

◆特邀专稿◆

广西海洋生态经济系统可持续发展动态评价^{*}张云兰^{1,2}

(1. 广西大学林学院, 广西南宁 530004; 2 广西财经学院经济与贸易学院, 广西南宁 530003)

摘要:动态评价广西海洋生态经济系统可持续发展水平,为系统优化提供针对性的建议,为广西海洋生态文明建设和海洋强区建设提供决策参考。本研究运用能值分析理论和方法,构建包括能值密度、能值货币比率、人均能值用量、能值产出率、环境负载率、能值生态承载力、可持续发展指数、海洋绿色 GDP、海洋绿色 GDP 占比的评价指标体系,深入研究 2006-2020 年广西海洋生态经济系统的运行状况和可持续发展水平,并对广西海洋绿色 GDP 及海洋绿色 GDP 占比进行核算。研究发现,广西海洋生态经济系统对自然资源依赖程度大,可更新资源能值占比 90% 以上。2006-2020 年系统总能值增加 22.65%,其中可更新资源能值增加 20.07%,不可更新资源能值增加 3.45 倍,废弃物能值增加 5.13 倍;随着海洋资源不断开发,能值密度提高 22.45%,能值货币比率减少 77.67%,能值产出率在 0.45-0.60 波动,海洋经济得到较快发展,涉海人员生活水平有所提高,但海洋资源利用效率不高;系统所承受的环境压力较小,但由于海洋经济粗放发展的负面影响,环境负载率增加 2.70 倍,能值生态承载力降低 1.87%;可持续发展指数的平均值为 39.99,总体上下降 73.91%,系统处于可持续发展状态,但海洋优势和潜力有待进一步开发;由于不可更新资源利用和废弃物排放的增加,海洋绿色 GDP 占比下降 2.09 个百分点。因此,为了促进海洋生态经济系统可持续发展,要优化产业结构,构建现代海洋产业体系;强化创新驱动,提升现代海洋科技水平;发展向海经济,推进现代海洋强区建设;加强宣传教育,提高现代海洋保护意识;坚持陆海统筹,共建现代海洋治理格局;注重监测评估,建立现代海洋预警机制。

关键词:海洋生态经济系统 可持续发展 能值分析 海洋绿色 GDP 广西

中图分类号:F062.2 文献标识码:A 文章编号:1005-9164(2022)01-0034-11

DOI:10.13656/j.cnki.gxkx.20220311.005

海洋生态经济系统可持续发展是人类可持续发展的重要保障。21 世纪是海洋的世纪,人类开启全面开发和利用海洋的时代,创造了巨大的经济效益。随着海洋经济迅猛发展,海洋资源开发和生态环境保

护之间的矛盾日益凸显^[1]。海洋生态文明建设成为海洋强国建设和生态文明建设的重要组成部分。广西作为我国西部地区唯一的沿海省区,优势在海、潜力在海、希望在海。广西南濒北部湾,北部湾渔场是

收稿日期:2022-01-17

^{*} 国家社会科学基金青年项目(17CJY008),广西自然科学基金青年项目(2018GXNSFBA050011)和广西高等学校千名中青年骨干教师培育计划人文社会科学类项目(2021QGRW058)资助。

【作者简介】

张云兰(1984-),女,副教授,主要从事海洋生态经济研究,E-mail:1002021558@qq.com。

【引用本文】

张云兰.广西海洋生态经济系统可持续发展动态评价[J].广西科学,2022,29(1):34-44.

ZHANG Y L. Dynamic Evaluation of Sustainable Development of Guangxi Marine Eco-economic System [J]. Guangxi Sciences, 2022, 29(1): 34-44.

中国著名的四大渔场之一,海洋生物资源、能源、矿产资源丰富,北部湾经济区在全国乃至东南亚战略地位突出。习近平总书记在广西考察时指出,要“打造好向海经济,写好新世纪海上丝路新篇章”“大力发展向海经济”。因此,在广西向海经济发展进程中,开展海洋生态经济系统可持续发展研究,加强海洋生态文明建设,坚持生态效益、社会效益、经济效益相协调,对促进海洋强区和生态文明建设具有重要意义。

海洋生态经济系统是由海洋生态系统、海洋经济系统与海洋社会系统相互作用、相互交织、相互渗透而构成的具有一定结构和功能的特殊复合系统^[2]。国外学者针对海洋生态经济系统的研究始于20世纪90年代, Costanza 等^[3]利用生态经济价值体系对全球海洋生态价值、社会价值和经济价值进行评估,引起人类对海洋资源合理利用和保护的重视; Martínez 等^[4]进一步梳理了全球沿海地区生态、经济和社会等方面的重要性,提出应加强海洋生态经济系统评价,以实现可持续发展; Cheung 等^[5]针对南海的研究发现平衡好生态目标、经济目标和社会目标之间的关系对海洋生态经济系统的管理和恢复至关重要; Kildow 等^[6]强调全球海洋面临威胁,必须采取有效措施协调好海洋资源开发和生态环境保护,才能促进海洋生态经济系统可持续发展。在国内,杨金森^[7]率先提出我国海洋生态经济系统面临八大危机的观点,沿海经济、社会发展受到威胁;陈东景等^[8]利用生态足迹和人文发展指数评价发现我国海洋渔业生态经济系统处于不可持续的状况,应提高渔业资源利用效率;高乐华等^[9]采用熵值法对2000-2009年我国沿海地区海洋生态经济系统的发展状态进行定量评价,发现海洋生态子系统制约了整个海洋生态经济系统的发展;伏捷等^[10]从脆弱性与协调性的角度定量分析2006-2012年环渤海地区海洋生态经济系统,发现系统处于轻度失调状态,不利于可持续发展,这和彭飞等^[11]对2006-2014年中国海洋生态经济系统的评价结果一致。在能值理论和方法的应用方面,韩增林等^[12]基于能值分析的2013年中国海洋生态经济系统可持续发展评价发现,环境负载率高和生态承载力低是制约海洋生态经济系统可持续发展的主要因素。为了实现系统可持续发展,黎树式等^[13]认为应从树立科学的海洋发展观、控制生态环境恶化最高点和完善海洋管理制度等方面促进海洋生态经济系统可持续发展。陈东景等^[14]认为构建适应性管理模式

