

制造业数字化转型与数字经济发展： 基于耦合协调分析

刘绍建¹，王馨雪²，刘荣芹³

(1. 中国能源建设集团广西电力设计研究院有限公司能源规划研究中心，南宁 530007；
2. 西南财经大学工商管理学院，成都 611130；3. 南宁学院商学院，南宁 530200)

摘要：通过构建制造业数字化转型与数字经济发展综合评价体系，对2011-2019年间中国30个省份二者系统的耦合协调状况进行了分析，并多维度考察了其动态变化及地域差异。研究揭示，此期间各省制造业数字化与数字经济发展水平均呈上升趋势，但系统耦合水平与高耦合标准有明显距离。尽管如此，耦合协调度整体呈上升趋势，指示两者互动正向发展。地域分析显示，东、中、西部地区系统耦合度先升后降，而耦合协调度则从东部至西部递减。

关键词：制造业数字化转型；数字经济；耦合协调

中图分类号：F424 **文献标志码：**A **文章编号：**1671-1807(2025)12-0129-12

党的二十大报告明确指出要加快发展数字经济，促进数字经济和实体经济深度融合，到二〇三五年，基本实现新型工业化发展目标。工业和信息化部印发的《制造业技术创新体系建设和应用实施意见》也为贯彻落实党的二十大精神 and 关于推动制造业高质量发展有关决策部署提供了指导性意见。在国家政策的引领下，制造业企业加快数字化转型步伐，领头企业已经取得了初步成效。如美的集团通过应用机器人、智能设备等数字技术升级原有生产线，并且使用信息技术系统辅助运营能力，改善经营模型，形成企业智能供应链。这一数字转型使得美的集团在抗击疫情的冲击上战胜了老对手格力集团。可见数字化转型有助于制造业企业抗击外部风险、优化资源配置和提高企业生产效率，是推动制造业企业高质量发展的关键策略。尤其是随着中国近年来数字经济的迅速增长，数字经济已经成为促进传统产业转型升级的关键抓手^[1]。因此，把握数字经济的发展机遇，快速数字经济在制造业企业中的深度融合，是实现新型工业化的重要一环^[2]。

企业的数字化转型(digital transformation)通常是指企业为了把握数字化时代机遇和适应市场需求变化，通过采用数字技术来实现如增强客户体

验、简化运营或创建新的商业模式的重大业务改进^[3-4]。这个过程旨在改善企业的运营效率和创新能能力，强调信息技术的技术根源及信息技术与业务之间的一致性^[5]。聚焦制造业，数字化转型包含但不限于智能制造、数字化供应链、个性化定制、远程驱动与维护及数据驱动决策，这些先进的数字技术可以帮助制造企业优化资源配置以适应数字化时代的挑战和机遇^[6]。目前，学者们对制造业数字化转型的研究主要集中在制造业数字化转型的实现途径^[7-10]、制造业数字化转型的经济效应^[11-14]、制造业数字化转型的影响因素^[15-16]。例如，刘善堂和白晓明^[17]、吕明元和苗效东^[18]和谢铮等^[19]的研究表明，大数据和云计算等技术应用显著提高了制造业的生产效率、产品质量控制能力和产业结构合理化等。此外，Asif等^[20]和董晓松等^[21]指出，在数字化转型过程中，企业文化和领导力也起到了至关重要的作用，而这一点往往被许多研究忽视，因为成功的数字化转型不仅仅是技术层面的变革，还需要组织内部的支持和文化上的调整。这些研究为深入理解制造业数字化转型的意义奠定了文献基础，同时也揭示了数字经济发展对制造业数字化转型的重要驱动作用。

纵观已有研究，学者们虽然基于数字经济发展

收稿日期：2024-07-02

作者简介：刘绍建(1993—)，男，广西全州人，硕士，工程师，研究方向为大数据挖掘与分析；王馨雪(1999—)，女，山东威海人，硕士研究生，研究方向为智能决策和智能金融；通信作者刘荣芹(1995—)，女，广西桂林人，博士，讲师，研究方向为人机交互与社交商务。

对制造业企业转型的影响视角为制造业企业数字化转型决策提供了有价值的策略^[10-11,22],但是,由于制造业数字化转型涉及面广、转型难度大,目前中国制造业数字化转型水平仍然呈现整体偏低的现象^[23]。此外,制造业数字化转型可以推动数字技术如物联网、人工智能和机器学习等在实际生产中的广泛应用和创新,从而强化数字经济的发展^[24]。但是目前鲜有研究基于协调耦合视角分析制造业数字化转型和数字经济发展系统的互动协同规律,严重束缚了对制造业数字化转型与数字经济发展关系认识的客观性。

因此,本文选取 2011—2019 年 30 个省份(因数据缺失,未包含西藏地区和港澳台地区)作为研究样本,旨在探究制造业数字化转型和数字经济发展的系统耦合协调度,以及系统的区域异质性,以揭示两者的内在双向作用态势,为推动制造业数字化转型与数字经济深度融合、协调发展提供决策依据。

1 文献回顾与理论分析

中国经济进入发展新常态,如何实现制造业和数字化高质量融合,是推进新型工业化重要战略部署的关键举措,也是推动社会经济发展的可行方略。数字经济发展可以为制造业数字化转型提供技术和环境支持,同时制造业数字化转型也促进数字经济的创新和壮大,强化数字经济发展,在这种相互作用中,实现双方协同发展,从而有效推进新型工业化。根据对已有研究成果的总结,本文将制造业数字化转型与数字经济发展的关系描述如图 1 所示。

1.1 制造业数字化转型强化数字经济发展

首先,制造业数字化转型通过智能制造和数字孪生等数字化手段,提高生产效率,改进生产过程。这些数字化手段在提升制造业本身竞争力的基础

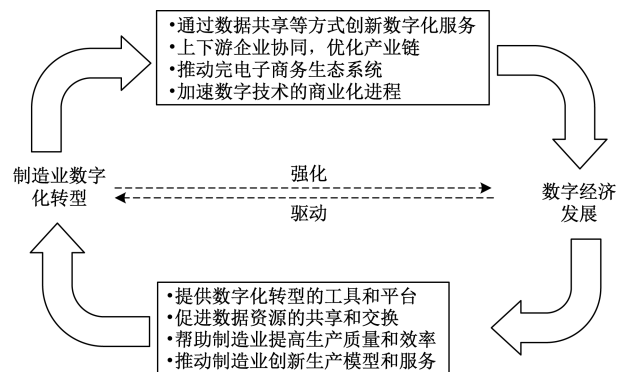


图 1 制造业数字化转型与数字经济发展关系

上,还可以产生海量的生产和运营数据。这些数据资产不仅有助于优化制造业内部的生产和管理,还可以通过数据共享和交易的方式,促进数字经济的发展^[25]。例如,制造业的生产数据通过共享或者联邦学习技术可以帮助其他企业深入了解市场需求,优化供应链,最后推动创新数字化服务,拓宽数字经济的发展路径。

其次,数字化转型使得制造业与上下游企业更紧密地协同,形成数字化的产业链和生态系统^[26-27]。这些数字化的产业链和生态系统不仅令制造业更具竞争力,也为数字经济的各个领域提供了支持。例如,在智能制造中,制造企业可以通过数字孪生技术与供应商和客户实现更紧密的协作,从而提高供应链的效率和灵活性,这也直接促进数字经济的发展。

再者,许多制造业企业正在朝着服务化方向发展,提供包括数据、技术和解决方案在内的综合服务。这些服务为数字经济提供了有价值的内容和资源,促进了数字服务业的发展。这种服务化的趋势进一步推动数字经济的壮大。例如,在智能制造中,制造企业可以提供远程监控和维护服务,帮助客户优化设备性能,提高生产效率,这种服务不仅为制造业带来了增收,也为数字经济的发展注入了新的动力。同时,数字化转型使得制造业更方便地参与电子商务。通过电商平台,制造企业可以推广和销售产品,扩大市场和客户群。这同时促进了电子商务这个数字经济系统中关键部门的发展。制造业的电子商务活动不仅提高了销售渠道的效率,还推动了数字经济中电子商务生态系统的不断完善和发展。

