数字经济对海洋绿色全要素生产率的影响研究

刘曙光[1,2],江彤[1]

(1.中国海洋大学经济学院 青岛 266100;2.中国海洋大学海洋发展研究院 青岛 266100)

摘要:在21世纪的数字化浪潮中,数字经济已经成为全球经济发展的新引擎,其对海洋绿色全要素生产率的影响受到社会各界的广泛关注。文章以2011—2020年沿海地区为研究对象,从理论和实证层面探究数字经济与海洋绿色全要素生产率的关系。研究结果表明:数字经济能够显著促进海洋绿色全要素生产率;数字经济对长江流域以南沿海地区的海洋绿色全要素生产率的提升具有积极影响,对长江流域以北沿海地区的影响不显著;环境规制较强的地区,作用效果更显著;通过提高市场化程度和优化海洋产业结构,数字经济有利于海洋绿色全要素生产率的提升。文章的结论对释放数字经济红利,推动海洋经济可持续发展具有重要启示。

关键词:数字经济;海洋绿色全要素生产率;市场化程度;产业结构;海洋经济

中图分类号:F49;P74 **文献标志码:**A **文章编号:**1005-9857(2024)10-0090-12

The Impact of Digital Economy on Marine Green Total Factor Productivity

LIU Shuguang[1,2], JIANG Tong[1]

(1.School of Economics, Ocean University of China, Qingdao 266100, China;
2.Institute of Marine Development, Ocean University of China, Qingdao 266100, China)

Abstract: In the wave of digitalization in the 21st century, digital economy has emerged as a novel catalyst for global economic development, and its impact on marine green total factor productivity has received widespread attention from all walks of life. Based on panel data from coastal areas from 2011 to 2020, this paper explored the impact of the digital economy on marine green total factor productivity from theoretical and empirical perspectives. The findings revealed that digital economy substantially enhanced marine green total factor productivity. It exerted a positive influence on the marine green total factor productivity of the coastal areas south of the Yangtze River basin, whereas its impact on the coastal areas north of the Yangtze River basin is insignificant. In areas with stronger environmental regulations, the effect was more significant. By improving marketization and optimizing the marine industrial structure,

收稿日期:2024-01-14;**修订日期:**2024-10-08

基金项目:研究阐释党的十九大精神国家社会科学基金重大项目(18VSJ067);中国工程科技发展战略山东研究院咨询研究项目"山东与日韩科技合作战略研究"(202002SDZD02).

作者简介:刘曙光,教授,博士生导师,博士,研究方向为区域创新与国际经济合作

通信作者:江彤,硕士研究生,研究方向为区域创新

digital economy promoted marine total factor productivity. The conclusions of this article are of great significance for releasing the dividends of digital economy and fostering the development of the marine economy.

Keywords: Digital economy, Marine green total factor productivity, Marketization, Marine industrial structure, Marine economy

0　引言

海洋孕育着人类生存的众多资源，是我国经济高质量发展的重要推动力。根据资料显示，2022年，全国海洋生产总值达到 94628 亿元，比上年增长 1.9%，占沿海地区生产总值的比重为 15.5%，已然成为拉动国民经济增长的强大力量。然而，在海洋经济迅速发展的同时，海洋也面临着海洋资源的过度开发、海洋污染、全球气候变暖等诸多挑战。党的二十大报告提出“发展海洋经济，保护海洋生态环境，加快建设海洋强国”。因此，如何转变经济发展模式，推动海洋经济向绿色、高效的方向发展成为政府及各界关注的重要议题。海洋绿色全要素生产率将环境因素纳入分析框架，是衡量海洋经济高质量发展的关键指标。科学合理对海洋绿色全要素生产率进行测度，有助于实现海洋经济的绿色高效发展。

数字经济是以数字技术为核心驱动力的新型经济形态。目前，它正通过新业态、新范式、新理念渗透进人类经济及社会生活的方方面面，带来了广泛且深远的影响。从规模上看，截止到 2022 年，我国数字经济占全国 GDP 的比重达到 41.5%，数字经济规模为 50.2 万亿元，我国经济社会正迅速进入数字化时代。从作用上看，数字经济被认为是转变经济发展方式、缓解要素错配的新动能，具有推动经济实现绿色转型的巨大潜力[1]。那么，数字经济能否促进海洋绿色全要素生产率？其效果是怎样的？其传导机理是什么？数字经济对海洋绿色全要素生产率的作用是否存在区域异质性？上述问题的探讨有助于充分发掘数字经济红利，对海洋经济的可持续发展至关重要。

梳理相关文献可知，研究数字经济和海洋绿色全要素生产率的文献很丰富。在数字经济方面，相关学者侧重于研究数字经济的内涵并对其进行测度和评价，测度的方法包括熵值法、主成分分析法和税收能力计算法等，研究尺度涵盖国家、省份以及城市三个层面。如，刘强等(2023)从数字产业化及产业数字化两个层面构建指标体系，并采用熵值法测算数字经济发展水平，探究其对绿色经济效率的非线性作用[2]。在海洋绿色全要素生产率的研究上，一些学者通过不同的模型去测度海洋绿色全要素生产率并分析其时空演变特征[4-6]；其他一些学者注重机制分析，侧重分析一些因素影响海洋绿色全要素生产率的实现路径，这些因素包括科技创新、环境规制、对外直接投资[7-9]等。而在数字经济影响绿色全要素生产率(GTFP)的相关文章中，学者的观点涉及两个方面：一是数字经济对 GTFP 的线性影响，即促进作用。如 LIU(2022)等借助地级市数据发现数字经济有利于 GTFP 的提升，且这种促进作用在不同区域呈现的效果不同[10]；刘艳霞(2022)从微观视角得出结论：数字经济可以从技术和公司治理两个层面对企业全要素生产率产生积极作用[11]。二是数字经济对 GTFP 的非线性影响，即影响呈 U 形或者倒 U 形。如 CHEN(2023)等以中国 248 个资源型城市为研究对象，探究得出数字经济对 GTFP 的影响关系呈倒 U 形[12]；张英浩等(2022)通过一系列计量模型研究发现这种影响关系呈 U 形且结果是稳健的[13]。另外，一些学者还将 GTFP 的内涵进行扩展，研究数字经济对渔业 GTFP 及海洋经济高质量发展的影响[14-16]。

