

基于能值分析的江苏省绿色海洋经济可持续发展研究

王 炼¹, 刘佰琼¹, 徐 敏¹, 顾云娟², 钱林峰²

(1. 南京师范大学 海洋科学与工程学院, 江苏 南京 210023; 2. 江苏省海洋经济监测评估中心, 江苏 南京 210003)

摘要: 随着海洋经济的迅速发展, 开发利用海洋资源与保护生态环境之间的矛盾日益突出, 因此, 评估绿色海洋经济可持续发展的态势对促进海洋经济和生态环境的协调发展意义深远。本文以江苏省为研究区, 利用能值分析理论和方法, 将海洋经济系统内可更新资源、不可更新资源、货币流、废弃物等各类要素, 通过能值转换率转换为统一标准的太阳能值, 采用海域能值-货币比率、人均海域能值使用量、能值可持续发展指数、绿色海洋生产总值(绿色 GOP)等指标, 测度了 2011—2015 年江苏省绿色海洋经济可持续发展水平, 旨在推进海洋经济可持续发展研究方法的应用, 为江苏省海洋经济系统的综合评价及可持续发展管理提供科学依据。研究表明: (1)2011—2015 年, 江苏省绿色 GOP 持续增长, 占传统 GOP 的比重从 74.8% 升至 77.8%, 表明江苏省在海洋经济快速增长的过程中, 没有忽视对海洋资源和生态环境的保护。(2)江苏省绿色海洋经济可持续发展处于不稳定的状态: 2011 年可持续发展指数为 12.77, 2012—2015 年可持续发展指数在 6.87~9.70 之间波动, 表明江苏省海洋经济系统从经济不发达以及对海洋资源的开发利用程度不足, 逐步过渡到海洋经济富有活力, 发展效益好, 可持续性强。

关键词: 绿色海洋经济; 可持续发展; 能值分析; 江苏省

中图分类号: P170.6099 文献标识码: A 文章编号: 1000-3096(2019)03-0046-09

DOI: 10.11759/hyxx220181029001

21 世纪是海洋的世纪。伴随陆地资源的损耗和我国综合国力的增强, 逐步开始注重开发海洋资源, 将海洋经济建设上升至国家战略高度, 尤其是在党的十八大报告中明确提出“提高海洋资源开发能力、发展海洋经济、保护海洋生态环境、坚决维护国家海洋权益, 建设海洋强国”的国家发展战略。在海洋强国战略支持下, 海洋经济发展迅猛, 但在海洋经济发展过程中, 开发海洋资源与保护生态环境之间的矛盾愈发严重, 大量污染物和废弃物排入海, 明显减弱了海洋资源循环能力、海洋环境容纳能力和物质代谢能力^[1]。在此背景下, 评估绿色海洋经济可持续发展的态势对于促进海洋经济和生态环境的协调发展具有重要意义。

美国学者 Rorholm 1967 年首次研究了海洋产业的经济价值^[2]。1974 年, 美国商务部首次提出“海洋生产总值(GOP)”的概念用来核算各个海洋产业的经济价值^[3]。随后, 国民账户核算方法逐渐成为各国海洋经济核算的主流方法。

何广顺等^[4]提出了 GOP 核算的三种方法, 即剥离法、扩展法和外推法。但传统 GOP 仅说明了经济总量的提高, 而忽略了经济发展对海洋资源和海洋

环境的依赖与损耗, 难以表明海洋经济发展的质量, 因此这些方法在评价海洋经济的可持续发展方面尚显不足^[4]。我国一些学者陆续对自然资源和生态环境的价值核算方法开展了研究, 关于自然资源价值核算的方法主要有净租法、净价值法和使用成本法, 有关环境评估的方法主要包括环境损害函数法、生产率下降法和防护成本法^[5-8]。但无论何种核算方法, 仅能核算拥有市场价格的环境资源资产, 如煤炭、石油等, 无法核算拥有非市场价值的环境资源, 如太阳能、潮汐能等, 因此都存在两个缺陷: 第一是自

收稿日期: 2018-10-29; 修回日期: 2019-01-07

基金项目: 江苏省自然科学基金(BK20161018); 国家海洋局海域管理技术重点实验室开放基金项目(201709); 中国海洋发展研究会重点研究项目(CAMAZD201613); 国家自然科学基金(41373112、41771447) [Foundation: Natural Science Foundation of Jiangsu Province, No. BK20161018; Open fund of key laboratory of marine management technology of state oceanic administration, No. 201709; Key project of the China Association of Marine Affairs, No. CAMAZD201613; National natural science foundation of China, No. 41373112 and 41771447]

作者简介: 王炼(1995-), 男, 江苏靖江人, 硕士研究生, 主要从事海岸带资源开发与管理研究, E-mail: w11023684160@163.com; 刘佰琼, 通信作者, 博士, 研究方向: 主要从事海洋经济绿色核算、海洋经济空间分异等方面的研究, E-mail: liubq-2168@163.com

