

高阳,冯喆,许学工.环渤海海洋产业绿色GDP核算[J].环境科学研究,2017,30(9):1479-1488.

GAO Yang, FENG Zhe, XU Xuegong. Green GDP accounting of ocean industries along Bohai Rim [J]. Research of Environmental Sciences, 2017, 30(9): 1479-1488.

环渤海海洋产业绿色GDP核算

高阳¹,冯喆²,许学工^{3*}

1. 中国农业大学资源与环境学院,北京 100193
2. 中国地质大学(北京)土地科学技术学院,北京 100083
3. 北京大学城市与环境学院 地表过程与模拟教育部重点实验室,北京 100871

摘要: 绿色GDP核算是反映经济-环境系统交互作用,继而进行综合计量的重要工具。以可持续发展为主题,借鉴联合国环境经济核算方法,以环渤海地区为研究区,选取数据可得性最好的2013年为核算期开展GGOP(海洋产业绿色GDP)核算研究,并以辽宁、河北、天津和山东4个省级行政区为研究单元进行拆分。结果表明:2013年环渤海地区GOP(海洋产业生产总值)约为 1.97×10^{12} 元,GGOP约为 1.84×10^{12} 元,占GOP的93.44%。资源耗减、生态系统破坏、环境损失和环境活动分别扣减了GOP的2.54%、0.16%、1.70%和2.15%。环渤海地区2013年的渔业没有造成资源耗减,而对海洋油气资源的开采造成的资源耗减损失约为 5.02×10^{10} 元。通过围填海造成的生态系统破坏损失约为 3.11×10^9 元。环渤海地区海洋产业污染物产生的虚拟成本约为 3.36×10^{10} 元。国家和省级海洋部门对渤海的环境管理活动支出约为 4.42×10^9 元;环渤海地区海洋环境和资源利用投入研究经费约 3.81×10^{10} 元。环渤海各省市中,辽宁省扣减比例为5.30%,其中环境损失占扣减总值的44.77%;河北省与辽宁省相近,扣减比例为5.04%;天津市扣减比例最大,为13.09%,其中资源耗减占扣减总值的69.74%;山东省扣减比例为4.34%,其中环境管理活动支出占扣减总值的50.82%。研究结果扩展了绿色GDP核算方法的适用范围,探索了绿色核算在海洋经济中的核算方法和核算技术,有助于环渤海各省市海洋经济发展调控政策的制订。

关键词: 海洋产业;绿色GDP;环境经济综合核算;环渤海

中图分类号: X37 文章编号: 1001-6929(2017)09-1479-10

文献标志码: A DOI: 10.13198/j.issn.1001-6929.2017.02.40

Green GDP Accounting of Ocean Industries along Bohai Rim

GAO Yang¹, FENG Zhe², XU Xuegong^{3*}

1. College of Resources and Environmental Sciences, China Agricultural University, Beijing 100193, China
2. School of Land Science and Technology, China University of Geosciences, Beijing 100083, China
3. Laboratory for Earth Surface Process of Ministry of Education, College of Urban and Environmental Sciences, Peking University, Beijing 100871, China

Abstract: Green Gross Domestic Product (GGDP) accounting is an important tool to reflect the interaction between environment and economic systems, and can be used to balance local environmental protection and economic development. Based on the principle of sustainable development, we calculated the Green Gross Ocean Product (GGOP) of the Bohai Rim in 2013, as the sum of GGOPs in four provinces, including Tianjin City and Liaoning, Hebei and Shandong provinces. The results showed that: the GGOP of Bohai Rim was about 1.84×10^{12} RMB, accounting for 93.44% of the total GOP (about 1.97×10^{12} RMB). However, the ocean resource depletion, ecological degradation and environmental pollution led to 2.54%, 0.16% and 1.70% of GOP loss respectively, while the environmental protection also resulted in about 2.15% of GOP output. Fishing did not result in any resource depletion in 2013, but offshore oil and gas

exploitation caused some resource depletion, costing about 5.02×10^{10} RMB. Land reclamation resulted in about 3.11×10^9 RMB of the GOP loss. The virtual cost of pollutants from ocean industries or rivers was about 3.36×10^{10} RMB. The government expended about 4.42×10^9 RMB for protecting the local environment, in which the research investment for environmental protection and resource exploitation was about 3.81×10^{10} RMB. At the provincial level, the difference

收稿日期: 2017-01-03 修订日期: 2017-03-18

基金项目: 国家重点研发专项(2016YFD0800906);国家自然科学基金项目(41271102, 41501087)

作者简介: 高阳(1985-)女,北京人,讲师,博士,主要从事综合自然地理学研究, yanggao@cau.edu.cn.

* 责任作者: 许学工(1950-)女,山东济南人,教授,博士,博导,主要从事海岸带研究, xsg@urban.pku.edu.cn

between GOP and GGOP accounted for 5.30% of the total GOP, 44.77% of which was from environmental pollution. The difference in Hebei Province was about 5.30% of its GOP, similar to Liaoning Province. The loss of GOP along the Bohai Sea Rim showed the largest proportion in Tianjin City, about 13.09% of GOP, with ocean resource depletion resulting in about 69.74% of these losses. For Shandong Province, the difference was only 4.34% of its GOP, half of which was used for environmental protection.

Keywords: ocean industry; GGDP; integrated environmental-economic accounting; Bohai Rim

环境系统和经济系统是人类生存与发展联系最为紧密的两个系统,如何平衡环境保护与经济发展之间的关系,既是发展实践的迫切需求又是学术界研究的重点。绿色GDP (green gross domestic product, GGDP) 核算方法就是呼应环境和经济的综合计量要求而产生的。绿色GDP是指在国民经济核算体系中,一个国家或地区在一定时期内所生产的全部最终产品和劳务,在扣除资源与环境的损失之后实现的价值总额。这种对环境和经济系统进行综合核算的方法称为环境经济综合核算,绿色GDP是环境经济综合核算中的重要指标之一。

