

分类号 F224.0/72
U D C _____

密级 公开
编号 10741



硕士学位论文

论文题目 产业数字化对制造业就业结构的影响分析

研究生姓名: 周金秀

指导教师姓名、职称: 傅德印 教授

学科、专业名称: 应用经济学 数量经济学

研究方向: 计量经济学方法与应用

提交日期: 2022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论文中作了明确的说明并表示了谢意。

学位论文作者签名： 周金秀 签字日期： 2022.5.30

导师签名： 傅亦即 签字日期： 2022.5.30

关于论文使用授权的说明

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

1. 学校有权保留本论文的复印件和磁盘，允许论文被查阅和借阅，可以采用影印、缩印或扫描等复制手段保存、汇编学位论文；
2. 学校有权将本人的学位论文提交至清华大学“中国学术期刊（光盘版）电子杂志社”用于出版和编入 CNKI《中国知识资源总库》或其他同类数据库，传播本学位论文的全部或部分内容。

学位论文作者签名： 周金秀 签字日期： 2022.5.30

导师签名： 傅亦即 签字日期： 2022.5.30

Analysis on the impact of industrial digitization on the employment structure of manufacturing industry

Candidate : Zhou Jinxiu

Supervisor : Fu Deyin

摘要

制造业是实体经济的主体，是产业数字化转型的主战场。制造企业顺应数字化变革趋势，积极利用互联网、大数据、人工智能等信息通信技术，持续推动企业数字化、服务化升级。然而，在推动产业数字化过程中，对制造业就业结构产生影响，会产生“机器换人”的现象，即产业数字化对制造业就业产生替代效应，也会使得企业生产规模扩大，从而促进制造业就业等。我国制造业如何在产业数字化对其就业的“破坏效应”和“补偿效应”中进行均衡，实现数字化和就业的双重保障都是值得我们细细研究的问题。分析产业数字化和制造业就业之间的关系不仅丰富了产业数字化理论和就业结构理论的交叉性研究，对国家、企业和个人都具有强烈的现实意义。

本文将基于 2008-2019 年中国 30 个省份面板数据，采用组合赋权法测算产业数字化指标体系；分析了制造业就业结构及劳动生产率的变化，计算了 2008-2019 年我国制造业 21 个行业的弹性系数、就业结构偏离度；最后，构建面板分位数回归和固定效应模型，实证分析产业数字化对各区域制造业就业结构的影响。

结果表明：（1）各省份产业数字化存在较大差异，经济越发达的地区越能加快促进产业数字化的发展，广东、江苏、浙江等产业数字化水平发展地相对较好，而海南、青海、宁夏等地的数字化水平偏低；随着时间的推移，产业数字化水平稳步上升。从地区差异看，各区域产业数字化水平表现出明显的阶梯化分布格局，东部较西部发展水平高，南部较北部发展水平高，沿海地区较非沿海地区发展水平高，长江流域地区较黄河流域地区发展水平高。（2）高技术产业就业人数占比逐年增加，而低、中低技术产业就业人数占比均下降；食品、饮料、烟草、纺织业、服饰业、石油煤炭、金属制品业等就业弹性系数和就业结构偏离度为负值，对劳动力具有挤出效应；医药制造业、交通运输设备制造业、专用设备制造业、计算机、通信、电子设备制造业、仪器仪表制造业等就业弹性系数和就业结构偏离度为正值，对其劳动力具有吸纳作用。（3）产业数字化对低技术产业制造业不发达的省份产生的负影响较小，随发达程度的增加产生的负影响越大，当低技能产业发展到一定发达的程度，影响不显著；产业数字化对中低技术产业制造业在低分位点处产生负向影响，对中高技术产业就业影响不显著；产业数字

化对高技术产业制造业产生正向影响，条件分布系数呈现“倒U”型。（4）从地区异质性分析，中部、西部和东北地区产业数字化对低技术产业制造业均产生负向影响，东部地区不显著，且中部地区受影响的系数最大；东部和东北地区产业数字化对中低技术产业制造业均产生负向影响，而西部地区不显著；由于东北地区钢铁、石化、机床装备制造等发展较为发达，该地区产业数字化对中高技术产业制造业产生正向影响，其他地区不显著。东、中、西部地区产业数字化对高技术产业制造业均产生正向影响，而东北地区产业数字化对高技术产业制造业产生显著负向影响。

根据结论提出以下几点建议：把握产业数字化计划和“稳就业”政策并肩前进；加强高技术产业应用型高技能人才的培养和储备体系建设；根据地区差异性，有效发挥各省份的“龙头”产业建设；优化传统模式，突破关键技术，加快就业平台信息建设。

关键词：产业数字化；制造业就业；就业结构；分位数回归

Abstract

Manufacturing industry is the main body of the real economy and the main battlefield of industrial digital transformation. Manufacturing enterprises comply with the trend of digital transformation and actively use information and communication technologies such as Internet, big data and artificial intelligence to continuously promote the digitization and service-oriented upgrading of enterprises. However, in the process of promoting industrial digitization, it will have an impact on the employment structure of manufacturing industry, which will produce the phenomenon of "machine replacement", that is, industrial digitization will have a substitution effect on manufacturing employment, and will also expand the production scale of enterprises, so as to promote manufacturing employment. It is worth studying how to realize the dual effects of "digital employment protection" and "Digital Manufacturing" in China. Analyzing the relationship between industrial digitization and manufacturing employment not only enriches the cross research of industrial digitization theory and employment structure theory, but also has strong practical significance for countries, enterprises and individuals.

Based on the panel data of 30 provinces in China from 2008 to 2019, this paper uses the combination weighting method to calculate the industrial digitization index system; This paper analyzes the changes of employment structure and labor productivity in manufacturing industry,

and calculates the elasticity coefficient and deviation degree of employment structure of 21 manufacturing industries in China from 2008 to 2019; Finally, the panel quantile regression and fixed effect model are constructed to empirically analyze the impact of industrial digitization on the employment structure of manufacturing industry in various regions.

The results show that: (1) there are great differences in industrial digitization among provinces. The more economically developed regions can accelerate the development of industrial digitization. The level of industrial digitization in Guangdong, Jiangsu and Zhejiang is relatively good, while the level of digitization in Hainan, Qinghai and Ningxia is relatively low; With the passage of time, the level of industrial digitization has increased steadily. The level of development of the coastal areas in the north is higher, and the level of development of the Yellow River Basin in the south is higher than that in the coastal areas. (2) The proportion of employment in high-tech industries has increased year by year, while the proportion of employment in low, medium and low-tech industries has decreased; The employment elasticity coefficient and employment structure deviation degree of food, beverage, tobacco, textile industry, clothing industry, petroleum, coal and metal products industry are negative, which has a crowding out effect on the labor force; The employment elasticity coefficient and employment structure deviation of pharmaceutical manufacturing industry, transportation

equipment manufacturing industry, special equipment manufacturing industry, computer, communication, electronic equipment manufacturing industry and instrument manufacturing industry are positive, which can absorb their labor force. (3) The negative impact of industrial digitization on the provinces with underdeveloped low-tech industries and manufacturing industries is small, and the greater the negative impact with the increase of the degree of development. When the low skilled industries develop to a certain degree of development, the impact is not significant; Industrial digitization has a negative impact on the manufacturing industry of low and medium-tech industries at the low quantile, and has no significant impact on the employment of medium and high-tech industries; Industrial digitization has a positive impact on high-tech industry and manufacturing industry, and the conditional distribution coefficient presents an "inverted U" shape. (4) From the analysis of regional heterogeneity, the industrial digitization in the central, Western and northeast regions has a negative impact on the low-tech manufacturing industry, the eastern region is not significant, and the coefficient affected in the central region is the largest; The industrial digitization in the East and Northeast China has a negative impact on the manufacturing industry of medium and low-tech industries, while it is not significant in the West; Due to the relatively developed development of iron and steel, petrochemical and machine tool equipment manufacturing

in Northeast China, the industrial digitization in this region has a positive impact on the manufacturing industry of medium and high-tech industries, which is not significant in other regions. Industrial digitization in the East, middle and west regions has a positive impact on high-tech manufacturing, while industrial digitization in the northeast region has a significant negative impact on high-tech manufacturing.

According to the conclusion, the following suggestions are put forward: grasp the industrial digitization plan and the "stable employment" policy to move forward side by side; Strengthen the training and reserve system construction of applied high skilled talents in high-tech industries; Give full play to the construction of "leading" industries in various provinces according to regional differences; Optimize the traditional model, break through key technologies, and speed up the construction of employment platform information.

Key words: Industrial digitization; Manufacturing employment; Employment structure; Quantile regression

目 录

1 引言	1
1.1 研究背景及问题的提出	1
1.1.1 研究背景	1
1.1.2 研究意义	2
1.2 国内外研究现状	2
1.2.1 产业数字化的测算	2
1.2.2 制造业就业结构分析	3
1.2.3 产业数字化对就业替代效应	4
1.2.4 产业数字化对就业创造效应	5
1.2.5 产业数字化对就业的双向效应	6
1.2.6 国内外研究现状评述	7
1.3 主要研究内容及框架	7
1.4 研究的创新	8
2 产业数字化对制造业就业的影响机理分析	9
2.1 基本概念界定	9
2.1.1 产业数字化	9
2.1.2 制造业就业	9
2.1.3 制造业就业结构	10
2.2 产业数字化对制造业就业替代效应	10
2.2.1 制造业内部发展变革	10
2.2.2 制造业外部环境变化	11
2.2.3 小结	11
2.3 产业数字化对制造业就业创造效应	12
2.3.1 制造业内部发展变革	12
2.3.2 制造业外部环境变化	12
2.3.3 小结	13

2.4 产业数字化对制造业就业创造完全效应	13
3 产业数字化测算及评析	15
3.1 产业数字化指标体系构建	15
3.2 产业数字化测算方法构建	16
3.2.1 熵权法	16
3.2.2 CRITC 法	17
3.2.3 等权重法	17
3.2.4 组合赋权法	17
3.3 产业数字化测算结果与评析	19
4 中国制造业就业结构发展现状	22
4.1 制造业发展现状	22
4.1.1 制造业产业增长及占国民经济比重	22
4.1.2 制造业产业结构变动情况	23
4.1.3 制造业的劳动生产率情况	24
4.2 制造业就业结构变化	26
4.2.1 制造业各产业就业占比	26
4.2.2 制造业产业就业弹性	27
4.2.3 制造业产业就业结构偏离度	28
5 产业数字化对制造业就业结构影响的分析检验	31
5.1 分位数回归模型	31
5.2 数据来源与模型设定	32
5.3 各变量描述性统计分析	35
5.4 产业数字化对制造业就业结构实证检验	36
5.4.1 产业数字化对制造业低技术产业就业的实证检验	36
5.4.2 产业数字化对制造业中低技术产业就业的实证检验	38
5.4.3 产业数字化对制造业中高技术产业就业的实证检验	39
5.4.4 产业数字化对制造业高技术产业就业的实证检验	41
5.5 产业数字化对制造业就业结构地区差异性检验	43

6 总结与建议	47
6.1 结论	47
6.2 建议	48
参考文献	50
后记	55

1 引言

1.1 研究背景及问题的提出

1.1.1 研究背景

制造业是我国重要的支柱行业，是实体经济的主体，是立国之本、兴国之器、强国之基，也是本轮产业数字化转型的焦点和主战场。2020 年我国制造业增加值为 26.6 万亿元，同比增长 2.3%，占同期我国 GDP 总量的 26.18%，但与 2006 年的 32.45% 相比，制造业的比重下降过快，过早的去工业化，会导致经济“向虚脱实”，人口失业，泡沫经济等。近年来，在数字化驱动发展战略引领下，传统产业转型升级，机器取代人工的现象频出，为适应多样化消费需求、促进形成高品质供给，产业数字化趋势明显。居民收入水平的提高，消费者对商品的要求越来越高，对商品的性能、品质越来越挑剔。比如，对一件价格并不高的商品而言，使用简单的劳动往往不如高、精、准的技术更能够满足人们的需求^[1]。为保持制造业比重基本稳定，巩固实体经济根基，我国“十四五”规划纲要中明确指出，要“坚持把发展经济着力点放在实体经济上，加快推进制造强国、质量强国建设，促进先进制造业和现代服务业深度融合”^[2]。制造业是现代工业发展的基础，制造业就业人口也是就业人口中规模比较大的行业，制造业就业人口的变化，不仅能够反映出一个地区经济的特点，也能反映出经济的发展趋势。

李克强总理在 2019 年政府工作报告中提到中国就业压力总量不减，结构矛盾凸显。近些年来，中国制造业凭借巨大的劳动力成本优势得到了迅猛发展，现已成为制造业第一大国。随着产业数字化日益壮大，大数据、人工智能、工业机器人等大量投入使用，使得制造业总体就业人数有所减少^[3]。从 2014 年到 2021 年，中国制造业就业人口总体呈下降的趋势，广东、江苏、山东、浙江等制造业就业人口大省，就业人口下降规模较大，尤其是山东省，与 2014 年制造业就业人数相比，2021 年制造业就业人数减少了 41.68%，这不仅对地区人口就业产生了很大的影响，也对经济发展和城镇化进程产生了很大的影响。因而在当前产业数字化背景下，研究制造业就业问题具有重要的理论和实践意义。

1.1.2 研究意义

就业是最大的民生，近年来，随着科技的进步与发展，越来越多的“流水线”工作被机器所替代，以批量生产为代表的制造业的员工被替代的可能性尤为显著，于此同时，各种科技的零部件批量生产又会有新的工作岗位诞生，我国制造业如何在产业数字化对其就业的“破坏效应”和“补偿效应”中进行均衡？具体哪些岗位会被替代，而哪些岗位就业前景较好？值得我们细细研究。分析产业数字化和制造业就业之间的关系不仅丰富了产业数字化理论，而且帮助我们更好地规划制造业的未来发展，为打造制造业强国奠定理论基础，对国家、企业和个人都具有强烈的现实意义。因此，探究产业数字化对制造业就业结构的影响分析是非常重要的！

理论意义：本文对产业数字化测算方法上进行了丰富与拓展，并通过产业数字化理论进一步拓展我国制造业就业结构理论，揭示产业数字化对我国制造业就业结构的影响机理。形成相对系统的研究体系，丰富产业数字化理论和制造业就业结构理论的交叉性研究。

现实意义：对于即将迈入大学的学生来说，本文的研究能够使提前了解制造业行业劳动力市场需求，能够帮助他们早日为自己以后的选择专业做出规划，学习相应的专业技能；对于投资者来说，本研究可以帮助识别哪些产业经济发展前景较好，早日制定出稳健的投资策略，从而获得更大收益；对于企业来说，本文的研究能够帮助他认清现在制造业的局势变化，为自己公司制定出应对产业数字化的方法，为确定是增加资本投入还是增加劳动力投入使得公司收益最大提供帮助；对于国家来说，本研究将针对区域异质性，可分地区分类地提出政策建议，将为解决制造业数字化与就业替代的冲突，创造就业岗位提供借鉴，为政策制定与实施提供建议，从而促进制造业产业升级，人才高质量发展。

1.2 国内外研究现状

1.2.1 产业数字化的测算

产业数字化为全球经济注入活力，目前，已经成为我国社会经济高质量、快

速发展的新“引擎”和新“能源”。数字化改革进程向我国产业领域加速渗透。截止到 2019 年，我国产业数字化增加值达 28.8 万亿元左右，占 GDP 的 29.9%，成为我国经济的重要支撑力量^[4]。然而，测算产业数字化指标不同的学者有不同的看法，杨飞和范从来（2020）利用世界投入产出表，将世界计算机制造业和信息服务业投入到中国每个行业的中间品占其 GDP 的比重作为产业数字化的代理指标^[5]。还有一些文献多采用信息基础设施指数（孙早和徐远华，2018）^[6]、机器人使用（Acemoglu & Restrepo, 2020）^[7]、信息技术应用（Michaels et al, 2014）^[8]、类型全要素生产率（Autor & Salomons, 2018）^[9]、企业占比（张龙鹏和张双志，2020）^[10]、规则化任务密集度（Gregory et al, 2019）^[11]等单方面衡量产业数字化。而杨慧梅和江璐（2021）从工业、农业、第三产业增加值、技术改造与投入、基建投资和数字化人才等维度描述我国的产业数字化水平^[12]。焦勇（2020）从数据、创新、需求和供给四方面研究驱动制造业数字化转型^[13]，曹正勇（2018）建议通过引进设备创新技术、引进和培养数字化人才、建立并完善信息技术监管等措施推动产业数字化^[14]。吕铁（2019）亦从企业、行业、园区三个层面提出如何优化升级传统的制造业的方法^[15]，提出产业数字化转型模式有企业之间恶性竞争导致的倒逼企业数字化转型模式和社会为方便、快捷地生活，主动创新的增值服务模式，应积极推动产业数字基础设施，鼓励企业深化产业端数字化（杨卓凡，2020）^[16]。