然资源和环境资源量纲难以统一,第二是难以确定衡量自然资源和环境资源货币价值的定价方法^[9]。

H.T.Odum 历经多年研究,归纳系统生态、能量生态和生态经济原理,在 20 世纪 80 年代末期创立了能值理论和分析方法^[10]。能值研究方法以太阳能为共同的基准,量化了整个经济系统中的能量,不仅解决了自然资源和环境资源量纲难以统一的问题,同时可计算出自然和环境的能值-货币价值,从而解决其与经济社会的对接问题。

近年来,能值分析在绿色国民生产总值(绿色 GDP)核算以及可持续发展研究方面已得到较为广泛的运用。张虹^[9]、康文星^[11]等采用能值分析方法分别对怀化市和福建省的绿色 GDP 进行了核算。黄瑾^[12]、许振宇等^[13]和赵雪雁等^[14]分别采用能值分析方法对广东省、湖南省和甘肃省的生态经济系统可持续发展能力进行了研究。

GOP 是 GDP 的重要组成部分,目前采用能值方法研究海洋经济可持续发展和绿色 GOP 核算尚属空白。本研究正是针对目前绿色海洋经济核算中,自然资源和环境损耗计量和定价方法存在的缺陷,利用能值分析理论和方法,将海洋经济系统内可更新资源、不可更新资源、货币流、废物流等各类要素,通过能值转换率转换为统一标准的太阳能值,采用海域能值-货币比率、人均海域能值使用量、能值可持续发展指数、绿色海洋生产总值(绿色 GOP)等指标,对 2011—2015 年江苏省绿色海洋经济可持续发展水平进行测度,旨在推进海洋经济可持续发展研究方法的应用,为江苏省海洋经济系统的综合评价及可持续发展管理提供科学依据。

1 研究区概况

江苏位于中国大陆东部沿海中心,东濒黄海,西连安徽,北接山东、东南邻接浙江、上海,是长江三角洲的主要枢纽。江苏省经度介于 116°18'E~121°57'E 之间,纬度介于 30°45'N~35°20'N 之间,全省面积 $10.72 \times 10^4 \text{ km}^2$,占全国总面积总和的 1.1%。江苏以地形地势低平,河湖众多为特点,全省气候具有明显的季风特征,处于亚热带向暖温带过度地带。全省气候温和,雨量适中,四季分明。

江苏海域面积为 $3.75 \times 10^4 \text{ km}^2$,海岸线总长 954 km;沿海共有 26 个海岛,海岛岸线总长 84.74 km,总面积为 59.15 km^2 。江苏拥有丰富的海洋资源,包括港航、生物、化工和旅游等资源,为江苏海洋经济

发展奠定了坚实的基础。渔业资源丰富多样,种类繁多,拥有著名的海州湾、长江口和吕四渔场,盛产鱼虾贝类等海洋生物多达 300 余种。

随着《江苏沿海地区发展规划》、《江苏省“十二五”海洋经济发展规划》的颁布与实施,以及长江三角洲地区一体化发展提升为国家战略,江苏海洋经济高速增长,海洋经济总量不断上升,海洋经济处于国民经济中的地位日益突出。江苏省海洋生产总值从 2011 年的 4 253 亿元上升至 2015 年的 6 405 亿元,占全省 GDP 比重超过 9%,海洋经济保持着稳定增长的态势^[18]。

2 研究方法 with 数据来源

2.1 能值分析研究方法

2.1.1 建立能值分析系统图

1) 收集江苏省海洋自然环境、地理、社会、经济等各方面基础资料和数据,并进行数据分类和整理。所获资料可分为可更新资源(如太阳能等)、不可更新资源(如滩涂资源等)、货币流以及废物流(入海废水、废物和废气等)共四大类。

2) 绘制能值系统图。首先对系统范围进行界定,列出研究系统的主要能量来源,并分析其经济发展与自然资源和环境损失之间的关系。界定系统内部的主要组成部分,包含生产者、消费者、分解者等。罗列系统内的各主要组成部分的过程、关系,包含主要的能量物质流、货币流及其他生态流。在系统边界内部依据能源所对应的太阳能值转换率高低,从左至右依次分布,其中实线表示实物流,虚线表示货币流(图 1)。

2.1.2 建立海洋经济系统能值分析表

1) 建立能值分析表

能值分析表包含:序号与项目、初始数据、太阳能值转换率和太阳能值 4 项(表 1)。

2) 根据能量折算系数,计算系统中各要素的能量、能值及其能值货币价值,计算方法参照 Odum^[10]和蓝盛芳^[16]的方法。

其中系统中各投入产出要素的能量计算方法如下:

① 太阳光能=海域面积 \times (1-反射率) \times 年太阳辐射量

② 雨水化学能=年均降水量 \times 海域面积 \times 密度 \times 雨水吉布斯自由能

③ 地球旋转能=海域面积 \times 热通量(典型热通量:古老而稳定地区为 $1 \times 10^6 \text{ J}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$;快速造山运动地区为 $3 \sim 10 \times 10^6 \text{ J}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$)