相较于其他研究,绿色GDP核算的原理并不复杂,研究重点更侧重于实践。各国政府、各国际组织成为推进相关研究的重要动力。1972年Nordhaus等^[1]提出了净经济福利指标,该指标将城市中的环境污染等环境成本因素从最终的经济总量中扣除,之后加上了被忽略的家政服务等活动。1989年Repetto等^[2]提出净国内生产指标,重点考虑了自然资源损耗同经济增长间的关系,并在资源比较丰富的印度尼西亚进行了实践。日本政府于1973年提出的净国民福利指标(net national welfare)将污染改善经费从GDP中进行扣除^[3],具有绿色GDP核算的性质。较为权威的绿色GDP核算研究来自联合国,自1993年起,联合国发布了四个具有指导意义的环境经济综合核算手册,目前最新版的《System of Integrated Environmental and Economic Accounting—Central Framework》(SEEA-Central Framework)已经成为第一个环境经济领域的国际统计标准^[4]。除SEEA体系外,荷兰采用的“国民经济会计环境矩阵体系”(national accounting matrix including environmental accounts, NAMEA)^[5]、欧盟开发的“欧洲环境的经济和环境保护支出体系”(European system for collection of economic information on the environment, SERIEE)^[6]、加拿大开发的“加拿大环境资源核算体系”(Canadian system of environmental and resource accounts, CSERA)^[7]等,都具有绿色国民经济核算的性质,这些核算都为所属国家乃至世界的可持续发展产生了促进作用。在我国,绿色GDP核算及相关领

域研究中也涌现出一批具有高水平的理论与实践研究成果。如高敏雪等^[8]编制的中国资源环境核算体系框架,以SEEA理论体系为基础,界定了自然资源及其经济利用活动,衡量资源耗减价值、环境退化价值、资源管理与保护支出,并使用调整后的GDP表征国民经济活动总量。SHI等^[9]在绿色GDP指标基础上构建了EcoDP指标,对我国1999—2008年生态资产的变化进行了衡量。在实践方面,我国发布了《中国环境经济核算研究报告2004》^[10]并开展了持续研究^[11-13],为国际环境经济综合核算研究提供了重要的实践基础和理论参考。

由于人类经济活动中对海洋的需求日益增加,GOP(Gross Ocean Product,海洋产业生产总值)成为衡量海洋经济发展的重要指标^[14]。与此同时,将绿色GDP核算方法引入GOP核算中,形成GGOP(Green Gross Ocean Product,海洋产业绿色GDP)指标,用以衡量海洋产业发展对环境的影响,服务海洋可持续发展实践,成为学者研究的方向。早在1997年,联合国世界海洋独立委员会(the Independent World Commission on the Ocean, IWCO)即召开基于生态经济学视角的海洋可持续管理会议,并制定出包括预防、适应性管理和完全成本分摊等六方面内容的“里斯本准则”^[15-16]。在具体核算中,20世纪80年代,渔业大国挪威对所属海域的鱼类资源的贮存量、捕捞量和使用等进行统计^[17],以保证资源的可持续利用。2001年,Mohd-shahwahid等^[18]对美属萨摩亚群岛进行了陆地与海洋资源核算,结果表明2000年该群岛海洋资源的总经济价值达约占该国当年GDP的29.9%。澳大利亚人口分布不均,海洋资源丰富,采用遥感监测、数据网络构建共享等多种途径,构建包含海洋资源在内的环境核算体系^[19]。Talento^[20]使用了国家核算体系,对菲律宾2011—2014年的海洋经济进行核算,并指出海洋绿色核算是未来发展的趋势。在我国,陈东景等^[21]对山东省海域开展GGOP核算研究,为相关领域的发展做出了有益的探索。但是,从现有研究看,对海洋产业开展的环境经济综合核算研究数量有限,研究方法还有待进一步探索。因此,该研究借鉴联合国环境经济核算方法,以环渤海

地区为研究区,选取数据可得性最好的2013年为核算期开展GGOP核算,以期探索其在海洋经济中的应用,开发核算方法和核算技术,为促进国家海洋经济可持续发展提供参考。

1 研究区域概况与数据来源

1.1 研究区域概况

该研究以环渤海地区为研究区,环渤海地区陆地范围包括辽宁、河北、天津和山东4个省级行政区,海洋资源耗减和环境损失的核算范围主要包括渤海区域。需要说明的是,小部分黄海区域也是环渤海地区的海洋经济发生地,这种不对称的范围选择会在一定程度上高估海洋环境损失,但考虑地方政府实践应用以及数据可得性,采用省级区域拆分和渤海单一海域核算,可以与海洋产业统计口径相协调,有利于政府决策考量与实施。

渤海(37°07'N~41°0'N、117°35'E~121°10'E)是我国的内海,海域面积约 $7.70 \times 10^4 \text{ km}^2$,平均水深18 m,大陆岸线全长2 288.5 km;海域资源丰富,饵料生物类型多样,是多种珍稀海洋生物和经济鱼虾类的主要产卵区和索饵栖息区,也是我国华北、东北南部地区的重要生态保障区^[22]。2013年末,环渤海地区总人口数达 2.29×10^8 人,占全国人口总数的16.8%;地区生产总值 1.24×10^{13} 元,占全国GDP的21.87%,占全国沿海省份GDP的36.15%。自2011年以来,环渤海各省市海洋生产总值占全国比重基本保持稳定,约为36%左右。2013年环渤海地区海洋生产总值达到 1.97×10^{12} 元,占全国海洋生产总值的36.33%,海洋三次产业比值为6.60:50.54:42.86。选择该区域为研究区,具有典型性。

1.2 研究思路

该研究参考联合国环境经济综合核算方法^[4]开展GGOP核算,主要思路如图1所示。GGOP即在GOP的基础上,扣除资源耗减、生态系统破坏、环境损失以及环境管理活动支出之后的“真实”增加值。其中,资源耗减按照资源种类分为渔业资源耗减和油气资源耗减,生态系统破坏主要为围海造田形成的海洋生态系统总量减少,环境损失按照污染物来源分为陆源污染和海洋污染两类,环境管理活动按活动目的分为资源管理和环境保护。由于每一项核算内容均采用不同的核算方法,为增加可读性,将具体核算方法和结论部分同时呈现。