1.2.2 制造业就业结构分析

制造业将成为产业数字化大展拳脚的好地方，制造业的发展质量和发展速度均体现了产业数字化水平（李春发，2020）^[17]，自 2012 年开始，制造业总体就业人数正逐年减少，其中，医药制造业、交通运输设备制造业和计算机、通信和其他电子设备制造业的就业人数有所增加外，剩余的制造业就业人数均减少，农副食品制造业和纺织业为代表的行业就业人数减少地最快。章铮和谭琴（2005）指出劳动密集型制造业因为对生产效率的追求，导致其职工的年轻化^[18]。随着我国近年来大力发展高技术产业，从而促进制造业高技术行业对高素质就业人员的吸收越来越快（周逸欣，2020）^[19]。宋锦（2019）的研究表明，因为批发零售和住宿餐饮业的升级，吸引了部分劳动力，使得制造业就业人数减少^[20]。荣晨（2021）

统计性描述和文献总结发现,我国制造业的劳动者将减少 1540 万人,从分项看,将有 804 万工作者从制造业转向服务业^[21]。总之,制造业的劳动力有向服务业转移的趋势,并且这种趋势随产业数字化的加深,趋势越明显。

1.2.3 产业数字化对就业替代效应

目前,低技术劳动力仍然是中国制造业的主体,但对于企业来说,低技术劳动力成本优势已不再,而且出现了“挤出效应”(王磊和魏龙,2017)^[22]。韩民春(2020)研究表明使用机器人的数量每增加 10%,劳动密集型低技能产业的劳动力就业人数就下降 0.54%,而对高技术产业劳动力就业人数影响不显著,并且机器的制造工序越复杂、性能越好对就业的替代作用就越明显^[23]。李新娥(2020)利用省级面板数据分析量化人工智能对制造业就业的影响,结果发现,人工智能政策、科技经费投入对制造业就业的影响呈负相关性^[24]。何勤等(2020)选择 115 家制造业企业的微观数据,分析人工智能对就业的影响,结果表明人工智能技术对制造业就业产生负面影响^[25]。何平等(2007)基于 1998-2004 年中国制造业大中型企业数据,认为科技活动对企业生存有正向效应,但对就业没有影响甚至是负影响^[26]。韩民春和赵一帆(2019)根据就业效应理论,分析我国工业机器人的进出口情况,结果表明制造业就业受工业机器人的冲击较大,特别是经济较为发达的沿海省份尤为明显^[27]。Weiwei Kong 和 QiYin(2020)指出智能制造促进了黑龙江省制造业的转型升级,但在短期内,智能制造对黑龙江省制造业劳动力就业具有显著的抑制作用^[28]。Shapiro A F 和 Mandelman F S.(2021)认为企业数字采用率和自营就业率之间的强烈和消极的联系,即使在控制了发展水平和与发展中国家独特的就业结构有关的其他因素之后,这种关系仍然存在^[29]。杨慧(2021)运用我国 2015-2019 年汽车行业数据,采用双重倍差的方法实证检验得到,人工智能技术的使用对我国汽车行业生产性员工数量产生了明显的负向影响^[30]。Daron Acemoglu(2020)研究了法国机器人采用对企业层面的影响。采用了机器人的公司经历了劳动力份额、生产工人就业份额的显著下降,以及附加值和生产率的提高^[31]。Cho Sungchul(2019)利用区域劳动力市场分析方法估计自动化和全球化对制造业就业的影响,将金融危机后韩国区域制造业就业的变化与技术冲击和贸易冲击的地理位置联系起来。由于技术冲击,从事日常工作的本地劳动力

市场的制造业就业率显著下降^[32]。袁富华（2007）劳动密集型制造业出口的就业弹性与技术进步之间存在负向关系^[33]。邱玥（2020）通过问卷调查，筛选处理分析数据后，研究表明智能技术的使用，使得部门结构发生变化，对制造业员工具有一定的替代效应，引导员工流向技术部门^[34]。Zheng Liang 等（2021）利用经济普查微观数据研究了 2004-2008 年间国有企业对中国城市制造业就业增长的影响，结果表明国有企业的存在抑制了制造业就业增长^[35]。

1.2.4 产业数字化对就业创造效应

在资本要素投入方面，杜传忠（2020）认为制造业就业规模的扩大是受科技水平提高和资本投入的影响^[36]。韩国高（2021）将外资进入作为解释变量，发现外资引进对低技术产业和非国有企业发挥稳就业作用^[37]。在技术创新方面，林发彬（2020）以台湾地区为研究对象，发现工艺创新方式为制造业创造了较多的岗位^[38]。刘汶荣（2021）利用 CSMAR 数据库整理得到 4873 个制造业上市公司数据，对技术创新与就业进行回归分析，研究发现技术创新与就业的交互关系与企业发展具有较强的相关性，联系紧密，支持了技术创新创造就业假说^[39]。Stojčić N 等人（2019）通过 2008-2014 年中欧和东欧 56 个 NUT2 地区（部门间）和生产性（部门内）数据分析，城乡地区获得数字基础设施，通过外国投资的流入和生产投入的进口转让技能、知识和资源，增加了制造业对区域就业的贡献^[40]。习明明（2021）从金融角度指出普惠金融降低了融资成本，间接创造更多的就业岗位，能够改善特困区和西部地区制造业就业^[41]。Aghion 等（2020）研究发现法国等欧洲国家的产业智能化提高了总就业^[42]。陈临奇（2020）认为数字经济时代，服务业增速显著低于第二产业，就业份额不断提升，且在各部门之间存在异质性^[43]。康茜和林光华（2021）基于宏观总体就业人数、技能就业、非技能就业人数、工业机器人安装密度和产业结构等面板数据，建立中介效应模型，研究发现工业机器人对就业具有显著的正向影响^[44]。Leigh Nancey Green（2019）等人认为自大萧条结束以来，机器人为美国大都市的制造业就业做出了积极贡献^[45]。Dildar Yasemin（2021）分析了中东和北非 8 国家的制造业就业情况，该地区劳动力女性化总体水平一直较弱，即使是表现最好的国家。劳动密集型产业，特别是纺织和服装业推动了女性化趋势，约旦是资本密集型产业女性化的一个例外。随着结

构转型和资本深化,传统的“女性”工作失去了意义,女性的制造业就业机会消失^[46]。姚先国等(2005)利用制造业企业的微观数据,研究表明技术进步导致企业对高技能人才的需求增加,从而促进了制造业高技能劳动力就业^[47]。田洪川和石美遐(2013)对制造业全要素生产率进行分解后,技术效率的提升能够促进制造业就业的增长^[48]。

1.2.5 产业数字化对就业的双向效应

不少学者认为产业数字化对制造业就业既有替代效应又有创造效用,金俊(2019)指出总体来看,技术进步对制造业的促进作用大于抑制作用^[49]。刘春荣(2015)认为制造业的劳动关系主体之间具有隐性的岗位冲突,技术变革对工人技能会产生替代效应和互补效应,机能分工使核心技术由工作场所逐步转移到办公室,并且,基层劳动者的力量快速下降^[50]。陈泽聪(2011)选用全要素生产率作为技术进步的指标,技术进步对制造业高技术行业就业有促进作用,而对制造业低技术行业就业则存在短期挤出效应^[51]。徐梦冉(2021)利用中国工业企业数据库和阿里巴巴平台数据发现“互联网+”阻碍了制造业企业的就业增长,但对大型的经济实力雄厚的企业就业有促进作用,对资本薄弱的小微企业有抑制作用^[52]。吕杰(2017)认为工业机器人功能性能越复杂越会加大对低技能劳动力的替代,但同时高强度的工业机器人也会提升对中、高技能劳动力的需求,从而能够促进劳动力市场结构转型^[53]。David Autor 和 Anna Salomons(2018)研究发现数字经济将替代简单重复的工作岗位,同时促进具有技术性的高技能的就业岗位^[54]。叶胥(2021)认为数字经济对第二产业、高技术产业和高技能的影响呈现“正U型”,数字经济发展初级,降低了就业人数,随着数字经济发展,又促进了就业人数的增加^[55]。孟祺(2021)认为数字经济没有减少就业规模,并且增加了高技术密集型就业数量,减少了劳动密集型就业人数^[56]。隆云滔(2020)等认为短期内人工智能对企业的干扰不可避免,而长远来看,新机器的应用并不会降低总的劳动力需求^[57]。阮小雪(2018)借助扩展的 Jordi 理论模型进行实证研究,结果表明,当前我国智能制造的就业创造效应大于就业替代效应,智能制造有利于高技能劳动力就业增长,改善就业结构^[58]。

1.2.6 国内外研究现状评述

综合以上的国内外文献不难发现：（1）多数学者将研究工业机器人、数字经济、人工智能、互联网和大数据等作为核心解释变量，但很少学者将产业数字化作为核心解释变量对制造业就业的影响。（2）从总体来看，诸多学者对科技进步影响制造业的看法有着不同的意见，认为科技进步对制造业就业有替代效应或创造效应，或两者并存，但研究的都是制造业整体，而对于将制造业各行业详细分析的文章鲜有。（3）上述文章多采用制造业就业总人数或者制造业占总就业人数的比重作为被解释变量。少有文章将各技术产业占制造业就业总人数的比重作为被解释变量，研究产业数字化对制造业就业结构影响更是少见。

因此，本文针对除西藏、港、澳、台以外的30个省（市、自治区）制造业21个行业相关数据为研究样本，利用组合赋权法对产业数字化进行测算，并建立分位数回归模型和面板固定效应模型分析产业数字化对不同技术产业、不同地区的制造业就业的影响。

1.3 主要研究内容及框架

本文从理论基础到实践的研究原则，将研究内容主要分为六个部分。

第一部分为引言，主要阐述了研究背景、意义，国内外的相关研究的研究综述，本文的研究内容、框架以及结构安排。

第二部分为产业数字化对制造业就业影响机制的理论分析，介绍了产业数字化、就业结构等几个重要指标的概念，以及产业数字化对制造业就业影响的路径分析。

第三部分为产业数字化测算及评析，构建产业数字化的指标体系，使用组合赋权法计算各个指标的权重，计算出产业数字化的具体数值完成产业数字化的测算，并且在时间和地域两个不同维度进行分析。

第四部分为我国制造业就业发展现状，详细分析了制造业产业产值结构、就业结构、劳动生产率、弹性系数及就业结构偏离度的情况。

第五部分为产业数字化对就业结构实证检验，搜集相关数据，构建分位数回归模型和固定效应模型，进行实证检验和地区差异性检验。

第六部分为结论和建议，根据文章的分析结果，对产业数字化发展、就业培训和培养高科技人才等方面提出了一些建议。本文研究框架如图 1.1 所示。

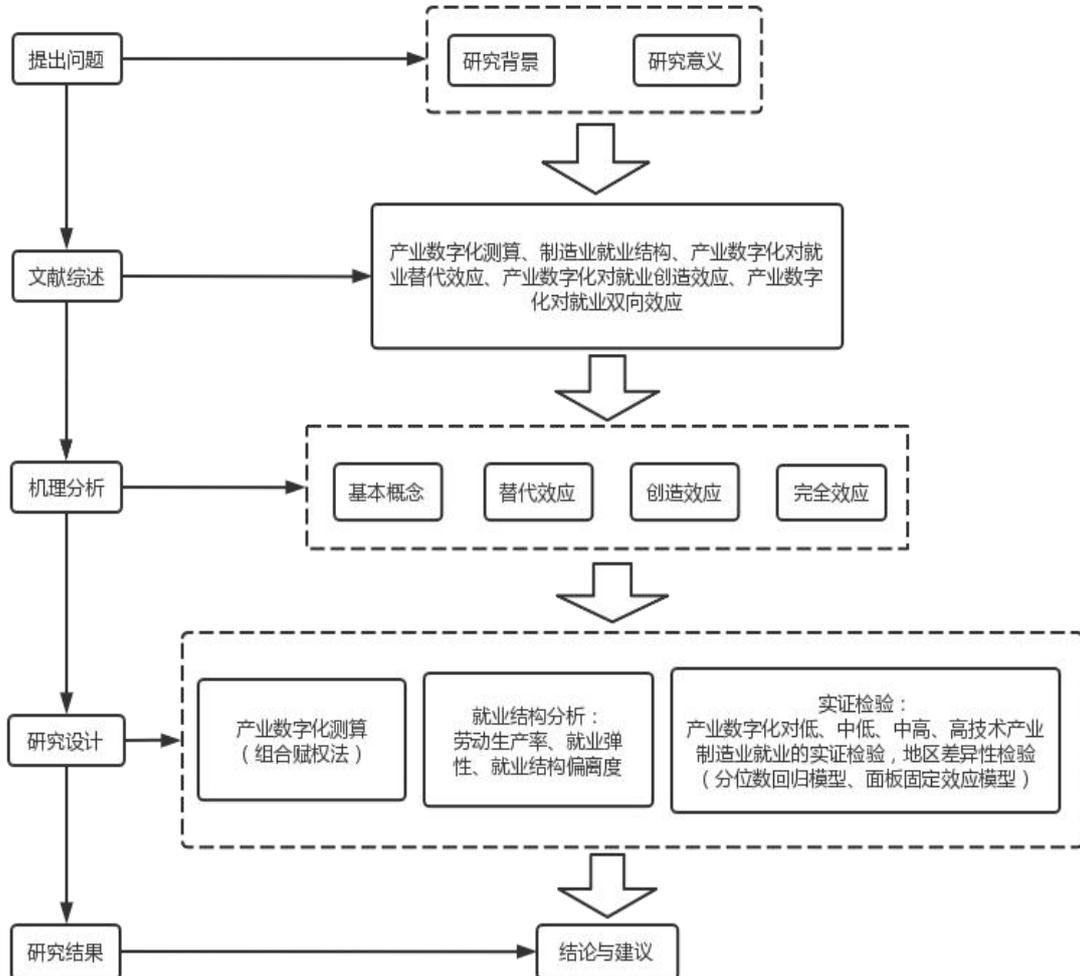


图 1.1 技术路线图

1.4 研究的创新

创新点：（1）方法创新。基于数据变异性、冲突性、信息量以及对数据依赖性考虑，本文通过组合赋权法（熵权法、CRITC法和等权重法三种方法测算的权重求均值）对制造业产业数字化进行测算。（2）实证创新。在不同分位点上研究制造业产业数字化对不同技术产业、不同地区制造业就业结构的影响分析。

2 产业数字化对制造业就业的影响机理分析

从全国范围来看,各地区传统产业正在发生翻天覆地的变化,主要体现在产业数字化改革和就业结构的矛盾,产业数字化所构建的就业生态主要体现在两个方面。一方面,就业灵活化。通过政府支持、企业创新推动了传统制造业产业数字化升级,使各行业的生产质量、生产效率都得到迅速提升。伴随着人口红利下降,人口老龄化等问题的出现,劳动供给量持续下降,机器代替人情况使得更多的劳动者通过视频学习,百度查找等提升了数字化技能,从而使劳动力流向更高技能就业岗位和更具弹性的工作,赋予劳动者更多择业的灵活性,从而提高了劳动力资源配置效率。另一方面,就业平台化。以阿里巴巴公司为例,截止到2021年6月其集团内部有25.47万员工,平台超过1000万商家,创造了超过3000万个就业机会,同时,也使得劳动力向服务业流动,由此可见,产业数字化对于中国劳动力与就业市场产生了调节重塑的作用。针对这一情况,本文认为产业数字化对制造业就业的影响表现为替代效应、促进效应和完全效应。

2.1 基本概念界定

2.1.1 产业数字化

根据《携手跨越重塑增长—中国产业数字化报告2020》中产业数字化定义,产业数字化是指在新一代数字科技支撑和引领下,以数据为关键要素,以价值释放为核心,以数据赋能为主线,对产业链上下游的全要素数字化升级、转型和再造的过程^[59]。

2.1.2 制造业就业

制造业就业是指有劳动能力和劳动愿望的劳动者在法定年龄内在制造业行业从事生产、制造的活动,并且获取一定的劳动报酬或经营收入进行的务工劳动。

2.1.3 制造业就业结构

就业结构是指国民经济各部门所占用的劳动数量、比例及其相互关系。在本文中制造业就业结构是指制造业低技术劳动力、中低技术劳动力、中高技术劳动力、高技术劳动力占总制造业劳动力数量的比例。

2.2 产业数字化对制造业就业替代效应

各企业为追求“高速”生产产品，大量机器，数字化投入使用，这无疑替代了劳动力；产业数字化的发展使得服务业的迅速崛起，也使得制造业人才流向服务业。因此，产业数字化对制造业就业替代效应主要体现在制造业内部发展和外部环境变化两方面的影响。

2.2.1 制造业内部发展变革

在制造业内部会产生“机器换人”和劳动力市场供需不匹配引起的结构性失业。制造业行业中使用工业机器人等智能化设备的投入增加，原本由劳动力完成的工作会更多的由机器人完成，智能生产技术与智能化生产设备的使用直接替代了传统劳动力，造成劳动力比重的下降。制造业生产的产品大多都是成批生产的，即生产量较大，这将导致“机械”重复的工作量大，随着科技的发展，这些工作终将会被智能机器所替代，劳动力需求减少。国际竞争激烈的情况下，为压缩成本，制造业内部引进各种工具、机器设备来替代劳动力。通过加强人与机器的协作配合，不断提升产品生产效率。这种深化采用数字化机器生产的情况下，具有中低端技能的劳动者很容易被机器替代，这就会导致失业率的上升。现阶段，企业与企业之间的信息流动，不仅为企业带来组织、过程、产品和市场等多方面的变革，同时，也增加了各企业之间竞争压力。要想在众多同行中脱颖而出，必须引进先进的机器，加大资本投入。而根据柯布道格拉斯生产函数，当保证制造业总产值不变时，综合技术水平和资本投入的增加，会减少劳动资本的投入，从而减少劳动力人数。目前劳动力市场供需不匹配，生活成本的提高，使制造业员工工资相应得到了提升，企业无力支付高昂的人工成本，促使制造业技术人才流入金融、互联网等高薪行业。

