

文章编号: 1673-1646(2024)02-0031-15

数字经济与制造业高质量发展耦合协调研究 ——基于黄河流域的实证分析

赵瀚穹, 刘亚丽

(晋中学院 经济管理系, 山西 晋中 030619)

摘要: 数字经济成为新时代下稳增长的重要保障。利用2011年—2020年黄河流域9省区的面板数据, 分别构建数字经济与制造业高质量发展评价指标体系, 运用熵值法、耦合协调模型、相对发展模型、灰色关联模型, 研究了黄河流域数字经济与制造业高质量发展的耦合协调水平及驱动因素。研究发现:(1) 2011年—2020年, 黄河流域数字经济指数与制造业高质量发展指数均表现出增长趋势, 但存在明显的空间异质性。(2) 研究期内, 黄河流域数字经济与制造业高质量发展的耦合协调度持续上升, 且表现出下游>中游>上游的空间特征。(3) 科技创新、对外开放、城镇化水平、人力资本、政府支持是黄河流域数字经济与制造业高质量发展耦合协调的驱动因素。基于上述结论, 提出相关政策建议。

关键词: 黄河流域; 数字经济; 制造业高质量发展; 耦合协调

中图分类号: F274 **文献标识码:** A **doi:**10.3969/j.issn.1673-1646.2024.02.006

引用格式: 赵瀚穹, 刘亚丽. 数字经济与制造业高质量发展耦合协调研究——基于黄河流域的实证分析[J]. 中北大学学报(社会科学版), 2024, 40(2): 31-45.

Research on Coupling and Coordination Between Digital Economy and High-Quality Development of Manufacturing Industry: A Case Study of the Yellow River Basin

ZHAO Hanqiong, LIU Yali

(Department of Economics and Management, Jinzhong University, Jinzhong 030619, China)

Abstract: Digital economy has become an important guarantee for stable growth in the new era. Using panel data from the nine provinces in the Yellow River Basin from 2011 to 2020, this paper constructs evaluation indicators for digital economy and high-quality development of manufacturing industry. Using methods such as entropy, coupling coordination model, relative development model and grey correlation model, this paper studies the coupling coordination level and driving factors between digital economy and high-quality development of manufacturing industry in the Yellow River Basin. The research findings are as follows: (1) From 2011 to 2020, both the digital economy index and the high-quality manufacturing development index in the Yellow River Basin showed a growing trend, but there was evident spatial heterogeneity. (2) During the study period, the coupling coordination degree of the digital economy and high-quality manufacturing development in the Yellow River Basin continued to rise, showing a spatial characteristic that the downstream was greater than the middle, and the middle was greater than the upstream. (3) Technological innovation, openness to the outside world, the level of urbanization, human capital, and government support are

收稿日期: 2023-11-27

基金项目: 山西省哲学社会科学规划课题: 数字经济赋能山西制造业高质量发展研究(2021YY034)

作者简介: 赵瀚穹(1991—), 男, 助教, 硕士, 从事专业: 数字经济、区域经济、产业经济。E-mail: zhaohanqiong@jzxy.edu.cn。

通信作者: 刘亚丽(1980—), 女, 副教授, 博士, 从事专业: 数字经济、区域经济、产业经济。E-mail: liuyali_2022@163.com。

driving factors for the coupling coordination of the digital economy and high-quality manufacturing development in the Yellow River Basin. Based on these conclusions, relevant policy suggestions are proposed.

Key words: Yellow River Basin; digital economy; high-quality development of manufacturing; coupling and coordination

2021年,黄河流域生态保护和高质量发展上升为国家战略。国家提出要加快黄河流域战略性新兴产业及先进制造业的发展,并指明要发挥大数据、互联网等因素在推进产业优化升级方面的作用,大力推进数字化赋能。在国家高度重视黄河流域高质量发展的背景下,研究黄河流域数字经济与制造业高质量发展之间的协同关系很有必要。

数字经济已经成为推动全球经济增长的新引擎,在各国经济遭遇下行压力的情况下,数字经济成为了稳定和复苏经济的重要力量^[1]。对于中国而言,数字经济将在推动经济高质量发展方面起到越来越关键的作用^[2]。数字经济正在与传统产业进行融合与渗透,特别是与制造业的融合,可以为经济增长培育出新的竞争优势^[3]。

2017年,数字经济成为政府工作报告的内容之一。2020年,我国数字经济增速达到9.6%,排名世界第一^[4]。当前,我国经济面临转型升级,从注重速度转向注重高质量发展,研究数字经济与制造业高质量发展之间的耦合协调水平,探索影响两者之间耦合协调的驱动因素,有利于更好地实现黄河流域数字经济与制造业高质量发展的同步推进。

1 文献综述

与本文有关的研究主要有:关于数字经济内涵与测度的研究;关于制造业高质量发展内涵与测度的研究;关于数字经济与制造业高质量发展的耦合协调以及驱动因素的研究。

1.1 数字经济

国内外关于数字经济的研究主要集中在两个方面,数字经济的内涵界定,数字经济的规模测度。

学术界对于数字经济的内涵界定没有达成一致,在如何划分数字经济产业与其他产业的问题上存在争议。经济合作与发展组织(OECD)认为数字经济主要是以数字化订购、促成、传输作为基础形成的,其核心是数字交易^{[5]4-20}。美国经济分析局(BEA)认为数字经济的内涵在于互联网及信息技术,在此基础上对数字产业进行识别^[6]。金星晔等

认为数字经济的核心是数字技术与信息,将电子商务纳入到数字经济的产业活动中^[7]。许宪春和张美慧认为数字经济并非只局限于数字化交易,而是应该包括数字基础设施以及数字化的媒体、货物、服务等在内^[8]。

关于数字经济的规模如何测度的问题,目前学术界的测度方法主要是两种:一种是通过测算绝对数来衡量数字经济的整体规模;另一种是构建相应的指标测度体系,通过测算相对数来衡量数字经济的相对规模,比较常见的是数字经济指数。美国经济分析局(BEA)以供给使用表作为基础,对数字经济的总体规模进行了测度^[6]。澳大利亚统计局(ABS)参考了美国经济分析局的做法,对国家整体的数字经济发展水平进行了估计^[9]。中国信息通信研究院则将数字经济分为数字产业化与产业数字化,并在测算中国数字经济绝对规模的基础上,测算了中国数字经济指数以衡量相对规模^[10]。

一些学者也探究了数字经济规模的测度,张少华和陈治从基础设施、互联网融合、人才、技术产出等四个维度出发,运用主成分分析法和线性加权法测度了中国省域数字经济指数^[11]。唐红涛等选取互联网宽带接入数、邮电业务收入、移动电话年末用户数、从业人员数四个指标,运用熵值法测算了2004年—2019年中国各地级市的数字经济指数^[12]。肖远飞和周萍萍利用基础设施、数字生活、企业数字化、知识支撑四个维度和相应的12个二级指标构建了数字经济指数评价体系,得出了省级层面的数字经济综合指数^[13]。

1.2 制造业高质量发展

促进制造业高质量发展,有助于更好地发挥制造业在经济增长中的支柱作用,学术界一般从经济增长质量和新发展理念两个角度对制造业高质量发展进行界定。惠宁和杨昕将制造业绿色全要素生产率作为制造业高质量发展的内涵,将技术进步作为衡量制造业高质量发展的关键因素^[14]。任转转和邓峰将制造业高质量发展分为内部结构升级和外部价值链攀升,认为互联网发展能从这个两个方面促进制造业高质量发展^[15]。

在制造业高质量的测度方面,沈运红和黄桁运用制造业中高端技术产业产值与中端技术产值的比值,来衡量制造业产业结构升级,以此来测度制造业高质量发展^[16]。曲立等将创新、绿色、开放、高效、风控、共享六个维度纳入评价体系,并运用专家评分矩阵确定每项指标的权重,通过加权法测算出中国区域制造业高质量发展指数^[17]。张颖等从效益、绿色、创新、开放等四个维度构建指标评价体系,运用熵值法对河南省制造业高质量发展水平及驱动因素进行了探讨^[18]。

1.3 耦合机制

数字经济能够与制造业等传统产业融合、渗透,从而推动制造业的高质量发展,两者之间具有耦合关系。在耦合机理方面,吴爽认为应该充分发挥数字经济转换为生产要素的优势,打造数字产业集群,来促进数字经济与制造业高质量发展的进一步融合^[19]。王瑞荣和陈晓华以2007年—2018年浙江省数据为分析样本,发现数字经济对制造业高质量发展的促进作用主要是通过对资本和技术密集型制造业的正向作用实现的^[20]。

在耦合水平方面,秦铸清等对成都和北京进行比较,发现成都的数字经济与制造业高质量发展都得到了有效提高,二者之间已经进入中等协调阶段,但与北京相比依然存在进步的空间^[21]。傅为忠和刘瑶以长三角三省一市作为分析对象,发现长三角区域产业数字化与制造业高质量发展的整体耦合协同效应得到了有效提升,但区域之间的差异明显,各省的障碍因子也并不相同^[22]。段秀芳和徐传昂认为,制造业数字化转型对制造业高质量发展有显著的促进作用,但两者的耦合关系存在区域差异^[23]。