通过上述研究可以发现，现有研究存在以下不足：第一，在现有研究中，对数字经济与 GTFP 关系的探究大多集中于城市等陆域层面，较少涉及海域层面，研究数字经济与海洋绿色全要素生产率关系的文章相对缺乏；第二，现有学者开始从理论角度去研究数字经济对海洋绿色全要素生产率影响的作用机制，但探究二者关系的实证性文章相对较

少。基于此，和现有文献相比，本文边际贡献可能在于：第一，在指标体系的构建上，本文从海洋空间、生物、矿产、能源、旅游及基础设施等方面构建了全新的海洋绿色全要素生产率的指标体系，丰富了现有的研究内容；第二，在研究视角上，相比已有文献更多聚焦于城市层面的绿色全要素生产率，本文从理论和实证两个方面探讨了数字经济对海洋绿色全要素生产率的影响效应和作用机制，在一定程度上丰富了数字经济效应的内容；第三，在研究机制方面，运用中介效应模型，从市场化程度和产业结构升级两个角度分析了数字经济对海洋绿色全要素生产率的影响机制，可为海洋经济高质量发展提供经验借鉴。

1 理论机制分析

1.1 数字经济与海洋绿色全要素生产率

数字经济对海洋绿色全要素生产率的直接影响可以从供给端、消费端、监管端以及宏观经济四个层面进行阐述(图 1)。在供给端，一方面，数字经济能够推进海洋企业运营的数字化转型，渗透企业供应链、产业链的每个环节，提高资源的利用效率，减少非期望产出，进而提高海洋绿色全要素生产率。通过应用人工智能等数字技术，企业能够有效监测、整合分散在各部分的数据，并对信息进行处理及管理[17]，从而优化生产过程，减少资源浪费。如，对于渔业而言，卫星定位和大数据分析等数字技术的应用能够帮助将捕捞点定位在鱼群丰富的地区，减少搜索时间，从而提高捕鱼的效率，与此同时，减少对未成熟鱼群的捕捞，促进海洋经济的高效发展。另一方面，数字技术的广泛应用会推动海洋企业进行绿色技术的创新以及绿色产品的开发，从而提高企业竞争优势，促使消费行为向绿色方向转变，最终促进海洋经济的可持续发展[18]。在消费端，数字经济的发展会提高信息透明度，带动绿色消费，促进海洋绿色高质量发展。通过在线平台和应用程序，消费者能够轻松获得海洋产品的来源、碳足迹等各方面的信息，从而便于做出可持续的购买决策。另外，数字技术会让环保观念得到更为广泛的传播，驱动消费者转向购买绿色海洋产品，倒逼高污染、高能耗企业改革，增加海洋绿色产品的供应量，从而减少环境污染[19]。在监管端，数字技术的开放性和实时性提高了政府监管和社会监管的效率，对海洋绿色全要素生产率具有促进作用[20]。具体而言，在遥感卫星、物联网传感器等方面的数字技术的应用能够提供实时、精准的海洋环境数据信息，政府通过这些数据便于动态监测海洋污染及资源的利用等情况，减少环境监管中信息的不对称问题，从而更好地做出监管决策，提高海洋生态环境的治理水平。对于社会监管而言，数字经济本身所具有的开放性使政府能及时在平台上发布海洋资源及环境保护方面的信息，增加信息的透明度，鼓励社会公众参与到海洋环境保护的建设中，完善环保监督体系，实现各方协同治理。在宏观经济方面，随着数字经济的发展及规模的扩张，我国资源配置效率得到提高，资源配置方式及经济增长模式发生根本性转变，推动经济增长模式从传统的、以资源及能源为基础的要素驱动型向以知识、创新和技术为驱动的绿色增长模式转变，进而促进绿色可持续发展，提高海洋绿色全要素生产率[21]。根据上述分析作出如下假设：

假设 1：数字经济对海洋绿色全要素生产率具有正向促进作用。

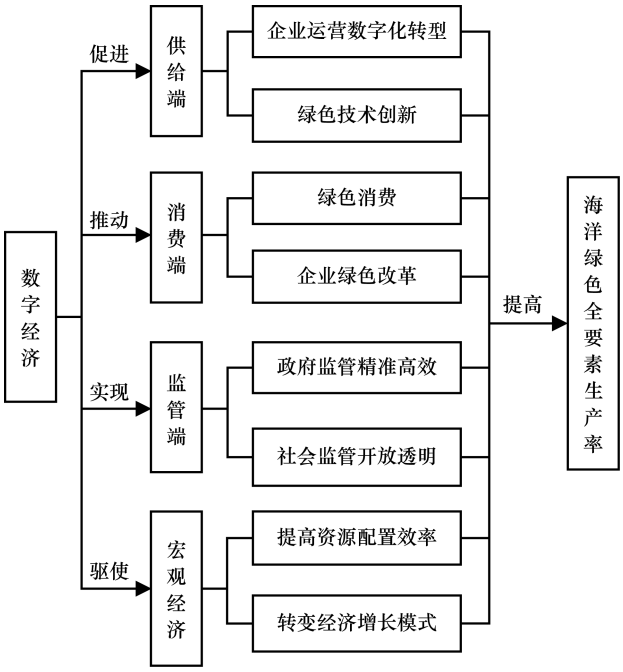

图 1 数字经济对海洋绿色全要素生产率的直接影响

Fig.1 The direct impact of digital economy on marine green total factor productivity

