

基于 VAR 模型的海洋生态与海洋经济发展相关性研究——以渤海沿岸天津市为例

冯丽君, 李凡群*, 余 乐

(安徽财经大学 统计与应用数学学院, 安徽 蚌埠 233000)

摘 要: 海洋经济高速发展背景下, 沿海城市环境压力日趋增加, 海洋生态遭受不同程度的破坏, 近海城市空气质量遭受牵连, 我国亟需探寻能促进海洋生态环境与海洋经济水平协调发展的有效方法。本文基于渤海沿岸城市天津市 2001—2017 年的面板数据, 构建 VAR 模型, 利用脉冲响应函数与方差分解探究模型的动态特征。研究表明, 海洋生态对海洋经济存在较大冲击, 且二者发展相互制约, 存在最优值点。以天津市为例, 我国在制定海洋经济策略的同时需加强构建科学开发体系, 在保证生态环境质量的同时, 推动经济建设, 促进二者协调发展, 不断优化城市海洋经济竞争力引导海洋经济与海洋生态健康可持续发展。

关键词: 渤海经济; 海洋生态; 动态分析; VAR

中图分类号: F124.5

文献标志码: A

文章编号: 1002-3862(2021)04-0303-10

doi: 10.3969/j.issn.1002-3862.2021.04.007

引用格式: FENG L J, LI F Q, YU L. Research on the correlation between marine ecological conditions and marine economic development in Tianjin based on VAR model[J]. Coastal Engineering, 2021, 40(4): 303-312. 冯丽君, 李凡群, 余乐. 基于 VAR 模型的海洋生态与海洋经济发展相关性研究[J]. 海岸工程, 2021, 40(4): 303-312.

近年来, 在我国海洋经济迅猛发展的大背景下, 海洋生态状况不容乐观, 如海洋资源开发利用率始终较低、污染物排海量显著增多、近岸海域生态系统逐渐退化、多发海洋自然灾害等, 对海洋经济的可持续发展造成了极大威胁。根据环境保护部 2020 年发布的《中国海洋生态环境状况公报》^[1] 显示, 全国入海河流水质状况为轻度污染, 主要超标指标为化学需氧量、高锰酸盐、总磷、氨氮等化学物质, 近海城市的空气质量因此受到牵连, 环境污染对人体健康与海洋生物的生存也造成了一定程度的威胁。

刘超^[2] 研究了海洋生态环境中最重要的营养物质——营养盐的变化情况, 并分析了导致营养盐含量过高进而造成我国海洋生态环境恶化的主要因素, 结果表明地理生态因素对营养盐含量有明显的影 响作用; 荀露峰等^[3] 通过研究山东省海洋产业结构与生态环境的响应关系, 得出影响山东省海洋环境状况的主要因素包括海域利用效率低、海洋产业结构不够科学、环保投入不足以及海洋保护面积比重较小等; 此外, 高强等^[4] 针对性地开展了渤海海域的生态环境响应及影响因素研究, 总结出渤海海洋科技对生态环境的“胁迫”影响总体呈现出由“弱胁迫”向“强胁迫”变化的态势; 李华等^[5] 通过构建生态环境发展水平与海洋经济综合评价指标体系, 分析得出我国海洋经济发展对我国海洋生态表现出明显的“胁迫”影响, 其中, 海洋科技的发展是主要影响因素; 侯京淮^[6] 围绕海洋旅游业的发展, 探讨海洋经济可持续发展问题, 提出加强海洋资源的规划管理, 以达到海洋经济可持续并蓬勃发展的目的。

收稿日期: 2021-04-07

资助项目: 安徽省高校自然科学研究重点项目——高维图模型选择及其应用的研究(KJ2019A0658); 安徽省高等学校省级质量工程项目——课程思政-统计学(2020szsfc0044); 安徽财经大学教研重大项目——“三全育人”理念下统计学课程群融入思政教育的路径与机制研究(acjy2020001zd)

作者简介: 冯丽君(1997—), 女, 硕士研究生, 主要从事资源环境统计方面研究. E-mail: ljfeng1205@163.com

* **通信作者:** 李凡群(1969—), 男, 副教授, 博士, 主要从事数理统计方面研究. E-mail: lfq006@163.com

(王佳实 编辑)

近 30 a 来,环渤海经济取得的成绩有目共睹,其工业经济密度是全国平均水平的 4 倍以上,创造了超过中国 20% 以上的经济总量,高强度的海洋资源开发必然导致生态环境的破坏^[7],由此,渤海沿岸城市环境压力日趋增大,亟需科学有效的发展方案。

依据以上背景,本文从海洋资源状况与海洋经济水平的多个指标建立了环境状况综合评价体系,并分析了海洋生态与海洋经济之间的双向影响,通过以渤海沿岸城市天津市为例,构建了理论模型进行实证分析,借此为我国沿海城市的海洋经济与生态协调发展做出提议^[8-9]。

1 模型设定与海洋生态环境协调度量

向量自回归(Vector Autoregression, VAR)模型基于数据的统计性质建立模型,把系统中每一个内生变量作为系统中所有内生变量滞后值的函数来构造模型,从而将单变量自回归模型推广到由多元时间序列变量组成的向量自回归模型,VAR 模型是处理多个相关经济指标的分析与预测中最易操作的模型之一。本文选取渤海沿岸城市天津市 2001—2017 年数据,构建面板 VAR 模型,研究生态环境协调与海洋经济之间是否存在显著联系,依据赤池信息准则(Akaike Information Criterion, AIC)等准则确定模型的滞后阶数。