综上所述,现有文献虽然对数字经济、制造业高质量发展及两者之间关系的研究较为丰富,但大多数是从数字经济和制造业高质量发展的角度分别进行分析,探究两个系统各自的内涵及测度问题,对于二者的关系研究更多是定性分析,缺少关于二者耦合协调机理和驱动因素的定量分析。在数字经济的研究方面,大多数学者偏向于选择互联网用户数、移动电话普及率等单一或几项指标来衡量数字经济,缺乏对数字经济整体指标体系的构建和测度。在制造业高质量发展方面,目前的研究主要采用绿色全要素生产率、高端产业增加值等指标来进行测度,对制造业高质量发展水平全面测度的研究较少,难以反映出制造业高质量发展的真实水

平。在数字经济与制造业高质量发展的耦合协调关系研究方面,相关的文献比较缺乏,目前有部分学者将制造业高质量发展作为经济高质量发展的一个方面进行衡量,研究数字经济对促进经济高质量发展的作用,很少有研究将制造业高质量发展单独作为研究对象,分析其与数字经济的协调发展。

以现有的研究为基础,本文选择黄河流域9省(自治区)作为分析对象,在厘清数字经济与制造业高质量发展耦合协调机理的基础上,分别构建数字经济与制造业高质量发展评价指标体系,分别测度黄河流域2011年—2020年数字经济与制造业高质量发展水平。在此基础上,运用耦合协调模型、相对发展模型,分析黄河流域数字经济与制造业高质量发展的耦合协调水平,并运用灰色关联模型分析两系统协同发展的主要影响因素,为促进黄河流域数字经济与制造业高质量发展协同推进提供参考。

本文的创新之处有:第一,从研究对象看,现有的研究主要侧重于分析数字经济、制造业高质量发展二者内部的子系统之间的关系,本文则以数字经济、制造业高质量发展的内涵为依据,分别构建两个系统的评价指标体系,对数字经济、制造业高质量发展水平进行系统的分析研究。第二,从研究方法看,目前的研究大多侧重分析数字经济对制造业的单向推动作用,本文则在阐述数字经济与制造业高质量发展耦合协调机理的基础上,运用耦合协调法分析两者发展的协同效应,并在此基础上用灰色关联法分析影响两者协同效应发挥的主要因素。第三,从研究区域看,现有的研究大多基于全国范围,或者以长三角、京津冀、珠三角等沿海经济发达地区作为分析对象,本文对黄河流域这一特殊经济地理区域进行分析,其中7个省区为中西部省区,能弥补当前研究的不足。

2 数字经济与制造业高质量发展耦合机理

数字经济与制造业高质量发展两个系统之间具有耦合协调效应,两者之间相互促进、协同发展,实现协同效应大于单个系统效应的结果,如图1所示。数字经济作为新兴业态,整合互联网、移动终端、5G等高新技术,以现代化的数字方式进行生产,能够通过与传统产业相融合,促进制造业高质量发展。制造业高质量发展以绿色、环保、高效为主要特点,实现粗放发展模式向集约发展模式的转变,需要以数字经济为代表的高新产业提供技术支持,反过来为数字经

济创造需求,促进数字经济的发展。

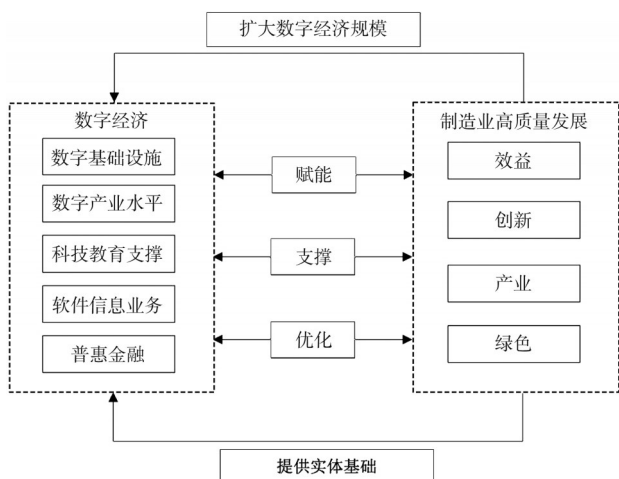


图1 数字经济与制造业高质量发展耦合机理

2.1 数字经济推动制造业高质量发展

数字经济通过全新的生产方式,助力传统制造业转型,提高传统制造业的生产效益,促进生产模式的创新,推动产业结构合理化,实现传统制造业绿色发展。

第一,数字基础设施推动制造业高质量发展。互联网、移动终端、5G技术覆盖率的提高,为制造业高质量发展提供了物质基础。传统的制造业企业通过引入新的终端,实现管理和生产方式的改变,为数字技术、虚拟技术在传统制造业中的应用提供了平台,有助于制造业转型升级。

第二,数字产业水平推动制造业高质量发展。随着数字时代的到来,邮政业、电信业、信息技术等数字相关产业发展迅速,与采掘业、制造业等传统产业的联系和渗透进一步加强加深,有助于发挥产业之间的协同效应。数字产业的发展创造更多的就业岗位,有效吸纳制造业升级后的剩余劳动力,为制造业高质量发展解决后顾之忧。

第三,科技教育支撑推动制造业高质量发展。数字经济是高新技术产业,其发展需要相应的科技和教育投入作为支撑,科技和教育成果具有明显的外溢性,在提升数字技术的同时,能够被应用到制造业等传统领域,为制造业高质量发展解决技术难题,提供人才支撑。

第四,软件信息业务推动制造业高质量发展。电子商务是新时代经济发展的重要方式和渠道,有助于传统制造业扩展进货和销售渠道,改变过去单一的经营和发展模式,走线上和线下结合发展的道路。软件业务能解决制造业进行线上经营的客户端问题,助推制造业高质量发展。

第五,普惠金融推动制造业高质量发展。相比于传统的金融模式,数字普惠金融能以更便捷、更高效的方式为企业提供所需的资金,覆盖面更广,使用范围更大。数字普惠金融的发展,可以减轻制造业转型升级面临的资金压力,尤其能对中小传统制造业企业实现高质量发展起到支撑作用。

2.2 制造业高质量发展对数字经济的反作用

制造业高质量发展为数字经济提供了实体产业支撑和技术装备支持,通过与数字经济的融合进一步扩大数字经济规模,提升数字经济整体水平。

第一,制造业的效益提高有助于拉动数字经济。制造业高质量发展带来劳动生产率、收益成本比的提高,有助于解放更多的劳动力,剩余劳动力可以回流市场,经过培训后重新就业,有助于解决数字经济面临的劳动力相对短缺的问题。制造业效益的提升带来生产规模的扩大,为数字经济提供更好的实体支撑,有利于扩大数字经济的规模。

第二,制造业的创新提升有助于拉动数字经济。制造业高质量发展伴随着创新的提升,数字化、自动化等高新技术在制造业领域应用更加广泛,促进数字技术更加成熟的同时,也对数字技术的发展提出更高要求,推动各地加大对数字技术的研发投入,拉动数字经济的发展。

第三,制造业的产业升级有助于拉动数字经济。制造业高质量发展实现产业结构的合理化,以现代服务业、高新技术产业为代表的第三产业地位更加重要,驱动政府出台政策鼓励数字经济等高新技术产业的进一步发展,制造业与新兴产业的比重和结构趋于合理,更好发挥制造业高质量发展与数字经济的协同效应。

第四,制造业的绿色转型有助于拉动数字经济。制造业高质量发展要求走绿色清洁的道路,实现从生产到消费的全绿色过程,对数字化生产、电商渠道销售产生更多的需求,有助于带动电子商务、数字化生产等数字经济相关产业的发展。制造业的绿色转型也有助于消费者转变消费观念,更多选择数字化渠道消费,拉动数字经济的发展。

3 研究设计与数据来源

3.1 指标体系构建

数字经济与制造业高质量发展属于两个互相作用的复杂系统,本文借鉴已有研究成果,基于两

者的耦合机制原理,遵循科学性、合理性、综合性、系统性以及数据可得性,分别构建数字经济与制造业高质量发展评价指标体系。

3.1.1 数字经济评价指标体系

数字经济指数可以衡量数字经济的相对规模,大多数学者都选择将数字基础设施作为测度数字经济指数的一个重要维度,而在其他维度的选择上有不同的观点。刘传辉和杨志鹏认为,数字经济不仅应该包括数字产业的相关指标,还应该将社会的整体经济发

展水平纳入到考察范围当中^[24]。王军和肖华堂认为数字经济评价指标应该包括数字经济基础设施、发展环境、数字产业化、产业数字化等四个方面^[25]。

本文借鉴已有的研究成果,考虑数据的可得性,构建包括数字基础设施、数字产业水平、科技教育支撑、软件信息业务、普惠金融五个一级指标及与之对应的19个二级指标的数字评价指标体系,以测度数字经济整体发展水平,所有指标均为正向指标,详情见表1。

