

海州湾大竹蛭资源保护区海水环境质量评价*

夏 斌 马菲菲 陈碧鹃 崔 毅^① 孙雪梅 曲克明

(农业部海洋渔业可持续发展重点实验室 山东省渔业资源与生态环境重点实验室
中国水产科学研究院黄海水产研究所 青岛 266071)

摘要 根据 2008–2013 年夏季对海州湾大竹蛭国家级水产种质资源保护区表层海水营养盐、重金属以及相关环境因子的连续调查数据,运用综合质量指数法对该海域海水水质状况进行了综合评价,并运用潜在富营养化评价法和主成分分析法从不同方面分析了该海域的海水环境质量。结果显示,近 6 年海州湾调查海域海水环境质量均符合国家一类海水水质标准,属于尚清洁等级。根据营养化评价模式,2008 年海州湾调查海域营养水平属磷限制潜在性富营养,2012 年属贫营养。海水的 N/P 均大于 Redfield 值,表明调查海域受到磷限制。通过主成分分析,COD、As、DIN、Cu 和 Cd 具有较高的正载荷,主要是有机污染、营养盐和重金属。海州湾调查海域核心区海水环境更易于受到污染,应当引起重视。

关键词 海州湾;综合评价;主成分分析;环境质量;保护区

中图分类号 X828 **文献标识码** A **文章编号** 1000-7075(2014)06-0016-07

水产种质资源保护区,是指为保护水产种质资源及其生存环境,在保护对象的产卵场、索饵场、越冬场、洄游通道等主要生长繁育区域,依法划定并予以特殊保护和管理的海域、滩涂及其毗邻的岛礁、陆域。水产种质资源保护区分为国家级和省级,其中国家级水产种质资源保护区是指在国内国际有重大影响,具有重要经济价值、遗传育种价值或特殊生态保护和科研价值,保护对象为重要的、洄游性的共用水产种质资源或保护对象分布区域跨省(自治区、直辖市)际行政区划或海域管辖权限的、经国务院或农业部批准并公布的水产种质资源保护区。水产种质资源保护区一般位于沿岸、滩涂或河口区域,受人类活动影响较大,尤其是近年来沿岸涉渔(海)工程建设、过度捕捞及水体污染等人类活动,使得中国近海的水产种质资源保护区遭到了不同程度的损害(刘立明,2011)。因此,开展水产种质资源保护区生态环境监测与评价研究显得尤为重要。

大竹蛭是海产珍品之一,近年来,由于海洋污染和过度捕捞,至使全国乃至世界少有的海珍资源——

日照大竹蛭面临绝迹。为保护和挽救海州湾大竹蛭这一濒临绝迹的名贵珍稀物种,国家建立了海州湾大竹蛭国家级水产种质资源保护区,需加强对保护区进行监测与保护,及时对海洋环境质量进行调查和评价,以便于可持续的发展海洋经济,合理的利用海洋资源。目前对国家级水产种质资源保护区开展调查监测及进行生态环境质量综合评价越来越受到重视,如夏斌等(2010)和崔毅等(2013)分别于 2008 年和 2011–2013 年对靖海湾松江鲈鱼国家级水产种质资源保护区生态环境质量进行了综合评价,结果表明,该海域营养水平基本属于富营养化,且有机污染严重。战培荣等(2010)对黑龙江盘古河细鳞和江鳕水产种质资源保护区进行了监测和评价,表明该海域水质优良,处于自然原始状态。徐楠楠等(2012)在现场调查、公众走访以及历史资料分析的基础上,对北部湾二长棘鲷长毛对虾国家级水产种质资源保护区的生态系统服务价值进行评估。但是关于海州湾大竹蛭国家级水产种质资源保护区的海水环境质量综合评价的研究尚没有报道。本研究根据 2008–2013 年夏季对海州湾大竹蛭

* 国家海洋局项目[DOME(P)(MEA)-01-01]和国家海洋局项目[DOME(P)(MEA)-02]共同资助。夏 斌, E-mail: xiabin@ysfri.ac.cn