1.1 模型假设

为研究海洋生态环境协调与海洋经济发展间是否存在某种联系,构建如下面板 VAR 模型:

$$Y_{it} = \alpha_i + \sum_{j=1}^k \beta Y_{i,t-j} + Y_t + \varepsilon_{it}, \quad (1)$$

式中, Y_{it} 为每个个体的时间效应向量, α_i 为个体效应向量, $\beta Y_{i,t-j}$ 为 Y_{it} 的 j 阶滞后项, k 为最大滞后阶数, Y_t 为时间效应向量, ε_{it} 为与 Y_{it} 不相关随机干扰项。

1.2 变量选择以及数据来源

环境状态指标选取原则一般从环境污染角度出发,如环境气象评估指数(Evaluation on Meteorological Condition Index of PM_{2.5} Pollution, EMI)是以气象条件变化所导致的细颗粒物 PM_{2.5} 浓度变化来定义的,空气质量指数(Air Quality Index, AQI)是以 5 种常见污染物的浓度来计算的。本文参考王方方等^[10]的指标选取思路,结合实际情况和数据的可获得性,选取森林覆盖率与污染治理投入等 4 个正向指标($x_1 \sim x_4$)构建资源状况体系;人均生活垃圾清运量、废水排放总量与 GDP 占比等 4 个逆向指标($x_5 \sim x_8$)构建海洋经济体系(表 1)^[11],数据主要来源于《天津市统计年鉴》^[12-28],《中国近岸海域环境质量公报》^[29-45]等官方统

表 1 指标选取及方向

Table 1 Selection and direction of the Indexes

准则层		指 标	方 向
资源状况	x_1	近岸海域水质一、二类海水占比/%	+
	x_2	人均水资源量/(m ³ ·人 ⁻¹)	+
	x_3	森林覆盖率/%	+
	x_4	环境污染治理投资与 GDP 占比/%	+
海岸经济水平	x_5	生活垃圾清运量/人口数/(t·人 ⁻¹)	-
	x_6	废水排放总量/GDP/(t·万元 ⁻¹)	-
	x_7	工业废气排放总量/GDP/(m ³ ·元 ⁻¹)	-
	x_8	工业固体废物产生量/GDP/(t·万元 ⁻¹)	-

计报告。为便于研究,在模型实证之前,我们对各项指标进行了无量纲化处理,并运用熵值法确定各指标权重,加以计算得出海洋环境指数与经济指数(表 2)。

表 2 资源状况与海岸经济水平指标值

Table 2 Index values of the resource status and coastal economic level

年 份	$x1/\%$	$x2/(\text{m}^3 \cdot \text{人}^{-1})$	$x3/\%$	$x4/\%$	$x5/(\text{t} \cdot \text{人}^{-1})$	$x6/(\text{t} \cdot \text{万元}^{-1})$	$x7/(\text{m}^3 \cdot \text{元}^{-1})$	$x8/(\text{t} \cdot \text{万元}^{-1})$
2001 年	5.0	6.37	11.90	13.68	0.239 6	11.073 0	1.489 2	0.299 6
2002 年	5.0	36.44	14.71	46.14	0.177 4	10.209 9	1.710 1	0.299 0
2003 年	0.0	104.82	15.28	33.81	0.185 7	8.380 4	1.691 2	0.249 8
2004 年	10.0	139.79	15.73	23.32	0.218 8	7.273 6	0.983 0	0.242 0
2005 年	40.0	101.92	15.98	50.39	0.177 8	8.135 2	1.244 6	0.303 7
2006 年	40.0	94.05	16.23	34.42	0.162 3	5.289 3	1.499 0	0.297 4
2007 年	30.0	101.43	15.71	29.80	0.172 0	4.246 0	1.090 2	0.277 0
2008 年	40.0	159.76	16.48	24.73	0.179 6	8.921 4	0.882 4	0.217 3
2009 年	70.0	126.80	17.77	23.63	0.191 9	7.829 5	0.785 4	0.199 0
2010 年	0.0	70.81	17.55	17.63	0.186 8	7.298 4	0.822 6	0.199 3
2011 年	20.0	113.54	17.78	13.62	0.190 7	5.858 4	0.778 2	0.153 7
2012 年	20.0	232.95	18.01	9.59	0.187 3	6.327 8	0.690 1	0.139 9
2013 年	20.0	145.82	18.60	10.12	0.199 2	5.744 3	0.551 2	0.109 4
2014 年	30.0	111.84	18.97	13.84	0.212 5	5.597 5	0.551 2	0.109 4
2015 年	30.0	124.84	21.74	14.32	0.234 4	5.537 9	0.497 5	0.092 1
2016 年	33.3	121.12	24.18	11.32	0.257 6	5.131 4	0.454 0	0.083 5
2017 年	25.0	83.60	24.49	4.23	0.292 4	4.894 6	0.492 5	0.080 6

1.3 海洋生态环境与海洋经济综合指标的时间趋势

通过熵值法对选取的指标进行降维,得到海洋生态环境协调程度($X1$)和海洋经济发展水平($X2$)两个综合指标,资源状况所包含的 4 个指标($x1$ 、 $x2$ 、 $x3$ 和 $x4$)降维处理后的综合指标即生态环境协调程度($X1$);海岸经济水平所包含的 4 个指标($x5$ 、 $x6$ 、 $x7$ 和 $x8$)降维处理后的综合指标即海洋经济发展水平($X2$),指标 $X1$ 和 $X2$ 在 2001—2017 年发展趋势如图 1,我们希望建立 1 个二元的 VAR 模型。

