.354	0.367	0.371	0.374	0.381	0.370	0.360	0.362	0.368	0.350	0.343

3.1.3 工业高质量发展的时空特征分析

为了更直观地观察中国工业高质量发展的动态特征,本文使用核密度估计法估计历年各省份工业高质量发展指数的分布函数,估计得到的工业高质量分布函数图如 3.1 所示。从分布形态上来看,分布函数低侧高峰,分布函数高侧第二峰以及长尾,说明绝大多数省份的工业高质量发展指数较低,少数省份的工业高质量发展指数较高,区域工业高质量发展不平衡,一定程度上存在两极分化。从集

中趋势来看,分布函数的峰部逐渐向高侧移动,由2010年的0.351到2020年的0.387,说明从全国整体层面来看,工业高质量发展水平正在稳步上升。为更直观的观测工业高质量发展的空间转移特征,本文通过ArcGIS软件对2010-2018年各省份的工业高质量发展指数进行数据可视化处理,限于篇幅,本文仅展示2010年和2020年的工业高质量发展指数分布图,如图3.2所示。从图3.2中可以看出,工业高质量发展的区际分异明显,呈现明显的“东部>中部>西部”阶梯式分布特征。东部地区的高质量发展水平一直领先于其他地区,这得益于其在地理区位、人口、资源禀赋等方面的优势,且东部地区产业集聚,有利于促进企业间合作与创新,推动整个产业链协同发展,东部地区基础设施完善,服务业发展领先,吸引更多高素质人才流向东部地区,为巩固东部地区工业高质量发展的领先地位提供了重要支撑。中部地区工业高质量发展水平成稳步上升态势,且逐渐追赶上东部地区,近年来东部地区企业面临人力成本、环保成本等压力,中部地区凭借地理区位优势、资源优势和政策优势,承接东部地区的技术产业转移,这为中部地区的工业发展注入了新的活力。西部地区工业高质量发展水平相对落后,尤其是西北地区,这与其投资环境相对薄弱,缺乏人才和技术支撑,产业结构调整困难等有关。同时,从图3.2(a)和图3.2(b)的对比中也可以发现东北地区的工业发展质量在观察年间未取得明显突破。其深层次原因在于,东北地区作为我国老牌重工业基地其工业发展如今进入了转型瓶颈期,所面临的问题主要有:东北地区产业结构单一,以重工业为主,经济增长方式粗放,对环境和资源的消耗大,不利于可持续发展;国有资源型企业占比高,导致其转型需依靠国家政策转向及主导资源改变;制造业研发投入经费强度不足,技术创新水平相对滞后,产品市场竞争力不高;吸引高素质劳动力能力弱,人才流失严重等等诸多情况,这些原因都较大程度上地限制了东北地区工业高质量的发展导致其后续发展怠速。另外,工业高质量发展具有显著的都市联动效应,珠三角地区、长三角地区、京津冀地区、成渝地区双城经济圈的工业高质量发展具有良好的聚集态势,初步形成“四足鼎立,辐射带动”的工业高质量发展的空间格局。

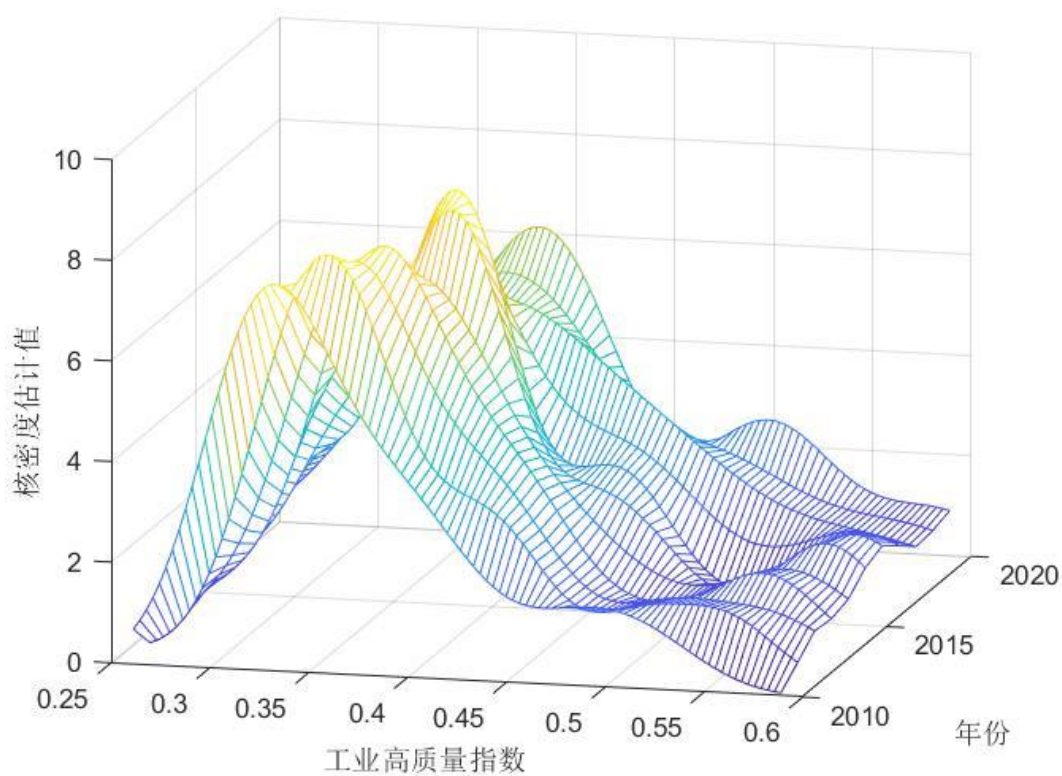


图 3.1 工业高质量发展指数核密度估计三维图

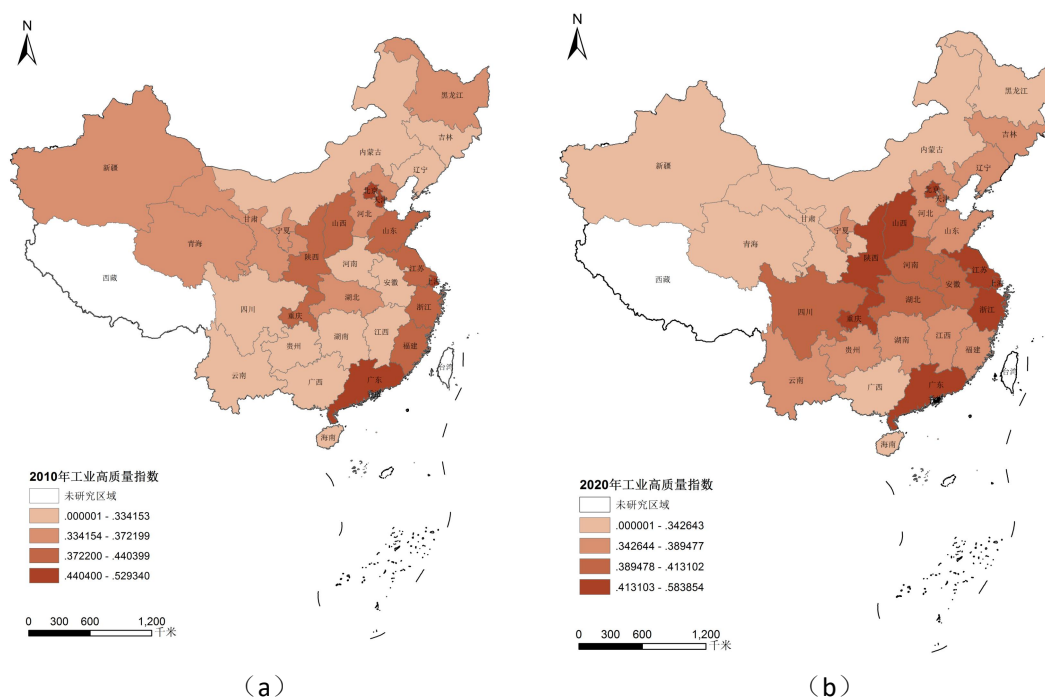


图 3.2 工业高质量发展指数分布图

3.2 数字经济规模测算

3.2.1 数字经济规模测算方法

首先,本文参考许宪春和张美慧(2020)和韩兆安(2021)的研究成果,从数字基础设施、数字媒体、数字交易、数字经济交易产品四个方面划分数字经济行业^[27, 55]。数字基础设施主要包括计算机硬件、软件、电信设备等支持数字经济运转和发展的基础设施。数字媒体包括两个方面,一是相关数字产业自身的流动,包括电信互联网广播、互联网发行与出版。二是利用数字技术进行的一些数据处理服务,包括数字技术服务、互联网信息服务等。数字交易,包括互联网批发、贸易代理、互联网零售、互联网平台和互联网金融。数字经济交易产品,对生产设备的依附性极强,比如新闻资讯、网络游戏等依赖终端设备。由于数字经济交易产品与数字基础设施、数字媒体具有较强的重合性,本文没有单独列出数字经济交易产品的行业分类,认为其增加值已包含在数字基础设施和数字媒体之中。具体行业分类见表 3.4。