^① 通讯作者: 崔 毅, 研究员, E-mail: cui@ysfri.ac.cn

收稿日期: 2013-12-04, 收修改稿日期: 2014-03-10

国家级水产种质资源保护区的生态环境质量调查数据,运用综合质量指数法对该海域的海水水质状况进行了综合评价,并运用潜在富营养化评价法和主成分分析法从不同方面分析了该海域的海水环境质量,以期及时了解该海域的生态环境质量综合状况及变化趋势,为有效保护和管理大竹蛭国家级水产种质资源保护区提供科学依据。

1 采样与分析方法

1.1 研究区域概况

海州湾大竹蛭国家级水产种质资源保护区位于山东省辖区的日照市东港区傅疃河与涛雒河口外的浅海海域,由中华人民共和国农业部 2007 年 12 月 12 日批准建立。保护区总面积为 42.88 km²,整个保护区共划分为核心区 and 实验区,其中核心区面积为 15.20 km²,实验区面积为 27.68 km²。核心区特别保护期为 4-7 月。保护区的北部、西部和南部所面临海域均为浅海养殖区,东部与文昌鱼保护区相距 6 km。保护区的主要保护对象为大竹蛭,栖息的其他物种包括西施舌、带鱼、蓝点马鲛、黄姑鱼、星鳗、马面鲀、鲉鱼、梭鱼、黄鲫鱼、对虾、毛虾、虾蛄等。

1.2 采样站位与时间

调查区域位于日照市东港区的海州湾大竹蛭国家级水产种质资源保护区内,共设置 5 个调查站位进行海洋环境调查(图 1),其中,5 号站位位于核心区内,其他站位位于实验区与核心区的交界处。调查时间为 2008-2013 年的 8 月。

1.3 测定参数与分析方法

水样用 Niskin 采水器采集,采样层次为表层。

监测项目包括盐度(S)、pH、化学耗氧量(COD)、溶解无机氮(DIN)、活性磷酸盐(PO₄³⁻-P)、铜(Cu)、锌(Zn)、镉(Cd)、砷(As)。盐度、pH 现场用美国 YSI 多参数仪(556MPS)测定;COD 用重铬酸钾法测定;As 用原子荧光法测定;Cu、Zn、Cd 用原子吸收分光光度法测定;PO₄³⁻-P 用磷钼蓝分光光度法测定;NO₃⁻-N 用镉柱还原法测定;NO₂⁻-N 亚硝酸盐用萘乙二胺分光光度法测定;NH₄⁺-N 用次溴酸盐氧化法测定。DIN 为 NO₃⁻-N、NO₂⁻-N 和 NH₄⁺-N 浓度之和。样品的采集、现场处理及分析方法等细节均按照《海洋监测规范》(GB 17378.4-2007)中所规定的方法进行。

1.4 评价方法与标准

1.4.1 综合质量指数法 综合指数法能很好地反映渔场环境综合质量(贾晓平等,2003),评价公式为:

$$Q = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^N P_i$$

$$P_i = \frac{C_i}{C_s}$$

式中, Q 为综合污染指数, N 为污染物项数, P_i 为污染物的污染指数, C_i 为实际测量值, C_s 为评价因子的评价标准值。本研究采用一类海水水质标准作为评价标准值(GB3097-1997)。综合质量指数与环境分级的关系如表 1 所示。

1.4.2 潜在性富营养化评价方法 参照国家海水水质标准及有关实验结果,选用郭卫东等(1998)提出的潜在性富营养化评价方法及营养分级模式进行评价(表 2)。

1.4.3 主成分分析法 主成分分析法(Principal components analysis, PCA)通过降维技术把多个变量化为少数几个主成分,能够在最大限度地保留原始数

