

海洋生态环境承载能力评价方法验证及建议

——以浙江省近岸海域为例

陈思杨,李尚鲁,宋琍琍,刘瑞娟,余骏,刘希真

(浙江省海洋监测预报中心 杭州 310007)

摘要:为推动海洋资源的合理开发和有效保护,文章采用《资源环境承载能力监测预警技术方法(试行)》(《技术方法》)开展浙江省近岸海域海洋生态环境承载能力评价试点研究,验证指标体系和评价方法的适用性并提出建议。研究表明:《技术方法》的海洋环境承载状况评价结果更多代表氮磷水平,不足以客观反映海洋环境承载状况,而适应性验证方法的评价结果总体略好;海洋生态承载状况评价的适应性验证方法增加浮游植物参数,并以区域5年均值为基准,所得结果更为合理。针对《技术方法》的适用性问题以及业务化应用和管理的需求,建议:评价指标和具体参数的设置应考虑区位特点和自然属性,在海洋生态承载状况评价参数中增加浮游植物,并加长区域基准值的时间跨度;在集成评价时对指标设置较为合理的权重系数;加强中小尺度海洋生态环境承载能力研究;强化海洋生态环境承载能力评价与监测预警的结合应用。该研究成果可为进一步完善国家海洋生态环境承载能力监测预警工作提供技术支撑。

关键词:海洋生态环境承载能力;适应性验证;生态监测预警;海水水质;海洋生物

中图分类号:X82;X37;P76 文献标志码:A 文章编号:1005-9857(2021)04-0084-07

The Verification and the Suggestions of the Evaluation Method of Marine Eco-environmental Carrying Capacity: A Case Study of Zhejiang Offshore Area

CHEN Siyang, LI Shanglu, SONG Lili, LIU Ruijuan, YU Jun, LIU Xizhen

(Marine Monitoring and Forecasting Center of Zhejiang Province, Hangzhou 310007, China)

Abstract: In order to promote the development and protection of marine resources, the pilot study and adaptability verification of evaluation of marine eco-environmental carrying capacity in Zhejiang offshore area were carried out in this paper, based on the “Technical Method of Resources and Environment Carrying Capacity Monitoring and Early-Warning”. The index system, and evaluation methods in the Technical Method were verified, and the suggestions were put forward. The

收稿日期:2020-05-27;修订日期:2021-03-28
基金项目:浙江省资源环境承载能力监测预警项目(HY-2017-16).
作者简介:陈思杨,工程师,博士,研究方向为海洋生态监测预警
通信作者:李尚鲁,高级工程师,研究方向为海洋预警减灾技术和管理

result of marine environmental carrying capacity in the Technical Method was more representative of nitrogen and phosphorus level, which was not enough to objectively reflect the marine environmental carrying capacity, and the result of the adaptability verification method was slightly better. The adaptability verification method of marine ecological carrying capacity was more reasonable by adding the phytoplankton parameter and taking the average of past 5 years of this index as the standard. In view of the applicability of technical methods and the requirements of business application and management, the suggestions were given as follows. First, the regional characteristics and natural attributes should be considered to set evaluation indexes and parameters, the density of phytoplankton should be used to the index of ecological carrying capacity, and the time span of regional reference value should be prolonged. Second, a reasonable weight coefficient should be set in the integrated evaluation. Third, the study on the carrying capacity of marine ecological environment in small and medium scale should be strengthening. Fourth, the combined application of assessment and early warning of marine eco-environmental carrying capacity should be consolidated. The above research results can provide technical support for further improving the monitoring and early-warning of marine eco-environmental carrying capacity.

Keywords: Marine eco-environmental carrying capacity, Adaptability verification, Ecological monitoring and early warning, Seawater quality, Marine organism

0 引言

近岸海域是人类活动的中心地带,为人类的生存和发展提供大量的海洋资源^[1]。沿海地区的城市化和工业化发展对海洋资源的需求不断加大,资源供需矛盾日益凸显^[2]。海洋生态系统具有复杂性和脆弱性,过度开发利用近岸海域可能对海洋资源和生态系统造成不可逆的影响^[3],导致岸线和海域空间等资源大量消耗、渔业资源枯竭以及海洋生态系统多样性和生态价值降低^[4]。为实现海洋经济的可持续发展,亟须深入开展海洋资源环境承载能力评价与监测预警研究,减少经济发展对海洋资源环境的压力^[5]。