1.3 数据来源

由于渤海地域辽阔,难以进行全面的调查,因此

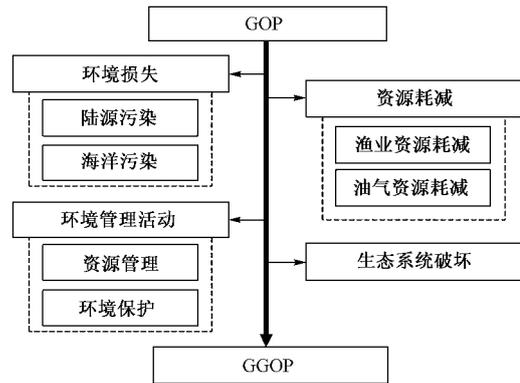


图1 GGOP核算框架

Fig. 1 The accounting framework of the GGOP in ocean industries

实物量核算的信息主要来自统计资料,包括《中国海洋统计年鉴2014》《中国渔业统计年鉴2014》《中国海洋环境质量公报》《2013年辽宁海洋环境质量公报》《2013年河北海洋环境质量公报》《2013年山东海洋环境质量公报》《天津市统计年鉴2014》《水产养殖业污染源产排污系数手册》等,下文具体使用时有详细说明。另外,由于海洋统计相关资料大多以沿海省份为最小统计单元,因此,将辽宁和山东省内属于黄海海域的一些环境与经济活动也归入该核算中一并统计。核算主要进行海洋范围的环境损害和资源耗减核算,故大部分海洋产业在陆地上造成的环境损害和资源耗减,如果没有影响到海域范围,则没有包括在内。

2 核算方法与结果

2.1 GOP核算方法与结果

在我国现行海洋统计制度下,GOP是指海洋产业和海洋相关产业增加值之和,可通过海洋统计年鉴资料直接获得。根据产业性质,海洋经济也可分为海洋第一产业、海洋第二产业和海洋第三产业。2013年环渤海各省市海洋三次产业生产总值如表1所示。

表1 环渤海各省市2013年海洋三次产业生产总值

Table 1 GOPs of provinces around Bohai Sea in

地区	2013 by section			10 ⁸ 元
	海洋生产总值	第一产业	第二产业	
天津	4 554.1	8.7	3 065.7	1 479.7
河北	1 741.8	77.9	911.4	752.5
辽宁	3 741.9	499.6	1402.7	1 839.6
山东	9 696.2	715.7	4 593.9	4 386.6
环渤海	19 734.0	1 301.9	9 973.7	8 458.4
全国	54 313.2	2 918.0	24 909.0	26 486.2

注:数据来源于《中国海洋统计年鉴2014》。

由表1可知,2013年,环渤海各省市实现海洋生产总值约 1.97×10^{12} 元,其中三次产业比例分别为 6.6:50.5:42.9,与全国海洋三次产业比例相比,第一和第二产业所占比例较大.天津、河北、辽宁和山东省分别实现海洋生产总值约 4.55×10^{11} 、 1.74×10^{11} 、 3.74×10^{11} 和 9.70×10^{11} 元.其中,天津市海洋三次产业比例为 0.2:67.3:32.5,第一和第三产业所占比例在四省中最低,而第二产业所占比例为四省最高;辽宁省海洋三次产业比例为 13.4:37.5:49.2,第一和第三产业所占比例在四省中排名最高.与全国海洋三次产业比例相比,辽宁和山东省第一产业所占比例超过全国平均水平,天津市和河北省第二产业所占比例在全国平均水平之上,除辽宁以外的三省第三产业所占比例都低于全国平均水平.

2.2 海洋资源耗减核算方法与结果

一般而言,狭义的海洋资源是指与海水水体有着直接关系的物质和能量,包括海洋生物资源、海洋能源资源、海水化学资源等^[23].广义的海洋资源除了上述的能源和物质外,还把海洋交通运输航线、沿岸滩涂、海洋空间等都视为海洋资源^[24].与传统GDP核算范畴对应,该研究采用狭义海洋资源定义,海洋资源耗减是指由于人类开采、利用造成海洋资源储量下降,主要核算海洋渔业和海洋油气资源的损失.除此之外,海洋化工、海洋盐业等也利用海洋中的矿产资源,由于数据限制,以及海水中盐储量丰富,海洋中其他不可再生资源的耗减忽略.

2.2.1 海洋渔业资源

海洋渔业资源耗减量核算的重点是获得渤海海洋渔业资源的总量和年生物生长量,通过年生物生长量和捕捞量的差值计算渔业资源的耗减量.该研究参考文献[21]的方法,通过渤海历年的渔业捕捞量和单位捕捞努力渔获量(Catch per Unit of Effort, CPUE)推算耗减量,计算方法:

假定渔业资源的种群增长率模型^[25]为

$$\frac{dB_t}{dt} = rB_t \ln\left(\frac{K}{B_t}\right) - C_t \quad (1)$$

式中: B_t 为种群生物量; t 为时间; $d B_t / d t$ 为种群增长量; r 为种群内禀增长率,即在最适环境下种群最大增长率; K 为种群最大生物量,即环境容纳量; C_t 为捕捞死亡量,即因捕捞而造成的种群数量下降.其中, C_t 和 B_t 可以继续表示为式(2)(3)的形式:

$$C_t = qB_tE_t \quad (2)$$

$$B_t = U_t/q \quad (3)$$

式中: q 为捕获系数,代表单位努力捕捞量的捕捞死亡系数; E_t 为捕捞努力量; U_t 为单位捕捞努力渔获量.则式(1)的差分形式为

$$\Delta U_t / U_t = r \ln(qK) - r \ln U_t - qE_t \quad (4)$$

式(4)可以转化成多元线性回归方程式(5):

$$Y = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + v \quad (5)$$

式中: Y 为 $\Delta U_t / U_t$; b_0 、 b_1 、 b_2 分别为需要估计的参数 $r \ln(qK)$ 、 $-r$ 、 $-q$; X_1 和 X_2 分别为 $\ln U_t$ 和 E_t ; v 为随机因子.渤海海域的捕捞量和单位捕捞努力渔获量可以从《中国渔业统计年鉴2014》中获得.

根据多元回归结果, b_0 为 0.084, b_1 为 -0.398, b_2 为 -3.503×10^{-8} .由此可估算出渤海海洋捕获系数(q)为 3.503×10^{-8} ,种群内禀增长率(r)为 0.398,种群最大生物量(K)为 3.53×10^7 t.将所得参数代入式(1),可得2013年渤海鱼类种群增长量为 3.96×10^6 t.2013年,环渤海地区海洋捕捞渔业总量为 3.68×10^6 t,占海洋渔业增长量的92.99%,即使考虑海洋捕捞中产生的副渔获物,渤海海洋渔业造成的资源损耗也在非常小的范围内,该核算从数量上讲近似认为2013年渤海海洋渔业资源损失为0.尽管如此,对于环渤海地区经济鱼类优势种群的保护与捕捞结构的优化仍是十分必要的.