表1 黄河流域数字经济评价指标体系

一级指标	二级指标	指标测算	单位	属性	权重
数字基础设施	光缆覆盖	光缆线路长度	公里	+	0.043 2
	移动电话发展	移动电话用户	万户	+	0.087 1
	宽带发展	宽带用户	万户	+	0.054 3
数字产业水平	邮政发展水平	邮政业务总量	亿元	+	0.061 8
	电信发展水平	电信业务总量	亿元	+	0.062 4
	邮政从业水平	交通运输、仓储和邮政业从业人员	万人	+	0.045 0
	信息从业水平	信息传输、软件和信息技术服务业从业人员	万人	+	0.053 5
科技教育支撑	科技支撑	科学技术支出	万元	+	0.050 1
	教育支撑	教育支出	万元	+	0.044 6
软件信息业务	软件业务	软件业务收入	亿元	+	0.084 9
	电商销售	电商销售额	亿元	+	0.061 7
	电商采购	电商采购额	亿元	+	0.059 6
	电商企业	有电商活动企业数	个	+	0.063 2
	域名	互联网域名数	万个	+	0.068 8
普惠金融	网页	互联网网页数	万个	+	0.060 5
	普惠金融水平	普惠金融总指数	—	+	0.026 0
	覆盖广度	覆盖广度指数	—	+	0.026 1
	使用深度	使用深度指数	—	+	0.024 5
	数字化程度	数字化程度指数	—	+	0.022 7

3.1.2 制造业高质量发展评价指标体系

制造业高质量发展是经济高质量发展的重要组成部分,不少学者选择将效益、创新、绿色、现代化作为构建指标体系的重要维度。江小国等认为制造业高质量发展包括效益、绿色、高端、创新、质量、两化融合六个维度,利用相应的12个指标构建了评价体系^[26]。黄顺春和张书齐认为,制造业高质量发展评价指标应该包括开放和共享,并纳入教育、医疗、就业等方面的细分指标^[27]。

本文在已有研究的基础上,结合数据的可得性,选择效益、创新、产业、绿色四个维度,以对应的18个二级指标构建黄河流域制造业高质量发展评价指标体系。其中,产业维度下的产业结构合理化指标为负向指标,绿色维度下的四个指标为负向指标,其余均为正向指标,详情见表2。

表2中,产业结构高度化采用结构层次系数计算得出,公式为:

$$AIS = \theta_{1t} + 2\theta_{2t} + 3\theta_{3t} \quad (1)$$

其中,AIS为产业结构层次系数, θ_{1t} 、 θ_{2t} 、 θ_{3t} 分别为

第一产业增加值、第二产业增加值、第三产业增加值占GDP的比重。

产业结构合理化用泰尔指数表示,公式为:

$$TL = \sum_{i=1}^n \left(\frac{Y_i}{Y} \right) \ln \left(\frac{Y_i}{L_i} / \frac{Y}{L} \right) \quad (2)$$

其中,TL为泰尔指数, Y_i 、 Y 、 L_i 、 L 分别代表各省区三大产业各自的增加值、各省区的地区生产总值、各省区三大产业各自的就业人数、各省区的总就业人数。泰尔指数为负向指标,当TL趋向于0时,产业结构趋向于合理。

3.2 数据来源

黄河流域包括甘肃等9个省区,考虑到市级层面缺乏相关指标的数据统计,本文将研究对象确定为黄河流域的9个省区,分别构建黄河流域数字经济和制造业高质量发展评价指标模型。考虑到2011年中国调整了规模以上工业企业的统计口径,数字普惠金融指数也是从2011年开始发布,为了保证数据口径的

一致性,本文将研究的时间跨度选择为2011年—2020年。数据主要来自历年《中国统计年鉴》《中国第三产业统计年鉴》《中国高技术产业统计年鉴》《中国能源

统计年鉴》《中国科技统计年鉴》《北京大学普惠金融指数报告》。对于个别缺失值,本文借鉴秦铸清等的做法,用年均增长率进行计算补齐^[21]。

表2 黄河流域制造业高质量发展评价指标体系

一级指标	二级指标	指标测算	单位	属性	权重
效益	工业增加值	工业增加值/GDP	%	+	0.050 3
	收益成本比	规上工业企业业务收入/业务成本	%	+	0.052 9
	劳动生产率	工业增加值/工业就业人数	万元/人	+	0.074 5
	就业规模	制造业就业人数/就业总人数	%	+	0.079 1
	制造业工资	制造业工资/平均工资	%	+	0.042 8
创新	研发强度	规上企业R&D经费内部支出/业务收入	%	+	0.060 4
	技术改造	规上企业技术改造支出/业务收入	%	+	0.098 9
	有效专利	规上企业有效发明专利数/R&D人员数	个/人	+	0.077 2
	新产品收入	规上企业新产品销售收入/业务收入	%	+	0.043 6
	技术市场	技术市场成交额/GDP	%	+	0.112 9
产业	产业结构高度化	结构层次系数	—	+	0.038 3
	产业结构合理化	泰尔指数	—	—	0.021 2
	外贸依存	进出口总额/GDP	%	+	0.067 4
	对外开放	外商直接投资额/GDP	%	+	0.066 1
绿色	水耗情况	用水量/GDP	立方米/元	—	0.020 9
	电耗情况	电力消费量/GDP	千瓦时/元	—	0.045 2
	产生固体废物	一般工业固体废弃物产生量/GDP	吨/元	—	0.026 5
	产生危险废物	危险废物产生量/GDP	吨/元	—	0.021 7

3.3 研究方法

3.3.1 指标的标准化处理

数字经济评价指标体系与制造业高质量发展指标评价体系分别包含19项、18项二级指标,每个指标的单位都不同,为了使得数据具有可比性,首先对数据进行标准化处理。本文借鉴王德平和秦铸清的做法,对正向指标和负向指标分别做以下标准化处理^[28]:

$$x'_{ij} = \frac{x_{ij} - x_{j\min}}{x_{j\max} - x_{j\min}} \times 0.9 + 0.1 \quad (3)$$

$$x'_{ij} = \frac{x_{j\max} - x_{ij}}{x_{j\max} - x_{j\min}} \times 0.9 + 0.1 \quad (4)$$

其中,式(3)表示正向指标的级差标准化处理,式(4)表示负向指标的级差标准化处理。 x_{ij} 、 x'_{ij} 分别为各省区第*i*年第*j*项指标的原始数据和标准值, $x_{j\max}$ 、 $x_{j\min}$ 分别为各省区所有年份第*j*项指标的最大值和最小值。

3.3.2 利用熵值法测算权重

首先,计算各省区第*i*年第*j*项指标的权重:

$$p_{ij} = \frac{x'_{ij}}{\sum_{i=1}^n x'_{ij}} \quad (5)$$

其中, p_{ij} 为各省区第*i*年第*j*项指标所占权重。

其次,计算熵值:

$$e_j = -k \sum_{i=1}^n p_{ij} \ln p_{ij} \quad (6)$$

其中, e_j 为第*j*项指标的熵值, $k = \frac{1}{\ln ml} > 0$, $e_j \geq 0$,

$m=9$ 代表本文研究的9个省区, $l=10$ 代表本文的研究跨度2011年—2020年。

第三步,计算差异系数:

$$g_j = 1 - e_j \quad (7)$$

其中, g_j 为第*j*项指标的差异系数, g_j 的大小体现出指标的相对重要程度。

第四步,计算第*j*项指标的权重:

$$w_j = \frac{g_j}{\sum_{j=1}^m g_j} \quad (8)$$

其中, w_j 为第*j*项指标的权重,且 $\sum_{j=1}^m w_j = 1$, $0 \leq w_j \leq 1$ 。

第五步,利用第四步得出的权重(已在表1、表2中列出)计算黄河流域9个省区的数字经济和制造业高质量发展综合指数:

$$u_i = \sum_{j=1}^m w_j x'_{ij} \quad (9)$$

其中, u_i 为各省区在第*i*年的综合指数,指数越大,说明该省区的数字经济发展水平和制造业高质量发展水平越高。

3.3.3 计算耦合协调度

利用计算得出的黄河流域数字经济和制造业高质量发展的综合指数,计算两个系统的耦合协调度:

$$C = 2 \times \frac{\sqrt{U_1 \times U_2}}{U_1 + U_2} \quad (10)$$

$$T = \alpha \times U_1 + \beta \times U_2 \quad (11)$$

$$D = \sqrt{C \times T} \quad (12)$$

在式(10)中, C 代表耦合度, U_1 、 U_2 分别代表数字经济指数和制造业高质量发展指数。在式(11)中, T 代表两个系统之间的协调系数, α 和 β 为调节系数, 且 $\alpha + \beta = 1$ 。本文假定数字经济和制造业高质量发展两个系统同等重要, 因此取 $\alpha = \beta = 0.5$ 。在式(12)中, D 代表耦合协调度, 且 $0 \leq D \leq 1$ 。

3.3.4 计算相对发展度

利用计算得出的两个系统的综合指数, 计算黄河流域数字经济和制造业高质量发展的相对发展度:

$$R = U_1 / U_2 \quad (13)$$

其中, R 为相对发展度, 用来衡量数字经济与制造业高质量发展之间的相对发展程度。

本文借鉴毕国华等、刘琳轲等的做法, 以耦合协调度和相对发展度为标准, 将黄河流域数字经济与制造业高质量发展的耦合协调分为三个耦合协调阶段及与之对应的九个耦合协调类型^[29-30], 详情见表3。

