春、秋季考洲洋海水质量状况及评价方法初探

叶冠，王军星，梁浩亮，陈冰玲，钟志强

（惠州市海洋技术中心　惠州　516000）

摘要：文章利用 2017 年 11 月（秋季）和 2018 年 4 月（春季）对惠州考洲洋海域开展的两个航次水环境调查数据，分析了考洲洋海域表层溶解氧（DO）、化学需氧量（COD）、无机氮（DIN）、无机磷（DIP）和石油类（OIL）等典型水质因子的水平分布和季节变化情况。结果表明，秋季溶解氧、化学需氧量、石油类分别在盐洲岛以东附近海域、考洲洋湾顶海域和盐洲岛东南海域出现高值区，而无机氮在整个考洲洋无明显区域分布差异，无机磷含量呈现考洲洋内湾到湾口逐渐递减的趋势；春季化学需氧量、无机磷均在考洲洋湾顶出现高值区域，无机氮在盐洲岛以东附近海域出现高值区，而溶解氧和石油类无明显变化。从季节变化来看，秋季考洲洋海域溶解氧、化学需氧量和石油类平均含量均比春季高；无机氮、无机磷则相反，平均含量秋季低于春季。同时，文章还分别利用单因子和综合因子方法对海水有机污染状况进行评价并对其进行比较分析，结果表明，有机污染评价指数法可充分考虑多种水质因子，更适合对考洲洋水环境质量进行评价，得到较为客观的综合评价结果。

关键词：考洲洋；单因子评价；有机污染指数评价；海水质量状况；海洋功能区

中图分类号：P76　　**文献标志码：**A　　**文章编号：**1005－9857(2020)05－0041－05

Preliminary Study on Current Status of Seawater Quality and Its Evaluational Method of Kaozhou Bay in Spring and Autumn

YE Guan，WANG Junxing，LIANG Haoliang，CHEN Bingling，ZHONG Zhiqiang

（Huizhou marinetechnology center，Huizhou 516000，China）

Abstract：The spatial and seasonal distribution patterns of water quality variables were analyzed，including dissolved oxygen（DO），chemical oxygen demand（COD），dissolved inorganic nitrogen（DIN），dissolved inorganic phosphorus（DIP）and petroleum（OIL）in the Kaozhou Bay in November 2017（autumn）and April 2018（spring）. The results indicated that the contents of DO，COD，OIL displayed higher values near the east sea of Yanzhou islands，the top of the bay and the southeast sea of Yanzhou islands during the fall. Besides，there was no obvious difference in the

收稿日期：2019-10-11；**修订日期：**2020-04-03

基金项目：惠州市海洋与渔业环境资源调查项目（F2017－01－2）.

作者简介：叶冠，助理工程师，研究方向为海洋生态环境和水产品质量安全等

通信作者：王军星，高级工程师，博士，研究方向为海洋生态环境、海洋生物等

content of DIN throughout the entire Kaozhou Bay, and the contents of DIP gradually decreased from the top to the bay mouth; In the spring, both the contents of COD and DIP displayed higher values in the top of Kaozhou bay, and DIN showed higher values near the east of Yanzhou island, while both the contents of DO and that of OIL showed no significant changes. In terms of seasonal change, the average contents of DO, COD and OIL in the autumn was higher than that in spring, while the average contents of DIN and DIP were lower in autumn than in spring. Additionally, this study also evaluated the status of water organic matter pollution by using the method of single factor and integrated factor, and the results showed that the organic water quality comprehensive index evaluational method including various factors were better for evaluating the water quality to obtain more objective comprehensive evaluation results.