表 3.4 数字经济行业划分

数字经济	包含内容	GB/T 4754-2017
	计算机软件	I-65 软件与信息技术服务业*
数字基础设施	计算机硬件	C-39 计算机、通信和其他电子设备制造业
	互联网相关服务	I-64 互联网和相关服务*
	电信、广播电视和卫星传输服务	I-63 电信、广播电视和卫星传播服务
	互联网广播	R-87 广播、电视、电影和录音制作业
数字媒体	互联网发行与出版	R-86 新闻与出版业
	相关支持服务	I-64 互联网和相关服务*
		I-65 软件与信息技术服务业*
数字交易	B2B 批发	F-51 互联网批发、贸易代理*
	B2C 零售	F-52 互联网零售

注: *表示该行业中有部分属于该数字经济产业。

完成数字经济行业的划分界定后,本文通过查询各地区统计年鉴、《地区投

入产出表》、《中国经济普查年鉴》获得相关数据，并对中国省际数字经济增加值进行测算。鉴于各统计年鉴没有在地区层面提供详细的数字经济相关行业数据，因此需要借助以下工具系数，对数字经济增加值进行估算：

(1) 行业增加值结构系数

$$\text{行业}ij\text{增加结构系数} = \frac{\text{行业}ij\text{增加值}}{\text{行业}j\text{增加值}} \quad (9)$$

(2) 行业数字经济调整系数

$$\text{行业数字经济调整系数} = \frac{\text{行业数字经济增加值}}{\text{行业总增加值}} \quad (10)$$

具体测算过程说明如下：

数字基础设施增加值测算。根据《国民经济行业分类（2017）》，数字基础设施包括 C-39、I-64 和 I-65 的相关行业。C-39 对应投入产出表中的“通信设备、计算机和其他电子设备”门类，I-64 和 I-65 则对应投入产出表中的“信息传输、软件和信息技术服务”门类，将二者的增加值相加便是地区该年度数字基础设施的增加值。投入产出表是每隔五年编制一次，则需要通过统计年鉴数据和上述工具系数进行估算得到未编制年份的数字经济增加值。以“通信设备、计算机和其他电子设备”为例说明具体做法，通过已知年份的增加值占“制造业”增加值的比重获得“通信设备、计算机和其他电子设备”的行业增加值结构系数，也即行业数字经济调整系数，假设数字经济调整系数在短期内不发生变化，结合地区各年制造业增加值可获得缺失年份“通信设备、计算机和其他电子设备”增加值。依此，同样可获得“信息传输、软件和信息技术服务”缺失年份的增加值。

数字媒体增加值测算。数字媒体包括 R-87 的全部、R-86 的部分行业和 I-63 的部分行业。地区投入产出表中只列到文化、体育和娱乐大类，没有进一步的行业细分，利用《中国经济普查年鉴》中的数据测算普查年度“广播、电视、电影和录音制作业”的主营业务收入与“文化、体育和娱乐”主营业务收入的比重作为数字经济调整系数，结合各省统计年鉴中公布的“文化、体育和娱乐”的行业增加值估算“广播、电视、电影和录音制作业”的增加值。采用“音像制品、电子和数字出版物批发”占“文化、体育用品及器材批发”的比重作为 R-86 行业的数字经济调整系数，增加值计算方法同上。I-63 的计算方式同 I-64。

数字交易增加值测算。数字交易中包括互联网批发、贸易代理和互联网零售三个方面，其增加值测算方法和数字媒体相同，将互联网批发、互联网零售业和网上贸易代理主营业务收入之和占批发和零售业主营业务收入的比重作为批发和零售业的数字经济调整系数，结合各地区投入产出表中“批发和零售”的增加值，得出各地区数字交易增加值。

将数字基础设施、数字媒体、数字交易三个方面的增加值加总，即得到数字经济增加值，各地区的数字经济增加值测算结果如表 3.5 所示。

表 3.5 数字经济增加值测算结果（单位：千亿元）

地区	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
北京	1.70	2.04	2.23	2.53	2.83	3.14	3.51	4.05	4.88	5.48	6.13
天津	0.40	0.46	0.50	0.54	0.57	0.54	0.59	0.71	0.86	0.85	0.90
河北	0.37	0.43	0.48	0.51	0.53	0.47	0.54	0.61	0.83	0.94	1.03
山西	0.29	0.35	0.40	0.41	0.47	0.69	0.73	0.89	0.92	0.98	1.02
内蒙古	0.20	0.22	0.24	0.27	0.29	0.29	0.30	0.34	0.37	0.39	0.39
辽宁	0.73	0.85	0.94	1.03	1.09	0.84	0.84	0.90	0.97	1.03	1.03
吉林	0.22	0.27	0.31	0.34	0.36	0.38	0.40	0.43	0.44	0.46	0.47
黑龙江	0.23	0.27	0.30	0.33	0.37	0.35	0.36	0.38	0.41	0.44	0.44
上海	1.50	1.68	1.78	1.93	2.10	2.27	2.48	2.73	2.99	3.16	3.22
江苏	3.72	4.54	4.98	5.57	6.06	5.81	6.20	6.90	7.47	7.82	8.30
浙江	1.21	1.46	1.63	1.90	2.22	2.59	3.00	3.61	4.06	4.77	5.00
安徽	0.37	0.43	0.46	0.51	0.55	1.03	1.12	1.32	1.39	1.62	1.69
福建	0.86	1.02	1.14	1.23	1.36	1.50	1.66	1.91	2.03	2.29	2.39
江西	0.36	0.45	0.50	0.57	0.63	0.91	0.99	1.10	1.27	1.37	1.43
山东	1.09	1.24	1.33	1.43	1.84	2.08	2.08	2.20	2.36	2.55	2.78
河南	0.68	0.82	0.89	0.97	1.07	1.39	1.55	1.80	1.83	1.97	2.17
湖北	0.87	1.07	1.22	1.37	1.53	1.50	1.62	1.86	2.15	2.34	2.25
湖南	0.83	1.01	1.14	1.28	1.41	1.59	1.65	1.82	1.96	2.14	2.21
广东	5.78	6.66	7.06	7.62	8.30	9.86	10.50	11.57	12.49	13.25	13.37
广西	0.32	0.38	0.42	0.46	0.51	0.62	0.66	0.73	0.82	0.87	0.90
海南	0.06	0.08	0.09	0.10	0.12	0.13	0.13	0.15	0.17	0.19	0.20
重庆	0.42	0.52	0.60	0.67	0.75	1.20	1.30	1.42	1.50	1.61	1.70
四川	1.02	1.25	1.43	1.60	1.74	2.30	2.48	2.85	3.26	3.51	3.64
贵州	0.14	0.17	0.20	0.24	0.26	0.36	0.40	0.47	0.55	0.60	0.64
云南	0.17	0.22	0.26	0.30	0.34	0.60	0.65	0.76	0.85	0.93	0.97
陕西	0.30	0.36	0.42	0.48	0.54	0.76	0.80	0.91	1.02	1.10	1.11
甘肃	0.13	0.17	0.18	0.19	0.19	0.15	0.15	0.16	0.17	0.21	0.24
青海	0.05	0.06	0.06	0.05	0.05	0.07	0.05	0.06	0.07	0.07	0.07
宁夏	0.06	0.07	0.07	0.07	0.08	0.06	0.07	0.10	0.13	0.14	0.15
新疆	0.10	0.13	0.15	0.19	0.21	0.16	0.16	0.19	0.22	0.24	0.24

