环境规制能否促进海洋科技创新

——基于我国沿海地区面板数据的门槛检验

汪永生[1,2]

(1.江苏科技大学人文社科学院 镇江 212003;
2.江苏科技大学海洋公共政策研究所 镇江 212003)

摘要:为促进我国海洋环境保护和海洋科技创新的协调发展,本研究利用我国沿海地区的面板数据,检验环境规制与海洋科技创新的关系是否支持"波特假说",进而采用门槛效应模型验证不同类型的环境规制对不同海洋科技创新变量的非线性影响,并提出发展建议。研究结果表明:"波特假说"在海洋领域更多适用于控制型环境规制与科技创新,其所强调的严苛环境保护政策对海洋科技创新的影响路径是增加海洋环境污染治理项目,进而强化海洋科技课题应用成果;未来应加强和规范海域使用金的征收和使用管理,不断优化海洋产业结构,以及科学选择环境规制工具和合理确定环境规制强度。

关键词:环境规制;海洋科技创新;波特假说;门槛效应;污染治理

中图分类号:F06;X196;P74 **文献标志码**:A **文章编号**:1005-9857(2022)04-0062-06

Can Environmental Regulation Improve Marine Science and Technology Innovation: A threshold test based on coastal provincial panel data

WANG Yongsheng[1,2]

(1.School of Humanities and Social Sciences, Jiangsu University of Science and Technology, Zhenjiang 212003, China;
2.Institute of Marine Public Policy, Jiangsu University of Science and Technology, Zhenjiang 212003, China)

Abstract: To promote the coordination between marine environmental protection and marine science and technology (S & T) innovations, this paper tested whether the relations of marine environmental regulation and marine S & T innovation supports the Porter Hypothesis based on the panel data of 11 coastal areas. Moreover, the threshold effect model was used to verify the nonlinear effects of different types of environmental regulations on different S & T innovation variables, by which many policy implications were put forward. The results showed that Porter Hypothesis was more suitable for controlling environmental regulations on marine S & T innovation, which relied on increasing marine pollution control projects, and further intensified the application results in marine S & T projects. It was necessary to improve the management of marine

收稿日期:2021-06-29;**修订日期**:2022-03-09

作者简介:汪永生,讲师,博士,研究方向为海洋公共政策和海洋经济

use fees, optimize marine industrial structure, and select environmental regulation tools and determine their use intensity scientifically.

Keywords: Environmental regulation, Marine science and technology innovation, Porter Hypothesis, Threshold effect, Pollution control

0　引言

传统的经济学观点认为环境保护会抑制经济发展,即加强环境保护必然会提高经济运行成本,从而阻碍产出增长。因此,环境保护和经济发展2种目标的抵消关系构成两难选择,即为达成某个目标将不可避免地损害另一个目标的实现。自20世纪90年代以来,一些新的观点开始挑战传统经济学关于环境保护问题的理论框架,其中最具代表性的是"波特假说"[1]。该假说认为恰当设计的环境保护政策或环境规制在缓解环境污染的同时,还可以激发科技创新的积极性,通常称此为"弱波特假说";后又进一步发展出"强波特假说",即科技创新在抵消环境合规成本的同时,能够进一步提高企业的利润和竞争力[2]。总之,在"波特假说"看来,环境规制与科技创新存在"双赢"关系。自"波特假说"提出后,国内外学者结合实际开展大量的验证工作,主要形成成立、不成立和不确定3种观点,相关文献对此已有较为充分的评述[3-5]。目前多数学者基本认同"弱波特假说"成立的前提假设,即加强环境规制能够引致科技创新。

