

引用格式:仇荣山,韩立民,徐杰,等.环境规制对中国海水养殖业绿色转型的影响:基于动态面板模型的实证检验[J].资源科学,2022,44(8):1615-1629.[Qiu R S, Han L M, Xu J, et al. Impact of environmental regulations on the green transition of China's mariculture industry: Empirical test based on a dynamic panel model[J]. Resources Science, 2022, 44(8): 1615-1629.] DOI: 10.18402/resci.2022.08.07

# 环境规制对中国海水养殖业绿色转型的影响 ——基于动态面板模型的实证检验

仇荣山<sup>1</sup>,韩立民<sup>1,2</sup>,徐杰<sup>1</sup>,殷伟<sup>1</sup>

(1. 中国海洋大学管理学院,青岛 266100;2. 中国海洋大学海洋发展研究院,青岛 266100)

**摘要:**加快海水养殖业绿色转型对于全面推进海洋生态文明建设具有重要的现实意义,然而环境规制能否以及如何促进海水养殖业绿色转型尚无定论。本文以波特假说理论为基础,深入分析环境规制影响海水养殖业绿色转型的作用机制,以2009—2019年中国沿海地区省际面板数据为样本,采用基于系统GMM的动态面板模型和面板门限回归模型实证检验环境规制对海水养殖业绿色转型的影响。研究发现:①环境规制对海水养殖业绿色转型总体呈现先抑制后促进的“U”型非线性影响,且影响具有一定的滞后性。②不同环境规制对海水养殖业绿色转型的影响存在异质性,命令型环境规制对海水养殖业绿色转型产生先抑制后促进的“U”型非线性影响,市场型环境规制对海水养殖业绿色转型的影响在短期内不显著。③市场型环境规制对海水养殖业绿色转型的影响存在基于命令型环境规制的单门限效应,当命令型环境规制强度跨越阈值时,市场型环境规制对海水养殖业绿色转型的影响将失效。本文结论丰富了波特假说理论在海水养殖业方面的应用,为促进海洋环境治理与海水养殖业绿色转型双赢提供了有力的科学依据。

**关键词:**环境规制;海水养殖业;绿色转型;波特假说;系统GMM动态面板模型;门限回归模型

DOI: 10.18402/resci.2022.08.07

## 1 引言

中国是世界第一水产养殖大国,其产量占世界水产养殖总量的65%。2020年中国水产品养殖产量为5224.2万t,占中国水产品总产量的比重达79%以上,其中,海水养殖产量为2135.3万t,占水产养殖产量的41%。大力发展海水养殖业对于稳定海洋食物供给,特别是优质蛋白供给具有重大意义<sup>[1]</sup>,同时在优化农业结构、提高耕地和淡水资源使用效率、增加就业岗位、促进沿海地区经济发展等方面也具有重大战略价值<sup>[2]</sup>。然而,长期以来中国海水养殖业的经济增长主要依靠资本、劳动力等要素的密集投入,沿海地区20 m等深水区以内的海域、滩

涂长期保持高密度的粗放式养殖状态,近海生态环境承载力已濒临预警值,倒逼海水养殖业加快绿色转型。面对海洋环境的强约束,中国正在采取日趋严格的环境规制政策,大力加强海洋生态环境保护。2019年,多部委印发了《关于加快推进水产养殖业绿色发展的若干意见》,提出加快推进水产养殖业绿色转型的发展要求。2021年,生态环境部发布《关于加强海水养殖污染生态环境监管的意见》,进一步强化对海水养殖业污染治理的监管力度。在此背景下,深入分析环境规制对海水养殖业绿色转型的影响,探究不同环境规制对海水养殖业绿色转型影响的异质性和门限效应,对促进中国海水养

收稿日期:2022-05-24;修订日期:2022-07-25

基金项目:国家社会科学基金重大项目(21&ZD100);中央高校基本科研业务费专项(202061038);河南省高校人文社会科学研究一般项目(2023-ZZJH-016)。

作者简介:仇荣山,男,河南商丘人,博士研究生,研究方向为农业经济与海洋产业管理。E-mail: 397108486@qq.com

通讯作者:韩立民,男,山东东营人,教授,博士生导师,研究方向为海洋经济与区域经济。E-mail: cnqdhlm@163.com

殖业绿色转型,推进海洋生态文明建设有着重要的现实意义。

通过梳理现有文献发现,学术界关于环境规制是否能够促进产业绿色转型主要存在以下3种观点:①认为环境规制有利于产业绿色转型。适度的环境规制政策能够发挥“去污存清”的作用,能够将污染严重、生产率低的企业挤出市场,留下生产率高和污染低的企业,引导外商直接投资于绿色产业,促进产业的绿色转型<sup>[3-5]</sup>。②认为环境规制不利于产业绿色转型。在环境规制的约束下,污染治理费用的提升会导致企业成本增加,挤压企业的创新投资,进而抑制整个产业绿色全要素生产率的提升<sup>[6,7]</sup>。③认为环境规制与产业绿色转型并非是简单的线性关系,它们之间或存在一个或多个拐点<sup>[8,9]</sup>。聚焦在海洋产业,环境规制影响海洋产业绿色转型的相关研究多集中在环境规制与海洋产业结构、海洋科技创新等方面。①在环境规制与海洋产业结构方面,大部分学者认为环境规制对海洋产业结构的影响并非简单的线性关系,且环境规制对海洋产业结构的影响存在区域异质性<sup>[10]</sup>和工具异质性<sup>[11,12]</sup>。②在环境规制与海洋科技创新方面,杜军等<sup>[13]</sup>认为宏观层面中国海洋科技创新和环境规制呈互相促进关系;钱微雯等<sup>[14]</sup>则通过对比分析环渤海和长三角地区环境规制对海洋科技创新的影响,发现在环渤海地区命令控制型环境规制能够显著促进海洋科技创新,而在长三角地区经济激励型环境规制能够显著促进海洋科技创新。

综上所述,国内外学者从不同角度出发,针对环境规制与产业绿色转型展开了大量研究。然而相比环境规制作用于宏观经济层面和中观产业层面的探讨,从海水养殖业视角出发,探究环境规制对海水养殖业绿色转型影响的研究还相对不足。环境规制能否以及如何影响海水养殖业绿色转型?不同环境规制之间如何互相影响?这些问题有待进一步探究。基于此,本文力求从以下几个方面对现有研究进行拓展:①将波特假说理论拓展至海水养殖产业,从理论层面深入分析环境规制对海水养殖业绿色转型的影响以及不同环境规制对海水养殖业绿色转型影响的异质性和门限效应。②综合考虑环境规制与海水养殖业的相关性,创新性地构建具有政策同步性的代理变量复合指标体系,

综合测度环境规制强度。③综合考虑投饵型和非投饵型海水养殖生物不同的污染机制,客观评价中国海水养殖业绿色转型的时序变化和空间差异。④实证探究环境规制对海水养殖业绿色转型的影响,检验不同环境规制对海水养殖业绿色转型影响的异质性和门限效应,以期为推动海水养殖业绿色转型提供科学理论依据。

## 2 理论分析与研究假设

### 2.1 环境规制影响海水养殖业绿色转型的作用机制

环境资源是一种高度非排他性和非竞争性的公共物品,如果不加以限制地使用和消耗,这一公共物品就会引发“公地悲剧”,包括海洋环境污染在内的众多环境问题实际上是一种“公地悲剧”。海水养殖业是利用海洋进行水产品繁殖和养成的产业,其经济活动天然与海洋资源环境密不可分。由于缺乏有效的监管机制,海水养殖主体通常会通过加大养殖密度、滥用渔药、投喂低品质人工合成饲料等手段来控制养殖成本,从而造成严重的海洋环境污染。为了避免这一现象的发生,中央和地方政府出台了包括环境法律、行政法规以及环境标准等一系列环境规制来限制海洋环境污染行为。那么环境规制能够有效促进海水养殖业绿色转型吗?从波特假说理论来看,环境规制对海水养殖业绿色转型的影响主要通过两种效应来实现(图1):①创新补偿效应。政府通过采取一系列环境规制工具,如关停海水养殖尾水排放未达标的海水养殖建设项目,或者征收排污税、海域使用金,实行环保补贴、环保处罚等,对海水养殖高污染行为进行治理,倒逼海水养殖主体引进优良鱼种、转变养殖模式、创新养殖技术,从而抵消因环境规制而产生的环境成本,减少海洋环境污染,提高海水养殖业绿色生产效率,促进海水养殖业绿色转型。②遵循成本效