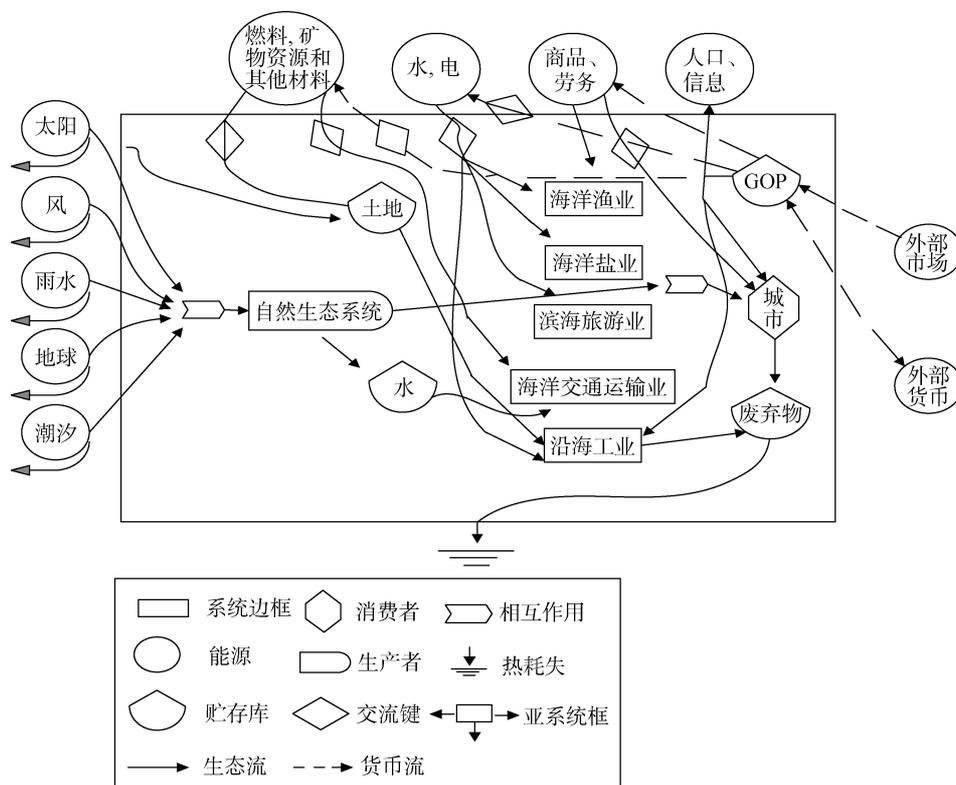


图1 海洋经济系统能值流图

Fig. 1 Energy flow diagram of the marine economic system

④风能=面积×空气层平均高度×密度×涡流扩散系数×垂直梯度系数²

⑤潮汐能=0.5×面积×(潮汐次数/a)×潮高²×海水密度×重力加速度

⑥海域水资源=平均水深×海域面积×密度×吉布斯自由能

⑦有机物能=质量×单位质量所含化学能

⑧底泥能=滩涂面积×底泥厚度×平均容重×底泥干重含量×吉布斯自由能/周转时间

⑨底栖动物=滩涂面积×单位面积浮游动物量×单位质量×干重含量×吉布斯自由能

⑩废物流=废物生产量×能量折算系数

各要素能值计算方法: $M=K \times B$;

式中, M 为能值, K 表示能值转换率, 能量用 B 表示。

2.1.3 绿色 GOP 核算

绿色 GOP(美元)就是传统 GOP(美元)去除自然资源消耗成本和环境污染代价所得, 计算公式如下^[17]:

$$\text{绿色 GOP} = \text{GOP} - \sum A - \sum B$$

式中, $\sum A$ 是海洋经济系统中全部不可更新资源和可更新资源的能值-货币价值之和, $\sum B$ 为系统中处置废水、废气、固体废弃物的能值-货币价值之和。

2.2 数据来源

1) 江苏省海域自然资源和海洋经济数据主要来源于江苏省海洋经济发展报告(2017年)和江苏省统计年鉴(2012—2016年)^[15];

2) 江苏省海洋经济系统中废气、废水和固体废弃物排放的数据主要来源于《中国海洋统计年鉴》(2012—2016年)^[18]、《江苏统计年鉴》(2012—2016年)^[15]和《中国环境统计年鉴》(2012—2016年)^[19];

3) 能值转换率来自 Odum 的著作^[10]和蓝盛芳的研究成果^[16];

4) 文献搜索和其他相关资料的收集。

3 研究结果与分析

3.1 江苏海洋经济系统能值分析

江苏海洋经济系统能值表包含太阳辐射能、雨水化学能、地球旋转能、风能、潮汐能、海域水资源、海洋捕捞、海水养殖、底泥能、底栖动物、入海废水、入海固废、与海洋经济相关废气、滨海旅游、海洋交通运输 15 个能值指标项目(表 1)。通过能值计算, 2015 年江苏省海洋经济系统所投入的能

值总用量为 3.91×10^{23} sej, 其中包括可更新自然资源 1.69×10^{23} sej, 不可更新自然资源 1.33×10^{22} sej, 货币流 1.35×10^{23} sej, 废物流 7.36×10^{22} sej。江苏海洋经济能值系统中可更新资源能值比重达到 43.2%, 货币流的比重达到 34.5%, 表明江苏海洋经济具有外向