“建立资源环境承载能力监测预警机制”是党的十八大以来党中央做出的重大决策部署,是推进生态文明建设和“两山”理论的重大举措,是当前我国生态资源管理领域全面深化体制改革的重大任务。海洋生态环境承载能力是海洋资源环境承载能力的一部分,旨在探寻经济社会发展与海洋生态系统所能承受的最大纳污能力和自我修复能力之间的关系,以此推动海洋资源的合理开发和有效保护,对不当的人为活动提出预警并进行科学的调控管理^[6-7]。为贯彻落实党的十八届三中全会精神,

2016年国家发展和改革委员会等13部委联合印发《资源环境承载能力监测预警技术方法(试行)》(以下简称《技术方法》),建立海洋资源环境承载能力评价的技术路线^[8]。

本研究以浙江省近岸海域为研究区域,开展海洋生态环境承载能力评价试点研究,验证《技术方法》中有关海洋生态环境承载能力评价的指标体系和评价方法的适用性,并从技术方法、业务化应用和海洋生态资源管理的角度提出建立海洋生态环境承载能力评价长效机制的针对性建议,为进一步完善国家海洋生态环境承载能力监测预警工作提供技术支撑。

1 研究区域和数据来源

本研究对浙江省近岸海域的海洋环境承载状况和海洋生态承载状况进行综合分析,其中海洋环境承载状况通过海洋功能区水质达标率反映,海洋生态承载状况通过浮游生物和大型底栖动物生物量和生物密度的变化反映。浙江省近岸海域北界即从浙沪交界的金丝娘桥起向海延伸到领海外部界线,南界即从浙闽交界的虎头鼻经七星岛(星仔岛)南端至27°N往东延伸到领海外部界线,总面积

约为 4.44 万 km²。

采用的数据主要来源于浙江省海洋监测预报中心对浙江省近岸海域的监测数据。其中:水环境数据采用 2015 年 8 月全省海洋环境趋势性监测与调查结果数据,包括 312 个监测站点的无机氮、活性磷酸盐、化学需氧量、石油类、酸碱度、溶解氧、铜、汞、镉和铅 10 个主要参数,数据覆盖沿海各地,供海水水质等级制图使用;生态数据采用 2011—2015 年夏季海洋生物多样性监测数据,包括浮游动物(I 型网)、大型底栖动物和浮游植物(网样)定量监测数据,数据覆盖沿海各地。全部数据均为全省海洋生态环境监测的基础调查数据,监测单位通过海洋计量认证,数据权威可信,监测指标满足评价需求。

2 海洋生态环境承载能力监测评价技术方法

2.1 评价指标体系

采用《技术方法》中的海洋生态环境承载能力(E)监测预警指标体系,海洋环境承载状况(E_1)以海水水质状况和目标管理需求为设置依据,海洋生态承载状况(E_2)以海洋生物密度和生物量来反映。《技术方法》与适应性验证方法的指标内涵和具体参数如表 1 所示。

表 1 海洋生态环境承载能力监测评价指标体系比较

比较内容	《技术方法》		适应性验证方法	
	E_1	E_2	E_1	E_2
指标内涵	海洋功能区水质达标率	浮游动物(I 型网)和大型底栖动物密度和生物量与近 3 年数据的变化情况	海洋功能区水质达标率	浮游动物(I 型网)和大型底栖动物密度和生物量,浮游植物(网样)的密度与近 5 年数据的变化情况
具体参数	无机氮、活性磷酸盐、化学需氧量、石油类、酸碱度、溶解氧、铜、汞、镉、铅	浮游动物(I 型网)和大型底栖动物的定量监测数据	化学需氧量、石油类、酸碱度、溶解氧、铜、汞、镉、铅	浮游动物(I 型网)、大型底栖动物和浮游植物(网样)的定量监测数据

2.2 评价方法

根据《技术方法》,首先分别评价海洋生态环境承载能力的单项指标,根据评价阈值得出二级指标的评价结果,并直接用于承载状况分级。其中:海洋环境承载能力以县级行政区为评价单元;考虑到监测站点的分布状况和生物属性,海洋生态承载能力以地级市为评价单元。最终通过“短板效应法”对结果进行集成评价,并得出综合评价结果。