2.2.2 海洋油气资源

渤海区域具有较为丰富的油气资源.2013年,渤海石油累计探明技术可采储量 6.08×10^8 t,剩余技术可采储量 3.71×10^8 t;天然气累计探明技术可采储量 7.18×10^{10} m³,剩余技术可采储量 4.95×10^{10} m³.2013年,渤海及周边区域开采原油 3.18×10^7 t,占全国海洋原油开采的69.96%;开采天然气 3.43×10^9 m³,占全国海洋天然气开采的29.17%.

2013年,全国海洋油气产业共实现增加值 1.65×10^{11} 元,由于2005年以后,海洋统计相关资料不再显示各沿海地区海洋油气业增加值,因此,依照2013年石油和天然气价格将石油和天然气产量折算成价值,可知环渤海地区开采油气资源价值占当年全国油气资源价值的79.51%,由此推算环渤海地区油气产业增加值为 1.31×10^{11} 元,其中石油开采实现增加值 1.29×10^{11} 元,天然气开采实现增加值 2.02×10^9 元.在计算油气资源的资源耗减时,采用使用者成本法,其中心思想是:使用者开采某项不可再生资源,其造成的资源耗减等于预计该资源全部开采完成时产生的利润在当前的价值,计算公式见式(6).

$$C = R / (1 + m)^T \quad (6)$$

式中: C 为使用者成本,即油气资源的耗减量,元; R 为使用该资源的利润,即产业增加值,元; m 为贴现率,代表未来收益在当前的折价; T 为开采年限,以渤海石油和天然气资源再开采 30 a 计. 将石油和天然气相关数据代入, m 取 2013 年银行存款一年期基准利率 3.25%. 可求得 2013 年渤海及周边地区石油资源耗减价值为 4.94×10^{10} 元,天然气资源耗减价值 7.74×10^8 元. 渤海油气资源耗减价值为 5.02×10^{10} 元.

2.3 海洋生态系统破坏核算方法与结果

完整、稳健的海洋生态系统为人类生活提供的各类服务流与产品流,包括可提供的多种生态系统服务^[26-27],如食物供给、空气调节、生物多样性维持、休闲娱乐、科研文化等. 根据索安宁等^[22]对渤海海洋食品生产、氧气生产、生物调节、气候调节、环境净化、基因资源、休闲娱乐、科研文化、初级生产和生物多样性维持 10 种生态系统服务的研究,渤海海域生态系统服务价值约为 5.59×10^{10} 元. 在这些生态系统服务中,因生态系统资源耗减而产生的食品生产、休闲娱乐与科研文化服务的变化已经体现在 GOP 中,环境净化服务的损失计入海洋环境损失中. 因此,取氧气生产、生物调节、气候调节、基因资源、初级生产和生物多样性维持这 6 个服务类型的变化量作为海洋生态系统破坏所造成的损失,这 6 种生态系统服务价值为 3.87×10^{10} 元/a,单位面积生态系统服务价值为 5.02×10^6 元/km².

根据马万栋等^[28]的研究,2012—2014 年渤海地区围填海面积 73.32 km²,取年平均值 24.44 km² 为 2013 年渤海地区围填海面积,可认为经过围填海的海域完全丧失海洋生态系统服务价值,因此 2013 年渤海海洋生态系统服务减少量为 1.23×10^8 元. 围填海活动造成的生态系统资源损失现值可用式(7)表达.

$$A = S + \frac{S}{(1+m)} + \frac{S}{(1+m)^2} + \dots + \frac{S}{(1+m)^{T-1}} \quad (7)$$

式中: A 为围填海造成生态系统资源耗减的现值,元; S 为生态系统服务每年的损失量,元; m 为贴现率; T 为考察年限 a. 按围填海造地获得土地使用权 50 a 计,由于围填海活动,每年生态系统服务收入都减少 1.23×10^8 元. 取折现率为 2013 年银行存款一年期基准利率 3.25%,代入式(7)即可求得围填海活动造成的海洋生态系统破坏损失为 3.11×10^9 元.

2.4 海洋环境损失核算方法与结果

海洋环境损失是指海洋产业活动中排放的废弃物进入海洋环境后,破坏了环境的生产能力和恢复力,所造成的损失. 海洋环境损失可以分为海洋污染和陆源污染两类. 海洋污染指发生在海洋范围内的产业活动所造成的污染,如海水养殖造成的污染、海洋石油勘探开发污染物等. 陆源污染即产生于陆地通过河流、排污、倾倒等方式等进入海水的污染物.

2.4.1 海水养殖污染

海水养殖是环渤海地区重要的产业活动,在养殖业发展的过程中,不可避免的会产生污染物,对环境造成破坏. 该研究采用产排污系数法核算海水养殖过程中排放的污染物种类. 其中,海洋养殖产量数据来自《中国渔业统计年鉴 2014》,包括鱼类、甲壳类、贝类共 25 种主要养殖品种,养殖方式分为池塘、工厂化养殖、网箱、筏式和滩涂 5 类. 养殖排污系数来自全国第一次污染源普查形成的《水产养殖业污染源产排污系数手册》. 核算的污染物类型包括 TN、TP、COD、Cu、Zn 五种. 由于《中国渔业统计年鉴 2014》中并未列出按养殖方式分的养殖品种产量,因此将养殖品种按照常见养殖类型,按该省养殖类型比例分配. 核算 2013 年海水养殖污染物排放结果见表 2.

表 2 2013 年环渤海地区海水养殖污染量排放情况

Table 2 Pollutant emission of mari-culture in area around Bohai Sea in 2013

项目	TN	TP	COD	Cu	Zn
辽宁省	-21 342.51	-1 206.69	21 579.25	0.38	5.22
河北省	-4 251.32	-188.48	4 719.20	0.46	0.79
天津市	21.04	6.31	494.39	0.10	0.63
山东省	-31 296.26	-1 511.94	37 980.42	6.48	23.60
合计	-56 869.06	-2 900.80	64 773.26	7.42	30.24

注:数据来源于《中国海洋统计年鉴 2014》.

如表 2 所示,2013 年环渤海地区海水养殖主要排放污染物为 COD,排放总量约达 6.48×10^4 t,重金属污染物 Cu 排放量为 7.42 t,Zn 排放量为 30.24 t. 由于海洋养殖中,一些贝类品种具有吸收氮和磷的作用,因此,TN 和 TP 的排放量为负值.

2.4.2 海洋石油勘探开发污染

海洋石油勘探开发污染物指海洋石油勘探开发作业中使用或生成后向海洋排放并可能影响海洋生态的物质,包括钻井泥浆、钻屑、作业人员的生活垃圾等. 为便于核算,将污染物归并为液体废弃物和固体废弃物两类. 2013 年,渤海区域海洋石油勘探

开发共排放液体废弃物 $1.59 \times 10^5 \text{ m}^3$, 排放固体废弃物 $4.88 \times 10^4 \text{ m}^3$.