2.2.2 制造业外部环境变化

外部环境是指外卖和快递等行业的兴起带走了部分劳动力。我国经济水平不断发展，对于普通劳动者而言，外卖、快递等新生代服务业，不管是在收入水平还是劳动强度上，都远强于传统制造业。越来越多的年轻人不愿意从事制造行业，相较于制造业，年轻人更倾向于选择快递、外卖等服务业，这也导致了机械工程师、电气工程师招人难。目前，快递、外卖等行业兴起，因为工作时间灵活和门槛低等原因，得到了许多职场新人的青睐。中国快递业务从业人数已超过1000万，外卖员总数突破700万，据统计有40%外卖骑手是从制造业转行而来。并且随着互联网的普及与使用，各种招聘信息和求职信息扑面而来，成为本就不坚定的劳动者进行转业的催化剂，使得劳动市场混乱，劳动者就业不稳定。同时，企业对员工的选择也会越来越多，为找到更加优秀的劳动者，增加了筛选时间，从而拖慢了整体的就业速度。

2.2.3 小结

根据上文分析，产业数字化对制造业就业产生替代效应的技术路线图，如图2.1所示。

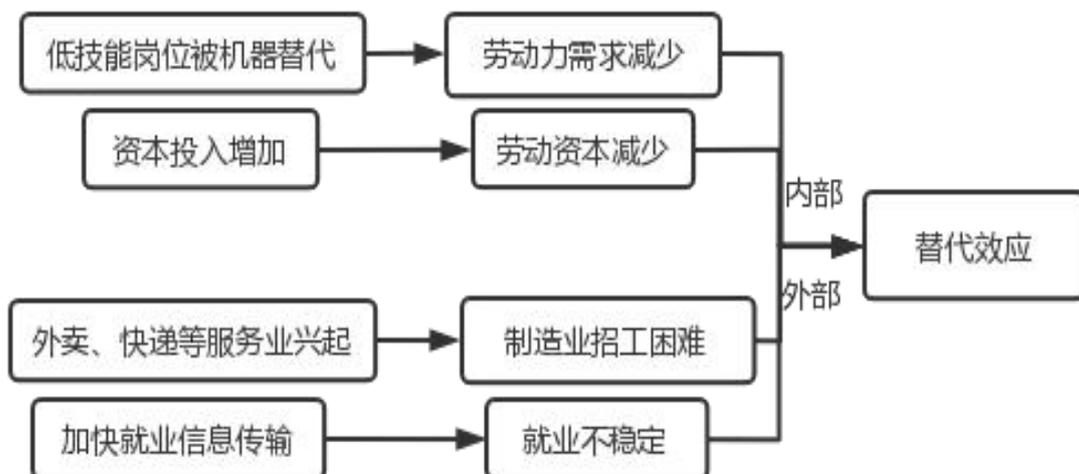


图 2.1 替代效应的路径分析

2.3 产业数字化对制造业就业创造效应

产业数字化的发展对制造业产生替代效应的同时,也会带来许多新的就业岗位。而且产业数字化使得企业生产规模扩大,提高生产效率,产生规模报酬递增的现象,从而增加劳动力需求,对制造业就业产生创造效应。产业数字化对制造业就业创造效应主要体现在制造业内部发展和外部环境变化两方面的影响。

2.3.1 制造业内部发展变革

基于技术变革与劳动力需求理论和“配第一克拉克定理”,产业数字化发展有利于优化就业结构。从历史上看,无论是第一次工业革命,蒸汽机代替了人力,还是第二次工业革命带来的工厂自动化,科技进步在替代传统岗位的同时,也创造了新的就业岗位,增加了高技术、高技能工人的就业。因为医疗设备,电子设备等制作将直接影响各产业发展,高技术产业制造业的发展是各产业发展的基础,因此,在医药、电子设备制造业、仪器仪表制造业等高技术产业制造业对劳动力需求增加。

马克思劳动理论认为数字技术进步主要取代的是简单重复的规则性体力劳动,而非规则性智力劳动很难被取代。科学技术的发展,自动化的普及,制造业企业的生产效率有了大幅度提高,生产成本降低,为追求更高的利益,扩大生产规模是每个经济人的必然选择,生产规模扩大使得劳动力需求增加。例如,美的集团在刚起步发展时仅有几百人,但随着生产效率的提高,生产规模扩大,截至到2021年3月,该企业的总市值达6657.72亿元,企业员工有17.15万人。现阶段产业数字化在制造业中的应用不仅是在生产环节,在销售,运输等环节也起着重要作用,产品脱销从而使得企业扩大再生产,从而扩大劳动者需求。

2.3.2 制造业外部环境变化

基于社会分工理论,产业数字化发展通过极大降低交易成本和压缩时空距离。“分工到位责任到人”的方法不仅提高了社会经济发展速度,而且增加了收益。不同的人对生活需要各异,使得对产品需求个性化,多样化,为满足人们多样化的需求,增加了新的就业岗位。例如,由于对服装个性化需求,私人定制,按图

定做、量身定做等店铺越来越多。

科技发展迅速，为跟紧时代的脚步，包含老人、小孩在内几乎每人一部或者多部电子设备，社会需求增加，根据均衡价格理论，社会需求等于社会供给，则供给增加，劳动资本投入增加，使得劳动力需求增加。产业数字化的快速发展改变了传统的劳动关系和工作模式，催生了众多新就业岗位，形成了许多的新型社会分工方式，许多的灵活就业者选择自主创业，例如开淘宝店铺，做短视频博主，或与第三方平台建立雇佣关系等，这种线上销售方式增加了产品销售额，从而促进了制造业发展。其次，就业信息的快速传输，极大地降低了信息不对称对就业率的影响。例如，就业信息的传播，有利于大学生快速就业，有利于手工制造者销售手工品，有利于满足企业与求职者之间供需，从而降低失业率。

2.3.3 小结

根据上文分析，产业数字化对制造业就业产生替代效应的技术路线图，如图 2.1 所示。

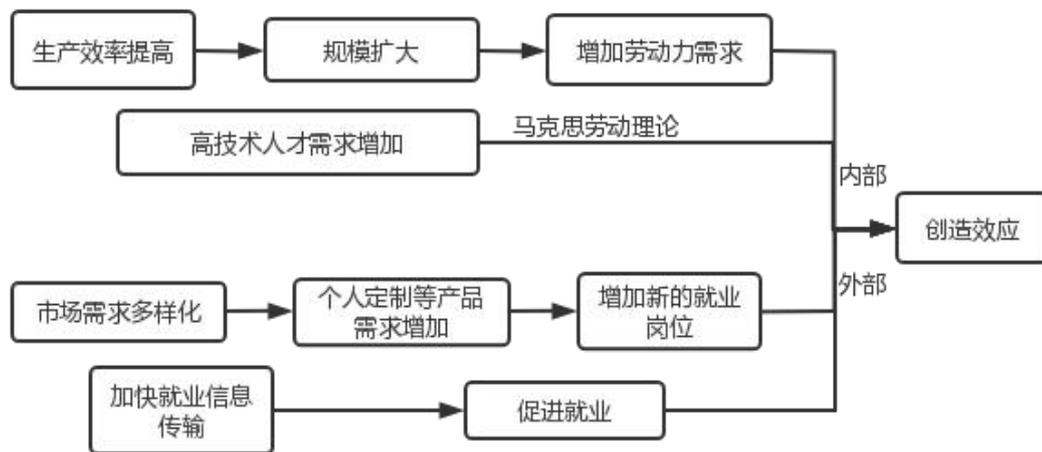


图 2.2 创造效应的路径分析

2.4 产业数字化对制造业就业创造完全效应

在大量机器使用过程中，既替代了许多岗位，又增加了生产机器的工人。从短期看，产业数字化发展可能会淘汰一部分就业岗位，导致一些求职者和岗位出

现结构性失业增加，但从长期看，产业数字化发展引起的结构性失业会随求职者长期的学习创新而降低乃至消失，从而提高就业总量。这是因为产业数字化发展会产生许多技术型岗位，如产品研发和工艺设计岗位需求增加。

3 产业数字化测算及评析

3.1 产业数字化指标体系构建

结合产业数字化定义可知，产业数字化的发展离不开互联网、设备、资金、人才等投入，这是产业数字化的基本保障。产业数字化依赖于软件和硬件提供的数据加工处理以及新技术和专利的研发与成果转化，科研创新是推动产业数字化的不竭动力，效益水平是产业数字化发展水平的产物，并且，衡量产业数字化的发展还要考虑绿色水平，治理废气和废水的能力，治理设施越多，产业数字化发展水平越高。鉴于此，结合陈小辉和张红伟（2021）^[60]、杨文溥（2022）^[61]、杨慧梅和江璐（2020）^[12]、关会娟和许宪春等（2020）^[62]以及陈岳飞和肖克（2021）^[63]等关于产业数字化研究指标。本文将选取数字基础设施、科研创新、资金投入、效益水平、数字化人才和绿色水平等六个方面作为二级指标测算产业数字化。具体指标如表 3.1 所示。

表 3.1 产业数字化评价指标体系

一级指标	二级指标	三级指标
产业数字化	数字基础设施	互联网宽带接入端口(万个)
		拥有网站的企业个数(个)
		有电子商务交易活动的企业数(个)
	科研创新	规模以上工业企业发明专利申请数(件)
		规模以上工业企业新产品项目数(项)
	资金投入	规模以上工业企业仪器和设备购买支出(亿元)
		规模以上工业企业 R&D 经费(万元)
		公共财政支出中科学技术支出(亿元)
	效益水平	软件产业中软件产品收入(万元)
		技术市场成交额(亿元)
		电子商务销售额(亿元)
	数字化人才	信息传输、软件和信息技术业城镇单位就业人员(万人)

		科学研究和技术服务业城镇单位就业人员(万人)
	绿色水平	工业废气治理设施(套)
		工业废水治理设施(套)

数据来源：国家统计局：《中国科技统计年鉴》（2009-2020）；《中国环境统计年鉴》（2009-2020）和《中国工业统计年鉴》（2009-2020）

3.2 产业数字化测算方法构建

根据设计指标，为得到稳健的产业数字化发展水平，本文从主观和客观的角度选用是熵权法、CRITIC法、等权重法、组合赋权法四种赋权法测算产业数字化。具体如下：

3.2.1 熵权法

熵权法是利用指标的差异程度，提取计算数据中包含的有效信息和指标权重，属于客观赋权法。指标的熵值越小，离散程度越大，信息的有效价值越大，则该指标的权重越大。基本操作步骤如下：

1. 初始数据矩阵归一化。

假设有 m 个评价对象和 n 项评价指标，采用极差变化法进行归一化处理，计算公式如下：

$$x'_{ij} = \frac{x_{ij} - \min_i \{x_{ij}\}}{\max_i \{x_{ij}\} - \min_i \{x_{ij}\}} \quad (\text{适用正向指标}) \quad (1)$$

$$x'_{ij} = \frac{\max_i \{x_{ij}\} - x_{ij}}{\max_i \{x_{ij}\} - \min_i \{x_{ij}\}} \quad (\text{适用负向指标}) \quad (2)$$

其中， x_{ij} 为某年第 i 个省份的第 j 个指标数据， $i=1,2,\dots,360$ ， $j=1,2,\dots,15$ 。

2. 基于归一化的初始数据矩阵 x'_{ij} 计算比重 y_{ij} 。

$$y_{ij} = \frac{x'_{ij}}{\sum_{i=1}^m x'_{ij}} \quad (3)$$

得到比重矩阵 $Y = (y_{ij})_{m \times n}$ ， y_{ij} 表示第 j 项指标第 i 个评价对象的比重。

3. 计算第 j 项的信息熵 e_j 和信息熵冗余度 d_j 。

$$e_j = -\frac{\sum_{i=1}^m y_{ij} \ln y_{ij}}{\ln m}, \quad \text{当 } y_{ij} = 0 \text{ 时, } y_{ij} \ln y_{ij} = 0 \quad (4)$$

$$d_j = 1 - e_j \quad (5)$$

4. 权重的计算。

$$w_j = \frac{d_j}{\sum_{j=1}^n d_j} = \frac{1-e_j}{n-\sum_{j=1}^n e_j} \quad (6)$$

3.2.2 CRITC 法

CRITC 法的核心思想是基于评价指标之间的相关性来综合衡量指标的客观权重，对数据的依赖性较大。数据标准差越大，波动性越大，该指标的权重越高。若两个指标是正相关，说明两数据冲突性越小，权重会越低。具体计算步骤如下：

1. 指标数据的归一化（同熵权法）。
2. 计算各指标的标准差 σ_j 及指标间相关系数 r_{jh} 。
3. 计算第 j 项指标的权重。

$$w_j = (\sigma_j \sum_{j=1}^m (1 - r_{ij})) / (\sum_{j=1}^m \sigma_j (\sum_{h=1}^m (1 - r_{ij}))) \quad (7)$$

3.2.3 等权重法

等权重法是主观上对所有的指标分别赋予相同的权重，不依赖于数据。例如，本文共有 15 个三级指标，则每个指标均赋予 6.66% 的权重。等权重法虽然有一定的不足之处，但该方法简单易操作，在无法进行权重差别处理的情况下，暂可接受（李晓西等，2014）^[64]。

3.2.4 组合赋权法

组合赋权法是将熵权法、CRITIC 法、等权重法三种方法算得的权重求算数平均值，与其他三种方法相比，该方法结合了客观因素和主观因素，考虑了数据变异性、冲突性和信息量的同时，还对数据依赖性较为适中（戚聿东，2020）^[65]，优于其他三种方法，以上四种赋权方法具体特点如表 3.2 所示。

表 3.2 产业数字化四种赋权方法的特点

分类	数据变异性	数据冲突性	数据信息量	数据依赖性
等权重法	×	×	×	较小
熵权法	√	×	√	较大
CRITIC 法	√	√	×	较大
组合赋权法	√	√	√	适中

根据熵权法、CRITIC 法、等权重法和组合赋权法四种方法计算的各指标权重如表 3.3 所示。熵权法和 CRITIC 法测算的各指标权重相差较大，等权重法各指标权重相等，基于主观性和客观性综合考虑，本文主要分析以组合赋权法测算的产业数字化发展水平，在所有指标中，各权重相比，变化不大，其中，技术市场成交额权重最大，为 8.76%，其次是工业废水治理设施，权重为 7.53%，而公共财政支出中科学技术支出权重最小，为 5.62%。

表 3.3 产业数字化四种赋权方法测算的权重结果对比

	熵权法	CRITIC 法	等权重法	组合赋权法
互联网宽带接入端口	4.28%	7.56%	6.66%	6.17%
拥有网站的企业个数	5.03%	8.00%	6.66%	6.56%
有电子商务交易活动的企业数	6.95%	5.67%	6.66%	6.42%
规模以上工业企业发明专利申请数	9.21%	3.83%	6.66%	6.57%
规模以上工业企业新产品项目数	7.44%	4.34%	6.66%	6.15%
规模以上工业企业仪器和设备购买支出	6.65%	7.67%	6.66%	7.00%
规模以上工业企业 R&D 经费	6.78%	5.40%	6.66%	6.28%
公共财政支出中科学技术支出	6.45%	3.75%	6.66%	5.62%
软件产业中软件产品收入	9.59%	5.99%	6.66%	7.41%
技术市场成交额	11.53%	8.10%	6.66%	8.76%
电子商务销售额	8.02%	5.16%	6.66%	6.61%
信息传输、软件和信息技术业城镇单位就业人员	6.02%	7.02%	6.66%	6.57%

科学研究和技术服务业城镇单位就业人员	4.28%	8.71%	6.66%	6.55%
工业废气治理设施	3.74%	6.90%	6.66%	5.77%
工业废水治理设施	4.03%	11.89%	6.66%	7.53%

数据来源：国家统计局；《中国科技统计年鉴》（2009-2020）；《中国环境统计年鉴》（2009-2020）和《中国工业统计年鉴》（2009-2020）

3.3 产业数字化测算结果与评析

用组合赋权法计算的指标的权重乘以标准化的初始数据矩阵 x'_{ij} ，得到产业数字化取值，取值区间为 $[0, 0.9]$ ，为了更直观、清楚地分析，本文选取不同省市区的奇数年份的产业数字化水平画折线图，如图 3.1 所示。