有利于海洋生态经济系统可持续发展。国内外研究成果不断优化海洋生态经济系统的研究体系,进一步探索了系统可持续发展方向,为后续研究提供了宝贵经验。但目前已有的研究中,针对广西海洋生态经济系统的定量研究,尤其是长时间序列的动态评价还很少见。能值分析是生态经济系统可持续发展评价的有效方法,已在陆地生态经济系统广泛应用,而海洋生态经济系统的能值分析还处于起步阶段,有待进一步拓展。因此,本研究在前人研究基础上,利用能值分析理论和方法,核算2006-2020年广西海洋生态经济系统能值,构建综合指标体系动态评价系统运行状态和可持续发展水平,并针对性地提出系统优化策略,以期今后广西向海经济长期、稳定的可持续发展提供依据,进而促进广西海洋生态文明和海洋强区建设。

1 材料与方法

1.1 研究区域概况

广西背靠大西南、面向东南亚,具有“一湾相挽十一国”的独特区位,区位优势明显、战略地位突出。广西行政区域土地面积 $2.376 \times 10^5 \text{ km}^2$,海洋功能区划面积约 $0.7 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。海岸线长达1628.59 km,在全国11个沿海省(直辖市、自治区)中排名第六,海岸线曲折,港湾水道丰富,天然屏障良好。海洋生物资源种类繁多,海洋矿产资源丰富。同时拥有红树林、珊瑚礁、海草床等三大典型的海洋自然生态系统,其中红树林总面积约9330 hm^2 ,位居全国第二。2006-2020年广西涉海就业人员不断增加,共计增加了 2.65×10^5 人;海产品产出增加了13.56%,其中海洋捕捞逐步减少的同时海水养殖增速较快,前者减少了 $3.37 \times 10^5 \text{ t}$,后者增加了 $5.77 \times 10^5 \text{ t}$;海洋矿产先大幅增加再回落,总体上增加了3.45倍;海盐产量逐步萎缩,至2017年全部消失;海洋GDP增加了4.49倍(表1)。2020年广西海洋GDP占广西GDP比重为7.46%,占北海、钦州、防城港3个沿海城市GDP比重为48.5%,占全国海洋GDP比重为2.06%。海洋渔业、滨海旅游业、海洋交通运输业和海洋工程建筑业成为广西海洋经济发展的四大优势产业,2020年其增加值占广西海洋GDP比重约为50%。2020年,广西近岸海域44个监测点位的平均水质优良率为2015年以来最高^[15-18]。

表 1 广西海洋经济概况

Table 1 General situation of Guangxi marine economy

年份 Year	涉海就业人员 (万人) Sea-related employees (10 000 people)	海洋捕捞(万吨) Marine fishing (10 000 t)	海水养殖(万吨) Marine aquaculture (10 000 t)	海洋矿产(万吨) Marine minerals (10 000 t)	海盐产量(万吨) Sea salt production (10 000 t)	海洋 GDP(亿元) Marine GDP (100 million yuan)
2006	96.8	84	93	38.2	16.7	300.7
2010	109.5	66.7	87.7	25	14.3	548.7
2015	117.3	65.5	114.2	494.4	0.8	1 130.2
2016	118.4	65.9	121.5	333.5	0.1	1 251
2017	119.5	62	129.9	100	0	1 377
2018	120.6	58.1	136.3	100	0	1 454
2019	122.1	56.9	142.6	100	0	1 613
2020	123.3	50.3	150.7	170	0	1 651

1.2 数据来源

本研究以 2006 - 2020 年为研究时段,开展基于能值分析理论和方法的广西海洋生态经济系统可持续发展动态评价。分析数据主要来源于 EPS 数据库和《中国统计年鉴(2007 - 2021)》^[19]《中国海洋经济统计年鉴(2007 - 2019)》^[15]《广西统计年鉴(2007 - 2021)》^[16]《广西海洋经济统计公报(2010 - 2020)》^[17]《广西水资源公报(2006 - 2020)》^[20]。

1.3 方法

能值分析理论和方法主要参考欧登^[21]和蓝盛芳等^[22]的研究成果。20 世纪 80 年代末,美国著名生态学家 Odum 为了弥补生态经济系统能量分析中不同种类能量之间不能直接比较和加和的不足,提出了能值分析理论和方法,即将系统中的能量流和物质流通过太阳能值转换率统一转换为能值后进行量化研究^[23]。能值分析由于可以有效核算生态经济系统中资源环境和社会经济的价值,有效分析人类活动、自然资源、生态环境和经济效益之间的关系,以及有效评价系统的运行状况和可持续发展水平,在国际上得到了广泛应用。

1.3.1 能值计算

能值计算步骤^[22]: (1) 搜集海洋生态经济系统投入的能量流数据和产出的物质流数据; (2) 通过能量折算系数将不同种类物质和能量转化为以焦耳(J)为单位的能量,不能转化为能量的物质则折算为以克(g)为单位的物质质量; (3) 通过能值转换率将能量和物质质量转化为统一量纲的太阳能值(单位为 sej)。

结合能值理论、海洋生态经济系统特征、广西实际和数据可得性等方面,构建广西海洋生态经济系统

能值指标,其太阳能值转换率如表 2 所示^[22]。该指标体系在传统的生态经济系统能值分析指标体系中增加了废弃物能值,能更全面地反映广西海洋生态经济系统运行状况。可更新资源能值包括太阳辐射能、风能、雨水化学能、地球旋转能、潮汐能、海浪能、涉海就业劳动力、海洋捕捞、海水养殖、海洋电力、海盐、红树林。由于广西缺乏海洋油气资源利用,不可更新资源能值主要指海洋矿产。废弃物能值主要指海洋生态经济系统排放入海的废水。另外,广西海洋生态经济系统的投入能值主要有太阳辐射能、风能、雨水化学能、地球旋转能、潮汐能、海浪能、涉海就业劳动力,产出能值主要有海洋捕捞、海水养殖、海洋电力、海盐、红树林、海洋矿产、入海废水。由于太阳辐射能、风能、雨水化学能为同一性质的能量,为避免重复,只取这三者中最大的一项用于计算。

表 2 广西海洋生态经济系统能值构成和能值转换率^[22]Table 2 Emergy composition and emergy conversion rate of Guangxi marine eco-economic system^[22]

能值类别 Emergy category	能值项目 Emergy item	能值 单位 Emergy unit	能值转换率 (sej/单位) Emergy conversion rate (sej/unit)
可更新资源能值 Updatable resource emergy	太阳辐射能 Solar radiant energy	J	1.00E+00
	风能 Wind energy	J	1.50E+03
	雨水化学能 Rainwater chemical energy	J	1.80E+04

