

长江口及邻近渔业水域生态环境质量综合评价

沈新强, 晁敏

(中国水产科学研究院东海水产研究所, 农业部海洋与河口渔业重点开放实验室, 上海 200090)

摘要: 根据 2002—2003 年进行的对我国长江口及邻近渔业水域的水质、表层沉积物质量和浮游生物的监测结果, 采用主成分分析法, 综合评价了该渔业水域的生态环境质量状况。结果表明, 长江口水域生态环境综合质量处于“中污染”状态。在 4 航次中除 2003 年 5 月处于“轻污染”级别外, 其余 3 航次均处于“中污染”级别。长江口水域生态环境综合质量具有明显的季节性变化特征, 夏季该区生态环境质量状况劣于春季。从水质、底质、生物指标对总得分的贡献率来看, 长江口水域水质指标的贡献率最高, 达到 66.83%, 生物指标为 23.37%, 底质指标贡献率最低, 仅为 7.80%, 长江口及邻近渔业水域生态环境质量主要受水质指标影响。对二级指标得分对总得分贡献率进行深入分析, 贡献率大于 5% 的指标为: Cu(28.88%), 叶绿素 a(15.96%), 油类(14.52%), 无机氮(8.47%), 浮游植物(7.05%), 由此可认为 Cu、叶绿素、油类、无机氮、浮游植物指标是长江口及邻近水域生态环境质量的主要指示指标。

关键词: 长江口; 渔业水域; 生态环境质量; 综合评价

中图分类号: X824 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672 - 2043(2005)02 - 0270 - 04

Comprehensive Assessment for Fisheries Eco - environmental Quality in Changjiang Estuary and Its Adjacent Zones

SHEN Xin-qiang, CHAO Min

(East China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fisheries Sciences, Key Lab of Marine and Estuary Fisheries, Ministry of Agriculture, Shanghai 200090, China)

Abstract: The Changjiang River estuary is an important ecological and economic area in fisheries. In recent years, the ecological environment quality of the waters tends to decrease. Based on the monitoring results of water quality, sediment and plankton in the fisheries waters near the Changjiang River estuary in May and August of 2002 to 2003, using principal component analysis (PCA) method and sea water quality standard, marine sediment quality standard and bio - diversity index standard, the eco - environment quality of the fisheries waters were assessed. The mean total score showed that the comprehensive quality was at the level of “middle pollution”, and at “light pollution” level in May 2003, but at “middle pollution” level in other three seasons. There existed a typical seasonal change of eco - environmental quality in the assessment areas. The eco - environmental quality in spring season was better than that in summer. The contribution rate of water index to total score was 66.83%, while, sediment and plankton contribution rate were 7.80%, 23.37% respectively, which meant that the water quality index significantly influenced the mean eco - environmental quality of Changjiang Estuary. Analyzing the second index contribution rate of water, sediment and plankton, we found that the contribution rates of five indexes were larger than 5% (Copper, 28.88%; Chlorophyll a, 15.96%; Oil, 14.52%; Inorganic Nitrogen, 8.47%; Phytoplankton, 7.0%). These five indexes could be regarded as the indicator index of eco - environmental quality near Changjiang Estuary waters.

Keywords: Changjiang Estuary; fisheries waters; eco - environment quality; comprehensive assessment

长江口水域独特的地理环境条件成为多种鱼、虾、蟹类的繁殖、肥育及仔幼鱼的生长场所。长江口水域又是海淡水间洄游性鱼类的通道, 生长栖息着咸淡

水混合鱼类、降海性和溯河性鱼类, 其中有些是重要经济鱼种, 有些是国家珍稀保护鱼类, 还有不少是养殖苗种资源, 在渔业上是一个重要的生态经济水域^[1]。但近年该区渔业资源呈持续退化趋势, 如生态系统内部优势种交替, 个别种群衰退、枯竭; 种群内部结构变化, 个体变小, 性成熟提前; 生命周期长、营养级别高

收稿日期: 2004 - 06 - 30

资助项目: 科技部社会公益研究专项资金项目资助(2001DIA10014)

作者简介: 沈新强(1951—), 男, 上海市青浦区人, 研究员, 主要从事海洋渔业生态与环境研究。E-mail: esrms@public2.sta.net.cn

的优质品种被短周期、低营养级的品种替代等等,同时也出现了饵料基础的退化现象^[2,3]。该水域污染和富营养化严重,导致赤潮频发^[4,6]。本文根据 2002 年和 2003 年 5 月、8 月进行的 4 次对水质、底质、生物的监测结果,综合评价了该渔业水域的生态环境质量状况。