2.4.3 陆源污染

陆源污染物也是渤海区域环境破坏的重要因素之一, 可以通过河流的渠道进入海洋, 经整理后的各省主要河流注入渤海的污染物质如表3所示.

表3 2013年部分河流携带入渤海的污染物质
Table 3 Pollutants discharged into Bohai Sea with river runoff in 2013 t

项目	COD	TN	TP	石油类	重金属
辽宁省	21 6104	38 884	2 282	740	343
河北省	114 350	2 925	188	163	40
天津市	221 515	456	42	3	—
山东省	536 499	21 684	1 724	5 662	742
合计	1 088 468	63 949	4 236	6 568	1 125

注: 辽宁省数据来自《2013年辽宁海洋环境质量公报》, 主要包括大辽河、双台子河、大凌河、小凌河、六股河、复州河; 河北省数据来自《2013年河北海洋环境质量公报》, 其中TN和TP比例按照刘娟^[29]研究拆分; 天津市主要河流COD排放数据按《天津市统计年鉴2014》中的统计, 天津市其余污染物排放数据按刘琼琼等^[30]研究计算天津市2010年污染物入海通量计算; 山东省数据来自《2013年山东海洋环境质量公报》, 主要包括黄河、小清河和界河。—表示无。

此外2013年, 渤海与黄海海域还接纳了陆地疏浚物 $7.73 \times 10^5 \text{ m}^3$ 和惰性无机地质废料 $3 800 \text{ m}^3$ 根

据《中国海洋环境质量公报2013》显示, 这些疏浚物与惰性废料对海洋环境造成影响很小, 因此在该核算中忽略这种污染物造成的环境损失.

2.4.4 环境损失核算

一般而言, 水环境损失核算中需考虑环境的自净能力, 采用恢复费用法计算, 即用各种受污染的水质恢复到基准态所需的处理费用核算环境损失. 在海洋核算中, 通常用近海海域的分配容量来核算环境容量, 然而收集整理发现(见表4), 海洋自净能力和分配容量的计算方法多样, 不同模型结果差异大, 与实际有较大差异, 同时, 渤海水流速度慢, 污染物不易扩散, 固体废弃物等污染难以被海洋消解, 因此, 该研究在海洋环境损失核算中, 尽管会造成损失的高估, 但仍使用了虚拟治理成本法, 即假设所有排放的污染物都得到治理, 以治理的成本作为污染造成的环境损失量.

2013年渤海区域海洋污染物排放实物量如表5所示. 废水单位治理成本和固体废物单位治理成本参考马国霞等^[31]研究, 分别取6.4和101元/t. COD、TN、TP、石油类、重金属单位治理成本根据辽宁省营口市调研成果, 分别取 2.7×10^4 、 5.0×10^4 、 5.0×10^4 、 1.0×10^4 、 0.5×10^4 元/t, 核算得到2013年渤海海洋污染的环境损失为 3.36×10^{10} 元.

表4 不同模型渤海湾环境容量比较

Table 4 Comparison the environmental capacity results of different models in Bohai Sea t

污染物	2013年入海量	箱式模型分配容量 ^[32]	最优化法分配容量 ^[33]	改进的水质模型分配容量 ^[34]
COD	1 153 241.26	2 400 000	914 500	452 400
TN	7 079.94	93 000	—	82 300
TP	1 335.2	13 000	—	—
石油类	6 568	—	28 170	—

表5 2013年渤海海洋污染物实物量核算结果

Table 5 Pollutants discharged in Bohai Sea in 2013 t

项目	COD	TN	TP	石油类	重金属	废水	固体废物
海水养殖	64 773.26	-56 869.06	-2 900.80		37.66		
石油勘探开发						158 636.90 ¹⁾	23 831.44 ²⁾
工业废水						311 828 500.00	
固体废物							90 800.00
河流	1 088 468.00	63 949.00	4 236.00	6 568.00	1 125.00		
合计	1 153 241.26	7 079.94	1 335.20	6 568.00	1 162.66	311 987 136.90	114 631.44

注: 1) 废水密度取 $1 000 \text{ kg/m}^3$; 2) 固体废物密度取生活垃圾平均密度 488.85 kg/m^3 .

2.5 海洋环境管理活动核算方法与结果

环境管理活动指以减少或消除环境所受压力或者更有效使用自然资源为主要目标的经济活动. 具

体可分为两类: 一类为资源管理, 即指那些以保护和维持自然资源存量防止耗减为主要目标的活动, 包括自然资源的恢复与补充(如增殖放流)、资源的一般

性管理(如海洋资源监测)等;另一类为环境保护,即以预防、减少和消除污染及其他形式环境退化为主要目标的各种活动,包括预防、减少或处理废弃物、保护生物多样性、环保研究等等。在GGOP核算中,需要识别环境管理活动支出,并从GOP中进行扣减。

由于数据限制,对海洋环境管理活动识别难度较高,该研究选取两部分支出作为海洋环境管理活动支出:①国家、省级政府部门2013年度海洋管理事务支出,从国家海洋局以及各省市海洋部门2013年度财务决算中整理,其中国家海洋局支出按总决算的18.8%计算,这一比例为环渤海地区2013年安排的污染治理项目占全国海洋污染治理项目的比例,总计 4.42×10^9 元,其中国家海洋局总支出为 1.18×10^9 元,辽宁省支出 4.40×10^8 元,河北省支出 1.67×10^8

元,天津市最多,支出 2.11×10^9 元,山东省 5.23×10^8 元。②海洋科学研究投入。根据《中国海洋统计年鉴2013》,2013年全国海洋科研经费投入中62.71%的经费投向了海洋基础科学研究、海洋能源开发技术研究和海洋环境工程技术研究领域。因此,将环渤海地区研究经费总投入按照这一比例折算成渤海海洋科学研究投入,合计 3.81×10^{10} 元。

综上,海洋环境管理活动支出总计 4.25×10^{10} 元。

2.5 GGOP核算结果

2.5.1 环渤海地区GGOP核算

根据以上核算,在2013年环渤海地区GOP的基础上,进行资源耗减、生态系统破坏、环境损失和海洋环境管理活动的扣减,即可得到2013年环渤海地区GGOP(见表6)。