续表

Continued table

能值类别 Emergy category	能值项目 Emergy item	能值 单位 Emergy unit	能值转换率 (sej/单位) Emergy conversion rate (sej/unit)
	地球旋转能 Earth's rotational energy	J	3.40E+04
	潮汐能 Tidal energy	J	1.70E+04
	海浪能 Wave energy	J	3.00E+04
	涉海就业劳动力 Sea-related labor force	person	3.10E+16
	海洋捕捞 Ocean fishing	J	2.00E+06
	海水养殖 Bred in sea water	J	2.00E+06
	海洋电力 Ocean power	J	8.00E+04
	海盐 Sea salt	g	1.00E+09
	红树林 Mangrove forest	J	4.40E+04
不可更新资源能值 Non-updatable resource emergy	海洋矿产 Marine minerals	g	1.00E+09
废弃物能值 Waste emergy	入海废水 Wastewater into the sea	J	8.60E+05

1.3.2 评价指标体系构建

为了系统分析广西海洋生态经济系统运行状况和可持续发展水平,结合已有文献[12,24,25],构建包括能值密度、能值货币比率、人均能值用量、能值产出率、环境负载率、能值生态承载力、可持续发展指数、海洋绿色 GDP、海洋绿色 GDP 占比等 9 个指标的综合评价指标体系。

(1) 能值密度。

能值密度是区域内能值总量与区域面积之比,其值越大说明区域内经济发展水平越高。计算公式为

$$ED = \frac{T}{A},$$

式中,ED 为能值密度(sej/m²),T 为区域能值总量(sej),A 为区域面积(m²)。

(2) 能值货币比率。

能值货币比率是区域内能值总量与区域生产总值之比,其值越大说明单位货币能换取的能值越多,即自然资源对经济的贡献越大,区域经济发展越落

后。计算公式为

$$EMR = \frac{T}{GDP},$$

式中,EMR 为能值货币比率(sej/元),T 为区域能值总量(sej),GDP 为区域生产总值(即传统 GDP,元)。

(3) 人均能值用量。

人均能值用量是区域内能值总量与涉海从业人员数量之比,其值越大说明区域内人民生活水平越高。计算公式为

$$EPP = \frac{T}{P},$$

式中,EPP 为人均能值用量(sej/人),T 为区域能值总量(sej),P 为区域涉海从业人员数量(人)。

(4) 能值产出率。

能值产出率是系统产出能值与投入能值之比,其值越大说明系统生产效率越高,系统竞争力越强。计算公式为

$$EYR = \frac{O}{I},$$

式中,EYR 为能值产出率,O 为系统产出能值(sej),I 为系统投入能值(sej)。

(5) 环境负载率。

环境负载率是系统内不可更新资源能值与可更新资源能值之比,其值越大说明生产过程中系统所承受的环境压力越大。计算公式为

$$ELR = \frac{N}{R},$$

式中,ELR 为环境负载率,N 为不可更新资源能值(sej),R 为可更新资源能值(sej)。

(6) 能值生态承载力。

能值生态承载力是系统内可更新资源能值与能值密度之比,其值越大说明系统自我维持、调节能力越强,发展潜力越大。计算公式为

$$EEC = \frac{R}{ED},$$

式中,EEC 为能值生态承载力(m²),R 为可更新资源能值(sej),ED 为能值密度(sej/m²)。

(7) 可持续发展指数。

可持续发展指数是系统能值产出率与环境负载率之比,其值越大说明系统可持续发展能力越强。计算公式为

$$ESI = \frac{EYR}{ELR},$$

式中,ESI 为可持续发展指数,EYR 为能值产出率,

ELR 为环境负载率。海洋生态经济系统的可持续发展指数小于 1, 表明海洋经济为消费型经济, 系统进口资源比重较大, 环境负载率较高, 系统处于不可持续发展状态; 可持续发展指数为 1-10, 表明海洋经济富有活力, 发展前景广阔, 系统处于可持续发展状态; 可持续发展指数大于 10, 表明海洋经济发展滞后, 海洋资源开发利用不足^[12]。

(8) 海洋绿色 GDP。

海洋绿色 GDP 是在传统海洋 GDP 中去除不可更新资源能值的货币价值和废弃物能值的货币价值, 其值越大说明绿色经济发展越好。计算公式为

$$GGDP = GDP - B - C,$$

式中, GGDP 为海洋绿色 GDP(元), GDP 为传统海洋 GDP(元), B 为系统内不可更新资源能值的货币价值(元), C 为废弃物能值的货币价值(元)。

(9) 海洋绿色 GDP 占比。

海洋绿色 GDP 占比是海洋绿色 GDP 与传统海

洋 GDP 之比, 其值越大说明系统发展过程中资源压力和环境代价越小。计算公式为

$$PGGDP = \frac{GGDP}{GDP} \times 100,$$

式中, PGGDP 为海洋绿色 GDP 占比(%), GGDP 为海洋绿色 GDP(元), GDP 为传统 GDP(元)。

2 结果与分析

2.1 能值动态分析

根据能值理论和分析方法, 2006-2020 年广西海洋生态经济系统的 14 个能值指标计算结果如表 3 所示。2020 年 14 个能值指标从大到小依次是涉海就业劳动力、海水养殖、海洋捕捞、潮汐能、海洋矿产、海浪能、雨水化学能、地球旋转能、入海废水、红树林、风能、太阳辐射能、海洋电力、海盐。

表 3 2006-2020 年广西海洋生态经济系统能值(sej)

Table 3 Emery value of Guangxi marine eco-economic system from 2006 to 2020 (sej)