1 材料与方法

1.1 综合评价指标体系构建

生态环境质量综合评价的指标分为两级,一级指标为水质指标、表层沉积物指标和生物指标,二级指标是对一级指标的具体细化,其中水质指标选用无机氮、无机磷、Cu、Zn、Pb、Cd、溶解氧、石油类、化学需氧量共计 9 个指标;表层沉积物指标选用 Cu、Zn、Pb 和 Cd 共计 4 个指标;生物指标选用浮游植物生物多样性、浮游动物生物多样性、叶绿素 a 共计 3 个指标。本评价指标采用的数据来自 2002 年和 2003 年 5 月、8 月在长江口及邻近渔业水域的监测数据,共设置 20 个监测站点,各监测点的位置如图 1 所示。

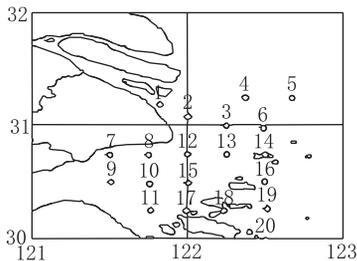


图 1 监测站位分布

Figure 1 Distribution of monitoring stations

1.2 数据处理与采用的标准

由于各评价指标具有不同的量纲,因此对数据进行无量纲化处理。所采用的标准为:水质诸指标统一采用渔业水质标准^[8],如渔业水质标准中没有规定则采用海水水质一类标准^[9];表层沉积物诸指标采用海洋沉积物质量一类标准^[10];生物指标中浮游生物多样性指数采用香农-威纳指数(H')^[11],叶绿素 a 指标以 1.0 为评价标准^[12]。

1.3 主成分分析中的关键参数确定

采用主成分分析法对评价指标进行赋权,计算所采用的矩阵形式为协方差矩阵,用方差最大化方法对因子进行正交旋转,得到的因子载荷矩阵即为主成分的权系数矩阵,结合主因子的方差贡献率,计算每一主因子的得分^[7]。

$$Z_k = bk_1 X_1 + bk_2 X_2 + \dots + bk_p X_p \quad (1)$$

式中: Z_k 为第 K 个主成分的得分, X_1, X_2, \dots, X_p

为无量纲化的指标值; bk_1, bk_2, \dots, bk_p 为第 K 个主成分在指标 X_1, X_2, \dots, X_p 上的荷载系数。

K 个主成分的得分计算公式为:

$$Z = a_1 Z_1 + a_2 Z_2 + a_3 Z_3 + \dots + a_k Z_k \quad (2)$$

式中: a_k 为第 K 个主成分的方差贡献率。

式(1)代入式(2),则得站位得分公式(3):

$$Z = \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_p X_p \quad (3)$$

式中: $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_p$ 为指标 X_1, X_2, \dots, X_p 的权系数; X_1, X_2, \dots, X_p 为无量纲化的指标值。

由于水质、沉积物、生物指标数量不等,综合处理会造成水质指标实际权数过大,对三类指标分别进行了主成分分析,求得各自得分,再综合在一起进行下一步的主成分分析,确定水质、沉积物和生物质量一级指标的权系数,求出总得分。

1.4 生态环境质量综合评价等级的划分

把生态环境质量分为清洁、轻污染、中污染和重污染 4 个级别,参照海水水质标准分级值、沉积物质量标准分级值、文献中对生物质量的等级划分,确定 4 级别的初步分级原则(即水质、沉积物质量满足一类标准,叶绿素 a 指数 ≤ 1 , 浮游生物多样性指数 ≥ 3 , 为清洁;水质、沉积物质量处于 1~2 类之间,叶绿素 a 指数处于 1~5 之间,浮游生物多样性指数处于 2~3 之间为轻污染,水质、沉积物质量处于 2~3 类之间,生物质量叶绿素 a 处于 5~10 之间,浮游生物多样性指数处于 1~2 之间为中污染,水质、沉积物质量大于 3 类标准,叶绿素 a 指数大于 10,浮游生物多样性指数小于 1,为重污染),结合主成分分析结果可求得每个级别的综合得分,该得分可作为生态环境质量值的分级标准。具体计算结果列于表 1。

表 1 长江口水域生态环境质量综合评价等级的划分标准

Table 1 The dividing standard of comprehensive assessment classes for eco-environment quality in the Changjiang River estuary area

清洁	轻污染	中污染	重污染
$Q \leq 0.9615$	$0.9615 < Q \leq 1.5223$	$1.5223 < Q \leq 4.5044$	$Q > 4.5044$