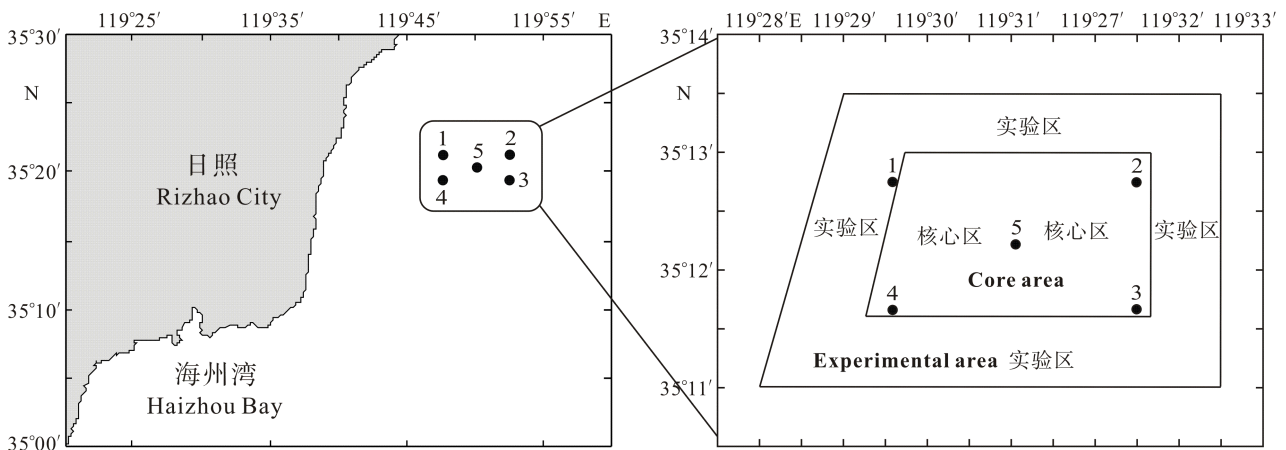


图 1 保护区调查站位

Fig.1 Location of sampling sites in the protected area

表 1 综合质量指数与环境分级关系

Tab.1 Relationship between the comprehensive quality index and the environmental classification

分级 Classification	水质质量综合指数(Q) Comprehensive quality index	分级 Classification	水质质量综合指数(Q) Comprehensive quality index
清洁 Clean	$Q < 0.3$	污染 Pollution	$2 \leq Q < 3$
尚清洁 Slight clean	$0.3 \leq Q < 0.7$	重污染 Serious pollution	$3 \leq Q < 5$
允许 Permit	$0.7 \leq Q < 1.0$	恶性污染 More serious pollution	$Q \geq 5$
轻污染 Light pollution	$1 < Q < 2$		

表 2 潜在性富营养化评价

Tab.2 The potential eutrophication assessment standards

等级 Grade	营养级 Nutrient level	DIN($\mu\text{g/L}$)	$\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ ($\mu\text{g/L}$)	N/P
I	贫营养 Poor nutrient	< 200	< 30	8-30
II	中度营养 Medium nutrient	200-300	30-45	8-30
III	富营养 Rich nutrient	> 300	> 45	8-30
IV _P	磷限制中度营养 Medium nutrient with limited phosphorous	200-300	/	> 30
V _P	磷中等限制潜在性富营养 Potential rich nutrient with medium limited phosphorous	> 300	/	30-60
VI _P	磷限制潜在性富营养 Potential rich nutrient with limited phosphorous	> 300	/	> 60
IV _N	氮限制中度营养 Medium nutrient with limited nitrogen	/	30-45	< 8
V _N	氮中等限制潜在性富营养 Potential rich nutrient with medium limited nitrogen	/	> 45	4-8
VI _N	氮限制潜在性富营养 Potential rich nutrient with limited nitrogen	/	> 45	< 4

据信息的基础上, 对高维变量进行综合和简化(高惠璇, 2005)。主成分分析法能够客观地确定各指标的权重, 避免主观随意性, 较其他的方法有一定的优越性, 是环境质量综合评价的一种简单有效的方法, 已广泛运用在重金属污染以及富营养化评价中(Shine *et al.*, 1995; Perkins *et al.*, 2000)。分析步骤如下:

建立原始变量矩阵, 则构成一个 $n \times p$ 阶的水质数据矩阵:

$$x = (x_1, x_1, \dots, x_p) = \begin{bmatrix} x_{11} & \cdots & x_{1p} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ x_{n1} & \cdots & x_{np} \end{bmatrix}$$

将各变量标准化, 即对同一变量减去其均值再除以标准差, 以消除量纲影响; 在标准化数据矩阵的基础上计算原始指标相关系数矩阵 R ; 解特征方程, 并将其 P 个特征根按大小顺序排列并依据累计方差贡献率 ≥ 0.85 确定一个 m 值; 依据前 m 个特征值对应的单位特征向量即可以写出主成分计算公式; 将各待评样点的标准化数据分别代入各主成分的表达式中, 计算得出采样点的各主成分得分 F_i , 以方差贡献率(d_i)