年份 Year	太阳辐射能 Solar radiant energy	风能 Wind energy	雨水化学能 Rain-water chemical energy	地球旋转能 Earth's rotational energy	潮汐能 Tidal energy	海浪能 Wave energy	涉海就业劳动力 Sea-related labor force	海洋捕捞 Ocean fishing	海水养殖 Bred in sea water	海洋电力 Ocean power	海盐 Sea salt	红树林 Man-grove forest	海洋矿产 Marine minerals	入海废水 Waste-water into the sea
2006	3.56E+19	8.15E+19	9.52E+20	3.45E+20	2.10E+21	1.07E+21	3.00E+22	9.07E+21	1.00E+22	7.20E+14	1.67E+20	7.37E+19	3.82E+20	3.16E+19
2007	3.56E+19	8.15E+19	8.27E+20	3.45E+20	2.10E+21	1.07E+21	3.19E+22	7.23E+21	8.25E+21	7.20E+14	1.36E+20	7.37E+19	1.27E+21	6.92E+19
2008	3.56E+19	8.15E+19	1.12E+21	3.45E+20	2.10E+21	1.07E+21	3.26E+22	7.18E+21	8.38E+21	7.20E+14	1.32E+20	7.37E+19	8.88E+20	1.04E+21
2009	3.56E+19	8.15E+19	7.72E+20	3.45E+20	2.10E+21	1.07E+21	3.31E+22	7.21E+21	8.88E+21	7.20E+14	1.53E+20	7.37E+19	5.65E+20	6.78E+19
2010	3.56E+19	8.15E+19	9.84E+20	3.45E+20	2.10E+21	1.07E+21	3.39E+22	7.20E+21	9.48E+21	7.20E+14	1.43E+20	7.37E+19	2.50E+20	3.21E+19
2011	3.56E+19	8.15E+19	7.90E+20	3.45E+20	2.10E+21	1.07E+21	3.47E+22	7.23E+21	9.98E+21	7.20E+14	3.63E+19	7.37E+19	2.60E+20	7.65E+19
2012	3.56E+19	8.15E+19	1.04E+21	3.45E+20	2.10E+21	1.07E+21	3.52E+22	7.24E+21	1.06E+22	7.20E+14	1.64E+20	7.37E+19	3.57E+20	6.73E+19
2013	3.56E+19	8.15E+19	1.06E+21	3.45E+20	2.10E+21	1.07E+21	3.56E+22	7.06E+21	1.14E+22	7.20E+14	1.61E+20	7.37E+19	4.81E+21	1.27E+20
2014	3.56E+19	8.15E+19	9.85E+20	3.45E+20	2.10E+21	1.07E+21	3.60E+22	7.05E+21	1.18E+22	7.20E+14	6.00E+18	7.37E+19	4.54E+21	1.23E+20
2015	3.56E+19	8.15E+19	1.18E+21	3.45E+20	2.10E+21	1.07E+21	3.64E+22	7.07E+21	1.23E+22	7.20E+14	8.00E+18	7.37E+19	4.94E+21	1.35E+20
2016	3.56E+19	8.15E+19	1.02E+21	3.45E+20	2.10E+21	1.07E+21	3.67E+22	7.11E+21	1.31E+22	7.20E+14	1.00E+18	7.37E+19	3.34E+21	1.47E+20
2017	3.56E+19	8.15E+19	1.12E+21	3.45E+20	2.10E+21	1.07E+21	3.70E+22	6.69E+21	1.40E+22	7.20E+14	0	7.37E+19	1.00E+21	1.58E+20
2018	3.56E+19	8.15E+19	9.71E+20	3.45E+20	2.10E+21	1.07E+21	3.74E+22	6.27E+21	1.47E+22	7.20E+14	0	7.37E+19	1.00E+21	1.70E+20
2019	3.56E+19	8.15E+19	6.61E+20	3.45E+20	2.10E+21	1.07E+21	3.79E+22	6.14E+21	1.54E+22	7.20E+14	0	8.21E+19	1.00E+21	1.82E+20
2020	3.56E+19	8.15E+19	1.04E+21	3.45E+20	2.10E+21	1.07E+21	3.82E+22	5.43E+21	1.63E+22	7.20E+14	0	8.21E+19	1.70E+21	1.94E+20

2006-2020年广西海洋生态经济系统的总能值从 $5.43E+22$ sej 增加到 $6.66E+22$ sej, 增加了 22.65%。可更新资源能值从 $5.38E+22$ sej 增加到 $6.46E+22$ sej, 增加了 20.07%, 其中海水养殖、涉海就业劳动力、红树林和雨水化学能分别增加了 63.00%、27.33%、11.40% 和 9.24%, 海洋捕捞减少了 40.13%, 2017 年开始海盐能值为 0; 不可更新资源能值从 $3.82E+20$ sej 增加到 $1.70E+21$ sej, 增加了 3.45 倍; 废弃物能值从 $3.16E+19$ sej 增加到 $1.94E+20$ sej, 增加了 5.14 倍。

2006-2020年广西海洋生态经济系统的废弃物能值占总能值的比重从 0.06% 上升到 0.29%。可更新资源能值比重均在 90% 以上, 最大值为 2010 年的 99.49%, 最小值为 2013 年的 92.26%, 说明可更新

资源在广西海洋生态经济系统中起主导作用, 未来广西海洋经济发展应加强对可更新资源的开发和利用。

2.2 能值密度动态分析

2006-2020年广西海洋生态经济系统的能值密度不断提高(图 1), 从 $7.75E+12$ sej/m² 提高到 $9.49E+12$ sej/m², 总体上提高了 22.45%, 主要是由系统总能值的增加带动了能值密度提高, 说明广西海洋资源开发程度和能值利用强度有所提高, 海洋经济得到较快发展。但由于广西缺乏海洋油气资源, 且海洋资源开发和海洋经济发展模式比较粗放, 在全国 11 个沿海省(直辖市、自治区)中广西处于较低密度地区, 能值密度低于天津、河北、福建、江苏、山东、上海等省市^[12]。