1.2　数字经济影响海洋绿色全要素生产率的传导机制

本文认为数字经济主要通过优化产业结构以及提高市场化程度影响海洋绿色全要素生产率(图 2)，具体而言：

在产业结构优化效应方面，数字经济主要是从数字产业化及产业数字化两个角度实现产业结构的跨越升级进而提高海洋绿色全要素生产率。对于数字产业化而言，随着数字经济的发展与成熟，数字经济会催生出大批与大数据密切关联的新业态和新模式，促进新兴产业的诞生及繁荣[22]，如，海洋生物医药业、海洋能源开发等。这些新兴产业以现代信息技术为载体，意味着较低的能耗、较少的污染、较高的效率及附加值，直接推动了海洋产业结构的调整升级，最终会促使海洋经济向绿色高质量方向转变。从产业数字化角度来说，数字经济能为传统海洋产业的数字化转型提供关键技术支撑，促进数字技术与传统海洋产业的深度融合，加速资源的重新组合及优化配置，提高传统海洋产业的运营效率和生产力，推动产业间的协同和整合，淘汰落后产业，进而实现海洋产业向更高级、绿色和创新的方向发展[23-24]。综合来看，数字产业化及产业数字化共同作用于海洋产业结构，推动投入要素由低生产率部门向高生产率部门转移，缓解要素错配，并形成新产业，对海洋绿色全要素生产率具有正向作用。

在市场效应方面，数字经济通过改善信息交流、强化市场竞争以及现代化监管去提高海洋市场化程度，进而促进海洋绿色全要素生产率。首先，数字经济通过搭建高效的数字化信息交流平台，能够缓解海洋市场中的信息不对称问题。以人工智能、云计算等数字技术为技术支撑，数字化平台将时空的限制打破，把买卖双方的供需信息汇聚到一起，消费者的需求信息能直接且迅速传递到厂商的面前，供给商无须增加对信息的调研、搜集、传输及匹配的成本[25]，从而降低了双方的交易成本，同时消费者也能随时表达自己的个性化及多样化需求，激发市场活力，最终海洋市场的运行效率得到提高。其次，数字经济加强了海洋市场主体之间的竞争，提高了市场化程度。数字经济能突破传统海洋市场的地域限制，降低企业的进入门槛，使更多的市场主体加入数字海洋市场中去，激发创业活跃度，进而促进市场活力及动态竞争。在这样的环境下，企业需要被迫提升自己各方面的竞争能力，提高生产效率，最终会促进产品质量的提升和整个海洋市场效率的提高。最后，数字经济通过加强海洋市场监管促进海洋市场效率的提高，推动海洋经济的可持续健康发展。数字化监管可以更有效地监控市场行为，预防及打击海洋方面的非法活动，提高监管效率，增强海洋市场的透明性及公正性，对海洋市场的市场化程度具有积极影响。随着市场化程度的提升，资本和劳动力等资源会从低效率的海洋产业向高效率的海洋产业流动，技术进步和创新得到鼓励，企业和地区间的合作愈加频繁，信息和知识加速传播，进而非期望产出和环境污染得到减少，海洋绿色经济效率得到提升。因此，根据上述分析作出如下假设：

假设 2：数字经济对海洋绿色全要素生产率的正向作用，是通过优化产业结构以及提升市场化程度去实现的。

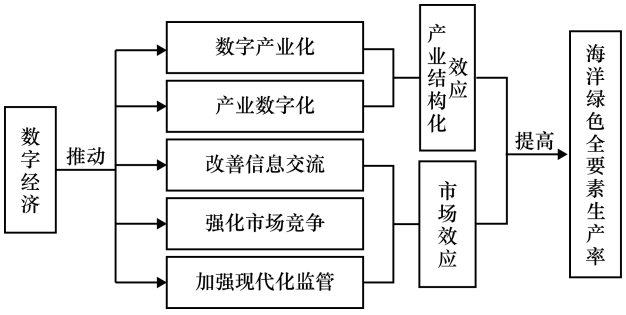

图 2　数字经济影响海洋绿色全要素生产率的传导机制

Fig.2　The transmission mechanism of digital economy affecting marine green total factor productivity

2　研究设计

2.1　变量选取与说明

2.1.1　被解释变量

本文的被解释变量是海洋绿色全要素生产率($GTFP$)，参考 OH(2010)构造的 GML 指数[26]，采用 SBM 方向性距离函数的 DEA 方法对 2011—2020 年中国沿海地区的海洋绿色全要素生产率进

行测度。①投入指标。借鉴赵昕等(2023)、丁黎黎等(2014)、孙才志(2022)[27-29]的指标体系的构建,将投入指标分为三层:劳动投入、资本投入及资源投入。其中,劳动投入用涉海就业人数去衡量,资本投入用海洋经济物质资本存量表示,资源投入涉及海洋空间、生物、矿产、能源、旅游等资源的投入,用熵值法计算的资源综合指数衡量,涉及的指标如表 1 所示。海洋经济物质资本存量的估算,是以沿海地区物质资本存量为基础数据,并以海洋生产总值占地区生产总值的比重进行折算。而沿海地区物质资本存量的估算借鉴张军等[30]的做法,测度的方法为永续盘存法。②产出指标。将产出指标分为期望和非期望两个维度。本文以海洋生产总值作为期望产出,将海洋工业废水排放量、海洋工业固体废弃物排放量以及海洋工业二氧化硫排放量折算为环境污染综合指数,作为非期望产出。其中,海洋工业废水排放量等三个指标都是用沿海地区基础数据与海洋生产总值占省份生产总值的比重的乘积计算得出的。

表 1 海洋绿色全要素生产率的指标体系

Table 1 Indicator system for marine green total factor productivity

指标	一级指标	二级指标	三级指标
投入指标	劳动投入	涉海就业人数	涉海就业人数
	资本投入	海洋经济物质资本存量	海洋经济物质资本存量
	资源投入	资源综合指数	海水养殖面积
			海洋捕捞产量
			海水养殖产量
			海洋天然气消耗量
			海洋原油消耗量
			海洋电力消耗量
			滨海旅行社数量
			沿海港口货物吞吐量
产出指标	期望产出	海洋生产总值	海洋生产总值
	非期望产出	环境污染综合指数	海洋工业废水排放量
			海洋工业固体废弃物排放量
			海洋工业二氧化硫排放量