我国沿海地区海洋经济活动密集,快速扩张的海洋生产部门以及较为宽松的环境规制政策导致近岸海域的海洋环境恶化。为缓解环境公共物品的负外部性,旨在改善海洋环境条件的控制和激励措施逐渐受到重视。钱薇雯等[6]对比命令控制型和经济激励型环境规制工具对海洋科技创新的影响差异,发现这2种影响路径在不同地区表现为正向显著或不显著。赵玉杰[7]以我国沿海地区为研究对象,发现预防型环境规制对海洋科技创新具有短期负向挤出效应和中长期正向引致效应;控制型环境规制对海洋科技创新具有显著的短期负向挤出效应,而中长期效应则因海洋科技创新类型不同而存在差异。杜军等[8]利用DEA和PVAR模型进行研究,发现环境规制促进海洋经济绿色全要素生产率,即支持"强波特假说";海洋经济绿色全要素生产率与海洋科技创新存在双向互动关系,又支持"弱波特假说"。

可见,对于环境规制与科技创新的关系,选择不同的研究方法和时空尺度会得出不一致的结论。即使大部分结论支持"弱波特假说",但仍存在一些悬而未决的疑问。①环境规制强度与科技创新水平之间是否为线性关系,如果二者为非线性关系,那么线性估计结果将有偏差;②环境规制引致的科技创新可能存在一个或多个门槛值,如低于或高于这些门槛值,环境规制对科技创新的作用效果将出现显著差异。基于此,本研究利用面板数据模型检验"波特假说"在我国海洋领域是否成立,进而构建门槛效应模型检验不同类型环境规制对海洋科技创新的非线性影响,为制定合理和灵活的海洋环境保护政策提供参考依据。

1　研究模型

1.1　面板数据模型

"波特假说"的检验涉及2类重要变量,即解释变量(环境规制)和被解释变量(海洋科技创新)。考虑到环境规制对海洋科技创新的影响存在滞后性,解释变量中同时考虑环境规制的滞后变量,由此构建模型为:

$$TI_{it}=\beta_1 ER_{it}+\beta_2 ER_{it-1}+\beta_3 ER_{it-2}+\gamma_n X_{it}^n+\alpha_i+\mu_t+\varepsilon_{it}$$

式中:TI_{it}表示沿海地区i在t时期的海洋科技创新;ER_{it}、ER_{it-1}和ER_{it-2}分别表示沿海地区i在t时期的环境规制及其一阶和二阶滞后项;X_{it}^n表示沿海地区i在t时期的一系列控制变量;α_i和μ_t分别表示地区固定效应和时间固定效应;ε_{it}表示随机扰动项;$\beta_1\sim\beta_3$分别表示各项的影响系数;γ_n表示一系列控制变量的影响系数。

(1)被解释变量:海洋科技创新(TI)。以往研究倾向于以专利申请或授权数量衡量科技创新产

出,指标较为单一。本研究除关注海洋专利授权数量(PAT)外,还纳入海洋知识成果数量(KON)和海洋科技课题应用成果占比(APP)。因此,海洋科技创新作为被解释变量共有 3 个代理变量。

(2)解释变量:环境规制。以往研究设置的环境规制代理变量主要包括控制型、激励型和预防型 3 种。其中,控制型选取单位产值工业污染治理投资额,激励型选取单位面积海域使用金征收额,预防型选取工业污染排污费用。考虑到数据可获得性,本研究以包括废水和固体废物在内的海洋环境污染治理项目数量作为控制型环境规制变量(KZ),以单位面积海域使用金征收额(海域使用金征收额/确权海域面积)作为激励型环境规制变量(JL)。

(3)控制变量:以海洋经济指标为主,包括人均海洋生产总值(GOP_{pc})、海洋产业结构高级化指数(IND)、海洋基础设施综合指数(INF)以及以港口货物吞吐量表示的经济开放程度(OPE)。

1.2 门槛效应模型

以往研究较多通过门槛效应模型检验海洋科技对海洋经济影响的门槛效应差异[9-10],而较少检验环境规制对海洋科技创新的非线性影响。实际上,环境规制对科技创新的影响也可能存在若干门槛值。具体而言,门槛值是指在环境规制的科技创新效应中存在的 1 个或数个关键点,当环境规制处于关键点两侧时,其对科技创新的影响程度将出现显著差异。本研究采用 Hansen[11] 提出的门槛效应模型,检验环境规制对海洋科技创新是否具有门槛效应及其影响程度,其中环境规制既为解释变量又为门槛变量。构建模型为:

$$TI_{it}=\begin{cases}\beta_1\ ER_{it}I+\alpha_i+\mu_t+\varepsilon_{it}, & ER_{it}\leqslant\tau\\ \beta_2\ ER_{it}I+\alpha_i+\mu_t+\varepsilon_{it}, & ER_{it}>\tau\end{cases}$$