由图 1 可见,天津市生态环境协调程度($X1$)在 2001—2017 年间呈波动式增长,但增幅不明显,说明天津市海洋环境总体上发展缓慢,我国海洋生态压力仍在不断增大,环境问题依然突出,环境质量水平在 2008 年前后达到一个极值点,并在 2008 年之后的 2 a



图 1 天津市海洋经济与生态环境综合发展指数变化趋势

Fig.1 Changing tendency of the comprehensive development indexes of marine economy and ecological environment in Tianjin

内迅速下跌(图 1)。造成此现象的主要原因为:2008 年北京奥运会举办前后,环境整治力度加强,2008 年前后的环境状况得到较快发展,达到近几年极值点,该现象可以理解为“政治性蓝天”。2009—2010 年生态状况有一个断崖式下跌,是高强度整治力度松懈之后的污染水平出现了反扑现象。此外,天津市海洋经济水平($X2$)总体呈现上升势头,近几年有下降趋势,与天津市整体经济发展方向一致,存在较小波动。由图 1 可

见,海洋经济与海洋生态总体向好,符合经济学规律。

2 海洋生态环境协调程度与海洋经济发展问题的实证分析

本文采用 VAR 模型,以渤海沿岸城市天津市为例,研究海洋经济与海洋生态环境之间影响关系与影响方式。鉴于 VAR 模型的特点,待估系数过多将使得样本容量过小,增大估计误差,降低预测精度,因此本文考虑将选取的 8 个变量降维成 2 个综合指标:海洋生态环境协调度和海洋经济水平。

滞后期的选择是 VAR 模型建立的前提,且协整检验的最优滞后数一般为 VAR 模型的最大滞后阶数减 1。检验按照少数服从多数原则,综合使用似然比检验(Likelihood Ratio, LR)、最终预测误差(Final Prediction Error, FPE)、赤池信息准则、汉南-昆准则(Hannan-Quinn Information Criterion, HQIC)、施瓦茨信息准则(Schwarz's Bayesian Information Criterion, SBIC)五种检验法则,结果见表 3。由表 3 可见,应选取滞后二阶构建模型。

表 3 LR 检验与滞后阶数选择
Table 3 LR test and lag order selection

lag	LL	LR	df	P 值	FPE	AIC	HQIC	SBIC
0	24.235 3				0.000 112	-3.420 82	-3.438 69	-3.333 91
1	32.468 2	16.466 0	4	0.002 00	0.000 059	-4.072 03	-4.125 63	-3.811 29
2	38.204 8	11.473 0	4	0.022 00	0.000 049*	-4.339 20*	-4.428 52*	-3.904 62*
3	39.825 5	3.241 4	4	0.518 00	0.000 083	-3.973 15	-4.098 21	-3.364 74
4	45.501 8	11.353 0*	4	0.023 00	0.000 095	-4.231 04	-4.391 83	-3.448 80

注:lag 代表阶数;LL 代表对数似然函数;df 代表似然比统计量的自由度;P 值代表似然比统计量的 P 值;* 代表相应准则下应选择的最佳滞后阶数;空白处无数据

2.1 模型实证

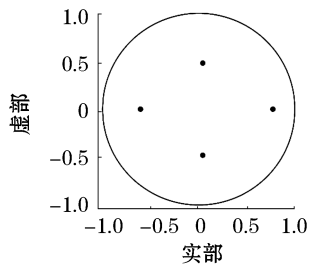
根据上述 5 种准则确定阶数后,对面板 VAR 模型进行估计。二阶向量自回归模型估计结果如表 4。海洋生态环境水平每提升 1 个单位,城市海洋经济水平相应提升 0.469 个单位,即海洋生态环境协调度对海洋经济发展产生正向影响,且引致效果明显;从海洋经济对生态环境的影响来看,海洋经济水平每提升 1 个单位,海洋生态环境相应提升 0.086 个单位,证实二者之间存在双向而非单向的影响。进入 21 世纪以来,天津市海洋经济发展势头良好,主要源于海洋产业的快速发展及海洋资源的有效利用。但海洋经济较快发展带来的海洋生态环境问题不容忽视,大力发展海洋经济造成的污染物排放问题,也是制约我国海洋经济可持续发展的主要因素。由此,天津市应进一步加大海洋环境监测及污染治理力度,制定并实行海洋生态健康发展政策,注重海洋经济的生态效益。

表 4 VAR 估计结果
Table 4 Results of the VAR estimation

变 量	VAR 模型	变 量	VAR 模型	
LnX1	-0.099	L.LnX2	0.164	
	L.LnX1		0.086	
	-0.203		L.LnX1	0.347
	-0.323		L.LnX2	0.337
	0.469			

注:LnX1 代表 X1 的一阶滞后值;L.LnX1 代表 X1 的二阶滞后值;L.LnX2 代表 X2 的二阶滞后值;LnX2 代表 X2 的一阶滞后值

为确保模型的合理性,本文采用单位根检验此 VAR 模型是否稳定。首先,通过卡方检验残差是否为白噪声,检验结果见表 5。由表 5 可见,可以接受残差“无自相关”的原假设,即能够认为扰动项为白噪声。其次,在 VAR 模型中通常用特征方程 $|\Pi_1 - \lambda I| = 0$ 的根描述模型的稳定性,并由图 2 得知所有特征根均在单位圆内,此 VAR 模型是稳定的。



