我国沿海地区海洋经济、海洋科技创新和海洋生态环境的耦合协调关系探究

李璟瑶，陈璇

（上海海洋大学经济管理学院 上海 201306）

摘要：为加强海洋生态环境保护，大力提高海洋科技创新能力，推动海洋经济、海洋科技创新和海洋生态环境三者协调发展，文章以我国沿海 11 省（自治区、直辖市）为研究对象，选取 22 个评价指标，采用综合评价模型和耦合协调模型，评价 2016 年各沿海地区海洋经济、海洋科技创新和海洋生态环境的协调发展状况，并提出发展建议。研究结果表明：广东和山东处于中级耦合协调状态，上海和福建分别由于海洋生态环境和海洋科技创新的制约而处于初级耦合协调状态，天津等 4 个地区处于勉强耦合协调状态，河北处于轻度失调衰退状态，海南和广西处于中度失调衰退状态；各沿海地区在发展海洋经济的同时要提高海洋科技创新能力，守住海洋生态环境的底线，推动海洋经济系统、海洋科技创新系统和海洋生态环境系统的协调发展。

关键词：海洋经济；海洋生态环境；海洋科技创新；耦合协调度

中图分类号：F205 **文献标志码：**A **文章编号：**1005－9857(2020)10－0056－06

The Coupling Relationship between Marine Economy, Scientific and Technological Innovation and Ecological Environment in Coastal Areas of China

LI Jingyao, CHEN Xuan

(School of Economics and Management, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China)

Abstract: In order to strengthen the protection of marine ecological environment, develop the marine science and technology innovation ability, promote marine economy, marine science and technology innovation as well as the coordinated development of the marine ecological environment, this paper took 11 coastal provinces (autonomous regions and municipalities directly under the central government) as the research objects, selected 22 evaluation indexes, the comprehensive evaluation model and coupling coordination model to evaluate the marine economy, marine science and technology innovation and marine ecological environment coordinated development status of

收稿日期：2019-12-24；**修订日期：**2020-09-02

基金项目：上海海洋大学海洋科学研究院开放课题项目(A1-2006-00-601605).

作者简介：李璟瑶，硕士研究生，研究方向为产业经济学和环境经济学

通信作者：陈璇，副教授，博士，研究方向为环境会计、环境政策和产业经济

11 coastal provinces and cities in 2016 and put forward development proposals. The results showed that Guangdong and Shandong were in the state of intermediate coupling coordination, while Shanghai and Fujian were in the state of primary coupling coordination due to the constraints of ecological environment and scientific and technological innovation respectively. Tianjin and other 4 provinces and cities were in a state of grudging coupling coordination. Hebei was in a state of mild disorder recession. Hainan and Guangxi were in moderate imbalance and recession. While developing the marine economy, all regions should enhance their capacity for scientific and technological innovation, keep to the bottom line of the ecological environment, and promote the coordinated development of the marine economic system, the marine scientific and technological innovation system and the marine ecological environment system.

Key words: Marine economy, Marine ecological environment, Innovation in marine science and technology, Degree of coupling coordination

0　引言

随着全球经济的发展，人类认识海洋和开发利用海洋的能力日益提高，海洋的价值被越来越多的国家所重视。在发展海洋经济的同时，我国越来越重视海洋科技创新和海洋生态环境；强调海洋科学技术的力量，以科技创新引领海洋强国建设；转变海洋经济增长模式，调整海洋产业结构，促进经济和生态环境协调发展[1]。因此，深入研究海洋经济、海洋科技创新和海洋生态环境之间的关系，对我国海洋可持续发展和建设海洋强国具有重要意义。

目前相关领域已取得一定的研究成果。Grossman 等[2]提出环境库兹涅茨曲线，表明经济增长与环境污染之间存在“倒 U 形”关系；范慧平等[3]对河南省经济与环境之间的关系研究证实这一结论；Martinez 等[4]研究海洋环境对社会经济发展的重要程度，并对开展海洋环境保护提出对策建议；Kildow 等[5]认为海洋经济与海洋环境在发展过程中相互制约，须人为干预以平衡经济增长和环境保护之间的关系；高乐华等[6]对海洋经济、海洋生态和社会 3 个子系统进行研究，提出只有在良好的经济结构和社会秩序下，海洋生态才能获得良好的发展；张樨樨等[7]和吴长春等[8]从全国视角评价海洋产业集聚和海洋科技人才之间的协调关系；苟露峰等[9]、张晓等[10]、关伟等[11]和黄瑞芬等[12]分别对山东省、广东省、辽宁省和环渤海地区海洋经济与海洋环境的关系进行耦合研究，并提出协同发展的对策建议；李博等[13]研究影响海洋经济脆弱性的因素，并提出通过推动科技创新、人才培养和海洋生态保护来降低海洋经济脆弱性；覃雄合等[14]构建发展度和协调度的量化模型，研究海洋经济可持续发展的动态演变。

