

# 广西近海海洋生态系统服务功能价值评估\*

## Value Assessment of Offshore Marine Ecosystem Service in Guangxi

赖俊翔, 姜发军, 许铭本, 陈 默, 李谊纯, 陈 波\*\*

LAI Jun-xiang, JIANG Fa-jun, XU Ming-ben, CHEN Mo, LI Yi-chun, CHEN Bo

(广西科学院广西近海海洋环境科学重点实验室, 广西南宁 530007)

(Guangxi Key Laboratory of Marine Environmental Science, Guangxi Academy of Sciences, Nanning, Guangxi, 530007, China)

**摘要:**参照《千年生态评估项目》的生态系统服务分类体系, 构建了广西近海海洋生态系统服务功能体系。以 2010 年为评价基准年, 采用市场价格法、替代成本法、成果参照法等评估方法, 对广西近海海洋生态系统的 10 个核心服务价值进行了初步估算。结果: (1) 广西近海海洋生态系统服务总价值为  $6.5228 \times 10^{10}$  元/a, 相当于 2010 年广西全区 GDP 的 6.82%, 其中调节服务价值最大, 占 60.87%, 其次为文化服务, 占 27.74%; (2) 供给服务价值较小, 占 11.38%; (3) 各亚类服务价值的排序为: 气体调节 > 食品供给 > 气候调节 > 污染物处理 > 旅游娱乐 > 基因资源供给 > 干扰调节 > 科研文化 > 生物控制 > 原材料供给; (4) 广西近海生态资源开发水平较低, 但潜力巨大, 同时要注重区域海洋生态环境保护。

**关键词:** 海洋生态系统 服务价值 评估 富营养化

中图法分类号: P76 文献标识码: A 文章编号: 1002-7378(2013)04-0252-07

**Abstract:** On the basis of ecosystem services classification system from Millennium Ecosystem Assessment Groups, offshore marine ecosystem service type system of Guangxi was built. The 10 service values of the core ecosystem functions were evaluated by market price method, replace cost method, results reference method etc. The results showed that 1) the annual total value of offshore marine ecosystem services of Guangxi was about  $6.5228 \times 10^{10}$  yuan in 2010, which is equal to 6.82% of the GDP produced by Guangxi in the same year; 2) supply service value, adjustment service and cultural accounted for 11.38%, 60.87% and 27.74% of the total value of the marine ecosystem services, respectively; 3) the order of subcategory services value from high to low is gas regulation, food supply, climate regulation, waste disposal, tourism and entertainment, gene resources supply, disturbance regulation, scientific search and culture, biological control, and raw material provision; 4) The marine ecological resources were slowly developed but with great potential and the protection of the marine ecological environment also should be paid attention to.

**Key words:** marine ecosystem, service value, assessment, eutrophication

收稿日期: 2013-08-10

修回日期: 2013-09-06

作者简介: 赖俊翔(1984-), 男, 博士, 助理研究员, 主要从事海洋环境科学研究。

\* 广西自然科学基金重大专项项目(2012GXNSFEA053001); 广西科学院基本科研业务费项目(12YJ25HY09); 广西科技攻关项目(桂科攻 1355007-12)资助。

\*\* 通讯作者: 陈 波(1953-), 男, 研究员, 主要从事物理海洋研究。E-mail: cbgkxy@163.net。

生态系统服务是指生态系统与生态过程所形成及其维持的人类赖以生存的自然环境条件与效用, 是实现可持续发展的前提<sup>[1]</sup>。2001 年联合国《千年生态系统评估》项目的启动和 2005 年项目报告<sup>[2]</sup>的公报, 引起世界各国政府和社会各界的广泛关注。

近年来,生态系统服务功能及其价值评估已经成为生态系统研究的热点和前沿之一,国内外学者已开展了大量的研究工作,并取得了一系列成果<sup>[1,3~9]</sup>。广西地处中国华南沿海,是我国唯一濒海的少数民族自治区,是大西南最便捷的出海通道,海岸线全长1595km,海域面积12.93km<sup>2</sup><sup>[10]</sup>,作为我国沿海人多地少的后发展地区,对这片得天独厚的海洋资源的开发利用将显得尤为重要。2008年1月,国家批准了《广西北部湾经济区发展规划》,广西北部湾经济区发展上升为国家战略。广西沿海地区的开放开发迎来一个前所未有的高潮,临海工业、海水养殖业和旅游业的迅速发展,一大批工业项目纷纷落户广西沿海,如火电厂,6.0×10<sup>6</sup>kW的核电项目以及钢铁、化工、重型机械、造纸、粮油加工、修造船等工业项目逐步建成并投产,临海产业污染、海水养殖污染、船舶污染、围海造地、海洋和海岸工程等给海洋生态系统带来的影响越来越多,同时广西入海河流众多的<sup>[11]</sup>,经流携带大量污染物质入海,导致局部岸段和港湾海水质量下降,且有逐渐恶化的趋势,海域环境质量不容乐观,严重威胁到广西近海海洋生态系统的健康和稳定。