2 结果与分析

2.1 生态环境质量评价指标的权系数

依据公式(1)、(2)计算二级指标的权系数 β ,进而计算得各站位一级指标的综合得分,对各站位一级指标进行主成分分析,得一级指标的权系数 β 和监测站位综合得分。权系数计算结果列于表 2。

2.2 各监测站位生态环境质量综合得分

计算长江口及邻近渔业水域 2002 年和 2003 年 5

表 2 长江口及邻近渔业水域生态环境质量综合评价指标权系数

Table 2 Weight coefficients of comprehensive assessment index for eco - environment quality in the Changjiang River estuary area

一级指标	权系数	二级指标	权系数	一级指标	权系数	二级指标	权系数
水质	0.458 9	无机氮	0.144 1	沉积物	0.156 3	Cu	0.351 7
		无机磷	0.060 8			Zn	0.399 5
		Cu	0.189 8			Pb	-0.308 1
		Zn	0.204 3			Cd	0.375 8
		Pb	0.176 6			浮游植物	0.401 7
		Cd	0.122 8			浮游动物	0.046 5
		溶解氧	0.134 9			叶绿素	0.402 5
		化学需氧量	0.187 5				
		石油类	0.211 3				

表 3 长江口及邻近渔业水域不同站位生态环境质量综合得分

Table 3 Scores of eco - environment quality at different stations in the Changjiang River estuary area

站位	2003 - 08	2003 - 05	2002 - 08	2002 - 05	均值
1	2.940 3	1.050 2	2.078 2	2.114 7	2.045 8
2	3.867 3	1.502 0	3.670 2	1.549 5	2.647 3
3	2.559 1	1.721 4	5.625 8	1.760 8	2.916 8
4	3.297 8	1.370 7	2.146 9	1.314 1	2.032 4
5	5.147 0	2.086 2	2.706 1	1.498 2	2.859 4
6	5.108 9	1.268 3	4.297 7	1.934 0	3.152 2
7	3.912 7	1.585 4	3.356 3	1.551 9	2.601 6
8	3.768 7	1.567 6	2.630 4	1.939 4	2.476 5
9	2.604 0	1.687 4	3.797 3	2.265 2	2.588 5
10	2.970 8	1.489 6	3.209 2	1.397 5	2.266 8
11	3.412 5	1.644 2	2.796 5	1.403 6	2.314 2
12	4.981 8	1.327 1	2.356 9	1.105 4	2.442 8
13	2.749 7	1.141 0	3.300 0	1.292 8	2.120 9
14	4.408 5	1.315 8	2.592 5	1.208 5	2.381 4
15	3.159 8	1.267 7	3.848 8	1.106 4	2.345 7
16	3.006 4	1.328 3	3.453 7	2.197 2	2.496 4
17	3.584 7	1.276 8	1.670 3	1.118 3	1.912 5
18	3.116 9	1.285 2	1.388 4	1.269 9	1.765 1
19	3.169 6	1.426 8	1.767 8	2.051 8	2.104 0
20	3.195 4	1.489 8	2.044 7	1.328 8	2.014 7
平均	3.548 1	1.441 6	2.936 9	1.570 4	2.374 2

月、8月4个航次每航次20个站位的综合生态环境质量得分,结果列于表3。

2.3 长江口及邻近渔业水域生态环境综合质量

从表3可看出,4航次总平均得分为2.3742,按照等级划分标准,表明2002至2003年长江口及邻近渔业水域生态环境综合质量处于“中污染”状态;2002年5、8月,2003年5、8月航次平均得分分别为1.5704、2.9369、1.4416、3.5481,4航次得分中除2003年5月处于“轻污染”级别外,其余3航次均处于“中污染”级别。长江口及邻近渔业水域环境综合质量变化具有明显的季节性特征,夏季航次得分显著高于春季航次,表明夏季该水域环境质量状况劣于春季,尤其是2003年夏季航次环境质量在4个航次中

属最差。

按照长江口及邻近水域生态环境质量分级标准值(表1),对各站进行污染等级界定,各次调查生态环境质量分级统计结果列于表4。

从表4可看出,长江口及邻近水域所有站位综合环境质量处于“中污染”级别。2002年和2003年5月

表4 各污染等级百分比统计结果

Table 4 Percentage of pollution grades

污染等级	2003 - 08	2003 - 05	2002 - 08	2002 - 05	综合评定
清洁	0%	0%	0%	0%	0%
轻污染	0%	70%	5%	55%	0%
中污染	85%	30%	90%	45%	100%
重污染	15%	0%	5%	0%	0%