目前的研究多集中于海洋经济与海洋生态环境方面，而较少将海洋科技创新作为单独的子系统纳入，且多以某一地区作为研究对象进行分析。本研究基于已有研究成果，将海洋科技创新作为单独的子系统，采用熵值法和耦合协调度模型，探讨我国沿海 11 省（自治区、直辖市）海洋经济、海洋科技创新和海洋生态环境 3 个子系统的发展水平及其关系，对比分析各地区耦合协调等级差异的原因，并提出对策建议。

1　模型构建

1.1　数据来源和处理

本研究以我国沿海 11 省（自治区、直辖市）为研究对象，相关原始数据均来自 2016 年《中国海洋统计年鉴》《中国统计年鉴》和《中国环境统计年鉴》。

由于不同指标的量纲和单位不同，须对原始数据进行无纲化处理。

（1）对于正向指标（效益指标），处理方法为：

$$X_{ij}=(x_{ij}-x_{j\min})/(x_{j\max}-x_{j\min}) \tag{1}$$

（2）对于负向指标（成本指标），处理方法为：

$$X_{ij}=(x_{j\max}-x_{ij})/(x_{j\max}-x_{j\min}) \tag{2}$$

式中：x_{ij} 表示第 i 个地区第 j 项指标的原始数据；

X_{ij} 表示第 i 个地区第 j 项指标的标准化数据；$x_{j\min}$ 和 $x_{j\max}$ 分别表示第 j 项指标的最小值和最大值。

1.2 指标体系构建和指标赋权

本研究主要分析海洋经济、海洋科技创新和海洋生态环境之间的内在关系，在借鉴相关文献[15]的基础上，充分考虑三者的复杂性，遵循科学性、系统性、可操作性和动态性的指标选取原则，选取 22 个具有代表性的指标，衡量三者的耦合协调状况。

指标权重的确定方法主要包括主观赋权法和客观赋权法。为避免主观赋权法产生的偏差，本研究采用客观赋权法中的熵值法进行指标赋权。

(1)计算第 i 个地区第 j 项指标的权重：

$$P_{ij}=X_{ij}\sum_{i=1}^{n}X_{ij} \tag{3}$$

(2)计算各指标的熵值：

$$e_j=-\frac{1}{\ln n}\sum_{i=1}^{n}(P_{ij}\cdot\ln P_{ij}) \tag{4}$$

(3)计算各指标的差异系数：

$$h_j=1-e_j \tag{5}$$

(4)计算各指标的权重：

$$W_j=h_j/\sum_{i=1}^{m}h_j \tag{6}$$

式中：n 表示地区数量；m 表示指标数量。

1.3 耦合协调度模型

1.3.1 综合评价指数模型

构建各子系统的综合评价指数模型[9]，并以该指数衡量各地区海洋经济、海洋科技创新和海洋生态环境的发展水平。综合评价指数越高，表明子系统发展越好。计算公式为：

$$F(x)=\sum_{i=1}^{o}a_i x_i \tag{7}$$

$$G(y)=\sum_{j=1}^{p}b_j y_j \tag{8}$$

$$H(z)=\sum_{k=1}^{q}c_k z_k \tag{9}$$

式中：$F(x)$、$G(y)$和 $H(z)$分别表示海洋经济综合评价指数、海洋科技创新综合评价指数和海洋生态环境综合评价指数；x_i 、y_j 和 z_k 分别表示海洋经济、海洋科技创新和海洋生态环境的标准化值；a_i、b_j 和 c_k 分别表示各指标的权重；o、p 和 q 分别表示海洋经济、海洋科技创新和海洋生态环境的指标数量。

