

近岸海域生态系统服务功能监测的指标体系研究

刘旭, 邓永智

(厦门大学海洋与环境学院 福建 厦门 361005)

摘要: 按照海洋生态系统服务功能的特点,对监测海洋生态服务功能的指标体系进行了初步研究。具体分为三个一级指标,包括供给功能、调节功能和支持功能,又将如上一级指标细分为十个二级指标。本文旨在运用生态系统服务功能的理论框架和方法,为完善近岸海域生态监测的指标体系奠定基础。

关键词: 海岸带生态; 生态系统服务; 生态监测

中图分类号: X834; X835 文献标识码: A 文章编号: 1007-6336(2011)05-0719-05

Index system for monitoring of ecosystem service function in coastal area

LIU Xu, DENG Yong-zhi

(College of Oceanography and Environmental Science, Xiamen University, Xiamen 361005, China)

Abstract: The director system of monitoring ecological services in coastal zone is discussed, based on the characters of the services. The coastal ecosystem services into the supply, regulation and support services as well as identified ten sub-services. It is the foundation of administration and monitoring of ecosystem service in coastal area.

Key words: coastal ecology; ecosystem service; ecological monitoring

随着海岸带地区经济的迅猛发展,近岸海域污染日益严重,同时也严重破坏了近岸海域生态系统。为了使蓝色经济与人类发展相协调,需要对海洋生态系统进行及时准确的监测。通过各种物理、化学、生物、生态学原理等各种技术手段,对海洋生态环境中的各个要素、生物与环境之间的相互关系、生态系统结构和功能进行监控和测试,为评价海洋生态环境质量、保护海洋生态系统健康、合理利用近岸海域提供依据^[1-3]。

生态监测的指标体系应根据生态理论的发展而扩大。1997年, Costanza等十几位研究者在Nature上发表《世界生态系统服务与自然资本的价值》,引来学术界对生态服务功能的极大关注。此后, Nature和Science分别三次组织专刊,进行生态系统服务价值的讨论^[4-8]。国内近年来针对海洋生态系统服务功能也进行了有益探索,其中国家海洋局第一海洋研究所和中国海洋大学承担了重要的角色,提出了海洋生态系统服务较为系统的理论框架^[9-13]。这些成果将为科学利用海洋资源提供理

论指导,并为规范管理海洋提供行动参考。

将规范管理海洋落到实处,海洋生态监测是基础。我国海洋生态监测尚处于刚刚起步阶段^[14-18],现行监测指标主要集中在污染控制和生物多样性上^[19],没有明确对海洋生态系统的服务功能的监测。因此,需要完善海洋生态监测的指标体系,将海洋生态系统的服务功能纳入监测范围,建设符合生态管理需要的海洋生态监测,为合理发展海洋经济奠定基础。

1 现行的海洋生态监测指标体系及其存在的问题

1.1 国内现行的海洋生态监测指标体系

参照《海洋生态环境监测技术规程》^[19]中“海洋生态环境监测指标与监测项目”和“附录A 昌黎海洋生态站生态环境监测指标体系”,总结《海洋生态环境监测技术规程》可参考的指标体系,详见表1。

收稿日期:2010-07-27;修订日期:2010-10-18

作者简介:刘旭(1986-),女,北京人,硕士研究生,研究方向为海岸带生态系统评估

通讯作者:邓永智, E-mail: fairyjube@126.com

该指标体系分为两个一级指标,生态系统压力指标和生态效应指标。生态系统压力指标是从污染对近岸海域环境的影响出发,对生物质量、水质和沉积物质量进行监测,其中生物质量和沉积物质量的监测对象主要是重金属污染和有机物污染。生态效应指标可细分为三个二级指标,初级生产力、生物多样性和群落结构。生态效应指标着重体现了海洋生态监测的特点,主要对生物种类和丰度进行监测,该指标体系设计具有技术可行性,监测指标技术比较成熟,甚至可以与其它种类监测项目进行数据共享。

