

钦州湾水质自动监测的周年变化特征*

Annual Variation Characteristics of Water Quality in Qinzhou Bay through Automatic Monitoring

李天深,蓝文陆**

LI Tian-shen, LAN Wen-lu

(广西海洋环境监测中心站,广西北海 536000)

(Marine Environmental Monitoring Center of Guangxi, Beihai, Guangxi, 536000, China)

摘要:【目的】研究钦州湾(茅尾海和钦州湾外湾)周年水质变化特征,探讨海湾水质经常性超标的原因。【方法】利用2012年在线自动监测数据,分析海域水温、盐度、pH值、溶解氧以及叶绿素的周年、季变化。【结果】两个海区盐度、pH值、溶解氧均呈现一、四季度高,二、三季度低的特征,其中最高值出现在第一季度,最低值出现在第三季度。茅尾海叶绿素最高值出现在第三季度,而钦州湾外湾出现在第一季度。茅尾海和钦州湾外湾水质超标主要为pH值,超标天数分别为243d和42d。【结论】茅尾海和钦州湾外湾受河流影响明显,pH值经常性超标,主要原因是采用海水标准评价,建议尽快确定河口区范围、制定河口水质评价方法和标准,以对主要河口区水质进行合理评价和管理。

关键词:在线自动监测 水质环境 周年变化 茅尾海 钦州湾外湾

中图分类号:X145 **文献标识码:**A **文章编号:**1005-9164(2014)04-0396-07

Abstract:【Objective】The annual variation characteristics of water quality in Qinzhou bay(Maowei Sea and outside of Qinzhou bay) were studied, and the causes of usually exceeding standard of the water quality were investigated.【Methods】Diurnal and quarterly changes of water pH, temperature, salinity, dissolved oxygen and chlorophyll were analyzed, using the automatic monitoring data during 2012.【Results】The values of water pH, salinity and dissolved oxygen showed a high level in the first and fourth seasons, and low in the second and third seasons. Their maximum value occurred in the first season, and the minimum in the third season. The maximum value of chlorophyll of Maowei Sea occurred in the third season, while that of the outside of the Qinzhou bay revealed in the first season. The main factor of exceed standard was pH, of which 243 days exceed the standard in Maowei sea and 42 days in the outside of the Qinzhou bay.【Conclusion】The pH usually exceeds the standard, of which the main reason was that the sea water standard is used to evaluate the water quality of estuary, which significantly

affected by surface water. It should be soon to determine the scope of the estuary and draft estuarine water quality assessment methods and standards that could reasonably evaluate and supervise the water quality of estuary.

Key words: automatic monitoring, water quality environment, annual variation, Maowei Sea, The outside of the Qinzhou bay

收稿日期:2014-04-07

修回日期:2014-05-20

作者简介:李天深(1981-),男,工程师,主要从事海洋生态及自动监测方面研究。

* 广西自然科学基金项目(2013GXNSFBA019224, 2013GXNSFAA019281),广西科学研究与技术开发计划项目(桂科攻14124004-3-13,桂科合14125008-2-8),国家自然科学基金项目(41466001),国家环境保护公益性行业科研专项项目(201309008),国家环境保护标准近岸海域自动浮标技术要求项目资助。

** 通讯作者:蓝文陆(1980-),男,高级工程师,主要从事海洋生态监测与研究。E-mail:dr.lan@139.com。

【研究意义】钦州湾由茅尾海(钦州湾内湾)和钦州湾外湾构成,近年来随着沿岸工农业的快速发展,茅尾海和钦州湾外湾水域的污染负荷明显^[1,2],水质开始出现恶化。为保护海域生态环境的可持续发展,