出现 55% 和 70% 站位的生态环境综合质量处于“轻污染”状态,但在同年 8 月比率降为 5% 和 0%。2002 年和 2003 年 5 月出现 45% 和 30% 站位的生态环境综合质量处于“中污染”状态,但同年该级别比率分别增至 90% 和 85%。2002 年和 2003 年 5 月没有站位处于“重污染”级别,但在同年 8 月比率分别为 5% 和 15%。分航次分析结果表明,在夏季长江口及邻近部分渔业水域的环境综合质量达到了“重污染”状态,夏季“中污染”站位比率远高于春季。

2.4 生态环境质量指示

分析水质、底质、生物指标得分对总得分的贡献率,长江口及邻近水域水质指标得分的贡献率最高,达到 68.83%,生物指标得分贡献率为 23.37%,底质指标贡献率最低,仅为 7.80%。

表 5 一级、二级指标得分贡献率

Table 5 Contribution rates to total score of first and second indexes

指标	得分贡献率		
一级指标	水质 66.83%	生物 23.37%	底质 7.80%
	Cu 22.88%	叶绿素 15.96%	—
二级指标	无机氮 8.47%	浮游植物 7.05%	—
	油 14.52%	—	—

注:本表二级指标只列出得分贡献率大于 5% 的指标。

由此可见,长江口及邻近渔业水域生态环境质量主要受水质指标影响。对二级指标得分对总得分的贡献率进行深入分析,贡献率大于 5% 的指标为: Cu (28.88%), 叶绿素 (15.96%), 油类 (14.52%), 无机氮 (8.47%), 浮游植物 (7.05%), 由此可认为 Cu、叶绿素、油类、无机氮、浮游植物指标是长江口及邻近水域生态环境质量的主要指示指标。

3 结论

通过对 2002 年和 2003 年 5 月、8 月在长江口及邻近渔业水域的水质、底质、生物的监测结果,采用主成分分析法,综合评价该渔业水域的生态环境质量状况。研究结果表明长江口水域生态环境综合质量处于“中污染”状态。4 航次得分中除 2003 年 5 月处于“轻

污染”级别外,其余 3 航次均处于“中污染”级别。长江口水域生态环境综合质量变化具有明显的季节性特征,夏季该区生态环境质量状况劣于春季。从水质、底质、生物指标对总得分的贡献率来看,长江口水域水质指标的贡献率最高,达到 66.83%,生物指标为 23.37%,底质指标贡献率最低,仅为 7.80%,长江口及邻近渔业水域生态环境质量主要受水质指标影响。对二级指标得分对总得分贡献率进行深入分析,贡献率大于 5% 的指标为: Cu (28.88%), 叶绿素 (15.96%), 油类 (14.52%), 无机氮 (8.47%), 浮游植物 (7.05%), 由此可认为 Cu、叶绿素、油类、无机氮、浮游植物指标是长江口及邻近水域生态环境质量的主要指示指标。

参考文献:

- [1] 陈渊泉, 龚群, 黄卫平, 等. 长江河口区渔业资源特点、渔业现状及其合理利用的研究[J]. 中国水产科学, 1999, 6(5): 48-51.
- [2] 郑元甲, 等. 东海大陆架生物资源与环境[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 2003. 742-764.
- [3] 徐兆礼, 等. 长江口浮游动物生态研究[J]. 中国水产科学, 1999, 6(5): 55-58.
- [4] 杨鸿山, 等. 长江口水质污染及其对渔业的影响[J]. 中国水产科学, 1999, 6(5): 78-82.
- [5] 沈新强, 袁琪, 等. 长江口, 杭州湾附近渔业水域生态环境质量评价研究[J]. 水产学报, 2003, 27(增刊): 76-81.
- [6] 叶属峰, 等. 长江口及邻近海域赤潮形势及其成灾可能性和影响途径[A]. 海峡两岸水资源暨环境保护上海论坛论文集[C]. 西安: 陕西人民出版社, 2002. 273-278.
- [7] 冯利华. 环境质量的主成分分析[J]. 数学的实践与认识, 2003, 33(8): 32-35.
- [8] GB11607-89, 渔业水质标准[S].
- [9] GB3097-1997, 海水水质标准[S].
- [10] GB18668-2002, 海洋沉积物质量标准[S].
- [11] 王焕校. 污染生态学[M]. 北京: 高等教育出版社及施普林格出版社, 2000. 123-138.
- [12] 吉田阳一. 低次生产阶段における生物生产の変化[A]. 日本水产学会编. 水圏の富栄養化と水产増養殖[C]. 恒星社厚生阁, 1973. 93-103.