此外,制造业数字化转型还推动了数字技术如物联网、人工智能和机器学习等在实际生产中的广泛应用和创新。这些技术的应用和创新不仅提高了生产效率和生产质量,还加速了数字技术的商业化进程^[28]。例如,在智能制造中,物联网技术可以实现设备之间的互联互通,提高生产线的协调性和自动化水平。人工智能和机器学习技术可以帮助制造企业实现预测性维护,减少设备故障和停工时间。这些技术的广泛应用不仅提高制造业的竞争力,也为数字经济的发展提供了技术支持。

1.2 数字经济发展驱动制造业数字化转型

首先,数字经济带动了一系列创新的数字技术,如物联网、人工智能、机器学习、云计算等,这些技术为制造业数字化转型提供必要的工具和平

台^[29]。例如,物联网技术可以实现设备的远程监控和管理,使制造企业能够实现生产自动化和智能化。人工智能和机器学习技术可以用于生产质量控制和预测维护,提高产品的质量和可靠性。云计算技术提供了数据存储和计算资源,支持了大规模数据分析和处理,有助于制造业更好地利用数据资源进行决策和优化。

其次,数字经济的发展促进了数据资源的共享和交换。制造业可以受益于数字经济的数据共享平台,从中获取市场信息、客户反馈等数据,有助于更好地了解市场需求,预测和规划生产。此外,数字经济推动了数字化供应链管理平台的推广和应用,使得制造企业可以更好地协调供应商和客户,减少库存和运输成本,提高供应链的效率和稳定性。

再者,数字技术可以帮助制造业提高生产质量和效率^[30-31]。通过智能化设备和系统,制造企业可以实现更加精准和稳定的生产,减少人工误差和损耗,从而提高产品质量和生产效率^[32]。这对于数字经济的发展也具有积极影响,因为高质量的产品和高效的生产过程能够满足市场需求,推动数字经济的增长。此外,数字经济的发展还推动了新的商业模式和服务如平台经济、共享经济和服务化等的兴起。这些新的商业模式为制造业提供新的发展机会,帮助制造企业拓展市场和增加收入。例如,一些制造企业可以通过数字平台提供在线定制服务,满足客户个性化需求,从而开辟了新的市场。这些商业模式的兴起为数字经济提供了更多的内容和资源,推动数字经济的繁荣。

最后,数字经济的发展还为制造业提供新的融资和投资机会。数字经济领域的创业公司和初创企业吸引大量的投资,这些投资也可以流向制造业领域,支持制造业数字化转型的发展。数字经济的蓬勃发展吸引更多的资本投入,为制造业提供资金支持,促进其数字化转型的实施。因此,数字经济发展可以驱动制造业数字化转型,为制造业数字化转型提供技术和环境支持,通过数字化转型,制造业可以更好地适应和参与数字经济,实现持续和稳定的发展。

2 研究方法 with 模型构建

2.1 指标体系构建

由于制造业数字化转型和数字经济发展内涵的复杂性,单一的指标模式难以涵盖制造业数字化转型与数字经济发展的综合发展属性,因此,在坚持指标构建的目的性、完备性、可操作性和独立性

等基础上,参照以往文献中关于制造业数字化转型与数字经济发展评价指标框架^[33-36],本文构建了包含制造业数字化转型与数字经济发展两个子系统的综合评价指标体系(表 1)。

目前关于企业数字化转型的测度主要分为两种,一种是构建数字化转型指标体系^[23-25],另一种是基于大数据的文本分析方法^[33,40-41]。考虑到本文研究内容和研究对象的独特性,以及避免两个子系统之间的评价指标交叉重复,参考黄大禹等^[40]、吴非等^[41]、庞瑞瑞和汪明艳^[34]的方法,使用文本分析法构建制造业数字化转型的评价指标。该方法的主要步骤如下:首先,根据相应的标准(公司上市年限至少 3 年、非 ST 状态、非暂停和终止上市),使用 Python 抓取在巨潮资讯网上符合条件的制造业上市公司 2012—2020 年期间(由于年报的特殊性,2012 年年初发布的年报实为总结 2011 年公司年度情况)的所有年报数据,通过过滤存在数据缺失等异常情况的企业及年报数据,最终共获得 2 025 家制造业上市公司 17 245 条样本年报数据;其次,基于吴非等^[41]、庞瑞瑞和汪明艳^[34]构建的企业数字化转型词典,结合制造业的行业特征和专业词汇等,构建制造业数字化转型词库,同时对年报数据进行包含文本格式转化、分词等数据预处理工作;最后,根据构建的制造业数字化转型词库,统计样本数据中的词频,并且使用黄大禹等^[40]提出的公式计算制造业上市企业数字化转型指数。为了方便后续计算和比较,已将制造业上市企业数字化转型指数转化为当年的指标值。

表 1 成熟度评价指标划分标准

目标层	维度层	指标层	属性	
制造业数字化转型	制造业上市企业数字化转型指数	制造业上市公司年报上与制造业数字化转型词库相关的关键词词频数加 1 后的自然对数	+	
		数字经济	数字经济发展	数字产业发展水平
互联网宽带接入端口	+			
长途光缆线路长度	+			
移动电话普及率	+			
互联网普及率	+			
人均快递业务量	+			
互联网从业人员占比	-			
软件业务收入占 GDP 比例	-			
电子商务销售额占 GDP 比例	+			
电信业务总量占 GDP 比例	+			

鉴于数字经济发展涵盖多个维度,目前还没有一个统一的数字经济发展指标评价体系。基于冀雁龙和李金叶^[42]、魏敏等^[43]的做法,本文从基础设施建设水平和数字产业发展水平两个核心维度构建数字经济发展子系统的评价指标体系。其中,基础设施建设水平包含 IP 地址占比、互联网宽带接入端口、长途光缆线路长度、移动电话普及率和互联网普及率 5 个指标,数字产业发展水平包含人均快递业务量、互联网从业人员占比、软件业务收入占比、电子商务销售额占比和电信业务总量占比 5 个指标。

2.2 研究方法

2.2.1 熵权法

选择熵权法计算系统指标权重,因为熵权法客观性强,并且可以避免人为赋权造成的主观性的干扰^[44]。首先,对原始数据进行标准化处理,以消除数据量纲的影响,增强数据的可比性。计算公式为

正向指标:

$$x_{ij} = \frac{x_{ij} - \min x_j}{\max x_j - \min x_j} \quad (1)$$

负向指标:

$$x_{ij} = \frac{\max x_j - x_{ij}}{\max x_j - \min x_j} \quad (2)$$

随后,依次计算各指标的信息熵、指标权数和综合评价指数。

比重变换:

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

信息熵:

$$E_j = -\frac{1}{\ln m} \sum_{i=1}^m y_{ij} \ln y_{ij} \quad (4)$$

指标权数:

$$W_j = \frac{1 - E_j}{\sum_{j=1}^n (1 - E_j)} \quad (5)$$

综合评价指数:

$$U_j = \sum_{j=1}^n x_{ij} W_j \quad (6)$$

根据本文所构建的指标系统,可依次计算制造业数字化转型指数(U_S)、数字经济发展指数(U_E)。

2.2.2 耦合协调度模型

鉴于本文所提的“制造业数字化转型-数字经济发展”系统涉及多个子系统间的协调发展,采用耦合协调度模型来分析系统间的协调发展情况,因为耦合协调度模型在两个及以上子系统间的耦合协调性分

析上更简单直观^[35]。耦合协调度模型包含耦合度(C)、协调指数(T)、耦合协调度(D)3 个指标值,其中耦合度表示制造业数字化转型和数字经济发展子系统间的相互依赖程度;协调指数揭示系统之间是否存在协同作用,以促进更好地发展;耦合协调度则是一个综合指标,结合了耦合度和协调指数来综合评估系统之间的协调发展情况。计算公式为

$$C = 2 \left[\frac{U_S U_E}{(U_S + U_E)^2} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (7)$$

$$T = \alpha U_S + \beta U_E \quad (8)$$

$$D = \sqrt{CT} \quad (9)$$

式中: U_S 和 U_E 分别为制造业数字化转型指数和数字经济发展指数; α 和 β 为各系统的待定系数,并且参考以往的研究^[36,45],取 $\alpha = \beta = 1/2$,表示各子系统对耦合协调度的贡献相同。

2.3 数据来源

以全国 30 个省份为研究对象,样本区间为 2011—2019 年。数字经济发展子系统的指标数据根据《中国互联网络发展状况统计报告》《中国统计年鉴》《中国旅游统计年鉴》等数据整理而得。制造业数字化转型子系统的指标数据通过制造业上市公司年报数据整理而得。对于个别缺失数据的指标本文采用线性插补法进行处理。