式中:τ 表示特定的门槛值;β_1 和 β_2 分别表示门槛变量在门槛值两侧时环境规制对海洋科技创新的影响系数;I 表示示性函数。

在本模型中,门槛值越接近门槛水平,则回归结果中的残差平方和越小。因此,可将门槛值的残差平方和最小化来获得门槛值估计值 $\hat{\tau}$。在获得参数估计值后还须进行 2 个方面的检验。

1.2.1 检验模型中的 β_1 和 β_2 是否具有显著差异

原假设 H_0 为 $\beta_1=\beta_2$,接受原假设表示模型没有表现出明显的门槛效应;相应的备择假设 H_1 为 $\beta_1\neq\beta_2$,表示模型存在明显的门槛效应。检验的 F 统计量为:

$$F=\frac{S_0-S(\hat{\tau})}{\sigma^2}$$

式中:S_0 表示原假设下门槛值的残差平方和;$S(\hat{\tau})$ 表示存在单一门槛时的 OLS 残差平方和;σ^2 表示估计门槛值时得到的残差平方和与自由度的比值。

由于在原假设 H_0 下无法识别门槛值,F 统计量的分布是非标准的。采用 bootstrap 自举法获得其渐近分布,进而构造其 p 值。如果拒绝原假设,则认为模型存在门槛效应。

1.2.2 检验门槛值估计值是否等于其真实值

接受原假设 H_0 表示门槛值估计值等于其真实值($\hat{\tau}=\tau_0$)。通常采用极大似然估计法进行检验,检验的 LR 统计量为:

$$LR(\tau)=\frac{S(\tau)-S(\hat{\tau})}{\sigma^2}$$

式中:$S(\tau)$ 表示估计门槛值时得到的残差平方和。

上述为单门槛效应模型的一般过程,而许多情况下模型可能出现多个门槛值,因此须构建双重或多重门槛效应模型。常见的双重门槛效应模型为:

$$TI_{it}=\begin{cases}\beta_1\ ER_{it}I+\alpha_i+\mu_t+\varepsilon_{it}, & ER_{it}\leqslant\tau_1\\ \beta_2\ ER_{it}I+\alpha_i+\mu_t+\varepsilon_{it}, & \tau_1<ER_{it}\leqslant\tau_2\\ \beta_3\ ER_{it}I+\alpha_i+\mu_t+\varepsilon_{it}, & ER_{it}>\tau_2\end{cases}$$

假设单门槛效应模型的门槛值估计值 $\hat{\tau}_1$ 为已知,搜索 τ_2,得到残差平方和最小时对应的 $\hat{\tau}_2$。相关研究表明 $\hat{\tau}_2$ 是渐近有效的,而 $\hat{\tau}_1$ 却并非如此,因而可以固定 $\hat{\tau}_2$ 而重新搜索 $\hat{\tau}_1$,从而得到优化后的一致估计值。同理,多重门槛效应模型可在此基础上扩展,本研究不再赘述。

2 实证分析

本研究采用 2006—2017 年我国沿海 11 省(自治区、直辖市)的面板数据,数据来源为历年《中国海洋统计年鉴》《中国港口统计年鉴》和《中国统计年鉴》。

2.1　基准模型

采用 EViews 10 软件对面板数据进行单位根检验,所有变量经过一阶或二阶差分后均为平稳序列。由于 F 检验拒绝采用混合模型的原假设以及 Hausman 检验拒绝个体随机效应,最终采用个体固定效应模型。估计结果如表 1 所示。