注: · 代表特征根

图 2 VAR 模型稳定性检验

Fig.2 Test of the stability of VAR system

表 5 残差白噪声检验

Table 5 Test of residual white noise

lag	chi2	df	P 值
1	2.182 5	4	0.702 24
2	4.604 3	4	0.330 36

注: chi2 代表卡方统计量

2.2 海洋生态环境与海洋经济发展模型的动态特征

本文利用脉冲响应函数(Impulse Response Function, IRF)和方差分解分析模型中每个内生变量对其自身以及其他内生变量的扰动所做出的反应,来了解本模型的动态特征。

脉冲响应函数用于衡量来自某个内生变量的随机扰动项的一个标准差冲击对 VAR 模型中所有内生变量当前值和未来取值的影响。

脉冲响应图形中,每一行表示同种冲击对不同变量造成的影响,每一列为不同冲击对同一变量造成的影响。横坐标的刻度单位为 VAR 模型估计的单位时间(本文时间单位为年)。图 3 为 8 a 内造成的影响。第 1 行 2 个图展示了海洋生态环境在受到 1 个单位标准差冲击时,VAR 模型产生的变化:海洋生态环境会瞬间全部吸收,并降低其相应水平,冲击产生后的第 4 年左右,该影响几乎消失;冲击会造成海洋经济发展水平的小幅度提升,该积极影响在冲击发生后 2 a 左右消失。第 2 行 2 个图展示了海洋经济水平受到 1 个单位标准差冲击对此 VAR 模型产生的影响:海洋生态水平在冲击发生的第 1 年内有小幅下降,但冲击在发生后的第 2 年内对海洋生态环境造成积极影响,持续到冲击产生的 4 a 左右;海洋经济水平在前 5 a 内持续小幅下降,之后趋于平稳。上述结果验证了海洋生态与海洋经济协调发展要靠二者相互制约,海洋生态环境协调直接促进海洋经济发展,既要利用好渤海经济圈优越的海洋资源,又要注重科学的开发方式,探寻能促进海洋生态协调与海洋经济发展的平衡点。

此外,本文利用方差分解将 VAR 模型中每个海洋经济水平预测误差的方差按照其成因分解为与各个内生变量相关联的组成部分,分析每个冲击对内生变量变化的贡献度。预测方差分解如图 4。

由图 4 可见,对海洋经济水平向前做预测,海洋生态环境对其预测均方误差的贡献比例会逐步上升直至趋于一个稳定水平。我们对海洋经济水平做 1 期预测,结果有 27.09% 的预测方差来自海洋生态环境水平;对海洋经济水平向前做 8 期预测,结果有 33.29% 的预测方差来自海洋生态环境水平。从而说明,海洋生态环境对海洋经济发展存在较大影响。

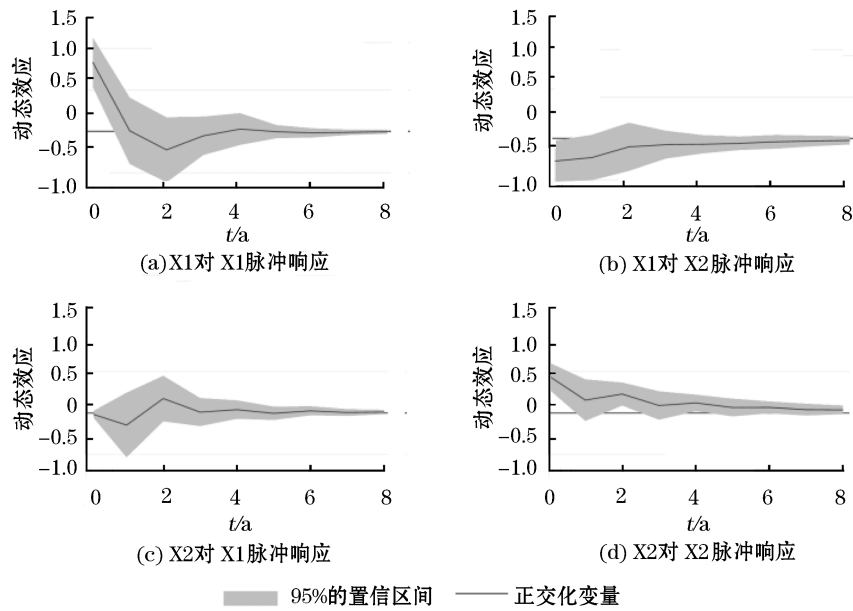


图3 正交化脉冲响应图

Fig.3 Orthogonalized impulse response diagram

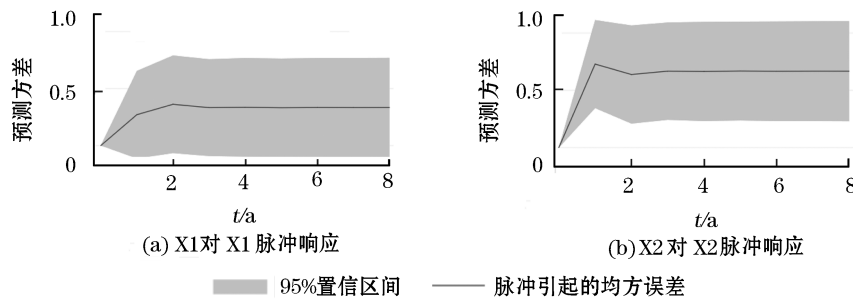


图4 经济水平方差分解图

Fig.4 Variance decomposition diagram of the economic level

3 结论与启示

本文基于渤海沿岸城市天津市近 10 a 的海洋生态及海洋经济数据,建立 VAR 模型,对海洋生态与海洋经济之间可能存在的关系做了深入分析,本案例应用了脉冲响应函数及方差分解等方法,研究结果表明:

1)天津市海洋经济和海洋生态环境都保持稳中有升的趋势,二者的发展具有一个最优值点,到达最优值后,二者之间的正向相关关系转化为负向相关关系,也即过度发展海洋经济会造成生态环境的恶化;过度注重环境问题会抑制海洋经济增长。

2)天津市海洋经济与海洋生态环境存在较强的相关关系,根据预测方差分解结果来看,海洋经济受海洋生态环境影响较大。

基于以上结论,本文获得如下启示:

1)从海洋经济与生态环境间的发展关系来看,沿海城市应注重产业结构调整,在保证海洋生态环境质量的同时,推动海洋经济建设,可借助新兴海洋资源开发技术,促进二者协调发展,不断优化城市海洋经济竞争力,积极应对资源不合理开发与海洋经济增速过慢等挑战,寻找海洋生态环境与海洋经济达到稳态的平衡

点,探寻海洋发展的“最优解”^[46]。

2)从海洋经济受海洋生态环境影响程度来看,我国海洋科技不断进步,资源消耗量巨大,渤海经济圈海洋资源丰富,为确保沿海城市海洋经济与海洋生态环境可持续发展,应科学应用海洋资源,避免因过度开发导致的海洋经济发展倒退现象;注重海洋资源可持续利用与海洋生态环境科学发展,有利于沿岸城市的海洋经济建设。此外,应积极引进先进海洋资源开发技术与优秀海洋科学人才,将理论与实践结合,从而建立渤海经济圈绿色高效的发展名片。

参考文献(References):

- [1] Ministry of Ecology and Environment of the People's Republic of China. Bulletin of China's marine ecological environmental status of China for the year of 2020[EB/OL]. (2021-05-24)[2021-04-07]. <http://mee.gov.cn/hjzl/sthjzk/jagb/202105/P020210526318015796036.pdf>. 中华人民共和国生态环境部. 2020年中国海洋生态环境状况公报[EB/OL]. (2021-05-24)[2021-04-07]. <http://mee.gov.cn/hjzl/sthjzk/jagb/202105/P020210526318015796036.pdf>.
- [2] LIU C. Research on the monthly changes of nutrients and its influencing factors in the Kuroshio area of the East China Sea[D]. Shanghai: Shanghai Normal University, 2012. 刘超. 东海黑潮区营养盐月际变化及其影响因素研究[D]. 上海: 上海师范大学, 2012.
- [3] GOU L F, YANG S W, GAO Q. Evaluation and prediction of ecological environmental effects of marine economy in Shandong Province [J]. Science and Technology Management of Land and Resources, 2017, 34(1): 40-47. 苟露峰, 杨思维, 高强. 山东省海洋经济的生态环境效应评估及预测[J]. 国土资源科技管理, 2017, 34(1): 40-47.
- [4] LI H, GAO Q, DING H Y. Analysis of the response changes and influencing factors of the ecological environment of China's marine economic development[J]. Statistics and Decision, 2020, 36(20): 114-118. 李华, 高强, 丁慧媛. 中国海洋经济发展的生态环境响应变化及影响因素分析[J]. 统计与决策, 2020, 36(20): 114-118.
- [5] LI H, GAO Q, WU F. Eco-environmental response and its influencing factors in the development of marine economy in the Bohai Rim region[J]. China Population, Resources and Environment, 2017, 27(8): 36-43. 李华, 高强, 吴梵. 环渤海地区海洋经济发展进程中的生态环境响应及其影响因素[J]. 中国人口·资源与环境, 2017, 27(8): 36-43.
- [6] HOU J H. The impact of the development of marine tourism resources on the sustainable development of marine economy[J]. Operation and Management, 2020(11): 156-160. 侯京淮. 海洋旅游资源开发对海洋经济可持续发展的影响[J]. 经营与管理, 2020(11): 156-160.
- [7] CHEN H, HUANG J, ZHANG C Y. Analysis of the impact of social-economic activities on marine environment in Bohai Sea[J]. China Economist, 2015(2): 63-64. 陈航, 黄杰, 张春雨. 社会经济活动对渤海海洋环境影响的压力分析[J]. 经济师, 2015(2): 63-64.
- [8] ZHANG Y, LI F, ZHENG B H, et al. Evaluation of coordinated development of economy-environment system in coastal zone city and its application: a case study on Tianjin City[J]. China Population, Resources and Environment, 2005(2): 53-56. 张远, 李芬, 郑丙辉, 等. 海岸带城市环境—经济系统的协调发展评价及应用——以天津市为例[J]. 中国人口·资源与环境, 2005(2): 53-56.
- [9] WANG S, SUN C Z, FAN F. Marine economic and ecological symbiosis form of coastal provinces and cities in China based on symbiosis theory[J]. Geographical Sciences, 2018, 38(3): 342-350. 王嵩, 孙才志, 范斐. 基于共生理论的中国沿海省市海洋经济生态协调模式研究[J]. 地理科学, 2018, 38(3): 342-350.
- [10] WANG F F, YANG X Y. The relationship between the changes in the ecological environment of the South China Sea and the development of marine economy: based on the perspective of coordinated environmental development[J]. Nanhai Journal, 2019, 5(2): 100-108. 王方方, 杨旭宇. 南海生态环境变化与海洋经济发展关系——基于环境协调发展视角[J]. 南海学刊, 2019, 5(2): 100-108.
- [11] GAO Q, ZHOU J J, GAO L H. Coastal marine economic-social-ecological coordination degree research: take Shandong as the example [J]. Marine Environmental Science, 2013, 32(6): 902-906. 高强, 周佳佳, 高乐华. 沿海地区海洋经济—社会—生态协调度研究——以山东省为例[J]. 海洋环境科学, 2013, 32(6): 902-906.
- [12] Tianjin Bureau of Statistics, Tianjin Survey Team of National Bureau of Statistics. Tianjin statistical yearbook 2001[M]. Beijing: China Statistics Press, 2001. 天津市统计局, 国家统计局天津调查总队. 天津市统计年鉴 2001[M]. 北京: 中国统计出版社, 2001.
- [13] Tianjin Bureau of Statistics, Tianjin Survey Team of National Bureau of Statistics. Tianjin statistical yearbook 2002[M]. Beijing: China Statistics Press, 2002. 天津市统计局, 国家统计局天津调查总队. 天津市统计年鉴 2002[M]. 北京: 中国统计出版社, 2002.
- [14] Tianjin Bureau of Statistics, Tianjin Survey Team of National Bureau of Statistics. Tianjin statistical yearbook 2003[M]. Beijing: China Statistics Press, 2003. 天津市统计局, 国家统计局天津调查总队. 天津市统计年鉴 2003[M]. 北京: 中国统计出版社, 2003.
- [15] Tianjin Bureau of Statistics, Tianjin Survey Team of National Bureau of Statistics. Tianjin statistical yearbook 2004[M]. Beijing: China Statistics Press, 2004. 天津市统计局, 国家统计局天津调查总队. 天津市统计年鉴 2004[M]. 北京: 中国统计出版社, 2004.