表6 环渤海地区2013年GGOP核算情况
Table 6 GGOP in areas around Bohai Sea in 2013

项目	关系	金额/ 10^4 元
GOP	①	197 340 000
小计	② = ③ + ④	5 021 100
海洋资源耗减		
渔业资源耗减	③	0
油气资源耗减	④	5 021 100
海洋生态系统破坏	⑤	311 180
海洋环境损失	⑥	3 363 806
小计	⑦ = ⑧ + ⑨	4 250 053
海洋环境管理活动		
海洋管理事务支出	⑧	442 350
海洋环境研究支出	⑨	3 807 703
扣减合计	⑩ = ② + ⑤ + ⑥ + ⑦	12 946 139
GGOP	⑪ = ① - ⑩	184 393 861

2013年度环渤海地区GGOP约为 1.84×10^{12} 元,占该地区GOP的93.44%。扣除的资源耗减、生态系统破坏、环境损失和环境管理活动支出约为 1.29×10^{11} 元,占GOP的6.56%。渤海地区在实现海洋经济发展的过程中,有2.54%的生产总值来自对海洋资源的耗减,其中均为不可再生的油气资源耗减;有0.17%的生产总值来自对海洋生态系统的破坏;需要用至少1.70%的生产总值弥补海洋经济带来的环境恶化;有2.15%的生产总值用于对海洋资源与环境的和相关科学领域研究中。

2.5.2 环渤海各省市GGOP核算

为进一步分析环渤海各省市海洋产业发展情况,将GGOP相关指标进一步细分到4个省市。由于一些统计数据中缺乏分省统计情况,因此在核算中采用

相关数据或研究进行拆分,其核算结果和拆分方法见表7。

由表7可知,辽宁省、河北省、天津市、山东省GGOP分别约为 3.55×10^{11} 元、 1.65×10^{11} 元、 3.94×10^{11} 元和 9.27×10^{11} 元,占GOP的比例分别为94.80%、94.96%、86.91%和95.66%(见图2)。

由图2可知,环渤海各省市GGOP的扣减结构有较大区别。其中,辽宁省扣减比例最大的项目是环境损失,占扣减总值的44.77%,其次是环境管理活动支出,占32.83%;河北省扣减比例最大的项目是资源耗减,占扣减总值的44.22%,环境损失为36.68%,排第二位;天津市资源耗减在扣减中所占比例为四省市中最高,为69.74%,生态系统破坏、环境损失和环境管理活动支出分别占0.06%、10.22%

表 7 环渤海地区 2013 年 GGOP 核算
Table 7 GGOP in areas around Bohai Sea in 2013

项目	GGOP 核算结果/10 ⁴ 元					拆分依据
	合计	辽宁	河北	天津	山东	
GOP	197 340 000	37 419 000	17 418 000	45 541 000	96 962 000	根据《中国海洋统计年鉴 2014》拆分
海洋资源耗减						
小计	5 332 280	313 599	400 166	4 161 956	456 559	
渔业资源耗减	0	0	0	0	0	根据实际发生量拆分
油气资源耗减	5 021 100	17 885	388 398	4 158 635	456 181	根据海洋石油和天然气产量拆分
海洋生态系统破坏	311 180	295 713	11 768	3 320	378	根据马万栋等 ^[28] 研究结果拆分
海洋环境损失	3 363 806	871 715	322 232	609 489	1 615 061	海水养殖污染根据各省市养殖数量拆分; 石油勘探开发污染按石油产量比例拆分; 工业废水和固体废物依照《中国海洋统计年鉴 2014》统计; 河流污染物根据表 3 拆分
小计	4 250 053	761 839	156 024	1 191 603	2 140 588	
海洋环境管理						
海洋管理事务支出	442 350	50 206	69 021	219 096	104 027	根据各省市支出拆分; 国家海洋局经费按各省市开展污染治理项目数量拆分
海洋环境研究支出	3 807 703	711 632	87 003	972 507	2 036 561	根据《中国海洋统计年鉴 2014》各省市研究经费
扣减合计	12 946 139	1 947 152	878 423	5 963 048	4 212 208	
GGOP	184 393 861	35 471 848	16 539 577	39 577 952	92 749 792	

注: 各区域环境损失之和不等于总数, 因一些地区总氮和总磷污染排放量较小, 低于当地贝类养殖所吸收的量, 未产生环境损失。

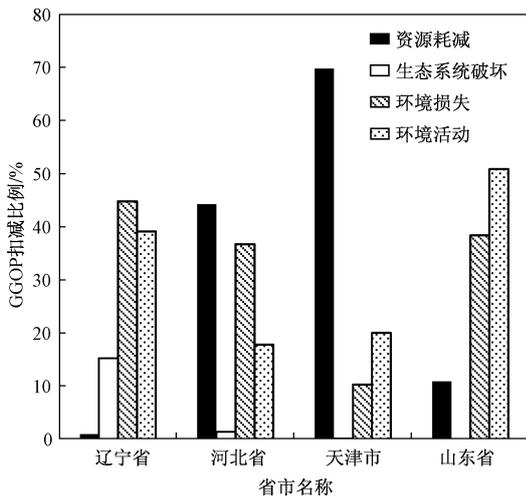


图 2 环渤海区域 GGOP 扣减比例
Fig. 2 Deduction proportions in areas around Bohai Sea

和 19.98%; 山东省环境管理活动支出占扣减总值的 50.82%, 资源耗减、生态系统破坏和环境损失分别占扣减金额的 10.83%、0.01% 和 38.34%。

从扣减金额占 GOP 的比例上看, 天津市扣减比例占 GOP 的比例最大, 为 13.09%, 之后依次是辽宁省(5.20%)、河北省(5.04%) 和山东省(4.34%)。

在资源耗减方面, 天津市资源耗减占 GOP 的 9.13%, 其主要原因是石油和天然气的开采在该区域海洋经济中占有重要地位, 另外, 海洋油气资源开采大省河北省的资源耗减也达到了 GOP 的 2.23%; 从生态系统破坏来看, 辽宁省的海洋生态系统破坏占 GOP 的比例最高, 达到 0.79%, 河北省、天津市和山东省均较少, 在 0.1% 以下。从环境损失方面看, 辽宁省环境损失占 GOP 比例为 2.33%, 为四个区域中最高, 该区域海水养殖业污染相对严重, 还有大量的氮磷污染物通过辽河注入渤海, 都给该地区造成了环境损失, 河北省、山东省和天津市环境损失占 GOP 的比例分别为 1.85%、1.67% 和 1.34%; 在环境管理活动支出上, 天津市投入最多, 占 GOP 比例为 2.62%, 河北省投入仅占 GOP 比例的 0.90%, 在四省市中最少(见图 3)。