3 实证结果与分析

3.1 制造业数字化转型指数和数字经济发展指数

本文使用熵权法计算 30 个省份制造业数字化转型指数和数字经济发展指数。表 2 和表 3 分别列出 30 个省份各年度制造业数字化转型指数和数字经济发展指数。从表 2 中的结果可以看出,省级制造业数字化水平虽然普遍比较低,但仍然呈现稳步增长的趋势,制造业作为涉及多个重要数据和信息的敏感性行业,极易受到外部宏观环境的干扰,政策变化也会对制造业的转型造成巨大的影响。2013 年党的十八届三中全会召开后,加快了互联网产业与其他产业融合的步伐,因此,2013 年之后制造业的数字化转型指数有了大幅度提升。尤其是对比 2011 年和 2019 年省级制造业数字化转型指数的平均值,2011 年省级制造业数字化转型指数均值为 0.006 0,2019 年均值为 0.018 7,涨幅为 210.67%,显示制造业数字化转型的增长态势。同时,各省份制造业数字化转型指数呈现一致的攀升趋势,以 2011 年为例,制造业数字化转型指数最高的 4 个省份分别是天津(0.011 9)、北京(0.011 7)、广东(0.011 4)和陕西(0.011 3),最低的 4 个省份

分别是吉林(0.000 0)、宁夏(0.000 5)、内蒙古(0.000 9)和重庆(0.002 0);而2019年制造业数字化转型指数最高的4个省份分别是广东(0.023 2)、北京(0.022 6)、福建(0.022 0)和广西(0.021 7),最低的4个省份分别是吉林(0.012 7)、宁夏(0.014 8)、甘肃(0.015 2)和海南(0.015 7)。2011—2019年制造业数字化转型指数涨幅最高的前4个省份分别是吉林、宁夏、内蒙古和重庆。因此,可以看出省级制造业数字化转型水平存在显著的省级个体差异性。

从表3的结果可以看出,与省级制造业数字化转型指数相比,省级数字经济发展指数平均呈现波动性增长的趋势,从2011年的0.319 8增长到2019年的0.417 3,涨幅为30.49%。2011年数字经济发展指数最高的4个省份分别是北京(0.405 9)、广东(0.404 3)、上海(0.391 6)和浙江(0.383 3),最低的4个省份分别是贵州(0.289 5)、吉林(0.289 9)、江西(0.293 3)和重庆(0.294 5)。而2019年数字经济发展指数最高的4个省份分别是广东(0.513 6)、青海(0.463 1)、甘肃(0.456 8)和贵州(0.455 5),最低四个省份分别是天津(0.325 6)、陕西(0.358 2)、

湖北(0.368 0)和福建(0.370 0)。2011—2019年数字经济发展指数涨幅最高的前4个省份分别是贵州、甘肃、青海和四川。可以看出各省的数字经济发展水平存在显著的个体差异,且增长趋势都具有一定的波动性,尤其是在2016年,各省份的数字经济发展水平指数均下降。究其原因,是因为2016年,全球和中国的经济增长都出现放缓,尤其是世界经济仍处于“低增长陷阱”,对于中国来说,此时正处于经济结构调整和转型的阶段,而数字经济的发展常常受到宏观经济环境、政府政策、科技创新和投资等多个因素的影响,因此各省份的数字经济发展受到一定程度的影响。而2016年之后,中国的经济结构进一步优化,产业结构升级,经济新业态快速发展,创造了巨大的数字红利,因此2016—2019年的数字经济发展水平稳步上升。

此外,根据中国国家统计局的三大经济带划分标准,进一步将各个省份按照东部、中部和西部地区进行区域划分,以分析区域间的制造业数字化转型指数和数字经济发展指数平均差异。图2展示各区域的制造业数字化转型指数的发展趋势。可以

表2 制造业数字化转型子系统发展指数

省份	2011年	2012年	2013年	2014年	2015年	2016年	2017年	2018年	2019年
安徽	0.005 4	0.005 4	0.008 7	0.010 1	0.011 8	0.013 9	0.016 1	0.017 1	0.019 2
北京	0.011 7	0.012 9	0.014 6	0.016 3	0.018 5	0.021 1	0.021 2	0.023 1	0.022 6
福建	0.006 6	0.009 8	0.011 2	0.014 0	0.016 0	0.018 0	0.018 9	0.020 4	0.022 0
甘肃	0.006 5	0.007 9	0.008 2	0.013 4	0.014 5	0.014 8	0.016 1	0.017 2	0.015 2
广东	0.011 4	0.013 2	0.015 8	0.018 4	0.019 1	0.020 1	0.021 6	0.022 4	0.023 2
广西	0.006 5	0.005 7	0.008 6	0.012 1	0.015 6	0.019 6	0.020 2	0.021 1	0.021 7
贵州	0.006 2	0.008 4	0.008 9	0.011 7	0.012 1	0.013 5	0.015 2	0.017 3	0.018 1
海南	0.005 9	0.008 1	0.012 1	0.010 2	0.014 7	0.015 7	0.016 4	0.016 1	0.015 7
河北	0.004 4	0.005 2	0.006 2	0.009 2	0.012 0	0.015 1	0.016 6	0.018 4	0.018 9
河南	0.005 1	0.007 1	0.008 3	0.010 2	0.014 6	0.015 5	0.016 8	0.019 3	0.019 5
黑龙江	0.004 1	0.003 8	0.006 7	0.009 6	0.009 6	0.007 8	0.011 2	0.011 4	0.015 7
湖北	0.008 1	0.009 6	0.011 2	0.013 5	0.016 2	0.017 9	0.019 3	0.020 1	0.021 4
湖南	0.005 0	0.006 8	0.007 6	0.011 5	0.013 0	0.016 4	0.016 8	0.018 2	0.021 0
吉林	0.000 0	0.000 8	0.001 1	0.006 2	0.008 8	0.011 1	0.011 9	0.012 6	0.012 7
江苏	0.006 4	0.007 3	0.009 1	0.013 1	0.014 4	0.015 3	0.016 4	0.017 1	0.018 2
江西	0.006 0	0.006 1	0.010 3	0.011 4	0.012 7	0.016 1	0.016 7	0.018 3	0.020 7
辽宁	0.008 2	0.009 7	0.011 0	0.011 0	0.011 8	0.012 0	0.013 5	0.013 4	0.016 8
内蒙古	0.000 9	0.002 1	0.008 8	0.009 8	0.013 8	0.014 8	0.017 1	0.017 5	0.017 7
宁夏	0.000 5	0.002 4	0.006 6	0.008 1	0.013 8	0.015 2	0.015 4	0.013 6	0.014 8
青海	0.005 4	0.007 4	0.010 9	0.015 9	0.019 4	0.018 6	0.020 1	0.020 2	0.018 2
山东	0.005 7	0.007 6	0.007 7	0.011 2	0.012 9	0.012 2	0.014 1	0.015 4	0.016 7
山西	0.006 1	0.006 2	0.007 6	0.011 6	0.010 7	0.012 0	0.013 4	0.015 9	0.016 7
陕西	0.011 3	0.010 4	0.011 7	0.013 0	0.017 3	0.016 2	0.016 8	0.017 1	0.017 1
上海	0.006 7	0.008 2	0.010 4	0.013 2	0.014 2	0.016 9	0.018 1	0.020 0	0.021 0
四川	0.006 2	0.008 4	0.010 7	0.014 3	0.014 3	0.016 9	0.016 4	0.018 0	0.019 3
天津	0.011 9	0.012 0	0.013 8	0.016 6	0.016 3	0.018 2	0.019 8	0.020 7	0.020 5
新疆	0.002 1	0.004 5	0.008 9	0.009 6	0.014 4	0.018 4	0.015 9	0.016 2	0.018 1
云南	0.006 0	0.004 5	0.007 5	0.007 9	0.007 7	0.011 7	0.011 2	0.015 6	0.016 2
浙江	0.008 5	0.008 9	0.010 6	0.013 7	0.015 7	0.017 0	0.017 8	0.018 8	0.020 8
重庆	0.002 0	0.004 0	0.007 8	0.009 7	0.012 7	0.015 6	0.016 1	0.017 6	0.017 3
平均值	0.006 0	0.007 1	0.009 4	0.011 6	0.013 8	0.015 5	0.016 7	0.017 6	0.018 7