有必要监控茅尾海和钦州湾外湾水质变化过程,研究其水质变化规律及趋势。【前人研究进展】作为广西的重要港湾之一,茅尾海和钦州湾外湾的生态环境变化受到学者的关注,海区的营养盐^[3]、浮游植物^[4]、水质环境特征^[5-7]等方面研究较多。尽管有些研究时间跨度相对较长,但往往以单次短时研究结果代表一个水期(季节)和年代的水质水平,在真实的反映海域的环境变化特征方面具有一定的主观和局限性。【本研究切入点】水质在线自动监测具有实时、连续和长期观测的特点,能够掌握海区水环境特征的连续变化过程,比单次监测和调查研究具有较大的优势。本文利用位于茅尾海和钦州湾外湾的两个自动监测站的一周年监测数据,研究溶解氧、pH 值、叶绿素等基本水环境参数的变化过程及规律。【拟解决的关键问题】探讨水质超标的主要原因,为合理的评价和管理河口区水质提供对策和建议。

1 材料与方法

1.1 材料

在茅尾海和钦州湾外湾的自动水质监测站共有 2 个,均为美国 YSI 公司生产的 YSI6600 型多参数水质测定仪,在使用前已通过国家质量技术监督局认证。站位布设根据钦州湾受陆源径流影响大、入海污染物数量大的特点,在茅岭江口与钦江口交汇的茅尾海海域及钦州港海域布设两个自动监测站,编号分别为 GX04 及 GX06(见图 1)。该自动监测站由密封仓系统、监测系统、航标系统、数据采集系统、通信系统、固定锚链系统、太阳能供电系统和室内监控接收系统组成。仪器具有自动采样、分析、记录、数据储存和无线传输等功能,可在室内随时对监测站的水质变化进行接收和监视,其监测系统的内置电池作为备用电源,在万一供电不畅的情况下,可设置成自溶式进行 60d 的有效运行,保证监测的连续性。

1.2 方法

自动监测站主要监测表层(1.0m)水质状况,监测要素包括:水温、盐度、电导、pH 值、溶解氧(DO)、浊度、叶绿素、蓝绿藻。监测分析方法见表 1,测定一次的时间间隔为 30min,每 30min 的数据通过移动卫星通信 GPRS 传输到监控中心。为保证监测数据的可靠性,监测期间定期对仪器进行维护清洗、校对以及比对,保证仪器的性能运行维持在最佳工作状态。

本文主要利用自动监测站 2012 年的监测数据进行年度日及季变化分析,水质标准执行《海水水质标准》(GB3097-1997)^[8],计算水质超标率统一采用二类海水水质标准^[9]。

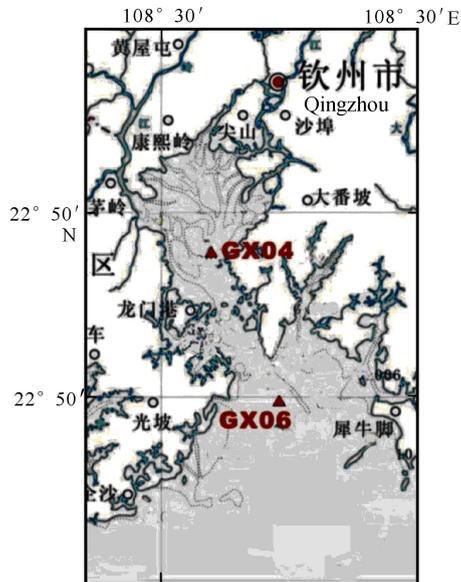


图 1 自动监测站的分布

Fig. 1 Distribution of automatic monitoring stations

表 1 自动监测要素的分析方法

Table 1 Analysis method of automatic monitoring elements

监测要素 Monitoring elements	分析方法 Analysis method
水温 Temperature(°C)	热敏电阻法 Cristesistor method
溶解氧 Dissolved oxygen(mg/L)	荧光法 Fluorescence method
pH 值 pH value	玻璃电极法 Glass-electrodes method
电导率 Conductivity(mS/cm)	四电极法 Four electrode method
盐度 Salinity(‰)	通过电导率及温度换算 Conversion by conductivity and temperature
叶绿素 Chlorophyll(μg/L)	活体荧光法 In vivo fluorescence method
蓝绿藻 Blue green algae(cells/mL)	活体荧光法 In vivo fluorescence method