1.3.2 耦合度模型

耦合度描述各系统和系统要素之间相互影响、相互作用的强度。本研究基于已有研究成果，构建海洋经济、海洋科技创新和海洋生态环境之间的耦合度模型。耦合度越高，表明各系统之间的相互作用越好。计算公式为：

$$C=\sqrt[3]{\frac{F(x)\cdot G(y)\cdot H(z)}{\left(\frac{F(x)+G(y)+H(z)}{3}\right)^3}} \tag{10}$$

式中：C 表示耦合度，取值范围为[0,1]。

1.3.3 耦合协调度模型

由于耦合度只能反映各子系统之间相互作用的强度，而不能反映各子系统整体的发展水平和协调度；若仅参考耦合度，可能出现各子系统整体发展较差但耦合度较高的结果。因此，引入综合协调指数，并进一步构建反映海洋经济、海洋科技创新和海洋生态环境协调发展状况的耦合协调度模型。计算公式为：

$$T=\alpha F(x)+\beta G(y)+\delta H(z) \tag{11}$$

$$D=\sqrt{C\cdot T} \tag{12}$$

式中：T 表示综合协调指数；α、β 和 δ 分别表示海洋经济、海洋科技创新和海洋生态环境的待定系数，3 个系数均大于 0 且相加为 1，由于本研究认为海洋经济、海洋科技创新和海洋生态环境同等重要，故 $\alpha=\beta=\delta=\frac{1}{3}$；$D$ 表示耦合协调度，取值范围为[0,1]。

耦合协调度越高，表明该地区海洋经济、海洋科技创新和海洋生态环境发展水平越高，且三者之间的耦合度越高[16]。

2 实证分析

根据涉及海洋经济、海洋科技创新和海洋生态环境 3 个子系统的相关文献，选取使用频率较高的 22 个基础指标。其中，7 个指标反映海洋经济，8 个指标反映海洋科技创新，7 个指标反映海洋生态环境；除工业废水直排入海量、工业废水处理量和一般工业固体废弃物处理量 3 个指标为负向指标外，其他指标均为正向指标。指标体系和指标权重如表 1 所示。

耦合协调度计算和评价结果如表 2 所示。

表 1　海洋经济、海洋科技创新和海洋生态环境的耦合协调度指标体系

目标层	系统层	指标层	指标权重
海洋经济、海洋科技创新和海洋生态环境的耦合协调度	海洋经济系统	人均海洋生产总值	0.153 1
		海洋生产总值占地区生产总值的比重	0.135 9
		海洋第二产业产值占海洋生产总值的比重	0.057 0
		海洋第三产业产值占海洋生产总值的比重	0.072 5
		涉海就业人员数量	0.210 2
		全社会固定资产投资额	0.156 8
		港口国际标准集装箱吞吐量	0.214 5
	海洋科技创新系统	海洋科研机构数量	0.065 3
		海洋科研机构从业人员数量	0.095 7
		海洋科研经费投入额	0.116 0
		基本建设中的政府投资额	0.211 9
		海洋科研课题数量	0.136 3
		海洋科技论文发表数量	0.129 7
		海洋科技著作出版数量	0.076 0
		海洋专利授权数量	0.169 0
	海洋生态环境系统	工业废水直排入海量	0.043 0
		工业废水处理量	0.055 1
		一般工业固体废弃物处理量	0.041 1
		海洋保护区数量	0.228 1
		海洋保护区面积	0.517 3
		废水和废弃物治理竣工率	0.036 8
		环境污染治理投入占地区生产总值的比重	0.078 6