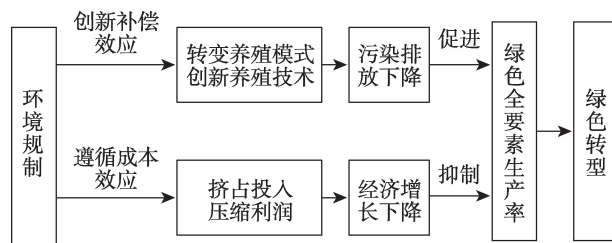


图1 环境规制影响海水养殖业绿色转型的作用机制

Figure 1 Mechanism of influence of environmental regulations on the green transition of the mariculture industry

2022年8月

应。环境规制的实施导致海水养殖主体的环境成本增加,从而挤占了其他生产要素的投入,减少了海水养殖主体的经济利润,对海水养殖业经济增长造成不利影响,在一定程度上降低了生产效率,从而抑制了海水养殖业的绿色转型。

由此可见,环境规制会通过创新补偿效应和遵循成本效应共同作用于海水养殖业绿色转型。当环境规制强度较弱时,海水养殖主体通常受遵循成本效应影响较大,进而对海水养殖业绿色转型产生抑制作用;当环境规制强度持续增大,创新补偿效应开始显现,海水养殖主体基于长期受益考虑,主动选择研发或引进高效养殖技术,并消化吸收为生产力,从而抵消因环境规制而产生的成本,对海水养殖业绿色转型产生促进作用。据此,本文提出如下假设:

H1:环境规制对海水养殖业绿色转型的影响存在“U”型非线性关系。

## 2.2 不同环境规制对海水养殖业绿色转型影响的异质性

纵观中国环境规制的历史实践,可以将环境规制按照其对经济主体排污行为的不同约束方式划分为命令型环境规制、市场型环境规制和公众型环境规制<sup>[15,16]</sup>。在海水养殖业中,由于海水养殖排污处理成本较高,海水养殖主体自愿处理的可能性较低,且海水养殖污水排海对公众生活影响较小,鲜有公众参与监督举报,故本文不考虑公众型环境规制对海水养殖业绿色转型的影响。具体环境规制工具及其分类如表1所示。

命令型环境规制是最早被采用的一种环境规制方式,旨在直接影响排污者的环境绩效,政府主要依据国家关于环境保护方面的法律法规与政策

标准来规定企业必须遵守排污目标、标准和技术,从而促使相关主体采取减少环境污染的行为<sup>[17]</sup>。命令型环境规制对海水养殖业绿色转型的影响主要体现为一种“倒逼”机制:海水养殖排污标准、海上保护区划定等一系列环境政策制度的实施,能够淘汰一部分治污能力差的小规模海水养殖主体,倒逼海水养殖主体设置“环保门槛”,放弃落后的养殖方式,缩减排污量大的养殖品种,改善海洋水体环境。这种环境规制具有较强的时效性与命令性,养殖主体几乎没有选择权,短期内能够迅速改善环境问题,使绿色全要素生产率得以快速提升。但由于执行成本过高,命令型环境规制无法提供长期的动态监督,从而造成效果损失。

市场型环境规制通常运用经济手段,通过市场信号引导企业在追求利润最大化的过程中,积极寻找减少污染排放的技术和方法,使环境污染控制成本降到最低<sup>[18,19]</sup>。市场型环境规制对海水养殖业绿色转型的影响主要体现为一种“激励”机制:市场型环境规制并不规定相应的污染控制标准和技术,而是紧密地利用市场机制,通过调整海域使用金、渔业补贴、养殖排污费等,引导海水养殖主体在追求自身经济效益最大化的过程中减少污染排放。从政策效果来看,市场型环境规制对海水养殖业绿色转型的影响比命令型环境规制更具持久性,能够对海水养殖主体产生持续的刺激,促使其更加积极主动地寻找减少污染排放的技术和方法。据此,本文提出如下假设:

H2:命令型环境规制与市场型环境规制对海水养殖业绿色转型存在异质性影响。

## 2.3 不同环境规制之间的门限效应

在海水养殖业绿色转型过程中,环境规制通过

表1 主要环境规制工具

Table 1 Main environmental regulation tools

环境规制类型	工具种类	主要工具
命令型环境规制	禁令	水污染防治法(1984、1996、2006年),伏季休渔制度(1995年),海洋保护区(1995、2012年)
	环境评价	环境影响评价制度(1979、1989、2003年),城市环境综合整治定量考核制度(1988年)
	环境标准	海水水质标准(1982、1997年),污水综合排放标准(1988、1996、2006年),海洋沉积物质量标准(2002年),船舶水污染防治技术政策(2018年),污染物总量减排核算(2018年)
市场型环境规制	税费	资源税(1993年),海域使用金(2001年),排污费(1982、1988、2003、2014年),环境保护税法(2018年)
	补贴	渔业油价补贴(2006年),渔船更新改造补助(2012年),渔业资源保护补助(2012年),渔业发展补助(2022年)
	交易许可证	排污权交易(2014年)

创新补偿效应或遵循成本效应对其产生影响,不同类型的环境规制可以形成有益补充,政府可以通过调节两种规制的强度来达到效果最优。然而在环境规制实际实施过程中,受到寻租行为和信息不对称等的影响,导致两种环境规制难以达成“1+1 $\geq$ 2”的效果。假设命令型环境规制为向海水养殖主体颁发一定数量的排污许可证,这些许可证在交易市场上形成均衡价格 $t$ ,市场型环境规制要求海水养殖主体按税率 $f$ 缴纳排污费,当 $t$ 与 $f$ 偏差过大时,就可能严重影响其中一种环境规制的政策效果。如当市场型环境规制强度超出阈值时,命令型环境规制将面临失效风险。据此,本文提出如下假设:

H3:一种环境规制对海水养殖业绿色转型的影响存在基于另一种环境规制的门限效应。

### 3 变量选取、研究方法与数据来源

#### 3.1 变量选取

##### 3.1.1 核心解释变量

核心解释变量为环境规制强度。寻找环境规制强度指数最直观的想法是找到政策本身的度量指标,但这种思维常常面临多维困难。囿于环境规制概念的宽泛性、政策影响的广泛性以及不可观测性,很难对影响某一产业的环境规制进行精准量化。针对这一问题,文献通常采取两种解决办法:①采用政策评估的方法,统计各级政府单位出台的与环境规制相关的文件数量,主观设定评价标准对政策进行打分;②采用代理变量的方法,寻找与环境规制高度相关的代理变量,侧面反映真实环境规制水平。然而,政策评估法多站在立法角度,忽视了执法和监管因素,且政策评估过程的随意性和主观性很难得到控制。采用单一指标代理变量的方法可能会导致结果的偏误,且无法准确体现环境规制与海水养殖业的相关性。鉴于此,在充分理解环境规制影响海水养殖业绿色转型作用机制的基础上,综合考虑环境规制的异质性及其与海水养殖业

的相关性,将环境规制细分为命令型和市场型两种类型,每种环境规制选取可量化且具有政策同步性的代理变量复合指标,并邀请10位相关领域资深专家对初选指标予以筛选和审定,构建三级指标评价体系,采用熵值-TOPSIS法<sup>[20]</sup>对环境规制强度进行测度。既保证了环境规制指标选取的客观性和有效性,又解决了单一指标表征造成的结果偏差问题。具体指标体系如表2所示。

命令型环境规制多以政府为主体,对海水养殖业绿色转型的影响主要体现为一种较强的约束性。现有研究多从政府污染治理投入角度,选取工业污染治理完成投资总额、“三同时”投资总额、地方政府污染治理投资占GDP比重<sup>[21-23]</sup>等代理变量对不同区域政府命令型环境规制进行衡量。本文选取单位产值海水养殖业污染治理投资总额( $erc_1$ )、环评制度执行率( $erc_2$ )两项指标,综合表征命令型环境规制。其中,指标 $erc_1$ 代表各地政府使海水养殖污染物排放达标所付出的经济成本,是衡量命令型环境规制下资本投入的常用指标,指标计算出的金额越大,海水养殖减污成本越大,则命令型环境规制强度也越大;指标 $erc_2$ 是反映各地区环境评价制度执行情况的重要指标,能够客观反映中国各地政府环境监督管理、污染控制力度的强弱,该指标计算出的比率越高,则命令型环境规制强度越大。

市场型环境规制多以企业自身及市场为主体,具有市场导向性,对海水养殖业绿色转型的影响主要体现为一种较强的激励性。现有研究多从污染物产出角度以及企业环境投入角度,选取工业各类污染物排放量、资源税<sup>[24-27]</sup>等指标对市场型环境规制进行衡量。本文选取单位面积海域使用金征收金额( $erm_1$ )、单位产值排污费收入总额( $erm_2$ )两项指标,综合表征市场型环境规制。其中,指标 $erm_1$ 是指国家以海域所有者身份依法出让海域使用权而征收的权利金,属于使用费的一种,对海洋产业