2.2.1 海洋环境承载状况

根据浙江省近岸海域水质监测与调查结果,依据国家海水水质标准^[9]和海水质量状况评价^[10]的相关技术要求,运用改进的距离反比例法对水质的具体参数进行插值和等值面提取,并计算各类海水水质等级的海域面积。依据《浙江省海洋功能区划》,将水质分类图与海洋功能区区划图进行叠加,计算农渔业区、旅游休闲娱乐区、海洋保护区、工业与城镇用海区、港口航运区、矿产与能源区、特殊利用区以及保留区 8 类一级海洋功能区的各级水质占比,同时根据一级海洋功能区的水质要求(表 2),计算各类海洋功能区的水质达标率。计算符合海洋功能区水质要求的面积占海域总面积的比重(E_1),以反映海洋环境承载状况。当 $E_1 \leq 80\%$ 时,海洋环境超载;当 $80\% < E_1 \leq 90\%$ 时,海洋环境临界超载;当 $E_1 > 90\%$ 时,海洋环境可载。

表 2 海洋功能区的水质要求

海洋功能区类型	海水水质要求
农渔业区	不劣于二类
港口航运区	不劣于四类
工业与城镇用海区	不劣于三类
矿产与能源区	不劣于四类
旅游休闲娱乐区	不劣于二类
海洋保护区	不劣于一类
特殊利用区	不劣于四类
保留区	不劣于四类

2.2.2 海洋生态承载状况

采用海洋生物多样性的定量监测数据,借鉴近岸海洋生态健康评价方法^[11]计算。浮游动物变化状况的计算公式为:

$$E_{2-F} = \frac{|\Delta D_F| + |\Delta N_F|}{2}$$

式中: E_{2-F} 为浮游动物变化状况; D_F 和 N_F 分别为浮游动物密度和生物量的多年平均值; ΔD_F 和 ΔN_F 分别为浮游动物密度和生物量现状值与平均值的变化情况。

当 $E_{2-F} \geq 50\%$ 时,浮游动物呈明显变化,赋值为 1;当 $25\% \leq E_{2-F} < 50\%$ 时,浮游动物出现波动,赋值为 2;当 $E_{2-F} < 25\%$ 时,浮游动物基本稳定,赋值为 3。

大型底栖动物变化状况的计算公式为:

$$E_{2-B} = \frac{|\Delta D_B| + |\Delta N_B|}{2}$$

式中: E_{2-B} 为大型底栖动物变化状况; D_B 和 N_B 分别为大型底栖动物密度和生物量的多年平均值; ΔD_B 和 ΔN_B 分别为大型底栖动物密度和生物量现状值与平均值的变化情况。

当 $E_{2-B} \geq 50\%$ 时,大型底栖动物呈明显变化,赋值为 1;当 $25\% \leq E_{2-B} < 50\%$ 时,大型底栖动物出现波动,赋值为 2;当 $E_{2-B} < 25\%$ 时,大型底栖动物基本稳定,赋值为 3。

浮游植物变化状况的计算公式为:

$$E_{2-P} = |\Delta D_P|$$

式中: E_{2-P} 为浮游植物变化状况; D_P 为浮游植物密度的多年平均值; ΔD_P 为浮游植物密度现状值与平均值的变化情况。

当 $E_{2-P} \geq 50\%$ 时,浮游植物呈明显变化,赋值为 1;当 $25\% \leq E_{2-P} < 50\%$ 时,浮游植物出现波动,赋值为 2;当 $E_{2-P} < 25\%$ 时,浮游植物基本稳定,赋值为 3。

《技术方法》中海洋生态综合承载指数的计算公式为:

$$E_2 = \frac{E_{2-F} + E_{2-B}}{2}$$

通常,当 $E_2 < 1.5$ 时,海洋生态超载;当 $1.5 \leq E_2 < 2.5$ 时,海洋生态临界超载;当 $E_1 \geq 2.5$ 时,海洋生态可载。