表3 数字经济发展指数

省份	2011年	2012年	2013年	2014年	2015年	2016年	2017年	2018年	2019年
安徽	0.297 7	0.303 6	0.311 6	0.315 6	0.326 7	0.325 7	0.344 6	0.380 4	0.410 3
北京	0.405 9	0.412 3	0.312 1	0.481 7	0.287 8	0.256 3	0.438 6	0.435 7	0.438 6
福建	0.314 2	0.330 5	0.356 0	0.329 4	0.328 1	0.316 0	0.327 0	0.349 0	0.370 0
甘肃	0.296 6	0.302 4	0.309 3	0.316 6	0.326 5	0.316 3	0.346 1	0.405 6	0.456 8
广东	0.404 3	0.419 3	0.412 0	0.426 1	0.4103	0.411 3	0.443 5	0.489 6	0.513 6
广西	0.298 8	0.307 3	0.309 5	0.322 5	0.329 0	0.324 9	0.344 7	0.393 3	0.435 2
贵州	0.289 5	0.300 1	0.307 8	0.312 8	0.320 7	0.317 2	0.342 7	0.400 1	0.455 5
海南	0.304 5	0.309 1	0.312 3	0.317 9	0.325 7	0.304 6	0.322 2	0.348 3	0.383 8
河北	0.328 0	0.339 5	0.343 9	0.352 9	0.342 5	0.351 0	0.381 2	0.414 8	0.449 1
河南	0.310 0	0.317 1	0.317 1	0.337 1	0.338 1	0.341 5	0.370 3	0.406 6	0.425 1
黑龙江	0.319 5	0.321 0	0.327 4	0.327 4	0.320 5	0.316 2	0.341 0	0.375 0	0.400 0
湖北	0.317 9	0.319 4	0.312 2	0.318 3	0.319 9	0.315 1	0.333 3	0.351 7	0.368 0
湖南	0.299 1	0.309 9	0.319 8	0.330 3	0.329 2	0.324 7	0.342 5	0.376 2	0.402 7
吉林	0.289 9	0.298 9	0.298 6	0.309 2	0.301 1	0.298 0	0.322 3	0.355 4	0.401 6
江苏	0.356 5	0.357 1	0.334 6	0.341 4	0.338 3	0.337 2	0.365 7	0.395 2	0.411 3
江西	0.293 3	0.298 2	0.312 2	0.305 3	0.325 9	0.326 1	0.341 6	0.371 3	0.406 7
辽宁	0.301 2	0.296 6	0.286 6	0.293 6	0.287 1	0.305 6	0.335 6	0.376 2	0.394 5
内蒙古	0.311 9	0.319 8	0.327 0	0.336 0	0.339 7	0.337 4	0.358 6	0.391 8	0.424 0
宁夏	0.295 7	0.306 4	0.312 0	0.318 2	0.317 3	0.312 6	0.340 0	0.385 3	0.422 8
青海	0.307 0	0.319 0	0.324 5	0.333 2	0.368 7	0.337 8	0.361 7	0.430 1	0.463 1
山东	0.338 3	0.342 4	0.320 4	0.346 7	0.329 5	0.338 7	0.392 9	0.421 0	0.439 3
山西	0.303 3	0.310 6	0.324 9	0.328 1	0.330 3	0.326 0	0.345 1	0.388 8	0.420 4
陕西	0.297 2	0.300 6	0.299 0	0.301 5	0.298 7	0.290 8	0.305 7	0.345 4	0.358 2
上海	0.391 6	0.400 5	0.358 3	0.369 1	0.373 5	0.364 7	0.367 9	0.378 9	0.417 9
四川	0.300 2	0.306 6	0.306 4	0.314 0	0.322 1	0.319 3	0.346 9	0.390 4	0.440 2
天津	0.301 4	0.291 9	0.298 0	0.304 3	0.302 8	0.288 2	0.287 8	0.295 0	0.325 6
新疆	0.330 0	0.342 4	0.344 5	0.344 7	0.347 9	0.330 2	0.338 4	0.364 9	0.415 0
云南	0.311 6	0.316 0	0.320 3	0.342 1	0.356 0	0.332 9	0.354 3	0.392 4	0.435 4
浙江	0.383 3	0.389 5	0.385 5	0.387 1	0.393 2	0.372 6	0.396 8	0.427 9	0.454 0
重庆	0.294 5	0.296 0	0.297 7	0.311 6	0.313 5	0.307 6	0.323 7	0.355 6	0.379 3
平均数	0.319 8	0.326 1	0.323 4	0.335 8	0.331 7	0.324 9	0.352 1	0.386 4	0.417 3

看出,各区域的制造业数字化转型发展水平稳步上升,其中,中部地区的涨幅最大为270.30%(2011年为0.005 0,2019年为0.018 4),次之是西部地区,涨幅为261.96%(2011年为0.004 9,2019年为0.017 6),涨幅最低的是东部地区148.17%(2011年为0.007 9,2019年为0.019 7)。同时,东部地区的制造业数字化转型指数在样本年限始末均高于中西部地区,表明东部地区的制造业数字化建设基础相对较好,但是随着制造业结构升级,中西部部分地区依靠后发优势,优化产能结构和产业创新,在制造业中向数字化转型的升级步伐加快。图3展示各区域的数字经济发展水平指数的变动趋势。可以看出,各区域的数字经济发展水平波动性上升,其中,西部地区的涨幅最大为40.57%(2011年为0.303 0,2019年为0.425 9),次之是中部地区33.08%(2011年为0.303 8,2019年为0.404 4),涨幅最低的是东部地区20.07%(2011年为0.348 1,2019年为0.418 0)。从

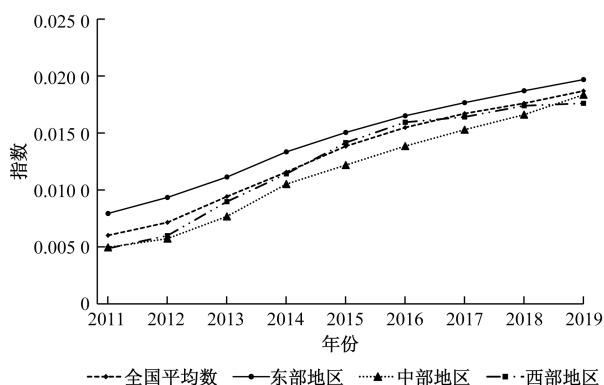


图2 2011—2019年全国及三个区域制造业数字化转型平均指数

样本年限内各地区的始末数字经济发展指数可以看出,西部地区在数字经济发展上产业投入和取得的成效显著,东部地区和中部地区虽然涨幅低于西部地区,但仍然可以表明中国数字经济发展的强劲势头,标志着中国数字经济发展的潜力^[35]。

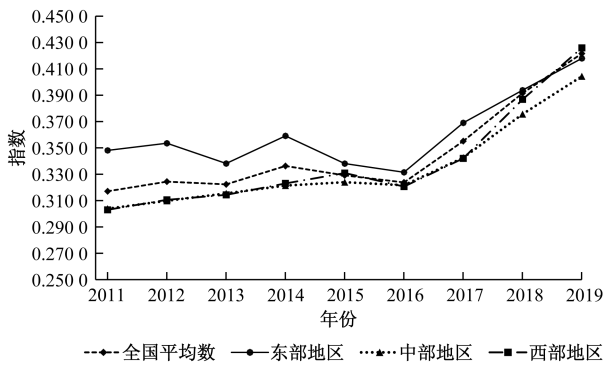


图3 2011—2019年全国及三个区域数字经济发展平均指数

3.2 耦合度

在探明制造业数字化转型与数字经济发展综合水平的基础上,运用式(7)测算二者耦合度,研究分析2011—2019年各省份制造业数字化转型与数字经济发展的系统之间相互依赖程度,结果表4所示。依据赵磊等^[45]的系统耦合度划分等级来看,2011—2012年中国30个省份制造业数字化转型与数字经济之间的耦合度普遍在低水平耦合状态,2013—2019年两系统处于颀颀磨合阶段,并在2016年达到最高水平(均值达到0.4173)。究其原因,主要是继2008年金融危机以后,中国开始反思制造业政策,但由于中国数字基础设施较为薄弱,因此在研究年限早期,中国的城市数字化进程较为缓慢,数字化技术尚不成熟,因此两系统的依赖程度还处于初级阶段。继2012年11月国内提出“互联网+”概念后,传统制造业逐渐不再依靠廉价劳动力和资本投入等要素来保持竞争力,走向转型升级,为数字经济的发展打下良好的基础。随着2016年G20峰会在杭州举办,在国家政策推动以及信息技术快速发展的背景下,数字经济逐渐成为数字中国建设的重要部分和企业变革创新的关键手段,因此,数字经济发展和制造业数字化转型发展趋于协调,并且有后续同步波动增长的趋势。整体来看,两子系统之间耦合水平呈现波动性提高的发展趋势,从2011年的0.2703到2019年的0.4032,年均增长5.49%。但由于2017年后贸易摩擦、国内产能过剩等要素影响,中国制造业数字化转型受到一定冲击,发展速度减缓,因此制造业数字化转型与数字经济的耦合水平与高水平耦合之间仍然存在显著差距,尚有较大提升空间。