- [16] Tianjin Bureau of Statistics, Tianjin Survey Team of National Bureau of Statistics. Tianjin statistical yearbook 2005[M]. Beijing: China Statistics Press, 2005. 天津市统计局, 国家统计局天津调查总队. 天津市统计年鉴 2005[M]. 北京: 中国统计出版社, 2005.
- [17] Tianjin Bureau of Statistics, Tianjin Survey Team of National Bureau of Statistics. Tianjin statistical yearbook 2006[M]. Beijing: China Statistics Press, 2006. 天津市统计局, 国家统计局天津调查总队. 天津市统计年鉴 2006[M]. 北京: 中国统计出版社, 2006.
- [18] Tianjin Bureau of Statistics, Tianjin Survey Team of National Bureau of Statistics. Tianjin statistical yearbook 2007[M]. Beijing: China Statistics Press, 2007. 天津市统计局, 国家统计局天津调查总队. 天津市统计年鉴 2007[M]. 北京: 中国统计出版社, 2007.
- [19] Tianjin Bureau of Statistics, Tianjin Survey Team of National Bureau of Statistics. Tianjin statistical yearbook 2008[M]. Beijing: China Statistics Press, 2008. 天津市统计局, 国家统计局天津调查总队. 天津市统计年鉴 2008[M]. 北京: 中国统计出版社, 2008.
- [20] Tianjin Bureau of Statistics, Tianjin Survey Team of National Bureau of Statistics. Tianjin statistical yearbook 2009[M]. Beijing: China Statistics Press, 2009. 天津市统计局, 国家统计局天津调查总队. 天津市统计年鉴 2009[M]. 北京: 中国统计出版社, 2009.
- [21] Tianjin Bureau of Statistics, Tianjin Survey Team of National Bureau of Statistics. Tianjin statistical yearbook 2010[M]. Beijing: China Statistics Press, 2010. 天津市统计局, 国家统计局天津调查总队. 天津市统计年鉴 2010[M]. 北京: 中国统计出版社, 2010.
- [22] Tianjin Bureau of Statistics, Tianjin Survey Team of National Bureau of Statistics. Tianjin statistical yearbook 2011[M]. Beijing: China Statistics Press, 2011. 天津市统计局, 国家统计局天津调查总队. 天津市统计年鉴 2011[M]. 北京: 中国统计出版社, 2011.
- [23] Tianjin Bureau of Statistics, Tianjin Survey Team of National Bureau of Statistics. Tianjin statistical yearbook 2012[M]. Beijing: China Statistics Press, 2012. 天津市统计局, 国家统计局天津调查总队. 天津市统计年鉴 2012[M]. 北京: 中国统计出版社, 2012.
- [24] Tianjin Bureau of Statistics, Tianjin Survey Team of National Bureau of Statistics. Tianjin statistical yearbook 2013[M]. Beijing: China Statistics Press, 2013. 天津市统计局, 国家统计局天津调查总队. 天津市统计年鉴 2013[M]. 北京: 中国统计出版社, 2013.
- [25] Tianjin Bureau of Statistics, Tianjin Survey Team of National Bureau of Statistics. Tianjin statistical yearbook 2014[M]. Beijing: China Statistics Press, 2014. 天津市统计局, 国家统计局天津调查总队. 天津市统计年鉴 2014[M]. 北京: 中国统计出版社, 2014.
- [26] Tianjin Bureau of Statistics, Tianjin Survey Team of National Bureau of Statistics. Tianjin statistical yearbook 2015[M]. Beijing: China Statistics Press, 2015. 天津市统计局, 国家统计局天津调查总队. 天津市统计年鉴 2015[M]. 北京: 中国统计出版社, 2015.
- [27] Tianjin Bureau of Statistics, Tianjin Survey Team of National Bureau of Statistics. Tianjin statistical yearbook 2016[M]. Beijing: China Statistics Press, 2016. 天津市统计局, 国家统计局天津调查总队. 天津市统计年鉴 2016[M]. 北京: 中国统计出版社, 2016.
- [28] Tianjin Bureau of Statistics, Tianjin Survey Team of National Bureau of Statistics. Tianjin statistical yearbook 2017[M]. Beijing: China Statistics Press, 2017. 天津市统计局, 国家统计局天津调查总队. 天津市统计年鉴 2017[M]. 北京: 中国统计出版社, 2017.
- [29] Ministry of Ecology and Environment of the People's Republic of China. Announcement on environmental quality of China's coastal waters in 2001[R/OL]. [2021-04-07]. <http://www.cnemc.cn/jcbg/zgjahyhjzlg/200804/W020181008686336025557.pdf>. 中华人民共和国生态环境部. 2001年中国近岸海域环境质量公报[R/OL]. [2021-04-07]. <http://www.cnemc.cn/jcbg/zgjahyhjzlg/200804/W020181008686336025557.pdf>.
- [30] Ministry of Ecology and Environment of the People's Republic of China. Announcement on environmental quality of China's coastal waters in 2002[R/OL]. [2021-04-07]. <http://www.cnemc.cn/jcbg/zgjahyhjzlg/200804/W020181008686336789100.pdf>. 中华人民共和国生态环境部. 2002年中国近岸海域环境质量公报[R/OL]. [2021-04-07]. <http://www.cnemc.cn/jcbg/zgjahyhjzlg/200804/W020181008686336789100.pdf>.
- [31] Ministry of Ecology and Environment of the People's Republic of China. Announcement on environmental quality of China's coastal waters in 2003[R/OL]. [2021-04-07]. <http://www.cnemc.cn/jcbg/zgjahyhjzlg/200804/P020181010532708506387.pdf>. 中华人民共和国生态环境部. 2003年中国近岸海域环境质量公报[R/OL]. [2021-04-07]. <http://www.cnemc.cn/jcbg/zgjahyhjzlg/200804/P020181010532708506387.pdf>.
- [32] Ministry of Ecology and Environment of the People's Republic of China. Announcement on environmental quality of China's coastal waters in 2004[R/OL]. [2021-04-07]. <http://www.cnemc.cn/jcbg/zgjahyhjzlg/200804/W020181008686338717999.pdf>. 中华人民共和国生态环境部. 2004年中国近岸海域环境质量公报[R/OL]. [2021-04-07]. <http://www.cnemc.cn/jcbg/zgjahyhjzlg/200804/W020181008686338717999.pdf>.
- [33] Ministry of Ecology and Environment of the People's Republic of China. Announcement on environmental quality of China's coastal waters in 2005[R/OL]. [2021-04-07]. <http://www.cnemc.cn/jcbg/zgjahyhjzlg/200804/W020181008686342566960.pdf>. 中华人民共和国生态环境部. 2005年中国近岸海域环境质量公报[R/OL]. [2021-04-07]. <http://www.cnemc.cn/jcbg/zgjahyhjzlg/200804/W020181008686342566960.pdf>.
- [34] Ministry of Ecology and Environment of the People's Republic of China. Announcement on environmental quality of China's coastal waters in 2006[R/OL]. [2021-04-07]. <http://www.cnemc.cn/jcbg/zgjahyhjzlg/200804/P020181010532711250257.pdf>. 中华人民共和国生态环境部. 2006年中国近岸海域环境质量公报[R/OL]. [2021-04-07]. <http://www.cnemc.cn/jcbg/zgjahyhjzlg/200804/P020181010532711250257.pdf>.