因此,在参考前人研究成果的基础上,综合考虑海洋生态系统的组分结构和生态过程,以政府公报及相关统计资料为依据,对广西近海海洋生态服务功能价值进行评估研究,可为广西海洋生态环境价值评估、海洋管理决策以及海洋经济与环境保护的可持续协调发展提供科学依据。

## 1 材料和方法

### 1.1 广西近海海洋生态系统服务类型体系构建

由于目前尚无针对海洋生态系统服务功能的统一公认标准<sup>[4]</sup>,本研究主要借鉴《千年生态系统评估报告》<sup>[2]</sup>和 Costanza 等<sup>[3]</sup>的研究成果,综合考虑海洋生态系统的组成结构、生态过程及广西近岸海域的实际现状,将广西近海海洋生态系统服务主要分为4大类,13亚类(表1)。其中支持服务包括初级生产、营养物质循环和物种多样性维持,这些服务价值均已通过供给服务、调节服务和文化服务体现,因此本文未就此项服务进行评估。

### 1.2 评估的技术方法

目前较为常用的主要评估方法可分为3大类:直接市场法、替代市场法和假想市场法<sup>[12]</sup>。本文主要采用市场价格法、成果参照法、造林成本法、碳税法、工业制氧成本法和污染防治成本法等海洋生态

系统服务价值评估方法对各评价单元的生态系统服务功能价值进行初步估算。

表1 广西近海海洋生态系统服务类型体系

海洋生态系统服务类型	亚类
供给服务	食品供给、原材料供给、基因资源供给
调节服务	气候调节、气体调节、生物控制、污染物处理、干扰调节
文化服务	旅游娱乐、科研文化
支持服务	初级生产、营养物质循环、物种多样性维持

### 1.3 数据来源

本文以2010年为评估基准年,所用数据主要来源于《中国海洋统计年鉴2011》<sup>[13]</sup>、《中国渔业统计年鉴2011》<sup>[14]</sup>、《广西统计年鉴2011》<sup>[15]</sup>、《广西海洋环境质量公报》(2008—2010)<sup>[16]</sup>、《2010年广西海洋经济统计公报》<sup>[17]</sup>等资料。

## 2 结果与分析

### 2.1 供给服务

#### 2.1.1 食品供给

海洋作为人类食物的重要来源之一,能够向人类提供各种鱼类、贝类、虾类、蟹类、贝类和大型海藻等供给服务。广西濒临的北部湾海域不仅是中国著名的渔场,也是世界海洋生物物种资源的宝库,栖息着鱼类500余种,虾类200余种,头足类近50种,蟹类190余种,浮游植物近140种,浮游动物130种,其中有儒艮、文昌鱼、海马、海蛇等珍稀或重要药用生物,举世闻名的合浦珍珠也产于这一带海域<sup>[18]</sup>。近年来,广西海水养殖业也有了较大发展,2010年海水养殖面积达到51287hm<sup>2</sup>,其中海上养殖和滩涂养殖面积分别为15594hm<sup>2</sup>和20468hm<sup>2</sup><sup>[14]</sup>。海洋生态系统的食品生产服务包括捕捞海产品和养殖海产品,可以根据直接市场法进行估算<sup>[4]</sup>。根据《中国海洋统计年鉴2011》和《中国渔业统计年鉴2011》数据,2010年广西海洋水产品产量为1.5404×10<sup>6</sup>t,其中海洋捕捞66.30×10<sup>4</sup>t,海水养殖8.774×10<sup>5</sup>t,其中海洋捕捞不包括远洋捕捞的4119t。根据当年价格估算得出,海洋捕捞产值为5.918×10<sup>9</sup>元,而海水养殖产值为7.974×10<sup>9</sup>元,将两部分产值相加,估算广西近海海洋生态系统的食品供给服务价值约为1.3892×10<sup>10</sup>元/a。