2.1.2 解释变量

本文的解释变量是数字经济(*Dige*),采用赵涛等(2020)[3]的做法,从互联网发展和数字金融普惠两个角度构建指标体系,并用熵值法进行测度。具体而言,指标体系包括的指标有百人中互联网宽带接入用户数、信息传输、软件和信息技术服务业城镇单位就业人员比重、人均电信业务量、百人中移动电话用户数及数字普惠金融指数。

2.1.3 中介变量

本文的中介变量是市场化程度(*Market*)和产业结构(*Ins*)。市场化程度用沿海地区私营及个体就业人数之和在总就业人数中的占比来表示。产业结构分为产业结构高级化和产业结构合理化,参考干春晖等(2011)[31]的做法,产业结构高级化(*Insh*)用第三产业增加值与第二产业增加值的比值表示,产业结构合理化(*Insr*)用泰尔指数的倒数来衡量。

2.1.4 控制变量

参考纪玉俊等(2022)、冯兰刚等(2023)的研究[32-33],本文选取的控制变量有 6 个,分别是:①金融发展程度(*Finance*),用金融机构存贷款规模与 GDP 的比值表示。金融发展水平的提高可能伴随着金融资源的错配,金融资本过多流向高污染及高能耗的海洋产业中去,最终不利于海洋绿色全要素

生产率的提高。②海洋经济发展水平（Gop）：用海洋生产总值与国内生产总值之比衡量。如果海洋经济发展是以损害海洋环境为代价，可能会不利于海洋绿色发展。③科技发展水平：用地区财政中科技支出的金额占财政一般预算支出的比重来测度。④财政分权度（$Finadp$）：用地方财政一般预算支出比地方财政一般预算收入的值表示。财政分权度的提高意味着地方政府对财政支出方面的自由度增强，在海洋高质量发展的大背景下，地方政府可能会提高对海洋环境保护及海洋资源利用的投入，从而对海洋绿色全要素生产率产生正向影响。⑤人口密度（$Human$）：用地区总人口数与地区行政区划面积的对数表示。人口密度的提高不可避免伴随着海洋资源的过度开发利用，可能不利于海洋经济绿色发展。

2.2　计量模型的设定

为了实证上述数字经济影响海洋绿色全要素生产率的理论机制，本文设定基准模型如下：

$$GTFP_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 Dige_{it} + \alpha_2 X_{it} + \theta_i + \mu_t + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

其中，$GTFP_{it}$ 表示海洋绿色全要素生产率，$Dige_{it}$ 衡量的是数字经济发展水平，i 和 t 分别表示省份及时间，X_{it} 是控制变量的集合。可能会存在一些因素会随着时间和地区变动，从而会对模型产生冲击，因此，在模型中加入地区固定效应θ_i 以及时间固定效应μ_t，ε_{it} 是随机扰动项。

进一步，为了验证假设 2，探究数字经济对海洋绿色全要素生产率的间接效应，借鉴温忠麟等（2004）的做法[34]，构建如下中介模型：

$$Med_{it} = \lambda_0 + \lambda_1 Dige_{it} + \lambda_2 X_{it} + \theta_i + \mu_t + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

$$GTFP_{it} = \beta_0 + \beta_1 Dige_{it} + \beta_2 Med_{it} + \beta_3 X_{it} + \theta_i + \mu_t + \varepsilon_{it} \quad (3)$$

其中，Med_{it} 为中介变量，其他变量的表示与上文描述一致。

2.3　数据来源

根据数据的可得性，本文选取 2011—2020 年沿海地区 11 个省（自治区、直辖市）的数据为样本进行研究，该 11 个省（自治区、直辖市）为河北、辽宁、山东、江苏、浙江、天津、上海、福建、广西、广东及海南。数据来源为《中国统计年鉴》《中国海洋统计年鉴》《中国环境统计年鉴》《中国能源统计年鉴》。其中，针对“涉海就业人数”“沿海地区工业废水排放量”两个指标，部分缺失值采用插值法补全，以保证数据的完整性及连续性。

3　实证分析

3.1　基准回归结果

表 2　基准回归结果

Table 2　Baseline regression results

变量	(1)	(2)	(3)	(4)
	GTFP	*GTFP*	*GTFP*	*GTFP*
Dige	1.000 2***	1.015 2***	1.095 5***	0.820 9***
	(0.064 9)	(0.101 2)	(0.350 3)	(0.232 2)
Finance		−0.007 0		−0.107 8***
		(0.031 3)		(0.029 0)
Gop		−0.807 9**		−5.101 5***
		(0.345 4)		(0.476 4)
Tech		−3.018 1		−0.619 5
		(1.978 6)		(1.527 5)
Finadp		−0.075 2		0.468 2*
		(0.260 3)		(0.251 4)
Human		0.128 7*		−1.429 7**
		(0.071 7)		(0.587 1)
Constant	1.079 4***	0.562 6*	0.993 0***	10.865 5***
	(0.028 4)	(0.300 8)	(0.042 7)	(3.600 2)
个体固定效应	否	否	是	是
时间固定效应	否	否	是	是
N	110	110	110	110
$Adj.R^2$			0.754 1	0.909 9

注：*、** 和 *** 分别表示估计数值在 10%、5% 和 1% 的水平上显著，括号内为标准误。

表 2 列（1）和列（2）为随机效应的回归结果，列（3）和列（4）为固定效应的回归结果。根据 Hausman 检验，P 值小于 0.01，因此主要选取固定效应模型的回归结果进行解释。列（4）结果显示：核心解释变量数字经济的回归系数显著为正，表明

数字经济对海洋绿色全要素生产率的提升有积极影响，数字经济每增加 1，海洋绿色全要素生产率增加 0.820 9。另外，无论选取哪种模型以及是否加入控制变量，表 1 结果均显示数字经济的系数在 1% 的水平上显著为正，其发展有利于海洋绿色全要素生产率的提升，可见该结果具备一定的稳健性，假设 1 得证。在数字经济高速发展的大背景下，数字经济能将生产至消费的全过程串联起来，从供应端、消费端、监管端及宏观经济各个角度去降低对资源的依赖，同时增加经济效益，并减少环境污染，最终促进海洋绿色全要素生产率的提升。