1.2 国内现行的海洋生态监测指标体系存在的问题

《海洋生态环境监测技术规程》中,沿用了 GB3097《海水水质标准》、GB18421《海洋生物质量》、GB11607-89《渔业水质标准》、GB/T14914-1994《海滨观测规范》的操作规程,监测指标偏重于对污染的监测。然而,在污染监

测方面,并未规定指标体系中生态压力指标应该如何监测,如旅游、沿岸工程建设、捕捞等的监测方法和规程。而且,如上提到的几种人类对海洋生态系统的干扰,方式和结果有很大差异,将不同的对海洋生态系统压力归结为一个指标,可能难以反应人类对海洋生态系统的影响程度。

《海洋生态环境监测技术规程》中表征生态特征的指标,使用生物多样性指数、初级生产力、群落结构、公众关注物种。这些指标仅从生物种类和丰度的角度反映海洋生态系统,不能全面衡量海洋生态系统效应特征,尤其是忽略了海洋生态系统的服务功能,如海洋生态系统的调节功能,包括热量调节、水汽调节、气体调节。海洋生态系统服务功能越来越受到研究者关注,研究表明海洋生态系统的服务功能所提供的价值可能大于海洋实物性的供给服务所提供的价值^[12,13,20,21]。

表1 海洋生态环境监测指标与监测项目^[19]

Tab. 1 Indexes for monitoring coastal ecological environment^[19]

一级指标	二级指标	三级指标	四级指标	
生态系统压力指标	生物质量	生物体污染物含量	重金属、有机物	
		生物体细菌学指标		粪大肠杆菌、异养细菌、弧菌
	富营养化	溶解氧		
		总磷		
		总氮		
		化学耗氧量		
	生境改变指标	沉积物污染物含量	重金属、有机物	
		沉积物粒度		
	生态压力指标		水产养殖	
			捕捞	
旅游				
沿岸工程建设				
河口排污				
河口排污				
生态效应指标	初级生产力	叶绿素 a		
		C14		
	生物多样性	物种多样性		浮游、底栖、潮间带
		生物多样性指数		浮游、底栖、潮间带
	群落结构	浮游植物		种类组成(优势种、常见种和敏感种)、分布密度、生物量
		浮游动物		种类组成(优势种、常见种和敏感种)、分布密度、叶绿素 a
	大型底栖动物	种类组成(优势种、常见种和敏感种)、栖息密度、生物量		
	公众关注物种	分布区域、密度、生物量、年龄结构		

1.3 美国现行的海洋生态监测指标体系

参照《美国近岸海域状况报告书》^[22],总结美国近岸海域生态系统监测指标体系。该指标体系分为五个子指标进行衡量,参见表2。

该指标体系分为五个一级指标,对生物质量、水质、沉积物质量和生境健康进行监测。生物质量分为底栖生物质量和鱼类污染,各自作为一级指标。将湿地损失和潮间带面积纳入监测体系,用以反映生境健康状况。生境健康指标使得近岸海域生态系统评价更为宏观,不仅从污染物的角度评价近岸海域生态健康状况,还从更为综合的角度监测生态变化的潜在问题。该指标体系的执行指标具有可操作性,监测数据已经作为2008年度《美国国家近岸海域调查报告 III》的结果。

1.4 美国现行的海洋生态监测指标体系存在的问题

USEPA 近岸海域生态系统监测指标体系中,将沉积物 TOC 含量和生境健康引入评价指标,突出了人类对近岸海域生态系统的干扰作用和累积作用。然而,对于生境健康的评价指标,尚未建立如水质评价一样的参数标准,湿地损失面积和潮间带面积只能与原始状况进行对比和各个不同海域之间进行对比。同时,滨海湿地损失面积和潮间带面积不能全面反应生境健康情况。

地栖生物通常作为生物监测的指示物种。通过监测底栖生物体内的污染物浓度,可以指示海域受污染情况。然而,该监测体系仅评价底栖生物的种类组成,未监测底栖生物的受污染状况。虽然,体系可以对沉积物质量进行污染物的浓度监测。但是,由于生物富集等作用,沉积