表 1　环境规制影响海洋科技创新的参数估计结果

项目	PAT		KON		APP	
	回归系数	p 值	回归系数	p 值	回归系数	p 值
常数项	−798.461	−0.972	−798.461	−0.972	2.697	5.531***
KZ	345.581	1.960*	−407.011	−1.011	0.098	6.053***
L.(KZ)	48.567	0.436	−116.262	−0.311	0.261	2.758**
L2.(KZ)	−57.253	−0.841	301.367	2.820***	−0.042	−0.911
JL	−22.776	−2.981***	13.686	1.054	−0.006	−1.112
L.(JL)	−23.616	−1.801	−9.809	−0.459	0.003	0.434
L2.(JL)	−31.244	−2.917**	17.519	0.617	−0.002	−0.286
GOP_{pc}	0.022	1.306	0.150	2.857**	−0.047	−1.163
IND	9.053	0.096	720.184	5.099***	−0.109	−1.943
INF	713.692	4.610***	−27.600	−0.093	0.127	2.715**
OPE	−168.236	−2.321*	−22.435	−0.141	−0.319	−4.970***
R^2(调整后)	0.769		0.946		0.893	
F 统计量	15.487		77.658		37.189	
D.W.统计量	0.919		1.372		1.586	

注:*、** 和 *** 分别表示在 10%、5%和 1%水平下显著;L.和 L2.分别表示相应变量的一阶和二阶滞后项。

以 PAT、KON 和 APP 为被解释变量的模型拟合优度(R^2)依次为 0.769、0.946 和 0.893,均具有较高的解释力。

在 PAT 的影响因素中,KZ 当期的影响显著为正,但滞后一期和滞后二期的影响就不再显著,表明海洋环境污染治理项目建设能够促进当期的海洋专利创新,而当项目建成运行后便不再具有明显的促进效应。JL 当期的影响显著为负且通过 1%的显著性检验,滞后一期的影响不显著,而滞后二期的影响又显著为负,表明通过市场化手段征收海域使用金无法为海洋专利创新提供充分激励,在单位面积海域使用金征收额不断提高的情况下,将更多资金投入环境保护会挤占科技创新的资金份额。在控制变量中,INF 的影响显著为正,而 OPE 的影响显著为负。

在 KON 的影响因素中,KZ 当期和滞后一期的影响不显著,而滞后二期的影响显著为正且通过 1%的显著性检验,表明随着海洋环境污染治理项目的立项和实施,相关海洋知识成果会以论文和专著等形式产生,但其从完成到发表需要一定的时间且滞后期约为 2 年。JL 当期、滞后一期和滞后二期的影响均不显著,原因可能是海洋开发利用活动通常来自生产性海洋企业,其更多关注专利成果而非知识成果。在控制变量中,IND 的影响显著为正且通过 1%的显著性检验,表明随着海洋产业结构的高级化,将积累更多的海洋知识成果。

在 APP 的影响因素中,KZ 同样表现出动态非线性特征,即当期、滞后一期到滞后二期的影响逐渐从正向转为负向,显著性也逐渐降低,表明由海洋环境污染治理项目建设引致的海洋科技课题应用成果占比变化主要是即时发生的,即当年建设的海洋环境污染治理项目会显著提高海洋科技课题应用成果占比,当项目建设完成并进入运营维护阶段时,其对应用成果的影响变得微弱。JL 当期、滞后一期和滞后二期的影响均不显著,表明征收海域使用金不会明显促进企业对海洋科技课题应用成果的重视。在控制变量中,INF 的影响显著为正,

而 OPE 的影响显著为负。对比而言，解释变量和控制变量对 PAT 和 APP 的影响较为相近，这是由于二者密切相关；在海洋科技创新活动中，当应用型课题立项占比提高并有效执行时，将直接带动相关专利申请和授权数量增加；在此过程中，控制型环境规制主要发挥促进作用，而激励型环境规制可能引发挤出效应。