3.2.2 数字经济规模的时空分布特征

本文利用核密度估计法估计了数字经济规模的分布函数，其核密度估计图如图 3.3 所示。从分布形态来看，数字经济规模的“两极分化”严重，出现明显的数字鸿沟现象，且绝大部分的地区的数字经济规模较小，只有极少数的地区的数字经济规模较大，数字经济规模的地区差异极大。从集中趋势来看，相比 2010 年，2020 年数字鸿沟现象有所缓解，分布函数两峰的位置逐渐靠近，整体数字经济规模略有上升。同样利用 ArcGIS 软件对数字经济规模做数据可视化处理，其空间分布图如图 3.4 所示。从图中可以发现，数字经济规模的空间分布变化不大，但空间分异特征明显，其中广东、江苏、北京地区的数字经济规模远远大于其他地区，中部地区河南、湖北、湖南的数字规模相对较大，西部地区除四川外整体的数字经济规模都较小，呈现一个由东到西下降的阶梯式分布格局。

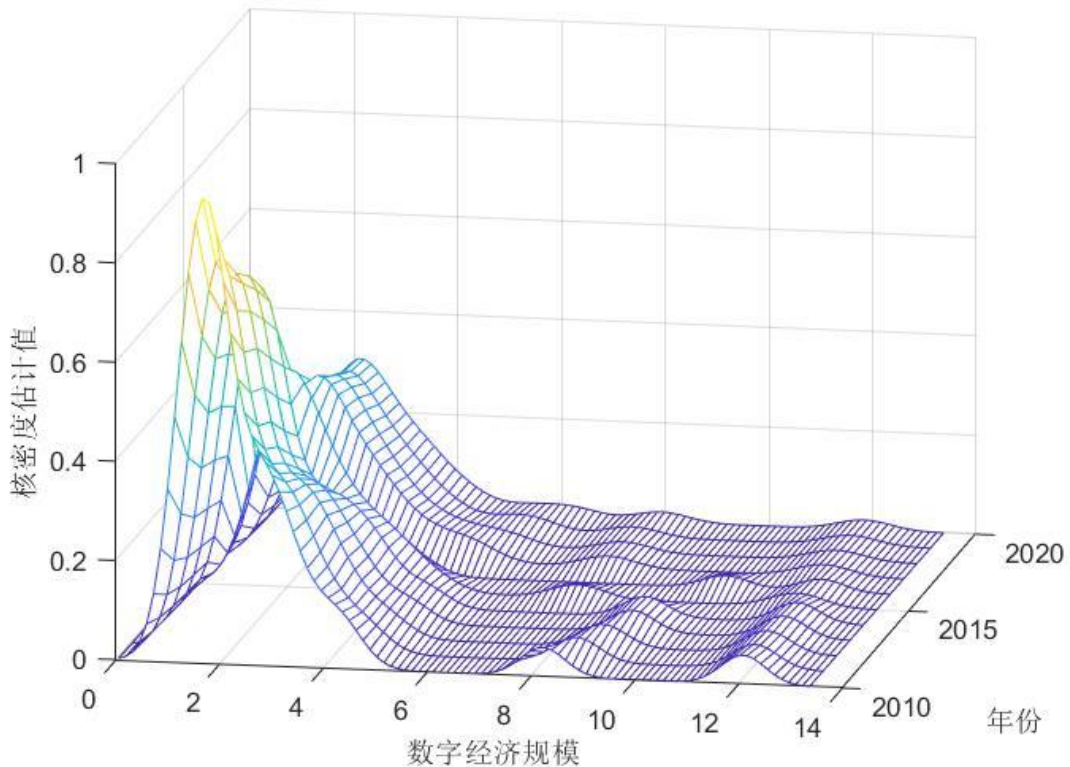


图 3.3 数字经济规模三维核密度估计图

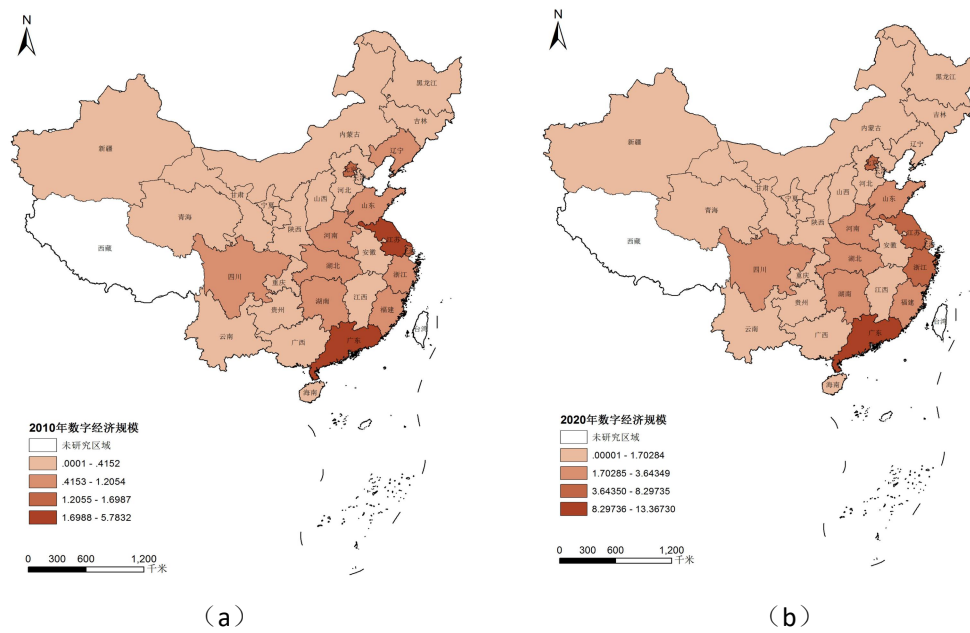


图 3.4 数字经济规模分布图

4 数字经济影响工业高质量发展的实证分析

上述章节主要论述了我国数字经济发展对各省工业高质量发展产生的影响并分析其背后可能的经济学原因，本文将基于以上分析脉络构建计量经济学模型，基于 2010 年-2020 年中国 30 个省级行政区的面板数据（西藏、港澳台地区除外）进行实证分析。

4.1 研究设计

4.1.1 模型设定

本文旨在研究数字经济对工业高质量发展的研究，根据的理论分析可知，数字经济可能会对工业高质量发展产生积极影响，但数字经济赋能工业高质量发展也可能会受到“数字垄断”、“数字鸿沟”等现象的影响。为进一步探究数字经济对工业高质量发展的复杂影响，本文构建以下计量模型。

（一）固定效应模型

$$IHQ_{it} = \beta_0 + \beta_1 Dig_{it} + \gamma X_{it} + \mu_i + \varepsilon_{it} \quad (11)$$

在式（11）中， i 表示地区， t 表示时间， IHQ_{it} 是被解释变量工业高质量发展， Dig_{it} 是核心解释变量数字经济。 X 是控制变量向量， μ_i 表示地区个体效应， ε_{it} 是随机误差， β_0 是常数项， β_1 和 γ 是解释变量的回归系数。