### 2.1.2 原材料供给

原材料供给包括海洋生态系统为人类生产、生活间接提供化工原料、医药原料和装饰观赏原料等的服务。北部湾油气资源和海底矿产蕴藏量丰富,油气资源量为  $2.259 \times 10^9$  t,其中石油资源量  $1.67 \times 10^9$  t,天然气(伴生气)资源量  $1.457 \times 10^{11}$  m<sup>3</sup>,而已探明矿产有 28 种,其中石英砂矿远景储量  $10 \times 10^8$  t 以上,石膏矿保有储量  $3 \times 10^8$  t,石灰石矿保有储量  $1.5 \times 10^8$  t,钛铁矿地质储量近  $2500 \times 10^8$  t<sup>[18]</sup>。但由于以上两者都是不可再生资源,因此一般列入海洋生态系统原材料供给服务。广西近海海洋生态系统的原材料供给服务主要体现在 4 个方面:1)海盐生产:广西北部湾海域海水平均盐度 30‰~32‰,海水含溴量为 60ppm,平均海水温度 23℃,是发展盐业和海水化工的较好场所,但目前制盐企业数量较少且规模不大,与山东、天津、河北等沿海地区的差距较大。广西原有 7 家国有制盐企业,经过近年来的改制转产,目前仅有 6 家制盐企业生产原盐,其中以广西盐业公司所占比重最大。根据《中国海洋统计年鉴 2011》数据,2010 年广西盐田总面积为 3949hm<sup>2</sup>,其中生产面积为 1655hm<sup>2</sup>,海盐产量为  $1.429 \times 10^5$  t。按国家核定的海盐出厂价格 304 元/t(一级粗盐)计算<sup>[19]</sup>,广西近海海洋生态系统海盐生产价值约为  $4.3 \times 10^7$  元/a。2)珍珠生产:中国海水珍珠养殖基地集中在广西、海南、广东 3 省区,多年了广西珍珠产量,占全国海水珍珠产量一半以上,其中以合浦珍珠最为著名。目前,广西形成以北海市铁山港区和防城港市防城区为重点的珍珠主产区,形成较长产业链,有珍珠养殖场近 2000 个,从业人员约  $2.5 \times 10^4$  人,养殖面积近 4000hm<sup>2</sup>,年产珍珠能力为 8~10t,最高可达 11t。据相关统计资料,广西海珠销售产值约为  $1 \times 10^8$  元/a,而以珍珠贝为原料开发生产的系列副产品年产值超过  $3 \times 10^8$  元,占全国海水珍珠综合开发利用产值的 90% 以上。3)海洋生物医药:广西目前利用海洋生物资源开发海洋生物医药还十分有限,主要利用海洋鱼类、贝类等,开发产品有珍珠系列、鱼肝油系列以及海蛇、海龙、海马等药品和保健食品类,海洋生物医药产业尚处于低层次徘徊阶段,与丰富的海洋生物资源相比极不相协调,与海洋生物医药发达省份相比存在巨大差距。由于未收集到近年来数据,根据《广西海洋产业发展规划》,2005 年广西海洋生物医药业产值约为  $8.2 \times 10^7$  元/a。4)海上风力发电:根据《中国海洋统计年鉴 2011》数据,广西沿海风能发

电总能力为  $2.5 \times 10^3$  kW,按每台风力电机日均发电 12h 计算,广西近海风力发电量为  $1.095 \times 10^7$  kW·h。根据相关资料,广西风力发电上网电价约为 0.61 元/(kW·h),据此估算广西海上风力发电价值为  $6.7 \times 10^6$  元/a。根据以上 4 个方面的产值,估算广西近海海洋生态系统原材料供给服务的价值约为  $5.32 \times 10^8$  元/a。

### 2.1.3 基因资源供给

基因资源是指海洋生物所携带的基因和基因信息,包括已被人类利用的海洋基因资源效用和基因资源的潜在开发利用效益,其中以后者为主<sup>[7]</sup>。如前所述,广西近海拥有丰富的海洋生物资源,有儒艮、文昌鱼、海马、海蛇、中华白海豚等珍稀生物,此外分布于广西沿海滩涂、面积占全国 37% 左右的红树林以及分布于涠洲周围浅海、处于我国成礁珊瑚分布边缘的珊瑚礁,作为重要的热带海洋生态系,具有极大的科研和生态价值。然而目前为止,仍未有成熟的基因资源价值评估方法,本文采用成果参照法进行估算。根据 De Groot 等<sup>[20]</sup>2002 年提出的全球各类生态系统提供基因资源的单位面积价值(6~112 美元/(hm<sup>2</sup>·a)),考虑到广西拥有丰富的海洋生物资源,参考广东和雷州半岛基因资源价值评估的取值标准,取 112 美元/(hm<sup>2</sup>·a)的 80% 即  $6.07 \times 10^4$  元/(km<sup>2</sup>·a)(取 2010 年人民币对美元汇率年平均中间价 6.7695,下同)为广西近海海洋生态系统单位面积海域提供基因资源服务的价值。广西近海 0~20m 浅海广阔,面积达 6488km<sup>2</sup>,整个北部湾的面积约  $1.293 \times 10^5$  km<sup>2</sup>,其中 46.77% 约  $6.05 \times 10^4$  km<sup>2</sup> 为中国管辖海域,以此计算广西近海海域基因资源供给服务价值为  $3.672 \times 10^9$  元/a。

## 2.2 调节服务

### 2.2.1 气候调节

气候调节是指海洋对降水、温度的调节以及各种生态过程对温室气体的吸收,从而实现其对气候的调节服务<sup>[12]</sup>。本文主要从海洋固碳(C)方面估算气候调节服务价值。目前对二氧化碳(CO<sub>2</sub>)的固定价值主要采用造林成本法和碳税法。考虑到国际通行标准及我国的实际情况,李志勇等<sup>[21]</sup>建议采用我国造林成本(250 元/t,2003 年)与国际通用碳税率(0.15 美元/kg,折合人民币 1015 元/t)的平均值 632 元/t 来计算广西近海海洋生态系统的 CO<sub>2</sub> 固定价值。北部湾海域由于受到季风影响,海水的水平对流和垂直混合加强,加上区内入海河流较多,营养物质丰富,有利于浮游植物生长繁殖,使其初级生