表 2　我国沿海地区海洋经济、海洋科技创新和海洋生态环境的耦合协调度

地区	$F(x)$	$G(y)$	$H(z)$	C	T	D	耦合阶段	耦合协调等级
天津	0.411 8	0.246 0	0.172 4	0.937 5	0.276 7	0.509 4	高水平耦合	勉强耦合协调
河北	0.176 1	0.093 7	0.157 1	0.965 4	0.142 3	0.370 6	高水平耦合	轻度失调衰退
辽宁	0.325 7	0.275 1	0.214 7	0.985 7	0.271 8	0.517 6	高水平耦合	勉强耦合协调
上海	0.553 3	0.583 9	0.202 7	0.902 5	0.446 6	0.634 9	高水平耦合	初级耦合协调
江苏	0.282 6	0.326 1	0.245 6	0.993 3	0.284 8	0.531 9	高水平耦合	勉强耦合协调
浙江	0.434 9	0.238 9	0.243 6	0.960 1	0.305 8	0.541 9	高水平耦合	勉强耦合协调
福建	0.523 2	0.144 4	0.866 3	0.788 2	0.511 3	0.634 8	磨合耦合	初级耦合协调
山东	0.592 1	0.641 0	0.347 4	0.966 1	0.526 8	0.713 4	高水平耦合	中级耦合协调
广东	0.752 1	0.807 5	0.395 2	0.953 7	0.651 6	0.788 3	高水平耦合	中级耦合协调
广西	0.102 1	0.026 7	0.215 8	0.729 5	0.114 9	0.289 5	磨合耦合	中度失调衰退
海南	0.246 1	0.007 4	0.325 3	0.435 3	0.192 9	0.289 8	颉颃耦合	中度失调衰退

2.1　子系统综合评价指数

我国沿海 11 省（自治区、直辖市）的海洋经济综合评价指数为 0.1～0.6，其中广东、山东和上海明显高于其他地区，三者分别是珠三角地区、环渤海

地区和长三角地区海洋经济发展较快的代表地区。

海洋科技创新综合评价指数的地区差异明显，其中广东最高(0.807 5)，而海南最低(0.007 4)。可以发现，海洋科技创新综合评价指数最高的广东、山东和上海，也是海洋经济综合评价指数最高的 3 个地区。值得注意的是，这 3 个地区的海洋科技创新综合评价指数均高于海洋经济综合评价指数，表明其海洋科技创新发展水平优于海洋经济发展水平，即海洋科技创新能力没有完全转化为海洋经济实力。

福建的海洋生态环境综合评价指数最高且远超其他地区。福建于 2016 年制定《福建省海洋生态文明建设行动计划》和《“十三五”近岸海域污染防治方案》等规划，明确海洋生态环境保护目标，开展常态化海洋生态修复，提高公众海洋生态环境保护意识，对污染海域进行整治修复，先后部署开展“海盾”“碧海”“护岛”和“银滩”等专项执法行动，大大提高海洋生态环境保护力度。但福建的海洋科技创新综合评价指数较低，在一定程度上制约其海洋经济发展。

2.2 耦合协调度

从耦合阶段来看：海南处于颉颃耦合阶段，福建和广西处于磨合耦合阶段，表明其海洋经济、海洋科技创新和海洋生态环境子系统的发展不均衡；其他地区均处于高水平耦合阶段，表明其海洋经济、海洋科技创新和海洋生态环境子系统能够相互促进和共同发展。

从耦合协调等级来看：①广西和海南的耦合协调度都低于 0.3，处于中度失调衰退等级，同时这 2 个地区的海洋科技创新综合评价指数也最低，表明其在海洋科技创新方面的投入过低，并严重滞后于其海洋经济发展；②河北处于轻度失调衰退等级，主要原因是其海洋经济、海洋科技创新和海洋生态环境子系统的综合评价指数均较低；③天津、辽宁、江苏和浙江的耦合协调度为 0.5～0.6，处于勉强耦合协调等级；④上海和福建均处于初级耦合协调等级，其中上海海洋生态环境的发展严重滞后于海洋经济和海洋科技创新的发展，而福建海洋科技创新的发展严重滞后于海洋经济和海洋生态环境的发展，子系统发展的不均衡阻碍这 2 个地区进入更高的耦合协调等级；⑤广东和山东在发展海洋经济的同时兼顾发展海洋科技创新和保护海洋生态环境，耦合协调度均超过 0.7，处于中级耦合协调等级。

广东于 2011 年开始构建“三区、三圈、三带”的海洋综合开发新格局，在大力发展海洋经济的同时保护海洋生态环境，同时积极实施科技兴海战略；2014 年更是实施海洋强省战略，在促进海洋产业结构转型升级的同时守住海洋生态环境的底线。山东于 2011 年正式建立蓝色经济区，通过实施“蓝色产业领军人才支持计划”和新增一大批海洋科技创新平台，大幅提高海洋科技对海洋经济的贡献率；同时加快建设国家级海洋公园，逐步建立省、市、县三级海洋环境监测网络，不断完善海洋生态补偿和损害赔偿制度。与其他沿海地区相比，广东和山东的海洋经济、海洋科技创新和海洋生态环境发展水平一直居于全国前列，并努力向良好和优质耦合协调等级发展，其成功经验可为其他沿海地区所借鉴。