表2 环境规制测度指标体系

Table 2 Measurement indicator system of environmental regulations

一级指标	二级指标	三级指标	指标属性
环境规制( $er$ )	命令型( $erc$ )	单位产值海水养殖业污染治理投资总额( $erc_1$ )	正向
		环评制度执行率( $erc_2$ )	正向
	市场型( $erm$ )	单位面积海域使用金征收金额( $erm_1$ )	正向
		单位产值排污费收入总额( $erm_2$ )	正向

2022年8月

具有一定的市场导向作用,是衡量市场型环境规制强度的代理变量指标,指标计算金额越大,则市场型环境规制强度越大<sup>[12]</sup>;指标  $erm_2$  能够较好反映出地区污染物排放总量和污染物排放标准,且存在较强的政策同步性和监管同步性,地方政府通过发挥自由裁量权对排污费进行调整,从而调控环境规制强度,指标总额越高,则市场型环境规制强度越大<sup>[28]</sup>。

### 3.1.2 被解释变量

被解释变量为海水养殖业绿色转型指数。产业绿色转型的根本就是通过技术创新推进产业绿色全要素生产率的持续改善<sup>[29]</sup>,分析海水养殖业绿色转型首先要从海水养殖业绿色效率考量,由依靠人力、物力大量投入与污染物大量排放来维持的海水养殖业低质量发展转变为提升海水养殖绿色效率的高质量发展。据此,将海水养殖业绿色全要素生产率作为衡量海水养殖业绿色转型程度的指标,即海水养殖业绿色全要素生产率越高,海水养殖业绿色转型指数越高。

绿色全要素生产率通过兼顾经济效益与生态效益,综合评价经济、资源与环境的整体效应,是衡量绿色发展水平的重要依据<sup>[30]</sup>。考虑到海水养殖业自身的特点,选取海水养殖面积、海水养殖专业从业人员数量、海水养殖综合育苗数量、海水养殖中间消耗、海水养殖固定资产(渔船)作为投入指标;选取海水养殖总产值作为期望产出指标;选取海水养殖氮、磷污染物排放量作为非期望产出指标;采用超效率 DEA-SBM 模型<sup>[31]</sup>测度海水养殖业绿色全要素生产率,具体投入产出指标如表3所示。其中,海水养殖中间消耗无法直接在统计年鉴中找到,借鉴秦宏等<sup>[32]</sup>的思路,根据渔业中间消耗进行折算,即

海水养殖中间消耗=渔业中间消耗×(海水养殖总产值/渔业总产值);氮、磷污染物排放量参照张懿等<sup>[33]</sup>的做法进行计算,即污染物排放量=排污系数×养殖产量。为了区别投饵型海水养殖生物和非投饵型海水养殖生物的不同污染机制,确保污染物排放量计算的准确性,基于宗虎民等<sup>[34]</sup>提出的排污系数估算模型进行计算。

### 3.1.3 控制变量

控制变量为病害受灾率( $d$ )、污染受灾率( $p$ )、产值水平( $ov$ )、养殖规模( $s$ )、城镇化率( $ur$ )和地区经济发展水平( $gnp$ )。自然因素方面,病害受灾率和污染受灾率对地区海水养殖绿色全要素生产率存在客观影响,选择病害受灾养殖面积占海水养殖总面积的比重表征病害受灾率,选择污染受灾面积占海水养殖总面积的比重表征污染受灾率。海水养殖产值水平的高低,在一定程度上影响了海水养殖产业对资本和劳动力的吸引力,故选取海水养殖产值占水产养殖总产值的比重表征海水养殖产值水平。海水养殖规模的扩张,能够提高机械化水平,促进新养殖技术的应用,从而显著影响海水养殖业绿色转型,故选取海水养殖面积占水产养殖总面积的比重来表征海水养殖规模。城镇化率的提升意味着农业产业结构和技术水平的变化和转移,从而对海水养殖业绿色生产效率产生影响,故选择城镇人口占总人口比重表征城镇化率。地区经济发展水平的高低对社会的科技创新和基础设施建设产生影响,经济规模的增长使得人们的环保意识变得更强烈,从而对当地海水养殖生态效率产生深远影响,故选取人均GDP代表地区经济发展水平,同时对其进行平减以剔除价格的影响。

## 3.2 研究方法

### 3.2.1 基于系统GMM的动态面板模型

鉴于海水养殖业绿色转型可能呈现出一个持续的动态过程,且环境政策的影响普遍具有滞后效应,故选用动态面板模型,在所有模型中加入海水养殖业绿色转型指数的一阶滞后项。然而,海水养殖业绿色转型和环境规制之间可能存在双向因果关系从而产生内生性偏误,例如,海水养殖业绿色转型水平的提升会使海洋污染物减少,从而使政府采取更加宽松的环境政策。因此,采用系统GMM的估计方法<sup>[35]</sup>,对动态面板数据模型进行回归分析,

表3 海水养殖业绿色全要素生产率评价指标体系

Table 3 Evaluation indicator system of green total factor productivity of mariculture

指标	具体指标	单位
投入	海水养殖面积	hm <sup>2</sup>
	海水养殖专业从业人员数量	人
	海水养殖综合育苗数量	万尾
	海水养殖中间消耗	亿元
	海水养殖固定资产(渔船)	kW
期望产出	海水养殖总产值	万元
非期望产出	海水养殖氮排放量	t
	海水养殖磷排放量	t

相较于普通混合最小二乘估计和固定效应估计,系统GMM估计能够充分利用样本信息,选取合适的滞后项作为模型的工具变量,有效解决海水养殖业绿色转型与环境规制之间的内生性问题<sup>[36]</sup>,同时又能避免模型因遗漏变量而导致虚拟回归的问题。具体模型设定如下:

$$\begin{aligned} \ln upg_{it} = & \alpha_1 + \beta_1 \ln upg_{i(t-1)} + \beta_2 \ln er_{i(t-j)} + \\ & \beta_3 (\ln er_{i(t-j)})^2 + \beta_4 \ln d_{it} + \beta_5 \ln p_{it} + \beta_6 \ln ov_{it} + (1) \\ & \beta_7 \ln s_{it} + \beta_8 \ln ur_{it} + \beta_9 \ln gnp_{it} + \mu_i + \varepsilon_{it} \end{aligned}$$

式中:  $upg_{it}$  为  $i$  地区  $t$  年份的海水养殖业绿色转型指数;  $upg_{i(t-1)}$  为  $i$  地区滞后一期的海水养殖业绿色转型指数;  $er_{i(t-j)}$  为  $i$  地区滞后  $j$  期的环境规制强度指数;  $d_{it}$  为海水养殖业病害受灾率;  $p_{it}$  为海水养殖业污染受灾率;  $ov_{it}$  为海水养殖业产值水平;  $s_{it}$  为海水养殖规模;  $ur_{it}$  为地区城镇化率;  $gnp_{it}$  为地区经济发展水平;  $\alpha_1$  为常数项;  $\beta_1 - \beta_9$  分别为被解释变量、解释变量以及各控制变量的回归系数;  $\mu_i$  代表不可观测的个体效应;  $\varepsilon_{it}$  为残差项。为了避免异方差和多重共线性,将所有变量进行对数处理。

### 3.2.2 面板门限回归模型

门限效应是指当一个经济参数达到特定的数值后,引起另外一个经济参数发生突然转向其他发展形式的现象。考虑到在海水养殖业绿色转型过程中,多种环境规制的实施会对彼此产生非线性影响,即一种环境规制可能会对另一种环境规制产生门限效应,本文采用 Hansen<sup>[37]</sup>提出的面板门限回归模型,以命令型环境规制和市场型环境规制作为彼此的门限变量,实证检验不同环境规制间是否存在

门限效应。该模型摆脱了传统模型中由研究者任意选择样本分异区间和门限值的方法,通过使用格栅搜索法确定最优门限值及其个数,并将门限值作为未知变量纳入回归模型当中,采用自抽样法对以门限值为划分的两组样本的估计参数进行显著性检验。该模型的门限值为系统回归后内生所得,可以有效避免主观划分区间导致的回归偏差,从而使回归结果更具客观性和可靠性。具体模型如下(以单门限为例):

$$\begin{aligned} \ln upg_{it} = & \alpha_2 + \beta_{10} \ln erc_{it} \times I(\ln erm_{it} \leq \gamma_1) + \\ & \beta_{11} \ln erc_{it} \times I(\ln erm_{it} > \gamma_1) + \\ & \beta_{12} \ln erm_{it} + \beta_{13} X_{it} + \mu_i + \varepsilon_{it} \end{aligned} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} \ln upg_{it} = & \alpha_3 + \beta_{14} \ln erm_{it} \times I(\ln erc_{it} \leq \gamma_2) + \\ & \beta_{15} \ln erm_{it} \times I(\ln erc_{it} > \gamma_2) + \\ & \beta_{16} \ln erc_{it} + \beta_{17} X_{it} + \mu_i + \varepsilon_{it} \end{aligned} \quad (3)$$

