

海洋渔场生态环境质量状况综合评价方法探讨

贾晓平¹, 杜飞雁², 林 钦¹, 李纯厚¹, 蔡文贵¹

(1. 中国水产科学研究院 海洋渔业环境与污染监控技术重点开放实验室,
广东 广州 510300; 2. 上海水产大学, 上海 200090)

摘要:海洋渔场生态环境质量状况的评价与保护是海洋渔业资源和渔业生态环境的基础。本文从海洋水文、海洋化学、初级生产力水平和饵料生物水平等方面对其进行综合性探讨,初步建立了海洋渔场生态环境质量综合指数评价方法,并以北部湾渔场为例进行评价实践,旨在建立一套较成熟的综合评价方法,从而为我国海洋渔业生态环境评价提供参考依据。

关键词:海洋渔场;环境质量;评价方法

中图分类号:X820.2

文献标识码:A

文章编号:1005-8737(2003)02-0160-05

海洋渔场生态环境是海洋渔业资源赖以生存、生长、繁衍的基础,保护和维系良好的海洋渔场生态环境,是海洋渔业资源可持续开发和利用的基础条件和保障。建国以来,我国对海洋渔场生态环境进行了一系列调查和研究,对海洋渔场生态环境质量评价进行了许多有益的研究和探讨^[1-2]。然而,到目前为止,尚未形成一套全面、系统、定量的评价方法。为此,本文从构成海洋渔场生态环境的海洋水文、海洋化学、初级生产力水平和饵料生物水平等方面探讨综合评价方法,以期推进海洋渔场生态环境质量评价方法的进一步发展,为海洋渔场生态环境的管理、保护和利用提供参考依据。

1 综合评价方法探讨

1.1 关键因子和主要评价内容的筛选和确定

构成和影响海洋渔场生态环境的因子繁多,其中最基础、最具代表性的因子是海洋水文、海洋化学、初级生产力和饵料生物水平,前二者为海洋理化

环境因子,后二者为海洋生物环境因子。因此,海洋渔场生态环境质量综合评价将以上述4个方面作为主要评价内容。

1.2 海洋水文特征评述

海洋水文是海洋渔场形成的水动力条件,它与海水化学、初级生产力水平和饵料生物水平的时空变化有着十分密切的因果关系。在综合评价中,海洋水文无法进行定量评价,因此,只宜采用定性的方法进行描述,以阐明其变化的基本特征。

1.3 海水化学特征与水质评价

海水化学因子是反映海水水质的主体。在渔场生态环境质量评价过程中,应根据渔场海域的海化状况及周边污染源构成情况,有选择地对海化因子和污染物进行评价。根据近20年调查和监测结果^[3-4],我国近海渔场的主要污染问题是有机污染(以COD为表征)、富营养化、石油类(TPH)污染和重金属污染。

1.3.1 海水水质评价 海水水质有机污染状况采用有机污染指数法评价(A值),其他水质因子污染状况采用单因子质量指数法评价,其评价标准采用渔业水质标准和海水水质标准^[6]。中一类海水水质标准(表1),水质质量分级标准列于表2。在海洋环境质量综合评价时,有机污染A值各等级可相应换算为相应等级的 P_i 值。

收稿日期:2002-03-01.

基金项目:国家海洋勘测专项资助(126-02-03);广东省科技兴海重大项目(A200099E01).

作者简介:贾晓平(1949-),男,研究员,主要从事海洋渔业生态环境研究.

1) 中华人民共和国科学技术委员会海洋组海洋综合调查办公室. 全国海洋综合调查报告[R]. 1964.

表1 海水水质评价标准

Table 1 Assessment standard of sea water quality mg/L

评价因子 Assessment factors	评价标准 Assessment standard
C_{DO}	≥ 5.0
C_{COD}	< 2.0
C_{DIN}	0.20
C_{PO_4-P}	0.015
C_{TPH}	0.05
C_{Cu}	0.001
C_{Pb}	0.005
C_{Cd}	0.0005

注:重金属评价因子选择因不同渔场而异,本文以 Cu、Pb、Cd 为例。

Note: The assessment factors of heavy metal ions are different with different fishing ground. In this study, Cu, Pb and Cd are used.