在控制变量方面，除了科技发展水平，其他控制变量的系数均显著。其中，金融发展水平及海洋经济发展水平的系数都在 1% 的水平上显著为负，说明二者的提高不利于海洋绿色全要素生产率的发展，与预期相符；人口密度的系数显著为负，财政分权度对海洋绿色全要素生产率的影响显著为正，与预期相符；科技发展水平对海洋绿色全要素生产率的负向影响不显著。

3.2 稳健性检验

本文采取以下三种方法稳健性检验。第一，替换核心解释变量。参考管红波(2022)的做法[35]，采用 Topsis 法重新测度数字经济指数。第二，删除异常数据。中国在 2011 年进行了第二次宽带提速，为了消除这一外部事件的影响，本文删除 2011 年的样本数据重新进行回归。第三，内生性处理。为了解决回归分析中可能存在的内生性问题，借鉴 CHEN (2023)的做法[12]，选取数字经济变量的滞后一期值作为工具变量对模型进行重新估计。表 3 的回归结果显示：无论采用哪种方法，数字经济的回归系数均显著为正，数字经济对海洋绿色全要素生产率具有积极影响的结果始终未改变，表明基准回归结果是稳健的。

表 3 稳健性检验回归结果

Table 3 Robustness test regression results

变量	替换解释变量	删除异常数据	内生性处理
	(1)	(2)	(3)
Dige	0.858 4***	0.746 3***	0.684 2***
	(0.276 4)	(0.247 7)	(0.232 7)
控制变量	是	是	是
个体固定效应	是	是	是
时间固定效应	是	是	是
N	110	99	99
$Adj.R^2$	0.907 1	0.893 7	0.906 7

注：*、** 和 *** 分别表示估计数值在 10%、5% 和 1% 的水平上显著，括号内为标准误。

3.3 异质性分析

考虑到数字经济对海洋绿色全要素生产率的影响可能会因为不同区域以及地区环境规制强度的不同而存在差异，本文参照杜军等(2020)的做法[8]，以长江流域作为分界线，将中国沿海地区分为长江流域以南沿海地区及长江流域以北沿海地区。其中，长江流域以南沿海地区包括江苏、浙江、上海、福建、广西、广东及海南；长江流域以北沿海地区包括河北、辽宁、山东及天津。借鉴魏丽莉等(2022)的研究[36]，本文环境规制强度的衡量方式是地区一般工业固体废物综合利用率，基于环境规制强度的平均数将样本分成两组：当地区环境规制强度小于平均数，该地区属于环境规制较弱地区。当地区环境规制强度不小于平均数，则表明该地区环境规制较强。

表 4 为不同区域以及不同环境规制强度地区的回归结果。列(1)至列(2)显示数字经济对长江流域以南沿海地区的海洋绿色全要素生产率的影响显著为正，对长江流域以北沿海地区的作用不显著。不显著的原因可能在于：首先，相对于长江流域以南沿海地区，长江流域以北地区的数字经济发展水平较低，数字基础设施建设及数字应用普及率相对滞后，可能未形成规模效应，这会影响数字经济对海洋绿色发展的促进作用；其次，长江流域以北沿海地区的传统海洋产业相对占比较大，绿色转型面临的阻碍较多，这可能会削弱数字经济的绿色效应；最后，环境保护意识的差异可能也是显著性差异的原因之一：长江流域以南地区经济相对更为发达，大多数城市基本完成了工业化进程，意味着

可能更能深刻意识到绿色发展的重要性，并且会在绿色技术创新等多方面去做出努力，而长江流域以北地区可能在这方面的进展相对较慢，最终呈现不显著的结果。列(3)和列(4)显示，对于环境规制较强的地区，数字经济的发展有利于其海洋绿色全要素生产率的提升，但是数字经济对环境规制较低地区的促进作用不明显，这表明较高的环境规制水平对释放数字经济的环境红利有积极作用。

表 4　异质性回归结果

Table 4　Heterogeneous regression results

变量	区域异质性		环境规制异质性	
	长江流域以南沿海地区	长江流域以北沿海地区	环境规制较高沿海地区	环境规制较低沿海地区
	(1)	(2)	(3)	(4)
Dige	1.650 5***	−0.202 1	0.707 0*	0.24 27
	(0.319 8)	(0.365 0)	(0.357 9)	(0.679 0)
控制变量	是	是	是	是
时间固定效应	是	是	是	是
个体固定效应	是	是	是	是
N	70	40	64	46
$Adj.R^2$	0.944 8	0.925 3	0.919 1	0.870 4

注：*、** 和 *** 分别表示估计数值在 10%、5% 和 1% 的水平上显著，括号内为标准误。

3.4　中介效应

3.4.1　市场化程度的中介效应检验

从表 5 列(2)可以看出，数字经济的系数为正，且在 1% 的水平上显著，说明数字经济的发展对市场化程度的提升具有促进作用，列(3)中数字经济发展水平和市场化程度对海洋绿色全要素生产率的正向影响均显著，且列(3)数字经济发展水平的系数小于列(1)的系数，这些都表明市场化程度在数字经济的发展对海洋绿色全要素生产率的促进作用中起到部分中介的作用，并且市场化作用的中介效应为 0.127 9，占总效应的 15.6%，假设 2 得证。

表 5　市场化的中介效应结果

Table 5　The intermediary effect of marketization

变量	*GTFP*	*Market*	*GTFP*
	(1)	(2)	(3)
Dige	0.820 9***	0.331 5***	0.689 7***
	(0.232 2)	(0.116 5)	(0.240 1)
Market			0.385 7*
			(0.217 2)
控制变量	是	是	是
个体固定效应	是	是	是
时间固定效应	是	是	是
N	110	110	110
$Adj.R^2$	0.909 9	0.669 6	0.912 4