（二）面板分位数模型

考虑到最小二乘估计结果很容易受到极值的影响，本研究进一步建立了分位数回归模型（Koenker 和 Bassett, 1978）^[9]。分位数回归是一种基于解释变量的条件分布拟合解释变量线性函数的方法，而最小二乘估计是检验解释变量对被解释变量条件均值的影响。与最小二乘估计相比，分位数回归的结果对异常值较不敏感，且更稳健。此外，通过构建面板分位数模型，我们可以观察不同分位数下的回归系数，并进一步探讨数字经济对工业高质量发展的边际影响。因此，本文构建如下模型：

$$IHQ_{it\tau} = \beta_{0\tau} + \beta_{1\tau} Dig_{it} + \gamma_{\tau} X_{it} + \mu_i + \varepsilon_{it} \quad (12)$$

在式(12)中, τ 是分位数点, 本文取 τ 的值为 10%, 25%, 50%, 75% 和 90%, 其他设定同上。

(三) 面板平滑转移模型 (PSTR)

为进一步探究数字经济对工业高质量发展的非线性影响, 本文将构建面板平滑转移模型 (PSTR)。随着计量技术的发展, 允许回归系数随时间和个体变化的模型方法被开发。Gonzalez 等 (2017) 在面板门槛模型 (PTR) 上进行拓展, 提出面板平滑转移模型 (PSTR) [6]。在面板门槛模型 (PTR) 中, 个体观测值基于门槛变量的门槛值分成不同的类别, 不同类的解释变量对被解释变量的回归系数数值不同, 即意味着解释变量对被解释向量的影响存在不同机制 (Hansen, 2000) [7]。在面板门槛模型 (PTR) 中, 不同类之间回归系数的变化是跳跃的, 而面板平滑转移模型 (PSTR) 中, 回归系数被允许在不同的机制之间平滑的、渐进的变化。在 PSTR 模型设定中, 这些系数是转换变量的有界连续函数, 因此回归系数的值随着转换变量的变化在几个有限的数值范围内连续变化, 这些数值对应的就是该模型极限状态下的不同机制。本文主要是研究数字经济对工业高质量发展的影响是否存在机制转换特征, 即非线性影响, 为此选择具有一个转换函数的面板平滑转移模型, 其具体形式如下:

$$IHQ_{it} = \beta_0 DIG_{it} + \beta_1 g(DIG_{it}; \gamma, c_j) + \alpha X_{it} + \mu_i + \varepsilon_{it} \quad (13)$$

$$g(DIG_{it}; \gamma, c_j) = \left[1 + \exp \left(-\gamma \prod_{j=1}^m (DIG_{it} - c_j) \right) \right]^{-1} \quad (14)$$

其中, 逻辑函数 $g(DIG_{it}; \gamma, c_j)$ 是转换函数, 它的值在区间 [0,1] 之间变化, 这样模型 (13) 的回归系数就在 β_0 和 $\beta_0 + \beta_1$ 之间变化。变量 DIG_{it} 同时是核心解释变量和机制转换变量, 其他设定同上。 $\gamma > 0$ 是斜率参数, 它决定了机制转换的速度, c_j 为转换发生的位置参数, 且 $c_1 \leq c_2 \leq \dots \leq c_m$, 通常情况下 $m = 1$ 或 $m = 2$ 。

（四）空间计量模型

随着经济社会及交通物流的发展，不同地区间的经济交流日益频繁，在本文中某一特定地区的工业经济高质量发展情况不仅受到本地区数字经济及其他控制因素的影响，还会受到其邻近地区发展对其的辐射作用，同时该地区数字经济发展等相关因素不仅会影响本地区的工业经济高质量发展，还影响周边地区的发展水平。考虑到数字经济可能对工业高质量发展产生空间效应，本文将构建空间计量模型进一步探究。空间计量模型有三种基本形式：空间自回归模型（SAR），空间误差模型（SEM）和空间杜宾模型（SDM）。这三种模型的空间传导机制不同。SAR 模型假定被解释变量对其他地区有空间效应（Anselin 等，2008），SEM 模型描述的是扰动项的空间效应^[1]。SDM 模型同时考虑了解释变量和被解释变量的空间依赖性，也就是说一个地区的被解释变量不仅会本地区的解释变量所影响，还会被相邻地区的解释变量和被解释变量影响（LeSage 和 Pace 2009；Lee 和 Yu，2016）^[10, 11]。本文建立 SAR，SEM 和 SDM 模型如下：

空间自回归模型（SAR）

$$IHQ_{it} = \rho WIHQ_{it} + \beta_0 + \beta_1 DIG_{it} + \gamma X_{it} + \mu_i + \varepsilon_{it} \quad (15)$$

空间误差模型（SEM）

$$IHQ_{it} = \beta_0 + \beta_1 DIG_{it} + \gamma X_{it} + \mu_i + \varepsilon_{it} \quad (16)$$

$$\varepsilon_{it} = \lambda W\varepsilon_{it} + \omega_{it} \quad (17)$$

空间杜宾模型（SDM）

$$IHQ_{it} = \rho WIHQ_{it} + \beta_0 + \beta_1 DIG_{it} + \gamma X_{it} + \alpha_1 + \phi WX_{it} + \mu_i + \varepsilon_{it} \quad (18)$$

空间权重矩阵的设定是构建空间计量模型的关键步骤。常见的空间权重矩阵有 0-1 邻接矩阵，地理距离权重矩阵，经济地理权重矩阵，考虑到省际间经济往来的影响，本文构建经济地理权重矩阵如下：

$$w_{ij} = \begin{cases} \frac{1}{\left| \overline{pGDP}_i - \overline{pGDP}_j \right|} & i \neq j \\ 0 & i = j \end{cases} \quad (19)$$

其中， \overline{pGDP}_i 是地区 i 人均 GDP 的均值。

4.1.2 变量说明和数据来源

被解释变量是工业高质量发展（IHQ），本文用前文测算得到的工业高质量发展指数作为衡量指标。

核心解释变量是数字经济（DIG），考虑到被解释变量是一个合成变量，构建计量模型时，解释变量应选择单一指标，有利于更清楚地反映变量间的关系。基于此，本文选择前文测算得到的数字经济增加值来衡量地区数字经济发展水平。

参考已有研究，本文选择了经济发展水平（ln_GDP）、环境规制（ln_ER）、外商直接投资（FDI）、和政府支持（GOV）作为控制变量。经济发展水平（ln_GDP）通过地区实际人均 GDP 的对数值衡量；环境规制（ln_ER）选择工业污染治理投资额做衡量指标，且做了取对数处理；外商直接投资（FDI）通过实际利用外商直接投资与 GDP 的比值衡量；政府支持（GOV）选择地方财政支出与 GDP 比值作为衡量指标。变量的描述性统计见表 4.1。

所有数据均来源于各地方统计年鉴、《地区投入产出表》、《中国工业统计年鉴》《中国能源统计年鉴》等。由于 2018 年《中国工业统计年鉴》停更，缺失数据采用线性插值法补充。

表 4.1 变量描述性统计

变量	均值	中位数	标准差	最小值	最大值
IHQ	0.396	0.379	0.073	0.261	0.589
DIG	1.481	0.828	2.099	0.049	13.367
ln_pGDP	10.731	10.707	0.465	9.482	11.795
ln_ER	11.839	11.926	1.073	6.165	14.164
FDI	0.019	0.017	0.015	0.0001	0.0796
GOV	0.247	0.223	0.103	0.106	0.643

4.2 数字经济对工业高质量发展的影响

4.2.1 数字经济对工业高质量的线性影响

为了探究数字经济对工业高质量发展整体上是否存在积极影响,本文构建了面板固定效应模型,且模型通过 Hausman 检验,其回归结果见表 4.2。从表 4.2 中可以得知,数字经济的回归系数值为 0.00775 且通过了 5%显著性水平检验,即是在全国层面上,我国数字经济发展显著推动加速了我国整体的工业高质量发展。考虑工业高质量发展存在“两极分化”的特征,为了避免极端值对回归结果的影响,本文进一步构建了面板分位数模型,其回归结果见表 4.3。可以得知,在不同分位数上,数字经济对工业高质量发展的回归系数均显著为正,进一步说明数字经济能对工业高质量发展产生积极影响。且对着工业高质量发展水平的提升,数字经济对工业高质量发展的驱动效应增大,在分位数 0.9 上,数字经济的回归系数显著为 0.00806,在分位数 0.1 上,数字经济的回归系数显著为 0.00744。在工业高质量发展水平较高的地区,经济发展水平较高,基础设施建设良好,工业发展形成一定产业规模,数字经济对工业高质量发展的赋能作用能发挥更大。