以省域视角来看,由表4可知,2011年全国“制造业数字化转型-数字经济”系统耦合度整体上较低,大部分省份处于低水平耦合阶段,吉林、内蒙

古、宁夏、新疆等省份子系统间接近无关状态,处于系统无序发展阶段。高值区则呈点状分布于北京、广东、天津、湖北等东部沿海或经济发达地区省份;2014年高值区由东部沿海地区向中西部内陆地区逐渐蔓延,青海、四川、天津系统耦合度达到0.4,福建、甘肃、广西、山东等25个省份摆脱低水平耦合阶段,仅有吉林和云南仍处于低水平耦合阶段;2015年所有省份达到颀颀磨合阶段;2016年北京率先进入良性耦合阶段,之后各省份保持在颀颀磨合阶段。由此可见,研究期内各省份制造业数字化转型和数字经济耦合情况均有所改善,江苏、广东的耦合协调度较高,黑龙江、吉林、宁夏、云南等东北或偏远省份则处于较低水平。

从地区层面看,如图4所示,研究期内三大地区制造业数字化转型和数字经济耦合度均保持上升态势。其中,东部地区由2011年的0.2952上升到2019年的0.4145,年均增长4.49%;中部地区由2011年的0.2513上升到2019年的0.4076,年均增长6.91%;西部地区由2011年的0.2494上升到2019年的0.3095,年均增长2.68%。可以发现,中部地区耦合协调度增长最为迅速,而西部地区增长最为缓慢。从均值来看,各地区耦合协调度空间差异明显,东部、中部、西部地区耦合度均值分别为0.3792、0.3511、0.3610,呈“东部-西部-中部”依次递减特征。以2016年为分界点,东、中和西部地区省级“制造业企业数字化转型-数字经济”系统平均耦合度均呈现“先上升、后下降”趋势。另外,在2011—2016年,中、西部地区省级“制造业企业数字化转型-数字经济”系统平均耦合度低于东部地区,而在2017年,西部地区超越东、中部地区,此后西部地区系统平均耦合度回落,东部地区保持领先。这是因为相比中、西部地区,东部地区省份在经济发展水平、交通基础设施、资源禀赋条件和市场活跃程度等方面优势明显,因此东部地区省份制造业数字化转型无论是初始条件,抑或是内在动力,均要强于中、西部地区。但不可忽视的是,在“十三五”开局之年的2016年,全国经济增速最快的前三位(西藏、重庆和贵州)均为西部省份。同时“十三五”期间,在“一带一路”倡议实施以及《西部大开发“十三五”规划》等政策推动下,西部地区经济的增长领跑全国,各地区增长格局呈现“西高东低”的格局。此外,研究年限早期传统制造业演进路径根深蒂固,要素扭曲、结构失衡等负面因素致使企业数字化转型成本居高,从而在一定程度上阻滞了制造业

表4 “制造业数字化转型-数字经济发展”系统耦合度

省份	2011年	2012年	2013年	2014年	2015年	2016年	2017年	2018年	2019年
安徽	0.263 6	0.261 7	0.325 1	0.347 2	0.367 2	0.396 0	0.413 0	0.405 6	0.412 9
北京	0.329 8	0.342 7	0.413 8	0.355 4	0.476 4	0.530 4	0.419 8	0.437 7	0.432 1
福建	0.283 0	0.335 2	0.344 6	0.395 1	0.420 7	0.451 1	0.454 8	0.456 8	0.460 7
甘肃	0.289 4	0.315 1	0.317 7	0.395 2	0.403 1	0.413 9	0.412 4	0.395 5	0.352 8
广东	0.326 2	0.343 6	0.377 4	0.398 0	0.412 0	0.421 9	0.420 5	0.409 3	0.406 9
广西	0.288 9	0.268 3	0.323 5	0.373 0	0.416 1	0.463 5	0.457 1	0.439 4	0.425 1
贵州	0.286 7	0.325 7	0.331 2	0.373 5	0.374 1	0.395 6	0.402 9	0.398 4	0.383 4
海南	0.274 0	0.314 7	0.379 0	0.347 2	0.407 1	0.431 8	0.428 9	0.410 6	0.388 2
河北	0.228 3	0.243 7	0.262 9	0.315 0	0.362 0	0.397 9	0.399 6	0.403 8	0.393 8
河南	0.251 3	0.292 4	0.315 4	0.338 3	0.398 6	0.407 7	0.407 1	0.415 7	0.409 3
黑龙江	0.222 4	0.216 0	0.279 5	0.332 2	0.336 8	0.306 8	0.351 6	0.338 4	0.381 3
湖北	0.310 5	0.336 8	0.365 0	0.394 8	0.428 2	0.451 4	0.455 4	0.452 7	0.455 8
湖南	0.254 5	0.289 2	0.300 5	0.360 4	0.382 4	0.427 9	0.422 0	0.419 2	0.433 7
吉林	0.000 0	0.102 3	0.122 6	0.278 5	0.332 2	0.372 8	0.370 6	0.363 3	0.344 8
江苏	0.262 5	0.279 3	0.320 4	0.377 1	0.395 2	0.407 4	0.405 0	0.398 3	0.403 1
江西	0.280 4	0.280 3	0.351 6	0.372 3	0.380 4	0.424 1	0.422 2	0.423 5	0.429 5
辽宁	0.321 7	0.350 2	0.377 3	0.373 6	0.388 7	0.381 0	0.386 1	0.364 0	0.395 8
内蒙古	0.108 5	0.162 6	0.319 8	0.332 3	0.386 8	0.401 0	0.416 8	0.404 5	0.392 4
宁夏	0.083 8	0.176 8	0.284 7	0.310 8	0.399 8	0.421 1	0.407 4	0.362 4	0.361 7
青海	0.260 1	0.297 4	0.354 8	0.416 9	0.436 1	0.445 1	0.446 5	0.414 4	0.381 1
山东	0.255 5	0.291 5	0.303 7	0.348 3	0.381 3	0.367 0	0.365 7	0.369 1	0.376 0
山西	0.278 3	0.278 1	0.299 1	0.363 0	0.348 2	0.369 5	0.379 7	0.388 6	0.383 7
陕西	0.375 1	0.359 8	0.381 2	0.397 9	0.455 4	0.446 9	0.444 6	0.423 5	0.416 8
上海	0.256 4	0.279 9	0.330 4	0.364 5	0.375 8	0.411 4	0.422 4	0.436 3	0.426 8
四川	0.281 5	0.322 8	0.361 4	0.407 8	0.403 9	0.436 9	0.414 9	0.410 8	0.401 3
天津	0.381 8	0.388 9	0.411 3	0.442 6	0.440 6	0.472 9	0.490 3	0.495 2	0.472 6
新疆	0.158 3	0.226 0	0.313 8	0.324 0	0.390 8	0.447 0	0.413 9	0.403 0	0.400 3
云南	0.271 6	0.236 5	0.298 8	0.297 8	0.288 1	0.362 1	0.345 3	0.383 9	0.372 3
浙江	0.291 6	0.296 3	0.322 4	0.363 7	0.383 8	0.408 0	0.405 3	0.401 5	0.409 3
重庆	0.162 3	0.228 9	0.315 4	0.342 1	0.387 2	0.428 8	0.425 0	0.423 6	0.408 8
平均数	0.270 3	0.290 5	0.332 2	0.358 6	0.393 6	0.417 3	0.414 3	0.405 8	0.403 2