表2 海水水质状况分级

Table 2 Grade of sea water quality

有机污染(A) Organic pollution	等级 Grade	质量评价 Quality Assessment	石油类与重金属污染(P_i) TPH and heavy metal pollution	等级 Grade	质量评价 Quality assessment
< 0	1	优良 Excellent	< 0.4	1	自然本底 Background
$0 \sim 1$	2	清洁 Clean	$0.4 \sim 0.6$	2	清洁 Clean
$1 \sim 2$	3	较清洁 Relatively clean	$0.6 \sim 0.8$	3	较清洁 Relatively clean
$2 \sim 3$	4	轻度污染 Slight pollution	$0.8 \sim 1.0$	4	轻度污染 Slight pollution
$3 \sim 4$	5	中度污染 Medium pollution	$1.0 \sim 2.0$	5	污染 Pollution
> 4	6	严重污染 Serious pollution	> 2.0	6	严重污染 Serious pollution

1.3.2 营养结构与营养水平 海水营养结构的适宜程度采用氮、磷、硅的含量水平以及三者间的比值进行评价。一般而言,海水中 DIN 和 PO_4-P 的浓度分别在 $6 \mu\text{mol/L}$ 和 $0.5 \mu\text{mol/L}$ 才能满足浮游植物正常生长的需求,而 $C_{Si}:C_N:C_P$ 的正常范围大体为 32:16:1(浓度比)。

海水营养水平采用营养指数法评价^[7-8]。海水营养水平指数计算公式有 2 种,其一为:

$$E = \frac{C_{COD} \times C_{DIN} \times C_{PO_4-P}}{1500} \quad (4)$$

式(4)中 E 为海水营养水平指数,其水平分级见表 3。 C_{COD} 、 C_{DIN} 和 C_{PO_4-P} 分别为海水中 COD、DIN 和 PO_4-P 的实测浓度值。 C_{COD} 的单位为 mg/L, C_{DIN} 和 C_{PO_4-P} 单位为 $\mu\text{g/L}$ 。

海水营养水平指数另一种计算公式为:

$$NQI = \frac{C_{CODi}}{C_{CODs}} + \frac{C_{DINI}}{C_{DINs}} + \frac{(C_{PO_4-P})_i}{(C_{PO_4-P})_s} \quad (5)$$

式(5)中 I_{NQ} 为海水营养水平指数,各分子分别为 COD、DIN、 PO_4-P 的实测质量浓度值,分母分别

海水有机污染评价公式为^[7-8]:

$$A = \frac{C_{COD}}{C'_{COD}} + \frac{C_{DIN}}{C'_{DIN}} + \frac{C_{PO_4-P}}{C'_{PO_4-P}} - \frac{C_{DO}}{C'_{DO}} \quad (1)$$

式(1)中 A 为有机污染指数,各分子分别为 COD、DIN、 PO_4-P 、DO 的实测值,分母为各检测因子相应的评价标准值。

海水水质评价公式为^[7]:

$$P_i = \frac{C_i}{C_s} \quad (2) \quad P_i = \frac{C_{i\max} - C_i}{C_{i\max} - C_s} \quad (3)$$

式(2)中 P_i 为各评价因子的质量指数, C_i 为各评价因子的实测浓度值, C_s 为各评价因子的评价标准值。式(3)为 DO 评价公式, P_i 为 DO 的质量指数, $C_{i\max}$ 为 DO 在海水中的最大浓度, C_i 为 DO 的实测浓度, C_s 为 DO 的评价标准值。

表3 海水营养水平分级

Table 3 Nutrition grade of sea water

E	等级 Grade	营养水平 Nutrition level	NQI 值	等级 Grade	营养水平 Nutrition level
$0 \sim 0.5$	1	贫营养 Low	< 2	1	贫营养 Low
$0.5 \sim 1.0$	2	中营养 Medium	$2 \sim 3$	2	中营养 Medium
> 1.0	3	富营养 Eutrophic	> 3	3	富营养 Eutrophic

为各因子相应的评价标准,其水平分级见表 3。在海洋环境质量综合评价时, NQI 值可换算为相应的 E 值, E 值可对应于相应的 P_i 值范围。

1.4 初级生产力和饵料生物水平评价

初级生产力和饵料生物水平是衡量海洋渔场生态环境质量状况的重要标志,我国不同海域不同渔场的初级生产力水平和饵料生物水平差异很大,本文根据我国历次调查结果,尤其是近 5 年来的调查结果,将初级生产力和饵料生物水平划分为 6 个等级(见表 4),在综合评价时,水平指数值即 P_i 值。