2 结果与分析

2.1 环境因子年度日变化

如图 2 所示,茅尾海和钦州湾外湾两个海区海水盐度、pH 值、溶解氧以及叶绿素的周年日变化比较显著,变化趋势相似。处于茅尾海的 GX04 号和位于钦州湾外湾的 GX06 号的自动监测站盐度年度日变化范围分别为 1.45~24.22 和 7.23~30.88,整个年度钦州湾外湾的盐度均比茅尾海高;pH 值变化范围分别为 6.96~8.10 和 7.56~8.33,与盐度相似,钦州湾外湾 pH 值在整个年度均比茅尾海高;溶解氧变化范围分别为 5.07~9.88mg/L 及 4.88~10.13mg/L,两者没有明显的差异;叶绿素变化范围分别为 1.43~11.86μg/L 和 0.99~14.96μg/L,1~3 月份

钦州湾外湾叶绿素明显比茅尾海高,此后两者没有显著的差异。

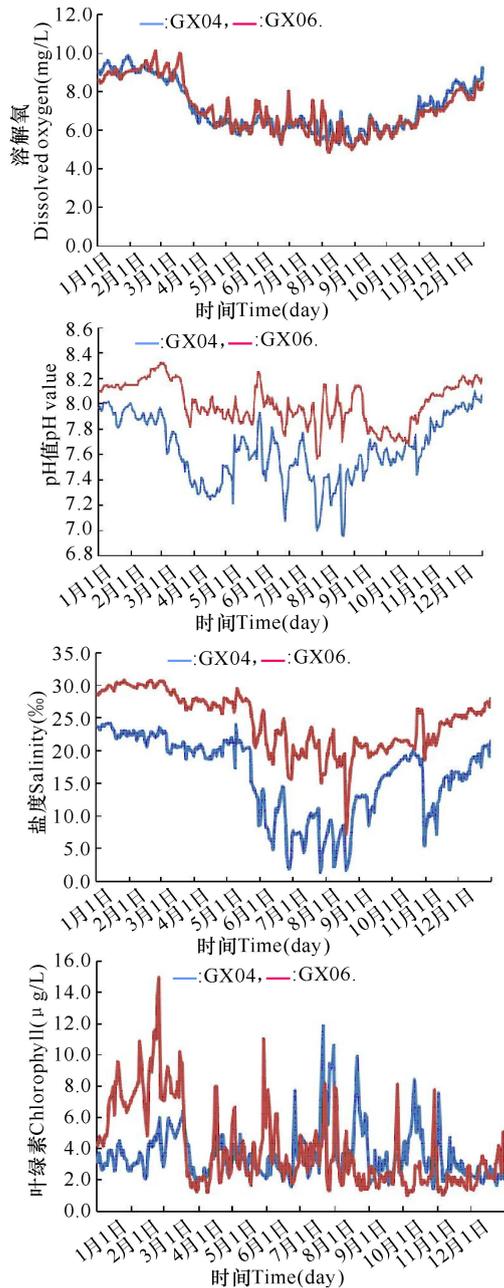


图2 自动监测因子日变化(2012年)

Fig. 2 Diurnal changes of automatic monitoring factors (2012)

2.2 环境因子季度变化

如图3所示,GX04和GX06自动监测站盐度季度变化范围分别为9.55~22.10和19.56~29.26,两个站点均显示出从第一季度到第三季度盐度逐渐减小后在第四季度回升的趋势;pH值季度变化范围分别为7.44~7.82和7.90~8.16;溶解氧值季度变化范围分别为6.00~8.91mg/L和5.90~8.93mg/L;盐度、pH值、溶解氧均呈现一、四季度高,二、三季度低的特征,其中最高值出现在第一季度,最低值出

现在第三季度。茅尾海叶绿素值季度变化范围为3.14~4.18 $\mu\text{g/L}$,钦州湾外湾变化范围为2.26~6.87 $\mu\text{g/L}$,茅尾海叶绿素最高值出现在三季度,而钦州湾外湾出现在第一季度。