2.2 门槛效应模型

在进行门槛回归前应先确定门槛的个数。按照上述检验方法，利用 Stata 16 软件将变量纳入门槛效应模型，依次按照没有门槛值、有 1 个门槛值和有 2 个门槛值的 3 种情形进行检验。采用 Hansen 建议的 bootstrap 自举法模拟 300 次后的 F 统计量、p 值和不同显著性水平的临界值(表 2)。

表 2 门槛变量的效果检验

变量	门槛变量	假设检验	F 统计量	p 值	不同显著性水平的临界值		
					90%	95%	99%
PAT	JL	H_0:没有门槛值；H_1:有 1 个门槛值	4.84	0.577	13.44	18.33	24.47
	KZ	H_0:没有门槛值；H_1:有 1 个门槛值	11.64	0.413	21.22	26.83	43.75
KON	JL	H_0:没有门槛值；H_1:有 1 个门槛值	12.61	0.117	13.55	17.26	22.19
		H_0:有 1 个门槛值；H_1:有 2 个门槛值	8.98	0.227	12.27	15.00	23.15
	KZ	H_0:没有门槛值；H_1:有 1 个门槛值	25.68	0.083	23.00	27.92	34.96
		H_0:有 1 个门槛值；H_1:有 2 个门槛值	8.45	0.557	23.04	30.99	43.55
APP	JL	H_0:没有门槛值；H_1:有 1 个门槛值	28.94	0.003	13.28	16.05	23.80
		H_0:有 1 个门槛值；H_1:有 2 个门槛值	8.81	0.210	11.78	13.94	28.35
	KZ	H_0:没有门槛值；H_1:有 1 个门槛值	135.24	0.000	16.68	20.22	26.69
		H_0:有 1 个门槛值；H_1:有 2 个门槛值	39.92	0.000	15.90	19.28	26.29

由表 2 可以看出：在 PAT 变量中，JL 和 KZ 均未通过显著性检验，因而不存在任何形式的门槛效应；在 KON 变量中，KZ 在 10%的显著性水平下通过单一门槛检验，而 JL 未通过任何检验；在 APP 变量中，JL 和 KZ 在 1%的显著性水平下通过单一门槛检验，且 KZ 在 1%的显著性水平下通过双重门槛检验。由此可以认为，海洋科技创新的代理变量为 PAT 时不存在门槛效应，为 KON 时可能存在单一门槛效应，为 APP 时存在单一或双重门槛效应。

确定门槛的个数后，计算具体的门槛值估计值。在存在门槛效应的情形下，各门槛变量的似然比(LR)门槛值估计值和置信区间(临界值≈7.352 3)如表 3 所示。由表 3 可以看出：在 KON 变量中，JL 和 KZ 的门槛值估计值分别是 2.57 和 7.93；在 APP 变量中，JL 的门槛值估计值是 4.04，KZ 的单一和双重门槛值估计值分别是 4.66 和 4.88。

环境规制与海洋科技创新之间存在门槛效应的区间值以及区间内的回归系数如表 4 所示。

表 3 门槛值估计值和置信区间

变量	门槛变量	门槛值估计值	95%置信区间
KON	JL(单一门槛)	2.57	[2.49,2.63]
	KZ(单一门槛)	7.93	[7.89,7.95]
APP	JL(单一门槛)	4.04	[3.79,4.17]
	KZ(单一门槛)	4.66	[4.39,4.85]
	KZ(双重门槛)	4.88	[4.87,4.89]

表 4 环境规制影响海洋科技创新的门槛回归结果

变量	门槛区间	回归系数	t 值
KON	JL<2.57	−209.0	−3.39
	JL≥2.57	−112.2	−2.77
	KZ<7.93	63.3	0.57
	KZ≥7.93	103.9	0.92
APP	JL<4.04	0.007	0.40
	JL≥4.04	−0.027	−1.55
	KZ<4.66	0.199	4.74
	4.66≤KZ<4.88	0.213	5.31
	KZ≥4.88	0.059	1.47