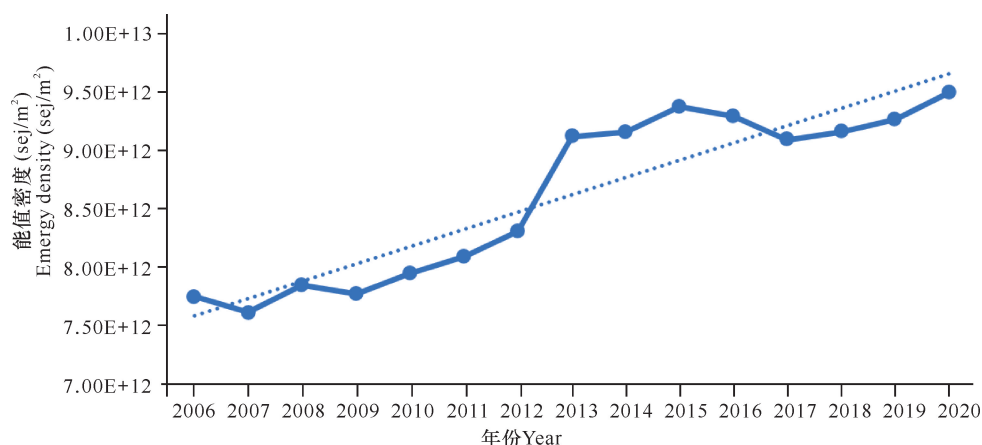


图 1 2006-2020 年广西海洋生态经济系统能值密度

Fig. 1 Emergy density of Guangxi marine eco-economic system from 2006 to 2020

2.3 能值货币比率动态分析

2006-2020年广西海洋生态经济系统的能值货币比率呈持续下滑的趋势(图 2), 从 $1.80E+12$ sej/元减少到 $4.02E+11$ sej/元, 减少了 77.67%, 说明单位货币所能购买的能值减少, 主要是由于海洋 GDP 大幅增加, 海洋经济规模扩大, 海洋经济发展对无需付费的自然资源依赖程度有所减小, 随着技术水平提高, 海洋资源开发利用方式优化, 海洋经济发展水平提高。但由于广西海洋经济发展起步较晚, 工业化水平不高, 尚未形成港-产-城融合发展, 能值货币比率在全国 11 个沿海省(直辖市、自治区)中处于较高水平, 仅低于海南^[12]。因此, 广西需要进一步挖掘资源优势, 发展海洋经济, 提高海洋资源利用效率。

2.4 人均能值用量动态分析

2006-2020年广西海洋生态经济系统的人均能

值用量呈先下降后上升再下降的波动趋势(图 3)。人均能值用量的最大值为 2006 年的 $5.60E+16$ sej/人, 最小值为 2011 年的 $5.06E+16$ sej/人, 平均值为 $5.32E+16$ sej/人。相较于 2006 年, 2007 年的人均能值用量减少幅度较大, 减少了 7.65%, 一方面是因为 2007 年涉海从业人员的数量增加幅度较大, 增加了 13.12%, 另一方面是因为总能值减少了 1.70%。2007 年总能值减少主要是因为海洋捕捞的能值减少了 20.29%。基于 2007 年的能值, 人均能值用量总体上增加了 41.56%。广西海洋生态经济系统的人均能值用量低于江苏 2011 年的 $1.74E+17$ sej/人和 2015 年的 $2.07E+17$ sej/人, 说明广西涉海人员的生活水平总体上不断提高, 但和发达地区相比还有一定差距^[24]。

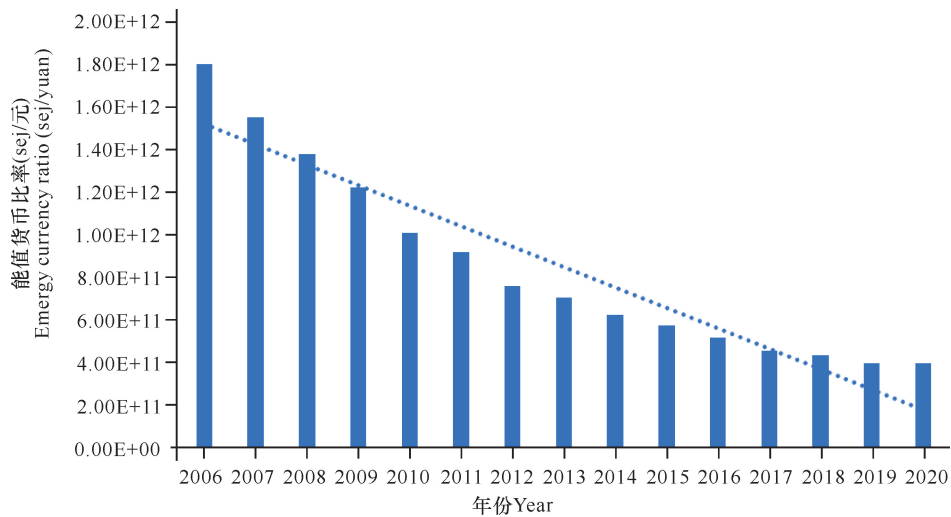


图2 2006-2020年广西海洋生态经济系统能值货币比率

Fig. 2 Energy currency ratio of Guangxi marine eco-economic system from 2006 to 2020

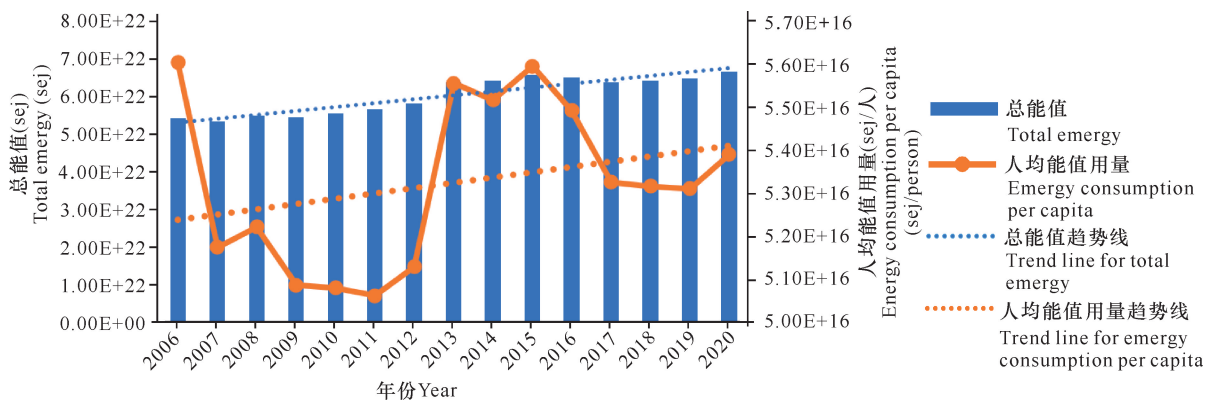


图3 2006-2020年广西海洋生态经济系统人均能值用量

Fig. 3 Energy consumption per capita of Guangxi marine eco-economic system from 2006 to 2020

2.5 能值产出率动态分析

2006-2020年广西海洋生态经济系统的能值产出率在0.45-0.60波动,平均值为0.52(图4)。系统中投入能值呈增加的趋势,从2006年的 $3.45E+22$ sej增加到2020年的 $4.28E+22$ sej,增加了24.06%,产出能值呈先减少后增加、再减少再增加的波动状态,总体上增加了19.83%。能值产出率的变化趋势和产出能值较为一致,说明广西海洋经济发展对自身资源环境的依赖程度降低,经济发展效率有所提高。值得注意的是,广西海域面积广阔、海洋资源丰富,海洋生态经济系统中投入能值较多,但海洋资源开发利用不够充分,海洋经济效益不高,能值产出率偏低,在全国11个沿海省(直辖市、自治区)中仅高于海南^[12]。