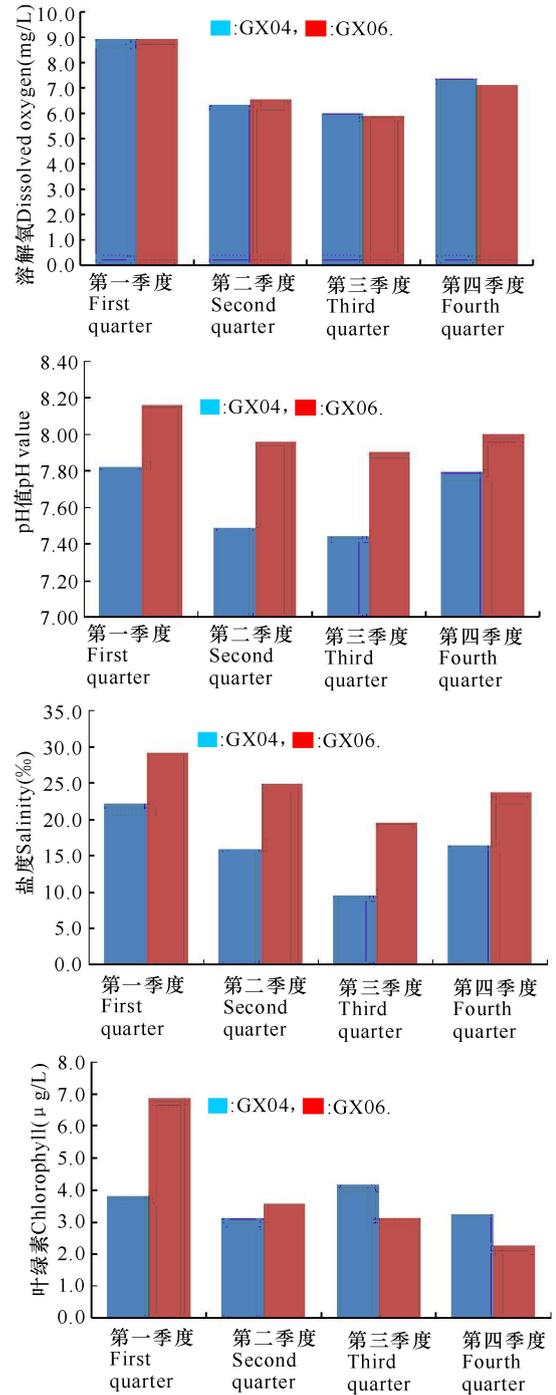


图3 水质自动监测因子季度变化(2012年)

Fig. 3 Quarterly changes of automatic monitoring factors (2012)

2.3 环境因子相关性分析

由表2可知,茅尾海pH值与溶解氧及盐度呈显著的正相关,而与水温、叶绿素呈显著的负相关,表明pH值主要与径流、潮汐以及有机物分解有关;溶解

氧与水温呈显著的负相关,且相关系数最高,表明海水表层温度变化造成水中氧溶解度变化是影响茅尾海溶解氧含量变化的主要原因;溶解氧与盐度呈显著的正相关,可能与河流径流以及潮汐活动有关,低盐度时茅尾海主要受到河流径流影响,其携带的大量耗氧有机物造成水体溶解氧含量降低,而涨潮带来相对干净的外海水补充引起溶解氧升高。溶解氧与叶绿素不存在相关性,表明茅尾海浮游植物光合作用对溶解氧含量的影响相对较小。

表 2 GX04 站监测因子的相关性分析 (n=361)

Table 2 Correlation analysis of GX04 station monitoring factors (n=361)

监测因子 Monitoring factors	pH 值 pH value	溶解氧 Dissolved oxygen	盐度 Salinity	水温 Temperature	叶绿素 Chlorophyll
pH 值 pH value	1				
溶解氧 Dissolved oxygen	0.736 **	1			
盐度 Salinity	0.516 **	0.633 **	1		
水温 Temperature	-0.647 **	-0.917 **	-0.737 **	1	
叶绿素 Chlorophyll	-0.293 **	-0.100	-0.053	0.080	1

** 在 0.01 水平上有显著相关性。

** Correlation is significant at 0.01level.

由表 3 可知,钦州湾外湾 pH 值与盐度、溶解氧以及叶绿素均呈显著的正相关,与水温呈显著的负相关,表明 pH 值除了受到径流影响外,还受到浮游植物光合作用的影响;溶解氧与水温有显著的负相关,且相关系数最高,同样水温也是控制其溶解氧变化的主要因素;而溶解氧与叶绿素呈显著的正相关,表明与茅尾海相比,钦州湾外湾的浮游植物光合作用对溶解氧及 pH 的影响更大,可能与外海受到径流影响较小、水体透明度较高有关。