Key words: Kaozhou Bay, Single factor evaluation, Organic pollution index evaluation, Current status of seawater quality, Marine basic functional area

0 引言

考洲洋位于惠东县稔平半岛南部，是红海湾向内延伸的一个溺谷湾，为半封闭水体。海岸线长 65.3 km，水域面积约 29.7 km^2，其中滩涂面积约 13.73 hm^2，滩涂以泥质为主[1]。随着海洋经济的快速发展，海洋生态环境面临的压力也与日俱增[2]，海洋环境监测作为基础性和支撑性工作，在海洋生态环境保护中的重要性不言而喻[3]。因而，本研究利用 2017 年 11 月(秋季)及 2018 年 4 月(春季)海洋渔业资源环境调查数据，客观描述了整个考洲洋海域主要海水水质因子的分布状况，并通过两种不同方法对其污染情况进行了分析评价，试图探讨单因子和综合因子两种评价方法对考洲洋水环境质量评价的适用性，以期为考洲洋海洋生态环境保护提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 站位布设

本研究在考洲洋海域顶部、中部以及入海口布设 10 个站位，采样站位分布见图 1。

1.2 样品采集

本研究于 2017 年 11 月(秋季)和 2018 年 4 月(春季)对考洲洋海域进行了两个航次的海水水质调查，采集的海水样品均为表层水体，采水深度为 0.5 m，样品采集、保存、运输均按照《海洋监测规范》(GB 17378.3—2007)[4]要求操作。

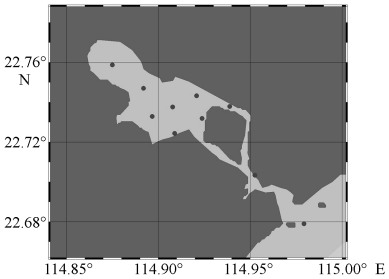

图 1 采样站位

1.3 样品分析

海水样品溶解氧(DO)采用多参数水质分析仪(德国 WTW Multi350i)测定；化学需氧量(COD)采用《海洋监测规范》GB 17378.4—2007(32)碱性高锰酸钾法测定；无机氮(DIN)即亚硝酸盐氮、硝酸盐氮和氨氮之和分别采用 GB 17378.4—2007(37)、GB 17378.4—2007(38.2)、GB 17378.4—2007(36.2)测定；无机磷(DIP)即活性磷酸盐采用 GB 17378.4—2007(39.1)磷钼蓝分光光度法测定；石油类(OIL)采用 GB 17378.4—2007(13.2)紫外分光光度法测定。

1.4 评价方法

根据马正波等[1]和杨玉峰等[5]对考洲洋水环境质量的分析，以及肖琦等[6]和高范等[7]对水体有机污染状况的分析，结合考洲洋的实际情况，选取对考洲洋近岸海域水环境质量贡献较大的影响因子：溶解氧、化学需氧量、无机氮、无机磷和石油类 5 个环境因子作为本次调查的评价参数，评价方法选取目前主流

的单因子标准指数法和有机物污染评价指数法对考洲洋水环境进行评价。

1.4.1　单因子标准指数法

单因子标准指数法是用实测数值和海水参考标准值进行对比，确定各评价指标的水质类别，最终以最差指标对应的水质类别作为所评价水体的水质类别。其计算公式如下：

$$I=\frac{C_i}{S_i}$$

式中：I 为第 i 项水质因子的污染指数；C_i 为第 i 项水质因子实测值，单位为 mg/L；S_i 为第 i 项水质因子的评价标准值，单位为 mg/L。

1.4.2　有机污染评价指数法

有机污染评价指数法是针对水体有机污染的一种综合评价方法，根据各水质因子的标准污染指数综合判断水质有机污染情况，计算公式如下：

$$A=\frac{P_{\mathrm{DIN}}}{P_{\mathrm{DIN标}}}+\frac{P_{\mathrm{COD}}}{P_{\mathrm{COD标}}}+\frac{P_{\mathrm{DIP}}}{P_{\mathrm{DIP标}}}+\frac{P_{\mathrm{OIL}}}{P_{\mathrm{OIL标}}}-\frac{P_{\mathrm{DO}}}{P_{\mathrm{DO标}}}$$