式中:  $erc_{it}$ 、 $erm_{it}$  分别表示命令型环境规制和市场型环境规制;  $I(\cdot)$  为示性函数;  $X_{it}$  为一系列控制变量;  $\gamma_1$ 、 $\gamma_2$  为待估算门限值;  $\alpha_2$ 、 $\alpha_3$  为常数项;  $\beta_{10} - \beta_{17}$  为回归系数。式(2)中  $erm_{it}$  为门限变量,式(3)中  $erc_{it}$  为门限变量。

### 3.3 数据来源

选取2009—2019年河北、辽宁、江苏、浙江、福建、山东、广东、广西、海南的面板数据作为沿海9省(区)研究样本。沿海省份中,天津、上海由于海水养殖面积与产量较小且数据缺失,港澳台地区由于数据缺失,故未包含在样本中。主要数据来源于历年《中国渔业统计年鉴》《中国统计年鉴》《中国农业统计年鉴》《中国环境统计年鉴》,各变量的描述性统计结果见表4。

表4 变量的描述性统计结果

Table 4 Descriptive statistics of the variables

变量范畴	变量名称	均值	标准差	最大值	最小值
被解释变量	绿色转型指数( $\ln upg$ )	-0.351	0.320	0.172	-1.093
解释变量	环境规制强度( $\ln er$ )	-0.792	0.080	-0.549	-0.935
控制变量	病害受灾率( $\ln d$ )	-4.570	1.313	-1.394	-9.036
	污染受灾率( $\ln p$ )	-6.325	1.905	-0.517	-11.513
	产值水平( $\ln ov$ )	-1.120	0.452	-0.506	-2.189
	养殖规模( $\ln s$ )	-0.853	0.451	-0.198	-1.659
	城镇化率( $\ln ur$ )	-0.540	0.151	-0.337	-0.936
	经济发展水平( $\ln gnp$ )	14.196	0.584	15.396	12.614

2022年8月

## 4 结果与分析

### 4.1 环境规制强度及海水养殖业绿色转型指数测度

#### 4.1.1 环境规制强度测度结果

基于上文核心解释变量所选指标,分别对中国沿海9省(区)环境规制强度进行测度,测度结果如表5所示,指数值越高意味着环境规制强度越大。总的来看,中国沿海各地区环境规制强度存在较大差异,且上下波动较为明显。

环境规制强度时序变化。2009—2019年,沿海各地区环境规制强度指数保持在0.393~0.578之间。整体来看(图2),环境规制强度指数呈波动下降的变化趋势。具体来看(表5),2009年、2010年和2013年环境规制强度平均值较高,指数保持在0.468以上;2018年和2019年环境规制强度平均值较低,均值处于0.432以下。其中,2013年河北环境

规制强度达到最高,指数为0.578;2018年海南环境规制强度最低,指数仅为0.393。

环境规制强度空间差异。从图3可以看出,2009—2019年,沿海各地区环境规制强度存在较大空间差异。具体来看(表5),环境规制强度平均值较高的省份为河北和浙江,平均值保持在0.467以上;环境规制强度平均值较低的省份为广东和福建,平均值处于0.436以下。其中,河北环境规制强度平均值最高,广东环境规制强度平均值最低。

#### 4.1.2 海水养殖业绿色转型指数测度结果

基于2009—2019年中国9省(区)海水养殖业面板数据,根据超效率DEA-SBM模型测算出的海水养殖业绿色全要素生产率来表征中国各地区海水养殖业绿色转型指数,结果如表6所示。

海水养殖业绿色转型指数时序变化。2009—

表5 2009—2019年中国沿海9省(区)环境规制强度测度结果

Table 5 Measurement results of environmental regulation intensity of nine coastal provinces (autonomous region) in China, 2009-2019

地区	年份											均值
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	
河北	0.513	0.517	0.510	0.571	0.578	0.536	0.499	0.481	0.504	0.507	0.488	0.518
辽宁	0.506	0.519	0.484	0.465	0.480	0.473	0.430	0.450	0.439	0.397	0.403	0.459
江苏	0.476	0.463	0.454	0.445	0.448	0.432	0.430	0.445	0.432	0.425	0.439	0.445
浙江	0.460	0.466	0.445	0.493	0.500	0.501	0.468	0.470	0.444	0.452	0.436	0.467
福建	0.465	0.452	0.432	0.447	0.444	0.443	0.449	0.433	0.426	0.399	0.407	0.436
山东	0.471	0.470	0.466	0.449	0.452	0.467	0.437	0.452	0.441	0.414	0.426	0.449
广东	0.422	0.431	0.413	0.429	0.424	0.420	0.412	0.411	0.445	0.421	0.422	0.423
广西	0.502	0.535	0.442	0.442	0.449	0.431	0.438	0.426	0.424	0.404	0.411	0.446
海南	0.399	0.406	0.449	0.419	0.459	0.463	0.476	0.517	0.496	0.393	0.458	0.449
均值	0.468	0.473	0.455	0.462	0.470	0.463	0.449	0.454	0.450	0.424	0.432	0.455

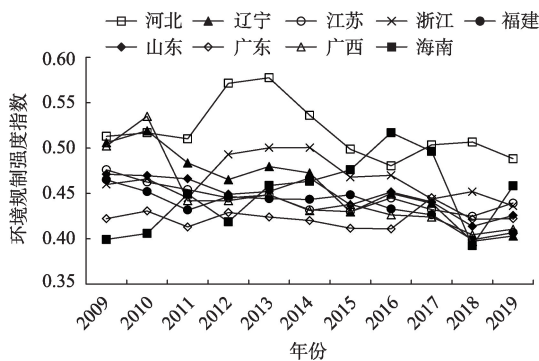


图2 2009—2019年环境规制强度时序变化趋势

Figure 2 Time series trend of environmental regulation intensity, 2009-2019

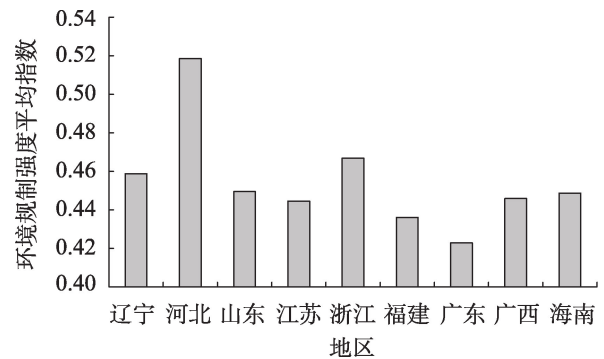


图3 2009—2019年环境规制强度空间差异

Figure 3 Spatial difference of environmental regulation intensity, 2009-2019

表6 2009—2019年中国沿海9省(区)海水养殖业绿色转型指数测度结果

Table 6 Measurement results of green transition index of mariculture industry in nine coastal provinces (autonomous region) of China, 2009-2019

地区	年份											均值
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	
河北	0.370	0.428	0.435	0.511	0.540	0.587	0.628	0.717	0.655	0.811	0.791	0.589
辽宁	0.426	0.543	0.649	0.720	0.868	1.018	0.812	1.072	0.786	0.764	0.776	0.767
江苏	0.516	0.483	0.451	0.512	0.764	0.781	0.780	0.864	0.884	1.135	0.700	0.715
浙江	0.365	0.445	0.549	0.532	0.576	0.625	0.631	0.515	1.013	0.876	1.021	0.650
福建	0.335	0.378	0.411	0.459	0.505	0.514	0.530	0.667	0.651	0.899	1.021	0.579
山东	0.566	0.565	0.861	0.877	1.004	0.981	0.981	0.934	1.008	1.009	1.003	0.890
广东	0.384	0.474	0.535	0.581	0.533	0.606	0.639	0.772	0.902	1.008	1.051	0.680
广西	1.001	1.187	0.578	0.586	0.600	1.000	0.741	0.771	0.810	1.013	1.059	0.850
海南	0.704	0.706	0.847	0.942	0.935	1.009	1.014	1.002	1.038	1.052	1.007	0.932
均值	0.519	0.579	0.591	0.636	0.703	0.791	0.751	0.813	0.861	0.952	0.937	0.739