注：*、** 和 *** 分别表示估计数值在 10%、5% 和 1% 的水平上显著，括号内为标准误。

3.4.2　产业结构的中介效应检验

产业结构优化有“质”和“量”两个维度，其中“质”是指产业结构的合理化，“量”是指产业结构的高级化[37]。从表 6 列(2)和列(3)可以看出，数字经济可以通过产业结构合理化影响海洋绿色全要素生产率，进而促进海洋经济的可持续发展。在表 6 列(4)中，数字经济对产业结构高级化在 1% 的水平上具有正向影响，但在表 6 列(5)中，产业结构高级化对海洋绿色全要素生产率的作用不显著。这说明，产业结构高级化的中介效应是不存在的，数字经济带来产业结构高级化的环境红利暂时未显现出来。原因可能在于，像海洋渔业、海产品加工等传统海洋产业，它们面临着众多技术和成本等的挑战，在数字化转型方面的进展相对较慢。而一些技术密集型和创新驱动型产业，因其本身的特性，率先实现转型，但其比重相对较低，最终导致了不显著的结果。综合来看，数字经济可以通过优化产业结构推动海洋绿色全要素生产率的提高，但只能通过产业结构合理化去传导，不能通过产业结构高级化传导。

表 6 产业结构的中介效应结果

Table 6 The results of the intermediary effect of industrial structure

变量	*GTFP*	*Insr*	*GTFP*	*Insh*	*GTFP*
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Dige	0.820 9***	0.516 7***	0.500 8**	1.213 4***	0.741 7***
	(0.232 2)	(0.150 2)	(0.229 0)	(0.383 2)	(0.246 1)
Insr			0.619 4***		
			(0.157 4)		
Insh					0.065 3
					(0.067 0)
控制变量	是	是	是	是	是
个体固定效应	是	是	是	是	是
时间固定效应	是	是	是	是	是
N	110	110	110	110	110
$Adj.R^2$	0.909 9	0.664 8	0.923 4	0.804 1	0.909 9

注：*、** 和 *** 分别表示估计数值在 10%、5% 和 1% 的水平上显著，括号内为标准误。

4 结论和政策建议

考虑到海洋经济高质量发展的大背景以及数字经济在实现绿色转型上的独特优势，本文以 2011—2020 年沿海 11 省（自治区、直辖市）的面板数据为样本，从理论和实证两个层面探究了数字经济对海洋绿色全要素生产率的作用及传导路径，相关结论及政策建议如下：

第一，数字经济的发展对提升海洋绿色全要素生产率具有积极影响，且经过一系列检验该结果是稳健的。因此，为了充分发挥数字经济对海洋绿色发展的助力作用，政府应加强顶层设计，从硬环境和软环境两个方面持续推动数字中国的发展。在硬环境方面，应持续完善 5G、云计算平台等新型数字基础设施建设，促进数字经济在海洋经济的深入应用；在软环境方面，一是需加大对数字经济领域和数字人才的支持力度，鼓励高校、科研机构及企业三方合作进行技术创新及成果，努力营造良好的数字研发环境；二是建立健全数字经济相关法律法规，加强对数字经济市场的监管，助力海洋经济高质量发展；三是推进教育信息化，将数字技能纳入基础教育及职业教育的培养体系中去，为数字经济发展提供足够的人才储备。

第二，数字经济能通过提升市场化水平带动海洋绿色全要素生产率的增长。因此，在充分发挥数字经济的优势的同时，需要创造开放公平的海洋市场环境，降低生产要素的流动壁垒，确保新进入者和小型企业都能和大型企业一样平等参与市场竞争，进而提升市场效率，促进知识共享，从而为数字经济赋能海洋绿色高质量发展扫清障碍。

第三，产业结构的优化是数字经济促进海洋绿色全要素生产率的重要传导机制，但只能通过产业结构合理化传导，数字经济带来的产业结构高级化的环境红利尚未显现。因此，在“建设数字中国”的战略框架下，政府应优化海洋产业结构，充分发挥数字经济在其转型升级中的重要作用，尤其是解决好传统海洋产业数字化转型困难的问题，具体包括：一是引导数字经济与传统海洋产业的深度融合，推动传统海洋产业链各环节的数字化整合；二是利用好价格补贴、税收优惠等政策工具，从需求端和供给端倒逼传统海洋产业绿色转型。

第四，数字经济对长江流域以南沿海地区的海洋绿色全要素生产率的提升具有积极影响，对长江流域以北沿海地区的影响不显著，而在环境规制较强的地区，作用效果更显著。因此，为避免数字经济发展所带来的“数字鸿沟”问题，各地区应该制定差异化的数字经济政策。对于长江流域以南沿海地区，应加大对科技攻关的力度，抢占数字产业链制高点，推动产业向价值链高端攀升；对于长江流域以北沿海地区，在加大数字经济投入的同时，应保证质量，避免陷入“大而不强，快而不优”的局面。同时，鉴于环境规制在数字经济的环境红利中的助推作用，应加强环境监管，推动数字技术在环境监测方面的应用，强化数字经济的海洋绿色发展效应。

参考文献(References)：

[1] 杜欣.数字经济促进碳减排的机制与效应——基于绿色技术进步视角的经验考察[J].科技进步与对策，2023，40(19)：22－32.
DU Xin. The mechanism and effect of digital economy to promote CO_2 emission reduction：an empirical investigation based on the green technological progress[J].Science & Technology Progress and Policy，2023，40(19)：22－32.

[2] 刘强，马彦瑞，徐生霞.数字经济发展是否提高了中国绿色经济效率？[J].中国人口·资源与环境，2022，32(3)：72－85.
LIU Qiang，MA Yanrui，XU Shengxia.Has the development of digital economy improved the efficiency of China's green economy? [J]. China Population，Resources and Environment，2022，32(3)：72－85.