表4 初级生产力和饵料生物水平分级
Table 4 Grade of primary productivity and diet organism level

项目 Item	等 级 Grade					
	1	2	3	4	5	6
水平状况 Status	低水平 Low	中低水平 Relatively low	中等水平 Medium	中高水平 Relatively high	高水平 High	超高水平 Super high
水平指数 Level index	>1.0	1.0~0.8	0.8~0.6	0.6~0.4	0.4~0.2	<0.2
初级生产力/[mg(C)·mg ⁻¹ ·d ⁻¹] Primary productivity	<200	200~300	300~400	400~500	500~600	>600
浮游植物/(×10 ⁴ ·ind·m ⁻³) Phytoplankton	<20	20~50	50~75	75~100	100~200	>200
浮游动物/(mg·m ⁻³) Zooplankton	<10	10~30	30~50	50~75	75~100	>100
底栖生物/(g·m ⁻²) Benthic organism	<5	5~10	10~25	25~50	50~100	>100

1.5 渔场环境质量综合评价

一般情况下,海洋渔场环境无特定污染源或个别污染物造成严重污染时,采用加和平均型综合指数法评价能很好地反映渔场环境综合质量,评价公式为:

$$I_p = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n P_i \quad (6)$$

式(6)中 I_p 为环境综合质量指数, P_i 为各评价因子分指数,即海水水质指数、初级生产力水平指数和饵料生物水平指数。

海洋渔场环境综合质量状况等级划分列于表5。根据渔场环境质量综合评价公式计算所得的指数范围,同时综合考虑各方面因素,可对待评价渔场环境质量作出综合评价结论。

表5 海洋渔场环境综合质量状况分级

Table 5 Comprehensive quality grade of marine fishing ground environment

等级 Grade	指数 Index range	质量状况 Quality status
1	0.2	优级 Excellent
2	0.2~0.4	优良 Fine
3	0.4~0.6	良好 Relatively fine
4	0.6~0.8	一般 General
5	0.8~1.0	较差 Poor
6	>1.0	很差 Very poor

2 北部湾渔场生态环境质量评价实践

2.1 温盐特征

北部湾渔场位于我国海南省莺歌海与越南昏果岛连线以北海域,面积约 $16 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。北部湾渔场属热带季风气候,年平均气温 25°C 左右。北部湾渔

场的表层水温为 $17.88 \sim 30.62^\circ\text{C}$, 平均 25.25°C 。夏季表层水温分布较均匀,平均 29.74°C 。其他3个季节水温分布趋势相似,均为由湾口向湾顶递减。在湾口处有明显的高温水舌伸入湾内。底层水温为 $17.99 \sim 30.02^\circ\text{C}$, 平均 22.58°C , 春季底层水温分布较均匀。夏、秋、冬季底层水温均呈由湾口向湾顶递减的分布特征。

北部湾表层盐度春、夏季相对较低,平均值分别为 33.92 和 32.00, 分布较均匀;而秋、冬季盐度较高,分别为 33.02 和 33.31, 均呈湾口向湾顶递减的分布特征,在湾口处均有明显的高盐舌伸入湾内。4个季节底层盐度的平均值相近,为 33.24~33.65, 平面分布均表现为由湾口向湾顶递减。

2.2 海水水质与营养水平

北部湾渔场海水水质评价的有关数据列于表6。DO 质量浓度为 $5.80 \sim 6.57 \text{ mg/L}$, 年平均 6.03 mg/L , 高于渔业水质标准(不得小于 5.0 mg/L)。COD 质量浓度均低于 2.0 mg/L , 未见超标现象。DIN 和 $\text{PO}_4\text{-P}$ 浓度均未超过一类海水水质标准限值(0.20 mg/L 和 0.015 mg/L), 污染指数分别为 0.20 和 0.40, 显示其处于未受明显污染状况。 $\text{SiO}_3\text{-Si}$ 浓度处于历年调查所测浓度范围内,没有观察到异常变化(无规定水质标准)。石油类的质量浓度为 $0.02 \sim 0.04 \text{ mg/L}$, 平均 0.03 mg/L , 均未超标,其污染指数平均值为 0.60, 表明处于较清洁水平。海水中 Cu、Pb、Cd 的浓度均未超标,其污染指数平均值分别为 0.30、0.14 和 0.06, 处于评价等级 1 级,属自然本底状态。