表3 黄河流域数字经济与制造业高质量发展耦合协调类型

D	R	类型	特征	阶段
$0 \leq D < 0.5$	$0 < R \leq 0.8$	I	制造业高质量发展相对超前, 拮抗程度高	拮抗
	$0.8 < R \leq 1.2$	II	数字经济同步于制造业高质量发展, 拮抗程度低	
	$1.2 < R$	III	数字经济发展相对超前, 拮抗程度高	
$0.5 \leq D < 0.7$	$0 < R \leq 0.8$	IV	制造业高质量发展相对超前, 磨合程度低	磨合
	$0.8 < R \leq 1.2$	V	数字经济同步于制造业高质量发展, 磨合程度高	
	$1.2 < R$	VI	数字经济发展相对超前, 磨合程度低	
$0.7 \leq D \leq 1$	$0 < R \leq 0.8$	VII	制造业高质量发展相对超前, 协调程度低	协调
	$0.8 < R \leq 1.2$	VIII	数字经济同步于制造业高质量发展, 协调程度高	
	$1.2 < R$	IX	数字经济发展相对超前, 协调程度低	

4 实证研究

4.1 数字经济指数与制造业高质量发展指数时空特征

根据上述步骤, 本文计算得出黄河流域九个省区2011年—2020年数字经济指数和制造业高质量发展指数, 并汇总得到黄河流域两个系统指数的均值, 详情见图2。

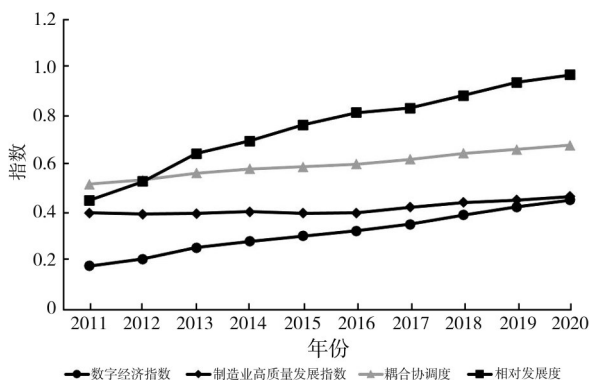


图2 黄河流域数字经济与制造业高质量发展整体水平

同时, 本文参考任保平和巩羽浩的做法, 将黄河流域九个省区分为上游、中游和下游, 甘肃、青海、宁夏、四川是上游地区, 山西、内蒙古、陕西划分为中游地区, 河南和山东则作为下游地区来

处理^[31]。

4.1.1 数字经济指数

1) 时序特征。图2给出黄河流域数字经济指数的整体水平, 从2011年到2020年, 黄河流域数字经济指数持续上升, 从2011年的0.1790上升到2020年的0.4509。这说明黄河流域在数字经济发展方面取得了显著成效, 数字经济的整体水平得到了明显提高, 并且依然处于上升趋势, 未来有望在黄河流域经济转型升级的过程中发挥更重要的作用。在数字经济的子系统方面(见图3), 各系统在2011年—2020年基本上保持着持续增长的趋势, 软件信息服务、普惠金融指数增长迅速, 软件信息服务指数从2011年的0.0548增加到了2020年的0.1250, 普惠金融指数从2011年的0.0149增加到了2020年的0.0905, 这两个子系统对数字经济起到很好的支撑。数字基础设施指数在2011年—2014年持续增长, 在2015年出现短暂回落后, 在2016年以后恢复增长, 为数字经济的发展提供了很好的物质条件。数字产业水平指数在2016年后的增长速度明显加快, 显示出邮政、电信等数字经济相关产业规模的进一步扩大。科技教育支撑指数在研究期内增速有限, 说明黄河流域需要加大对科技和教育的投入, 来进一步推动数字经济的发展。

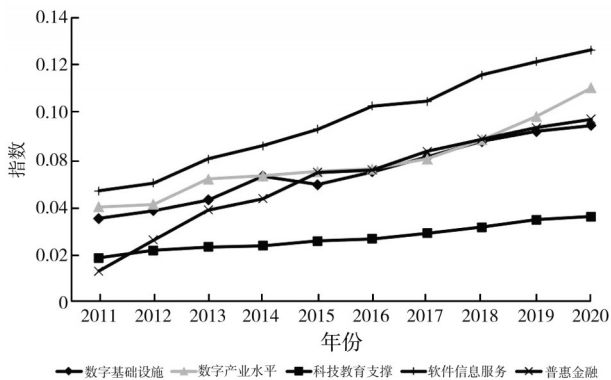


图3 黄河流域数字经济子系统水平

2) 空间特征。图4给出黄河流域数字经济指数的空间特征表现,可以看出,从2011年到2020年,黄河流域的数字经济整体发展水平呈现出下游>中游>上游的特征,下游逐渐拉大了与中游和上游地区的差距。

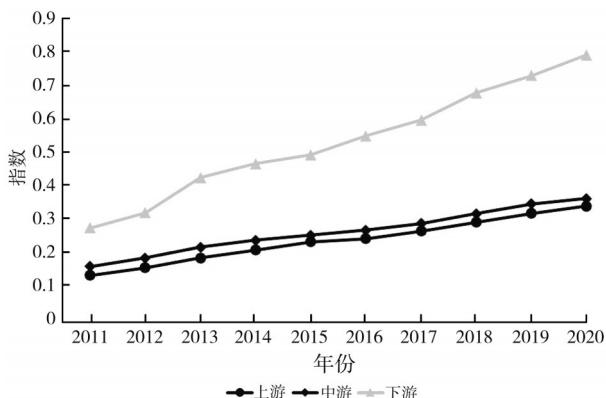


图4 黄河流域数字经济指数空间特征

从2011年到2020年,下游的数字经济指数从0.2796上升到了0.7917,而中游从0.1652上升到了0.3667,上游则从0.1390上升到0.3438。上游与中游的数字经济指数差距不大,两者之间的增长基本同步。相对于下游,中游和上游地区的数字经济整体发展水平较低。

4.1.2 制造业高质量发展指数

1) 时序特征。图2同时给出黄河流域制造业高质量发展指数的整体水平,2011年到2020年,黄河流域的制造业高质量发展水平呈现波动上升的趋势,增长速度慢于数字经济。本文根据制造业高质量发展指数变动的时序特征,将其分为三个阶段。第一阶段是2011年—2013年,制造业高质量发展指数出现下降,由2011年的0.3976下降为2013年的0.3951。第二阶段为2014年—2016年,制造业高质量发展指数短暂上升到2014年的0.4031后,再次下降到2016年的0.3982。第三阶

段为2017年—2020年,制造业高质量指数出现持续上升,从2017年的0.4216上升到2020年的0.4655。在子系统方面(见图5),效益指数从2011年到2020年持续下降,从2011年的0.1429下降到了2020年的0.1090,效益下降是制约制造业高质量发展水平提升的主要因素。创新指数和产业指数从2011年到2016年整体比较平稳,在2017年以后得到迅速增长,反映出黄河流域在制造业技术创新方面取得了进步,推动了产业结构的优化升级,使得产业结构趋于合理化。绿色指数在整个研究期内基本没有发生变化,表明制造业高质量发展所要求的绿色清洁目标没有得到很好的实现,传统的高污染、高能耗的生产模式没有得到根本改变。

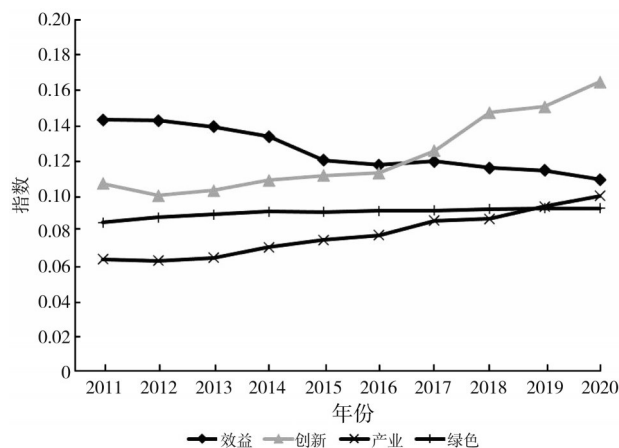


图5 黄河流域制造业高质量发展子系统水平

2) 空间特征。黄河流域制造业高质量发展指数的空间特征如图6所示,与数字经济指数一样,同样呈现出下游>中游>上游的趋势。在研究期最开始的2011年和2012年,中游和下游的制造业高质量发展指数比较接近。