表 2 美国近岸海域生态系统监测指标体系^[22]Tab. 2 indexes for monitoring American coastal ecological service^[22]

一级指标	二级指标
水质质量	DIN
	DIP
	溶解氧
	浊度
	叶绿素 a
沉积物质量	重金属
	有机污染物
	沉积物 TOC 含量
地栖生物	多样性指数
	敏感物种状况
	耐受物种状况
生境健康	滨海湿地损失面积
	潮间带面积
鱼类组织污染	重金属
	有机污染物

物中污染物含量和地栖生物体内污染物含量可能并不能相互代替。

近岸海域生态系统除为人类提供容纳排污和渔业资源外,还提供了最基本的调节服务功能,即近岸海域生态系统的存在价值。USEPA 近岸海域生态系统监测的指标体系中的生境健康指标可以间接反映生境是否存在,但是不能反映生境尚未完全消失前,为人类提供气体调节、热量调节和水汽调节等功能。

2 近岸海域生态系统服务功能监测的指标体系

对于生态系统服务功能的定义和分类,国内外研究者进行了比较深入的研究和探讨^[4-13]国内学者普遍认同的分类方法^[9,10,12,13,23]是世界资源协会(WRI)将生态服务功能分成四大类:供给服务、调节服务、文化服务和支持服务^[24]其中,文化服务不属于环境监测范围。针对海洋生态监测特点,参照上述近岸海域监测的指标体系,本研究选取海洋生态系统服务功能的环境因子,建立了近岸海域生态系统服务功能指标体系,参见表 3。

3 指标体系比较与评析

本文介绍了三种海洋生态监测的指标体系,分别为国家海洋局于 2002 年颁布的《海洋生态环境监测技术规程》的指标体系,参见表 1;USEPA 近岸海域状况报告中的监测指标体系,参见表 2;本研究依据海洋生态系统服务功能提出的指标体系,参见表 3。三种指标体系均包含了海洋水质变化、生态群落结构变化的指标,最终目的是为了评价人类对近岸海域生态环境的影响。但是,这三种方法也有明显的特点,总结为如下两点。

3.1 侧重点不同

《海洋生态环境监测技术规程》的指标体系偏重于对海洋环境污染的监测,主要选取对水质监测指标、生物监测指标。同时,对沉积物进行评价,反映生境改变的情

况。在生态系统层面,仅采用生物多样性和群落结果表示。

美国近岸海域生态系统监测指标体系除环境污染外,还考虑到环境保护。从人类对水质沉积物的影响,扩展到综合生态系统层面。水质监测方面,国内监测富营养化常用总氮和总磷;EPA 采用 DIN 和 DIP 进行监测,对赤潮预警更为直接,最重要的是,USEPA 将滨海湿地损失和潮间带面积纳入监测指标体系,并进行不同海域间进行对比,适于大尺度评价,从宏观角度了解近岸海域生态环境变化。

本研究从海洋生态系统服务功能出发,将海洋生态系统分成三个服务功能进行监测,并且将近岸海域生态系统的调节功能纳入监测范围,即将近岸海域的存在价值纳入考虑范围。监测近岸海域调节功能,不仅考虑到环境保护,还为近岸海域的可持续利用提供技术依据。水质监测中,考虑纳潮量对水质的影响,旨在预测海域污染物环境容量。除监测海域污染物处理外,还将气体调节、热量调节、水汽调节和自然灾害干扰调节纳入监测指标体系,归结为近岸海域生态系统的调节功能。对调节功能进行监测,表明是对近岸海域对人类基本服务功能的监测,旨在为合理利用近岸海域提供依据。

3.2 可操作性不同

《海洋生态环境监测技术规程》的指标体系除生态压力指标外,可找到明确的操作规程。美国近岸海域生态系统监测指标体系,基于多年来积累的详细资料和监测方法,监测手段成熟。本研究提出的指标体系部分指标尚处在科研阶段或者尚运用于海洋调查阶段,并且工作量大于前两个指标体系。因此,还需技术成熟后,将全部指标纳入监测范围。