型的特点, 资金、人员、技术的流通和可更新资源的开发利用在海洋经济发展中起主导作用。不可更新资源仅占能值总量的 3.4%, 这主要是因为江苏海域范围内不存在开采海洋原油、海洋天然气和海洋矿物等不可更新海洋资源的相关产业。

表 1 江苏省 2015 年海洋经济能值分析原始表

Tab. 1 Original table of the marine economic energy value analysis of Jiangsu province in 2015

资源类别	项目	初始值/(J/\$)	太阳能值转换率/(Sej/Unit)	太阳能值/Sej	能值货币价值/\$
可更新自然资源	太阳辐射能	2.01E+20	1.00E+0	2.01E+20	3.78E+7
	雨水化学能	2.58E+17	7.44E+3	1.92E+21	3.61E+8
	地球旋转能	1.07E+17	3.40E+4	3.64E+21	6.84E+8
	风能	2.91E+17	6.23E+2	1.81E+20	3.40E+7
	潮汐能	1.74E+18	1.70E+4	2.96E+22	5.56E+9
	海域水资源	2.78E+18	4.80E+4	1.33E+23	2.50E+10
	海洋捕捞	2.53E+15	2.00E+6	5.07E+21	9.53E+8
	海水养殖	4.10E+15	2.00E+6	8.20E+21	1.54E+9
不可更新自然资源(滩涂资源)	底泥能	1.60E+14	3.51E+3	5.63E+17	1.06E+5
	底栖动物	4.85E+10	2.87E+7	1.39E+18	2.61E+5
废物流	入海废水	3.32E+12	8.60E+5	2.85E+18	5.36E+5
	入海固废	3.92E+16	1.80E+6	7.06E+22	1.33E+10
	与海洋经济相关的废气	4.47E+15	6.66E+5	2.98E+21	5.60E+8
货币流	滨海旅游	4.18E+9	8.70E+12	3.64E+22	6.84E+9
	海洋交通运输	1.13E+10	8.70E+12	9.85E+22	1.85E+10

采用能值分析方法计算出 2011—2015 年江苏省海洋经济系统能值总量、海域能值货币比率等指标(表 2 和图 2), 研究结果如下: (1)江苏省海洋经济系统能值总量从 2011 年的 3.40×10^{23} sej 稳步升至 2015 年的 3.91×10^{23} sej(2015 年较 2014 年小幅下降), 反映出在研究期内江苏省海洋经济的发展总体呈现增长趋势。(2)江苏省传统 GOP 增长幅度明显, 2015 年传统 GOP 约为 2011 年的 1.43 倍, 表明这五年来江苏省沿海经济快速

发展, 海洋经济总量持续增长, 对国民经济的贡献日益突出。(3)五年间可更新自然资源变化幅度较小, 年际间细微的浮动主要原因是每年降水量不同, 导致雨水化学能的变化, 可更新自然资源约占系统总能值的 40%~49%, 对江苏省海洋经济系统的贡献率较大。(4)滨海旅游业和海洋交通运输业在江苏海洋传统 GOP 中的占比逐年增加, 这也是江苏省近年来不断推进海洋第三产业发展、完善沿海基础设施所取得的成效。

表 2 江苏省海洋经济能值分析表

Tab. 2 Ocean economic energy analysis table of Jiangsu province

项目	2011 年	2012 年	2013 年	2014 年	2015 年
系统输入总能值/sej	3.40E+23	3.59E+23	3.88E+23	4.04E+23	3.91E+23
GOP/\$	5.12E+10	5.69E+10	6.37E+10	7.05E+10	7.35E+10
可更新自然资源能值/sej	1.68E+23	1.42E+23	1.68E+23	1.68E+23	1.69E+23
不可更新自然资源能值/sej	1.30E+22	1.35E+22	1.37E+22	1.37E+22	1.33E+22
废物流能值/sej	7.24E+22	7.12E+22	7.62E+22	7.80E+22	7.36E+22
货币流能值/sej	7.24E+22	1.33E+23	1.30E+23	1.44E+23	1.35E+23
海域-能值货币比率/(sej/\$)	6.63E+12	6.31E+12	6.09E+12	5.73E+12	5.32E+12

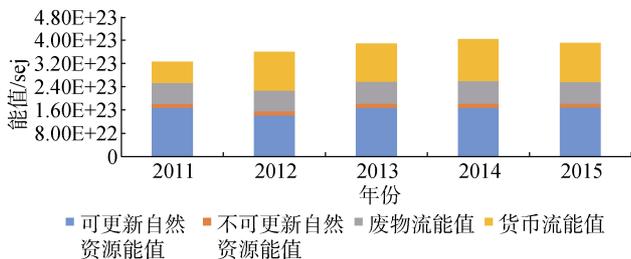


图2 江苏省传统 GOP 构成图

Fig. 2 Traditional GOP composition of Jiangsu province

3.2 海域能值-货币比率分析

海域能值-货币比率是指当年能值输入总量与 GOP(单位为美元)的比值,能值-货币比率越高,代表每单位货币能买入更多的能值财富,经济发展越落后^[20]。发展中国家和地区的经济开发需要的能值主要直接来源免费的自然环境资源,因而能值-货币比率相对较高;发达国家与其相反。从 2011 年至 2015 年间,江苏省海域能值-货币比率从 6.63×10^{12} 逐步下降到 5.32×10^{12} 呈持续下滑的趋势(图 3),表明江苏省海洋经济发展水平和发展质量在提高,海域开发利用方式多样。但江苏的海域能值-货币比率仍高于世界平均水平(4.05×10^{12}),与美国(2.55×10^{12})、瑞士(0.72×10^{12})等发达国家相比更是有较大差距^[10],这主要是由于江苏省沿海地区工业化水平不高,尚未形成港-产-城联合发展,导致海域能值-货币比率落后于美国、瑞士等发达国家。