2.4 水质超标及达标分析

水质超、达标采用《海水水质标准》(GB 3097—1997)中的 pH、溶解氧二类标准进行评价。2012 年,茅尾海以及钦州湾外湾溶解氧自动监测值均达标,超标主要为 pH 值。其中,茅尾海 GX04 号自动监测站超标天数为 243d,超标率达 67%;钦州湾外湾 GX06 号自动监测站超标天数为 42d,超标率为 11.5%。从季度变化分析,茅尾海第二、第三季度的 pH 值均值均超标,说明茅尾海水质超标主要出现在 4~9 月份,钦州湾外湾 pH 值超标的时间段主要出现在第三季度即 7~9 月份。

表 3 GX06 监测站环境因子的相关性分析 (n=361)

Table 3 Correlation analysis of GX06 station monitoring factors (n=361)

监测因子 Monitoring factors	pH 值 pH value	溶解氧 Dissolved oxygen	盐度 Salinity	水温 Temperature	叶绿素 Chlorophyll
pH 值 pH value	1				
溶解氧 Dissolved oxygen	0.729 **	1			
盐度 Salinity	0.575 **	0.688 **	1		
水温 Temperature	-0.565 **	-0.822 **	-0.746 **	1	
叶绿素 Chlorophyll	0.477 **	0.493 **	0.390 **	-0.206 **	1

** 在 0.01 水平上有显著相关性。

** Correlation is significant at 0.01level.

3 讨论

3.1 钦州湾环境周年和季节变化特征

钦州湾表层盐度、pH 值、溶解氧以及叶绿素年度变化比较显著,1~3 月份,表层盐度、pH 值、溶解氧均维持在较高水平,主要与这一季节水温低,入海河流处于枯水期,入海径流量相对较少有关。4 月份之后,随着水温升高,主要受水温控制的近海溶解氧(表层水)开始降低。4~5 月份,钦州湾盐度仍维持在较高水平,但 pH 值已开始出现下降的趋势,此时的 pH 值主要受到水温升高的影响。5~9 月份,随着降雨量增加,入海河流汛期的到来,导致盐度显著下降,受到入海河流低 pH 值冲淡水影响外,此时 pH 值维持在较低水平,但变化相对显著,与浮游植物活动有关。9 月份之后,随着水温开始下降,入海河流进入平水期,径流量相对较小,钦州湾盐度、溶解氧、pH 值开始回升。

pH 值、盐度、溶解氧季度变化显著,总体来说,第一、四季度 pH 值、盐度和溶解氧较第二、三季度高。茅尾海叶绿素 4 个季度的平均值基本上没有明显差异,钦州湾外湾叶绿素在第一季度明显高于其它季度。对比图 2 和图 3 可以看出,海水主要环境参数的季节变化较小,这可能与研究海区位于亚热带海区,周年水温变化较小所致,而环境参数在季节内的变化更为剧烈,变化幅度远超过季度之间的变化幅度。这种短时间的急剧变化很可能是受降雨引起的径流变化、水华等偶然的事件的影响。因此,往常用单次调查监测的结果来比较海区环境的季节或年际变化,与取样时间以及环境事件有着重要的关系,在真实的反映海域的环境变化特征方面具有一定的局