2.5.3 环渤海各省市海洋经济发展问题及调控建议
通过对环渤海各省市海洋产业 GGOP 核算研究, 可分析各省海洋经济发展中存在的问题及未来调控建议。

辽宁省主要存在问题: ①海洋环境损失较高, 以大辽河为代表的主要河流容纳了大量来自上中游的污染物, 影响了辽东湾的整体水质; 此外, 海洋第一产

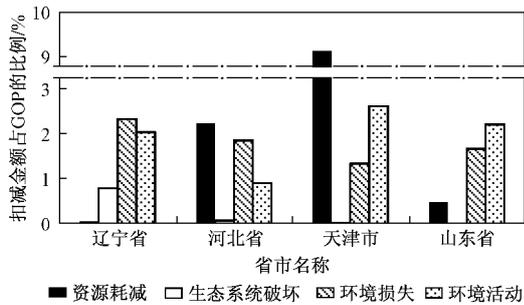


图3 渤海地区扣减总额占 GOP 比例

Fig. 3 Deduction proportions in GOP of areas around Bohai Sea

业比例相对较高,海水养殖业排放了大量的环境污染物。②海洋生态系统破坏严重,主要体现在大量开展围填海工程,破坏了海洋生态系统的稳定,降低了海洋生态系统服务的供给。针对上述问题,该地区的主要产业调控策略应该在于调整产业结构,推动海洋产业向高技术高附加值发展。在海洋工程建设过程中,注意环境保护。

河北省海洋产业发展在环渤海地区中位于低水平。GGOP核算结果显示,河北省油气资源耗减占GOP的2.30%,特别是其主要港口和相关产业与能源、钢铁等工业关系紧密,目前“去产能”成为经济结构改革重要任务,给海洋经济发展提出了重大挑战。此外,河北省在海洋环境管理活动的支出较少,特别是海洋环境研究支出与其他省市相比有较大差距,在以后的发展中,应鼓励海洋产业相关企业加大在科技方面的投入,同时注意在海洋研究领域较强的科研院所的建设和引进,加快海洋产业转型。

天津市GGOP核算结果显示,其面临的最重要的环境问题为发展过程中对海洋油气资源的耗减比例较大。天津市海洋产业发展策略应推动产业内部的结构调整,发展物流和高端制造业,逐步压缩资源型产业产能,开发新型海洋资源,推动产业科技升级;同时还要注意对海洋生态功能的维护,尽可能保留自然岸线。

山东省具有良好的海洋产业发展基础条件,海洋三次产业比例接近全国均值,发展较为均衡。由于海洋经济体量较大,造成的环境损失和环境管理活动支出也在环渤海地区中最高,同样面临严峻的海洋污染问题。该地区也有较为丰富的油气资源,但在当前的经济条件下,开发的动力不足,可作为战略资源储备。

当然,该研究还存在可以继续深化的方向,主要包括:①由于数据的限制,一些项目如海洋矿业资源

的耗减、大气污染物的传输等项目没有列入核算范围内;②由于核算范围较大,因此核算参数还需要进一步研究,以适应当地需要;③关于陆源污染的处理,还存在一些争议,因为陆源污染并非由构成GOP的海洋产业所制造,因此陆源污染物是否应该在GGOP中予以扣减还需要进一步讨论。

3 结论

a) 2013年环渤海地区GOP约为 1.97×10^{12} 元,GGOP约为 1.84×10^{12} 元,占GOP的93.44%,资源耗减、生态系统破坏、环境损失和环境管理活动分别扣减了GOP的2.54%、0.16%、1.70%和2.15%。

b) 环渤海地区2013年的渔业捕捞量从数量上讲符合种群增长量,没有造成资源耗减,而对海洋油气资源的开采造成的资源耗减约为 5.02×10^{10} 元,通过围填海造成的生态系统破坏损失约为 3.11×10^9 元。环渤海地区海洋产业产生的主要污染物为COD,来源包括海水养殖、海洋石油勘探开发、河流输送、废水直排和固体废物倾倒等,污染物产生的虚拟成本约为 3.36×10^{10} 元。国家和省级海洋部门在渤海的环境和资源管理方面,支出约为 4.42×10^9 元;环渤海地区海洋环境和资源利用投入研究经费约 3.81×10^{10} 元。

c) 环渤海各省市GGOP的扣减结构有较大区别。其中辽宁省扣减比例为5.30%,其中环境损失占扣减总值的44.77%;河北省与辽宁省相近,扣减比例为5.04%;天津市扣减比例最大,为13.09%,其中资源耗减占扣减总值的69.74%;山东省扣减比例为4.34%,其中环境管理活动支出占扣减总值的50.82%。

参考文献(References):

- [1] NORDHAUS W, TOBIN J. Is growth obsolete? [C]// National Bureau of Economic Research. Economic research: retrospect and prospect. New York: Columbia University Press, 1972: 1-8.
- [2] REPETTO R C, MAGRATH W, WELLS M, et al. Wasting assets: natural resources in the national income accounts [R]. Washington DC: World Resources Institute, 1989.
- [3] UNO R. Economic growth and environmental change in Japan: net national welfare and beyond [C]// ARCHIBUGI F, NIJKAMP P. Economy and ecology: towards sustainable development. Berlin: Springer Netherlands, 1989: 307-332.
- [4] United Nations. System of environmental-economic accounting central framework: white cover publications [EB/OL]. New York: United Nations, 2012 [2016-08-01]. http://unstats.un.org/unsd/envaccounting/White_cover.pdf.
- [5] DE BOO A, BOSCH P, GORTER C N, et al. An environmental