2019年,沿海各地区海水养殖业绿色转型指数介于0.335~1.187之间。整体来看(图4),各地区海水养殖业绿色转型指数呈波动上升趋势。从具体指标来看,随着时间的推移,中国沿海各地区海水养殖业产值提升明显,养殖氮、磷排放量显著下降,绿色全要素生产率正在逐步提升,可以认为中国海水养殖业正在逐步实现绿色转型。从波峰和波谷来看,2010年广西海水养殖业绿色转型指数最高,达到1.187,这可能与广西当年的产业政策调整有关,2010年广西海水养殖固定资产(渔船)比2009年下降了4.05%,海水养殖产值同比增长的同时,也大幅提升了海水养殖业绿色全要素生产率;2009年福建海水养殖业绿色转型指数最低,达到0.335,此时福建海水养殖中间消耗较高,海水养殖从业人员数量位居全国第一,养殖污染氮、磷排放同样位居全国

前列,海水养殖业绿色全要素生产率与全国相比相对较低。

海水养殖业绿色转型指数区域差异。由图5可以看出,2009—2019年,中国海水养殖业绿色转型指数整体呈现区域不均衡特征,由北向南“N”型空间特征明显。从整体来看,中国海水养殖业绿色转型水平较高,但仍存在较大提升空间,大部分地区海水养殖业绿色转型指数均值在0.7~0.8左右。分区域来看,海南、山东、广西海水养殖业绿色转型水平较高,指数平均值分别为0.932、0.890、0.850;福建、河北、浙江海水养殖业绿色转型水平较低,指数平均值分别为0.579、0.589、0.650。

#### 4.2 环境规制对海水养殖业绿色转型影响分析

在环境规制强度和海水养殖业绿色转型指数测度的基础上,本文基于2009—2019年沿海9省(区)面板数据,利用基于系统GMM的动态面板模

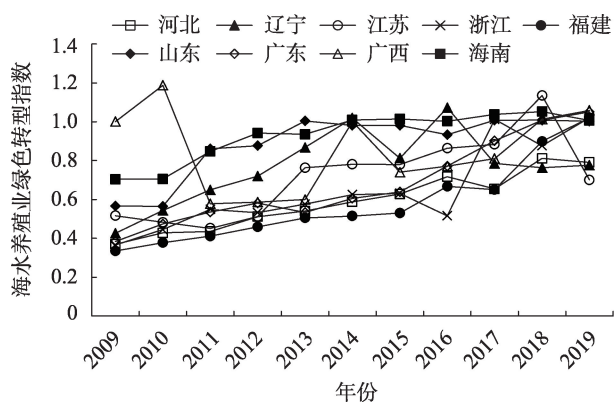


图4 2009—2019年海水养殖绿色转型指数时序变化

Figure 4 Time series change of green transition index of mariculture, 2009-2019

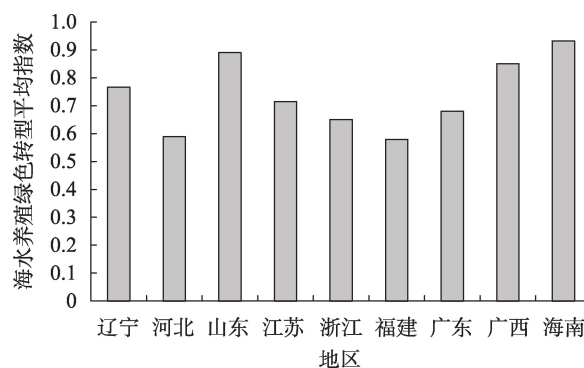


图5 2009—2019年海水养殖绿色转型指数区域差异

Figure 5 Regional differences of green transition index of mariculture, 2009-2019

2022年8月

型实证检验环境规制对海水养殖业绿色转型的影响,采用计量软件Stata14进行回归分析,回归结果如表7所示。由Sargan检验结果可知,工具变量不存在过度识别问题,由AR(2)检验结果可知,回归方程不存在二阶自相关,由此说明本文模型设定合理有效。

由表7可以看出,在模型(1)和模型(2)中,被解释变量海水养殖业绿色转型指数的滞后一期均在1%的显著性水平上对海水养殖业绿色转型产生正向影响,这表明中国海水养殖业绿色转型是一个持续性的动态过程,其滞后一期对当期具有显著的促进作用。模型(1)中,环境规制一次项回归系数在10%水平上显著为负,环境规制平方项回归系数在5%水平上显著为正;模型(2)中,滞后一期环境规制一次项回归系数在5%水平上显著为负,滞后一期环境规制平方项回归系数在1%水平上显著为正。

表7 环境规制对海水养殖业绿色转型影响的实证结果

Table 7 Empirical results of the impact of environmental regulations on the green transition of the mariculture industry

变量	环境规制	
	(1) $j=0$	(2) $j=1$
$\ln upg_{t-1}$	0.582*** (5.77)	0.574*** (5.50)
$\ln er$	-0.455* (-1.78)	-0.374** (-1.99)
$\ln er^2$	0.244** (2.26)	0.242*** (2.64)
$\ln d$	-0.019** (-2.00)	-0.017 (-1.08)
$\ln p$	-0.017* (-1.69)	-0.017* (-1.91)
$\ln ov$	0.047* (1.91)	0.050** (2.41)
$\ln s$	-0.007** (-2.25)	-0.004** (-2.14)
$\ln ur$	-0.338 (-1.61)	-0.353 (-1.56)
$\ln gnp$	0.135** (2.02)	0.146* (1.87)
常数项	-2.754** (-2.08)	-2.848** (-2.02)
AR(1)检验	0.015	0.014
AR(2)检验	0.270	0.226
Sargan 检验	0.819	0.656

注: \*、\*\*、\*\*\*分别表示在10%、5%和1%的水平上显著,括号内表示t值,下同。

对比模型(1)和模型(2)可知,无论是当期还是滞后一期环境规制均对海水养殖业绿色转型产生先抑制后促进的“U”型非线性影响。当环境规制强度较低时,海水养殖主体会将主要精力放在污染治理中,进而挤占了其他生产要素的投入,减少了相应的经济利润,对海水养殖业绿色转型产生抑制。但随着环境规制强度逐渐加大超过阈值时,环境规制所产生的创新补偿效应将逐步抵消遵循成本效应,从而促进海水养殖业绿色转型,故H1成立。此外,通过对比模型(1)和模型(2)还可以发现,无论是环境规制一次项还是平方项,其滞后一期回归系数与当期相比显著性均有所提高,由此可以判断环境规制对海水养殖业绿色转型的影响具有滞后性。

#### 4.3 异质性检验

在实证分析环境规制对海水养殖业绿色转型影响的基础上,为进一步检验不同环境规制对海水养殖业绿色转型的影响是否存在异质性(H2),遵循前文所建指标体系和测度方法,分别测算命令型和市场型环境规制强度指数,并以此为解释变量,以海水养殖业绿色转型指数为被解释变量,采用系统GMM的估计方法进行回归,回归结果如表8所示。由Sargan检验和自相关检验结果可知,回归方程工具变量不存在过度识别,模型设定合理有效。

由模型(1)和模型(2)可以看出,当期和滞后一期命令型环境规制一次项回归系数显著为负,当期和滞后一期命令型环境规制平方项回归系数显著为正,说明命令型环境规制对海水养殖业绿色转型产生先抑制后促进的“U”型非线性影响。当命令型环境规制强度较低时,海水养殖主体选择主动提高治污成本来服从政府的强制性环保要求,因而对海水养殖业绿色转型产生抑制作用。随着命令型环境规制强度逐渐加大,一部分治污能力差的小规模海水养殖主体逐渐被政府设置的“环保门槛”淘汰,“倒逼”海水养殖业绿色转型。由模型(3)和模型(4)可以看出,当期市场型环境规制一次项和平方项回归系数均不显著,滞后一期市场型环境规制一次项回归系数在10%水平上显著为负,平方项回归系数不显著。可见,当期市场型环境规制未对海水养殖业绿色转型产生影响,滞后一期市场型环境规制对海水养殖业绿色转型产生抑制作用。可能的原因是,当前中国命令型环境规制强度较大,市场

表8 不同环境规制对海水养殖业绿色转型影响的实证结果

Table 8 Empirical results of the impact of different environmental regulations on the green transition of the mariculture industry