限性。

3.2 茅尾海经常性 pH 值超标原因分析

从 2012 年自动监测数据分析,茅尾海一年中有将近 9 个月的 pH 值月均值是处于超标状态的,在调查期间未发现海湾周边有排放大量酸碱废水的污染源,因此这种现象不是由于水质污染引起的,而是茅尾海自身所处的河口环境特征引起。海水 pH 值变化主要受控于海水碳酸盐体系的解离平衡,并受海水地球化学和生物过程的影响,它不仅与海水温度、盐度、压力及海-气交换等物理化学过程有关,而且凡是能够改变碳酸盐相对浓度的化学过程都将对海水 pH 值产生影响^[10];但在河口港湾区,水体 pH 值的变化除受碳酸体系的平衡影响外,还受大陆径流、人类活动、潮汐作用以及生物活动的影响^[11]。从 pH 值与其他因子的相关性结果分析,茅尾海 pH 值与溶解氧、盐度呈显著的正相关,与水温、叶绿素呈显著的负相关。水中叶绿素含量可以表征浮游植物的密度及生物量,浮游植物光合作用可提高水体 pH 值的含量,而本次研究却发现茅尾海 pH 值与叶绿素呈负相关,这种矛盾可能与茅尾海环境特异性有关,浮游生物光合作用对 pH 值的影响较小,入海河流径流带来的淡水以及耗氧有机物才是控制茅尾海 pH 值变化的主要因素。

茅尾海海域 pH 值超标主要出现在 4~9 月份,与入海河流钦江、茅岭江的汛期(4~9 月)基本一致。在汛期,入海河流淡水输入量增大,在大潮期的低潮时茅尾海 GX04 号自动监测站海域盐度仅为 0.09,已变成淡水区,而根据广西海洋环境监测中心站对钦江、茅岭江入海断面的监测结果,两江 pH 值范围 6.8~7.2。从茅尾海自动监测站 pH 值、盐度与潮汐变化关系(表 4)也可看出,在 2010~2012 年期间 6 月份的全日潮期,低潮时,茅尾海自动监测站盐度低, pH 值随之也低;而高潮时,盐度高, pH 值也随之较高,且均高于海水水质二类标准,达到功能区水质要求。因此,茅尾海 pH 值与盐度有显著的正相关,其

表 4 茅尾海 GX04 号自动监测站的 pH 值、盐度与潮汐变化
Table 4 Changes of tide, salinity and pH of GX04 station in Maowei Sea

全日潮期 Diurnal tide	潮高 Tidal height(cm)	盐度 Salinity (%)	pH 值 pH value
2010-06-14	05:38	43	5.3
	19:27	513	21.38
2011-06-16	03:56	46	16.81
	18:56	490	28.14
2012-06-06	05:03	43	0.95
	19:53	503	20.99

超标主要是由于入海河流径流引起的。

3.3 河口区水质评价标准问题

从本次研究结果看出,明显受地表水影响的 GX04 一年中有 2/3 时间处于超标状态,最主要原因不是因为受污染而是因为河口区采用的评价标准不太合理。根据广西海洋环境功能区划,钦州内湾茅尾海海域属于二类区,执行《海水水质标准》(GB3097—1997)的二类标准。根据 GX04、GX06 号自动监测站监测结果,全年的盐度均低于 31,属于中盐度水^[12],尤其是 GX04 自动监测站盐度周年变化范围为 1.45~24.22,在汛期的某些时段基本属于淡水区,为典型的河口特征。河口是河流与其受水体相结合的地段,入海河口是河流与海洋的过渡带。河口区执行的水质标准主要有《地表水环境质量标准》(GB3838—2002)和《海水水质标准》(GB3097—1997)。《地表水环境质量标准》中指出,与近海水域相连的地表水河口水域根据水环境功能按地表水环境质量标准相应类别标准值进行管理^[13],《近岸海域环境功能区管理办法》也指出,入海河流河口可确定为混合区,实践中混合区不执行《海水水质标准》^[14]。但在茅尾海和钦州湾外湾海域,虽然一年中长期处于河口的环境特征,广西各管理部门却均将其划分为海洋功能区,执行《海水水质标准》,这必将导致水质的经常性超标,显然这种超标不是因为海水污染所引起而是河口地表水的本身特征所引起。