适应性验证方法中海洋生态综合承载指数的计算公式为:

$$E_2 = \frac{E_{2-F} + E_{2-B} + E_{2-P}}{3}$$

通常,当 $E_2 < 1.5$ 时,海洋生态超载;当 $1.5 \leq E_2 < 2.5$ 时,海洋生态临界超载;当 $E_1 \geq 2.5$ 时,海洋生态可载。

3 评价结果

3.1 海洋环境承载状况

根据《技术方法》的海洋功能区水质达标统计结果,全省海洋环境承载状况 $E_1 = 31.9\%$,即海洋环境超载。各海洋功能区的水质达标率如表 3 所示,其中矿产与能源区的水质达标率为 0。洞头区、平阳县、苍南县、椒江区和温岭市处于海洋环境临界超载状态,其余沿海地区处于海洋环境超载状态。

适应性验证方法的评价指标不考虑无机氮和活性磷酸盐,根据海洋功能区水质达标统计结果,全省海洋环境承载状况 $E_1 = 92.0\%$,即海洋环境可载。各海洋功能区的水质达标率如表 3 所示,其中保留区、港口航运区、工业与城镇用海区、矿产与能源区以及特殊利用区的水质达标率为 100%。宁海县和奉化区处于海洋环境超载状态,象山县、龙湾区、苍南县、平湖市、岱山县和嵊泗县处于海洋环境临界超载状态,其余沿海地区处于海洋环境可载状态。

表 3 浙江省海洋功能区的水质达标情况

海洋功能区	水质达标率/%	
	《技术方法》	适应性验证方法
保留区	74	100
港口航运区	20	100
工业与城镇用海区	4	100
海洋保护区	16	71
矿产与能源区	0	100
旅游休闲娱乐区	7	87
农渔业区	31	94
特殊利用区	8	100

3.2 海洋生态承载状况

《技术方法》评价结果如表 4 所示。

表 4 浙江省地级市海洋生态承载状况(《技术方法》)

地级市	ΔD_B	ΔN_B	E_{2-B} 赋值	ΔD_F	ΔN_F	E_{2-F} 赋值	E_2	承载类型
宁波市	0.129 0	−0.320	3	0.297	0.153	3	3.0	可载
温州市	0.488 0	−0.237	2	−0.481	−0.384	2	2.0	临界超载
嘉兴市	0.056 4	−0.727	2	0.788	0.809	1	1.5	临界超载
舟山市	0.303 4	−0.081	3	0.564	0.663	1	2.0	临界超载
台州市	−0.051 0	0.936	2	0.234	0.562	2	2.0	临界超载

由表 4 可以看出:嘉兴市、台州市和温州市海域的大型底栖动物出现波动(E_{2-B} 赋值为 2),舟山市和宁波市海域的大型底栖动物基本稳定(E_{2-B} 赋值为 3);嘉兴市和舟山市海域的浮游动物呈明显变化(E_{2-F} 赋值为 1),台州市和温州市海域的浮游动物出现波动(E_{2-F} 赋值为 2),宁波市海域的浮游动物基本稳定(E_{2-F} 赋值为 3);宁波市处于海洋生态可载状态,嘉兴市、舟山市、台州市和温州市处于海洋生态临界超载状态。

适应性验证方法评价结果如表 5 所示。

表 5 浙江省地级市海洋生态承载状况(适应性验证方法)

地级市	E_{2-B} 赋值	E_{2-F} 赋值	E_{2-P} 赋值	E_2	承载类型
宁波市	3	3	1	2.33	临界超载
温州市	2	2	1	1.67	临界超载
嘉兴市	2	1	1	1.33	超载
舟山市	3	1	1	1.67	临界超载
台州市	2	2	1	1.67	临界超载

由表 5 可以看出:嘉兴市、台州市和温州市海域的大型底栖动物出现波动(E_{2-B} 赋值为 2),舟山市和宁波市海域的大型底栖动物基本稳定(E_{2-B} 赋值为 3);嘉兴市和舟山市海域的浮游动物呈明显变化(E_{2-F} 赋值为 1),台州市和温州市海域的浮游动物出现波动(E_{2-F} 赋值为 2),宁波市海域的浮游动物基本稳定(E_{2-F} 赋值为 3);嘉兴市、台州市、温州市、舟山市和宁波市海域的浮游植物均呈明显变化(E_{2-P} 赋值为 1);嘉兴市处于海洋生态超载状态,宁波市、温州市、舟山市和台州市处于海洋生态临界超载状态。