变量	命令型环境规制		市场型环境规制	
	(1) $j=0$	(2) $j=1$	(3) $j=0$	(4) $j=1$
$\ln upg_{t-1}$	0.605*** (6.93)	0.604*** (6.93)	0.613*** (4.73)	0.603*** (6.12)
$\ln erc$	-0.087** (-2.33)	-0.092** (-2.48)		
$\ln erc^2$	0.046** (2.17)	0.096** (2.41)		
$\ln erm$			-0.008 (-0.18)	-0.017* (-1.89)
$\ln erm^2$			-0.004 (-0.38)	-0.008 (-1.16)
$\ln d$	-0.022* (-1.92)	-0.022* (-1.72)	-0.018* (-1.69)	-0.026** (-2.03)
$\ln p$	-0.012 (-1.37)	-0.012 (-1.35)	-0.013 (-1.17)	-0.016* (-1.73)
$\ln ov$	0.126*** (3.07)	0.127*** (3.24)	0.118*** (2.70)	0.172*** (4.75)
$\ln s$	-0.133** (-2.47)	-0.134*** (-2.69)	-0.121*** (-2.94)	-0.188*** (-3.27)
$\ln ur$	-0.188 (-0.90)	-0.192 (-1.11)	-0.139 (-0.60)	-0.130 (-0.74)
$\ln gnp$	0.138** (2.09)	0.141** (2.20)	0.122 (1.48)	0.145** (2.20)
常数项	-2.354* (-1.87)	-2.399** (-2.11)	-2.051 (-1.39)	-2.328** (-2.08)
$AR(1)$ 检验	0.016	0.017	0.012	0.016
$AR(2)$ 检验	0.240	0.203	0.188	0.210
Sargan 检验	0.596	0.593	0.689	0.828

型环境规制受到命令型环境规制的影响而失效,且市场型环境规制不够完善,环保压力传导存在一定时间缓冲期,对海水养殖业绿色转型的“激励”机制在短期内也难以显现。通过对比模型(1)–(4)可以发现,环境规制对海水养殖业绿色转型的影响主要通过命令型环境规制实现,命令型环境规制和市场型环境规制对海水养殖业绿色转型的影响存在异质性,故可以证明H2成立。

#### 4.4 门限效应检验

为进一步检验不同环境规制对海水养殖业绿色转型的影响是否存在门限效应(H3),依据上文模型设定,在进行门限回归之前,首先采用Bootstrap自助抽样法,检验两种环境规制之间是否存在门限效应,确定门限值个数。检验结果如表9所示。以命令型环境规制作为门限变量时,门限变量在1%水平上显著通过了单门限检验,双门限模型的F值

表9 门限效应检验结果

Table 9 Test results of threshold effect

门限变量	门限数	F值	P值	BS次数	10%	5%	1%
$erc$	单门限	22.32***	0.003	300	15.418	17.101	25.563
	双门限	3.41	0.843	300	10.466	11.855	16.191
$erm$	单门限	5.80	0.682	300	13.641	16.536	20.740
	双门限	11.78	0.237	300	11.219	13.585	20.105

2022年8月

未通过检验;以市场型环境规制作为门限变量时,单门限模型和双门限模型的 $F$ 值均未通过检验。以上结果表明,市场型环境规制对海水养殖业绿色转型的影响存在基于命令型环境规制的单门限效应,故H3得以验证,而命令型环境规制对海水养殖业绿色转型的影响不存在基于市场型环境规制的门限效应。在此基础上,选取命令型环境规制为门限变量进行回归,回归结果如表10所示。

根据回归结果可以发现,当命令型环境规制强

度较弱时( $\lnerc \leq -0.630$ ),市场型环境规制对海水养殖业绿色转型的影响显著为负,其系数估计值为 $-0.052$ ;当命令型环境规制强度跨越阈值时( $\lnerc > -0.630$ ),市场型环境规制对海水养殖业绿色转型的影响不显著。由此可以推断,过强的命令型环境规制会使市场型环境规制对海水养殖业绿色转型的影响失效,从而阻碍市场型环境规制达到预期的政策效果。

#### 4.5 稳健性检验

采取替换变量对前文实证结果进行稳健性检验。首先,对环境规制影响海水养殖业绿色转型进行稳健性检验,借鉴纪建悦等<sup>[38]</sup>的研究,在测算海水养殖业绿色全要素生产率时选取海水养殖污染的经济损失来替换上文所选非期望产出,采用超效率SBM-DEA模型重新测算海水养殖业绿色转型指数,并用所得结果进行回归,具体结果如表11所示。

其次,为验证门限回归是否稳健,借鉴卫平等<sup>[39]</sup>的研究,采用“经过熵值加权后的海洋各类污染物排放量”替代指标 $erm_1$ 对市场型环境规制进行重新测度,测度所得结果作为衡量市场型环境规制强度的指标进行门限效应检验。检验结果发现:仅当命

表10 面板门限回归估计结果

Table 10 Estimation results of panel threshold regression

变量	系数估计值	标准误	$T$ 统计量
$\ln d$	-0.018	0.022	-0.80
$\ln p$	-0.002	0.015	-0.13
$\ln ov$	1.576***	0.342	4.61
$\ln s$	-0.183*	0.098	-1.87
$\ln ur$	-0.142	0.099	-1.43
$\ln gnp$	0.468***	0.096	4.90
$\ln erm \times I(\lnerc \leq -0.630)$	-0.052*	0.028	-1.87
$\ln erm \times I(\lnerc > -0.630)$	-0.077	0.050	-1.53
常数项	-6.526***	1.731	-3.77

表11 环境规制对海水养殖业绿色转型影响的稳健性检验

Table 11 Robustness test of the impact of environmental regulations on the green transition of the mariculture industry

变量	环境规制		命令型环境规制		市场型环境规制	
	(1) $j=0$	(2) $j=1$	(3) $j=0$	(4) $j=1$	(5) $j=0$	(6) $j=1$
$\ln upg_{t-1}$	0.473*** (4.54)	0.477*** (4.84)	0.473*** (4.87)	0.458*** (4.64)	0.399*** (3.25)	0.377*** (2.82)
$\ln er$	-0.223* (-1.76)	-0.256** (-2.02)				
$\ln er^2$	0.135** (2.13)	0.164** (2.57)				
$\ln erc$			-0.111** (-2.39)	-0.159** (-2.11)		
$\ln erc^2$			0.173** (2.53)	0.135** (2.07)		
$\ln erm$					-0.028 (-0.52)	-0.053* (-1.97)
$\ln erm^2$					-0.006 (-0.51)	-0.017 (-1.34)
$\ln X$	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
常数项	-3.397** (-2.14)	-3.525** (-2.35)	-3.196** (-2.25)	-3.984*** (-2.81)	-4.132*** (-3.02)	-4.418*** (-2.95)
AR(1)检验	0.012	0.013	0.012	0.013	0.010	0.007
AR(2)检验	0.948	0.865	0.951	0.993	0.957	0.869
Sargan 检验	0.364	0.412	0.473	0.333	0.274	0.444

令型环境规制作为门限变量时,单门限模型的 $F$ 值通过了检验,这与上文结果保持一致。进一步进行门限回归,结果如表12所示。

由以上稳健性检验结果可以看出,核心解释变量及控制变量的符号以及显著性与前文实证结果相比均未发生明显变化,仅在数值上发生了较小的变动,由此可以认为前文实证结果具有稳健性,主要研究结论具有可靠性。

表12 面板门限回归的稳健性检验

Table 12 Robustness test of panel threshold regression

变量	系数估计值	标准误	$T$ 统计量
$\ln erm \times I(\ln erc \leq -0.752)$	-0.071*	0.039	-1.83
$\ln erm \times I(\ln erc > -0.752)$	-0.094	0.061	-1.53
$\ln X$	Yes	Yes	Yes
常数项	-5.861***	1.934	-3.03

## 5 结论与政策建议

### 5.1 结论

环境规制能否以及如何促进中国海水养殖业绿色转型?不同环境规制对海水养殖业绿色转型的影响是否存在异质性?不同环境规制之间是否存在门限效应?为回答上述3个问题,本文以波特假说理论为基础,深入分析环境规制影响海水养殖业绿色转型的作用机制,依次提出环境规制影响海水养殖业绿色转型的理论假设。在此基础上,以2009—2019年中国沿海地区省际面板数据为样本,采用基于系统GMM的动态面板模型和面板门限回归模型,实证检验环境规制对海水养殖业绿色转型的影响以及不同环境规制对海水养殖业绿色转型影响的异质性和门限效应。主要结论如下:

(1)环境规制对海水养殖业绿色转型总体呈现先抑制后促进的“U”型非线性影响,且影响具有一定的滞后性,该结论经稳健性检验后依然成立。当环境规制强度较低时,海水养殖主体因环境成本增加而导致生产效率降低,在一定程度上抑制了海水养殖业绿色转型。但当环境规制强度超过阈值时,海水养殖主体被迫通过发明创新、技术引进等方式改进养殖技术、转变养殖模式,提升海水养殖业生产效率,从而抵消因环境规制而产生的成本,促进海水养殖业绿色转型。

(2)命令型环境规制和市场型环境规制对海水养殖业绿色转型的影响存在异质性。其中,命令型

环境规制对海水养殖业绿色转型产生先抑制后促进的“U”型非线性影响;市场型环境规制对海水养殖业绿色转型的影响在当期内不显著,滞后一期显著为负。究其原因是当前中国命令型环境规制强度较大,要求较为严格,市场型环境规制则相对不够完善,环保压力传导存在一定时间缓冲期,对海水养殖业绿色转型的“激励”机制在短期内也难以显现。