河口区水质标准制定涉及河海和河口区划分、河口区水质基准、河口区水质标准制定和评价方法等问题^[15]。目前,我国在河口近岸海域的管理中也认识到了河口区水质标准执行混乱的现象,多年的实践显示地表水和海水两个标准在河口近岸海域使用中存在河海划界随意、评价指标和评价标准难以有效衔接等问题^[16]。因此,近年来在长江口、福建省主要河流河口等进行了河海界限的划分工作,也开始对河口水质标准进行了制定探讨^[17,18]。然而我国有 1800 多条入海河流,全国性的河口区划分以及水质标准制定等很可能主要关注长江、珠江等大型河流。广西入海河流属较小的河流,针对大型河流的研究成果不一定适合广西的实际情况。如茅尾海,它有钦江和茅岭江汇入,又是一个半封闭海湾,自身环境独特。因此,有必要针对于茅尾海等广西本地独特的河口区开展相关研究,确定河口区范围并制定水质评价方法和标准,实现《地表水环境质量标准》与《海水水质标准》的有效衔接,为有效管理和促进北部湾经济发展提供有效支持。

4 结论

茅尾海及钦州湾外湾海区盐度、pH 值、溶解氧的自动监测结果均呈现一、四季度高,二、三季度低的特征,其中最高值出现在第一季度,最低值出现在第三季度。茅尾海水质 pH 值出现经常性超标,全年超标天数达 243d,主要是由于河口区地表水的本身特征所引起,需针对茅尾海等独特的河口区开展相关研究,确定河口区范围并制定水质评价方法和标准,才能对区域内主要河口区水质进行合理评价。

参考文献:

- [1] 蓝文陆. 近 20 年广西钦州湾有机污染状况变化特征及生态影响[J]. 生态学报, 2011, 31(20): 5970-5976.
Lan W L. Variation of organic pollution in the last twenty years in Qinzhou Bay and its potential ecological impacts[J]. Acta Ecologica Sinica, 2011, 31(20): 5970-5976.
- [2] 蓝文陆, 杨绍美, 苏伟. 环钦州湾河流入海污染物通量及其对海水生态环境的影响[J]. 广西科学, 2012, 19(3): 257-262.
Lan W L, Yang S M, Su W. Variation of river pollutant fluxes around Qinzhou Bay and their environmental impacts[J]. Guangxi Sciences, 2012, 19(3): 257-262.
- [3] 韦蔓新, 赖廷和, 何本茂. 钦州湾近 20a 来水环境指标的变化趋势 I 平水期的营养盐状况[J]. 海洋环境科学, 2002, 21(3): 49-52.
Wei M X, Lai T H, He B M. Change trend of the chemical items in Qinzhou Bay in the last twenty years I nutrient condition in usual discharged period[J]. Marine Environmental Science, 2002, 21(3): 49-52.
- [4] 庄军莲, 姜发军, 许铭本, 等. 钦州湾茅尾海周年环境因子及浮游植物群落特征[J]. 广西科学, 2012, 19(3): 263-267.
Zhuang J L, Jiang F J, Xu M B, et al. Annual change of Environmental factors and phytoplankton community characteristics in Maowei Sea of Qinzhou Bay[J]. Guangxi Sciences, 2012, 19(3): 263-267.
- [5] 何本茂, 韦蔓新. 钦州湾近 20a 来水环境指标的变化趋势Ⅱ: 水温、盐度和 pH 的量值变化及其对生态环境的影响[J]. 海洋环境科学, 2010, 29(1): 51-55.
He B M, Wei M X. Change trend of water environment indices in Qinzhou Bay in 20 years Ⅱ: quantitative change of water temperature, salinity and pH and effect of environment[J]. Marine Environmental Science, 2010, 29(1): 51-55.
- [6] 韦蔓新, 何本茂. 钦州湾近 20a 来水环境指标的变化趋势Ⅲ: 溶解氧的含量变化及其在生态环境可持续发展中