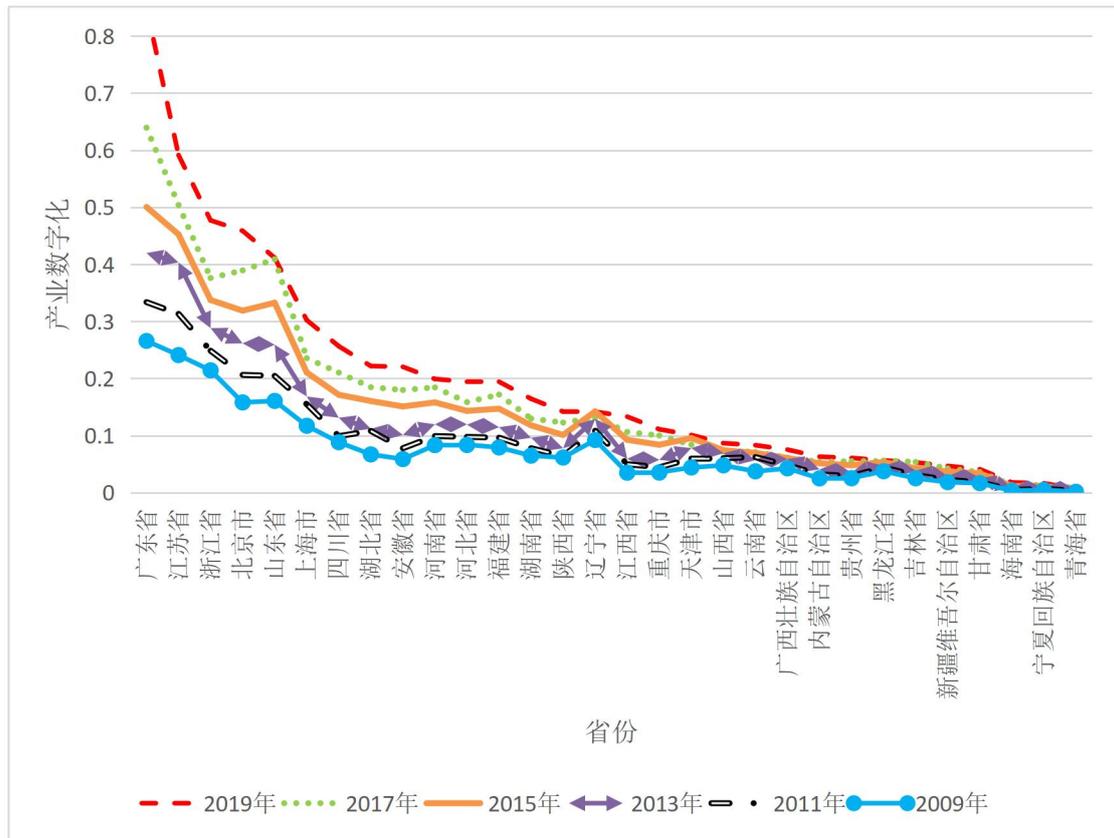


图 3.1 产业数字化发展水平

整体来看，我国产业数字化水平呈稳步上升趋势，随着时间的推移，从 2009

到 2019 年产业数字化的发展不断加快。尤其是以广东省为首的经济发展较好的省份,与 2008 年产业数字化相比,广东省 2019 年的产业数字化增长率为 219.55%。说明对于经济越发达的地区产业数字化加快发展的趋势越明显,而对于发展相对落后的地区产业数字化发展增加的不明显,如青海省、宁夏回族自治区和海南省等。由此可以得出:随着时间段推移,经济越发达的地区越能加快促进产业数字化的发展。

比较各省份产业数字化的发展水平,广东省产业数字化值最高,其次是江苏省,浙江省等,这些省份均是制造业大省,且经济发展水平较高。而对于以旅游业著名的宁夏回族自治区、海南省、青海省等,产业数字化发展水平较低,并且这些省份的经济发展相对落后。由此可以得出:经济越发达的地区产业数字化水平发展地相对较好。

在综合考虑空间分布、经济社会发展水平及资源禀赋的基础上,国务院发展研究中心划分了八大综合经济区,相比较以东、中、西三大经济区域的划分方法更适合进行区域的经济问题研究。

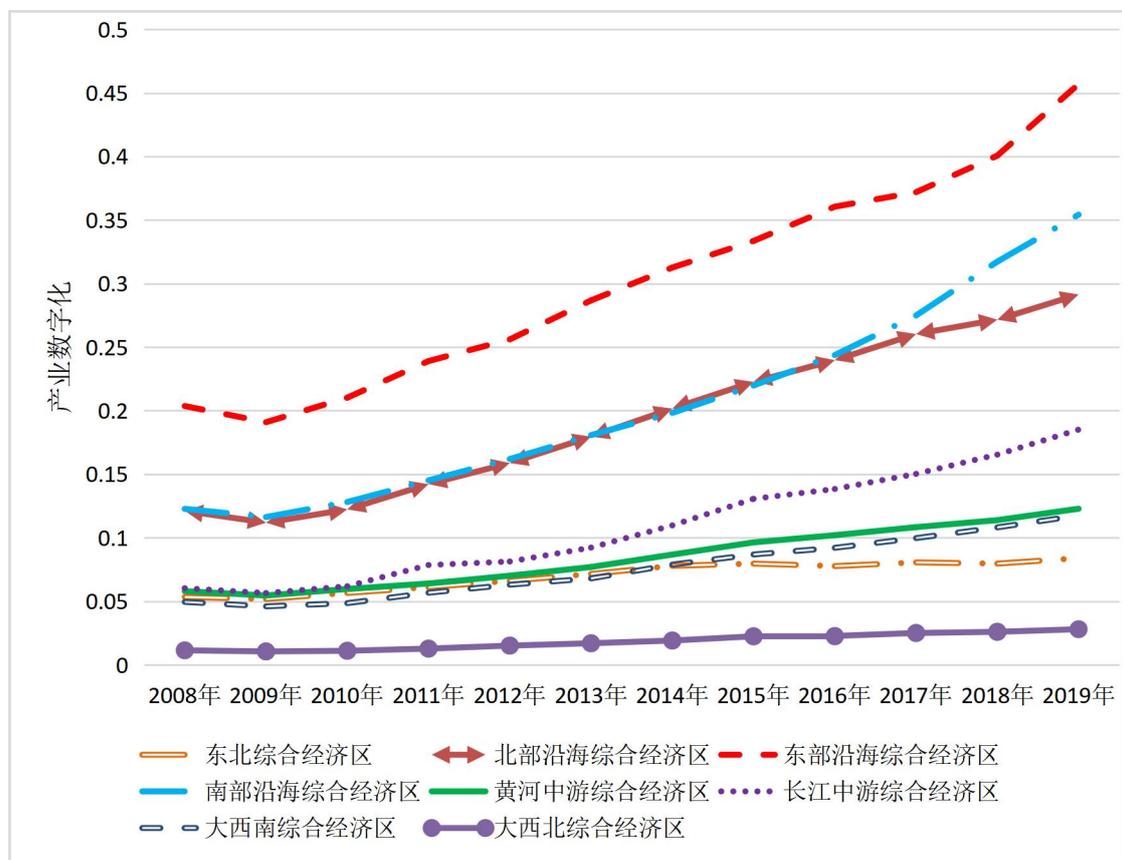


图 3.2 我国八大综合经济区产业数字化水平差异比较

如图 3.2，总体来看，2008-2019 年各区域智能化水平发展趋势基本均呈现稳定的上升趋势。其中，东部沿海地区产业数字化水平发展最好，南部沿海和北部沿海次之，大西北地区产业数字化水平最低。各区域产业数字化水平表现出明显的阶梯化分布格局，即东部较西部发展水平高，南部较北部发展水平高，沿海地区较非沿海地区发展水平高，长江流域地区较黄河流域地区发展水平高。

我国东南部地区资源优渥，沿海开放程度大，信息流动性强，产业起步早，基础设施设备先进，拥有众多的高校、科研院所等教育科研资源，为产业数字化的投入提供了充足的技术和人才支持，其中，广东、江苏的仪器设备购买支出以及山东、浙江的政府公共财政支出中科学技术支出均具有明显优势，使这些地区成为我国新一代信息技术的发源地和增长地。地区创新活力高，技术成果转化能力强；东南部地区多位于沿海，如福建、浙江等地，对外开放程度高，在吸引资金、技术等方面具有明显的区位优势，信息获取能力强和行业敏感度高，市场前景广阔，为产业数字化的提升发挥了重要作用。中西部地区产业基础相对薄弱，技术设施不够完善，人口密集程度低，缺乏高技能人才供给，市场活力相对不足，高新技术产业的发展有时依赖于东南部发达地区的带动，因此产业数字化发展水平较低。

此外，还可以发现，东部沿海地区的产业化发展水平和发展速度均在全国保持优势，这是受沿海内整体的经济发展水平高、对外开放程度高，人才投入充足、产业基础好、拥有网站、电子商务交易活动的企业数多，资金吸引力强等多重经济社会因素影响的结果。相比较，黄河流域各地区的产业数字化发展速度相对缓慢，由于能源资源的优势和长期受工业基础的影响，黄河中游地区与东北地区仍以传统重工业制造为重，智能化转型的基础较弱且缺乏足够动力。

4 中国制造业就业结构发展现状

4.1 制造业发展现状

4.1.1 制造业产业增长及占国民经济比重

在《中国工业经济统计年鉴》(2009-2020)和《中国统计年鉴》(2009-2020)中查找 2008-2020 年国内生产总值及指数和制造业生产总值及其指数,以 2008 年为基期进行平减,计算国内生产总值及其增长率,和同期制造业总产值及其增长率如图 4.1 所示。

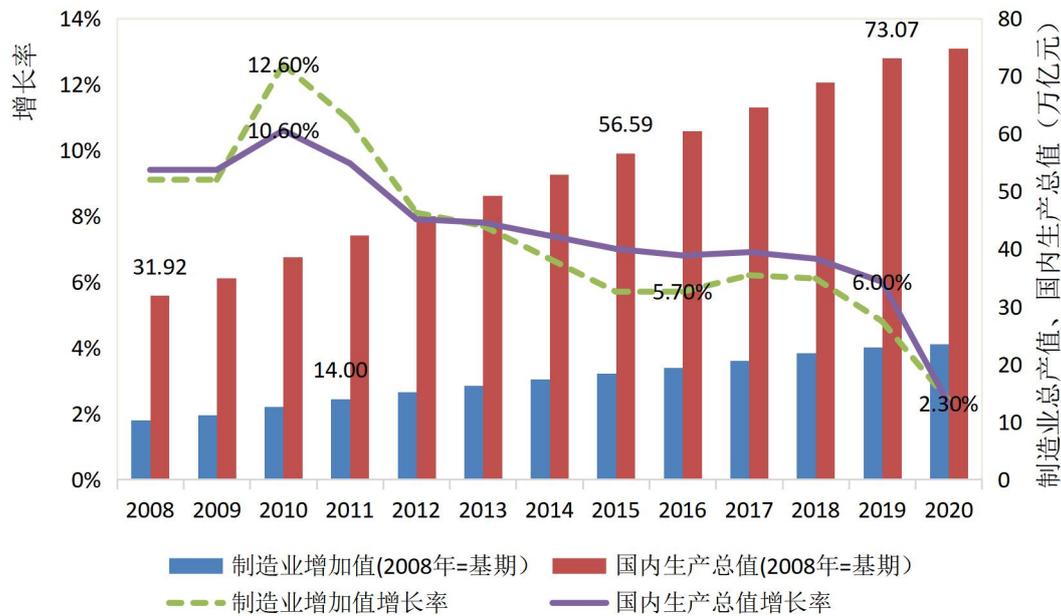


图 4.1 2008-2020 年不变价折算的中国制造业总产值和国内生产总值及增长率

整体来看,从 2008 年以来我国制造业和国内生产总值的经济发展一直处于增长状态,但增长速度减缓,且制造业的发展增长趋势与我国整体经济发展趋势相吻合。目前,我国正处于推进“高质量、高效率”跨越式发展中,产业数字化趋势加剧,造成制造业产业转型,这使得中国制造业产值增长速度将有所下降。而产业数字化引起制造业结构发生变化的同时,也对制造业就业结构产生影响,对促进制造业劳动力就业提出了新的挑战。

4.1.2 制造业产业结构变动情况

根据经济合作与发展组织(OECD)对制造业的技术密集程度分类,可分为低技能产业、中低技术产业、中高技术产业和高技术产业,但由于在2012年之前缺乏橡胶和塑料制品业、皮革、毛皮、羽毛及其制品和制鞋业、木材加工和木、竹、藤、棕、草制品业、家具制造业、铁路、船舶、航空航天和其他交通运输设备制造业和其他制造业等数据,本文将在OECD分类的基础上,删减了这些产业,选取了21个制造业,并依据OECD的分类方法,将21个制造业进行分类。具体分类情况如表4.1所示。

表 4.1 制造业的技术密集程度分类

低技术产业	中低技术产业	中高技术产业	高技术产业
农副食品加工业 食品制造业 酒、饮料和精制茶制 造业 烟草制品业 纺织业 纺织服装、服饰业 造纸和纸制品业	非金属矿物制品业 黑色金属冶炼和压延 加工业 石油加工、炼焦和核 燃料加工业 有色金属冶炼和压 延加工业 金属制品业	化学原料和化学制品 制造业 化学纤维制造业 交通运输制造业 电气机械和器材制造 业 通用设备制造业 专用设备制造业	医药制造业 计算机、通信和其他 电子设备制造业 仪器仪表制造业

数据来源:《中国工业统计年鉴》(2009-2020)

因为各技术产业的值是根据各小类制造业加和得到,各技术产业之间是不可比的,所以本文分析主要是各产业随时间年份的变化。其中,个别省份和年份的数据有缺失,文章采用年平均增长率予以推算。根据上述的分类情况,计算制造业各技术产业的产值占比,并画占比趋势图,如图4.2所示。

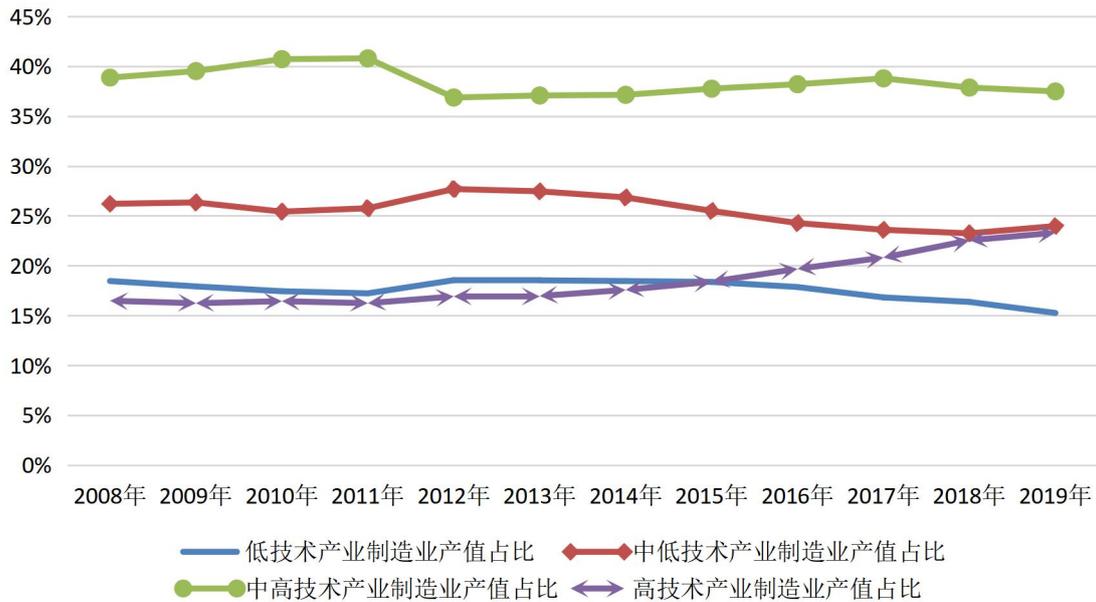


图 4.2 中国制造业产值结构变动情况

数据来源：《中国工业统计年鉴》（2009-2020）

通过图 4.2 可以反映出，中国制造业的产业产值结构正在发生变化，高技术产业产值占比正逐年增加，增加趋势明显，中低和中高技术产业制造业产值占比变化不大，而低技术产业制造业产值正逐年减少。其主要原因是：一方面，5G 时代的到来，电子设备和仪器仪表的需求增加，并且随着近年来突发的疫情，对医药制造业也会带来推动作用；另一方面，环保意识的增强，使得纺织业、服装业产能过剩、库存积压、需求低迷，并且农副产品加工业的科技水平不高，效率较低，产值不高。

4.1.3 制造业的劳动生产率情况

劳动生产率等于劳动者在一定时期内创造的生产总值与其相适应劳动力人数的比值，是用来衡量一个产业劳动价值创造效率的指标。在众多智能化机器投入使用、产业结构升级、产业数字化水平提高的现状中，劳动力生产率的提高是衡量产业数字化实现效果的一个重要指标。根据《中国工业统计年鉴》（2009-2020）查找的数据，计算的我国制造业劳动生产率变动情况如图 4.3 所示。