(3)市场型环境规制对海水养殖业绿色转型的影响存在基于命令型环境规制的单门限效应,当命令型环境规制强度过大且超过阈值时,市场型环境规制对海水养殖业绿色转型的影响将失效;命令型环境规制对海水养殖业绿色转型的影响不存在基于市场型环境规制的门限效应。

### 5.2 政策建议

基于以上研究结论,为促进海洋环境治理与海水养殖业绿色转型双赢,本文提出如下政策建议:

(1)不断优化环境规制强度,制定差异化环境规制政策。一味地加大环境规制强度并不能直接促进海水养殖业绿色转型,因此,应依据各地区海水养殖业发展现状,因地制宜地调整最适合本地区的环境规制强度。既要满足最优的海洋环境治理水平,又要促进海水养殖业绿色技术创新。同时,各地区海水养殖规模、品种以及海洋环境状况存在较大差异,对环境规制强度的适应要求也不同,沿海各地区应认清本地区海水养殖业发展特点,适时调整相关配套政策,作到精准研策、精准制策、精准施策,使各地区的环境规制强度达到最适状态。

(2)科学组合环境规制工具,完善环境规制政策体系。环境规制对海水养殖业绿色转型的促进作用是否有效,不仅取决于环境规制强度,还取决于环境规制工具的选择。在实施环境规制过程中,政府应立足沿海地区海水养殖业绿色发展水平与资源禀赋差异,基于各种环境规制的特点,科学组合命令型环境规制与市场型环境规制,完善与市场经济体制相适应的环境规制政策体系,注重各类环境规制之间的协调性和配合度,使其形成一个相互补充的有机整体。

(3)提升海水养殖业科技创新水平,积极发挥环境规制创新补偿效应。环境规制主要通过创新补偿效应对海水养殖业绿色转型产生积极的促进

2022年8月

作用,因此,应进一步采取鼓励技术创新的政策措施,引导海水养殖主体选择绿色养殖模式,最大限度发挥环境规制创新补偿效应。一方面,政府应采取多种有效措施提高海水养殖主体自身的研发经费投入,加大政府对海水养殖绿色技术创新的投入力度,降低海水养殖主体创新成本,为海水养殖绿色技术创新提供最大空间;另一方面,政府应主动指明海水养殖技术进步方向,降低海水养殖主体环保投资的不确定性,引导和支持海水养殖主体选择绿色、低碳、循环的海水养殖模式。

### 参考文献(References):

- [1] 殷伟,于会娟,仇荣山,等.陆海统筹视域下的中国食物与营养安全研究[J].资源科学,2022,44(4):674-686.[Yin W, Yu H J, Qiu R S, et al. Food and nutrition security in China from the perspective of land-ocean coordination[J]. Resources Science, 2022, 44(4): 674-686.]
- [2] 韩立民.中国海洋事业发展中的“蓝色粮仓”战略研究[M].北京:经济科学出版社,2018.[Han L M. Study on the Strategy of “Blue Granary” in the Development of Marine Enterprise in China [M]. Beijing: Economic Science Press, 2018.]
- [3] 朱东波,任力.环境规制、外商直接投资与中国工业绿色转型[J].国际贸易问题,2017,(11):70-81.[Zhu D B, Ren L. Environmental regulation, FDI and industrial green transformation of China[J]. Journal of International Trade, 2017, (11): 70-81.]
- [4] Acemoglu D, Aghion P, Bursztyn L, et al. The environment and directed technical change[J]. American Economic Review, 2012, 102 (1): 131-166.
- [5] 邓慧慧,杨露鑫.雾霾治理、地方竞争与工业绿色转型[J].中国工业经济,2019,(10):118-136.[Deng H H, Yang L X. Haze governance, local competition and industrial green transformation[J]. China Industrial Economics, 2019, (10): 118-136.]
- [6] 朱东波.环境规制、技术创新与中国工业结构绿色转型[J].工业技术经济,2020,39(10):57-64.[Zhu D B. Environmental regulation, technology innovation and industrial structure green transformation in China[J]. Journal of Industrial Technological Economics, 2020, 39(10): 57-64.]
- [7] Levinson A, Taylor M S. Unmasking the pollution haven effect[J]. International Economic Review, 2008, 49(1): 223-254.
- [8] 孙海波,刘忠璐.环境规制、清洁技术创新与中国工业绿色转型[J].科研管理,2021,42(11):54-61.[Sun H B, Liu Z L. Environmental regulation, clean-technology innovation and China's industrial green transformation[J]. Science Research Management, 2021, 42(11): 54-61.]
- [9] 吴磊,贾晓燕,吴超,等.异质型环境规制对中国绿色全要素生产率的影响[J].中国人口·资源与环境,2020,30(10):82-92.[Wu L, Jia X Y, Wu C, et al. Impact of heterogeneous environmental regulation on green total factors productivity[J]. China Population, Resources and Environment, 2020, 30(10): 82-92.]
- [10] 宁凌,宋泽明.海洋环境规制、海洋金融支持与海洋产业结构升级:基于动态面板GMM估计的实证分析[J].生态经济,2020,36(6):151-156.[Ning L, Song Z M. Marine environmental regulation, marine financial support and marine industrial structure upgrade: An empirical analysis based on GMM estimation of dynamic panel[J]. Ecological Economy, 2020, 36(6): 151-156.]
- [11] 葛浩然,朱占峰,钟昌标,等.环境规制对区域海洋经济转型的影响研究[J].统计与决策,2020,36(24):111-114.[Ge H R, Zhu Z F, Zhong C B, et al. Study on the impact of environmental regulation on the transformation of regional marine economy[J]. Statistics & Decision, 2020, 36(24): 111-114.]
- [12] 杨林,温馨.环境规制促进海洋产业结构转型升级了吗?基于海洋环境规制工具的选择[J].经济与管理评论,2021,37(1):38-49.[Yang L, Wen X. Does environmental regulation improve transformation and upgrading of marine industrial structure? Based on selection of marine environmental regulation tools[J]. Review of Economy and Management, 2021, 37(1): 38-49.]
- [13] 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 J, Kou J L, Zhao P Y. 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.]
- [14] 钱薇雯,陈璇.中国海洋环境规制对海洋技术创新的影响研究:基于环渤海和长三角地区的比较[J].海洋开发与管理,2019,36(7):70-76.[Qian W W, Chen X. A study on the influence of marine environmental regulation on marine technology innovation in China: Based on the comparison between Bohai Sea Rim region and the Yangtze River Delta region[J]. Ocean Development and Management, 2019, 36(7): 70-76.]
- [15] 赵玉民,朱方明,贺立龙.环境规制的界定、分类与演进研究[J].中国人口·资源与环境,2009,19(6):85-90.[Zhao Y M, Zhu F M, He L L. Definition, classification and evolution of environmental regulations[J]. China Population, Resources and Environment, 2009, 19(6): 85-90.]
- [16] 肖权,赵路.异质性环境规制、FDI与中国绿色技术创新效率[J].现代经济探讨,2020,(4):29-40.[Xiao Q, Zhao L. Heterogeneous environmental regulation, FDI and efficiency of China's green technology innovation[J]. Modern Economic Research, 2020, (4): 29-40.]
- [17] 藏传琴.政府规制:理论与实践[M].北京:经济管理出版社,2017.[Zang C Q. Government Regulation: Theory and Practice [M]. Beijing: Economic & Management Publishing House, 2017.]
- [18] 高明,黄清煌.中国环境规制的经济绿色发展效应[M].北京:社会科学文献出版社,2018.[Gao M, Huang Q H. Economic Green Development Effect of Environmental Regulation in China[M]. Bei-