式中：A 为有机污染评价指数；P_{COD} 为海水中化学需氧量的实测浓度值，单位为 mg/L；P_{DIN} 为海水中无机氮实测浓度值，单位为 mg/L；P_{DIP} 为海洋中无机磷实测浓度值，单位为 mg/L；P_{OIL} 为海洋中石油类的实测浓度值，单位为 mg/L；P_{DO} 为海水中溶解氧的实测浓度值，单位为 mg/L。$P_{\mathrm{COD标}}$、$P_{\mathrm{DIN标}}$、$P_{\mathrm{DIP标}}$、$P_{\mathrm{OIL标}}$ 和 $P_{\mathrm{DO标}}$ 分别为上述各项指标标准质量浓度。若 $A>1$，表示海水受到有机污染；若 $A<1$，表示海水未受有机污染。

1.5　数据统计与作图

本研究中海水水质因子水平分布图采用 Ocean Data View/ODV 制作，其他数据基础统计与作图采用 Excel。

2　结果和讨论

2.1　季节变化

两个航次对考洲洋海域各水质因子的调查情况如表 1 所示。

调查结果显示，考洲洋海域的 DO、COD、OIL 平均含量秋季均比春季高；而 DIN、DIP 则相反，平均含量秋季低于春季。

表 1　考洲洋各水质因子平均含量和范围

mg/L

水质因子	2017 年秋季含量			2018 年春季含量		
	最小值	最大值	平均值	最小值	最大值	平均值
DO	7.020	9.870	7.570	6.510	8.080	7.050
COD	0.448	1.480	0.964	0.388	2.226	0.963
DIN	0.037	0.195	0.114	0.024	0.453	0.200
DIP	0.009	0.061	0.041	0.008	0.086	0.054
OIL	0	0.072	0.016	0.008	0.018	0.013

2.2　水平分布

2.2.1　溶解氧

2017 年秋季考洲洋盐洲岛东部沿岸海域出现 DO 含量最高值，其次为西部海域；2018 年春季考洲洋 DO 含量整体差异较小，中部海域 DO 含量稍低，向西北部和东南部海域逐渐升高。从季节上看，秋季 DO 含量普遍比春季高，特别是在盐洲岛附近 DO 含量季节变化较大。

2.2.2　化学需氧量

2017 年秋季考洲洋湾顶海域及西北方向沿岸附近海域 COD 含量较高，逐渐向南部及东南部出海口方向降低；2018 年春季考洲洋盐洲岛西北部沿岸湾内 COD 含量较高，并在考洲洋西北部出现最高值后，逐渐向东南部出海口降低。从季节上看，考洲洋海域春季 COD 含量普遍比秋季高，最高含量海域逐渐向西北内湾方向移动。

2.2.3　无机氮

2017 年秋季考洲洋整体 DIN 含量差异不大，中部及盐洲岛周围 DIN 含量稍高，并向四周逐渐降低；2018 年春季考洲洋盐洲岛东北部沿岸出现 DIN 含量最高值向西北部及西部沿岸北部方向逐渐降低。从季节上看，秋季考洲洋海域 DIN 含量普遍比春季低，且季节差异较明显。

2.2.4　无机磷

2017 年秋季考洲洋内部 DIP 含量相对接近，并沿着东南方向出海口处逐渐降低。2018 年春季考洲洋湾顶 DIP 含量达到最高点，并向西北部及南部出海口方向逐渐降低。从季节上看，春季考洲洋东北部沿岸整体 DIP 含量普遍比秋季高，其余海域两季之间变化幅度较小。

2.2.5 石油类

2017 年秋季在考洋洲盐洲岛东南方向出海口附近沿岸出现 OIL 含量最高值，并向考洲洋内部方向及外海方向逐渐降低；2018 年春季考洲洋 OIL 含量变化较小，整体分布较为均匀。从季节上看，考洲洋整体 OIL 含量秋季比春季要高，且含量分布较明显。