产力较高,在  $300\text{g C}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$  以上。以我国管辖的北部湾海域面积约  $6.05 \times 10^4 \text{km}^2$  来计算广西近海海洋生态系统固碳  $1.815 \times 10^7 \text{t C/a}$ ,其气候调节服务价值为  $1.1471 \times 10^{10}$  元。

### 2.2.2 气体调节

气体调节主要是指海洋浮游植物通过光合作用吸收  $\text{CO}_2$  释放氧气( $\text{O}_2$ ),从而调节  $\text{CO}_2$  和  $\text{O}_2$  平衡的功能<sup>[6]</sup>,同时,由于释放的  $\text{O}_2$  为有益气体,能够对空气质量起到调节作用。根据光合作用原理,每生产  $1\text{g}$  干物质可以固定  $1.63\text{g}$  的  $\text{CO}_2$  和释放  $1.19\text{g}$  的  $\text{O}_2$ ,也就是说每固定  $1\text{g}$  的  $\text{C}$ ,可释放  $2.677\text{g}$  的  $\text{O}_2$ 。因此,采用造林成本(同上)和工业制氧成本( $400$  元/ $\text{t}$ )的平均值  $325$  元/ $\text{t}$  作为释放  $\text{O}_2$  成本<sup>[21]</sup>,而广西近海海洋生态系统每年固碳  $0.1815 \times 10^8 \text{t C/a}$ ,其空气质量调节服务价值(释放  $\text{O}_2$  的价值)为  $1.5791 \times 10^{10}$  元/ $\text{a}$ 。

### 2.2.3 生物控制

生物控制主要是指海洋生态系统对有害生物与疾病的生物调节与控制服务<sup>[22]</sup>。本文采用成果参照法对广西近海海洋生态系统的生物控制服务价值进行估算。由于广西近海海洋生物资源丰富、赤潮等生态灾害较少,李志勇等<sup>[21]</sup>在雷州半岛的研究相似,因此参考雷州半岛生物控制服务价值评估的取值标准,以 Costanza 等<sup>[3]</sup>在 1997 年提出的单位面积海域生物控制功能平均值( $39$  美元/ $\text{hm}^2 \cdot \text{a}$ )与 De Groot 等<sup>[20]</sup>2002 年提出的单位面积海域生物控制功能的最高值  $80\%$ ( $62.4$  美元/ $\text{hm}^2 \cdot \text{a}$ )的平均值  $50.7$  美元/ $\text{hm}^2 \cdot \text{a}$ ,即  $3.43 \times 10^4$  元/ $\text{km}^2 \cdot \text{a}$  为广西近海海洋生态系统单位面积海域生物控制服务的价值。以我国管辖的北部湾海域面积约  $6.05 \times 10^4 \text{km}^2$  来计算广西近海海洋生态系统生物控制服务价值为  $2.074 \times 10^9$  元/ $\text{a}$ 。

### 2.2.4 干扰调节

干扰调节是指海洋生态系统提供给人类的生存环境波动调节服务,如对风暴潮和台风灾害的缓解作用<sup>[7]</sup>。由于研究海域缺乏相关研究及数据,故采用成果参照法对广西近海海洋生态系统的干扰调节服务价值进行估算。根据 Costanza 等<sup>[3]</sup>在 1997 年提出的单位面积海域干扰调节服务价值  $8800$  美元/ $\text{km}^2 \cdot \text{a}$ ,按 2010 年人民币对美元汇率年平均中间价  $6.7695$  计算为  $5.95716 \times 10^4$  元/ $\text{km}^2 \cdot \text{a}$ ,以我国管辖的北部湾海域面积约  $6.05 \times 10^4 \text{km}^2$  来计算广西近海海洋生态系统干扰调节服务价值为  $3.603 \times 10^9$  元/ $\text{a}$ 。