- jing: Social Science Academic Press, 2018.]
- [19] 吕鹏, 黄送钦. 环境规制压力会促进企业转型升级吗[J]. 南开管理评论, 2021, 24(4): 116–129. [Lv P, Huang S Q. Can state environment pressure push corporate transformation and upgrading? [J]. Nankai Business Review, 2021, 24(4): 116–129.]
- [20] 刘云菲, 李红梅, 马宏阳. 中国农垦农业现代化水平评价研究: 基于熵值法与TOPSIS方法[J]. 农业经济问题, 2021, (2): 107–116. [Liu Y F, Li H M, Ma H Y. Evaluation of agricultural modernization of state farms: Based on entropy weight method and TOPSIS method[J]. Issues in Agricultural Economy, 2021, (2): 107–116.]
- [21] 邓宗兵, 李莉萍, 王炬, 等. 技术异质性地中国工业生态效率地区差异及驱动因素[J]. 资源科学, 2022, 44(5): 1009–1021. [Deng Z B, Li L P, Wang J, et al. Regional differences and driving factors of China's industrial ecological efficiency: Based on technology heterogeneity[J]. Resources Science, 2022, 44(5): 1009–1021.]
- [22] 孔海涛. 环境规制类型与地区经济发展不平衡[J]. 管理现代化, 2018, 38(3): 48–50. [Kong H T. The types of environmental regulation and the regional economic unbalanced development[J]. Modernization of Management, 2018, 38(3): 48–50.]
- [23] 马鹤丹, 张琬月. 环境规制组态与海洋企业技术创新: 基于30家海工装备制造企业的模糊集定性比较分析[J]. 中国软科学, 2022, (3): 124–132. [Ma H D, Zhang W Y. Configuration of environmental regulations and technological innovation of marine enterprises: Based on fuzzy set qualitative comparative analysis of 30 offshore engineering equipment manufacturers[J]. China Soft Science, 2022, (3): 124–132.]
- [24] 胡森林, 鲍涵, 郝均, 等. 环境规制对长三角城市绿色发展的影响: 基于技术创新的作用路径分析[J]. 自然资源学报, 2022, 37(6): 1572–1585. [Hu S L, Bao H, Hao J, et al. Research on the impact of environmental regulation on urban green development in the Yangtze River Delta: An analysis of intermediary mechanism based on technological innovation[J]. Journal of Natural Resources, 2022, 37(6): 1572–1585.]
- [25] 郑晓舟, 郭晗, 卢山冰. 环境规制、要素区际流动与城市群产业结构调整[J]. 资源科学, 2021, 43(8): 1522–1533. [Zheng X Z, Guo H, Lu S B. Environmental regulation, interregional flow of elements, and adjustment of industrial structure in urban agglomerations[J]. Resources Science, 2021, 43(8): 1522–1533.]
- [26] 于智涵, 方丹, 杨谨. 资源型经济转型试验区政策对碳排放的影响评估: 以山西省为例[J]. 资源科学, 2021, 43(6): 1178–1192. [Yu Z H, Fang D, Yang J. Impact of the “National Comprehensive Reform Zone for Resource-Based Economy” policy on carbon emissions: A case study of Shanxi Province[J]. Resources Science, 2021, 43(6): 1178–1192.]
- [27] 熊航, 静峥, 展进涛. 不同环境规制政策对中国规模以上工业企业技术创新的影响[J]. 资源科学, 2020, 42(7): 1348–1360. [Xiong H, Jing Z, Zhan J T. Impact of different environmental regulatory tools on technological innovation of Chinese industrial enterprises above designated size[J]. Resources Science, 2020, 42(7): 1348–1360.]
- [28] 全禹澄, 李志青. 寻找合适的环境规制强度指标: 基于中国排污收费政策的视角[J]. 环境经济研究, 2020, 5(1): 56–77. [Quan Y C, Li Z Q. Measuring environmental regulation stringency in China: Perspective of China's pollution levy system[J]. Journal of Environmental Economics, 2020, 5(1): 56–77.]
- [29] 陈诗一. 中国的绿色工业革命: 基于环境全要素生产率视角的解释(1980–2008)[J]. 经济研究, 2010, 45(11): 21–34. [Chen S Y. Green industrial revolution in China: A perspective from the change of environmental total factor productivity[J]. Economic Research Journal, 2010, 45(11): 21–34.]
- [30] 张樨樨, 曹正旭, 徐士元. 长江经济带工业绿色全要素生产率动态演变及影响机理研究[J]. 中国地质大学学报(社会科学版), 2021, 21(5): 137–148. [Zhang X X, Cao Z X, Xu S Y. Research on the dynamic evolution and influence mechanism of industrial green total factor productivity in the Yangtze River Economic Belt [J]. Journal of China University of Geosciences (Social Sciences Edition), 2021, 21(5): 137–148.]
- [31] Tone K. A slacks-based measure of super-efficiency in data envelopment analysis[J]. European Journal of Operational Research, 2002, 143(1): 32–41.
- [32] 秦宏, 张莹, 卢云云. 基于SBM模型的中国海水养殖生态经济效率测度[J]. 农业技术经济, 2018, (9): 67–79. [Qin H, Zhang Y, Lu Y Y. Measurement and analysis of China's mariculture eco-economic efficiency: Based on SBM model[J]. Journal of Agrotechnical Economics, 2018, (9): 67–79.]
- [33] 张懿, 纪建悦. 中国海水养殖生态经济系统耦合关系及驱动因素分解[J]. 农业技术经济, 2020, (4): 94–106. [Zhang Y, Ji J Y. The decoupling and influencing factors analysis of blue granary eco-economy system[J]. Journal of Agrotechnical Economics, 2020, (4): 94–106.]
- [34] 宗虎民, 袁秀堂, 王立军, 等. 中国海水养殖业氮、磷产出量的初步评估[J]. 海洋环境科学, 2017, 36(3): 336–342. [Zong H M, Yuan X T, Wang L J, et al. Preliminary evaluation on the nitrogen and phosphorus loads by mariculture in China[J]. Marine Environmental Science, 2017, 36(3): 336–342.]
- [35] Arellano M, Bover O. Another look at the instrumental variable estimation of error-components models[J]. Journal of Econometrics, 1995, 68(1): 29–51.
- [36] 李晨, 汪琳琳, 邵桂兰. 水产品贸易对渔业碳排放强度的影响: 基于中介模型与门槛模型的检验[J]. 资源科学, 2021, 43(10): 2130–2145. [Li C, Wang L L, Shao G L. The impact of aquatic product trade on the intensity of fishery carbon emissions: Based on intermediary and threshold models[J]. Resources Science, 2021, 43(10): 2130–2145.]
- [37] Hansen B E. Threshold effects in non-dynamic panels: Estimation, testing, and inference[J]. Journal of Econometrics, 1999, 93(2): 345–368.
- [38] 纪建悦, 曾琦. 考虑非期望产出的中国海水养殖业全要素生产率研究: 基于Global Malmquist-Luenberger指数[J]. 中国海洋大学学报(社会科学版), 2017, (1): 43–48. [Ji J Y, Zeng Q. A study

on total factor productivity of China's mariculture considered undesirable outputs: Based on Global Malmquist-Luenberger index [J]. *Journal of Ocean University of China (Social Sciences)*, 2017, (1): 43-48.]

[39] 卫平, 余奕杉. 环境规制对制造业产业结构升级的影响: 基于省

级动态面板数据的系统 GMM 分析[J]. *经济问题探索*, 2017, (9): 144-152. [Wei P, Yu Y S. The impact of environmental regulation on the upgrading of manufacturing industrial structure: A systematic GMM analysis based on provincial dynamic panel data[J]. *Inquiry into Economic Issues*, 2017, (9): 144-152.]

## Impact of environmental regulations on the green transition of China's mariculture industry: Empirical test based on a dynamic panel model

QIU Rongshan<sup>1</sup>, HAN Limin<sup>1,2</sup>, XU Jie<sup>1</sup>, YIN Wei<sup>1</sup>

(1. School of Management, Ocean University of China, Qingdao 266100, China;

2. Institute of Marine Development, Ocean University of China, Qingdao 266100, China)

**Abstract:** Accelerating the green transition of the mariculture industry is of great practical significance for the overall development of marine ecological civilization. However, whether and how environmental regulations can promote the green transition of mariculture industry has not been clear. Based on Porter's hypothesis theory, this study conducted an in-depth analysis of the mechanism and role of environmental regulations in influencing the green transition of the mariculture industry. A dynamic panel model of systematic Gaussian mixture model (GMM) and a panel threshold regression model were adopted to empirically test the impact of environmental regulations on the green transition of the mariculture industry, with a sample of inter-provincial panel data from 2009 to 2019 in coastal areas of China. The study found that: (1) Environmental regulations showed a non-linear U-shaped effect, inhibiting and then promoting the green transition of the mariculture industry, with a certain lag in the effect. (2) Heterogeneity exists in the impact of various environmental regulations on the green transition of mariculture. For example, command-based environmental regulations impact on the green transition of the mariculture in a non-linear U-shaped form that first inhibits and then promotes the transition, while market-based environmental regulations fail to significantly impact on the green transition of the mariculture in the short term. (3) There is a single threshold effect of market-based environmental regulations on the green transition of mariculture based on command-based environmental regulation, that is, the impact of market-based environmental regulations on the green transition of mariculture will fail when the intensity of command-based environmental regulations crosses the threshold. Findings of this research enrich the application of Porter's hypothesis theory to mariculture and provide a sound scientific basis for promoting a win-win situation for both marine environmental management and the green transition of mariculture.

**Key words:** environmental regulations; mariculture industry; green transition; Porter's hypothesis theory; dynamic panel model of system GMM; threshold regression model