3.3 海洋生态环境综合承载状况

浙江省近岸海域海洋生态环境综合承载状况如表 6 所示。

表 6 浙江省近岸海域海洋生态环境综合承载状况

地区	承载类型	
	《技术方法》	适应性验证方法
北仑区	超载	临界超载
镇海区	超载	临界超载
鄞州区	超载	临界超载
象山县	超载	临界超载
宁海县	超载	超载
余姚市	超载	临界超载
慈溪市	超载	临界超载
奉化区	超载	超载
龙湾区	超载	临界超载
洞头区	临界超载	临界超载
平阳县	临界超载	临界超载
苍南县	临界超载	临界超载
瑞安市	超载	临界超载
乐清市	超载	临界超载
海盐县	超载	超载
平湖市	超载	超载
定海区	超载	临界超载
普陀区	超载	临界超载
岱山县	超载	临界超载
嵊泗县	超载	临界超载
椒江区	临界超载	临界超载
路桥区	超载	临界超载
玉环市	超载	临界超载
三门县	超载	临界超载
温岭市	临界超载	临界超载
临海市	超载	临界超载

由表 6 可以看出:根据《技术方法》评价结果,除洞头区、平阳县、苍南县、椒江区和温岭市为临界超载外,其余沿海地区均为超载;根据适应性验证方

法评价结果,除宁海县、奉化区、海盐县和平湖市为超载外,其余沿海地区均为临界超载。

3.4 评价结果对比

与《技术方法》相比,适应性验证方法的海洋生态环境综合承载状况评价结果总体略好。就海洋环境承载状况的评价结果来看,《技术方法》的评价结果更多代表氮磷水平,不足以客观反映海洋环境承载状况,而适应性验证方法不考虑氮磷营养盐,评价结果总体略好。就海洋生态承载状况的评价结果来看,适应性验证方法指标体系增加浮游植物,并加长区域基准值的时间跨度,以区域5年均值为基准计算的 E_2 更为合理;根据《2017年中国海洋生态环境状况公报》^[12]、《2017年东海区海洋环境公报》^[13]和《2017年浙江省海洋环境公报》^[14],杭州湾生态监控区常年处于不健康状态。

4 对海洋生态环境承载能力评价的建议

4.1 指标体系的适用性和修改

现有评价方法的本质是单因子指数评价。由于浙江省近岸海域氮磷营养盐的本底较高,主要河口海湾和沿岸区域常年为劣四类海水水质标准,《技术方法》的评价结果更多代表氮磷水平,不足以客观反映海洋环境承载状况。此外,《浙江省海洋功能区划》(2011—2020年)对海洋保护区、农渔业区和旅游休闲娱乐区的水质要求是不劣于一类或二类海水水质标准,而这3类功能区的海域面积累计占比达81%,远高于浙江省“十三五”时期海域水质优良占比为23%的考核目标要求,与浙江省海洋环境状况实际不符。建议评价指标和具体参数的设置以自然资源生态系统禀赋条件为关注点,同时考虑区位特点和自然属性,使用评价指标的增量或其他综合方法进行评价,对于不同的功能区可根据其功能要求选用特征指标进行评价。

《技术方法》的海洋生态承载状况评价结果不能全面反映海洋生态承载状况,因为海洋生物除浮游动物和大型底栖动物外,还包括浮游植物和游泳动物等其他类型生物,这些类型的生物同样是构成海洋生态系统的重要组成部分,且海洋生物的变化是长期的过程。建议增加浮游植物参数,并加长区域基准值的时间跨度。

4.2 评价方法的适用性和修改

《技术方法》采用“短板效应法”集成评价海洋生态环境综合承载状况,即只要有1项指标超载就判定综合超载。“短板效应法”的内容和操作简单,但评价结果的客观性和科学性不足。为建立海洋生态环境承载能力评价的长效机制以及加强海洋生态监测预警部门的业务化应用,建议在未来的承载能力评价方法研究中,根据区域的生态环境特征,对指标设置较为合理的权重系数,集成评价海洋生态环境承载能力,更客观地表征近岸海域的生态环境状况。