为权数求和计算综合得分:

$$F = \sum_{i=1}^m d_i \cdot F_i$$

各项得分值即是对水体采样点污染程度的量化描述。

2 结果与讨论

2.1 评价因子的含量水平

2008-2013 年夏季海州湾大竹蛭国家级水产种质资源保护区海水评价因子的含量如表 3 所示, 近 6 年盐度的变化范围是 28.49-31.51, 最低值出现在 2013 年, 最高值出现在 2008 年。与国家海水水质标准(GB3097-1997)对比, 2008 年的 DIN 含量全部超出一类海水水质标准, 平均超标率为 37.98%, 2009 年第 4、5 号站超出一类海水水质标准, 超标率分别为 13.04% 和 4.14%, 其他时间的所有调查站位监测因子均符合一类海水水质标准, 这表明海州湾大竹蛭国家级水产种质资源保护区调查海域水质比较清洁。但是

表 3 主要水质因子含量
Tab.3 Content of the main water quality factors

年份 Year	指标 Index	盐度 Salinity	pH	COD (mg/L)	DIN(μg/L)	PO ₄ ³⁻ P (μg/L)	Cu(μg/L)	Zn(μg/L)	Cd(μg/L)	As(μg/L)
2008	范围 Range	30.67-31.51	8.05-8.26	0.44-1.97	227.65-399.03	6.95-9.86	0.48-0.72	4.14-6.82	0.25-0.34	2.36-3.01
	平均值 Average	31.14	8.15	1.16	335.81	8.12	0.58	5.29	0.30	2.67
2009	范围 Range	30.89-31.14	8.28-8.36	0.35-0.84	77.51-234.40	4.49-5.89	1.41-5.91	4.56-12.16	0.17-0.36	2.14-4.41
	平均值 Average	31.06	8.32	0.60	180.33	5.35	3.23	8.75	0.25	3.16
2010	范围 Range	30.09-31.10	8.04-8.16	0.30-0.63	81.1-120.7	4.15-6.92	1.97-4.15	7.78-13.56	0.18-0.49	2.14-5.24
	平均值 Average	30.89	8.08	0.48	99.74	5.39	3.06	10.14	0.32	3.51
2011	范围 Range	30.15-30.82	8.06-8.31	0.55-0.75	119.78-139.12	6.91-8.99	2.15-5.65	11.30-22.30	0.12-0.33	3.54-5.61
	平均值 Average	30.40	8.19	0.65	130.77	5.53	3.52	14.48	0.25	4.30
2012	范围 Range	28.49-28.72	7.97-8.03	0.76-1.24	88.90-138.04	12.12-28.38	0.45-0.87	9.87-15.36	0.42-0.77	0.43-0.92
	平均值 Average	28.64	8.01	1.01	118.56	15.96	0.62	12.13	0.56	0.63
2013	范围 Range	28.49-28.72	7.97-8.03	1.84-2.11	109.89-161.16	4.52-14.35	0.65-1.22	10.54-14.36	0.23-0.65	0.87-1.40
	平均值 Average	28.64	8.01	1.95	123.84	11.26	0.84	12.38	0.47	1.08
平均值 Average		30.13	8.13	0.98	164.84	8.60	1.98	10.53	0.36	2.56

2009 年、2010 年和 2011 年 Cu 的含量已超出美国国家海洋与大气管理局(National Oceanic and Atmospheric Administration, NOAA)推荐的海水中重金属生物慢性安全浓度下限(Long *et al*, 1995), 可能会对生物体产生毒性。将海州湾保护区海水环境质量与靖海湾松江鲈鱼国家级水产种质自然保护区进行比较, DIN 和 PO₄³⁻-P 的含量远低于靖海湾的含量, 但重金属 Cu、Zn、Cd、As 的含量要高于靖海湾的含量(夏斌等, 2010), 这可能是由于陆源径流携带的吸附态重金属离开海岸一定距离后, 被吸附的重金属解析出来, 使部分颗粒态的重金属转换为溶解态(宋金明等, 2004)。