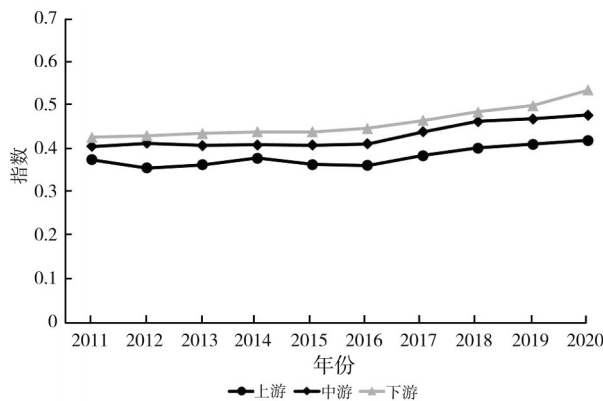


图6 黄河流域制造业高质量发展指数空间特征

2013年以后,下游在制造业高质量发展方面的速度加快,差距开始拉大,在2020年,下游的制造

业高质量发展指数为 0.536 3, 中游为 0.478 8, 两者之间的差距更加明显。上游的制造业高质量发展水平相比中游和下游有明显差距, 从 2014 年—2016 年, 上游制造业高质量发展指数出现下滑趋势, 从 2017 年开始虽然开始上升, 但与下游和中游的差距依然在不断拉大, 表明黄河流域在制造业高质量发展方面存在明显的空间异质性。

4.2 耦合协调度与相对发展度的时空特征

4.2.1 时序特征

黄河流域数字经济与制造业高质量发展的耦合协调度稳定上升(见图 2), 从 2011 年的 0.516 5 上升到 2020 年的 0.676 9, 根据其时序变化特征可以分为三个阶段。第一阶段为 2011 年—2013 年, 由于黄河流域数字经济得到快速发展, 与制造业高质量发展进一步融合, 两个系统的耦合协调度上升速度较快。第二阶段为 2014 年—2016 年, 由于黄河流域制造业高质量发展指数出现下降趋势, 阻碍了数字经济驱动作用的发挥, 两者的耦合协调度上升速度开始放缓。第三阶段为 2017 年—2020 年, 黄河流域数字经济与制造业高质量发展均稳定上升, 数字经济与制造业等传统产业加强渗透、融合, 在制造业优化升级的同时, 数字经济的驱动作用得到充分发挥, 推动了两个系统的耦合协调度再次加快上升。但总体来看, 黄河流域数字经济与制造业高质量发展的耦合协调始终处于磨合阶段, 未能进入协调阶段, 耦合协调度还需要进一步提高。

黄河流域数字经济与制造业高质量发展的相对发展度同样表现出稳步上升的趋势, 从 2011 年的 0.450 1 上升到 2020 年的 0.968 7。整体来看, 数字经济发展相对滞后。根据前文表 3 所列的耦合协调类型划分, 可以将黄河流域数字经济与制造业高质量发展的耦合协调分为两个阶段(见表 4)。

表 4 黄河流域数字经济与制造业高质量发展耦合协调类型

年份	D	R	类型
2011	0.516 5	0.450 1	IV
2012	0.534 1	0.528 1	IV
2013	0.562 8	0.642 7	IV
2014	0.579 7	0.695 1	IV
2015	0.588 2	0.761 9	IV
2016	0.599 0	0.812 2	V
2017	0.619 9	0.830 8	V
2018	0.644 0	0.882 4	V
2019	0.660 6	0.937 4	V
2020	0.676 9	0.968 7	V

第一阶段为 2011 年—2015 年, 两个系统之间的耦合协调类型为 IV 型, 此时两个系统处于磨合阶段, 数

字经济滞后于制造业高质量发展, 两者低度磨合, 系统趋于衰退。第二阶段为 2016 年—2020 年, 两个系统之间的耦合协调类型为 V 型, 此时两个系统依然处于磨合阶段, 但数字经济开始同步于制造业高质量发展, 两者高度磨合, 系统趋于优化。

整体来看, 黄河流域数字经济与制造业高质量发展在 2011 年—2020 年都得到了提升, 两个系统从低度磨合发展为高度磨合, 系统从趋于衰退发展为趋于优化, 表明数字经济与制造业高质量发展的融合程度不断提高, 但依然未能进入协调阶段。今后应当进一步加强黄河流域数字经济与制造业高质量发展的同步推进, 促进两个系统实现协调发展。

4.2.2 空间特征

从 2011 年到 2020 年, 黄河流域下游地区的耦合协调度高于中游和上游(见表 5), 从 2011 年的 0.587 9 增加到 2020 年的 0.807 2, 从磨合阶段进入协调阶段。中上游地区的耦合协调度与下游地区差距明显, 且差距呈现逐渐拉大的趋势。中游的耦合协调度从 2011 年的 0.509 1 上升到 2020 年的 0.647 3, 但没有能够超过 0.7, 在整个研究期内没有实现磨合阶段的突破。上游的耦合协调度从 2011 年的 0.478 1 上升到 2020 年的 0.616 5, 在研究期的最初两年处于拮抗阶段, 在 2013 年顺利进入磨合阶段, 但与中游一样, 未能成功进入协调发展的阶段。整体而言, 只有下游地区在 2016 年开始进入到了协调阶段, 上游和中游地区直到 2020 年依旧处于磨合阶段, 上中游地区的耦合协调度有待进一步提高。

从 9 个省区的空间格局演化来看, 结合相对发展度来划分耦合协调类型(见表 6)。研究期内各省区均进入磨合阶段, 内蒙古、甘肃、宁夏、青海进入磨合阶段的时间分别为 2012 年、2013 年、2017 年和 2020 年。

在上游省区方面, 青海从 2011 年到 2019 年一直处于高度拮抗的 I 类型, 直到 2020 年才转变为低度磨合的 IV 类型。甘肃从 2011 年到 2012 年处于高度拮抗的 I 类型, 在 2013 年后一直处于低度磨合的 IV 类型。宁夏从 2011 年到 2016 年持续处于高度拮抗的 I 类型, 直到 2017 年之后才进入到低度磨合的 IV 类型。四川是上游省区中耦合协调度最好的, 从 2011 年到 2012 年处于低度磨合的 IV 类型, 从 2013 年到 2017 年进化为高度磨合的 V 类型, 在 2018 年之后则直接转为低度协调的 IX 类型, 数字经济超前于制造业高质量发展, 今后应更加注重提升制造业的发展质量, 实现协同推进。

表5 黄河流域数字经济与制造业高质量发展耦合协调度

区域	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
黄河流域	0.516 5	0.534 1	0.562 8	0.579 7	0.588 2	0.599 0	0.619 9	0.644 0	0.660 6	0.676 9
上游	0.478 1	0.489 9	0.513 4	0.533 5	0.543 1	0.547 2	0.567 8	0.587 6	0.603 7	0.616 5
中游	0.509 1	0.530 0	0.548 9	0.561 9	0.569 7	0.579 1	0.598 9	0.621 3	0.636 9	0.647 3
下游	0.587 9	0.611 3	0.657 4	0.674 1	0.683 4	0.705 1	0.726 7	0.757 8	0.777 4	0.807 2

表6 黄河流域各省区数字经济与制造业高质量发展耦合协调类型

区域	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
黄河流域	IV	IV	IV	IV	IV	V	V	V	V	V
黄河上游	I	I	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	V
青海	I	I	I	I	I	I	I	I	I	IV
甘肃	I	I	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV
宁夏	I	I	I	I	I	I	IV	IV	IV	IV
四川	IV	IV	V	V	V	V	V	IX	IX	IX
黄河中游	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV
陕西	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	VII	VII
山西	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	V	V
内蒙古	I	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV
黄河下游	IV	IV	V	V	V	IX	IX	IX	IX	IX
河南	IV	IV	V	V	V	V	VI	IX	IX	IX
山东	IV	IV	VIII	VIII	VIII	IX	IX	IX	IX	IX

在中游省区方面,陕西从2011年到2018年持续处于低度磨合的IV类型,在2019年跨入协调阶段后,转变为低度协调的VII类型,数字经济与制造业高质量发展的融合有待进一步加强。山西则在研究期内一直处于磨合阶段,从2011年到2018年为低度磨合的IV类型,从2019年变为高度磨合的V类型。内蒙古在2011年属于高度拮抗的I类型,在2012年以后转变为低度磨合的IV类型,其后一直未发生变化。

在上游省区方面,河南从2011年到2017年处于磨合阶段,其中从2011年到2012年属于低度磨合的IV类型,在2013年转变为高度磨合的V类型,在2017年短暂转变为低度磨合的VI类型后,从2018年开始进入到低度协调的IX类型,数字经济超前于制造业高质量发展。山东从2011年到2012年处于低度磨合的IV类型,从2013年到2015年处于最理想的高度协调的VIII类型,但从2016年开始转变为低度协调的IX类型,数字经济超前于制造业高质量发展。山东和河南都面临系统趋于衰退的情况,今后应在继续注重数字经济发展的同时,更加注重制造业高质量发展,力求两个系统之间保持高度协调。

4.3 数字经济与制造业高质量发展子系统的耦合协调分析

为了进一步研究数字经济与制造业高质量发展的耦合协调,有针对性地制定政策实现二者的协同推进,有必要深入分析数字经济与制造业高质量发展各个子系统的耦合协调度,分别按照前述方法计算数字经济与制造业高质量发展的效益、创新、产业、绿色4个子系统的耦合协调度,结果见