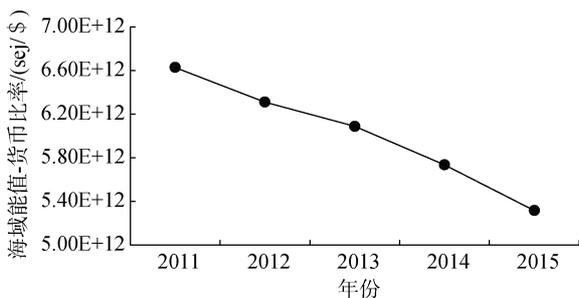


图3 海域能值-货币比率变化趋势图

Fig. 3 Trend of the sea area energy value-currency ratio

3.3 人均海域能值使用量分析

人均海域能值使用量是某区域的海洋经济能值总量和涉海从业人员人数的比值,代表人民生活水平的高低^[21]。由图 4 可知,江苏省 2011—2014 年人均海域能值使用量从 1.74×10^{17} 逐步增长到 2.07×10^{17} ; 2015 年略有回落,降低至 2.00×10^{17} ,该值远超

人均陆域能值使用量(3.09×10^{10})^[16],主要原因可能是与陆域相比,海洋面积广阔,资源丰富,可供使用的能值量较多,但涉海就业人员人数较少(2014 江苏省涉海就业人员人数为 197.1 万,仅占全省就业人数的 4.14%)。该值也高于环渤海区域人均海域能值使用量 9.29×10^{15} ^[22]。因此,从能值分析的角度来看,江苏沿海地区具有较高的人均海域能值使用量。

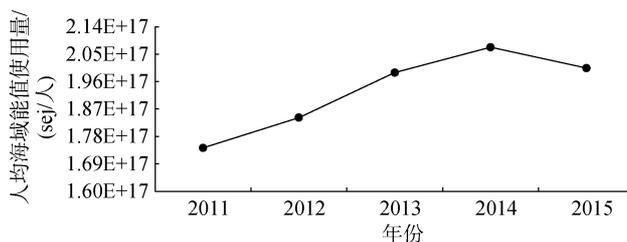


图4 人均海域能值使用量变化趋势图

Fig. 4 Change trend of the energy consumption per capita

3.4 绿色 GOP 分析

2011 年-2015 年,江苏省传统 GOP 与绿色 GOP 稳步增长,且趋势相同(图 5),绿色 GOP 占传统 GOP 的比重从 2011 年的 74.8% 升至 2015 年的 77.8%,说明在江苏省海洋经济运行中,资源消耗或者环境污染的占比逐步减小,这与江苏省实施产业布局战略性调整,推动产业升级和加强海洋环境保护的措施密不可分。2011—2015 年,江苏省海洋产业结构逐渐从“二、三、一”调整为“三、二、一”(图 6),且滨海旅游业、海洋交通运输业等第三产业产值显著提高,这就解释了江苏省在海洋经济高速增长的同时,由于政府非常重视资源环境的保护,对资源和环境的依赖程度越来越小,绿色 GOP 占比稳步提高。

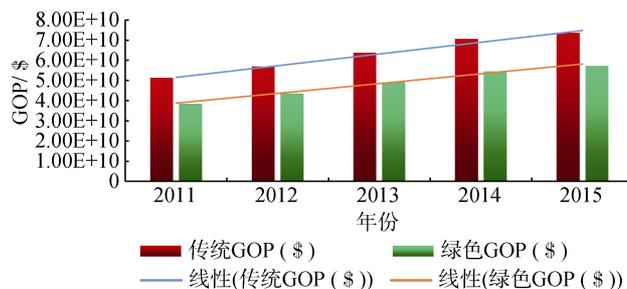


图5 绿色 GOP 历年对比图

Fig. 5 Comparison of traditional GOP and green GOP in Jiangsu province

由图 7 可知,2012—2014 年废物流产生的太阳能值呈现递增趋势(2012 年和 2015 年较各自之前一年

略有下滑)。但是,废物流占传统 GOP 的比重却从 2011 年的 21.33% 逐渐降至 2015 年的 18.84%。这主要是因为 2012—2014 年江苏省正处于海洋经济快速增长时期,海洋渔业、海洋交通运输业、海洋船舶工业、海洋工程建设、涉海服务业等提供了大量的就业机会,越来越多的人选择迁往沿海地区,这就造成了排放入海的生活和生产污染物直线增加,破坏了江苏省的海洋生态环境^[25]。但同时由于滨海旅游业、海洋交通运输业等第三产业迅猛发展,海洋新兴产业持续快速增长,在一定程度上掩盖了海洋资源和环境压力上升的事实,但海洋环境问题仍不可忽视。