2.2 海水综合质量评价

采用综合质量指数法对表 2 中所列的 9 项环境因子进行综合质量评价, 综合质量指数如图 2 所示, 从年度变化趋势分析, 2008 年综合质量指数范围为 0.42-0.55, 平均值为 0.47; 2009 年综合质量指数范围为 0.39-0.61, 平均值为 0.51; 2010 年综合质量指

数范围为 0.33-0.45, 平均值为 0.40; 2011 年综合质量指数范围为 0.41-0.53, 平均值为 0.47; 2012 年综合质量指数范围为 0.46-0.68, 平均值为 0.52; 2013 年综合质量指数范围为 0.46-0.63, 平均值为 0.54。

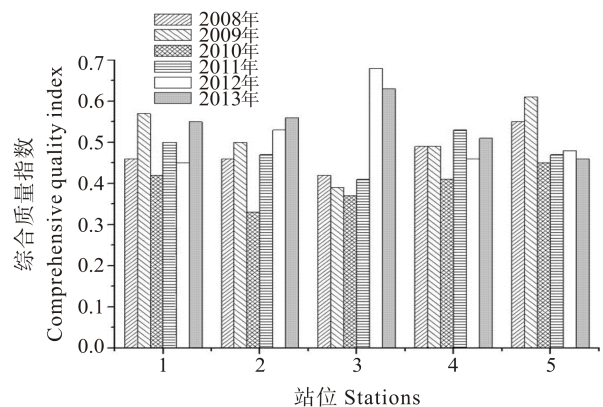


图 2 2008-2013 年夏季海州湾调查站位的综合质量指数
Fig.2 The comprehensive quality index of each station in Haizhou Bay in 2008-2013

整体分析,近年来综合质量指数呈升高-降低-升高的趋势,在2013年达到最大值,表明海州湾保护区海水质量近年来有所下降。从调查站位分析,近年来1号站综合质量指数范围为0.42-0.57,平均值为0.49;2号站综合质量指数范围为0.33-0.56,平均值为0.48;3号站综合质量指数范围为0.37-0.68,平均值为0.48;4号站综合质量指数范围为0.41-0.53,平均值为0.48;5号站综合质量指数范围为0.45-0.61,平均值为0.50。保护区核心区中央的2、3、4号站综合质量指数最低,5号站综合质量指数最高,但相差较小。根据综合质量指数与环境分级(表3),2008-2013年海州湾大竹蛭国家级水产种质资源保护区综合质量指数均处于0.33-0.68之间,这表明调查海域海水质量等级为尚清洁。

2.3 潜在富营养化评价

氮磷等营养盐是海洋生物生长的必需物质,但是过量的营养盐进入水体可以使水质富营养化,并诱发赤潮。根据郭卫东等(1998)以氮、磷营养盐作为评价参数的潜在性富营养化评价模式对海州湾调查海域营养状况进行评价(表4),结果表明,海州湾调查水域2008年营养水平属磷限制潜在性富营养,2012年属贫营养。2008-2013年的N/P的范围为16.44-91.62,平均值为51.67,其中2012年的比值最低,2008年的比值最高。近6年的N/P均大于Redfield值(Redfield, 1958),这表明调查海域的磷含量缺乏,受到磷限制,并且近5年的 PO_4^{3-} -P含量均低于浮游植物正常生长繁殖所必需的含量($17.98 \mu\text{g/L}$) (郭卫东等, 1998),由此推论,无机磷酸盐为影响该海域浮游植物生长繁殖的限制因子。

表4 海州湾营养级评价

Tab.4 The trophic level evaluation of Haizhou Bay

年份 Year	DIN ($\mu\text{g/L}$)	PO_4^{3-} -P ($\mu\text{g/L}$)	N/P	营养级别 Nutrient level
2008	335.8	8.12	91.62	VI _p
2009	180.3	5.35	74.66	/
2010	99.7	5.39	40.94	/
2011	130.8	5.53	41.88	/
2012	118.6	15.96	16.44	I
2013	173.0	11.26	45.90	/

2.4 海州湾海水质量的主成分分析

主成分分析法能够简化数据,即通过较少的综合指标代替原来具有一定相关性的较多指标,来反映原来多变量的大部分信息。如李玉等(2006)运用主成分分析法研究了胶州湾表层沉积物中重金属污染来源,