图7。

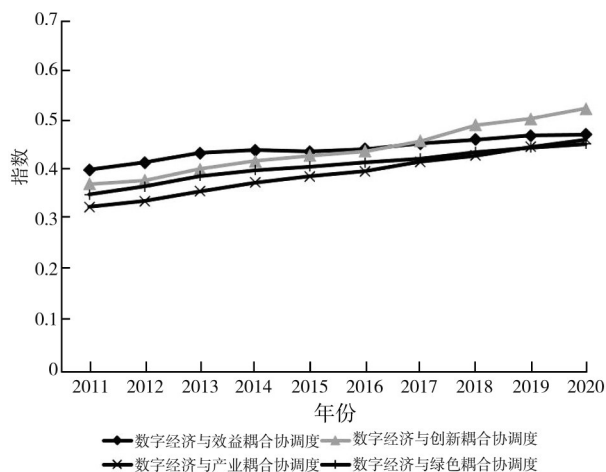


图7 黄河流域数字经济与制造业高质量发展子系统的耦合协调度

从2011年到2020年,数字经济与制造业高质量发展的4个子系统的耦合协调度都得到了明显的增长。其中,数字经济与效益子系统的耦合协调度增加最少,从2011年的0.3999增加到了2020年的0.4708,数字经济与绿色子系统的耦合协调度从2011年的0.3507增加到了0.4520,说明数字经济与制造业高质量发展的效益、绿色两个子系统的协同效应还有待进一步提升,这与前文分析的制造业效益指数下降、绿色指数没有明显提升的结果一致。数字经济与产业子系统的耦合协调度从2011年的0.3266增加到了2020年的0.4603,数字经济与创新子系统的耦合协调度增加最为明显,从2011年的0.3717增加到了2020年的0.5218,显示出数字经济与制造业产业结构升级、科技创新这两个方面良好的协同效应。

4.4 耦合协调发展收敛性分析

由上分析可以得出,黄河流域上游、中游、下游数字经济与制造业高质量发展的耦合协调度存在明显的区域差异,为了进一步分析这种差异,采用 σ 收敛方法对黄河流域及上游、中游、下游的耦合协调度进行收敛性分析,公式如下:

$$\sigma_t = \left\{ N^{-1} \sum_{m=1}^N \left[X_m(t) - \left[N^{-1} \sum_{k=1}^N x_k(t) \right] \right]^2 \right\}^{1/2} \quad (14)$$

其中, $X_m(t)$ 为第 m 个省区在第 t 年的耦合协调度, N 为省区数, $N=9$ 。如果 $\sigma_t > \sigma_{t+1}$, 表明各省区的耦合协调度差距逐渐缩小, 反之则说明差距逐渐拉大。

图 8 给出黄河流域各省区数字经济与制造业高质量发展耦合协调度的收敛检验结果, 从 2011 年到 2020 年, 黄河流域各省区耦合协调度的 σ 值呈现总体增大的趋势, 仅仅在 2015 年出现下降, 整体从 2011 年的 0.062 7 增加到了 2020 年的 0.113 5。

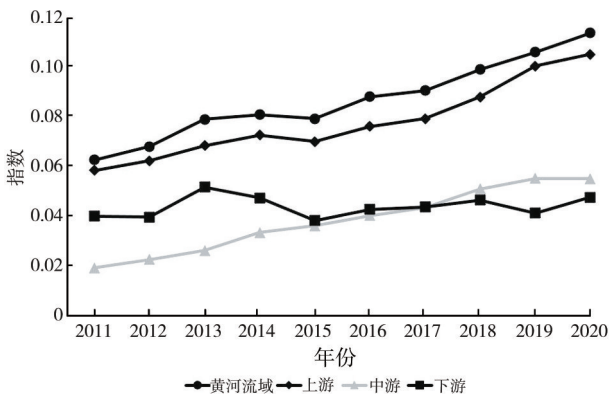


图 8 黄河流域数字经济与制造业高质量发展耦合协调度收敛检验

黄河流域涵盖了东部、中部、西部的九个省区, 各省区在资源禀赋、对外开放程度、基础设施条件、交通便利条件等方面明显不同, 因此在数字经济与制造业高质量发展方面表现出明显的水平差异。结合前文研究结果可以看出, 中上游地区的数字经济指数与下游地区的差距在研究期内不断拉大, 下游地区的制造业高质量发展指数在研究期初始阶段与中游地区较为接近, 但在研究期的中后期, 中上游与下游的差距也有拉大的趋势。整体而言, 下游地区的数字经济与制造业高质量发展水平都明显优于中游和上游地区, 更有利于推动两系统之间在高水平上的耦合协调, 两者已经进入协调发展阶段, 更能发挥彼此的协同效应。中游和上游地

区无论在数字经济还是在制造业高质量发展方面都处于较低的水平, 受限于数字经济与制造业高质量发展本身的低层次, 无法将两个子系统之间的协同效应充分发挥出来, 两者之间的耦合协调是低水平的耦合, 依然处于磨合阶段。下游省区与中游、上游省区在数字经济与制造业高质量发展两个子系统表现出不同的发展水平, 两系统之间的协同推进是分别在协调阶段和磨合阶段实现的, 这是导致黄河流域 9 省区耦合协调度的 σ 值呈现总体增大趋势的主要原因。

具体到三个区域, 上游地区四个省区的 σ 值在研究期内明显增大, 从 2011 年的 0.058 5 增加到 2020 年的 0.104 9。上游地区的青海、宁夏发展较为滞后, 甘肃偏重于发展制造业等重工业, 这三个省区的数字经济水平整体较低, 只有四川的数字经济发展迅速, 较好实现了与制造业高质量发展的协同效应。结合前文研究的耦合协调类型来看, 在研究期内只有四川进入到了协调阶段, 转变为低度协调的Ⅱ类型, 其余三个省区都依旧处于磨合阶段, 属于低度磨合的Ⅳ类型, 因此导致上游地区各省区的耦合协调度差距拉大。中游地区三个省区的 σ 值在研究期内同样增大, 从 2011 年的 0.019 4 增加到了 2020 年的 0.055 2。山西、内蒙古作为资源大省(区), 长期以来存在产业结构单一、增长方式粗放的问题, 两个省区的耦合协调类型在研究期内仍处于磨合阶段, 未能实现突破。陕西则在数字经济发展方面取得更好的长效, 在研究期内成功进入协调阶段, 实现了低度协调, 因此三省区的耦合协调度差距也在拉大。下游地区的耦合协调度相对保持稳定, 山东作为中国的经济大省, 河南作为中部崛起的重要省份, 两个省在数字经济与制造业高质量发展的协同推进方面取得不错的结果。两个省在研究期内全部进入到了协调阶段, 且属于低度协调的Ⅱ类型, 在 2018 年后的耦合协调度差距不大, 因此下游省区的 σ 值在三大区域里最小。黄河流域上游、中游、下游具有不同的区位、禀赋、交通、资本条件, 因此有必要制定差别性的政策, 以更好地实现黄河流域整体数字经济与制造业高质量发展的协同效应。

4.5 耦合协调的驱动因素分析

4.5.1 驱动因素选取

数字经济与制造业高质量发展的耦合协调受到多种因素影响, 为进一步分析影响两个系统耦合

协调的驱动因素,本文运用灰色关联模型做进一步分析。相对于其他分析方法,灰色关联分析可以在样本数据较少的情况下,以序列之间的线性特征相似程度为根据,比较不同因素之间影响程度的差异,以更好地判断驱动因素之间在影响度大小方面的区别。本文借鉴王博雅、陈凯旋的研究,选取对外开放、城镇化率、人力资本、科技创新和政府支

持5个因素作为黄河流域数字经济与制造业高质量发展耦合协调的驱动因素^[32-33]。

4.5.2 驱动因素类型

根据本文的研究对象,参考序列为黄河流域数字经济与制造业高质量发展两个系统之间的耦合协调度,选择的驱动因素为对外开放、城镇化水平、人力资本、科技创新和政府支持(见表7)。

表7 黄河流域数字经济与制造业高质量发展耦合协调的驱动因素

参考序列	变量	驱动类型	变量符号	变量解释	单位
	耦合协调度		D	由前文计算结果得出	—
驱动因素	对外开放	外力驱动	$open$	人均实际利用外商直接投资	元/人
	城镇化水平	内力驱动	$urban$	城镇人口/总人口	
	人力资本	人才驱动	$human$	平均受教育年限	年
	科技创新	科技驱动	$tech$	科技支出/财政支出	
	政府支持	政府驱动	gov	财政支出/GDP	