### 2.2.5 污染物处理

污染物处理是指人类排放的污染物通过各种方式进入海洋,经过海洋生态系统的生物吸收降解、生物转移等多种生态过程得到净化的功能<sup>[7]</sup>。根据《广西海洋环境质量公报》(2008~2010 年),广西近海海域主要污染物为化学需氧量(COD)、无机氮、活性磷酸盐和石油类。从长期变化趋势来看,广西沿海无机氮和磷酸盐浓度呈升高趋势<sup>[23]</sup>。广西近海海洋生态系统的污染物处理服务体现在对氮(N)、磷(P)元素的生物吸收及对石油类的去除作用。海洋浮游植物吸收  $\text{CO}_2$  进行光合作用的同时,还会按照一定比例吸收 N,P 营养盐,能够对水体起到净化作用<sup>[24]</sup>。浮游植物对营养盐的吸收总体上遵循 Redfield 比值<sup>[25]</sup>( $\text{C}:\text{N}:\text{P}=106:16:1$ ),因此可以通过固碳量来估算浮游植物对 N,P 的吸收量。广西近海海洋生态系统固碳  $1.815 \times 10^7 \text{t C/a}$ ,则对 N,P 的净化量分别为  $3.1962 \times 10^6 \text{t N/a}$  和  $4.423 \times 10^5 \text{t P/a}$ 。采用污染防治成本法,按我国生活污水处理成本 N 为  $1500$  元/ $\text{t}$ 、P 为  $2500$  元/ $\text{t}$  计算,广西近海海洋生态系统对 N 和 P 的生物净化价值分别为  $47.9$  亿元/ $\text{a}$  和  $11.06$  亿元/ $\text{a}$ 。根据相关资料,广西近海 COD 和石油类的年污染负荷分别约为  $3.33 \times 10^5 \text{t}$  和  $5.6 \times 10^3 \text{t/a}$ <sup>[26]</sup>,采用污染防治成本法,按照 COD 去除成本  $4300$  元/ $\text{t}$  和石油类去除成本  $7000$  元/ $\text{t}$ <sup>[8]</sup>,计算广西近海海洋生态系统 COD 和石油类处理服务价值分别为  $1.432 \times 10^9$  元/ $\text{a}$ , $3.9 \times 10^8$  元/ $\text{a}$ 。将 4 部分相加可得广西近海海洋生态系统污染物处理价值为  $7.367 \times 10^9$  元/ $\text{a}$ 。

## 2.3 文化服务

### 2.3.1 旅游娱乐

广西沿海地区属南亚热带季风气候区,日照充足,雨量充沛,气候温和,四季宜人,夏无酷暑,冬无严寒,自然景观风光秀丽,是休闲旅游的胜地。广西沿岸分布着众多岛屿,海岸类型多样,具有得天独厚的滨海旅游资源。北热带的海洋气候和滨海风光以及与越南海陆相接,组合成极具魅力的热带滨海旅游特色。在广西沿海地带,北海以南亚热带海洋系列景观和滨海沙滩资源为代表,分布有享誉“天下第一滩”美名的北海银滩、涠洲岛、斜阳岛和合浦星岛湖;钦州有“南国蓬莱”之称的“七十二泾”、麻蓝岛;防城港有江山半岛海滩,形成“上山下海又出国”的旅游格局。因此,广西近海具有极高的休闲娱乐服务价值,分别采用成果参照法和统计公报数据进行

估算。以福建省海域使用分类定级及海域使用金征收研究成果为参照,其2002~2004年间旅游用海的年均收益约为 $5.151 \times 10^5$ 元/ $\text{km}^2$ <sup>[27]</sup>。考虑到旅游用海收益与地区经济发展水平之间的相关性,广西滨海旅游收益将参照福建地区旅游用海的年均收益,用2010年的广西人均GDP和2002~2004年福建人均GDP均值进行修正。根据《广西统计年鉴2011》数据,2010年广西沿海北海、防城港和钦州3市人均GDP分别为25657,37264和16421元/人,均值为26447元/人,而根据《福建省统计年鉴2012》<sup>[28]</sup>,2002~2004年福建省人均GDP均值为14366元/人,因此人均GDP修正系数为1.84,估算广西近海旅游用海年收益为 $9.478 \times 10^5$ 元/ $\text{km}^2$ 。由于滨海主要集中在近海海域,以广西0~20m浅海面积6488 $\text{km}^2$ 来估算其休闲娱乐服务价值为 $6.149 \times 10^9$ 元/a。而根据《2010年广西海洋经济统计公报》,2010年广西滨海旅游接待人数超过 $20 \times 10^4$ 人次,旅游收益约为 $5.04 \times 10^9$ 元,这与成果参照法所估算结果相近。考虑到成果参照法的误差,仍以 $5.04 \times 10^9$ 元/a计为广西近海海洋生态系统的休闲娱乐服务价值。

### 2.3.2 科研文化

如前所述,广西近海有儒艮、文昌鱼、海马、海蛇、中华白海豚等珍稀生物,以及大片红树林、珊瑚礁和海草床分布,具有极大的科研价值,能够为人们提供科学研究、野外实践、科普教育等活动的场所、内容和对象。采用成果参照法,参考Costanza等<sup>[3]</sup>在1997年提出的单位面积近海海域精神文化服务价值( $4.34 \times 10^4$ 元/ $\text{km}^2 \cdot \text{a}$ )和陈仲新等<sup>[29]</sup>对我国各类生态系统单位面积的平均科研文化价值估算值( $3.55 \times 10^4$ 元/ $\text{km}^2 \cdot \text{a}$ ),取两者平均值 $3.945 \times 10^4$ 元/ $\text{km}^2 \cdot \text{a}$ 作为广西近海单位面积海域的科研文化价值,以我国管辖的北部湾海域面积 $6.05 \times 10^4 \text{km}^2$ ,计算广西近海海洋生态系统的科研文化服务价值为 $2.386 \times 10^9$ 元/a。