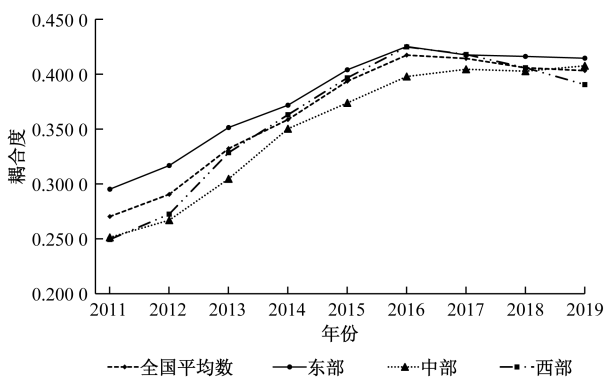


图4 全国及三个区域“制造业数字化转型-数字经济发展”系统耦合度均值变化

数字化转型进程。然而,进入评价后期阶段,随着数字经济改革的“新型红利”不断释放外溢,以及加快数据强国战略深入贯彻,创新驱动、优化资源配置、促进产业升级和拓展市场边界等积极信息传导至制造业,从而强化了制造业数字化转型与数字经济子系统之间互动效率,但由于全球经济低迷和贸

易保护等因素对制造业造成一定冲击,致使系统耦合度在高位保持微小地减弱变化。

3.3 耦合协调度

运用式(8)和式(9)测算2011—2019年各省份制造业数字化转型和数字经济发展的耦合协调度,结果如表5所示。总体上看,中国省级“制造业数字化转型-数字经济发展”系统耦合协调度基本呈现一致增高趋势,2011年系统平均耦合协调度为0.2090,2019年升至0.2979,平均增幅为4.73%。在2016年之前,系统耦合协调度 $D \in (0.1, 0.3]$,根据董亚娟等^[46]的系统耦合协调度划分等级来看,省级“制造业数字化转型-数字经济发展”系统处于低度协调的耦合阶段,但系统运行处于协调水平的上升区间。在2016年,广东耦合协调度达到0.3017,率先进入中度协调的耦合阶段,此后北京、广西、青海等省份也进入中度协调的行列。“制造业数字化转型-数字经济发展”系统协调度能够同时反映制造业数字化转型与数字经济相互配合程度以及共同演

进趋势,其变化特征透露,随着省级制造业数字化转型和数字经济综合发展水平逐渐提升,两者耦合协调作用效果日益明显。对比系统的耦合协调度与耦合度的变化趋势可知,在 2016 年之前,两者变化规律大致相同,呈稳步上升趋势。但在 2016 年之后,则与耦合度反向变化,与协调指数变化基本相同。这说明制造业数字化转型与数字经济发展的协同效应对系统耦合协调度的影响相对较强。尽管评价后期阶段,系统的耦合程度减弱,但子系统协同发展的程度较强,削弱了耦合度下降对系统耦合协调度造成的影响。研究结果表明,若要进一步提高“制造业数字化转型-数字经济发展”系统的耦合协调度,应当重点改善系统的耦合度。

从省级层面看,在 2011—2019 年,浙江、北京和广东“制造业数字化转型-数字经济发展”系统平均耦合协调度分别为 0.274 2、0.286 0 和 0.297 8,而吉林、宁夏和云南系统平均耦合协调度为 0.190 1、0.228 2 和 0.239 1,由此可见,发达省份制造业数

字化转型与数字经济在不同发展阶段,能够相对较好地处理两者之间的互促关系,而尽管经济发展较弱省份的制造业数字化转型进程在逐步加快并且数字经济发展水平也在不断提升,但由于数字经济主导优势逐渐强化,耦合双方发展速度不平衡限制了协同发展水平。从地区层面看(图 5),东、中和西部地区省级“制造业数字化转型-数字经济发展”系统平均耦合协调度变化趋势与全国平均发展水平基本一致,并且呈现东、西和中部递减特征,但中部地区在评价期末反超西部地区,耦合协调水平有望进一步提高。事实上,东部地区系统平均耦合协调度也高于全国整体平均水平。从系统平均耦合协调度的平均增幅来看,东、中和西部地区依次为 3.5%、5.4%和 5.6%,说明中、西部地区省级系统耦合协调度的增长潜力相对较大。制造业数字化转型与数字经济向各自更高发展水平演进时,制造业数字化转型与数字经济的互动关系不同于以往以数字经济支配为主的情况,制造业数字化转型需

表 5 “制造业数字化转型-数字经济发展”系统协调度

省份	2011 年	2012 年	2013 年	2014 年	2015 年	2016 年	2017 年	2018 年	2019 年
安徽	0.199 8	0.201 1	0.228 2	0.237 8	0.249 3	0.259 3	0.272 9	0.283 9	0.297 8
北京	0.262 4	0.269 9	0.260 0	0.297 5	0.270 1	0.271 2	0.310 7	0.316 9	0.315 7
福建	0.213 0	0.238 8	0.251 5	0.260 5	0.269 0	0.274 4	0.280 5	0.290 5	0.300 5
甘肃	0.209 4	0.221 1	0.224 6	0.255 4	0.262 1	0.261 8	0.273 3	0.289 2	0.288 5
广东	0.260 4	0.272 6	0.284 1	0.297 4	0.297 4	0.301 7	0.312 7	0.323 7	0.330 5
广西	0.210 0	0.204 9	0.226 8	0.249 8	0.267 7	0.282 6	0.288 8	0.301 7	0.311 6
贵州	0.205 9	0.224 2	0.229 0	0.246 2	0.249 5	0.255 8	0.268 5	0.288 3	0.301 3
海南	0.206 2	0.223 4	0.247 9	0.238 7	0.263 3	0.263 0	0.269 5	0.273 5	0.278 4
河北	0.194 8	0.204 9	0.214 5	0.238 8	0.253 3	0.269 9	0.281 9	0.295 7	0.303 6
河南	0.199 0	0.217 7	0.226 5	0.242 4	0.265 1	0.269 8	0.280 7	0.297 5	0.301 6
黑龙江	0.189 7	0.187 3	0.216 1	0.236 6	0.235 8	0.223 0	0.248 9	0.255 7	0.281 5
湖北	0.225 0	0.235 4	0.242 9	0.255 9	0.268 3	0.274 2	0.283 4	0.290 1	0.297 9
湖南	0.196 7	0.214 0	0.221 8	0.248 2	0.255 8	0.270 1	0.275 3	0.287 5	0.303 1
吉林	0.000 0	0.123 8	0.135 5	0.209 6	0.226 9	0.240 1	0.248 8	0.258 6	0.267 2
江苏	0.218 2	0.225 6	0.234 6	0.258 6	0.264 0	0.268 0	0.278 2	0.286 5	0.294 2
江西	0.204 9	0.206 5	0.238 1	0.242 8	0.253 8	0.269 4	0.275 0	0.287 2	0.303 0
辽宁	0.223 1	0.231 6	0.237 0	0.238 5	0.241 0	0.246 0	0.259 6	0.266 3	0.285 3
内蒙古	0.130 3	0.161 8	0.231 7	0.239 7	0.261 4	0.265 7	0.279 8	0.287 7	0.294 4
宁夏	0.111 4	0.165 2	0.213 0	0.225 2	0.257 3	0.262 7	0.269 0	0.268 8	0.281 3
青海	0.201 6	0.220 3	0.243 9	0.269 8	0.290 9	0.281 7	0.291 9	0.305 5	0.302 8
山东	0.209 6	0.225 9	0.223 2	0.249 6	0.255 5	0.253 8	0.272 8	0.283 8	0.292 8
山西	0.207 5	0.209 9	0.223 0	0.248 3	0.243 6	0.249 9	0.260 9	0.280 4	0.289 6
陕西	0.240 5	0.236 5	0.243 4	0.250 2	0.268 3	0.261 9	0.267 7	0.277 0	0.279 6
上海	0.226 0	0.239 2	0.246 8	0.264 0	0.269 9	0.280 2	0.285 5	0.295 0	0.306 0
四川	0.207 7	0.225 5	0.239 4	0.258 7	0.260 6	0.271 0	0.274 5	0.289 6	0.303 6
天津	0.244 5	0.243 1	0.253 2	0.266 5	0.265 1	0.269 1	0.274 6	0.279 6	0.286 0
新疆	0.162 2	0.198 0	0.235 5	0.239 5	0.266 1	0.279 1	0.270 8	0.277 1	0.294 4
云南	0.207 7	0.194 7	0.221 3	0.228 3	0.228 9	0.249 8	0.251 2	0.279 9	0.290 0
浙江	0.239 0	0.243 0	0.252 6	0.270 0	0.280 1	0.281 9	0.289 8	0.299 5	0.311 7
重庆	0.155 1	0.185 3	0.219 5	0.234 5	0.251 3	0.263 2	0.268 7	0.281 1	0.284 7