1) 对外开放为外力驱动因素。我国实行改革开放的政策,对外开放能够为数字经济与制造业高质量发展从外部提供驱动力。本文参考韩永辉等的做法,选择人均实际利用外商直接投资额作为对外开放的衡量指标^[34]。2) 城镇化水平为内力驱动因素。我国城镇化的进程不断加快,城镇化率的提高能够促进数字经济的增长,同时有助于提升制造业高质量发展水平。本文参考袁航和朱承亮的处理方式,选择城镇人口占总人口的比重作为城镇化的指标^[35]。3) 人力资本为人才驱动因素。人力资本尤其是高素质人才的投入,能够为数字经济和制造业高质量发展提供必不可少的人才基础,助力两者协同发展。本文借鉴郭金花和郭淑芬的做法,选择平均受教育年限来衡量人力资本,对教育年限的具体处理方式:小学、初中、高中、大专以上的教育年限分别对应为6年、9年、12年和16年^[36]。4) 科技创新为科技驱动因素。数字经济和制造业高质量发展离不开科学技术的创新、制造水平的进步,科技创新有助于促进经济发展和产业转型突破瓶颈。本文参考姚震宇的做法,选择科技支出占财政支出的比重衡量科技创新^[37]。5) 政府支持为政府驱动因素。政府的政策支持及合理调控能有效推进数字经济和制造业高质量发展,使得两者同步发展。本文借鉴郭婧煜和樊帆的做法,选择财政支出占GDP比重来衡量政府支持^[38]。

4.5.3 灰色关联分析

利用选择的驱动因素数据,运用灰色关联分析计算得出五个驱动因素与黄河流域数字经济和制造业高质量发展耦合协调度的关联度。关联度越高,驱动因素与黄河流域数字经济与制造业高质量发展耦合协调的关系越密切。计算方法如下:

1) 确定黄河流域数字经济和制造业高质量发展的耦合协调度为参考序列 $Y(k)$, 选取的五个驱动因素对外开放、城镇化水平、人力资本、科技创新、政府支持为比较序列 $X_i(k)$ 。其中, X_i 为第 i 个驱动因素 ($i=1, 2, \dots, n$, n 为驱动因素的个数), k 为具体的驱动因素指标数据 ($k=1, 2, \dots, m$, m 为驱动因素指标维度)。

2) 由于各驱动因素的数据指标存在不同的单位,为确保数据之间可以进行比较,对数据做均值化处理,公式如下:

$$x'_i(k) = \frac{x_i(k)}{\bar{x}} \quad (15)$$

3) 计算关联系数,公式如下:

$$\xi_i(k) = \frac{\min_i \min_k |y(k) - x'_i(k)| + \rho \max_i \max_k |y(k) - x'_i(k)|}{|y(k) - x'_i(k)| + \rho \max_i \max_k |y(k) - x'_i(k)|} \quad (16)$$

其中, ρ 为分辨系数,通常取 $\rho=0.5$ 。

4) 计算各驱动因素与黄河流域数字经济与制造业高质量发展的灰色关联度,计算公式如下:

$$r_i = \frac{1}{m} \sum_{k=1}^m \xi_i(k) \quad (17)$$

通过上述方法计算得出黄河流域数字经济与制造业高质量发展耦合协调度和五个驱动因素之间的灰色关联度(见表8)。五个驱动因素与耦合协调度的灰色关联度大多都在0.5以上,表明各驱动因素对黄河流域数字经济与制造业高质量发展耦合协调度都具有较强的联系,但存在各省区之间的差别。

从黄河流域整体来看,五个驱动因素中科技创新与耦合协调度的关联度最大,达到了0.7069,说

明科技创新可以有效促进数字经济和制造业高质量协同发展,科技驱动能够起到很好的效果。政府支持与两个系统耦合协调的关联度排在第二,达到了0.696 1,表明在促进数字经济与制造业高质量发展融合渗透的过程中,政府政策和宏观调控能起到关键的作用。人力资本、城镇化水平与两个系统耦合协调的关联度较为接近,分别为0.673 4和0.672 0,排在第三和第四位,说明人才驱动因素与

内力驱动因素都与黄河流域数字经济与制造业高质量发展的耦合协调存在紧密关联,加大人力资本投入、提高城镇化率,有助于促进两个系统之间的协同发展。对外开放与两个系统耦合协调的关联度最低,仅为0.612 8,说明相比于其他四个驱动因素,外力驱动在促进黄河流域数字经济与制造业高质量发展方面的动力不足,影响程度相对较弱。

表 8 黄河流域数字经济与制造业高质量发展耦合协调的驱动因素关联度

省区	对外开放	城镇化水平	人力资本	科技创新	政府支持
山西	0.739 3	0.630 5	0.617 6	0.647 2	0.746 9
内蒙古	0.499 5	0.570 9	0.616 9	0.877 5	0.736 6
山东	0.484 7	0.715 6	0.758 3	0.458 9	0.734 5
河南	0.452 1	0.759 8	0.707 5	0.601 3	0.949 1
四川	0.564 0	0.767 3	0.742 6	0.708 4	0.874 3
陕西	0.564 4	0.673 9	0.666 6	0.728 3	0.866 6
甘肃	0.628 9	0.729 3	0.665 4	0.895 5	0.490 9
青海	0.725 7	0.614 0	0.661 0	0.897 2	0.348 4
宁夏	0.856 6	0.587 2	0.624 3	0.547 8	0.517 1
黄河流域	0.612 8	0.672 0	0.673 4	0.706 9	0.696 1

从九个省区来看,五个驱动因素与两个系统耦合协调度的关联度存在差别。山西数字经济与制造业高质量发展耦合协调的主要驱动因素为政府支持和对外开放。内蒙古的主要驱动因素为科技创新和政府支持。山东、河南、四川的主要驱动因素为人力资本、政府支持和城镇化水平。陕西的主要驱动因素为政府支持和科技创新。甘肃的主要驱动因素为科技创新和城镇化水平。青海的主要驱动因素为科技创新和对外开放。宁夏的主要驱动因素为对外开放。

5 结论与建议

5.1 结论

本文基于2011年—2020年黄河流域的省级面板数据,分别构建数字经济评价指标体系与制造业高质量发展评价指标体系,运用熵值法得到数字经济综合指数与制造业高质量发展综合指数,在此基础上进一步通过耦合协调模型、相对发展模型研究了黄河流域数字经济与制造业高质量发展耦合协调的时序特征、空间特征及其时空演化过程。本文还运用灰色关联模型,分析了影响黄河流域数字经济与制造业高质量发展耦合协调度的五个驱动因素。主要结论如下:

第一,黄河流域数字经济指数与制造业高质量发展指数从2011年到2020年均呈现上升趋势,数字经济指数的增长速度要快于制造业高质量发展

指数,但两者均存在明显的空间差异。总体而言,无论是数字经济指数还是制造业高质量发展指数,都表现出下游>中游>上游的特征,且下游与中上游之间的差距有逐渐拉大的趋势。

第二,从时序特征来看,黄河流域整体数字经济与制造业高质量发展的耦合协调一直处于磨合阶段。结合耦合协调度与相对发展度将耦合协调分为九个类型,黄河流域从2011年到2015年处于低度磨合的Ⅳ型,从2016年到2020年则处于高度磨合的Ⅴ型。从空间特征来看,黄河流域数字经济与制造业高质量发展的耦合协调度表现为下游>中游>上游的特征,而各省区之间存在明显的耦合协调度差异。

第三,黄河流域各省区数字经济与制造业高质量发展的耦合协调度的差异从2011年到2020年进一步拉大,没有表现出收敛性。上游、中游的耦合协调度差距在研究期内持续拉大,下游的耦合协调度差距基本保持稳定。各省区在资源、交通、区位、资本等方面存在差异,造成发展水平的不同,有必要制定差别化政策。

第四,黄河流域数字经济与制造业高质量发展的协同推进受到对外开放、城镇化水平、人力资本、科技创新和政府支持五个驱动因素的共同影响,且9个省区存在明显的空间差异。其中,对外开放属于外力驱动,城镇化水平属于内力驱动,人力资本属于人才驱动,科技创新属于科技驱动,政府支持属于政府驱动,关联度从大到小依次为科技

驱动、政府驱动、人才驱动、内力驱动和外力驱动。

5.2 建议

基于以上结论,为进一步促进黄河流域数字经济与制造业高质量发展协调推进,本文从对外开放、城镇化水平、人才资本、科技创新、政府支持五个方面提出政策建议。

第一,提升外资利用水平,充分发挥外力驱动作用。1)加大数字经济和制造业对外商投资的吸引力,鼓励和引导外商投资更多向数字经济、先进制造业等战略性新兴产业流动。2)加强在数字经济与先进制造业方面与国际的协同开放,明确与其他国家和地区之间的分工与协作,与国际先进水平及时接轨。3)在数字经济与制造业高质量发展方面实现技术层面的开源合作,吸收和消化国外的先进技术与设备,夯实中国的技术基础,提高自主创新能力。

第二,提高城镇化水平,充分发挥城镇化的内力驱动作用。城镇化能够通过提升创新水平、促进绿色发展、推进协调发展等途径,助力数字经济与制造业高质量发展的耦合协调。1)通过城镇化带动创新水平。城镇化能够带来创新人才的集聚,为产业集聚提供基础条件,从根本上提升科技和创新水平,为数字经济和制造业发展提供技术基础。2)通过城镇化实现绿色发展。我国目前的城镇化正处于由注重速度转向注重质量的关键时期,清洁、绿色的发展观念有助于促进数字经济与先进制造业的融合。3)通过城镇化统筹协调发展。发挥城镇化在产业协调发展、城乡协调发展、区域协调发展方面的催化作用,实现产业结构优化升级,促进产业结构高级化与合理化。