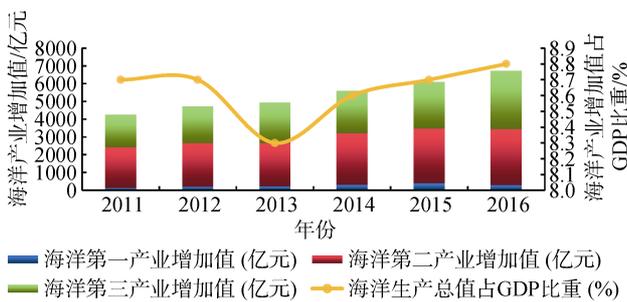


图 6 江苏省海洋产业结构图

Fig. 6 Marine industrial structure of Jiangsu province

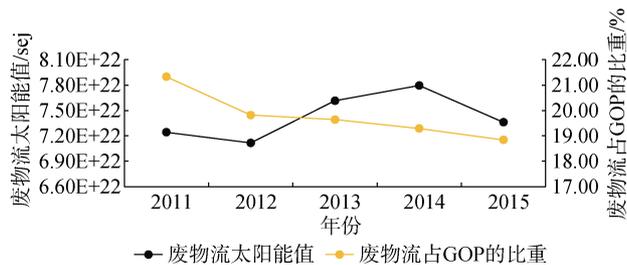


图 7 废物流太阳能值及其占 GOP 的比重

Fig. 7 Solar value of waste stream and its proportion in the GOP

3.5 海洋经济可持续发展分析

能值可持续发展指数(ESI)是指系统能值产出率与环境负载率的比值^[23]。根据 Brown 对能值可持续发展指标的界定, $ESI < 1$ 时,为消费型经济,系统进口资源或劳务量占总能值使用量的较大比例,环境负载率相对较高,为不可持续发展; ESI 的值处于 1~10 之间时,代表经济富有生机、发展前景广阔,为可持续发展; $ESI > 10$ 时,表明经济发展水平低下,资源的开发程度较低^[24]。

由图 8 可知,2011 年 $ESI > 10$, 表明江苏海洋资源充裕,海洋经济具有广阔的发展前景,然而海洋资

源长处尚未转变成经济优势,海洋经济欠发达。2012—2015 年 ESI 的范围在 6.87~9.70 之间波动,表明在此期间江苏省海洋经济发展迅速,海洋产业结构相对合理,第三产业推动海洋生产总值增长明显,经济活力充足,发展效益高,可持续性明显增强。

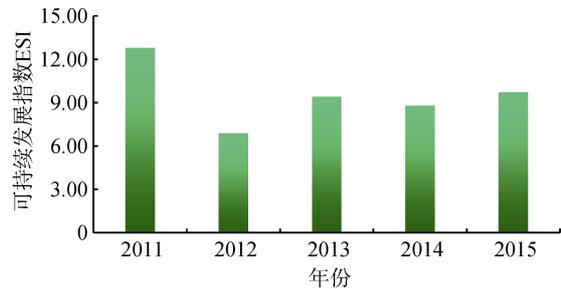


图 8 2011 年-2015 年海洋经济可持续发展指数值

Fig. 8 Sustainable development index of the marine economy in 2011-2015

4 结论与建议

(1) 2011 年-2015 年,江苏省绿色 GOP 稳步增加,占传统 GOP 的比重从 74.8% 增长至 77.8%, GOP 的增长对环境资源的损耗依赖性较小,这主要是由于江苏省海洋经济结构调整持续推进,海洋产业结构从“二、三、一”逐步调整为“三、二、一”,同时海洋新兴产业持续快速增长,表明江苏省海洋经济发展已逐渐由重污染、高消耗、低效率的粗放型发展模式过渡为轻污染、低消耗、高效率的发展模式。

(2) 5 年来,江苏省海洋经济生产活动所产生的废物流太阳能值呈现出增加的态势,但占传统 GOP 的比重却从 2011 年的 21.33% 逐渐降至 2015 年的 18.84%,主要此阶段正处于江苏省海洋经济快速发展的阶段,大量人口迁往沿海地区,造就了入海污染物的增加,同时滨海旅游业、海洋交通运输业等第三产业发展迅速,海洋新兴产业持续快速增长,远远超过废物流的增长速度。

(3) 从可持续发展指数来看,江苏省绿色海洋经济可持续发展处于不稳定的状态:2011 年可持续发展指数为 12.77,2012—2015 年可持续发展指数在 6.87~9.70 之间波动,表明江苏省海洋经济系统从经济不发达以及对海洋资源的开发利用程度不足,逐步过渡到海洋经济富有活力,发展效益好,可持续性。

(4) 能值分析法在绿色 GOP 核算研究中具有可

行性,突破了自然资源和生态环境不能用货币衡量的局限,能够客观地反映海洋经济的可持续发展水平。但是,本研究核算过程中,受限于统计资料的局限,部分不可更新资源如滩涂空间资源的占用无法纳入其中,可能会造成核算结果有所偏差。