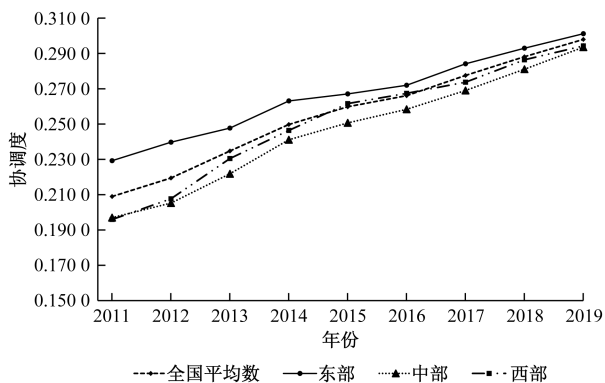


图5 全国及三个区域“制造业数字化转型-数字经济发展”系统协调度均值变化

要解决产业链上游环节的“卡脖子”问题,减少先进产业向发达国家回流,同时要通过生产力在内部进行空间调整和重新配置,而数字经济发展通过对制造业进行赋能、推动制造业互联网、研发端、新技术不断融合,为制造业转型提供强劲动能。

更进一步分析,在21世纪初期中国制造业进入高速发展时期,一跃成为全球工厂,但与世界先进水平相比,中国制造业仍然大而不强,在自主创新能力、质量和技术水平方面差距明显。此时数字技术建设已处于探索时期,以地理信息系统方面的实践以及探索作为主要的实现方式,“数字中国”成为带动经济社会发展的重要支柱力量。尽管制造业数字化转型与数字经济存在综合发展方面的截面差距,但在时序动态上分析,随着科技进步和人才培养的加强,中国的制造业逐渐从低端制造业向高端制造业转型升级。随着互联网的发展,数字技术领域颠覆性创新不断涌现并且向实体经济部门快速渗透扩散,数字经济对制造业数字化转型产生的正向效应不断强化,加快了制造业数字化转型升级步伐,促进高质量发展。两者发展差距逐渐缓和和缩减,从而推进耦合关系良性发展,最终使得系统协调互动效应得以增强。然而,东部地区省份数字经济在资源禀赋、人才创新和配套保障方面占据优势,制造业数字化转型对数字经济发展所创造的供给要素利用效率更充分,所以东部地区系统协调发展水平相对更高。在评价后期阶段,2015年国务院印发《中国制造2025》,将制造业发展的焦点从规模扩张转向质量提升和提高技术创新能力。随着制造业数字化转型进程深入推进,制造业走向创新化、智能化、网络化,其对数字经济发展表现显著的反哺机制,相应拓宽了两者互动匹配空间,迎来数字经济和实体经济相互促进、相互融合、加速发展

的新时期,进而确保系统协调发展的动态提升。

4 结论与建议

4.1 结论

本文基于构建的评价指标体系,以2011—2019年30个省份的面板数据为研究对象,对制造业数字化转型指数和数字经济发展指数进行理论分析,并且分别从时序、省级和地区等视角对30个省份制造业数字化转型与数字经济发展耦合协调关系进行实证分析,主要结论如下:

第一,从制造业数字化转型和数字经济发展指数来看,中国省级制造业数字化转型指数呈现稳步增长的趋势,而数字经济发展指数则呈现波动性增长的趋势。同时,数字化转型和数字经济发展指数存在显著的省级个体差异性,表现为中国东部地区的制造业数字化转型指数在样本年限始末均高于中、西部地区,而中、西部地区的涨幅显著高于东部地区。东部地区数字经济发展指数在2018年前高于中、西部地区,在2018年之后西部地区反超东部地区。数字经济发展指数增长幅度具备典型的西、中和东部阶梯递减规律。

第二,系统耦合度分析来看,中国省级制造业数字化转型与数字经济发展的耦合水平不断提高,但与高水平耦合之间仍然存在显著差距,表明省级“制造业数字化转型-数字经济发展”系统尚有较大提升空间。分别以2016年和2017年为分界点,东、西和中部地区省级“制造业数字化转型-数字经济发展”系统平均耦合度均呈现“先上升、后下降”趋势。

第三,从系统耦合协调度分析来看,总体上,中国省级“制造业数字化转型-数字经济发展”系统协调度呈现一致增高趋势,并且部分省级“制造业数字化转型-数字经济发展”系统达到中度协调的耦合阶段,其他省份虽然处于低度协调耦合阶段但系统运行处于协调水平的上升区间。从地区层面看,东、中和西部地区省级“制造业数字化转型-数字经济发展”系统平均协调度变化趋势与全国整体基本一致,并且呈现东、西和中部递减特征,但中部地区在评价期末反超西部地区,耦合协调水平有望进一步提高。

4.2 建议

根据以上研究结论可知,中国制造业数字化转型与数字经济发展系统耦合度以及耦合协调水平虽然呈现积极的趋势,但仍有较大提升空间。基于“十三五”期间(2016—2020年)中国数字经济的跨越式发展,结合《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》,提出如下建议。

第一,加快制造业数字化转型步伐、推进数字改革。我国制造业数字化转型整体还处于起步阶段,无论是设备设施联网化水平、工业软件普及率,还是生产现场的数据挖掘、利用等方面,与美、德、日等世界制造强国相比,都还存在一定的差距。因此要着力推动制造业与数字经济的多维融合发展。一方面,推动新型基础设施建设。紧跟产业变革的步伐,依靠雄厚的工业、制造业基础,加大数字化基础设施建设投入,筑牢制造业数字化转型基础。另一方面,加强关键技术攻关。实现高质量发展就要解决在集成电路、航空发动机的等关键领域“卡脖子”问题,突破数字领域的技术瓶颈,提高数字经济生产力。

第二,强化数字经济对制造业数字化转型的引领作用和支撑作用。建设更多的数字化研发中心和平台,支持企业进行技术创新和人才培养。同时搭建多方协作平台,创立制造业数字化转型与数字经济发展协同的创新平台,集聚政府、产业、学术和研究等多方力量,共同推动制造业数字化转型。形成制造业数字化转型与数字经济发展的良性循环,推动中国制造业持续向高质量发展方向前进。

第三,各省份结合当地实际对制造业数字化转型和数字经济发展进行调整,以实现政府引导和企业自主创新双轮驱动。具体来说,东部地区应当利用优越地区的交通枢纽与数字资源优势,不断实现高质量均衡;同时子系统耦合度以及耦合协调水平相对较低的中部地区省份,有针对性地开发制造业数字化转型与数字经济融合项目,强化工业基础能力、提高系统集成水平并完善创新人才培养体系,进一步提升制造业数字化转型与数字经济的相互促进作用,实现协调发展;此外,数字经济发展如火如荼的西部地区以战略联盟、经济联盟等方式,把相应区域建设成为新的合作前沿,将一体化发展优势充分释放出来,打造共同基础设施和大市场,实现共同发展,加快制造业数字化转型步伐。