表6 北部湾渔场海水水质评价
Table 6 Assessment results of sea water quality of Beibu Bay fishing ground

项目 Item	DO/ (mg · L ⁻¹)	COD/ (mg · L ⁻¹)	DIN/ (μg · L ⁻¹)	PO ₄ -P/ (μg · L ⁻¹)	TPH/ (mg · L ⁻¹)	Cu/ (μg · L ⁻¹)	Pb/ (μg · L ⁻¹)	Cd/ (μg · L ⁻¹)
浓度 Concentration	5.80 ~ 6.57	0.38 ~ 0.44	0.11 ~ 0.09	0.002 ~ 0.012	0.02 ~ 0.04	0.2 ~ 0.4	0.6 ~ 0.8	0.2 ~ 0.4
平均 Mean	6.03	0.41	0.04	0.006	0.03	0.3	0.7	0.3
污染指数 Pollution index	0.51 ~ 0.75	0.19 ~ 0.22	0.05 ~ 0.45	0.13 ~ 0.80	0.40 ~ 0.80	0.20 ~ 0.40	0.12 ~ 0.16	0.04 ~ 0.08
平均 Mean	0.68	0.21	0.20	0.40	0.60	0.30	0.14	0.06

北部湾渔场海水有机污染营养状况评价结果见表7。海水有机污染指数 A 为 $-0.881 \sim 0.239$, 平均 -0.411 , 水质总体上为优良等级。其中最高值出现在夏季, 水质污染程度为2级, 即较好等级, 其余3个季节水质均处于优良等级。总体而言, 在北部湾海水营养结构中 C_N/C_P 比率基本合理, 但 C_{Si}/C_P 和 C_{Si}/C_N 比率不够平衡, 春季 C_{Si}/C_P 和 C_{Si}/C_N 比

率明显较低, SiO_3-Si 浓度不能满足营养结构的最佳需求。海水中 C_N/C_P 比率虽然基本合理, 但 DIN 和 PO_4-P 的浓度均低于浮游植物生长所需的最佳浓度下限。北部湾渔场海水的 E 范围和平均值分别为 $0.003 \sim 0.083$ 和 0.022 , NQI 的范围和平均值分别为 $0.43 \sim 1.41$ 和 0.79 , 表明海水处于贫营养状态。

表7 北部湾渔场海水营养结构与营养状况评价
Table 7 Assessment results of sea water nutrition structure and nutrition status of Beibu Bay fishing ground

季节 Season	有机污染状况 Organic pollution status		营养结构 Nutrition structure			营养状况 Nutrition status		
	A	质量状况 Quality status	C_{Si}/C_P	C_N/C_P	C_{Si}/C_N	NQI	E	营养级 Nutrition status
春季 Spring	-0.521	优良 Fine	1.86	5.06	0.36	0.64	0.060	贫营养 Low
夏季 Summer	0.239	较好 Relatively fine	26.9	17.3	1.73	1.41	0.083	贫营养 Low
秋季 Autumn	-0.881	优良 Fine	18.9	11.5	1.59	0.43	0.003	贫营养 Low
冬季 Winter	-0.025	优良 Fine	24.8	25.1	0.81	1.27	0.075	贫营养 Low
平均值 Average	-0.411	优良 Fine	21.9	16.8	1.30	0.79	0.022	贫营养 Low

2.4 初级生产力水平

北部湾渔场初级生产力水平范围为 $284.13 \sim 643.24 \text{ mg(C)}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$, 平均值为 $425.94 \text{ mg(C)}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ (表8)。其初级生产力夏季最高, 为6级; 春季最低, 为2级, 全年平均初级生产力水平为4级, 属于中高初级生产力海域。

2.5 饵料生物水平

北部湾渔场浮游植物的生物量为 $(44.23 \sim 229.00) \times 10^4 \text{ ind}/\text{m}^3$, 平均 $132.30 \times 10^4 \text{ ind}/\text{m}^3$ (见表8), 生物量水平为5级, 属于高生物量海域。浮游动物的生物量范围为 $16.87 \sim 27.70 \text{ mg}/\text{m}^3$, 平均 $22.46 \text{ mg}/\text{m}^3$, 生物量水平为2级, 属于中低生物量