(5) 本文研究成果表明:未来江苏省应加大推动海洋新能源利用与海洋产业转型升级,大力扶持海洋新兴产业,以海洋新能源装备制造和海洋新能源推广应用为重点,积极发展与完善光伏发电、海上风力发电等新能源关键技术、海洋装备研发及产业化。同时,必须从工业企业源头防治污染,提高资源能源利用率,降低入海废水与废物的排放。

参考文献:

- [1] Liu B Q, Xu M, Wang J, Xie S M. Regional disparities in China's marine economy[J]. *Marine Policy*, 2017, (82): 1-7.
- [2] Rorholm N. Economic impact of marine-oriented activities: a study of the southern New England marine region. Kingston: University of Rhode Island[J]. Department of Food and Resource Economics, 1967, 34(3): 132.
- [3] Nathan A. Gross product originating from ocean-related activities[R]. U.S.Washington DC: Bureau of Economic Analysis, 1974.
- [4] 何广顺, 王晓惠, 周洪军, 等. 海洋生产总值核算方法研究[J]. *海洋通报*, 2006, 25(3): 64-71.
He Guangshun, Wang Xiaohui, Zhou Hongjun, et al. Study on accounting methods of Marine gross domestic product[J]. *Ocean Bulletin*, 2006, 25(3): 64-71.
- [5] 汤天滋, 王文翰. 开展海洋资源核算促进海洋生态经济持续发展[J]. *生态经济*, 2001, 8: 8-11.
Tang Tianzi, Wang Wenhan. The development of Marine resources accounting to promote sustainable development of Marine ecological economy[J]. *Ecological Economy*, 2001, 8: 8-11.
- [6] 葛京凤, 郭爱请. 自然资源价值核算的理论与方法探讨[J]. *生态经济*, 2004, S1: 70-72.
Ge Jingfeng, Guo Aiqin. Theory and method of natural resource value accounting[J]. *Ecological Economy*, 2004, S1: 70-72.
- [7] 孔含笑, 沈镭, 钟帅, 等. 关于自然资源核算的研究进展与争议问题[J]. *自然资源学报*, 2016, 31(3): 363-376.
Kong Hanxiao, Shen Lei, Zhong Shuai, et al. Research progress and controversial issues on natural resources accounting[J]. *Journal of Natural Resources*, 2016, 31(3): 363-376.
- [8] 封志明, 杨艳昭, 闫慧敏. 自然资源资产负债表编制的若干基本问题[J]. *资源科学*, 2017, 39(9): 1615-1627.
Feng Zhiming, Yang Yanzhao, Yan Huimin. Some basic problems in the balance sheet preparation of natural resources[J]. *Resources science*, 2017, 39(9): 1615-1627.
- [9] 张虹, 黄民生, 胡晓辉. 基于能值分析的福建省绿色GDP核算[J]. *地理学报*, 2010, 65(11): 1421-1428.
Zhang Hong, Huang Minsheng, Hu Xiaohui. Green GDP accounting of fujian province based on energy value analysis[J]. *Acta Geographica Sinica*, 2010, 65(11): 1421-1428.
- [10] Odum H T. Environmental accounting: Emergy and environmental decision making[M]. New York: John Wiley, 1996, 1-41.
- [11] 康文星, 王东, 邹金伶, 等. 基于能值分析法核算的怀化市绿色GDP[J]. *生态学报*, 2010, 30(8): 2151-2158.
Kang Wenxing, Wang Dong, Zou Jinling, et al. Green GDP of huaihua city based on energy value analysis[J]. *Acta ecologica sinica*, 2010, 30(8): 2151-2158.
- [12] 黄瑾. 基于能值分析的广东省生态经济系统状况及可持续发展能力研究[J]. *中国市场*, 2010, 23: 64-66.
Huang Jin. Research on ecological and economic system status and sustainable development capacity of guangdong province based on energy value analysis[J]. *Chinese Market*, 2010, 23: 64-66.
- [13] 许振宇, 贺建林. 湖南生态经济系统的能值分析及其可持续性评估[J]. *世界科技研究与发展*, 2007, 29(3): 76-81, 26.
Xu Zhenyu, He Jianlin. Energy value analysis and sustainability assessment of ecological economic system in hunan[J]. *World Science and Technology Research and Development*, 2007, 29(3): 76-81, 26.
- [14] 赵雪雁, 刘霜, 赵海莉. 基于能值分析理论的生态足迹在区域可持续发展评价中的应用——以甘肃省为例[J]. *干旱区研究*, 2011, 28(3): 524-531.
Zhao Xueyan, Liu Shuang, Zhao Haili. Application of ecological footprint in regional sustainable development evaluation based on energy analysis theory -- a case study of gansu province[J]. *Research on arid areas*, 2011, 28(3): 524-531.
- [15] 江苏省统计局. 江苏统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2012-2016.
Statistical yearbook of Jiangsu province[M]. China statistical publishing house, 2012-2016.
- [16] 蓝盛芳, 钦佩, 陆宏芳. 生态经济系统能值分析[M]. 北京: 化学工业出版社, 2002.
Lan Shengfang, Qinpei, Lu hongfang. Energy analysis of ecological economic system[M]. Beijing: Chemical industry press, 2002.
- [17] 郭丽英, 雷敏, 刘晓琼. 基于能值分析法的绿色GDP核算研究——以陕西省商洛市为例[J]. *自然资源学报*, 2015, 9: 1523-1533.
Guo Liying, Lei Min, Liu Xiaoqiong. Research on green