## 2.4 广西近海海洋生态系统服务功能价值综合分析

如表2所示,广西近海海洋生态系统服务功能总价值为以上计算的各类生态系统服务功能价值总和,总价值为 $6.5228 \times 10^{10}$ 元/a,相当于2010年广西全区GDP( $9.56985 \times 10^{11}$ 元)的6.82%,甚至超过了2010年广西海洋经济生产总值( $5.70 \times 10^{10}$ 元),表明广西近海海洋生态系统服务功能价值巨大,对支撑广西北部湾区域经济发展尤其是海洋经

济的可持续发展意义重大。从广西近海海洋生态系统服务功能大类划分来看,调节服务价值最大,约 $3.9706 \times 10^{10}$ 元/a,占总服务价值的60.87%;其次为文化服务约 $7.426 \times 10^9$ 元/a,占总服务价值的27.74%;供给服务价值较小,约 $1.8096 \times 10^{10}$ 元/a,占总服务价值的11.38%。与雷州半岛<sup>[21]</sup>、辽宁<sup>[9]</sup>和广东近海<sup>[19]</sup>海洋生态系统的服务价值功能构成进行比较分析,结果显示,广西近海生态系统的调节服务功能价值要明显高于供给服务和文化服务,这与雷州半岛的构成相似,而辽宁和广东价值构成中供给服务和文化服务所占比重明显更高,尤其是其中代表区域海洋经济产出的食品供给、原材料供给、旅游娱乐等对总服务价值的贡献较高,这与各地区的经济发展水平,主要是海洋经济发展水平相一致。广东和辽宁均是我国海域开发利用程度较高的沿海省份,2010年广东和辽宁的海洋经济生产总值分别为 $8.00 \times 10^{11}$ 元和 $2.842 \times 10^{11}$ 元,而广西2010年海洋经济生产总值仅为 $5.70 \times 10^{10}$ 元。广西近海生态资源开发程度仍然较低,与其他发达沿海省份仍有较大的差距,这与广西所拥有的优越的沿海区位优势和丰富的海洋资源极不相称,有巨大的发展潜力。

表2 广西近海海洋生态系统服务价值

海洋生态系统服务类型		估算价值 ( $\times 10^8$ 元/a)	所占比重 (%)
供给服务	食品供给	138.92	21.30
	原材料供给	5.32	0.82
	基因资源供给	36.72	5.63
	小计	180.96	27.74
调节服务	气候调节	114.71	17.59
	气体调节	157.91	24.21
	生物控制	20.74	3.18
	干扰调节	30.03	4.60
	污染物处理	73.67	11.29
	小计	397.06	60.87
文化服务	旅游娱乐	50.40	7.73
	科研文化	23.86	3.66
	小计	74.26	11.38
合计		652.28	100.00

从所评价的10个亚类的生态服务价值大小排序为:气体调节>食品供给>气候调节>污染物处理>旅游娱乐>基因资源供给>干扰调节>科研文化>生物控制>原材料供给。在广西近海生态系统各亚类服务中,游娱乐服务价值所占的比重为

7.73%,与广东<sup>[19]</sup>(48.14%)和辽宁<sup>[9]</sup>(49.49%)相比明显偏低,甚至低于雷州半岛<sup>[21]</sup>(12.66%),说明广西滨海旅游业的发展还十分落后,未来发展潜力巨大(表3)。而《广西海洋经济发展“十二五”规划》也明确提出,要加快建设步伐,提升滨海旅游功能,开拓国内外旅游客源市场,把广西沿海地区建设成为具有鲜明地方特色的滨海旅游带、集散中心和区域性国际滨海休闲度假旅游目的地。此外,值得注意的是,根据《广西海洋产业发展规划》和《广西海洋经济发展“十二五”规划》,广西海洋新技术产业规模小,以海洋生物制药及生物制品、海洋再生能源、海洋新材料、海水综合利用等为代表海洋高新技术产业尚处于起步阶段。本研究也表明,在各亚类服务中原材料供给排名最后,仅占总服务价值的0.82%,这也与广西近海丰富的海洋资源储量形成极大的反差,另一方面在供给服务大类中仍以传统的水产养殖和捕捞等食品供给服务为主导,可见广西近海海洋生态资源的开发能力较低,仍处于初级阶段,这与广西目前的海洋开发现状相一致,同时也证明了在《广西海洋产业发展规划》和《广西海洋经济发展“十二五”规划》中提出的提升发展海洋盐业和盐化工业,通过引进、消化国内外海洋高新技术产业的成果,培育壮大海洋生物制药、海洋可再生资源、海水综合利用等海洋新兴产业的必要性。