2.6 环境负载率动态分析

2006-2020年广西海洋生态经济系统的环境负

载率变化幅度较大,在0.005-0.082波动,呈先增加后减少的变化趋势,平均值为0.029,总体上增加了2.70倍(图5)。系统中可更新资源能值远高于不可更新资源能值,前者平均值是后者平均值的33.41倍,说明海洋经济发展主要依赖于可更新自然资源,系统所承受的环境压力较小。可更新资源能值呈缓慢增加的趋势,总体上增加20.24%。不可更新资源能值增幅较大,环境负载率的波动主要是由不可更新资源能值变化所引起,二者的变化趋势较为一致。分析发现,2013-2015年环境负载率很高是因为不可更新资源中的海洋矿产开发大幅增加,达到平均值的2-3倍,大幅增加了系统压力。从全国层面来看,广西海洋生态经济系统的环境负载率低于全国沿海地区整体水平^[12],且从2016年开始大幅度下降,说明广西海洋经济发展对系统带来的压力较小且近年来海洋生态文明建设成效显著。

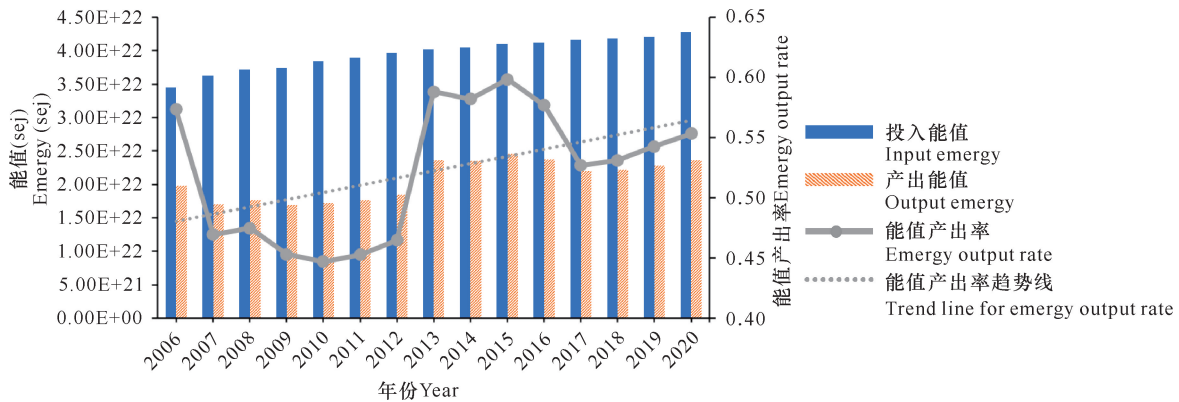


图4 2006-2020年广西海洋生态经济系统能值产出率

Fig. 4 Energy output rate of Guangxi marine eco-economic system from 2006 to 2020

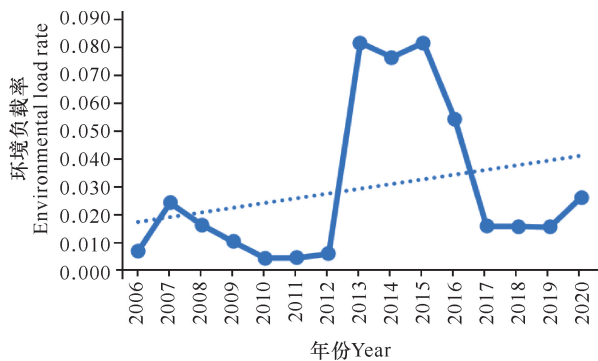


图5 2006-2020年广西海洋生态经济系统环境负载率

Fig. 5 Environmental load rate of Guangxi marine eco-economic system from 2006 to 2020

2.7 能值生态承载力动态分析

2006-2020年广西海洋生态经济系统的能值生态承载力最大值为2011年的 $6.97\text{E}+09\text{ m}^2$,最小值为2013年的 $6.47\text{E}+09\text{ m}^2$,平均值为 $6.81\text{E}+09\text{ m}^2$,呈先降低后升高的趋势,总体上减少了1.87%;在2013-2015年触底后回升,说明随着对不可更新资源开发的控制,系统自我维持和调节能力在2016年逐步回升(图6)。广西海洋生态经济系统的能值生态承载力大于天津的 $8.41\text{E}+07\text{ m}^2$,小于海南的 $1.99\text{E}+12\text{ m}^2$,在全国11个沿海省(直辖市、自治区)中处于较高水平^[12]。说明广西海洋生态环境良好,海洋经济发展潜力大,应当在保护好生态环境的同时大力发展海洋经济,将生态优势、资源优势转化为经济优势。

2.8 可持续发展指数动态分析

2006-2020年广西海洋生态经济系统的可持续发展指数在7.22-98.98波动,波动幅度较大,总体呈下降趋势,从80.81下降至21.08,下降了73.91%,但整个研究期内可持续发展指数均大于1,平均值为39.99(图7)。除2013年、2014年和2015

年外,可持续发展指数均大于10,说明广西海洋生态经济系统处于可持续发展状态,海洋资源丰富,海洋经济不断发展且发展潜力大,有待进一步开发。

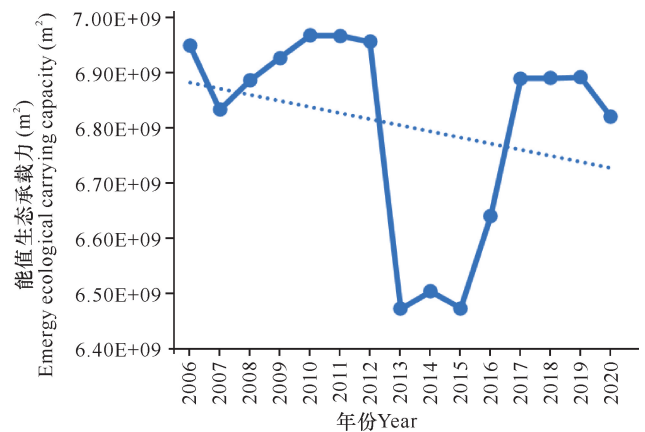


图6 2006-2020年广西海洋生态经济系统能值生态承载力

Fig. 6 Energy ecological carrying capacity of Guangxi marine eco-economic system from 2006 to 2020