第三,保证人力资本投入,充分发挥高质量人才的人才驱动作用。数字经济时代对人力资本提出了新的需求,应更加注重人才的“质”,促进人力资源的重新配置。1)加强专业人才的培养,满足数字经济、先进制造业等发展的人才需求,填补在战略性新兴产业中出现的人才缺口。2)加强企业与高校的合作,通过高等教育培养数字企业、制造业企业所急需的紧缺人才,解决数字经济人才相对短缺的问题。3)加大对数字经济、制造业方面复合型、创新型人才的引进力度,切实提高高质量人才的待遇水平,解决他们在医疗、子女教育、住房方面的基本问题,将人才留在黄河流域。

第四,重视科技创新能力,充分发挥科技驱动

作用。科技进步和创新是数字经济与制造业高质量发展的基础条件,在黄河流域高质量发展的背景下,科技创新能为两个系统耦合协调提供动力。

1)加大科技研发投入,提升科技支出在政府财政支出中的比重,为科技创新提供资金支持。2)推进创新研究成果的转化,与数字经济、先进制造业的实际发展相融合,不仅要注重研究成果的数量,更要注重研究成果的质量,避免创新资源的闲置浪费。3)加大对企业科技研发的支持力度,从税收、补贴等方面给予政策优惠,促进企业自身研发能力的提升,进一步加快数字经济融入制造业的步伐。

第五,明确政府支持范围,充分发挥政府驱动作用。实现黄河流域数字经济与制造业高质量发展统筹推进,离不开政府的引导与调控。1)明确政府职责范围,厘清政府与市场的职责边界,更好发挥政府对数字经济与制造业市场的调节作用。2)做好政府层面的统筹安排,制定数字经济与制造业高质量发展的长远规划,从制度层面促进两者共同发展。3)加大政府在人才培养、科技研发、产业融合、结构转型等方面的政策扶持力度,提高数字经济与先进制造业在地方经济发展中的战略地位,实现两个系统的耦合协调。

第六,根据黄河流域9省区各自在区位条件、地理位置、人力资源、资金资本、对外开放等方面的特点,制定有差别的发展战略。1)将黄河流域作为一个整体来制定政策,将9省区都纳入到框架内,加强省区之间在资本、人力、技术方面的交流。2)根据每个省区的特点制定有差别性的政策,促进青海、宁夏等落后省区的发展,推动山西、内蒙古等资源大省(区)的转型,发挥山东、河南等经济大省的带动作用。3)更好地将西部大开发、中部崛起等战略融入到黄河流域发展中,促进数字经济与制造业高质量发展协同效应的发挥。

参考文献

- [1] 徐辉,邱晨光. 数字经济发展提升了区域创新能力吗:基于长江经济带的空间计量分析[J]. 科技进步与对策, 2022, 39(13): 43-53.
- [2] 陈文,吴赢. 数字经济发展、数字鸿沟与城乡居民收入差距[J]. 南方经济, 2021(11): 1-17.
- [3] 王彬燕,田俊峰,程利莎,等. 中国数字经济空间分异及影响因素[J]. 地理科学, 2018, 38(6): 859-868.
- [4] 中国信息通信研究院. 全球数字经济白皮书:疫情冲击下的复苏新曙光[R]. 北京:中国信息通信研究院, 2021.

- [5] OECD. Measuring the Digital Economy: A New Perspective[M]. Paris: OECD Publishing, 2014.
- [6] BAREFOOT K, CURTIS D, JOLLIFF W, et al. Defining and Measuring the Digital Economy[EB/OL]. 2018-10-10 [2022-11-01]. <https://www.bea.gov/research/papers/2018/defining-and-measuring-digital-economy>.
- [7] 金星晔, 伏霖, 李涛. 数字经济规模核算的框架、方法与特点[J]. 经济社会体制比较, 2020(4): 69-78.
- [8] 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(5): 23-41.
- [9] ABS. Measuring Digital Activities in the Australian Economy [EB/OL]. 2019-02-27 [2022-11-01]. <https://www.abs.gov.au/statistics/research/measuring-digital-activities-australian-economy>.
- [10] 中国信息通信研究院. 中国数字经济发展与就业白皮书[R]. 北京: 中国信息通信研究院, 2019.
- [11] 张少华, 陈治. 数字经济与区域经济增长的机制识别与异质性研究[J]. 统计与信息论坛, 2021, 36(11): 14-27.
- [12] 唐红涛, 陈欣如, 张俊英. 数字经济、流通效率与产业结构升级[J]. 商业经济与管理, 2021(11): 5-20.
- [13] 肖远飞, 周萍萍. 数字经济、产业升级与高质量发展: 基于中介效应和面板门槛效应实证研究[J]. 重庆理工大学学报(社会科学版), 2021, 35(3): 68-80.
- [14] 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(1): 133-147.
- [15] 任转转, 邓峰. 互联网发展、要素结构转型与制造业高质量发展[J]. 统计与决策, 2022, 38(6): 100-104.
- [16] 沈运红, 黄桁. 数字经济水平对制造业产业结构优化升级的影响研究: 基于浙江省 2008—2017 年面板数据[J]. 科技管理研究, 2020, 40(3): 147-154.
- [17] 曲立, 王璐, 季桓永. 中国区域制造业高质量发展测度分析[J]. 数量经济技术经济研究, 2021, 38(9): 45-61.
- [18] 张颖, 吴银毫, 赵明正, 等. 中部地区制造业高质量发展时空动态及驱动因素: 以河南省为例[J]. 河南工业大学学报(社会科学版), 2021, 37(6): 41-50.
- [19] 吴爽. 数字经济和制造业高质量融合发展的对策研究: 基于杭州的实践分析[J]. 中共杭州市委党校学报, 2021(6): 88-96.
- [20] 王瑞荣, 陈晓华. 数字经济助推制造业高质量发展的动力机制与实证检验: 来自浙江的考察[J]. 系统工程, 2022, 40(1): 1-13.
- [21] 秦铸清, 朱玉琴, 王德平. 数字经济与制造业高质量发展的耦合协调分析: 基于成都与北京的比较[J]. 西部经济管理论坛, 2021, 32(2): 31-43.
- [22] 傅为忠, 刘瑶. 产业数字化与制造业高质量发展耦合协调研究: 基于长三角区域的实证分析[J]. 华东经济管理, 2021, 35(12): 19-29.
- [23] 段秀芳, 徐传昂. 我国制造业数字化转型与高质量发展耦合协调性研究[J]. 新疆财经, 2022(1): 5-17.
- [24] 刘传辉, 杨志鹏. 城市群数字经济指数测度及时空差异特征分析: 以六大城市群为例[J]. 现代管理科学, 2021(4): 92-111.
- [25] 王军, 肖华堂. 数字经济发展缩小了城乡居民收入差距吗?[J]. 经济体制改革, 2021(6): 56-61.
- [26] 江小国, 何建波, 方蕾. 制造业高质量发展水平测度、区域差异与提升路径[J]. 上海经济研究, 2019(7): 70-78.
- [27] 黄顺春, 张书齐. 中国制造业高质量发展评价指标体系研究综述[J]. 统计与决策, 2021, 37(2): 5-9.
- [28] 王德平, 秦铸清. 信息通信技术水平、创新能力与绿色高质量发展的动态关系: 基于成渝地区的分析[J]. 生态经济, 2022, 38(5): 75-81.
- [29] 毕国华, 杨庆媛, 刘苏. 中国省域生态文明建设与城市化的耦合协调发展[J]. 经济地理, 2017, 37(1): 50-58.
- [30] 刘琳轲, 梁流涛, 高攀, 等. 黄河流域生态保护与高质量发展的耦合关系及交互响应[J]. 自然资源学报, 2021, 36(1): 176-195.
- [31] 任保平, 巩羽浩. 黄河流域城镇化与高质量发展的耦合研究[J]. 经济问题, 2022(3): 1-12.
- [32] 王博雅. 创新型制造业高质量发展: 特征事实、驱动因素与要素支撑[J]. 中国软科学, 2021(10): 148-159.
- [33] 陈凯旋. 中国省域数字经济发展评价、地区差异及驱动因素分析[J]. 华北金融, 2022(1): 52-61.
- [34] 韩永辉, 黄亮雄, 王贤彬. 产业政策推动地方产业结构升级了吗? 基于发展型地方政府的理论解释与实证检验[J]. 经济研究, 2017, 52(8): 33-48.
- [35] 袁航, 朱承亮. 国家高新区推动了中国产业结构转型升级吗[J]. 中国工业经济, 2018(8): 60-77.
- [36] 郭金花, 郭淑芬. 国家综合配套改革试验区设立促进了地方产业结构优化吗? 基于合成控制法的实证分析[J]. 财经科学, 2019(8): 69-81.
- [37] 姚震宇. 区域市场化水平与数字经济竞争: 基于数字经济指数省际空间分布特征的分析[J]. 江汉论坛, 2020(12): 23-33.
- [38] 郭婧煜, 樊帆. 长江经济带发展战略对地区产业结构升级效应的实证评估[J]. 统计与决策, 2021, 37(12): 103-107.