[3] 赵涛，张智，梁上坤.数字经济、创业活跃度与高质量发展——来自中国城市的经验证据[J].管理世界，2020，36(10)：65－76.
ZHAO Tao，ZHANG Zhi，LIANG Shangkun. Digital economy，entrepreneurship，and high-quality economic development：empirical evidence from urban China[J].Journal of Management World，2020，36(10)：65－76.

[4] 汪克亮，孙孟雅.中国海洋绿色经济效率动态演进及收敛性分析[J].海洋开发与管理，2023，40(5)：90－99.
WANG Keliang，SUN Mengya. Dynamic evolution and convergence analysis of China's marine green economic efficiency[J].Ocean Development and Management，2023，40(5)：90－99.

[5] 孙才志，张少芳.中国海洋经济包容性与效率的协同关系[J].经济地理，2023，43(5)：57－67.
SUN Caizhi，ZHANG Shaofang. Synergistic relationship between inclusiveness and efficiency of China's marine economy[J].Economic Geography，2023，43(5)：57－67.

[6] 盖美，岳鹏，杨茼菲.环渤海地区海洋生态环境评价及影响因素识别[J].资源科学，2022，44(8)：1645－1662.
GAI Mei，YUE Peng，YANG Qingfei. Assessment of marine ecological environment and identification of influencing factors in the Bohai Rim region[J].Resources Science，2022，44(8)：1645－1662.

[7] 秦琳贵，沈体雁.科技创新促进中国海洋经济高质量发展了吗——基于科技创新对海洋经济绿色全要素生产率影响的实证检验[J].科技进步与对策，2020，37(9)：105－112.
QIN Lingui，SHEN Tiyan. Does technological innovation promote the high quality development of China's marine economy：empirical test based on effect of technological innovation on GTFP[J].Science & Technology Progress and Policy，2020，37(9)：105－112.

[8] 杜军，寇佳丽，赵培阳.海洋环境规制、海洋科技创新与海洋经济绿色全要素生产率——基于 DEA-Malmquist 指数与 PVAR 模型分析[J].生态经济，2020，36(1)：144－153.
DU Jun，KOU Jiali，ZHAO Peiyang. Marine environmental regulation，marine science and technology innovation and marine economic green total factor productivity：an analysis based on DEA-Malmquist index and PVAR model[J].Ecological Economy，2020，36(1)：144－153.

[9] 郑慧，王双.外商直接投资对海洋绿色经济效率的人力资本门槛效应研究[J].中国海洋大学学报(社会科学版)，2021(3)：50－58.
ZHENG Hui，WANG Shuang. The research on human capital threshold effect of FDI on marine green economy efficiency[J].Journal of Ocean University of China(Social Sciences)，2021 (3)：50－58.

[10] LIU Y，YANG Y，Li H，et al. Digital economy development，industrial structure upgrading and green total factor productivity：empirical evidence from China's cities[J]. International Journal of Environmental Research and Public Health，2022，19(4)：2414.

[11] 刘艳霞.数字经济赋能企业高质量发展——基于企业全要素生产率的经验证据[J].改革，2022(9)：35－53.
LIU Yanxia. Digital economy enables high-quality development of enterprises：empirical evidence based on total factor productivity of enterprises[J].Reform，2022 (9)：35－53.

[12] CHEN S，YANG Y，WU T. Digital economy and green total factor productivity：based on the empirical research on the resource-based cities[J]. Environmental Science and Pollution Research，2023，30(16)：47394－47407.

[13] 张英浩，汪明峰，崔璐明，等.数字经济水平对中国市域绿色全要素生产率的影响[J].经济地理，2022，42(9)：33－42.
ZHANG Yinghao，WANG Mingfeng，CUI Luming，et al. Impact of the digital economy on green total factor productivity in Chinese cities[J].Economic Geography，2022，42(9)：33－42.

[14] 曹俐，王梦瑶.数字经济助推海洋渔业高质量发展——基于产业结构升级的中介效应检验[J].海洋开发与管理，2022，39(12)：45－52.
CAO Li，WANG Mengyao. The digital economy has boosted the high-quality development of marine fisheries：mediating effect test based on industrial structure upgrading[J].Ocean Development and Management，2022，39(12)：45－52.

[15] 刘素荣，周昭，霍江林.数字经济、海洋科技创新与海洋经济高质量发展——基于面板门槛回归模型的实证检验[J].中国石油大学学报

(社会科学版)，2023，39(3)：71－81.

LIU Surong，ZHOU Zhao，HUO Jianglin. Digital economy，marine science and technology innovation and high-quality development of marine economy：empirical test based on panel threshold regression model[J].Journal of China University of Petroleum (Edition of Social Sciences)，2023，39(3)：71－81.

[16] 伏开宝，丁正率，郭玉华.数字经济、产业升级与海洋经济高质量发展[J].价格理论与实践，2022(5)：78－81.

FU Kaibao，DING Zhengshuai，GUO Yuhua. Digital economy，industrial upgrading and high-quality development of marine economy [J].Price：Theory & Practice，2022(5)：78－81.

[17] 荆文君，孙宝文.数字经济促进经济高质量发展：一个理论分析框架[J].经济学家，2019(2)：66－73.

JING Wenjun，SUN Baowen. Digital economy promotes high-quality economic development：a theoretical analysis framework[J].Economist，2019(2)：66－73.

[18] 文丰安.数字经济发展、要素配置效率与城市绿色生产效率[J].产业经济研究，2023(3)：57－71.

WEN Feng'an. Digital economy development，factor allocation efficiency，and urban green productivity[J].Industrial EconomicsResearch，2023(3)：57－71.

[19] 钞小静，任保平.中国经济增长质量的时序变化与地区差异分析[J].经济研究，2011，46(4)：26－40.

CHAO Xiaojing，REN Baoping. The fluctuation and regional difference of quality of economic growth in China[J].Economic Research Journal，2011，46(4)：26－40.

[20] 刘维林，王艺斌.数字经济赋能城市绿色高质量发展的效应与机制研究[J].南方经济，2022(8)：73－91.