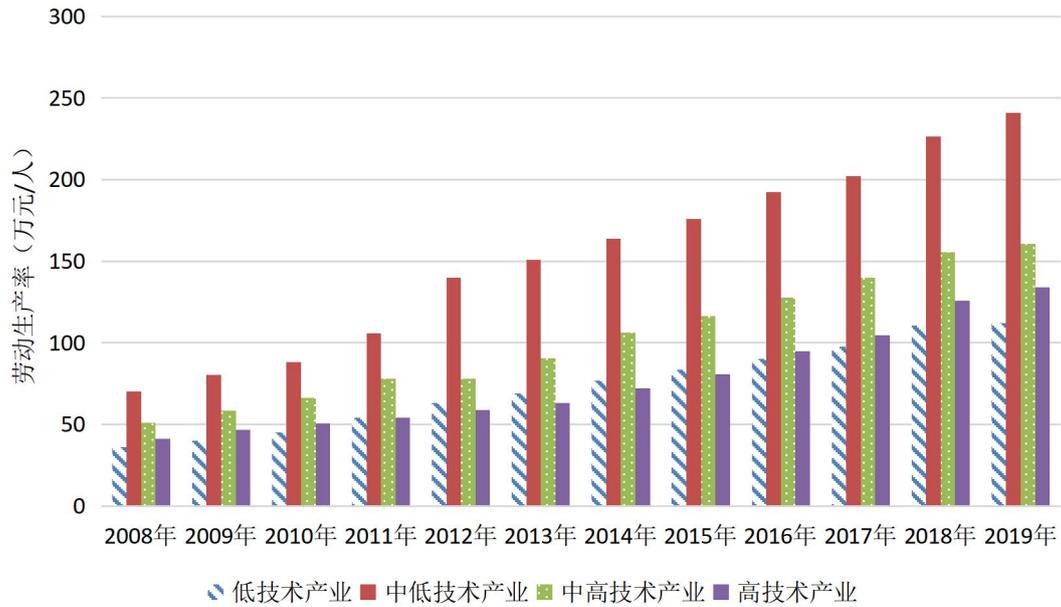


图 4.3 2008-2019 年中国制造业劳动生产率变动情况

从整体来看，制造业的劳动生产效率是有明显的增长趋势，2008年整个制造业劳动生产率为49.31万元/人，而在2019年制造业劳动生产率达到160.94万元/人，与2008年相比增长了3倍之多，可见产业数字化水平发展之快。比较四个技术产业的劳动生产率，中低技术产业制造业的劳动生产效率最高，2008年中低技术产业制造业劳动生产率为70.09万元/人，2019年劳动生产率达到240.86万元/人，其主要原因是以石油加工、金属冶炼和矿物制品等为代表的中低技术产业属于金属机电工业，技术密集度都相对较高，产业数字化水平较高，主要是依靠机器生产，劳动力需求较低，使得人均产值较大。对于低技术产业和高技术产业劳动生产率较低。其主要原因是：一方面，低技术产业所生产的产品属于生活必需品，主要包括纺织业、饮料食品业、服装业等，与我们的生活关系密切，人们对服饰尺码、样式、面料要求不一、食品保质期短、口味不一等因素，使得低技术产业的劳动力需求量大，劳动生产率低；另一方面，高技术产业主要包括医药、仪器仪表、电子设备等精密仪器制造业，技术水平较高，是其他产业高质量发展的基础，高技术产业的微小变动可能都会给其他产业带来质的飞跃，因此，高技术产业需要大量的创新科研人员来提高全国各个产业劳动生产率。

4.2 制造业就业结构变化

4.2.1 制造业各产业就业占比

近年来，从制造业整体来看，就业人数是具有下降趋势，2019年年末制造业就业人数仅为7045.90万人，与2014年我国制造业就业人数最多时8773.10万人相比，减少了19.69%。而第三产业就业人数增加显著，在2008年就业人数为25087万人，第三产业就业人数2020年就业人数为35806万人，增长率达42.73%，服务业吸纳了从制造业“挤出”的劳动力。

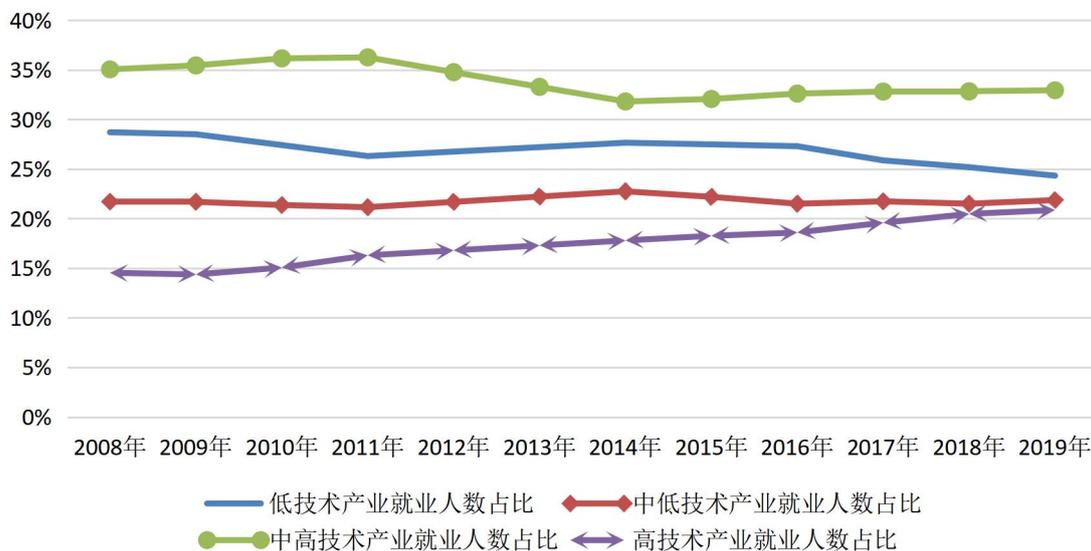


图 4.4 中国制造业就业结构变动情况

数据来源：《中国工业统计年鉴》（2009-2020）

随着产业数字化趋势加剧，制造业就业结构也发生了变化，并且就业结构变动规律与产业产值结构相同，如图 4.4 所示，高技术产业就业人数占比正逐年增加，增加趋势明显，中低和中高技术产业制造业产值占比变化不大，而低技术产业制造业产值正逐年减少，与各产业制造业产值占比变化趋势相同。

4.2.2 制造业产业就业弹性

就业弹性系数是从业人数增长率与 GDP 增长率的比值,因而制造业就业弹性系数为制造业从业人数增长率与制造业经济增长率的比值,反映我国经济增长对就业的影响程度。若制造业就业弹性系数大于 0,说明系数越大,则经济增长吸纳劳动力能力越强,反之则越弱;若系数等于 0 时,说明制造业的经济增长对制造业就业没有拉动作用;若系数小于 0 时,分两种情况解释:一种情况是制造业经济增长率为正值,就业增长率为负值,表示经济增长对就业有“挤出”效应,另一种情况是制造业经济增长率为负值,就业增长率为正值,表示经济增长对就业具有吸入效应(贾晓焯, 2016)^[65]。测算就业弹性系数如表 4.2 所示。

表 4.2 中国各产业制造业就业弹性系数

就业弹性系数	2009 年	2011 年	2013 年	2015 年	2017 年	2019 年
制造业	0.00	-0.28	0.31	-0.25	-1.47	0.01
低技术产业制造业	-0.14	-0.65	0.36	-0.28	3.61	1.76
中低技术产业制造业	0.03	-0.35	1.08	-1.08	-3.00	0.24
中高技术产业制造业	0.09	-0.19	-0.35	-0.13	-0.75	0.09
高技术产业制造业	-0.07	0.38	0.29	0.06	0.05	0.22
农副食品加工业	0.33	-0.13	0.49	-0.64	2.30	2.45
食品制造业	0.30	0.03	0.42	0.23	-75.24	-0.31
酒、饮料和精制茶制造业	0.49	0.26	0.41	0.29	-5.10	-5.78
烟草制品业	0.11	-0.44	0.22	-0.41	-4.00	0.00
纺织业	-0.83	-1.41	-1.02	-3.17	1.57	-0.56
纺织服装、服饰业	-0.40	-2.30	0.63	-0.44	1.50	1.42
造纸和纸制品业	0.06	-0.53	-0.22	-0.50	-1.68	6.11
石油、煤炭及其他燃料加工业	-0.11	0.21	0.02	-6.86	-0.93	-0.15
化学原料和化学制品制造业	0.16	-0.26	0.27	-0.23	-18.92	2.34
医药制造业	0.35	0.17	0.44	0.24	-0.93	-1.17
化学纤维制造业	-11.45	0.22	0.06	-0.23	-0.90	0.12

非金属矿物制品业	0.20	-2.21	2.29	-0.17	-4.38	0.10
黑色金属冶炼和压延加工业	0.13	-0.30	-1.02	12.81	-8.83	-0.17
有色金属冶炼和压延加工业	0.18	-0.13	-1.10	-0.62	7.06	0.06
金属制品业	-0.25	0.03	2.40	-0.39	-5.46	0.50
通用设备制造业	-0.17	-0.62	1.40	-0.73	2.26	0.40
专用设备制造业	-0.09	-1.03	0.85	-0.05	0.36	0.54
交通运输制造业	0.24	0.08	-4.01	-0.25	4.09	0.50
电气机械和器材制造业	0.08	-0.04	0.22	-0.14	-0.50	0.06
计算机、通信和其他电子设备 制造业	-0.20	0.60	0.37	0.02	0.19	0.31
仪器仪表制造业	-0.17	-0.02	-0.43	-0.16	0.00	0.17

数据来源：《中国工业统计年鉴》（2009-2020）

根据表所反映的就业弹性系数，制造业整体的就业弹性系数呈现波动性变化，其经济增长对就业有“挤出”效应，而高技术产业系数大于0，表示具有吸纳劳动力能力。对比各类制造业，食品、饮料、烟草和纺织业、石油加工、黑色金属冶炼等产业的经济增长对其劳动力具有挤出效应，对于计算机、通信设备制造业、通用、专用设备制造业和仪器仪表等产业制造业的经济增长对其劳动力具有吸纳作用。

4.2.3 制造业产业就业结构偏离度

产业就业结构偏离度能反映出产业产值增长与劳动增长之间的协调程度，在产业数字化快速发展的趋势下，优先选择偏离度低的制造业推动产业数字化，能够保证当数字化推进过程中造成的失业人数降到最低^[48]。其计算公式为：

$$P_i = \frac{Q_i}{L_i} - 1 \quad (8)$$

其中， P_i 为第*i*类制造业就业结构偏离度， Q_i 为第*i*类技术产业制造业生产总值占整个制造业生产总值的比重， L_i 为第*i*类技术产业制造业就业人数占整个制造业就业人数的比重。当就业结构偏离度 P_i 为正值时，表明该类制造业生产总值比重大于其就业比重，劳动生产率高，正处于规模报酬递增阶段，对外部劳动力产

生具有“吸纳”作用；当就业结构偏离度 P_i 为负值时，表明该类制造业生产总值比重小于其就业比重，劳动生产率较低，正处于规模报酬递减阶段，对内部劳动力具有的“挤出”作用。

表 4.3 中国各产业制造业就业结构偏离度

行业就业结构偏离度	2009年	2011年	2013年	2015年	2017年	2019年
低技术产业制造业	-0.37	-0.35	-0.32	-0.33	-0.35	-0.37
中低技术产业制造业	0.21	0.22	0.24	0.15	0.09	0.10
中高技术产业制造业	0.11	0.12	0.11	0.18	0.18	0.14
高技术产业制造业	0.13	0.00	-0.02	0.01	0.06	0.12
农副食品加工业	-0.18	-0.15	-0.15	-0.14	-0.19	-0.19
食品制造业	-0.22	-0.25	-0.25	-0.23	-0.27	-0.27
饮料制造业	0.14	0.08	0.09	0.04	0.07	0.17
烟草制品业	4.09	3.82	3.97	3.89	4.21	4.00
纺织业	-0.45	-0.47	-0.46	-0.42	-0.45	-0.55
纺织服装、服饰业	-0.73	-0.70	-0.67	-0.68	-0.69	-0.70
造纸及纸制品业	0.09	0.16	0.20	0.15	0.14	0.00
石油加工、炼焦及核燃料加工业	2.16	2.06	2.16	1.95	2.20	2.38
化学原料及化学制品制造业	0.49	0.54	0.62	0.64	0.64	0.62
医药制造业	0.20	0.15	0.17	0.21	0.30	0.33
化学纤维制造业	0.69	0.76	0.75	0.59	0.53	0.52
非金属矿物制品业	-0.16	-0.10	0.86	0.97	1.04	1.28
黑色金属冶炼和压延加工业	1.62	1.38	0.66	1.09	0.75	0.95
有色金属冶炼和压延加工业	0.91	0.92	-0.12	-0.24	-0.29	-0.34
金属制品业	-0.29	-0.24	0.07	-0.01	-0.08	-0.12
通用设备制造业	-0.05	-0.06	-0.03	0.11	0.12	0.04
专用设备制造业	0.03	0.10	0.44	0.41	0.46	0.40
交通运输制造业	0.58	0.46	-0.18	0.31	0.29	0.27
电气机械及器材制造业	-0.07	-0.02	-0.03	0.01	0.03	-0.01

计算机、通信和其他电子设备制造业	0.07	0.21	0.24	0.18	0.09	0.00
仪器仪表制造业	-0.17	-0.24	-0.24	-0.15	-0.12	-0.10

数据来源：《中国工业统计年鉴》（2009-2020）

如表 4.3 所示,从四类技术产业制造业分析,低技术产业结构偏离度为负值,其绝对值先减小后增加,表明低技术产业的产值比小于其劳动力就业占比,即低技术产业制造业“机器换人”较容易,对劳动力具有挤出效应。中低技术产业制造业结构偏离度值基本保持在 0.10~0.24 之间,与其他技术产业相比,偏离度的值最高,然而,较高的产业结构偏离度反映出中低技术产业对就业吸纳作用不明显(田洪川,2013)^[44],此时,产值增长主要是资金投入、科技推动产值的增长。中高技术产业制造业和高技术产业制造业结构偏离度偏低,并且具有先减小后增加的特点,表明在产值增长的同时能够确保对劳动力就业充分的吸纳。

从 21 个小分类来看,食品、饮料、烟草、纺织业、服饰业、石油煤炭及其他燃料加工业、金属制品业、黑色金属冶炼和压延加工业等就业结构偏离度为负值,其劳动力具有挤出效应;医药制造业、铁路、船舶、航空航天和其他运输设备制造业、专用设备制造业、计算机、通信和其他电子设备制造业、仪器仪表制造业等就业结构偏离度为正值,对其劳动力具有吸纳作用,这与 4.2 小节计算的就业弹性结果基本一致。

5 产业数字化对制造业就业结构影响的分析检验

在已经详细分析了产业数字化水平、制造业产业结构、劳动生产率、弹性系数及就业结构偏离度的情况下，本文还可以研究产业数字化对就业结构的影响，构建以产业数字化为自变量，制造业低、中低、中高、高技术产业就业人数占比为因变量的模型，以及地区差异性分析。

5.1 分位数回归模型

在传统的回归模型中，我们主要关注的是产业数字化及其控制变量对制造业就业条件期望的影响，即均值回归。实际上，均值模型可以看做所有分位数回归信息的汇总，样本分布的局部信息被隐藏了。但是如果制造业就业的条件分布不是对称分布，均值回归模型就很难反映出分布的整体情况。而分位数回归对条件分布的刻画更为细致，能给出条件分布整体的大体特征，可以细致的看到不同分位点上，产业数字化对制造业就业的影响程度的变化，具有值得进一步探讨的意义。

在参数估计方面，传统回归模型要求数据平稳，扰动项需服从正态分布，无异方差等较强的分布假设，采用最小二乘估计回归系数，但当实际数据不满足这些假设时，就会产生伪回归等现象，估计效果不佳。而分位数回归不像均值回归那样的分布假设，在扰动项是非正态的情况下，分位数估计量仍然有效，且估计量不容易受到异常值的影响，从而估计更加稳健，适合具有异方差的模型。其参数估计方法的思想为绝对离差和最小。若 y 的条件中位数是 x 的函数，不妨设为线性函数 $me(y_i|x_i) = x_i\beta$ ，则 y 可以写为：

$$y_i = me(y_i|x_i) + \varepsilon_i = x_i\beta + \varepsilon_i \quad (9)$$

按照中位数的数学性质，绝对离差和最小，即

$$\sum |(y_i - me(y_i|x_i))| = \sum |(y_i - x_i\beta)| = \sum |\varepsilon_i| \leq \sum |y_i - a| \quad (10)$$

其中， a 是任意实数。

则在给定的样本数据 (x_i, y_i) 的前提下，对应于 $me(y_i|x_i) = x_i\beta$ 的样本回归方程 $\hat{y}_i = \hat{x}_i\beta$ 可以通过下面的方法估计参数： $\hat{\beta} = argmin(\sum |(y_i - x_i\beta)|)$ ，此为最小一乘法，即绝对离差最小法。

将中位数回归的思想一般化，推广到其他分位数中。

$$Q_n(\tau) = \operatorname{argmin} \left\{ \sum_{i:y_i \geq \varepsilon} \tau |y_i - \varepsilon| + \sum_{i:y_i < \varepsilon} (1 - \tau) |y_i - \varepsilon| \right\} \quad (11)$$

假定 Y 的条件 τ 分位数是 x 的线性函数，不妨设为线性函数 $Q_\tau(y_i|x = x_i) = x_i\beta_\tau$ 其中， y_i 为被解释变量， x 是行向量，表示所有 K 个解释变量中第 i 个观察值， β_τ 是列向量，分别表示对应于被解释变量第 τ 分位数的各解释变量的回归系数。

按照分位数的性质，若 $Q_\tau(y_i|x = x_i) = x_i\beta_\tau$ ，一定有

$$\begin{aligned} & \sum_{i:y_i \geq x_i\beta} \tau |y_i - x_i\beta_\tau| + \sum_{i:y_i < x_i\beta} (1 - \tau) |y_i - x_i\beta_\tau| \\ & \leq \sum_{i:y_i \geq a} \tau |y_i - a| + \sum_{i:y_i < a} (1 - \tau) |y_i - a| \quad (12) \end{aligned}$$