主要有工业排污、有机质降解、岩石的自然风化与侵蚀过程。蔡龙炎(2010)基于主成分分析法研究了泉州湾表层沉积物中重金属污染的可能来源,包括工业排污的点源污染,矿物开采及农业化肥农药的使用残留的非点源污染,岩石自然风化与侵蚀过程和有机质降解矿化的内源污染。代进锋等(2007)采用主成分分析法对乌梁素海水体的污染程度进行定量化评价。通过对海州湾调查海域海水盐度、pH、COD、DIN、DIP、Cu、Zn、Cd、As进行主成分分析,发现前3个主成分的特征值为8.517,累计贡献率为94.64%,超过了85%,故用主成分F1、F2、F3,这3个变量来代替了原始变量(盐度、pH、COD、DIN、DIP、Cu、Zn、Cd、As),反映了原始数据的绝大部分的信息(表5)。第一主成分的方差贡献率为40.90%,其特点是因子变量在COD和As的浓度上有较高的正载荷(图3),分别为0.972,0.970。COD和As为影响水质的主要因子,第一主成分反映了水体中有机污染和As污染的情况;第二主成分的方差贡献率为38.11%,因子变量在DIN和Cu的浓度上有较高的正载荷(图3),分别为0.905、0.827。第三主成分的方差贡献率为15.63%,因子变量在Cd浓度上有较高的正载荷(图3),为0.997。在这3个主成分分析中,COD、As、DIN、Cu和Cd具有较高的正载荷,其中Cu和As在自然环境中含量极少,主要以矿物的形式存在,是化肥和农药的重要成分,通过相关性分析,Cu和As具有显著的相关性($R=0.843, P < 0.05$)。这可能是由于保护区西南部为岚山港临时海洋倾倒区海域,海洋倾倒区是具有倾倒疏浚物特殊功能的海域,该海域疏浚物主要来自岚山港日常建设外抛及港池、回旋水域与航道,同时岚山港是鲁东南与苏北交界处的唯一

表5 主成分分析主要计算结果

Tab.5 The results of the principal component analysis

项目 Items	第一主成分 F ₁	第二主成分 F ₂	第三主成分 F ₃
盐度 Salinity	-0.594	-0.676	-0.360
pH	0.730	-0.559	0.314
COD	0.972	0.088	-0.218
DIN	0.281	0.905	-0.189
DIP	-0.374	-0.800	0.176
Cu	-0.467	0.827	0.040
Zn	-0.691	0.674	0.241
Cd	-0.030	0.044	0.997
As	0.967	0.227	0.106
特征值 Characteristic value	3.681	3.430	1.406
贡献率 Contribution rate(%)	40.90	38.11	15.63
累计贡献率 Cumulative contribution rate(%)	40.90	79.01	94.64