4.3 加强中小尺度海洋生态环境承载能力研究

由于海域具有开放性和流动性,区域内部和区域之间存在物质能量交换,区域尺度下尤其是县级区域小尺度下的海洋生态环境承载能力评价较为复杂。此外,海洋生物资源的分布、种质资源保护区的划分以及生物的自然繁衍和洄游等对调查评价的时间也有一定的限制。建议加强中小尺度海洋生态环境承载能力研究,逐步建立县级行政区海洋生态环境承载能力评价的长效机制,为构建自然资源生态环境承载能力评价与监测预警机制提供基础技术支撑。

4.4 强化海洋生态环境承载能力评价的应用

目前海洋生态环境承载能力评价研究存在“重评价、轻应用”的问题,研究重点多集中于指标体系的选取和评价方法的构建等技术问题,然而评价结果对生态预警监测的指导以及成果转化的运用稍显不足。建议建立海洋生态环境承载能力评价与监测预警的常态化机制,不断强化评价与监测预警的结合,提升生态监测技术和手段。自然资源部集土地、矿产、海域、水、森林和草原等主要自然资源的管理于一体^[15],建议分析产业布局与近岸海域生态环境承载能力的关系,深化海洋生态环境承载能力评价在海洋空间规划、海洋生态红线划定和海洋用途管制等方面的应用。

5 结语

海洋生态环境承载能力评价是推动海洋资源合理开发和有效保护以及预警海洋生态问题的有力技术支撑。通过对浙江省近岸海域海洋生态环

境承载能力评价的试点研究,《技术方法》的海洋环境承载状况评价结果更多代表氮磷水平,不足以客观反映海洋环境承载状况,而适应性验证方法的评价结果总体略好;海洋生态承载状况评价的适应性验证方法增加浮游植物参数,并以区域 5 年均值为基准,所得评价结果更为合理。因此,建议在海洋生态环境承载能力评价时考虑区位特点和自然属性选择水质参数,增加浮游植物参数,并加长区域基准值的时间跨度;在集成评价时对指标设置较为合理的权重系数,更客观地表征生态环境状况;加强中小尺度海洋生态环境承载能力研究,逐步建立县级行政区海洋生态环境承载能力评价的长效机制;强化海洋生态环境承载能力评价的应用,突出评价与监测预警的结合,深化海洋生态环境承载能力评价在海洋空间规划、海洋生态红线划定和海洋用途管制等方面的应用。

参考文献

[1] PRIMAVERA J H.Overcoming the impacts of aquaculture on the coastal zone[J].Ocean & Coastal Management,2006(49): 531—545.

[2] 兰冬东,朱荣娟,李冕,等.我国近岸海域污染防治对策研究

[J].海洋开发与管理,2017,34(11):70—73.

[3] 赵鹏,李双建.陆海统筹视角下对自然岸线红线制度的思考[N].中国海洋报,2012—09—17(3).

[4] 李洋.钦州茅尾海资源环境承载力研究[D].桂林:广西师范学院,2016.

[5] 狄乾斌,韩增林,孙才志.海域承载力理论与海洋可持续发展研究[J].海洋开发与管理,2008,25(1):52—55.

[6] 关道明,张志锋,杨正先,等.海洋资源环境承载力理论与测度方法的探索[J].中国科学院院刊,2016:1241—1247.

[7] 樊杰,王亚飞,汤青,等.全国资源环境承载力监测预警(2014版)学术思路与总体技术流程[J].地理科学,2015,35(1): 1—10.

[8] 国家发展和改革委员会.资源环境承载力监测预警技术方法(试行)[Z].2016.

[9] 国家环境保护局,国家海洋局.海水水质标准:GB 3097—1997[S].北京:中国环境科学出版社,2004.

[10] 国家海洋局.海水质量状况评价技术规程(试行)[Z].2015.

[11] 国家海洋局.近岸海洋生态健康评价指南:HY/T 087—2005[S].北京:中国标准出版社,2008.

[12] 国家海洋局.2017 年中国海洋生态环境状况公报[Z].2018.

[13] 国家海洋局东海分局.2017 年东海区海洋环境公报[Z].2018.

[14] 浙江省海洋与渔业局.2017 年浙江省海洋环境公报[Z].2018.

[15] 董祚继.关于新时代自然资源工作使命的思考[J].国土资源, 2018(4):13—17.