其中， a 为任意实数。

则给定解释变量 x 时，被解释变量 y 的第 τ 个条件分位数 $Q_\tau(y_i|x = x_i) = x_i\beta_\tau$ ，其样本估计值为 $x_i\hat{\beta}_\tau$ 。参数估计一般采用加权绝对离差最小准则，其表达式为：

$$\hat{\beta} = \operatorname{argmin}_{\beta_\tau} \sum_{i:y_i \geq x_i\beta} \tau |y_i - x_i\beta_\tau| + \sum_{i:y_i < x_i\beta} (1 - \tau) |y_i - x_i\beta_\tau| \quad (13)$$

其中， τ 为估计中各分位点值， $\hat{\beta}_\tau$ 为各分位点估计系数值。分位数回归是对被解释变量进行分位，在回归线上方的点，给予其权重为 τ ，对于在回归线下方的点，给予其权重为 $(1 - \tau)$ ，然后根据公式（11）计算加权绝对离差和，找到加权和最小的系数，就是我们要求的参数的样本估计值。除以上方法外，还可以采用线性规划迭代求解，或者利用广义矩的方法求解。分位点 τ 值不同引起估计值 $\hat{\beta}_\tau$ 也不同，有几个划分了几个分位点，就有几个回归模型，能更详细描述自变量对因变量的影响特征。

5.2 数据来源与模型设定

基于数据的有效性与可获得性，本文将选取 2008-2019 年除西藏、港、澳、台以外的 30 个省（市、自治区）制造业 21 个行业相关数据为研究样本，所有数据主要来源于国家统计局、《高技术产业统计年鉴》和《中国工业统计年鉴》。

本文采用分位数回归模型研究产业数字化对制造业就业结构的影响。分位数

回归是研究解释变量与被解释变量的条件分位数之间的关系。根据已有文献分析模型设定如下，已知分位数水平为 τ ，制造业低、中低、中高、高技术产业就业人数占比第 τ 个分位数模型表达式为：

$$LT_{it} = a_0(\tau) + a_1(\tau)IND_{it} + a_2(\tau)Eco_{it} + a_3(\tau)Scale_{it} + a_4(\tau)IS_{it} + a_5(\tau)Lab_{it} + a_6(\tau)Open_{it} + a_6(\tau)Traffic_{it} + a_6(\tau)Exp_{it} + a_4(\tau)Urban_{it} + a_4(\tau)Pop_{it} + \varepsilon_{it} \quad (14)$$

$$MLT_{it} = a_0(\tau) + a_1(\tau)IND_{it} + a_2(\tau)Eco_{it} + a_3(\tau)Scale_{it} + a_4(\tau)IS_{it} + a_5(\tau)Lab_{it} + a_6(\tau)Open_{it} + a_6(\tau)Traffic_{it} + a_6(\tau)Exp_{it} + a_4(\tau)Urban_{it} + a_4(\tau)Pop_{it} + \varepsilon_{it} \quad (15)$$

$$MHT_{it} = a_0(\tau) + a_1(\tau)IND_{it} + a_2(\tau)Eco_{it} + a_3(\tau)Scale_{it} + a_4(\tau)IS_{it} + a_5(\tau)Lab_{it} + a_6(\tau)Open_{it} + a_6(\tau)Traffic_{it} + a_6(\tau)Exp_{it} + a_4(\tau)Urban_{it} + a_4(\tau)Pop_{it} + \varepsilon_{it} \quad (16)$$

$$HT_{it} = a_0(\tau) + a_1(\tau)IND_{it} + a_2(\tau)Eco_{it} + a_3(\tau)Scale_{it} + a_4(\tau)IS_{it} + a_5(\tau)Lab_{it} + a_6(\tau)Open_{it} + a_6(\tau)Traffic_{it} + a_6(\tau)Exp_{it} + a_4(\tau)Urban_{it} + a_4(\tau)Pop_{it} + \varepsilon_{it} \quad (17)$$

其中，变量的下标 i 表示第 i 个省份， t 表示第 t 年的数据， ε_{it} 为随机扰动项， $\tau(0 < \tau < 1)$ 为分位数，参数 $a_j (j = 1,2,3,4,5,6)$ 随着 τ 取值的变化而变化。假设 a_1 为正值，代表产业数字化对该产业制造业就业人数占比有正向影响，说明产业数字化对该产业就业有促进作用。

被解释变量：低技术产业就业人数、中低技术产业就业人数、中高技术产业就业人数和高技术产业就业人数占制造业总人数的比重。

核心解释变量：产业数字化。

控制变量：制造业就业结构收到多维度的影响，在研究产业数字化对制造业就业结构的影响时，还要考虑其他方面的影响，根据大量的文献文献总结和个人见解总结了以下其他影响因素作为控制变量。（1）制造业经济发展水平（*Eco*）：根据奥肯定律，GDP 每增加 1%，就业率大约上升 0.5%，即经济发展水平越高，就业率就会越高，本文利用工业增加值的对数作为制造业经济发展水平。（2）制造业规模（*Scale*）：制造业企业会通过扩大企业生产规模来获取更高利润，而生产规模的扩大会直接引起对于劳动力的需求，本文利用规模以上工业企业单位数作为制造业规模的代理变量。（3）产业结构（*IS*）：不同类型的制造业产

业对劳动力的需求也有所不同,产业结构的升级会促进经济总量的增长和规模的扩张并催生新兴产业的发展,带来更多的就业岗位,本文选用第三产业产值和第二产业产值之比表示产业结构。(4)地区人力资本投入(*Lab*):人力资本水平是直接促进劳动力就业的主要因素,而受教育水平能反映劳动力的综合素质和劳动能力,本文选用教育经费支出占GDP比重表示地区人力资本。(5)贸易开放程度(*Open*):对外开放程度反映了对外经济关系,进出口贸易的稳定与高质量发展对制造业就业的促进作用也更明显,本文用各省份进出口总额占GDP的比重衡量对外开放程度。(6)交通通达度(*Traffic*):交通的便利有利于扩大交流,促进产品的流通,为各产业部门发展提供可能,对就业也可起到很好的带动作用,本文利用公路里程数占各省市区地理面积比重作为交通通达度代理变量。(7)政府职能(*Exp*):本文利用社保和就业财政支出占GDP比重作为政府职能的代理变量,随着社保和就业财政支出增加,保障了部分失业者的生活,同时也增加了其“惰性”即能促进就业,也会提高失业率^[66]。(8)城镇化水平(*Urban*):城镇化水平会促进就业结构升级,同时对就业结构产生影响,本文城镇化水平用城镇人口占总人口的比重来表示。(9)人口自然增长率(*Pop*):人口增长直接影响劳动供给。具体变量及指标选取见表5.1。

表 5.1 变量定义及描述

变量类型	变量涵义	变量符号	代理指标
被解释变量	制造业低技术产业就业	<i>LT</i>	低技术产业就业人数占制造业总人数比重
	制造业中低技术产业就业	<i>MLT</i>	中低技术产业就业人数占制造业总人数比重
	制造业中高技术产业就业	<i>MHT</i>	中高技术产业就业人数占制造业总人数比重
	制造业高技术产业就业	<i>HT</i>	高技术产业就业人数占制造业总人数比重
核心解释变量	产业数字化	<i>IND</i>	见 3.3 小节
控制变量	制造业经济发展水平	<i>Eco</i>	工业增加值取对数
	制造业规模	<i>Scale</i>	规模以上工业企业单位数(万个)
	产业结构	<i>IS</i>	第三产业产值和第二产业产值之比

地区人力资本投入	<i>Lab</i>	教育经费支出占 GDP 比重
贸易开放程度	<i>Open</i>	经营单位所在地进出口总额取对数
交通通达度	<i>Traffic</i>	公路里程数占各省市地理面积比重
政府职能	<i>Exp</i>	地方财政社会保障和就业支出占 GDP 比重
城镇化水平	<i>Urban</i>	城镇人口占总人口的比重
人口自然增长率	<i>Pop</i>	人口自然增长率

5.3 各变量描述性统计分析

数据集进行描述性统计分析。统计结果如表 5.2 所示。

表 5.2 变量描述性统计

符号	观测值	平均值	标准差	最小值	最大值
LT	360	0.252	0.0867	0.0887	0.536
MLT	360	0.283	0.122	0.0983	0.573
MHT	360	0.341	0.0860	0.137	0.577
HT	360	0.124	0.0723	0.0108	0.343
IND	360	0.125	0.129	0.0019	0.851
Eco	360	3.694	0.449	2.433	4.593
Scale	360	1.283	1.428	0.0335	6.549
IS	360	1.222	0.685	0.527	5.234
Lab	360	0.0537	0.0166	0.0284	0.113
Open	360	3.418	0.691	1.575	4.856
Traffic	360	0.936	0.517	0.0786	2.293
Exp	360	0.0335	0.0187	0.00665	0.166
Urban	360	0.558	0.130	0.291	0.896
Pop	360	5.170	2.679	-1.010	11.47

5.4 产业数字化对制造业就业结构实证检验

5.4.1 产业数字化对制造业低技术产业就业的实证检验

首先,分析产业数字化对低技术产业的影响情况,根据式(14)采用 Stata 软件进行分位数回归和参数估计。将产业数字化对制造业低技术产业就业进行 OLS 基准回归,然后分别选取 0.1、0.25、0.5、0.75 和 0.9 分位点进行分位数回归。使用方差分析对不同分位点模型进行分析,检验 p 值为 0.00,拒绝原假设,认为不同分位点模型之间有着显著的差异,因此对不同分位点进行分位数回归分析是有必要的。回归结果如表 5.3 所示。

表 5.3 产业数字化对制造业低技术产业就业的影响

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
变量名	OLS	QR_10	QR_25	QR_50	QR_75	QR_90
IND	-0.258*** (-2.85)	-0.289** (-2.04)	-0.413*** (-4.68)	-0.401*** (-4.07)	-0.434** (-2.39)	-0.254 (-1.57)
Eco	-0.040 (-1.44)	0.019 (0.43)	0.067** (2.49)	0.057** (1.99)	0.031 (0.56)	-0.027 (-0.54)
Scale	0.015** (2.56)	0.020** (2.21)	0.020*** (3.43)	0.016*** (2.61)	0.012 (1.00)	-0.001 (-0.12)
IS	0.026** (2.57)	0.024 (1.52)	0.021** (2.17)	0.019* (1.84)	0.057*** (2.82)	0.121*** (6.76)
Lab	-1.716*** (-3.54)	-0.480 (-0.63)	-1.286*** (-2.71)	-1.460*** (-2.89)	-2.470** (-2.53)	-3.377*** (-3.90)
Open	0.056*** (2.95)	0.015 (0.52)	0.020 (1.09)	0.021 (1.10)	0.028 (0.75)	0.066** (1.97)
Traffic	-0.051*** (-4.57)	-0.069*** (-4.00)	-0.080*** (-7.41)	-0.058*** (-5.01)	-0.054** (-2.43)	-0.054*** (-2.71)
Exp	-0.613	-1.204* (-1.81)	-0.640	-0.750* (-1.81)	-0.985	-1.029

	(-1.52)	(-1.91)	(-1.62)	(-1.78)	(-1.21)	(-1.43)
Urban	-0.311***	-0.096	-0.088	-0.210***	-0.311**	-0.365***
	(-5.09)	(-1.01)	(-1.46)	(-3.29)	(-2.53)	(-3.34)
Pop	0.005***	0.003	0.007***	0.007***	0.010***	0.004
	(2.76)	(0.91)	(3.67)	(3.33)	(2.67)	(1.26)
Constant	0.509***	0.221	0.091	0.214*	0.410*	0.568***
	(4.82)	(1.34)	(0.88)	(1.95)	(1.93)	(3.01)

注：***， **， *分别表示在 0.01， 0.05， 0.1 显著性水平上是显著的（下同）。

根据检验结果，在 0.01 显著性水平下，回归方程均是显著的，核心解释变量产业数字化发展水平的回归系数也是显著的。与 OLS 相比，分位数回归模型更为精确地描述了产业数字化对制造业低技术产业就业的变化范围。产业数字化（IND）对制造业低技术产业就业的分位数回归系数均为负值，说明产业数字化对低技术产业制造业就业产生替代效用，其主要原因是服务于信息传输、科学研究的人员增多和工业企业仪器和设备购买支出增加，使得产业数字化水平明显增加，劳动生产率提高，对农副食品加工业、食品制造业、纺织业、服装业等产生的替代作用大于产业扩张带来的促进作用。随着分位点的增加，回归系数具有波动性变化，在 0.1 分位点上系数 a_1 估计为 -0.289，0.25 分位点上系数 a_1 估计为 -0.413，0.5 分位点上系数 a_1 估计为 -0.401，0.75 分位点上系数 a_1 估计为 -0.434，在 0.9 分位数处不显著，回归系数的绝对值正逐渐增大，最后不显著的特点。这表明产业数字化对低技术产业就业的条件分布的左端的影响小于对其右端的影响，也就是说，随着分位点的增加，产业数字化水平对低技术产业产生的负影响越大。另一方面，参数估计系数的标准误的绝对值呈现先上升后下降的趋势（-2.04 → -4.68 → -4.07 → -2.39 → -1.57），说明对于条件分布的中间的分位数回归系数的估计较不准确。

从控制变量分析，产业规模对低技术制造业产生正向促进作用，即产业规模扩大，增加就业人数，且随着分位点的增加，正向作用越来越小；产业结构对低技术产业就业人数有促进作用，第三产业占比增加，人民生活水平提高，个性化需求增加，以服饰等为代表的低技术产业劳动力需求增加，分位点越大，其影响

系数越大；人力资本投入的增加减少了低技术产业就业人数，主要原因是教育经费投入增加，培养了高技能人才，并且人才流向科技、金融等产业，致使低技术产业就业人数减少；市场开放程度越大，商品流通越快，增加了商品需求，进而增加劳动力人数；经济发展水平、政府职能对低技术产业就业影响不显著。

5.4.2 产业数字化对制造业中低技术产业就业的实证检验

根据式(15)，将产业数字化对制造业中低技术产业就业进行 OLS 基准回归，然后分别选取 0.1、0.25、0.5、0.75 和 0.9 分位点进行分位数回归，如表 5.4 所示。

表 5.4 产业数字化对制造业中低技术产业就业的影响

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
VARI	OLS	QR_10	QR_25	QR_50	QR_75	QR_90
IND	-0.063 (-0.70)	-0.288*** (-4.35)	-0.248** (-2.26)	0.031 (0.21)	-0.050 (-0.39)	-0.140 (-1.47)
Eco	0.172*** (6.24)	0.160*** (7.92)	0.188*** (5.62)	0.071 (1.55)	0.113*** (2.89)	0.244*** (8.43)
Scale	-0.015** (-2.56)	-0.006 (-1.42)	-0.005 (-0.68)	0.000 (0.05)	-0.014* (-1.67)	-0.021*** (-3.41)
IS	-0.020* (-1.95)	-0.018** (-2.49)	-0.017 (-1.36)	-0.017 (-1.04)	-0.017 (-1.21)	0.000 (0.00)
Lab	1.879*** (3.89)	1.826*** (5.14)	1.960*** (3.32)	2.301*** (2.87)	1.508** (2.18)	1.670*** (3.28)
Open	-0.111*** (-5.92)	-0.029** (-2.12)	-0.078*** (-3.39)	-0.120*** (-3.87)	-0.089*** (-3.32)	-0.174*** (-8.83)
Traffic	-0.072*** (-6.50)	-0.037*** (-4.61)	-0.049*** (-3.64)	-0.054*** (-2.93)	-0.074*** (-4.71)	-0.078*** (-6.73)
Exp	0.676* (1.68)	1.267*** (4.28)	1.549*** (3.16)	0.020 (0.03)	1.152** (2.00)	0.002 (0.00)

Urban	0.212*** (3.48)	0.028 (0.63)	0.197*** (2.65)	0.226** (2.23)	0.045 (0.52)	0.117* (1.82)
Pop	0.009*** (4.56)	0.011*** (7.54)	0.013*** (5.64)	0.003 (0.95)	0.001 (0.38)	0.002 (0.80)
Constant	-0.138 (-1.31)	-0.392*** (-5.06)	-0.429*** (-3.34)	0.226 (1.29)	0.183 (1.22)	0.029 (0.26)

根据检验结果,在 0.01 显著性水平下,回归方程是显著的。在 0.05 显著性水平下,核心解释变量产业数字化(IND)的回归系数仅在 0.10 和 0.25 分位点上显著为负值,回归系数分别为-0.288 和-0.248,在其他分位点处不显著,说明在低分位点处,产业数字化对中低技术产业制造业发展水平就业产生替代效用,其主要原因是科研创新型产品增加,产业数字化投入使用,提高了劳动生产率,成本降低,对石油加工业、非金属矿物制品业和金属制品业发展不发达的地区产生负影响。而对于中低技术发展较好的省份,产业数字化对其影响不显著,即产业数字化带来的劳动替代效应与规模扩大带来的促进效用大致相抵。