表 4.2 固定效应模型回归结果

DIG	ln_PGDP	ln_ER	FDI	GOV	Cons_	地区效应	Hausman test (p 值)
0.00775**	0.0224***	0.00582***	0.287*	-0.0793	0.0891	控制	697.53
(4.06)	(2.89)	(2.75)	(1.88)	(-1.39)	(1.11)		(0.0000)

注: 括号内为t统计量, * $p < 0.1$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$

表 4.3 面板分位数回归结果

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	0.1	0.25	0.5	0.75	0.9
DIG	0.00744** (2.34)	0.00758*** (3.41)	0.00775*** (4.67)	0.00792*** (3.72)	0.00806*** (2.67)
ln_pGDP	0.0205 (1.40)	0.0214** (2.09)	0.0224*** (2.93)	0.0234** (2.38)	0.0242* (1.74)
ln_ER	0.00840** (2.14)	0.00720*** (2.62)	0.00582*** (2.83)	0.00442* (1.68)	0.00324 (0.87)
FDI	0.310 (0.79)	0.299 (1.09)	0.287 (1.40)	0.275 (1.05)	0.265 (0.71)
GOV	-0.0420 (-0.37)	-0.0594 (-0.74)	-0.0792 (-1.32)	-0.0993 (-1.30)	-0.116 (-1.07)
地区效应	控制	控制	控制	控制	控制
N	330	330	330	330	330

注：括号内为t统计量，* $p < 0.1$ ，** $p < 0.05$ ，*** $p < 0.01$

4.2.2 数字经济影响工业高质量发展的区域异质性

考虑到我国地区数字经济发展和工业高质量发展均呈阶梯状发展态势，加上产业结构、资源禀赋、地理位置、历史因素等形成的区域间差异，有必要进一步探究数字经济影响工业高质量发展的区域异质性。本文根据《中共中央、国务院关于促进中部地区崛起的若干意见》和《国务院发布关于西部大开发若干政策措施的实施意见》中对我国经济区域的划分，将各省划分为到东中西部地区，并进行分样本回归，其结果如表 4.4 所示。根据表 4.4 中的结果，东部地区数字经济的回归系数显著为 0.0165，中部地区数字经济的回归系数显著为 0.0531，西部地区数字经济的回归系数为 0.0117，但未通过显著性检验。可以得出，我国地区数字经济发展对工业高质量发展促进作用最大的地区为中部地区，东部地区次之，西部地区未呈现出显著影响，从而表明地区数字经济发展对当地的工业高质量发展的促进作用存在地区差异。这可能是由于西部地区新型基础设施建设不完善，

数字经济相关规定相对滞后，知识资源和信息资源相对匮乏，数字经济发展水平尚处于萌芽阶段，受到“数字垄断”“数字鸿沟”等现象的影响，数字经济对工业高质量发展的驱动效应不能充分发挥。

表 4.4 分样本回归结果

	(1)	(1)	(1)
	东部	中部	西部
DIG	0.0165*** (6.65)	0.0531*** (2.88)	0.0117 (1.20)
ln_pGDP	-0.0657*** (-3.73)	-0.0317 (-0.84)	0.0304** (2.43)
ln_ER	0.00585** (2.11)	-0.000300 (-0.07)	0.0139*** (3.73)
FDI	-0.161 (-0.98)	0.814 (1.34)	1.296** (2.10)
GOV	0.227* (1.96)	0.182 (1.28)	-0.275*** (-3.22)
_cons	1.020*** (5.56)	0.598* (1.77)	-0.0382 (-0.30)
地区效应	控制	控制	控制
N	121	88	121

注：括号内为t统计量，* $p < 0.1$ ，** $p < 0.05$ ，*** $p < 0.01$

4.2.3 数字经济影响工业高质量的非线性特征

为了探究数字经济影响工业高质量发展的非线性特征，本文进一步构建了面板平滑转移模型。使用面板平滑转换模型这类非线性模型需要严谨和系统的建模策略。Gonzalez 等（2005）采用序贯检验方法来判断是否存在机制转换效应，通过检验模型的线性性和残余线性性，以确定转换函数的个数^[6]。机制转换效应的原假设为 $H_0: \gamma = 0$ ，即不存在机制转换效应，线性模型是合适的，但是在该假

设下， γ 、 β_1 和 c 是无法识别的，存在冗余参数问题。为了解决这一问题，需要对式（13）进行泰勒展开，得到如下辅助回归：

$$IHQ_{it} = \beta_0^* DIG_{it} + \beta_1^* DIG_{it} q_{it} + \dots + \beta_m^* DIG_{it} q_{it}^m + \alpha X_{it} + \mu_i + \varepsilon_{it}^* \quad (20)$$

检验原假设 $H_0: \gamma = 0$ 等价于对式（5）检验 $H_0^*: \beta_1^* = \dots = \beta_m^* = 0$ ，通常将 m 设为 4，进行序贯检验。若拒绝 H_0^* ，则表明模型存在机制转换效应。并采用非线性最小二乘方法对模型进行估计。模型的线性和残余线性检验见表 4.5，根据表中结果可知，线性检验中 p 值均小于 0.01，拒绝原假设，模型存在机制转换效应。将含有一个转换函数的模型（13）进行估计后，进一步做残余线性检验， p 值均大于 0.05，接受原假设，因此含有一个转换函数的模型设定是合适的。

表 4.5 线性检验和残余线性检验

H_0	线性检验		残余线性检验	
	LM	p 值	LM	p 值
$\beta_1 = 0$	8.8344	0.000188	0.1862	0.6664
$\beta_1 = \beta_2 = 0$	6.0653	0.0005112	1.4797	0.2294
$\beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = 0$	6.0143	0.0001157	1.9104	0.128
$\beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = \beta_4 = 0$	5.5734	0.00006387	2.1662	0.07287

面板平滑转移的回归结果如表 4.6 所示。可以得知无论从线性部分还是非线性部分来看数字经济的前系数均显著为正，佐证了上述研究中“数字经济对工业高质量发展具有促进作用”的结论，与之不同的是这种促进作用具有非线性特征。数字经济对工业高质量发展的促进作用存在两种机制，当数字经济规模较小时和数字经济规模较大时的线性关系，分别对应两种极端状态。当数字经济规模处于中间水平，这种促进作用从一种机制跨越阈值 c 平滑地向另一种机制转换， γ 决定了两种机制的转换速度。面板平滑转移模型估计得到的斜率参数 γ 为 0.928，位置参数 c 为 3.747，据此本文画出了转换函数图，如图 4.1 所示。可以得知，数字经济对工业高质量发展的促进作用存在低速和高速两种机制，随着数字经济规

模的不断扩大，其对工业工质量发展的促进作用会增大。这可能是由于数字经济的发展门槛高，其具有高固定成本、低边际成本、规模报酬递增的特点。在数字经济发展初期需要较高的建设成本，与之对应的基础设施及平台建设也相对薄弱。对企业来说，发展数字技术需要较高成本，许多中小型企业因此放弃投资数字技术。这一阶段只有少部分企业获得数字红利，数字经济对工业高质量发展的促进作用相对较小。随着数字经济快速发展，基础设施和平台建设逐渐完善，数字技术广泛应用，数字用户规模不断扩大，这时数字经济规模报酬递增的特点显现出来，由数字经济带来的可观收益驱使企业发展数字技术，推动更多资本、高质量劳动力、数据等生产要素流入工业生产活动，从而促进工业高质量快速发展。这一非线性特征也符合数字经济发展的规模效应特征。

表 4.6 面板平滑转移模型回归结果

线性部分		非线性部分	
DIG	0.0218*** (2.65)	DIG	0.0291*** (3.68)
ln_pGDP	0.0178** (2.36)	γ	0.928*** (29.65)
ln_ER	0.00528*** (2.61)	c	3.747*** (4.22)
FDI	0.218 (1.49)		
GOV	-0.0561 (-1.03)		
_cons	0.147*** (5.61)		