LIU Weilin，WANG Yibin. Effect and mechanism of digital economy empowering urban green and high-quality development[J].South China Journal of Economics，2022(8)：73－91.

[21] 赵巍.数字经济与城市绿色全要素生产率：作用机制与门槛效应[J].中国流通经济，2022，36(11)：15－26.

ZHAO Wei. Digital economy and green total factor productivity：impact mechanism and threshold effect[J].China Business and Market，2022，36(11)：15－26.

[22] 李宗显，杨千帆.数字经济如何影响中国经济高质量发展？[J].现代经济探讨，2021(7)：10－19.

LI Zongxian，YANG Qianfan. How does digital economy affect the high-quality development of China's economy? [J].Modern Economic Research，2021(7)：10－19.

[23] 孔令章，李金叶.数字经济发展对区域生态效率的影响研究[J].统计与决策，2023，39(20)：23－28.

KONG Lingzhang，LI Jinye. Study on the influence of digital economy development on regional eco-efficiency[J].Statistics & Decision，2023，39(20)：23－28.

[24] 蹇令香，苏宇凌，曹珊珊.数字经济驱动沿海地区海洋产业高质量发展研究[J].统计与信息论坛，2021，36(11)：28－40.

JIAN Lingxiang，SU Yuling，CAO Shanshan. Research on the digital economy driving the high-quality development of marine industry in coastal areas[J].Journal of Statistics and Information，2021，36(11)：28－40.

[25] 李江龙，杨秀汪，郭小叶.数字经济发展赋能城市绿色经济绩效——来自中国 282 个城市的经验证据[J].厦门大学学报(哲学社会科学版)，2023，73(4)：30－41.

LI Jianglong，YANG Xiuwang，GUO Xiaoye. Empowering green economic performance through digital economic development：evidence from 282 cities in China[J].Journal of Xiamen University(Arts & Social Sciences)，2023，73(4)：30－41.

[26] OH D.A global Malmquist-Luenberger productivity index[J].Journal of productivity analysis，2010，34：183－197.

[27] 赵昕，贾在珣，丁黎黎.多维视角下中国海洋经济绿色全要素生产率的空间异质性[J].资源科学，2023，45(3)：609－622.

ZHAO Xin，JIA Zaixun，DING Lili. Spatial heterogeneity of green total factor productivity of China's marine economy from a multidimensional perspective[J].Resources Science，2023，45(3)：609－622.

[28] 丁黎黎，朱琳，何广顺.中国海洋经济绿色全要素生产率测度及影响因素[J].中国科技论坛，2015(2)：72－78.

DING Lili，ZHU Lin，HE Guangshun. Measurement and influencing factors of green total factor productivity of marine economy in China[J].Forum on Science and Technology in China，2015(2)：72－78.

[29] 孙才志，李晓玮.中国沿海地区海洋经济效率与社会资本的交互响应关系[J].资源科学，2022，44(6)：1238－1251.

SUN Caizhi，LI Xiaowei. Interactive response relationship between marine economic efficiency and social capital in China's coastal areas [J].Resources Science，2022，44(6)：1238－1251.

[30] 张军，吴桂英，张吉鹏.中国省际物质资本存量估算：1952—2000[J].经济研究，2004(10)：35－44.

ZHANG Jun，WU Guiying，ZHANG Jipeng. The estimation of China's provincial capital stock：1952—2000[J].Economic Research Journal，2004 (10)：35－44.

[31] 干春晖，郑若谷，余典范.中国产业结构变迁对经济增长和波动的影响[J].经济研究，2011，46(5)：4－16＋31.
GAN Chunhui，ZHENG Ruogu，YU Dianfan. An empirical study on the effects of industrial structure on economic growth and fluctuations in China[J].Economic Research Journal，2011，46(5)：4－16＋31.

[32] 纪玉俊，唐庆超.海洋产业集聚对我国沿海地区绿色全要素生产率的影响研究[J].中国海洋大学学报(社会科学版)，2022(6)：21－33.
JI Yujun，TANG Qingchao.The impact of marine industrial agglomeration on green total factor productivity in China's coastal areas[J]. Journal of Ocean University of China(Social Sciences)，2022(6)：21－33.

[33] 冯兰刚，阳文丽，王忠，等.中国数字经济与城市碳排放强度：时空演化与作用机制[J].中国人口·资源与环境，2023，33(1)：150－160.
FENG Langang，YANG Wenli，WANG Zhong，et al. Digital economy and urban carbon emission intensity in China：spatio-temporal evolution and mechanisms[J].China Population，Resources and Environment，2023，33(1)：150－160.

[34] 温忠麟，张雷，侯杰泰，等.中介效应检验程序及其应用[J].心理学报，2004(5)：614－620.
WEN Zhonglin，ZHANG Lei，HOU Jietai，et al. Testing and application of the mediating effects[J].Acta Psychologica Sinica，2004 (5)：614－620.

[35] 管红波，李盼盼.数字经济促进海洋经济高质量发展空间效应研究——来自中国 11 个沿海省市的证据[J].价格理论与实践，2022(8)：173－177.
GUAN Hongbo，LI Panpan. Research on the direct and spatial effect of digital economy on the high-quality development of marine economy：evidence from 11 coastal provinces in China[J].Price：Theory & Practice，2022 (8)：173－177.

[36] 魏丽莉，侯宇琦. 数字经济对中国城市绿色发展的影响作用研究[J].数量经济技术经济研究，2022，39(8)：60－79.
WEI Lili，HOU Yuqi. Research on the impact of China's digital economy on urban green development[J].Journal of Quantitative & Technological Economics，2022，39(8)：60－79.

[37] 周林，杨云龙，刘伟.用产业政策推进发展与改革——关于设计现阶段我国产业政策的研究报告[J].经济研究，1987(3)：16－24.
ZHOU Lin，YANG Yunlong，LIU Wei. Promoting development and reform through industrial policy：a research report on the design of current industrial policy in China[J].Economic Research Journal，1987(3)：16－24.