- [35] Ministry of Ecology and Environment of the People's Republic of China. Announcement on environmental quality of China's coastal waters in 2007[R/OL]. [2021-04-07]. <http://www.cnemc.cn/jcbg/zgjahyhjzlg/200806/P020181010532713328259.pdf>. 中华人民共和国生态环境部. 2007 年中国近岸海域环境质量公报[R/OL]. [2021-04-07]. <http://www.cnemc.cn/jcbg/zgjahyhjzlg/200806/P020181010532713328259.pdf>.
- [36] Ministry of Ecology and Environment of the People's Republic of China. Announcement on environmental quality of China's coastal waters in 2008[R/OL]. [2021-04-07]. <http://www.cnemc.cn/jcbg/zgjahyhjzlg/200912/P020181010532719973897.pdf>. 中华人民共和国生态环境部. 2008 年中国近岸海域环境质量公报[R/OL]. [2021-04-07]. <http://www.cnemc.cn/jcbg/zgjahyhjzlg/200912/P020181010532719973897.pdf>.
- [37] Ministry of Ecology and Environment of the People's Republic of China. Announcement on environmental quality of China's coastal waters in 2009[R/OL]. [2021-04-07]. <https://www.mee.gov.cn/hjzl/sthjzk/jagb/201605/P020160527562164185133.pdf>. 中华人民共和国生态环境部. 2009 年中国近岸海域环境质量公报[R/OL]. [2021-04-07]. <https://www.mee.gov.cn/hjzl/sthjzk/jagb/201605/P020160527562164185133.pdf>.
- [38] Ministry of Ecology and Environment of the People's Republic of China. Announcement on environmental quality of China's coastal waters in 2010[R/OL]. [2021-04-07]. <http://www.mee.gov.cn/hjzl/sthjzk/jagb/201605/P020160527562630107006.pdf>. 中华人民共和国生态环境部. 2010 年中国近岸海域环境质量公报[R/OL]. [2021-04-07]. <http://www.mee.gov.cn/hjzl/sthjzk/jagb/201605/P020160527562630107006.pdf>.
- [39] Ministry of Ecology and Environment of the People's Republic of China. Announcement on environmental quality of China's coastal waters in 2011[R/OL]. [2021-04-07]. <http://www.cnemc.cn/jcbg/zgjahyhjzlg/201212/P020181010532755969701.pdf>. 中华人民共和国生态环境部. 2011 年中国近岸海域环境质量公报[R/OL]. [2021-04-07]. <http://www.cnemc.cn/jcbg/zgjahyhjzlg/201212/P020181010532755969701.pdf>.
- [40] Ministry of Ecology and Environment of the People's Republic of China. Announcement on environmental quality of China's coastal waters in 2012[R/OL]. [2021-04-07]. <http://www.cnemc.cn/jcbg/zgjahyhjzlg/201706/W020181008686433905504.pdf>. 中华人民共和国生态环境部. 2012 年中国近岸海域环境质量公报[R/OL]. [2021-04-07]. <http://www.cnemc.cn/jcbg/zgjahyhjzlg/201706/W020181008686433905504.pdf>.
- [41] Ministry of Ecology and Environment of the People's Republic of China. Announcement on environmental quality of China's coastal waters in 2013[R/OL]. [2021-04-07]. <http://www.cnemc.cn/jcbg/zgjahyhjzlg/201706/W020181008686395384385.pdf>. 中华人民共和国生态环境部. 2013 年中国近岸海域环境质量公报[R/OL]. [2021-04-07]. <http://www.cnemc.cn/jcbg/zgjahyhjzlg/201706/W020181008686395384385.pdf>.
- [42] Ministry of Ecology and Environment of the People's Republic of China. Announcement on environmental quality of China's coastal waters in 2014[R/OL]. [2021-04-07]. <http://www.cnemc.cn/jcbg/zgjahyhjzlg/201706/P020181010532762846452.pdf>. 中华人民共和国生态环境部. 2014 年中国近岸海域环境质量公报[R/OL]. [2021-04-07]. <http://www.cnemc.cn/jcbg/zgjahyhjzlg/201706/P020181010532762846452.pdf>.
- [43] Ministry of Ecology and Environment of the People's Republic of China. Announcement on environmental quality of China's coastal waters in 2015[R/OL]. [2021-04-07]. <https://www.mee.gov.cn/hjzl/sthjzk/jagb/201609/P020160920511763154178.pdf>. 中华人民共和国生态环境部. 2015 年中国近岸海域环境质量公报[R/OL]. [2021-04-07]. <https://www.mee.gov.cn/hjzl/sthjzk/jagb/201609/P020160920511763154178.pdf>.
- [44] Ministry of Ecology and Environment of the People's Republic of China. Announcement on environmental quality of China's coastal waters in 2016[R/OL]. [2021-04-07]. <http://www.cnemc.cn/jcbg/zgjahyhjzlg/201806/P020181010532795202154.pdf>. 中华人民共和国生态环境部. 2016 年中国近岸海域环境质量公报[R/OL]. [2021-04-07]. <http://www.cnemc.cn/jcbg/zgjahyhjzlg/201806/P020181010532795202154.pdf>.
- [45] Ministry of Ecology and Environment of the People's Republic of China. Announcement on ecological environment quality of China's coastal waters in 2017[R/OL]. [2021-04-07]. <https://www.mee.gov.cn/hjzl/sthjzk/jagb/201808/P020191217742220289047.pdf>. 中华人民共和国生态环境部. 2017 年中国近岸海域生态环境质量公报[R/OL]. [2021-04-07]. <https://www.mee.gov.cn/hjzl/sthjzk/jagb/201808/P020191217742220289047.pdf>.
- [46] WANG Y S, LI Y H, JIE X M, et al. Spatiotemporal evolution of the coupling and coordination of China's marine science and technology-economy-environment system[J]. China Population, Resources and Environment, 2020, 30(8): 168-176. 汪永生, 李宇航, 揭晓蒙, 等. 中国海洋科技-经济-环境系统耦合协调的时空演化[J]. 中国人口·资源与环境, 2020, 30(8): 168-176.