注：括号内为t统计量，* $p < 0.1$ ，** $p < 0.05$ ，*** $p < 0.01$

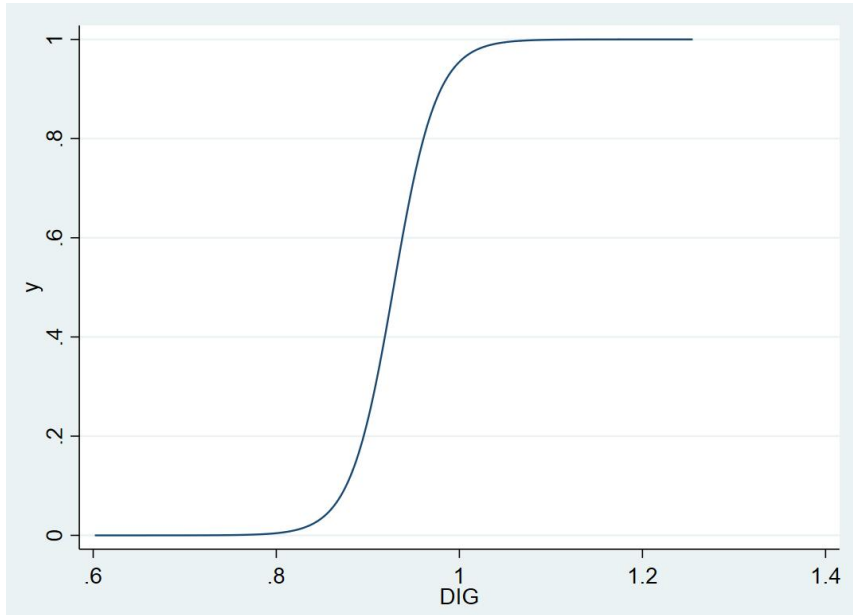


图 4.1 转换函数图

4.2.4 数字经济对工业高质量发展的空间溢出效应

(一) 空间自相关性

在构建空间计量模型之前，本文将通过计算全局莫兰指数检验变量的空间依赖性^[13]。莫兰指数的计算公式如下：

$$Moran's\ I = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} (y_i - \bar{y})(y_j - \bar{y})}{S^2 \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij}} \quad (21)$$

工业工质量发展的莫兰指数如表 4.7 所示，其全局莫兰指数均显著为正，说明工业高质量发展存在显著的正向空间自相关性，因此有必要构建空间计量模型探究变量间的空间效应。

表 4.7 工业高质量发展的莫兰指数

年份	I	p 值*
2010	0.521	0.000
2011	0.493	0.000
2012	0.480	0.000
2013	0.385	0.000
2014	0.371	0.000
2015	0.346	0.000
2016	0.342	0.000
2017	0.297	0.001
2018	0.298	0.001
2019	0.285	0.001
2020	0.216	0.013

注：*表示双尾检验

（二）模型诊断检验

为了构建合适的空间计量模型，本文进行模型诊断检验，结果如表 4.8。根据误差项和滞后项的 LM 检验结果以及误差项的莫兰指数，可以看到 p 值均小于 0.01，拒绝原假设，表明构建可以同时考虑空间误差效应和空间滞后效应的空间杜宾模型（SDM）更为合适。且根据 LR 检验结果，空间杜宾模型（SDM）不会退化为空间误差模型（SEM）和空间自相关模型（SAR）。接下来，本文尝试构建空间杜宾模型（SDM），并根据 Hausman 检验结果和 LR 检验结构，应在模型中加入地区固定效应和时间固定效应，构建双向固定效应的面板空间杜宾模型是最合适的。

表 4.8 模型诊断检验结果

模型诊断检验	统计量	p 值
Moran's I(error)	6.333	0.0000
LM-error	36.794	0.0000
LM-lag	37.591	0.0000
Hausman test	40.28	0.0000
LR test (SDM&SAR)	33.99	0.0000
LR test (SDM&SEM)	33.76	0.0000
LR test(two-way&time)	430.48	0.0000
LR test(two-way&ind)	21.66	0.0169

（三）空间溢出效应分析

构建合适的空间杜宾模型（SDM）后，为了避免空间交互项的回归系数出现系统性偏误，得出错误的结论，需要进一步通过偏微分法对空间效应进行分解，以更准确地反映各变量的空间溢出效应（LeSage 和 Pace，2009）^[11]。空间杜宾模型的回归结果见表 4.9，空间效应的分解如表 4.10 所示，可以得知数字经济对工业高质量发展的直接效应显著为正，间接作用显著为负。即一个地区的数字经济能显著促进本地区工业高质量发展，但显著抑制了其他地区的工业高质量发展，表明地区数字经济发展对工业高质量发展存在有显著的、负向的空间溢出效应。这可能是由于本地区数字经济发展水平的提高，会极大的吸引其周边地区的人力资本和物力资本，经济生产资料高度聚集，省会特征明显，对其它地区工业高质量发展产生抑制作用。因此，除了要注重数字经济发展的规模效应，同时也要注意数字经济发展的区域协调性。政府应该加强数字经济产业的区域协调发展，鼓励数字经济产业在不同地区间互相合作和协调，避免数字资源过度集中于某一地区，从而导致对周边地区工业高质量发展的抑制作用。

表 4.9 空间杜宾效应回归结果

	IHQ		IHQ
DIG	0.00891*** (4.79)	W*DIG	-0.0265*** (-4.72)
ln_pGDP	-0.0280 (-0.66)	W*ln_pGDP	-0.00306 (-0.03)
ln_ER	0.00754*** (3.22)	W*ln_ER	0.00487 (0.94)
FDI	0.162 (1.06)	W*FDI	-0.117 (-0.27)
GOV	-0.151** (-2.24)	W*GOV	-0.0136 (-0.09)
rho(ρ)	-0.109 (-1.15)		
sigma2_e	0.000390*** (12.83)		

注：括号内为t统计量，* $p < 0.1$ ，** $p < 0.05$ ，*** $p < 0.01$

表 4.10 空间效应分解

	DIG	ln_pGDP	ln_ER	FDI	GOV
直接效应	0.00953*** (5.08)	-0.0299 (-0.71)	0.00769*** (3.39)	0.162 (1.10)	-0.151** (-2.22)
间接效应	-0.0252*** (-4.77)	0.00367 (0.04)	0.00346 (0.72)	-0.0825 (-0.21)	0.0100 (0.07)
总效应	-0.0157*** (-2.85)	-0.0263 (-0.33)	0.0112** (2.27)	0.0797 (0.19)	-0.141 (-0.90)

注：括号内为t统计量，* $p < 0.1$ ，** $p < 0.05$ ，*** $p < 0.01$

5 结论与相关启示

5.1 研究结论

本文旨在探究数字经济对工业高质量发展的影响研究，基于 2010-2020 年的省级面板数据，从创新驱动、结构优化、绿色高效、国际竞争力、社会效益五个维度构建工业高质量发展指数评价体系，测度地区工业高质量发展水平，从数字基础设施、数字媒体、数字交易和数字交易产品四个方面测算数字经济规模，并构建面板平滑转移、空间计量等模型，实证分析数字经济对工业高质量发展的影响，得出以下结论。

第一，工业高质量发展整体水平呈稳步上升态势，但是区域工业高质量发展不平衡，具有一定的“两极分化”特征，呈阶梯式空间发展格局。同时工业高质量发展具有都市联动效应，珠三角地区、长三角地区、京津冀地区、成渝双城经济圈的工业高质量发展具有良好的聚集态势，形成“四足鼎立，辐射带动”的空间格局。

第二，数字经济规模两极分化严重，存在明显的“数字鸿沟”现象，广东、江苏、北京的数字经济规模远远大于其他地区。但数字经济发展趋势来看，数字鸿沟现象略有改善，整体的数字经济规模在持续扩大。