3 结语

本研究基于我国沿海 11 省(自治区、直辖市)的相关数据，构建海洋经济、海洋科技创新和海洋生态环境的耦合协调指标体系，并引入耦合协调模型进行实证分析，主要得出 3 点结论。①海洋科技创新的发展对海洋经济的发展具有促进作用(如广东、山东和上海)；②海洋生态环境的发展有利于海洋经济的可持续发展(如福建)；③广东和山东的海洋经济、海洋科技创新和海洋生态环境 3 个子系统虽已进入中级耦合协调等级，但与良好和优质耦合协调等级仍有距离。

根据以上结论，对我国沿海地区提出 3 点对策建议。①注重海洋系统的协调发展，发展特色海洋经济，以产业链延伸带动海洋产业结构优化升级，加大海洋科技创新和人才培养力度，以海洋科技创新促进海洋经济发展，同时加强海洋生态环境保护力度，实现良性循环；②加大海洋科技投入，加快产、学、研一体化发展，提高海洋科技成果转化率，鼓励企业开展自主技术创新，共同推动海洋科技进步；③制定海洋生态环境保护政策，完善海洋生态

环境监管体系，划定海洋生态保护红线，实行海洋生态补偿制度，因地制宜建立海洋保护区，鼓励发展绿色经济，加大对废弃物超标排放和海洋环境污染的处罚力度。

参考文献

[1] 王泽宇，崔正丹，孙才志，等.中国海洋经济转型成效时空格局演变研究[J].地理研究，2015，34(12)：2295－2308.

[2] GROSSMAN G M，KRUEGER A B.Economic growth and the environment[J]. Quarterly Journal of Economics，1995，110(2)：353－377.

[3] 范慧平，孟天醒，文倩，等.河南省生态环境与经济增长关系的动态计量分析[J].河南农业大学学报，2015，49(4)：511－516，523.

[4] MARTINEZ M L，INTRALAWAN A，VÁZQUEZ G，et al. The coasts of our world：ecological，economic and social importance[J].Ecological Economics，2007，63(2)：254－272.

[5] KILDOW J T，MCLLGORM A.The importance of estimating the contribution of the oceans to national economies[J].Marine Policy，2010，34(3)：367－374.

[6] 高乐华，高强.海洋生态经济系统界定与构成研究[J].生态经济，2012(2)：62－66.

[7] 张樨樨，张鹏飞，徐子轶.海洋产业集聚与海洋科技人才集聚协同发展研究：基于耦合模型构建[J].山东大学学报(哲学社会科学版)，2014(6)：118－128.

[8] 吴长春，蓝茜，骆嘉琪.海洋强国战略与海洋产业人才素质培育[J].大连海事大学学报，2014(1)：31－35.

[9] 苟露峰，王海龙，汪艳涛.山东省海洋产业结构演变与生态环境系统耦合研究[J].华东经济管理，2015，29(4)：29－33.

[10] 张晓，白福臣.广东省海洋资源环境系统与海洋经济系统耦合关系研究[J].生态经济，2018，34(9)：75－80.

[11] 关伟，刘勇凤.辽宁沿海经济带经济与环境协调发展度的时空演变[J].地理研究，2012，31(11)：2044－2054.

[12] 黄瑞芬，李宁.环渤海经济圈低碳经济发展与环境资源系统耦合的实证分析[J].资源与产业，2013，15(2)：92－98.

[13] 李博，杨智，苏飞，等.基于集对分析的中国海洋经济系统脆弱性研究[J].地理科学，2016，36(1)：47－54.

[14] 覃雄合，孙才志，王泽宇.代谢循环视角下的环渤海地区海洋经济可持续发展测度[J].资源科学，2014，36(12)：2647－2656.

[15] 白福臣，赖晓红，肖灿夫.海洋经济可持续发展综合评价模型与实证研究[J].科技管理研究，2015(3)：59－62.

[16] 廖重斌.环境与经济协调发展的定量评判及其分类体系：以珠江三角洲城市群为例[J].热带地理，1999(2)：76－82.