从所评价的10个亚类的生态服务价值来看,基因资源供给、气候调节、气体调节、生物控制、干扰调节、污染物处理等服务功能直接由海洋生态系统产生并发挥作用,它们的产生过程就是其实现过程,因此可以认为是系统的直接服务价值,而食品供给、原材料供给、旅游娱乐、科研文化等服务功能必须通过人类社会经济系统参与,因而可认为是广西近海海洋生态系统的间接服务价值。根据评估结果(表2),广西近海生态系统的直接服务价值( $4.3378 \times 10^{10}$ 元/a)要明显大于间接服务价值( $2.185 \times 10^{10}$ 元/a)。由于海洋生态系统是其产生的服务的物质基础,海洋生物群落的组成和数量的变化、海洋非生物环境的改变都会影响生态系统服务功能的质量和效用<sup>[7]</sup>,例如,某海域受到富营养化的影响,浮游植物群落结构发生变化,赤潮频发,进而会影响整个海域的初级生产和食物链结构,就可能影响生态系统的食品供给、原材料供给等服务功能。这表明,间接服务价值的实现要以直接服务价值的实现为基础。因此,维持广西近海生态系统的健康与稳定,是实现其经济效益、社会效益和生态效益的前提,广西海洋

经济的发展必须坚持生态优先和可持续发展,把海洋资源开发利用与海洋生态环境保护有机结合起来,创新资源节约集约利用和环境友好发展模式,采取有效措施加强海洋污染防治、海洋生态和生物资源保护及海岸、滩涂和海岛资源的开发与保护,促进海洋事业与资源、环境协调发展。

表3 不同区域近海生态系统服务大类价值比重

区域	供给服务(%)	调节服务(%)	文化服务(%)
广西	27.74	60.87	11.38
雷州半岛	36.93	47.65	15.42
辽宁	33.18	15.04	51.78
广东	16.68	33.92	49.40

### 3 结论

(1)广西近海海洋生态系统通过通过供给服务、调节服务和文化服务等,向人类提供大量福利和效益。本文参考国内外相关研究的参数及方法对广西近海海洋生态系统的主要服务价值进行了估算,广西近海海洋生态系统服务服务功能价值巨大,总价值约为 $6.5228 \times 10^{10}$ 元/a,相当于2010年广西全区GDP( $9.56985 \times 10^{11}$ 元)的6.82%,甚至超过了2010年广西海洋经济生产总值( $5.70 \times 10^{10}$ 元),其健康与稳定对支撑广西北部湾区域经济发展尤其是海洋经济的可持续发展意义重大。

(2)广西近海海洋生态系统总服务价值中,供给服务、调节服务和文化服务分别占11.38%、60.87%和27.74%,食品供给、原材料供给、旅游娱乐等服务亚类尚没有得到充分实现,与其他沿海发达省份相比仍有非常大的差异,表明广西近海海洋生态系统服务价值的开发仍处于初级阶段,同时也表明潜力非常巨大。此外,广西近海生态系统的直接服务价值( $4.3378 \times 10^{10}$ 元/a)要明显大于间接服务价值( $2.185 \times 10^{10}$ 元/a),而间接服务价值的实现要以直接服务价值的实现为基础。因此,维持广西近海生态系统的健康与稳定,是实现可持续发展的前提和关键问题,必须坚持海洋资源的开发与保护并重,坚持海洋经济发展的经济效益、社会效益和环境效益相统一,合理开发利用海洋资源,切实加强海洋生态环境保护。

(3)由于海洋生态系统生态过程的复杂性及海洋技术水平与基础研究数据的限制,必然有一部分服务功能未被发现或认知。本文仅是对广西近海海洋生态系统的保守初步估算,还有一部分的服务功能未计算在内,结果无疑偏低其实际价值。因此,

必须进一步研究海洋生态系统服务机制,完善广西近海海洋生态系统服务内涵和分类体系,尽可能减少各项功能之间存在的重复和交叉。同时,虽然本文所采用的是目前国内外成熟的和应用比较广泛的评估方法,但考虑到不同生态系统间结构和功能的差异性,有必要针对广西近海海洋生态系统特征对评价方法进行优化。