(1)JL 对 KON 的影响。当门槛值小于 2.57 时,征收海域使用金对海洋知识成果产出具有显著的负向影响,表明企业缺少足够激励推进海洋科技创新活动;当门槛值不小于该数值时,继续提高海域使用金征收额仍会显著减少海洋知识成果数量,但减幅变慢。因此,激励型环境规制始终抑制海洋知识创新,不支持"波特假说"的设定。

(2)KZ 对 KON 的影响。无论门槛值小于或大于(等于)7.93,增加海洋环境污染治理项目数量都有助于海洋知识创新,且越过 7.93 的门槛后该影响进一步增大但并不显著。

(3)JL 对 APP 的影响。当门槛值小于 4.04 时,征收海域使用金对海洋科技课题应用成果占比有正向影响但不显著,而越过 4.04 的门槛后该影响转为负向但仍不显著。

(4)KZ 对 APP 的影响。当门槛值小于 4.66 时,海洋环境污染治理项目数量增加将显著提高海洋科技课题应用成果占比;当门槛值处于 4.66～4.88时,该影响进一步增大;当门槛值大于 4.88 时,该影响减小且不再显著。这种变化趋势表明海洋环境污染治理项目数量和海洋科技课题应用成果占比的关系曲线呈凸型,即一旦越过特定的门槛将出现边际递减效应。

3　结语

本研究利用我国沿海地区的面板数据,检验环境规制与海洋科技创新的关系是否支持"波特假说",进而采用门槛效应模型验证不同类型的环境规制对不同海洋科技创新变量的非线性影响。实证结果显示:激励型环境规制对海洋专利创新存在显著的负向影响,而控制型环境规制对各类海洋科技创新变量均存在当期或滞后期的正向影响,表明"波特假说"在海洋领域更多适用于控制型环境规制与科技创新;进一步地,控制型环境规制对海洋知识创新的门槛效应并不显著,而对海洋科技课题应用成果存在显著的双重门槛效应。因此,"波特假说"所强调的严苛环境保护政策对海洋科技创新的影响路径是增加海洋环境污染治理项目,进而强化海洋科技课题应用成果,而后者不仅有利于促进海洋科技事业发展,而且有利于强化环境保护力度。

基于研究结果,本研究提出 3 项建议。①加强和规范海域使用金的征收和使用管理,提高资金使用效益,既要保障海洋环境质量,也要注重对海洋科技创新的支持。②不断优化海洋产业结构,尤其重视海洋高技术产业和海洋新兴产业发展,通过产业转型升级积累更多的海洋知识和技术。③科学选择环境规制工具,合理确定环境规制强度。例如:在选择控制型环境规制工具时要权衡海洋环境污染治理项目建设的成本和收益,确保建设规模达到特定阈值或处于特定区间,使海洋科技创新效益最优化。

参考文献

[1] PORTER M E.America′s green strategy[J].Scientific American,1991(4):168.

[2] PORTER M E,VAN DER LINDE C.Toward a new conception of the environment-competitiveness relationship[J].Journal of Economic Perspectives,1995,9(4):97－118.

[3] 沈能,刘凤朝.高强度的环境规制真能促进技术创新吗?基于"波特假说"的再检验[J].中国软科学,2012(4):49－59.

[4] 游达明,蒋瑞琛.我国环境规制工具对技术创新的作用:基于2005－2015 年面板数据的实证研究[J].科技管理研究,2018,38(15):39－45.

[5] 于鹏,李鑫,张剑,等.环境规制对技术创新的影响及其区域异质性研究:基于中国省级面板数据的实证分析[J].管理评论,2020,32(5):87－95.

[6] 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.

[7] 赵玉杰.环境规制对海洋科技创新引致效应研究[J].生态经济,2019,35(10):143－153.

[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):144－153,197.

[9] 吴梵,高强,刘韬.海洋科技创新对海洋经济增长的门限效应研究[J].科技管理研究,2019,39(20):113－120.

[10] 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.

[11] HANSEN B E.Threshold effects in non-dynamic panels:estimation,testing,and inference[J].Journal of Econometrics,1999,93(2):345－368.