参考文献

- [1] 许家云,刘书利,王明清.数字化转型如何影响企业进口? [J]. 世界经济研究, 2023(9): 29-45.
- [2] 林健达. 制造企业数字化转型:文献回顾与研究展望[J]. 科技和产业, 2024, 24(16): 50-57.
- [3] FITZGERALD M, KRUSCHWITZ N, BONNET D, et al. Embracing digital technology: a new strategic imperative[J]. MIT Sloan Management Review, 2014, 55(2): 1-17.
- [4] VIAL G. Understanding digital transformation: a review and a research agenda[J]. Journal of Strategic Information Systems, 2019, 28(2): 118-144.
- [5] LEGNER C, EYMANN T, HESS T, et al. Digitalization: opportunity and challenge for the business and information systems engineering community[J]. Business and Information Systems Engineering, 2017, 59(4): 301-308.
- [6] 靳毓,文雯,何茵.数字化转型对企业绿色创新的影响——基于中国制造业上市公司的经验证据[J]. 财贸研究, 2022, 33(7): 69-83.
- [7] 陈玲,王晓飞,付宇航.制造业企业自生能力与数字化转型路径[J]. 科学学研究, 2024, 42(2): 256-265.
- [8] 董丽,赵放.数字经济驱动制造业产业链韧性提升的作用机理与实现路径[J]. 福建师范大学学报(哲学社会科学版), 2023(5): 33-42.
- [9] 蒋煦涵,章丽萍.数字化转型促进高端制造业绿色发展的路径研究[J]. 当代财经, 2023(9): 16-27.
- [10] 武立东,李思嘉,王晗,等.基于“公司治理-组织能力”组态模型的制造业企业数字化转型进阶机制研究[J/OL]. 南开管理评论: 1-27[2024-06-30]. <https://kns.cnki.net/kcms/detail/12.1288.F.20230911.1916.004.html>.
- [11] 高厚宾,王蕾瑞.“绿色的馈赠”:数字化转型对企业环境绩效的影响——来自中国制造业A股上市公司的经验证据[J]. 河南师范大学学报(哲学社会科学版), 2023, 50(5): 88-94.
- [12] 梁昊光,秦清华.制造业数字化、数字贸易壁垒与出口企业影响力[J]. 经济学动态, 2023(7): 47-68.
- [13] 余艳,王雪莹,郝金星,等.酒香还怕巷子深?制造企业数字化转型信号与资本市场定价[J]. 南开管理评论, 2024, 27(8): 185-196.
- [14] 翟少轩,王欣然.制造业数字化转型与薪酬差距——基于企业内部与企业间的收入不平等研究[J]. 软科学, 2023, 37(12): 7-14.
- [15] 李雷,杨水利,陈娜.数字化转型的前因组态与绩效研究——来自中国制造业上市公司的经验证据[J]. 科技进步与对策, 2023, 40(16): 32-41.
- [16] 尚洪涛,宋岸玲.工业互联网产业政策促进了企业数字化转型吗[J]. 科学学研究, 2023, 41(11): 1991-2003.
- [17] 刘善堂,白晓明.大数据应用对制造业企业环境绩效的影响机制[J]. 现代经济探讨, 2024(7): 102-113.
- [18] 吕明元,苗效东.大数据能促进中国制造业结构优化吗? [J]. 云南财经大学学报, 2020, 36(3): 31-42.
- [19] 谢铮,梁立康,董超.物联网技术在制造业生产过程数字化中的应用分析[J]. 今日制造与升级, 2023(3): 105-107.
- [20] ASIF M, YANG L, HASHIM M. The role of digital transformation, corporate culture, and leadership in enhancing corporate sustainable performance in the manufacturing sector of China[J]. Sustainability, 2024, 16

- (7): 310-322.
- [21] 董晓松, 许仁仁, 赵星. 制造业数字化转型中组织惯性与路径权变——仁和药业案例研究[J]. 科学决策, 2021(11): 32-48.
- [22] 邓小华, 王志强. 数字经济与制造业转型升级——基于皖江经济带经验数据的实证研究[J]. 铜陵学院学报, 2023, 22(4): 3-8.
- [23] 王晓蕾. 制造业数字化与服务化转型的耦合交互及其生产率效应研究[J]. 经济问题探索, 2023(9): 110-130.
- [24] 李雯轩, 李晓华. 全球数字化转型的历程、趋势及中国的推进路径[J]. 经济学家, 2022(5): 36-47.
- [25] 王振, 傅亚平. 企业数字化转型对绿色技术创新效率的影响研究——有中介的调节效应模型[J]. 科技和产业, 2024, 24(8): 49-56.
- [26] 刘帅, 廖凯, 窦克勤, 等. 从产业链视角分析我国制造业数字化转型的关键路径[J]. 新型工业化, 2024, 14(5): 24-30.
- [27] 余典范, 王超, 陈磊. 政府补助、产业链协同与企业数字化[J]. 经济管理, 2022, 44(5): 63-82.
- [28] 邓宇君, 方凯瑜. 数字化转型赋能制造业高质量发展的探究[J]. 科技和产业, 2024, 24(12): 92-99.
- [29] 陈飞, 刘清泉, 朱李灵, 等. 长江中游城市群制造业数字化转型升级水平及其影响因素[J]. 科技和产业, 2024, 24(4): 8-13.
- [30] 陈艺丹, 周慧. 数字经济驱动制造业转型升级的内在逻辑与创新路径[J]. 决策咨询, 2024(4): 17-21.
- [31] 蒋自然, 樊俊杰, 黎晨晟, 等. 数字经济发展对中国制造业生产效率的影响: 空间效应与传导机制[J]. 人文地理, 2024, 39(3): 72-80.
- [32] 蔡辽原. 智能化冶金设备在提高生产质量中的作用与挑战[J]. 冶金与材料, 2024, 44(1): 1-3.
- [33] 刘超, 孙永明. 数字化发展如何驱动体育用品制造业服务化转型——来自上市公司的经验证据[J]. 武汉体育学院学报, 2023, 57(3): 53-60.
- [34] 庞瑞瑞, 汪明艳. 我国制造业数字化转型指数评估[J]. 财会月刊, 2023, 44(18): 116-123.
- [35] 王资程, 于小兵, 吴雪婧. 经济发展水平对数字经济与乡村振兴耦合协调度的影响[J]. 统计与决策, 2023, 39(14): 27-32.
- [36] 徐振华, 慈福义, 张佳文. 数字经济、绿色创新与新型城镇化时空耦合分析[J]. 统计与决策, 2023, 39(15): 94-99.
- [37] 范德成, 王娅. 传统企业数字化转型对其创新的影响研究——以汽车制造企业为例[J]. 软科学, 2022, 36(6): 63-70.
- [38] 王和勇, 姜观尚. 我国区域制造业数字化转型测度及其影响机制[J]. 科技管理研究, 2022, 42(2): 192-200.
- [39] 赵宸宇. 数字化发展与服务化转型——来自制造业上市公司的经验证据[J]. 南开管理评论, 2021, 24(2): 149-163.
- [40] 黄大禹, 谢获宝, 孟祥瑜, 等. 数字化转型与企业价值——基于文本分析方法的经验证据[J]. 经济学家, 2021(12): 41-51.
- [41] 吴非, 胡慧芷, 林慧妍, 等. 企业数字化转型与资本市场表现——来自股票流动性的经验证据[J]. 管理世界, 2021, 37(7): 130-144.
- [42] 冀雁龙, 李金叶. 数字经济发展对旅游经济增长的影响研究[J]. 技术经济与管理研究, 2022(6): 13-18.
- [43] 魏敏, 魏海湘, 许锐. 数字经济对区域旅游经济增长的影响研究[J]. 统计与信息论坛, 2023, 38(4): 59-70.
- [44] 李娜. 农村数字普惠金融与新型城镇化耦合研究[J]. 技术经济与管理研究, 2022(9): 67-72.
- [45] 赵磊, 潘婷婷, 方成, 等. 旅游业与新型城镇化——基于系统耦合协调视角[J]. 旅游学刊, 2020, 35(1): 14-31.
- [46] 董亚娟, 付思瑶, 秦媛. 中国数字经济与实体经济: 耦合协调、空间演进及影响路径[J]. 统计与决策, 2023, 39(14): 5-10.

Digital Transformation of Manufacturing Industry and Development of Digital Economy: Based on Coupled Coordination Analysis

LIU Shaojian¹, WANG Xinxue², LIU Rongqin³

(1. Energy Planning & Research Center, China Energy Engineering Group Guangxi Electric Power Design Institute Co. Ltd., Nanning 530007, China; 2. School of Business Administration, Southwestern University of Finance and Economics, Chengdu 611130, China; 3. School of Business, Nanning University, Nanning 530200, China)

Abstract: By constructing a comprehensive evaluation system for the digital transformation of manufacturing and the development of the digital economy, the coupling and coordination status of these two systems across 30 provinces in China from 2011 to 2019 were analyzed. Their dynamic changes and regional disparities from multiple dimensions were further examined. The research reveals that during this period, both the level of digitalization in manufacturing and the development of the digital economy show an upward trend across all provinces. However, there remains a significant gap between the achieved level of system coupling and the benchmark for high coupling. Despite this, the overall coupling and coordination degree has been on an upward trend, indicating a positive interaction and progress between the two domains. Regional analysis demonstrates that the coupling degree among provinces first increases and then decreases from east to central and western regions. Conversely, the coupling and coordination degree decreases progressively from the eastern to the western region.

Keywords: digital transformation of manufacturing industry; digital economy; coupling coordination