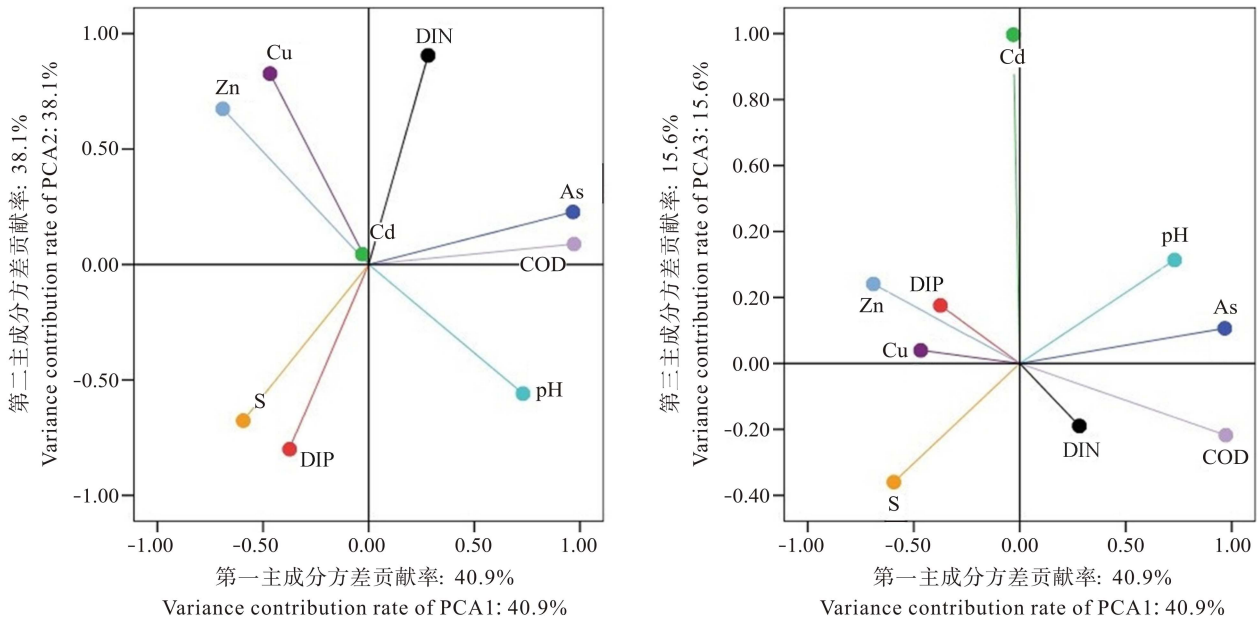


图 3 不同评价因子的二维因子载荷

Fig.3 Loading plots of the evaluation factors in the space defined by two components

表 6 海州湾调查站位水质主成分分析结果

Tab.6 The results of the principal component analysis of Haizhou Bay

站位 Station	第一主成分得分 F_1	第二主成分得分 F_2	第三主成分得分 F_3	综合得分 F	污染综合排名 Pollution comprehensive ranking
1	-2.051	1.380	-1.078	-0.509	4
2	-0.955	0.248	0.030	-0.308	3
3	-1.070	-1.670	1.566	-0.876	5
4	1.755	-2.098	-1.227	-0.289	2
5	2.321	2.138	0.710	1.981	1

港口, 江北重要的液化品集散地, 是全国沿海一类开放口岸和区域性重要港口, 有大量的船舶停泊和通行, 对海州湾保护区海水环境质量产生一定的影响(张亮等, 2012)。综上所述, COD、As、DIN、Cu 和 Cd 可以代表近 6 年来海州湾大竹蛭国家级水产种质资源保护区海水的污染状况, 在以后的调查监测中须引起重视。

各主成分得分与对应的方差贡献率乘积的总和即为综合得分, 得分越高, 表明污染程度越严重(周斌等, 2010)。海州湾调查站位的综合得分及污染综合排名结果如表 6 所示, 5 号站位排名第 1, 表明 5 号站的海水环境质量最差, 这主要是由于 5 号站位于海州湾保护区核心区的中央, 不利于污染物的扩散, 更易于受到污染, 在以后的养殖活动中应引起重视。

3 结论

(1) 从海水环境综合质量分析, 2008-2013 年海

州湾保护区水域年平均综合质量指数均处于 0.33-0.68 之间, 海水质量较清洁。2013 年综合质量指数达到最大值, 表明海州湾保护区海水质量近年来有所下降。从站位间的比较分析, 5 号站的海水环境质量最差, 在以后的养殖活动中应引起重视。

(2) 从海域营养状况分析, 2008 年营养水平属磷限制潜在性富营养, 2012 年属贫营养。调查海域整体表现为磷含量缺乏, 无机磷酸盐为影响该海域浮游植物生长繁殖的限制因子。

(3) 从不同监测因子对于海州湾海水环境质量的贡献分析, COD、As、DIN、Cu 和 Cd 可以代表近 6 年来海州湾大竹蛭国家级水产种质资源保护区海水的污染状况, 在以后的调查监测中须引起重视。