Research on the Correlation Between Marine Ecological Conditions and Marine Economic Development in Tianjin Based on VAR Model

FENG Li-jun, LI Fan-qun, YU Le

(*School of Statistics and Applied Mathematics, Anhui University of Finance and Economics, Bengbu 233000, China*)

Abstract: Under the background of the rapid development of marine economy, the coastal cities in China are suffering from the increasing of environmental pressure, the damaging of marine ecology to varying degrees and the decreasing of air quality. Therefore, China urgently needs to find good solutions for the coordinated development of marine ecological environment and marine economic level. Based on the panel data in Tianjin, a coastal city around the Bohai Sea, obtained from 2001 to 2007, the VAR model is established and its dynamic features are investigated thoroughly by using pulse response function and variance decomposition. The results indicate that marine ecology has a great impact on marine economy, and the development of the two restricts each other, with an optimal value point being present. Taking Tianjin City as the example, the construction of a scientific development system needs to be strengthened while formulating marine economic strategies in China. And while ensuring the quality of marine ecological environment, not only the economic construction but also the coordinated development of the two should be promoted and the competitiveness of the urban marine economy should be optimized continuously, thus guiding the healthy and sustainable development of the marine economy of the city.

Key words: economy of the Bohai Sea; marine ecology; dynamic analysis; VAR

Received: April 7, 2021