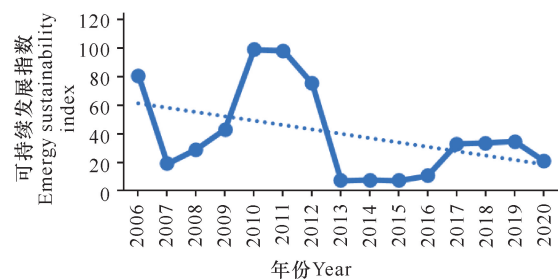


图7 2006-2020年广西海洋生态经济系统可持续发展指数

Fig. 7 Energy sustainability index of Guangxi marine eco-economic system from 2006 to 2020

2.9 海洋绿色GDP和海洋绿色GDP占比动态分析

2006-2020年广西海洋生态经济系统的传统GDP和绿色GDP均持续增长,且二者的趋势基本一致,分别增加了4.49倍和4.39倍(图8)。海洋绿色GDP占比在92.26%-99.49%波动,平均值为96.92%,表示每一元海洋GDP的产生就牺牲了价值

0.03元的生态环境。总体上看,海洋绿色GDP占比有所下降,从2006年的99.24%下降到2020年的97.15%,下降的主要原因是海洋经济发展过程中不可更新资源的利用和废弃物排放增加,对资源环境的破坏程度加大。广西海洋生态经济系统的绿色GDP

占比远高于江苏2011年74.8%和2015年77.8%的水平^[24],说明广西海洋经济发展过程中资源消耗和环境污染的占比很小,但随着海洋经济的进一步发展,对资源和环境的依赖程度有所提高,需要不断完善产业结构、优化资源利用技术水平。

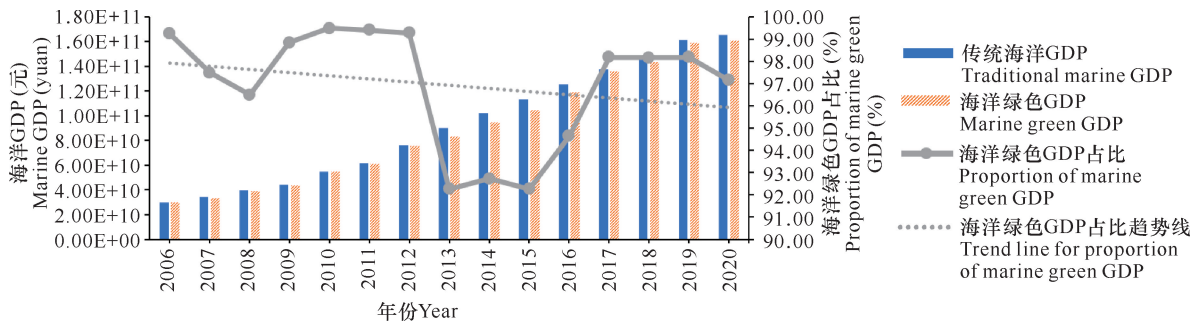


图8 2006-2020年广西海洋生态经济系统绿色GDP

Fig. 8 Green GDP of Guangxi marine eco-economic system from 2006 to 2020

3 结束语

本研究采用能值分析理论和方法从多个角度动态评价2006-2020年广西海洋生态经济系统运行状态和可持续发展水平。广西海洋生态经济系统以可更新资源为主,可更新资源开发和利用潜力大,系统所承受的压力小,处于可持续发展状态。近15年来广西海洋经济得到较快发展,且自然资源对海洋经济发展的贡献大,但由于发展方式较为粗放,海洋资源利用不合理,导致单位海洋GDP的环境代价增加,海洋生态经济系统自我维持和调节能力降低,系统所承受的压力增大。值得注意的是,和全国其他沿海地区相比,广西海洋生态经济系统的环境负载率低、能值生态承载力高、可持续发展指数大,但海洋经济发展滞后、系统生产效率低、涉海人员生活水平不高,海洋优势和潜力开发不足^[12,24]。

广西应从产业结构、创新驱动、向海经济、宣传教育、陆海统筹、监测评估等方面着手协调海洋生态、经济和社会效益,提高海洋生态经济系统运行效率和可持续发展水平。①优化产业结构,推进海洋渔业、交通运输业等传统海洋产业提质增效,争取海洋信息业、海洋药物和生物制造业、可再生能源利用业等海洋战略性新兴产业培优做强,构建现代海洋产业体系。②强化创新驱动,聚焦海洋资源开发,尤其是可再生资源的高效开发和循环利用,通过培育海洋科技创新人才、企业和平台,加速海洋科技攻关和成果转化,提升现代海洋科技水平。③发展向海经济,充分发挥海洋优势和潜力,拓展海洋绿色发展新模式,促

进海洋生态经济发展,打造国民经济新增长点,推进现代海洋强区建设。④加强宣传教育,通过学校、主题日、媒体、博物馆、展览馆等途径传播海洋的重要性,营造全民认识海洋、关心海洋的氛围,提高现代海洋保护意识。⑤坚持陆海统筹,践行绿色发展理念,加大节能减排和环境保护力度,注重污染联防联控,突出陆海生态系统保护和修复的整体性,探索海洋生态产品价值实现模式,共建现代海洋治理格局。⑥注重监测评估,完善海洋生态环境监测指标体系和评估方法,通过海洋生态环境监测站适时评估海洋生态环境,及时预警海洋生态经济系统的运行状况,建立现代海洋预警机制。

本研究通过构建较为完善的能值指标体系和综合评价指标体系,首次对广西海洋生态经济系统开展长时间序列动态评价,并提出系统优化建议,研究较为系统,尤其是引入海洋绿色GDP和海洋绿色GDP占比指标的分析,进一步拓展了能值分析理论和方法在海洋生态经济系统的应用。研究结果在时间序列上的纵向比较分析较为深入,展示了广西海洋生态经济系统近15年来的运行状态和可持续发展水平的演变。如果能和我国其他沿海地区的海洋生态经济系统进行长时间序列的横向比较,将更有利于全面、深入地掌握广西海洋生态经济系统的发展水平、发展瓶颈和发展潜力。因此,在接下来的研究中可以继续开展基于能值分析理论和方法的国内其他沿海地区海洋生态经济系统长时间序列动态评价,将研究结果和广西进行横向比较。同时,在指标体系构建上结合相关理化实验数据和实地监测数据,进一步完善海洋生