2.3 两种评价方法比较

2.3.1 单因子标准指数评价

根据惠州市海洋功能区划（2013—2020 年），考洲洋属于农渔业区，评价标准采用《海水水质标准》（GB3097—1997）[8]第Ⅱ类水质标准。

由表 2 可知，2017 年秋季海水 DIN、COD、DO、OIL 均符合一类海水水质标准，满足该海洋功能区海水水质要求，而 DIP 平均含量超标，达第四类水质类别。由单因子标准指数评价法，考洲洋海域水质符合第四类海水水质标准，不符合功能区划农渔业区的水质要求。同样，2018 年春季，考洲洋水环境中，DO、COD、DIN、OIL 均符合一类海水水质标准，满足该海洋功能区海水水质要求，DIP 平均含量超标，为劣四类水质类别。通过单因子标准指数评价法，考洲洋海域水质符合劣四类海水水质标准，不符合功能区划农渔业区的水质要求。

表 2 各站位单因子污染指数

站位	2017 年秋季污染指数					2018 年春季污染指数				
	DO	COD	DIN	DIP	OIL	DO	COD	DIN	DIP	OIL
K01	1.54	0.29	0.12	0.31	0.26	1.62	0.26	0.08	0.25	0.19
K02	1.51	0.15	0.42	0.65	1.44	1.47	0.14	0.33	0.47	0.17
K03	1.40	0.31	0.44	1.50	0.35	1.30	0.13	0.52	1.77	0.21
K04	1.45	0.28	0.63	1.58	0.19	1.33	0.26	1.02	1.99	0.23
K05	1.97	0.22	0.53	1.56	0.38	1.36	0.28	1.51	2.80	0.32
K06	1.44	0.44	0.23	2.02	0.01	1.37	0.28	0.42	2.63	0.30
K07	1.41	0.49	0.65	1.73	0	1.38	0.35	1.06	1.22	0.25
K08	1.44	0.26	0.36	1.41	0.24	1.31	0.32	0.43	1.91	0.23
K09	1.49	0.36	0.18	1.29	0.17	1.47	0.45	1.10	2.87	0.30
K10	1.48	0.41	0.22	1.46	0.06	1.48	0.74	0.23	1.96	0.35
平均污染指数	1.51	0.32	0.38	1.35	0.31	1.41	0.32	0.67	1.79	0.25
水质类别	Ⅰ类	Ⅰ类	Ⅰ类	Ⅳ类	Ⅰ类	Ⅰ类	Ⅰ类	Ⅰ类	劣Ⅳ类	Ⅰ类

2.3.2 有机污染评价

由表 3 可计算得出，考洲洋海域 2017 年秋季有机污染评价指数为 0.85，未受到有机污染，2018 年春季有机污染评价指数为 1.62，受到有机污染情况较为明显，其中 DIP 含量最高，其次为 DIN，COD 和 OIL 含量较小，秋、春两季海水中 DO 均处于较高的水平。

2.3.3 两种评价方法比较分析

运用不同的评价方法均可对水环境质量作出评价，但评价得出的内容和侧重点有所不同。单因子指数评价法可以对每个水质因子进行单独的污染评价，并可根据现行海水水质标准对各水质因子污染程度进行定级[9]。有机污染评价指数法可以对整个海域海水水质作出综合的评价。

表 3 有机污染含量 mg/L

水质因子	2017 年秋季		2018 年春季	
	平均值	标准值	平均值	标准值
DO	7.570	≥5	7.050	≥5
COD	0.964	≤3	0.963	≤3
DIN	0.114	≤0.30	0.200	≤0.30
DIP	0.041	≤0.03	0.054	≤0.03
OIL	0.016	≤0.05	0.013	≤0.05