第三，数字经济对工业高质量发展有推动作用，且这种推动作用具有区域异质性和动态特征。区域异质性方面，数字经济对工业高质量发展的促进作用在中部地区最大，东部地区次之，西部地区不显著。动态特征方面，数字经济对工业高质量发展的促进作用具有边际效应递增的特点，且具有规模效应，数字经济的规模突破一定阈值后，其对工业高质量发展的促进作用会被放大。

第四，数字经济对本地区的工业高质量发展具有显著促进作用，但对其他地区的工业高质量发展存在负的空间溢出效应。

5.2 研究启示

基于本文研究结论，提出以下研究启示：

第一，促进数字经济和工业深度融合，提升数字经济对工业高质量发展的贡

献力度。出台一系列政策，推动数字经济和传统工业的融合，支持数字技术在工业中的应用和推广，鼓励企业加大数字化转型的投入和力度，提高数字技术在工业中的应用水平。加强数字技术的人才培养和引进，提高工业人员的数字化素质和技能，为数字经济和工业的深度融合提供有力保障。加强对数字经济和工业融合的政策支持、技术标准、知识产权保护等方面的监管和管理，防范数字经济和工业融合过程中可能出现的风险和问题，确保数字经济和工业深度融合的顺利进行。鼓励数字经济企业和传统工业企业之间的合作，加强产业链和价值链的衔接，推动数字经济和工业的合作创新。比如，数字经济企业可以提供数字化技术和解决方案，为传统工业企业提供数字化转型的支持；传统工业企业则可以提供实体产业的经验和资源，为数字经济企业提供更广阔的市场空间和更好的发展机会。

第二，采取差异化的数字经济发展策略，推动区域数字经济协同联动发展。加大西部地区数字经济基础设施建设力度，提高西部地区数字经济发展的基础条件。这包括加快建设数字通信网络、数字化城市基础设施等，为西部地区数字经济的发展提供更加稳定、高效的基础支撑。同时，政府还应该加大对数字经济企业的扶持力度，鼓励数字经济企业不同地区之间进行合作，促进数字经济产业的互联互通。强调数字经济政策的协调和整合，避免政策之间的矛盾和冲突，确保各地区数字经济政策的协同性和一致性。政府可以通过制定数字经济发展规划、加强对数字经济发展的监测和评估等方式，推动数字经济在区域间的协同发展，实现数字经济与传统产业的深度融合，实现共同繁荣和发展。

第三，加强数字型人才培养和引进，鼓励和支持数字创新创业。数字经济是一个高度技术密集型的产业，需要大量高素质、高技能的人才来推动其发展。政府可以通过加强数字型人才培养、引进海外优秀数字型人才等方式，提高数字型人才的素质和水平，为数字经济的发展提供强有力的人才支撑。加强对数字创新创业的支持，鼓励创新型企业的发展，扶持数字经济新动能的培育和发展，释放数字经济规模效应，助力工业高质量发展。

第四，完善数字经济相关法律体系和行业标准，避免“数据垄断”。制定相关法律和政策，加强对数据垄断行为的处罚力度，遏制数据垄断的发展趋势。建立完善的数据安全保护机制，保障数据的合法性、安全性和隐私性，防止数据被滥用、泄露等问题。建立数据共享平台、推动数据资源的开放和共享等方式，打

破数据孤岛，促进数据资源的流通和利用，增加市场竞争，避免数据垄断现象的发生，同时，鼓励和支持企业之间开展数据共享和合作，实现共赢发展。建立相应的标准和规范，以保障数字经济的稳定和可持续发展避免数据垄断现象对数字经济的不利影响。

参考文献

- [1] ANSELIN L, GALLO J L, JAYET H. Spatial panel econometrics [J]. The econometrics of panel data: Fundamentals and recent developments in theory and practice, 2008: 625-660.
- [2] CHEN L, CHENG W, CIURIAK D, et al. The digital economy for economic development: Free flow of data and supporting policies [J]. Policy Brief, 2019, 4.
- [3] CUI J, WANG W, CHEN Z, et al. How digitalization and financial development impact eco-efficiency? Evidence from China [J]. Environmental Science and Pollution Research, 2022, 30(2): 3847-3861.
- [4] DU J, LIANG L, ZHU J. A slacks-based measure of super-efficiency in data envelopment analysis: a comment [J]. European Journal of Operational Research, 2010, 204(3): 694-697.
- [5] ELMASSAH S, MOHIELDIN M. Digital transformation and localizing the Sustainable Development Goals (SDGs) [J]. Ecological Economics, 2020, 169: 106490.
- [6] GONZALEZ A, TERÄSVIRTA T, VAN DIJK D, et al. Panel smooth transition regression models [M]. 2017.
- [7] HANSEN B E. Sample Splitting and Threshold Estimation [J]. Econometrica, 2000, 68(3): 575-603.
- [8] KIM B, BARUA A, WHINSTON A B. Virtual field experiments for a digital economy: a new research methodology for exploring an information economy [J]. Decis Support Syst, 2002, 32(3): 215-231.
- [9] KOENKER R, BASSETT JR G. Regression quantiles [J]. Econometrica, 1978, 46(1): 33-50.
- [10] LEE L F, YU J. Identification of spatial Durbin panel models [J]. Journal of Applied Econometrics, 2016, 31(1): 133-162.
- [11] LESAGE J, PACE R K. Introduction to spatial econometrics [M]. 1st Edition ed. New York: Chapman and Hall/CRC, 2009.

- [12] MAWSON V J, HUGHES B R. The development of modelling tools to improve energy efficiency in manufacturing processes and systems [J]. *Journal of Manufacturing Systems*, 2019, 51: 95-105.
- [13] MORAN P A P. Notes on Continuous Stochastic Phenomena [J]. *Biometrika*, 1950, 37(1/2): 17-23.
- [14] MOULTON B R. GDP and the Digital Economy: Keeping up with the Changes [M]//ERIK B, BRIAN K. *Understanding the Digital Economy*. MIT Press. 2000: 34-48.
- [15] TAPSCOTT D. *The Digital Economy : Promise and Peril in the Age of Networked Intelligence* [M]. New York: McGraw-Hill, 1996.
- [16] YI M, LIU Y, SHENG M S, et al. Effects of digital economy on carbon emission reduction: New evidence from China [J]. *Energy Policy*, 2022, 171: 113271.
- [17] 钞小静, 沈路, 薛志欣. 基于形态属性的中国省域数字经济发展水平再测算 [J]. *经济问题*, 2023, (02): 23-34.
- [18] 钞小静, 薛志欣. 新时代中国经济高质量发展的理论逻辑与实践机制 [J]. *西北大学学报(哲学社会科学版)*, 2018, 48(06): 12-22.
- [19] 车明佳, 赵彦云. 中国工业高质量发展生态及指数分析 [J]. *山西财经大学学报*, 2021, 43(04): 1-16.
- [20] 陈梦根, 张鑫. 数字经济的统计挑战与核算思路探讨 [J]. *改革*, 2020(09): 52-67.
- [21] 程广斌, 李莹. 基于技术-经济范式的数字经济发展水平测度与区域差异研究 [J]. *工业技术经济*, 2022, 41(06): 35-43.
- [22] 杜宇, 黄成, 吴传清. 长江经济带工业高质量发展指数的时空格局演变 [J]. *经济地理*, 2020, 40(08): 96-103.
- [23] 傅智宏, 杨先明, 宋尧. 中国区域数字经济分类规模、时空分异与驱动特征 [J]. *统计与决策*, 2022, 38(04): 5-9.
- [24] 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.
- [25] 郭凯明, 颜色, 杭静. 生产要素禀赋变化对产业结构转型的影响 [J]. *经济学*