态经济系统能值分析的指标体系。

参考文献

- [1] 高堃,杜元伟,刘洋,等. 建设全球海洋中心城市背景下天津市海洋生态经济系统协调发展预测[J]. 中国人口·资源与环境,2021,31(7):171-180.
- [2] 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):61-65.
- [3] COSTANZA R, D'ARGE R, DE GROOT R, et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital [J]. *Nature*,1997,387:253-260.
- [4] MARTÍNEZ M L, INTRALAWAN A, VÁZQUEZ G, et al. The coasts of our world: Ecological, economic and social importance [J]. *Ecological Economics*, 2007, 63(2/3):254-272.
- [5] CHEUNG W W L, SUMAILA U R. Trade-offs between conservation and socio-economic objectives in managing a tropical marine ecosystem [J]. *Ecological Economics*,2008,66(1):193-210.
- [6] KILDOW J T, MELLGORM A. The importance of estimating the contribution of the oceans to national economics [J]. *Marine Policy*,2010,34(3):367-374.
- [7] 杨金森. 海洋生态经济系统的危机分析[J]. 海洋开发与管理,1999(4):73-78.
- [8] 陈东景,李培英,杜军,等. 基于生态足迹和人文发展指数的可持续发展评价——以我国海洋渔业资源利用为例[J]. 中国软科学,2006(5):96-103.
- [9] 高乐华,史磊,高强. 我国海洋生态经济系统发展状态评价及时空差异分析[J]. 国土与自然资源研究,2013(2):51-55.
- [10] 伏捷,孙才志,彭飞. 环渤海地区海洋生态经济系统脆弱性与协调性时空演变及动态模拟[J]. 辽宁师范大学学报(自然科学版),2017,40(3):395-406.
- [11] 彭飞,孙才志,刘天宝,等. 中国沿海地区海洋生态经济系统脆弱性与协调性时空演变[J]. 经济地理,2018,38(3):165-174.
- [12] 韩增林,胡伟,钟敬秋,等. 基于能值分析的中国海洋生态经济可持续发展评价[J]. 生态学报,2017,37(8):2563-2574.
- [13] 黎树式,林俊良. 海洋生态经济系统可持续发展研究——以钦州湾为例[J]. 安徽农业科学,2010,38(25):14065-14067.
- [14] 陈东景,孙艳. 海洋生态经济系统适应性管理模式构建与实现路径[J]. 中国海洋大学学报(社会科学版),2021(1):40-48.
- [15] 自然资源部. 中国海洋经济统计年鉴[M]. 北京:海洋出版社,2007-2019.
- [16] 广西壮族自治区统计局,国家统计局广西调查总队. 广西统计年鉴-2021[M]. 北京:中国统计出版社,2021.
- [17] 广西壮族自治区海洋局. 广西海洋经济统计公报[R]. 南宁:广西壮族自治区海洋局,2010-2021.
- [18] 广西壮族自治区生态环境厅. 2020年广西壮族自治区生态环境状况公报[R]. 南宁:广西壮族自治区生态环境厅,2021.
- [19] 中华人民共和国国家统计局. 中国统计年鉴[M]. 北京:中国统计出版社,2007-2021.
- [20] 广西水利厅. 广西水资源公报[R]. 南宁:广西水利厅,2006-2020.
- [21] H T 欧登. 能量、环境与经济——系统分析导引[M]. 蓝盛芳,译. 北京:东方出版社,1992.
- [22] 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,2002:1-418.
- [23] ODUM H T, ODUM E C, BLISSETT M. Ecology and economy: "emergy" analysis and public policy in Texas [M]. Austin: The University of Texas,1987:163-171.
- [24] 王炼,刘佰琼,徐敏,等. 基于能值分析的江苏省绿色海洋经济可持续发展研究[J]. 海洋科学,2019,43(3):46-54.
- [25] 胡伟,韩增林,葛岳静,等. 基于能值的中国海洋生态经济系统发展效率[J]. 经济地理,2018,38(8):162-171.

Dynamic Evaluation of Sustainable Development of Guangxi Marine Eco-economic System

ZHANG Yunlan^{1,2}

(1. Forestry College, Guangxi University, Nanning, Guangxi, 530004, China; 2. School of Economics and Trade, Guangxi University of Finance and Economics, Nanning, Guangxi, 530003, China)

Abstract: The sustainable development level of Guangxi marine eco-economic system was evaluated dynamically to provide targeted suggestions for system optimization, and to provide decision-making reference for the construction of Guangxi marine ecological civilization and the construction of a strong marine region. In this study, the theory and method of emergy analysis were used to construct the evaluation index system including emergy density, emergy currency ratio, per capita emergy consumption, emergy output rate, environmental load rate, emergy ecological carrying capacity, sustainable development index, marine green GDP and proportion of marine green GDP. The operation status and sustainable development level of Guangxi marine eco-economic system from 2006 to 2020 are studied in depth, and the proportion of green GDP and marine green GDP in Guangxi were calculated. It was found that Guangxi marine eco-economic system was highly dependent on natural resources, and the renewable resource emergy accounted for more than 90%. From 2006 to 2020, the total emergy of the system increased by 22.65%, of which the emergy of renewable resources increased by 20.07%, the emergy of non-renewable resources increased by 3.45 times, and the emergy of waste increased by 5.13 times. With the continuous development of marine resources, the emergy density increased by 22.45%, the emergy currency ratio decreased by 77.67%, the emergy output rate fluctuated between 0.45 and 0.60, the marine economy had developed rapidly, and the living standards of sea-related personnel had improved, but the utilization efficiency of marine resources was not high. The environmental pressure on the system was less, but due to the negative impact of the extensive development of the marine economy, the environmental load rate increased by 2.70 times, and the emergy ecological carrying capacity decreased by 1.87%. The average value of the sustainable development index was 39.99, decreased by 73.91%, and the system was in a sustainable state, but the advantages and potential of the ocean needed to be further developed. Due to the increased use of non-renewable resources and waste emissions, the proportion of marine green GDP was decreased by 2.09 percentage points. Therefore, in order to promote the sustainable development of marine eco-economic system, it is necessary to optimize the industrial structure to build a modern marine industry system; strengthen the drive of innovation to improve the level of modern marine science and technology; develop the seaward economy to promote the construction of a modern marine strong region; strengthen publicity and education to improve the awareness of modern marine protection; adhere to the overall planning of land and sea to jointly build a modern marine governance pattern; focus on monitoring and evaluation to establish a modern marine early warning mechanism.

Key words: marine eco-economic system; sustainable development; emergy analysis; marine green GDP; Guangxi

责任编辑: 梁 晓