- module and the complete system of national accounts [R]. Voorburg: Occasional Papers of the CBS, 1991.
- [6] European Commission. European system for the collection of economic information on the environment [EB/OL]. Luxembourg: European Commission, 1994 [2016-08-01]. <http://edz.bib.uni-mannheim.de/www-edz/pdf/eurostat/02/KS-BE-02-002-EN-N-EN.pdf>.
- [7] BANDHAUER K, CURTI J, MILLER C. Challenges to regulatory harmonization and standard-setting: the case of environmental accounting in the US and Canada [J]. *Journal of Comparative Policy Analysis: Research and Practice* 2005, 7(2): 177-194.
- [8] 高敏雪, 许健, 周景博. 综合环境经济核算: 基本理论与中国应用 [M]. 北京: 经济科学出版社, 2007.
- [9] SHI Y, ZHOU C, WANG R, *et al.* Measuring China's regional ecological development through 'EcoDP' [J]. *Ecological Indicators*, 2012, 15(1): 253-262.
- [10] 王金南, 於方, 曹东, 等. 中国环境经济核算研究报告 2004 [M]. 北京: 中国环境出版社, 2009.
- [11] 於方, 王金南, 曹东, 等. 中国环境经济核算技术指南 [M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2009.
- [12] 於方, 马国霞, 齐霁, 等. 中国环境经济核算研究报告 2007—2008 [M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2012.
- [13] 王金南, 於方, 曹东, 等. 中国环境经济核算研究报告 2005—2006 [M]. 北京: 中国环境出版社, 2013.
- [14] SUN C, ZHANG K, ZOU W *et al.* Assessment and evolution of the sustainable development ability of human: ocean systems in coastal regions of China [J]. *Sustainability* 2015, 7(8): 10399-10427.
- [15] SOARES E B M. The ocean: our future [M]. Cambridge: Cambridge University Press, 1998.
- [16] COSTANZA R, ANDRADE F, ANTUNES P, *et al.* Principles for sustainable governance of the oceans [J]. *Science*, 1998, 281(5374): 198-199.
- [17] Statistics Norway. Natural resource accounting—the Norwegian approach [EB/OL]. Oslo: Statistics Norway, 1994 [2016-08-01]. https://www.ssb.no/a/histstat/not/not_9409.pdf.
- [18] MOHD-SHAHWAHID H O, MCNALLY R. An economic valuation of the terrestrial and marine resources of Samoa [EB/OL]. Apia: Virginia Tech Switchboard, 2011 [2016-08-01]. https://vtechworks.lib.vt.edu/bitstream/handle/10919/66309/1710_econ_valuation_samoa.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- [19] VAN DIJK A, MOUNT R, GIBBONS P, *et al.* Environmental reporting and accounting in Australia: progress, prospects and research priorities [J]. *Science of the Total Environment*, 2014, 473: 338-349.
- [20] TALENTO R J. Accounting for the ocean economy using the system of national accounts [J]. *Journal of Ocean and Coastal Economics*, 2016, 2(2): 5.
- [21] 陈东景, 李培英, 吴桑云. 海洋绿色 GDP 核算与可持续发展评价研究 [M]. 北京: 中国商务出版社, 2008.
- [22] 索安宁, 于永海, 苗丽娟. 渤海海域生态系统功能服务价值评估 [J]. *海洋经济*, 2011, 1(4): 42-47.
- SUO Anning, YU Yonghai, MIAO Lijun. Assessment of ecosystem service value in the Bohai Sea [J]. *Marine Economy* 2011, 1(4): 42-47.
- [23] HARRIS P, TUHUMWIRE J. Introduction: planet, oceans and life [C]// United Nations. United Nations World Ocean Assessment. Cambridge: Cambridge University Press, 2016: 1-15.
- [24] U. S. Commission on Ocean Policy. An ocean blueprint for the 21st century final report [R]. Washington DC: University Press of the Pacific, 2004.
- [25] 倪建锋, 刘群. 剩余产量模型在不同渔业中的应用 [J]. *海洋湖沼通报* 2004(1): 60-67.
- NI Jianfeng, LIU Qun. Performances of surplus production models in different fishing scenarios [J]. *Transactions of Oceanology and Limnology* 2004(1): 60-67.
- [26] 陈尚, 任大川, 李京梅, 等. 海洋生态资本概念与属性界定 [J]. *生态学报* 2010, 30(23): 6323-6330.
- CHEN Shang, REN Dachuan, LI Jingmei, *et al.* Marine ecological capital: concept and attributes [J]. *Acta Ecologica Sinica* 2010, 30(23): 6323-6330.
- [27] 陈尚, 任大川, 夏涛, 等. 海洋生态资本理论框架下的生态系统服务评估 [J]. *生态学报* 2013, 33(19): 6254-6263.
- CHEN Shang, REN Dachuan, XIA Tao, *et al.* Marine ecological capital: valuation methods of marine ecosystem services [J]. *Acta Ecologica Sinica* 2013, 33(19): 6254-6263.
- [28] 马万栋, 吴传庆, 殷守敬, 等. 环渤海围填海遥感监测及对策建议 [J]. *环境与可持续发展* 2015, 40(3): 63-65.
- MA Wandong, WU Chuanqing, YIN Shoujing *et al.* Remote sensing monitoring and countermeasures of land reclamation from sea along the Bohai Bay [J]. *Environment and Sustainable Development*, 2015, 40(3): 63-65.
- [29] 刘娟. 渤海化学污染物入海通量研究 [D]. 青岛: 中国海洋大学, 2006.
- [30] 刘琼琼, 邵晓龙, 刘红磊, 等. 天津市主要河流水质及污染物入海通量 [J]. *天津师范大学学报(自然科学版)* 2013, 33(2): 56-59.
- LIU Qionqiong, SHAO Xiaolong, LIU Honglei *et al.* Water quality and pollutants fluxes into sea of major rivers in Tianjin City [J]. *Journal of Tianjin Normal University (Natural Science Edition)*, 2013, 33(2): 56-59.
- [31] 马国霞, 於方, 齐霁, 等. 基于绿色投入产出表的环境污染治理成本及影响模拟 [J]. *地理研究* 2014, 33(12): 2335-2344.
- MA Gguoxia, YU Fang, QI Ji *et al.* Simulation of pollutant control cost and its economic impact based on China's Green Input-output Table [J]. *Geographical Research* 2014, 33(12): 2335-2344.
- [32] 丁东生. 渤海主要污染物环境容量及陆源排污管理区分配容量计算 [D]. 青岛: 中国海洋大学, 2012.
- [33] 郭良波, 江文胜, 李凤岐, 等. 渤海 COD 与石油烃环境容量计算 [J]. *中国海洋大学学报(自然科学版)* 2007, 37(2): 310-316.
- GUO Liangbo, JIANG Wensheng, LI Fengqi, *et al.* Environmental capacity calculation of COD and PHs in the Bohai Sea [J]. *Periodical of Ocean University of China* 2007, 37(2): 310-316.
- [34] 戴爱泉. 渤海陆源 TN 和 COD 污染物分配容量指标体系计算方法及应用 [D]. 青岛: 中国海洋大学, 2015.