- GDP accounting based on energy value analysis -- a case study of shangluo city, shaanxi province[J]. *Journal of Natural Resources*, 2015, 9: 1523-1533.
- [18] 王宏, 李强. 中国海洋统计年鉴[M]. 北京: 海洋出版社, 2012-2016.
Wang Hong, Li Qiang. Yearbook of China ocean statistics[M]. Beijing: Ocean press, 2012-2016.
- [19] 王益烜, 刘志全. 中国环境统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2012-2016.
Wang Yixuan, Liu Zhiquan. China environmental statistics yearbook[M]. Beijing: China statistics publishing house, 2012-2016.
- [20] 狄乾斌, 张海红, 曹可. 基于能值的山东省海洋生态足迹研究[J]. *海洋通报*, 2015, 34(1): 1-6.
Di Ganbin, Zhang Haihong, Cao Ke. Research on Marine ecological footprint in shandong province based on energy value [J]. *Ocean Bulletin*, 2015, 34(1): 1-6.
- [21] 孙玥, 程全国, 李晔, 等. 基于能值分析的辽宁省生态经济系统可持续发展评价[J]. *应用生态学报*, 2014, 25(1): 188-194.
Sun yue, Cheng quanguo, Li ye, et al. Evaluation of sustainable development of eco-economic system in liaoning province based on energy value analysis[J]. *Journal of Applied Ecology*, 2014, 25(1): 188-194.
- [22] 王栋. 基于能值分析的区域海洋环境经济系统可持续发展评价研究[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2009.
Wang dong. Evaluation of sustainable development of regional Marine environmental economic system based on energy value analysis[D]. Qingdao: Ocean university of China, 2009.
- [23] 杨德伟, 陈治谏, 倪华勇, 等. 基于能值分析的四川省生态经济系统可持续性评估[J]. *长江流域资源与环境*, 2006, 15(3): 303-309.
Yang Dewei, Chen Zhijian, Ni Huayong, et al. Sustainability assessment of ecological economic system in sichuan province based on energy value analysis[J]. *Resources and Environment of the Yangtze river basin*, 2006, 15(3): 303-309.
- [24] Brown M T, Mcclanahan T R. EMergy analysis perspectives of Thailand and Mekong River dam proposals[J]. *Ecological Modelling*, 1996, 91(1-3): 0-130.
- [25] 吕伟. 江苏省海洋生态经济可持续发展评价研究[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2014.
Lu Wei. Evaluation and research on sustainable development of Marine ecological economy in jiangsu province[D]. Qingdao: Ocean university of China, 2014.

Study of the sustainable development of green marine economy of Jiangsu Province based on energy analysis

WANG Lian¹, LIU Bai-qiong¹, XU Min¹, GU Yun-juan², QIAN Lin-feng²

(1. College of Marine Science and Engineering, Nanjing Normal University, Nanjing Jiangsu, 210023, China;
2. Marine Economic Monitoring and Evaluation Center in Jiangsu Province, Nanjing Jiangsu, 210003, China)

Received: Oct. 29, 2018

Key words: green marine economy; sustainable development; energy analysis; Jiangsu Province

Abstract: With the rapid growth of Marine economy, the contradiction between the exploitation and utilization of Marine resources and the protection of ecological environment has been increasingly intensified. Therefore, it is of far-reaching significance to evaluate the sustainable development of green Marine economy to promote the coordinated development of Marine economy and ecological environment Taking Jiangsu province as the research area, based on the energy value analysis theory and method, various elements in the marine economic system, such as renewable resources, non-renewable resources, monetary flow and waste flow, were converted into unified standard-solar energy value by energy value conversion rate. Using indicators such as sea area energy value - currency ratio, per capita sea area energy value consumption, sustainable development index, green ocean gross domestic product (green GOP) and so on, the sustainable development level of green marine economy in Jiangsu province from 2011 to 2015 was measured, aiming at promoting the application of research methods of sustainable development of marine economy, and providing scientific basis for comprehensive evaluation and sustainable development management of marine economic system in Jiangsu province. Research shows : (1) from 2011 to 2015, there has consistent growth of the green GOP in Jiangsu province, with the proportion of the traditional GOP rising from 74.8% to 77.8%, It shows that Jiangsu province has not neglected the protection of Marine resources and ecological environment during the rapid growth of Marine economy.(2) The green marine economy sustainable development in Jiangsu province is in a state of instability: the sustainable development index was 12.77 in 2011, and fluctuated between 6.87 and 9.70 from 2012-2015, indicating that the marine economic system of Jiangsu province has gradually transited from underdeveloped economy and insufficient exploitation and utilization of marine resources to a dynamic marine economy with good development efficiency and strong sustainability.

(本文编辑: 康亦兼)