致谢: 感谢黄海水产研究所崔正国副研究员、张旭志副研究员、张艳助理研究员、徐勇助理研究员、丁东生博士后在样品采集及检测中给予的帮助。

参 考 文 献

- 代进锋, 李畅游, 张生, 等. 乌梁素海水质指标的主成分分析. 农业环境科学学报, 2007, 26(B10): 400-405
- 刘立明. 水产种质资源保护区建设成效显著. 中国水产, 2011, (1): 28-28
- 李玉, 俞志明, 宋秀贤. 运用主成分分析(PCA)评价海洋沉积物中重金属污染来源. 环境科学, 2006, 27(1): 137-141
- 宋金明. 中国近海生物地球化学. 济南: 山东科技出版社, 2004, 219-230
- 张亮, 吴凤丛, 宋春丽, 等. 海州湾北部海域表层沉积物污染分布特征及环境质量评价. 海岸工程, 2012, 31(2): 54-61
- 周斌, 王悠, 王进河, 等. 山东半岛南部近岸海域富营养化状况的多元评价研究. 海洋学报, 2010, 32(2): 128-138
- 战培荣, 陈中祥, 覃东立, 等. 黑龙江盘古河细鳞和江鲈水产种质资源保护区水环境理化监测与评价. 安全与环境学报, 2010, 10(2): 102-105
- 郭卫东, 章小明, 杨逸萍, 等. 中国近岸海域潜在性富营养化程度的评价. 台湾海峡, 1998, 17(1): 64-70
- 高惠璇. 应用多元统计分析. 北京: 北京大学出版社, 2005, 265-289
- 夏斌, 马绍赛, 崔毅, 等. 2008年夏季靖海湾松江鲈鱼种质资源保护区生态环境质量综合评价. 海洋环境科学, 2010, 34(2): 476-483
- 徐姗楠, 陈作志, 于杰, 等. 水产种质资源保护区的生态系统服务价值评估——以北部湾为例. 生态学杂志, 2012, 31(11): 2900-2906
- 贾晓平, 杜飞雁, 林钦, 等. 海洋渔场生态环境质量状况综合评价方法探讨. 中国水产科学, 2003, 10(2): 160-164
- 崔毅, 马菲菲, 夏斌, 等. 靖海湾松江鲈鱼种质资源保护区海水环境质量年际变化趋势及综合评价. 渔业科学进展, 2013, 34(6): 1-8
- 蔡龙炎. 基于主成分分析法的泉州湾表层沉积物中重金属污染可能来源分析. 台湾海峡, 2010, 29(3): 325-331
- Long ER, Macdonald DD, Smith SL, *et al.* Incidence of adverse biological effects within range of chemical concentrations in marine and estuary sediments. Environmental Management, 1995, 19(1): 81-97
- Perkins RG, Underwood GJC. Gradients of chlorophyll a and water chemistry along an eutrophic reservoir with determination of the limiting nutrient by in situ nutrient addition. Water Research, 2000, 34(3): 713-724
- Redfield AC. The biological control of chemical factors in the environment. Am Sci, 1958, 46: 205-221
- Shine JP, Ika RV, Ford TE. Multivariate statistical examination of spatial and temporal patterns of heavy metal contamination in new bedford harbor marine sediments. Environmental Science & Technology, 1995, 29(7): 1781-1788

(编辑 江润林)

Environmental Quality Evaluation of *Solen grandis* Resources Protection Area in Haizhou Bay

XIA Bin, MA Feifei, CHEN Bijuan, CUI Yi^①, SUN Xuemei, QU Keming

(Key Laboratory for Sustainable Development of Marine Fisheries, Ministry of Agriculture, Shandong Provincial Key Laboratory of Fishery Resources and Ecological Environment, Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Qingdao 266071)

Abstract Marine pollution and over-fishing have made China's offshore aquatic germ plasm resources suffering from damage in varying degrees, which have attenuated the ecological environment quality. However, the studies on the environmental quality evaluation of the national germ plasm resources protection areas are limited. In this study, we evaluated the water environment quality of the surface waters in *Solen grandis* germ plasm resource protection area of Haizhou Bay from 2008 to 2013. The comprehensive quality index, potential eutrophication assessment method and principal component analysis (PCA) were used to evaluate the water environment quality. Based on eutrophication evaluation model, the nutrients levels of the survey area were phosphorus limiting potential eutrophication in 2008 and poor nutrient in 2012. N/P values were higher than the Redfield ratio. According to the principal component analysis, COD, As, DIN, Cu and Cd had a higher positive load, demonstrating that organic pollution, nutrient and heavy metals were the dominant pollutants. These results suggest that the sea water environment quality in Haizhou Bay was classified as the first class sea water quality standard, and reached the clean level.

Key words Haizhou Bay; Comprehensive evaluation; PCA; Environmental quality; Protection area

① Corresponding author: CUI Yi, E-mail: cui@ysfri.ac.cn