海域。底栖生物的生物量范围为 $8.4 \sim 10.8 \text{ mg}/\text{m}^3$, 平均值为 $9.4 \text{ mg}/\text{m}^3$ (见表8), 生物量水平为2级, 属于中低生物量海域, 结果见表8。

2.6 渔场环境综合评价

北部湾渔场水质符合渔业水质标准或一类海水水质标准; C_N/C_P 比率合理, C_{Si}/C_P 和 C_{Si}/C_N 比率偏低, SiO_3-Si 相对不足; 水体未受明显有机污染, 处于贫营养状态; 初级生产力属中高营养级; 饵料生物量总体属中等水平。根据公式(6)计算结果, 北部湾渔场环境综合质量指数为 0.45 , 总体上处于良好水平。

表8 北部湾渔场初级生产力和饵料生物水平评价

Table 8 Assessment results of primary productivity and diet organism level of Beibu Bay fishing ground

项目 Item	水平范围 Level range	水平等级 Level grade	水平指数 Level index
初级生产力/[mg(C)·mg ⁻¹ ·d ⁻¹] Primary productivity	284.8~643.2 (425.9)	2~5 (4)	0.83~0.18 (0.52)
浮游植物/(×10 ⁴ ind·m ⁻³) Phytoplankton	44.23~229.00 (132.30)	2~6 (5)	0.83~0.19 (0.34)
浮游动物/(mg·m ⁻³) Zooplankton	16.87~27.70 (22.46)	2~2 (2)	0.93~0.82 (0.87)
底栖生物/(mg·m ⁻²) Benthic organism	8.4~10.8 (9.4)	2~2 (2)	0.84~0.79 (0.83)

3 小结

本文从海洋水文、海水化学、初级生产力水平和饵料生物水平4个方面探讨了海洋渔场综合评价方法,初步建立起海洋渔场生态环境质量综合指数评价方法,并以北部湾渔场为例进行了评价实践,评价结果表明,所建立的方法基本可行,但仍有不足之处,需在进一步的实践和验证过程中不断修改、补充和完善,以期海洋渔场生态环境的管理、保护和利用提供更完善的方法。

参考文献:

[1] 全国海岸带和海涂资源综合调查领导小组办公室. 全国海岸

带和海涂资源综合调查报告[R]. 北京:海洋出版社,1988.

[2] 全国海岛资源综合调查领导小组办公室. 全国海岛资源综合调查报告[R]. 北京:海洋出版社,1995.

[3] 国家海洋局监测服务公司. 中国海洋环境监测十五年[M]. 北京:海洋出版社,1994.

[4] 贾晓平,蔡文贵,林 钦. 我国沿海水域的主要污染问题及其对海水增殖的影响[J]. 中国水产科学,1997,4(4):5-9.

[5] GB11607-1989,渔业水质标准[S].

[6] GB3097-1997,海水水质标准[S].

[7] 傅海靖. 海洋污染与保护[M]. 北京:科学出版社,1979:113-121.

[8] 蒋国昌. 浙江沿海富营养化程度的初步探讨[J]. 海洋通报,1987,6(4):38-39.

A study on comprehensive assessment method of ecological environment quality of marine fishing ground

JIA Xiao-ping¹, DU Fei-yan², LIN Qin¹, LI Chun-hou¹, CAI Wen-gui¹

(1. Key Laboratory of Marine Fishery Ecology Environment and Pollution Monitoring & Control Technique, Chinese Academy of Fishery Sciences, Guangzhou 510300, China; 2. Shanghai Fisheries University, Shanghai 200090, China)

Abstract: The quality assessment of marine fishing ground ecological environment is the base for protecting marine fisheries resource and fisheries ecological environment. Up to date no mature comprehensive assessment method has been reported. A study on the comprehensive assessment method, including marine hydrology, marine chemistry, primary productivity level and diet organism level, was carried out and a comprehensive index method of marine fishing ground ecological environment was established. This assessment method was tested against Beibu Bay fishing ground and the results verified its practicalness. The purpose of this study is to present a basic means for quality assessment of marine fishing ground ecological environment.

Key words: marine fishing ground; ecological environment quality; assessment method