从控制变量分析,与低技术产业影响不同,制造业经济发展水平越快,中低技术产业的就业人数越多,与第四章分析结果一致;人力资本投入增加、政府社保和就业财政支出越多,中低技术产业的就业人数越多,其主要原因是财政政策能够通过居民消费、经济增长和产业结构升级影响就业水平,增加就业稳定性;交通通达度越高,降低中低技术产业就业人数,主要原因是交通越发达,人口流动性越强,就业不稳定,使得劳动力向交通运输、仓储和邮政业流动。

5.4.3 产业数字化对制造业中高技术产业就业的实证检验

根据(16)式,将产业数字化对制造业中高技术产业就业进行 OLS 基准回归,然后分别选取 0.1、0.25、0.5、0.75 和 0.9 分位点进行分位数回归,如表 5.5 所示。

表 5.5 产业数字化对制造业中高技术产业就业的影响

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
--	-----	-----	-----	-----	-----	-----

VARIA	OLS	QR_10	QR_25	QR_50	QR_75	QR_90
IND	0.020 (0.27)	0.133* (1.85)	0.195 (1.58)	0.112 (1.30)	-0.008 (-0.07)	-0.051 (-0.44)
Eco	-0.050** (-2.16)	-0.100*** (-4.59)	-0.106*** (-2.80)	-0.081*** (-3.10)	-0.020 (-0.57)	-0.043 (-1.20)
Scale	0.008 (1.53)	0.005 (1.01)	0.002 (0.29)	-0.002 (-0.30)	0.012 (1.60)	0.012 (1.60)
IS	-0.006 (-0.68)	-0.062*** (-7.77)	-0.019 (-1.39)	0.003 (0.28)	0.014 (1.06)	-0.004 (-0.28)
Lab	-1.356*** (-3.33)	-0.463 (-1.20)	-1.225* (-1.85)	-1.853*** (-4.01)	-0.070 (-0.11)	1.054* (1.68)
Open	-0.011 (-0.70)	0.050*** (3.35)	0.014 (0.56)	0.007 (0.42)	-0.031 (-1.27)	-0.020 (-0.83)
Traffic	0.084*** (9.07)	0.082*** (9.30)	0.093*** (6.17)	0.090*** (8.53)	0.079*** (5.59)	0.103*** (7.20)
Exp	0.693** (2.05)	1.216*** (3.79)	0.757 (1.37)	0.962** (2.51)	-0.030 (-0.06)	-0.566 (-1.09)
Urban	0.048 (0.94)	0.083* (1.71)	0.058 (0.70)	-0.061 (-1.05)	0.004 (0.06)	0.066 (0.83)
Pop	-0.012*** (-7.27)	-0.011*** (-6.93)	-0.010*** (-3.92)	-0.009*** (-4.85)	-0.015*** (-5.91)	-0.019*** (-7.79)
Constant	0.562*** (6.35)	0.427*** (5.09)	0.598*** (4.14)	0.660*** (6.56)	0.539*** (3.98)	0.573*** (4.20)

根据检验结果,在 0.01 显著性水平下,回归方程均是显著的,但核心解释变量产业数字化发展水平的回归系数均不显著。这意味着产业数字化对中高技术产业制造业影响不显著。究其原因,主要是因为化学制品、化学纤维、交通运输、电气机械和器材制造业、通用、专用设备制造业等中高技术产业发展水平相对较为平稳,并且互联网宽带接入端口的增加,需要大量的运输工具和器材制造业的

支持,使得该产业劳动力人数占比比较平稳,从而影响不显著。

从控制变量分析,制造业经济发展水平对中高技术产业的就业人数产生负向影响,其主要原因是该经济增长主要是依靠科学技术发展的,而科技的投入使用替代了部分劳动力,从而使得经济增长就中低技术产业产生负向影响;交通越发达,中高技术产业就业人数越多,随分位点的增加,其影响越大,主要原因是交通加快了商品流通,信息流通,增加商品需求,增加了该产业就业人数。

5.4.4 产业数字化对制造业高技术产业就业的实证检验

最后,根据(17)式,将产业数字化对制造业高技术产业就业进行 OLS 基准回归,然后分别选取 0.1、0.25、0.5、0.75 和 0.9 分位点进行分位数回归,如表 5.6 所示。

表 5.6 产业数字化对制造业高技术产业就业的影响

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
VARI	OLS	QR_10	QR_25	QR_50	QR_75	QR_90
IND	0.301*** (5.59)	-0.062 (-1.36)	0.207*** (3.53)	0.360*** (5.91)	0.305*** (3.11)	0.285*** (3.35)
Eco	-0.082*** (-4.99)	0.014 (1.01)	-0.062*** (-3.49)	-0.096*** (-5.18)	-0.088*** (-2.94)	-0.072*** (-2.79)
Scale	-0.008** (-2.16)	-0.005* (-1.77)	-0.012*** (-3.07)	-0.016*** (-3.90)	-0.004 (-0.68)	-0.007 (-1.19)
IS	-0.001 (-0.11)	0.035*** (6.86)	0.014** (2.18)	-0.003 (-0.43)	-0.004 (-0.34)	-0.013 (-1.41)
Lab	1.192*** (4.13)	0.855*** (3.48)	0.931*** (2.96)	0.787** (2.41)	2.128*** (4.04)	2.173*** (4.75)
Open	0.066*** (5.94)	0.002 (0.21)	0.032*** (2.63)	0.076*** (5.97)	0.092*** (4.51)	0.117*** (6.59)
Traffic	0.038*** (5.80)	0.048*** (8.52)	0.056*** (7.84)	0.041*** (5.49)	0.044*** (3.65)	0.026** (2.51)

Exp	-0.756*** (-3.15)	-1.087*** (-5.32)	-0.948*** (-3.62)	-0.633** (-2.33)	-0.628 (-1.43)	-0.192 (-0.50)
Urban	0.051 (1.41)	0.124*** (4.02)	0.056 (1.41)	-0.008 (-0.19)	-0.043 (-0.65)	0.001 (0.02)
Pop	-0.002** (-2.04)	-0.003*** (-2.72)	-0.005*** (-4.23)	-0.004*** (-2.75)	-0.002 (-1.18)	0.002 (1.21)
Constant	0.067 (1.07)	-0.118** (-2.21)	0.103 (1.50)	0.143** (2.01)	0.024 (0.21)	-0.123 (-1.23)

根据检验结果，在 0.01 显著性水平下，回归方程均是显著的，除 0.1 分位点外，核心解释变量产业数字化（IND）的回归系数也是显著的。产业数字化对制造业高技术产业就业的分位数回归系数均为正值，说明产业数字化对高技术产业制造业就业产生促进效用，并且随分位点的增加，产业数字化系数先增加后减小。究其原因，一方面，计算机、通讯设备、仪器仪表设备应用广泛，需求量大，5G 时代的到来，更加加剧了高技术产业的产品需求，从而增加了该产业的劳动力需求；另一方面，高技术产业制造业是产业数字化发展的基础，是我国重点关注的产业之一，发展前景较好，工资福利等效益水平高，得到许多高科技人才的青睐，从而增加了就业人数。

另外，随着分位点的增加，回归系数具有波动性变化，0.1 分位点处不显著，0.25 分位点上系数 a_1 估计为 0.207，0.5 分位点上系数 a_1 估计为 0.360，0.75 分位点上系数 a_1 估计为 0.305，0.9 分位点上系数 a_1 估计为 0.285，估计系数呈现出“倒 U”型特征，这表明产业数字化对高技术产业就业的条件分布的两端的影响小于对其中间的影响。也就是说，随产业数字化水平的提高，对高技术产业发展正影响也随之减小，而对高技术产业发展中等的省份产生较大的正影响。另一方面，参数估计系数的标准误呈现先上升后下降的趋势（3.53 → 5.91 → 3.11 → 3.35），说明对于条件分布的中间的分位数回归系数的估计较不准确。

从控制变量分析，制造业经济发展水平、制造业规模、社保和就业财政支出、人口自然增长率对高技术产业的就业人数产生负向影响，而人力资本、贸易开放程度和交通发达程度等对高技术产业的就业人数产生正向影响。

5.5 产业数字化对制造业就业结构地区差异性检验

为了更好说明和检验产业数字化对我国制造业就业的影响,本文将研究产业数字化对我国不同区域就业结构的影响,在全样本检验的基础上,根据国家统计局将我国30个省份(除西藏、香港、澳门、台湾)划为东部、中部、西部和东北部。根据豪斯曼检验的结果选择面板固定效应模型,四大地区的产业数字化对各产业就业的影响分别进行实证分析具体结果见表5.7。

表 5.7 不同地区产业数字化对制造业就业结构的影响

	东部地区				中部地区			
	LT	MLT	MHT	HT	LT	MLT	MHT	HT
IND	-0.102 (-1.02)	-0.161** (-2.40)	-0.003 (-0.04)	0.266*** (4.11)	-1.673*** (-6.33)	1.368*** (4.93)	0.047 (0.20)	0.257* (1.74)
Eco	-0.104** (-2.31)	0.276*** (9.12)	0.094*** (2.80)	-0.265*** (-9.09)	0.082 (1.28)	0.112 (1.66)	-0.206*** (-3.60)	0.012 (0.34)
Scale	0.012 (1.61)	-0.022*** (-4.36)	0.022*** (3.82)	-0.012** (-2.33)	0.028 (1.08)	-0.083*** (-3.02)	0.071*** (3.05)	-0.016 (-1.12)
IS	0.009 (0.85)	0.007 (0.91)	0.026*** (3.25)	-0.041*** (-5.98)	0.192*** (4.56)	-0.257*** (-5.82)	0.084** (2.23)	-0.018 (-0.78)
Lab	1.187 (0.92)	-0.102 (-0.12)	-1.509 (-1.57)	0.424 (0.50)	-0.243 (-0.19)	-1.348 (-0.99)	-0.530 (-0.45)	2.122*** (2.91)
Open	-0.069 (-1.32)	-0.151*** (-4.28)	-0.125*** (-3.21)	0.345*** (10.13)	0.096* (1.91)	-0.058 (-1.10)	-0.101** (-2.24)	0.063** (2.23)
Traffic	0.059*** (2.77)	-0.056*** (-3.97)	0.044*** (2.79)	-0.046*** (-3.36)	0.178*** (4.38)	-0.125*** (-2.93)	-0.013 (-0.36)	-0.039* (-1.73)
Exp	-6.816*** (-4.39)	2.161** (2.07)	0.572 (0.50)	4.082*** (4.06)	-8.996*** (-3.49)	17.123** (6.31)	-8.961*** (-3.88)	0.834 (0.58)
Urban	-0.211 (-1.62)	-0.020 (-0.23)	0.413*** (4.28)	-0.182** (-2.16)	0.289 (1.22)	-1.086*** (-4.37)	0.736*** (3.48)	0.061 (0.46)

Pop	0.020*** (5.67)	-0.006*** (-2.68)	-0.012*** (-4.67)	-0.001 (-0.63)	-0.002 (-0.69)	-0.011*** (-3.00)	0.011*** (3.43)	0.003 (1.37)
Con	0.987*** (5.19)	-0.101 (-0.79)	0.198 (1.41)	-0.084 (-0.68)	-0.390 (-1.64)	0.497* (1.99)	1.158*** (5.45)	-0.265* (-1.99)
样本量	120	120	120	120	72	72	72	72
R ²	0.747	0.782	0.788	0.806	0.883	0.920	0.774	0.819
	西部地区				东北地区			
	LT	MLT	MHT	HT	LT	MLT	MHT	HT
IND	-0.451** (-2.46)	0.273 (1.18)	-0.311 (-1.30)	0.490*** (5.09)	-1.076* (-2.04)	-0.613** (-2.61)	2.123*** (4.09)	-0.433** (-2.18)
Eco	0.149*** (3.80)	-0.068 (-1.37)	-0.051 (-1.00)	-0.030 (-1.46)	0.183 (1.67)	-0.110** (-2.27)	-0.251** (-2.33)	0.179*** (4.34)
Scale	0.035* (1.73)	-0.174*** (-6.86)	0.087*** (3.31)	0.053*** (4.99)	0.021* (1.95)	-0.000 (-0.07)	-0.009 (-0.84)	-0.012*** (-2.89)
IS	0.099*** (4.66)	0.055** (2.04)	-0.145*** (-5.20)	-0.010 (-0.86)	0.114** (2.33)	-0.023 (-1.07)	-0.168*** (-3.47)	0.077*** (4.16)
Lab	-0.967** (-2.12)	1.344** (2.33)	-0.677 (-1.14)	0.299 (1.25)	-0.477 (-0.26)	-3.145** (-3.84)	2.913 (1.61)	0.710 (1.02)
Open	-0.020 (-1.03)	0.015 (0.64)	0.001 (0.04)	0.003 (0.34)	-0.070 (-1.08)	0.067** (2.33)	0.007 (0.11)	-0.004 (-0.16)
Traffic	-0.103*** (-10.61)	-0.132*** (-10.78)	0.155*** (12.27)	0.080*** (15.67)	-0.597*** (-7.76)	-0.077** (-2.25)	0.610*** (8.06)	0.064** (2.20)
Exp	-1.185*** (-4.09)	-0.286 (-0.78)	1.304*** (3.45)	0.167 (1.10)	-1.198 (-1.05)	0.177 (0.35)	1.141 (1.01)	-0.120 (-0.28)
Urban	-0.071 (-1.21)	-0.161** (-2.17)	0.245*** (3.20)	-0.013 (-0.42)	1.317*** (3.47)	1.593*** (9.40)	-2.214*** (-5.91)	-0.696*** (-4.86)
Pop	0.010*** (4.04)	-0.012*** (-4.06)	0.001 (0.45)	0.001 (0.96)	-0.007 (-0.60)	-0.004 (-0.69)	0.011 (0.94)	-0.000 (-0.05)
Con	-0.144	0.695***	0.414***	0.035	-0.542	-0.227	1.985***	-0.216

	(-1.35)	(5.15)	(2.97)	(0.63)	(-1.24)	(-1.16)	(4.60)	(-1.30)
样本量	132	132	132	132	36	36	36	36
R ²	0.738	0.851	0.764	0.881	0.943	0.987	0.935	0.942

由表 5.7 可知, 各地区的就业结构受产业数字化的影响存在较大差异, 在 0.1 的显著水平下, 中部、西部和东北地区产业数字化对低技术产业制造业均产生负向影响, 与上文实证基本一致, 东部地区不显著, 且中部地区受影响的系数最大为-1.673。其主要原因是, 中部地区以湖北省烟草和酒水为代表的企业较多, 规模较大, 劳动力人数较多, 发展较快, 对产业数字化的发展变化较为敏感, 机器的投入使用会替代了大量的劳动力, 因此, 中部地区受影响系数最大; 对于低技术产业制造业发展水平相对较低的西部和东北地区而言, 数字基础设施不完善, 缺乏数字化人才等使得产业数字化发展水平较低, 即使会产生对低技术产业劳动力的替代作用, 但是没有中部明显; 对于经济发展水平、产业数字化水平较高的东部地区, 低技术产业制造业发展较为成熟, 产业数字化发展对低技术产业就业影响不显著。

观察各地区产业数字化对中低技术产业就业的影响, 在 0.05 的显著水平下, 东部和东北地区产业数字化对中低技术产业制造业均产生负向影响, 与上文实证结果基本一致, 而西部地区不显著, 且中部地区产业数字化对中低技术产业制造业均产生正向影响。其主要原因是, 中部地区中低技术制造业发展较好, 矿产资源丰富, 在石油加工、非金属矿物制造、金属冶炼等颇有成绩, 得到了当地政府的大力支持, 企业和政府资金投入较大, 促进了产业数字化的发展, 使得这些产业规模扩大, 增加了劳动力需求; 对于中低技术产业制造业发展水平相对较低的东部地区而言, 中低技术产业制造业的就业人数正逐年减少, 这些发达城市的服务业发展较好, 劳动力朝向服务业流动, 且这些省份因地理位置、地理资源和地貌等不适合金属等矿物质的冶炼。

观察各地区产业数字化对中高技术产业就业的影响, 在 0.01 的显著水平下, 东北地区产业数字化对中高技术产业制造业产生正向影响。其主要原因是, 东北地区中高技术制造业发展较好, 其中, 黑龙江的支柱产业是机械制造业, 辽宁省支柱产业是钢铁、石化、机床装备制造, 吉林省支柱产业是化工、汽车和航空设

备制造业，产业数字化的发展扩大了产业规模，增加了劳动力需求，其他地区产业数字化对中高技术产业制造业就业影响不显著，与上文结果一致。

观察各地区产业数字化对高技术产业就业的影响，在 0.1 的显著水平下，东部、中部和西部地区产业数字化对高技术产业制造业均产生正向影响，与上文实证结果基本一致，而东北地区产业数字化对高技术产业制造业产生显著负向影响。其主要原因是，东北地区的中高技术发展较好，增加对劳动力需求，在整体劳动力水平不变的情况下，减少了高技术产业劳动力占比，并且，近年来东北地区的高技术人才流失严重，具有专业技能的人才减少，从而使得产业数字化对东北地区高技术产业就业产生负向影响。

6 总结与建议

6.1 结论

本文将基于 2008-2019 年中国 30 个省份面板数据，从数字基础设施、科研创新、资金投入、效益水平、数字化人才和绿色水平等六个方面构建产业数字化指标体系，采用组合赋权法进行了量化；然后分析了制造业就业结构及劳动生产率的变化，计算了 2008-2019 年我国制造业 21 个行业的弹性系数、就业结构偏离度；最后，构建面板分位数回归和固定效应模型，实证分析产业数字化对各区域就业结构的影响。结果发现：