运用两种不同的评价方法对考洲洋海域进行评价，评价得出的结果也有所差异，造成两种评价方法评价结果不一致的原因主要是两种评价方法的出发点不一致造成的[10]。利用单因子标准指数法对某海域进行评价时，执行的水质等级是水质最差的因子，也就是说只要有一个水质因子超出海洋功能区水质要求，无论其他水质因子水质多好，该海域或站位水质即视为超标，此种评价方法作为海洋环境监管的需要，必须按照最严格的海洋环境保护需要，因此该方法主要应用在日常海洋环境例行监测评价、重大涉海项目的海洋环评论证和海域论证。对秋、春两季考洲洋水环境进行单因子评价时，超标因子 DIP 均起了决定性的作用。有机污染是由于水体中 DO 被大量消耗造成，DO 是水体中各种生物生存不可或缺的关键因子[11－12]，DIP 仅仅是消耗溶解氧的水质因子之一，在评价考洲洋整个海域有机污染情况时，特别是在各水质评价因子及溶解氧均为一类水质的情况下，仅通过 DIP 超标就判断整个海域超标显然不科学，再加上同时期开展的相关调查显示，该海域生物生态良好、渔业资源丰富，这与单因子标准指数法得出的结论不尽相符。

运用有机污染评价指数法对考洲洋水环境海域进行评价则充分考虑各水质评价因子对水环境评价结果的贡献，得到一个较为客观的综合评价结果。

3　结论

本研究通过对考洲洋两个季节水质状况分析及其评价方法的比较，得出如下结论。

（1）从水平分布来说，2017 年秋季的 DO、COD、OIL 和 2018 年春季的 COD、DIP、DIN 在考洲洋局部海域出现高值分布，而 2017 年秋季的 DIN 和 2018 年春季的 DO 和 OIL 在整个考洲洋无明显区域分布差异，2017 年秋季的 DIP 含量呈现考洲洋内湾到湾口逐渐递减的趋势。

（2）从季节变化来看，2017 年秋季 DO、COD、OIL 平均含量均比 2018 年春季高；DIN 和 DIP 则相反，平均含量 2017 年秋季高于 2018 年春季。

（3）通过单因子标准指数法和有机污染评价指数法对考洲洋海域水质状况评价的对比，有机污染评价指数法的水质评价结果要优于单因子评价法。因此初步推断，在对考洲洋海域水质状况评价中，有机污染评价指数法可以充分考虑各水质评价因子对水环境评价结果的贡献，得到一个较为客观的综合评价结果。

参考文献

[1]　马正波，梁浩亮，梁婷婷，等.考洲洋水环境质量现状及受潮汐影响变化分析[J].环境保护科学，2017，43(4)：72－78.

[2]　赵聪蛟，赵斌，周燕.基于海洋生态文明及绿色发展的海洋环境实时监测[J].海洋开发与管理，2017，34(5)：91－97.

[3]　熊小飞，上官茂森，陈洁，等.我国海洋环境监测工作的发展对策[J].海洋开发与管理，2014，31(8)：76－79.

[4]　国家海洋局.GB 17378－2007 海洋监测规范[S].北京：中国标准出版社，2008.

[5]　杨玉峰，梁浩亮，范开文，等.春、夏季惠州市海水环境质量及其有机污染评价[J].海洋开发与管理，2018，35(12)：57－60.

[6]　肖琦，赵素芳，袁仲杰，等.区域海洋功能调整对海域水质状况影响研究：以大连长兴岛葫芦山湾为例[J].海岸工程，2018，37(1)：74－79.

[7]　高范，袁仲杰，田振萍，等.海洋功能变迁对大连大窑湾海域水质的影响特征分析[J].绿色科技，2017(20)：32－35.

[8]　国家海洋局.GB 3097－1997 海水水质标准[S].北京：中国环境科学出版社，1998.

[9]　周春何.水环境质量单因子与算术平均值评价方法对比研究[J].环境与可持续发展，2018，43(1)：67－69.

[10]　尚佰晓，吕子楠，李杰年，等.基于模糊综合评价法与单因子指数评价法的水质评价[J].中国环境管理干部学院学报，2013，23(5)：1－4.

[11]　ROBERT J D，RUTGER R.Spreading dead zones and consequences for marine ecosystems.[J].Science，2008，321(5891)：926－929.

[12]　LIAO Y，SHOU L，TANG Y，et al.Macrobenthic assemblages of the Changjiang River estuary（Yangtze River，China）and adjacent continental shelf relative to mild summer hypoxia[J].Chinese Journal of Oceanology and Limnology，2017，35(3)：481－488.