#### 参考文献:

- [1] Daily G C. Nature's services; societal dependence on natural ecosystems[M]. Washington DC: Island Press, 1997:1-10.
- [2] Millennium Ecosystem Assessment Groups. Ecosystems and human well-being[M]. Washinton DC: Island Press, 2005.
- [3] Costanza R, D'Arge R, De Groot R S, et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital [J]. Nature, 1997, 387: 253-260.
- [4] 石洪华, 郑伟, 陈尚, 等. 海洋生态系统服务功能及其价值评估研究[J]. 生态经济, 2007(3): 139-142.
- [5] 李晓, 张锦玲, 林忠. 罗源湾生态系统服务功能价值评估研究[J]. 海洋环境科学, 2010(3): 401-405.
- [6] 石洪华, 郑伟, 丁德文, 等. 典型海洋生态系统服务功能及价值评估——以桑沟湾为例[J]. 海洋环境科学, 2008(2): 101-104.
- [7] 王其翔, 唐学玺. 海洋生态系统服务的内涵与分类[J]. 海洋环境科学, 2010(1): 131-138.
- [8] 吴姗姗, 刘容子, 齐连明, 等. 渤海海域生态系统服务功能价值评估[J]. 中国人口·资源与环境, 2008(2): 65-69.
- [9] 张华, 康旭, 王利, 等. 辽宁近海海洋生态系统服务及其价值测评[J]. 资源科学, 2010(1): 177-183.
- [10] 蓝锦毅. 港口建设对广西海洋生态环境影响分析及污染防治对策[J]. 广西科学院学报, 2011, 27(2): 149-151.
- [11] 白海强, 吕保玉. 广西河流型湖泊和水库的水质富营养化评价[J]. 广西科学院学报, 2012, 28(4): 330-332.
- [12] 李晓, 张锦玲, 林忠. 罗源湾生态系统服务功能价值评估研究[J]. 海洋环境科学, 2010(3): 401-405.
- [13] 国家海洋局. 中国海洋统计年鉴(2011)[M]. 北京: 海洋出版社, 2012.
- [14] 中国农业部渔业局. 中国渔业统计年鉴(2011)[M]. 北京: 中国农业出版社, 2012.
- [15] 广西壮族自治区统计局. 广西统计年鉴(2011)[M]. 北京: 中国统计出版社, 2011.
- [16] 广西壮族自治区海洋局. 广西海洋环境质量公报(2008~2010)[R]. 南宁: 广西壮族自治区海洋局, 2008.
- [17] 广西壮族自治区海洋局. 2010年广西海洋经济统计公报[R]. 南宁: 广西壮族自治区海洋局, 2011.
- [18] 广西壮族自治区海洋局. 广西壮族自治区海洋经济发展“十二五”规划[EB/OL]. (2013-07-10). <http://www.gxoa.gov.cn/news/view.aspx?id=5484>.
- [19] 李志勇, 徐颂军, 徐红宇, 等. 广东近海海洋生态系统服务功能价值评估[J]. 广东农业科学, 2011(23): 136-140.
- [20] De Groot R S, Wilson M A, Boumans R M J. A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services[J]. Ecological Economics, 2002, 3(41): 393-408.
- [21] 李志勇, 徐颂军, 徐红宇, 等. 雷州半岛近海海洋生态系统服务功能价值评估[J]. 华南师范大学学报: 自然科学版, 2012(4): 133-137.
- [22] 张朝晖, 吕吉斌, 丁德文. 海洋生态系统服务的分类与计量[J]. 海岸工程, 2007(1): 57-63.
- [23] 蓝文陆, 彭小燕. 茅尾海富营养化程度及其对浮游植物生物量的影响[J]. 广西科学院学报, 2011, 27(2): 109-112, 116.
- [24] 傅明珠, 王宗灵, 李艳, 等. 胶州湾浮游植物初级生产力粒级结构及固碳能力研究[J]. 海洋科学进展, 2009(3): 357-366.
- [25] Redfield A C, Ketchum B H, Reichardt F A. The influence of organisms on the composition of seawater [C]//Hill M N. The sea. New York: Interscience, 1963.
- [26] 宁耘. 广西近岸海域入海污染物特征分析[J]. 中国环境监测, 2010(5): 55-56.
- [27] 吴姗姗, 刘容子. 渤海海洋资源价值量核算的研究[J]. 中国人口·资源与环境, 2008, 18(2): 70-75.
- [28] 福建省统计局. 福建统计年鉴(2012)[M]. 北京: 中国统计出版社, 2012.
- [29] 陈仲新, 张新时. 中国生态系统效益的价值[J]. 科学通报, 2000(1): 17-22.

(责任编辑: 尹 闯)

(上接第 251 页)

- [24] Chaturvedi M L, Agarwal R A. Ammonia excretion in snails *Viviparus bengalensis* (LAMARCK) and *Pila globosa* (SWAINSON) during active and dormant periods[J]. Internationale Revue der Gesamten Hydrobiologie und Hydrographic, 1983, 68(4): 599-602.
- [25] 章家恩, 赵本良, 罗明珠, 等. 外来生物福寿螺入侵的生态风险及其评价探讨[J]. 佛山科学技术学院学报: 自然科学版, 2010, 28(5): 1-6.
- [26] 广西壮族自治区森林病虫害防治站. 2012年广西林业有害生物防控工作亮点纷呈[EB/OL]. (2013-01-16). [http://www.forestpest.org/senfang/News/dfxx/guangxi/2013-01-16/Article\\_113551.shtml](http://www.forestpest.org/senfang/News/dfxx/guangxi/2013-01-16/Article_113551.shtml).

(责任编辑: 尹 闯)