第一、各省份制造业产业数字化存在较大差异，经济越发达的地区越能加快促进产业数字化的发展，广东、江苏、浙江、北京等产业数字化水平发展地相对较好，而海南、青海、宁夏等地的产业数字化水平偏低；随时间段推移，产业数字化发展有平稳的上升趋势，经济越发达的地区越能加快促进产业数字化地发展。且各区域产业数字化水平表现出明显的阶梯化分布格局，即东部较西部发展水平高，南部较北部发展水平高，沿海地区较非沿海地区发展水平高，长江流域地区较黄河流域地区发展水平高，制经济发展较好的省份，其产业数字化值越高。

第二、中国制造业的产业产值结构正在发生变化，高技术产业产值占比正逐年增加，增加趋势明显，中低和中高技术产业制造业产值占比变化不大，而低技术产业制造业产值正逐年减少。以石油加工、金属冶炼、制造为代表的中低技术产业制造业的劳动生产效率最高，中高技术产业制造业次之，对于低技术产业和高技术产业劳动生产率较低。根据我国制造业 21 个行业的弹性系数、就业结构偏离度的情况，发现高技术产业的产值占比与就业人数占比同步增加，而低、中低技术产业产值占比与就业人数占比均有下降趋势；食品、饮料、烟草、纺织业、服饰业、石油煤炭及其他燃料加工业、金属制品业、黑色金属冶炼和压延加工业等就业弹性系数和就业结构偏离度为负值，其劳动力具有挤出效应；医药制造业、铁路、船舶、航空航天和其他运输设备制造业、专用设备制造业、计算机、通信和其他电子设备制造业、仪器仪表制造业等就业弹性系数和就业结构偏离度为正值，对其劳动力具有吸纳作用。

第三、产业数字化对低技术产业就业的条件分布的左端的影响小于对其右端

的影响，随着分位点的增加，产业数字化水平对低技术产业负影响越大；产业数字化对中低技术产业在低分位点处产生负向影响，高分位点处影响不显著；对中高技术产业就业影响不显著；产业数字化对高技术产业制造业产生正向影响，随着分位点的增加，条件分布系数呈现“倒U”型。

第四、从地区差异来看，中部、西部和东北地区产业数字化对低技术产业制造业均产生负向影响，东部地区不显著，且中部地区受影响的系数最大；东部和东北地区产业数字化对中低技术产业制造业均产生负向影响，而西部地区不显著，且中部地区产业数字化对中低技术产业制造业均产生正向影响；由于东北地区钢铁、石化、机床装备制造等发展较为发达，该地区产业数字化对中高技术产业制造业产生正向影响，其他地区不显著。东部、中部和西部地区产业数字化对高技术产业制造业均产生正向影响，而东北地区产业数字化对高技术产业制造业产生显著负向影响。

6.2 建议

从上述研究可以发现，产业数字化对制造业就业的影响呈现多元化特征，一方面可以替代低技能劳动者，缓解制造业企业的人力资本经营压力；另一方面可以提升中国制造业的实力，促进生产的技术水平提升。但是，它也可能带来一定的就业风险：如果劳动者提升职业技能的速度赶不上数字化发展的速度，那么就会造成低技能劳动者失业及收入差异的扩大化。据此得到以下启示：

第一，把握产业数字化计划和“稳就业”政策并肩前进。国家政策是社会进步的方针，虽然产业数字化的发展可能会给中国制造业带来结构性失业，但不能因它的“破坏效应”就畏惧甚至是阻碍其发展。应该加强鼓舞符合条件的企业对产业数字化的资金投入，保障低技能劳动力参加职业培训以及为短期失业的人群提供失业津贴，做到政策上的与时俱进。此外，政府应深入挖掘各企业的发展潜能，搭建企业与求职者信息共享平台，解决劳动力市场供求信息不对称问题，降低劳动者求职成本和企业的招聘成本，从而促进就业。

第二，加强高技术产业应用型高能人才的培养和储备体系建设。大到国家的经济生产总值，小到个人的柴米油盐，社会的进步都离不开人才的培养，培养高技术人才更是一个艰辛而又漫长的事情，要有耐心和恒心，例如，增加职业技

术学校的建设，实施优惠的技能培训政策，实行员工的多技能培训计划等。劳动者所会的技能越多、知识体系越庞大，越不易被数字化淘汰，并且还能激发创作潜能，促进产业数字化进程。

第三，根据地区差异性，有效发挥各省份的“龙头”产业建设。根据前文研究所得，各地区产业数字化发展不平衡，对各地区的制造业就业影响也不同，总体来看，各省份的龙头产业能够更吸引人才，吸纳更多的劳动力，当然，与此同时也要扶持其他企业的发展。平衡各区域产业数字化发展，产业数字化的发展会促进各地区经济的发展，在维持发达地区产业数字化发展水平不变的情况下，应重视经济发展相对落后地区的产业数字化发展，加大对中西部地区资金投入，扶持中小型企业。地方政府应根据地方特色引进先进技术，鼓励科技创新，促进区域经济协调发展，从而促进就业。

第四，优化传统模式，突破关键技术，加快就业平台信息建设。目前，就业难，招工难等问题除疫情的影响外，还主要体现在就业信息的不对称。求职者找不到匹配的岗位，招聘者招不到匹配的人才。要解决这些问题，政府应加快就业信息平台建设，同时，还要进行时时监管，精准打击“招聘骗局”，深入与高新技术企业合作，推动各个高校名企参与交流，统筹规划，培育符合岗位要求的人才，提升创新意识和实践能力。

参考文献

- [1]中国信息通讯研究院.全球数字经济新图景(2020)[EB/OL].<http://www.ec100.cn/detail--6573387.html>,2020-10-15.
- [2]新华社.中共中央关于制定国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标的建议[EB/OL].http://www.gov.cn/zhengce/2020-11/03/content_5556991.htm,2020-11-03.
- [3]中国信息通讯研究院.中国数字经济发展与就业白皮书(2020年)[EB/OL].<http://www.100ec.cn/detail--6562419.html>,2020-07-07.
- [4]中国信息通信研究院.G20国家数字经济发展研究报告(2018年)[M].<http://www.caict.ac.cn/kxyj/qwfb/bps/201812/P020181219311367546218.pdf>.
- [5]杨飞,范从来.产业智能化是否有利于中国益贫式发展?[J].经济研究,2020,55(05):150-165.
- [6]孙早,徐远华.信息基础设施建设能提高中国高技术产业的创新效率吗?——基于2002—2013年高技术17个细分行业面板数据的经验分析[J].南开经济研究,2018(02):72-92.
- [7]Acemoglu D, Restrepo P. Robots and jobs: Evidence from US labor markets[J]. Journal of Political Economy, 2020, 128(6): 2188-2244.
- [8]Michaels G, Natraj A, Van Reenen J. Has ICT polarized skill demand? Evidence from eleven countries over twenty-five years[J]. Review of Economics and Statistics, 2014, 96(1): 60-77.
- [9]David Autor,Anna Salomons.Is Automation Labor-displacing? Productivity Growth,Employment,and the Labor Share[J],NBER Working Paper,2018(07):12-20.
- [10]张龙鹏,张双志.技术赋能:人工智能与产业融合发展的技术创新效应[J].财经科学,2020(06):74-88.
- [11]Gregory T, Salomons A, Zierahn U. Racing with or against the machine? Evidence from Europe[J]. Evidence from Europe (July 15, 2016). ZEW-Centre for European Economic Research Discussion Paper, 2016 (16-053).
- [12]杨慧梅,江璐.数字经济、空间效应与全要素生产率[J].统计研究,2021,38(04):3-15.

- [13]焦勇.数字经济赋能制造业转型：从价值重塑到价值创造[J].经济学家,2020(06):87-94.
- [14]曹正勇.数字经济背景下促进我国工业高质量发展的新制造模式研究[J].理论探讨,2018(02):99-104.
- [15]吕铁.传统产业数字化转型的趋向与路径[J].人民论坛·学术前沿,2019(18):13-19.
- [16]杨卓凡.我国产业数字化转型的模式、短板与对策[J].中国流通经济,2020,34(07):60-67.
- [17]李春发,李冬冬,周驰.数字经济驱动制造业转型升级的作用机理——基于产业链视角的分析[J].商业研究,2020(02):73-82.
- [18]章铮,谭琴.论劳动密集型制造业的就业效应——兼论“民工荒”[J].中国工业经济,2005(07):5-11.
- [19]周逸欣.制造业升级对就业数量影响研究[D].兰州财经大学,2020.
- [20]宋锦,李曦晨.产业转型与就业结构调整的趋势分析[J].数量经济技术经济研究,2019,36(10):38-57.
- [21]荣晨.推动制造业高质量发展须把“稳就业”放在突出位置——兼析新一轮科技革命进程中的就业结构变化[J/OL].价格理论与实践:1-5[2021-06-18].
<https://doi.org/10.19851/j.cnki.CN11-1010/F.2021.02.47>.
- [22]王磊,魏龙.“低端锁定”还是“挤出效应”——来自中国制造业 GVCs 就业、工资方面的证据[J].国际贸易问题,2017(08):62-72.
- [23]韩民春,乔刚.工业机器人对制造业劳动力就业的结构性影响与地区差异[J].产经评论,2020,11(03):49-63.
- [24]李新娥,何勤,李晓宇,穆红莉.基于政策量化的人工智能政策对制造业就业的影响研究[J].科技管理研究,2020,40(23):197-203.
- [25]何勤,李雅宁,程雅馨,李晓宇.人工智能技术应用对就业的影响及作用机制研究——来自制造业企业的微观证据[J].中国软科学,2020(S1):213-222.
- [26]何平,骞金昌.中国制造业：技术进步与就业增长实证分析[J].统计研究,2007(09):3-11.
- [27]韩民春,赵一帆.工业机器人对中国制造业的就业效应[J].工业技术经

济,2019,38(11):3-12.

[28]Weiwei Kong,Qi Yin.Research on the Impact of Intelligent Manufacturing on Employment in Heilongjiang Province Based on DEA-Malmquist Index[C]//Fifth International Conference on Economic and Business Management (FEBM 2020). Atlantis Press, 2020: 740-744.

[29]Shapiro A F, Mandelman F S. Digital adoption, automation, and labor markets in developing countries[J]. Journal of Development Economics, 2021, 151(6):102656.

[30]杨慧,吴淑梅.人工智能技术对我国制造业就业的替代效应[J].湖北第二师范学院学报,2021,38(01):75-79.

[31]Acemoglu D, Lelarge C, Restrepo P. Competing with robots: Firm-level evidence from france[C]//AEA Papers and Proceedings. 2020, 110: 383-88.

[32]Cho Sungchul. Estimating the Impact of Automation and Globalization on Manufacturing Employment using Regional Labor Market Analysis[J]. Journal of the Economic Geographical Society of Korea, 2019, 22(3):274-290.

[33]袁富华.中国劳动密集型制造业出口和就业状况分析[J].经济理论与经济管理,2007(04):50-56.

[34]邱玥,何勤,董晓雨.人工智能技术应用会减少制造业企业的就业机会吗?——以珠江三角洲制造业企业为例[J].中国劳动关系学院学报,2020,34(06):112-120.

[35]Liang Zheng. The impact of state-owned enterprises on the employment growth of manufacturing in Chinese cities: Evidence from economic census microdata[J]. Urban Studies, 2021, 58(8): 1655-1673.

[36]杜传忠,金文翰.制造业服务化转型的就业规模效应[J].当代财经,2020(12): 112-124.

[37]韩国高,邵忠林,张倩.外资进入有助于本土企业“稳就业”吗——来自中国制造业的经验证据[J].国际贸易问题,2021(05):81-95.

[38]林发彬.台湾地区制造业升级对就业的影响研究[J].亚太经济,2020(06):140-145.

[39]刘汶荣.基于劳动生产率视角的制造业技术创新与就业关系研究[J].工业技术经济,2021,40(02):26-34.

[40]Stojčić N, Aralica Z, Anić I D. Spatio-temporal determinants of the structural and

productive transformation of regions in Central and East European countries[J]. Economic systems, 2019, 43(3-4): 100715.

[41] 习明明,李鑫,何炳林.普惠金融促进了制造业就业吗?——基于县级面板数据的实证研究[J].证券市场导报,2021(03):13-22.

[42] Aghion P , Antonin C , Bunel S , et al. What Are the Labor and Product Market Effects of Automation? New Evidence from France[J].Sciences Po publications, 2020.

[43] 陈临奇.数字经济时代对“服务业之谜”的再解释[D].中国社会科学院研究生院,2020.

[44] 康茜,林光华.工业机器人对就业的影响机制:产业结构高级化还是合理化[J/OL].软科学:1-12.

[45] Leigh, Nancey Green, Benjamin Kraft, and Heonyeong Lee. Robots, skill demand and manufacturing in US regional labour markets[J]. Cambridge Journal of Regions, Economy and Society, 2020, 13(1): 77-97.

[46] Dildar Yasemin. Gendered patterns of industrialization in MENA[J]. Middle East Development Journal, 2021, 13(1): 128-149.

[47] 姚先国,周礼,来君.技术进步、技能需求与就业结构——基于制造业微观数据的技能偏态假说检验[J].中国人口科学,2005(05):47-53+95-96.

[48] 田洪川,石美遐.制造业产业升级对中国就业数量的影响研究[J].经济评论,2013(05):68-78.

[49] 金俊.技术进步对制造业就业影响分析[D].中南财经政法大学,2019.

[50] 刘春荣.技术变迁下的制造业劳动关系研究[D].首都经济贸易大学,2015.

[51] 陈泽聪.我国制造业技术进步的就业效应——基于 25 个行业的实证分析[J].科技进步与对策,2011,28(01):20-24.

[52] 徐梦冉,李振发,贺灿飞,李伟.“互联网+”对中国制造业就业的影响[J].世界地理研究,2021,30(03):577-588.

[53] 吕洁,杜传文,李元旭.工业机器人应用会倒逼一国制造业劳动力结构转型吗?——基于 1990—2015 年间 22 个国家的经验分析[J].科技管理研究,2017,37(22):32-41.

[54] David Autor,Anna Salomons. Is automation labor-displacing?Productivity growth, employment, and the labor share[R]. National Bureau of Economic Research, 2018.

- [55]叶胥,杜云晗,何文军.数字经济发展的就业结构效应[J].财贸研究,2021,32(04):1-13.
- [56]孟祺.数字经济与高质量就业:理论与实证[J].社会科学,2021(02):47-58.
- [57]隆云滔,刘海波,蔡跃洲.人工智能技术对劳动力就业的影响——基于文献综述的视角[J].中国软科学,2020(12):56-64.
- [58]阮小雪.智能制造对中国制造业劳动力就业影响研究[D].福建师范大学,2018.
- [59]国家信息中心信息化和产业发展部与京东数字科技研究院.携手跨越重塑增长——中国产业数字化报告(2020)[EB/OL].https://www.sohu.com/a/405614733_492538.2020-07-03.
- [60]陈小辉,张红伟.数字经济如何影响企业风险承担水平[J].经济管理,2021,43(05):93-108.
- [61]杨文溥.中国产业数字化转型测度及区域收敛性研究[J].经济体制改革,2022(01):111-118.
- [62]关会娟,许宪春,张美慧,郁霞.中国数字经济产业统计分类问题研究[J].统计研究,2020,37(12):3-16.
- [63]陈岳飞,肖克,张海汝,李勇坚.中国数字经济结构发展协同度研究[J].学习与探索,2021(08):121-129.
- [64]李晓西,刘一萌,宋涛.人类绿色发展指数的测算[J].中国社会科学,2014(06):69-95+207-208.
- [65]戚聿东,刘翠花,丁述磊.数字经济发展、就业结构优化与就业质量提升[J].经济学动态,2020(11):17-35.
- [66]贾晓焯.福建省产业结构与就业结构的动态关系分析[J].台湾农业探索,2016(06):34-38.

后记

眨眼间三年的研究生学习生涯即将结束，回想这三年的学习生活，好似都历历在目，有老师们的悉心教导，有同学们的日日陪伴，有家人的视频关怀。尤其是在写这篇论文期间，他们给了我很多建议和支持，对我来说都无比珍贵。

首先感谢我的导师傅德印教授，在文章的选题、文章逻辑、语言表达等多方面给了我很多的建议，而且在文章审核的各个阶段，老师都会不厌其烦的给予我指导。老师认真负责、求真务实的工作态度深深影响了我，不仅教会了我研究能力和文字功底，更培育了我严谨的治学态度。

同时，也感谢学校里教导我的各位老师，是他们在课上课下的讲解才使我建立了属于自己的知识架构体系，积累了更坚实的理论基础，开阔了我的新视野。正是你们日积月累的付出，才使我能够顺利完成这篇文章的撰写。

感谢各位参与我论文开题、预答辩、答辩的老师们的宝贵建议。

感谢我的可爱的室友，师兄师姐、师弟师妹们，以及统计学院同学们平日对我学习、工作、生活上的关心和帮助，让我的学习、生活更加多彩。

最后，最想感谢的是我的父母和弟弟，是他们给予了我上学以来的物质支持和精神鼓励，是他们让我在学习期间无后顾之忧，使我全身心得投入学习中。

谨以此献给所有关心、支持、帮助过我的师长亲友，再次感谢！