4 结论和展望

随着对海洋生态系统服务功能的不断认识,海洋生态监测项目应将服务功能纳入监测范围,从而为环境管理提供技术保障。本研究根据监测项目的特点,将海洋生态系统服务功能分成三个一级指标,分别为供给功能、调节功能和支持功能,又将一级指标细分为 10 个二级指标。供给功能包括食品资源和基因资源,其中食品资源主要监测对象为经济物种。基因资源参照《海洋生态环境监测技术规程规范》群落结构指标,按照浮游生物、游泳生物、底栖生物分类,测定物种多样性。调节服务被目前海洋生态监测所忽略,其主要原因可能是监测数据难获得,监测方法还不成熟。然而,研究表明,海岸带经济发展与调节功能密切相关,具体包括气体调节、水汽调节、热量调节、废弃物处理、生物控制和自然灾害干扰调节六个二级指标。支持功能包括两个二级指标,初级生产力和提供栖息地生境,其中初级生产力测定方法成熟,可参考《海洋调查规范》(GB12763);栖息地生境主要考虑濒危物种和工作关心物种。

表3 近岸海域生态系统服务功能监测指标体系

Tab.3 indexes for monitoring coastal ecosystem service

一级指标	二级指标	三级指标	监测措施	参考标准
供给服务	食品资源	经济物种个体大小	具体方法参照 海洋监测规范 ^[25] 、海洋调查规范 ^[26]	参考年际变化
		经济物种数量和种群密度		
		经济物种受污染状况		
	基因资源	经济物种幼苗种群密度	具体方法参照 海洋生态环境监测技术规范 ^[19]	参考年际变化
		经济物种幼苗受污染状况		
		浮游生物种群类别		
		浮游生物种群生物量		
		浮游生物种群密度		
		浮游生物多样性指数		
		游泳生物种群类别		
		游泳生物种群生物量		
		游泳生物种群密度		
		游泳生物多样性指数		
调节服务	气体平衡	底栖生物种群类别	水气平衡器-非分散红外检测器测定 pCO ₂ ^[27]	人类干扰前原始状态
		底栖生物种群生物量		
	热量平衡	底栖生物种群密度	块体公式、海洋热量平衡方程 ^[28]	人类干扰前原始状态
		底栖生物多样性指数		
	水汽平衡	底栖生物优势种受污染状况	船舶蒸发皿和蒸发计、气象经验 ^[29]	参考年际变化
		底栖生物多样性指数		
	废物处理	CO ₂ 吸收通量	雨量筒 ^[30]	海水水质标准 ^[31]
		O ₂ 释放通量		
	生物控制	海面热通量	水文遥感技术 具体方法参照海洋监测规范 ^[25]	人类干扰前原始状态 参考年际变化
		蒸发量		
		降雨量		
		营养盐		
		重金属		
有机污染物				
纳潮量				
优势种	具体方法参照海洋监测技术规范 ^[25]	参考年际变化		
自然灾害	赤潮生物指示种	具体方法参照赤潮监测技术规范 ^[32]	参考年际变化	
	粪大肠杆菌	具体方法参照海洋监测规范 ^[25]	海水水质标准 ^[31]	
	对台风灾害缓冲能力	水文遥感技术	人类干扰前原始状态	
	岸线侵蚀缓冲能力	水色变化具体方法参照海洋监测规范 ^[25]	海水水质标准 ^[31]	
	支持服务	初级生产力	具体方法参照海洋调查规范 ^[26]	人类干扰前原始状态
生境		叶绿素含量	优势种含碳率	人类干扰前原始状态
		能级间传递效率	种类、密度、受影响状况	
	濒危物种			
	受公众关心物种			
	滨海湿地损失面积			

由于目前监测水平有限,环境监测站监测项目不能包括全部海洋生态服务功能指标,需要科研单位进行辅助监测。尤其对于海洋生态系统调节功能中的气体调

节、热量调节和水汽调节等功能,还需分析技术成熟之后,纳入海洋生态服务功能监测指标体系。本研究渴望为相关研究提供参考借鉴。

参考文献:

- [1] 奚旦立,孙裕生,刘秀英.环境监测[M].北京:高等教育出版社,1995.
- [2] 联合国环境规划署编.生态监测手册[M].北京:中国环境科学出版社,1994.
- [3] 罗泽娇,程胜高.我国生态监测的研究进展[J].环境保护,2003,3:41-44.
- [4] FULLERTON D,STAVINS R. How economists see the environment[J]. Nature,1998,395:433-434.
- [5] MASOOD E,GARWIN L. Costing the earth: When ecology meets economics[J]. Nature,1998,395:426-427.
- [6] DAILY G C,DASGUPTA P,BOLIN B,et al. Global food supply: Food production,population growth,and the environment[J]. Science,1998,281:1291-1292.
- [7] BALVANERA P,DAILY G C,EHRLICH P R,et al. Conserving biodiversity and ecosystem services[J]. Science,2001,291:2047.
- [8] PEARCE D W. Environment: Gold from green paths[J]. Science,2002,297:941.
- [9] 张朝晖,周骏,吕吉斌,等.海洋生态系统服务的内涵与特点[J].海洋环境科学,2007,26(3):259-263.
- [10] 陈尚,张朝晖,马艳,等.我国海洋生态系统服务功能及其价值评估研究计划[J].地球科学进展,2006,21(11):1127-1133.
- [11] 张朝晖,石洪华,姜振波,等.海洋生态系统服务的来源与实现[J].生态学杂志,2006,25(12):1574-1579.
- [12] 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,2007,3:139-141.
- [13] 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,2007,26(1):57-63.
- [14] 中国环境与发展国际合作委员会.国际环境合作与可持续发展—环境监测、信息、指标体系评述[M].北京:中国环境科学出版社,1997.
- [15] 王斌.海洋生态环境监测体系建设的初步研究[J].海洋通报,2002,21(6):52-59.
- [16] 计建洪.生物监测与生态监测的比较分析[J].四川化工,2006,9(5):48-51.
- [17] 罗泽娇,程胜高.我国生态监测的研究进展[J].环境保护,2003,3:41-44.
- [18] 薛雄志,杨喜爱.近岸海域污染的生态效应评价[J].海洋科学,2004,28(10):75-81.
- [19] 国家海洋局.海洋生态环境监测技术规程[Z].北京:国家海洋局,2002.
- [20] COSTANZA R,ARGER R,GROOT R,et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital[J]. Nature,1997,387:253-260.
- [21] 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,2010,32(1):177-183.
- [22] USEPA. National Coastal Condition Report III[R]. Washington DC: US Environmental Protection Agency,Office of Research and Development Office of Water,2008.
- [23] 陈伟琪,王萱.围填海造成的海岸带生态系统服务损耗的货币化评估技术探讨[J].海洋环境科学,2009,28(6):749-754.
- [24] MA(Millennium Ecosystem Assessment). Ecosystems and human well-being: A framework for assessment[M]. Washington: Island Press,2005.
- [25] GB17378.6-2007 海洋监测规范[S].
- [26] GB12763.6-2007 海洋调查规范(海洋生物调查)[S].
- [27] 鲁中明.近海环境表层海水pCO₂周日变化及控制过程[D].厦门:厦门大学,2007.
- [28] CARRILLOA C J,SMITH R C,KARL D M. Processes regulating oxygen and carbon dioxide in surface waters west of the Antarctic Peninsula[J]. Marine Chemistry,2004,84(3-4):161-179.
- [29] 胡瑞金.北印度洋的经向热输送与热收支的季节与年际变化[J].中国海洋大学学报(自然科学版),2005,35(3):363-369.
- [30] 小雨.1毫米的雨量怎样测得的?[EB/OL].<http://www.weather.com.cn/static/html/knowledge/20080704/3455.shtml> 2003-03-06.
- [31] GB3097-1997 海水水质标准[S].
- [32] HY/T 069-2005 赤潮监测技术规程[S].