- (季刊), 2020, 19(04): 1213-1236.
- [26] 韩凤芹, 陈亚平. 数字经济的内涵特征、风险挑战与发展建议 [J]. 河北大学学报(哲学社会科学版), 2022, 47(02): 54-61.
- [27] 韩兆安, 赵景峰, 吴海珍. 中国省际数字经济规模测算、非均衡性与地区差异研究 [J]. 数量经济技术经济研究, 2021, 38(08): 164-181.
- [28] 惠宁, 杨昕. 数字经济驱动与中国制造业高质量发展 [J]. 陕西师范大学学报(哲学社会科学版), 2022, 51(01): 133-147.
- [29] 李辉. 大数据推动我国经济高质量发展的理论机理、实践基础与政策选择 [J]. 经济学家, 2019(03): 52-59.
- [30] 李金昌, 史龙梅, 徐蔼婷. 高质量发展评价指标体系探讨 [J]. 统计研究, 2019, 36(01): 4-14.
- [31] 李史恒, 屈小娥. 数字经济赋能制造业高质量发展:理论机制与实证检验 [J]. 经济问题探索, 2022(10): 105-117.
- [32] 李晓华. 数字经济新特征与数字经济新动能的形成机制 [J]. 改革, 2019(11): 40-51.
- [33] 李英杰, 韩平. 数字经济下制造业高质量发展的机理和路径 [J]. 宏观经济管理, 2021(05): 36-45.
- [34] 蔺鹏, 孟娜娜. 有偏技术进步、要素配置扭曲与中国工业经济高质量发展——基于技术一致性视角 [J]. 上海经济研究, 2021(08): 72-91.
- [35] 罗良清, 平卫英, 张雨露. 基于融合视角的中国数字经济卫星账户编制研究 [J]. 统计研究, 2021, 38(01): 27-37.
- [36] 欧阳日辉. 数字经济的理论演进、内涵特征和发展规律 [J]. 广东社会科学, 2023(01): 25-35+286.
- [37] 戚聿东, 刘欢欢. 数字经济下数据的生产要素属性及其市场化配置机制研究 [J]. 经济纵横, 2020(11): 63-76+2.
- [38] 任保平. 数字经济引领高质量发展的逻辑、机制与路径 [J]. 西安财经大学学报, 2020, 33(02): 5-9.
- [39] 任保平, 李禹墨. 新时代我国高质量发展评判体系的构建及其转型路径 [J]. 陕西师范大学学报(哲学社会科学版), 2018, 47(03): 105-113.

- [40] 史丹, 李鹏. 中国工业 70 年发展质量演进及其现状评价 [J]. 中国工业经济, 2019(09): 5-23.
- [41] 宋晓娜, 张峰. 高质量发展下工业发展质量测度及趋势研究 [J]. 软科学, 2019, 33(12): 36-41.
- [42] 孙杰. 从数字经济到数字贸易:内涵、特征、规则与影响 [J]. 国际经贸探索, 2020, 36(05): 87-98.
- [43] 田丽. 各国数字经济概念比较研究 [J]. 经济研究参考, 2017(40): 101-6+12.
- [44] 佟家栋, 张千. 数字经济内涵及其对未来经济发展的超常贡献 [J]. 南开学报(哲学社会科学版), 2022(03): 19-33.
- [45] 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, 31(06): 111-122.
- [46] 王德祥. 数字经济背景下数据要素对制造业高质量发展的影响研究 [J]. 宏观经济研究, 2022(09): 51-63+105.
- [47] 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.
- [48] 巫景飞, 汪晓月. 基于最新统计分类标准的数字经济发展水平测度 [J]. 统计与决策, 2022, 38(03): 16-21.
- [49] 伍国勇, 庞国光, 汤钧惠等. 中国乡村数字经济发展水平的测度、区域差异及时空演变 [J]. 湖南农业大学学报(社会科学版), 2022, 23(04): 15-27.
- [50] 向书坚, 吴文君. 中国数字经济卫星账户框架设计研究 [J]. 统计研究, 2019, 36(10): 3-16.
- [51] 谢康, 肖静华. 面向国家需求的数字经济新问题、新特征与新规律 [J]. 改革, 2022(01): 85-100.
- [52] 徐曼, 邓创, 刘达禹. 数字经济引领经济高质量发展: 机制机理与研究展望 [J]. 当代经济管理, 2023, 45(02): 66-72.
- [53] 徐清源, 单志广, 马潮江. 国内外数字经济测度指标体系研究综述 [J]. 调研世界, 2018(11): 52-58.
- [54] 徐星, 惠宁, 崔若冰等. 数字经济驱动制造业高质量发展的影响效应研究——以技术创新效率提升与技术创新地理溢出的双重视角 [J]. 经济问题探

- 索, 2023(02): 126-143.
- [55] 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.
- [56] 杨立勋, 王涵, 张志强. 中国工业数字经济规模测度及提升路径研究 [J]. 上海经济研究, 2022(10): 68-81.
- [57] 余晓晖. 发挥数字经济新引擎作用 振作工业运行助力高质量发展 《关于振作工业经济运行 推动工业高质量发展的实施方案》解读 [J]. 信息技术与信息化, 2021(12): 1-2.
- [58] 张军, 吴桂英, 张吉鹏. 中国省际物质资本存量估算:1952—2000 [J]. 经济研究, 2004(10): 35-44.
- [59] 张恪渝, 武晓婷. 基于投入产出表的中国数字经济卫星账户构建 [J]. 统计与决策, 2023, 39(05): 5-9.
- [60] 张美慧. 数字经济供给使用表:概念架构与编制实践研究 [J]. 统计研究, 2021, 38(07): 3-18.
- [61] 张涛. 高质量发展的理论阐释及测度方法研究 [J]. 数量经济技术经济研究, 2020, 37(05): 23-43.
- [62] 张文会. 三大维度研究我国制造业质量发展问题 [J]. 工业经济论坛, 2018, 05(03): 1-6.
- [63] 张正平, 卢欢. 数字鸿沟研究进展 [J]. 武汉金融, 2020(03): 64-71+84.
- [64] 赵剑波, 史丹, 邓洲. 高质量发展的内涵研究 [J]. 经济与管理研究, 2019, 40(11): 15-31.
- [65] 周慧珺, 邹文博. 数字化转型背景下数字鸿沟的现状、影响与应对策略 [J]. 当代经济管理, 1-12.
- [66] 朱发仓, 乐冠岚, 李倩倩. 数字经济增加值规模测度 [J]. 调研世界, 2021(02): 56-64.
- [67] 祝合良, 王春娟. 数字经济引领产业高质量发展:理论、机理与路径 [J]. 财经理论与实践, 2020, 41(05): 2-10.
- [68] 邹圆, 唐路元. 中国工业高质量发展水平的统计测度 [J]. 统计与决策, 2021, 37(18): 95-98.

攻读硕士学位期间承担的科研任务及主要成果

攻读硕士学位期间承担的科研任务：

1. 甘肃省科技计划软科学项目（20CX9ZA051）：“甘肃工业经济高质量发展动力体系研究”，项目主要参与者。
2. 国家社科基金项目（21BTJ006）：“制造业高质量发展驱动力的统计测度与路径提升研究”，项目主要参与者。
3. 参与教材《空间经济统计分析》相关资料的搜集、整理与校对。

攻读硕士学位期间发表的论文

1. Lu Liu, Ming Liu. How does the digital economy affect industrial eco-efficiency? Empirical evidence from China[J]. Data Science in Finance and Economics, 2022, 2(4): 371-390. doi: 10.3934/DSFE.2022019

致谢

论文完成之际，回首我研究生阶段的学习，短暂而又充实。一路走来离不开老师、同学、家人们对我莫大的关怀与支持，至此，想在这里向大家致以最衷心的感谢。

首先，要特别感谢我的导师刘明教授！从研究方向的选择、毕业论文的选题撰写到最终定稿为我提供了许多宝贵的建议，针对论文的每一个细节都细心打磨，让我们体会到优秀学者严谨的治学态度和老师对学生的关爱。

同时，还要感谢一直陪伴在我身边的同学们，给我的学习和生活提供了极大的支持，帮助我迎接挑战克服困难，在我气馁时送出鼓励。

最后，感谢我的家人，他们在背后一直默默鼓励支持我，使我能够没有后顾之忧地、顺利地完成我的学业。