- 的作用[J]. 海洋环境科学, 2009, 28(4): 403-409.
Wei M X, He B M. Change trend of water environment index in Qinzhou Bay last 20 years Ⅲ variation and effect of DO content on sustainable development of ecological environment[J]. Marine Environmental Science, 2009, 28(4): 403-409.
- [7] 雷富, 陈宪云, 陈默, 等. 广西茅尾海夏季海水和表层沉积物中重金属污染现状及评价[J]. 广西科学, 2013, 20(3): 205-209.
Lei F, Chen X Y, Chen M, et al. Pollution evaluation of heavy metals in the sea water and surface sediments of Maowei Sea in summer[J]. Guangxi Sciences, 2013, 20(3): 205-209.
- [8] 国家环境保护总局. GB 3097—1997 海水水质标准[S]. 北京: 中国标准出版社, 1997-12-03.
State Environmental Protection Administration. GB 3097—1997 Sea water quality standard[S]. Beijing: China Standards Press, 1997-12-03.
- [9] 环境保护部. HJ/T 442—2008 近岸海域环境监测规范[S]. 北京: 中国环境科学出版社, 2008-11-04.
Ministry of Environmental Protection. HJ/T 442—2008 Specification for offshore environmental monitoring[S]. Beijing: China Environment Science Press, 2008-11-04.
- [10] 柯东胜. 南海 pH 的年度变化及与温、盐关系[J]. 海洋通报, 1990, 9(3): 23-27.
Ke D S. Annual variation of pH in relation with temperature and salinity in south China sea[J]. Marine Science Bulletin, 1990, 9(3): 23-27.
- [11] 彭云辉, 陈浩如, 李少芬. 珠江河口水体的 pH 和碱度[J]. 热带海洋, 1991, 10(4): 49-55.
Peng Y H, Chen H R, Li S F. pH and alkalinity in the water body of Pearl river mouth[J]. Tropic Oceanology, 1991, 10(4): 49-55.
- [12] 胡方西, 胡辉, 谷国传. 长江口锋面研究[M]. 上海: 华东师范大学出版社, 2002: 1-135.
Hu F X, Hu H, Gu G C. Frontal research of Yangtze estuary[M]. Shanghai: East China Normal University Press, 2002: 1-135.
- [13] 国家环境保护总局, 国家质量监督检验检疫总局. GB 3038—2002 地表水环境质量标准[S]. 北京: 中国环境科学出版社, 2002-04-28.
State Environmental Protection Administration, General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine. GB 3038—2002 Environmental quality standards for surface water[S]. Beijing: China Environment Science Press, 2002-04-28.
- [14] 国家环境保护总局. 近岸海域环境功能区管理办法[J]. 中华人民共和国国务院公报, 2000, 06: 32-34.
State Environmental Protection Administration. Meas-

- ures for the management of offshore environmental function areas[J]. Gazette of the State Council of the people's Republic of China, 2000, 06: 32-34.
- [15] 王丽平, 刘录三, 郑丙辉, 等. 我国入海河口区水质标准制定初探[C]//环境安全与生态学基准/标准国际研讨会、中国环境科学学会环境标准与基准专业委员会2013年学术研讨会、中国毒理学会环境与生态毒理学专业委员会第三届学术研讨会会议论文集(二). 南京: 中国环境科学学会, 2013: 32-40.
- Wang L P, Liu L S, Zheng B H, et al. Preliminary study on formulating water quality standards for the Chinese estuaries [C]//Environmental Safety and Ecology Benchmark / Standard International Seminar, Professional Committee of Environmental Standards and Benchmarks of China Environmental Science Society 2013 Symposium, Conference proceedings of the Third Seminar on Professional Committee of China Environmental Toxicology and Ecotoxicology (two). Nanjing: Chinese Society for Environmental Sciences, 2013: 32-40.
- [16] 欧阳玉蓉, 王金坑, 傅世锋. 河口区水质标准问题的探讨[J]. 环境保护科学, 2011, 37(5): 53-55.
- OUYang Y R, Wang J K, Fu S F. Discussion on water quality standards of estuary[J]. Environmental Protection Science, 2011, 37(5): 53-55.
- [17] 于健, 吴桑云, 李萍. 我国入海河流河口地区海陆分界线划分方法研究[J]. 海岸工程, 2003, 22(2): 51-59.
- Yu J, Wu S Y, Li P. Study on the method for delimiting sea-land demarcation line in Chinese river estuary area [J]. Coastal Engineering, 2003, 22(2): 51-59.
- [18] 徐双全. 长江河口河海分界的探讨[J]. 中国水利, 2008, 16: 37-40.
- Xu S Q. Discussions on dividing boundary of river and sea in Yangtze River estuary [J]. China Water Resources, 2008, 16: 37-40.

(责任编辑: 陆 雁)

(上接第 395 页 Continue from page 395)

- [2] 刘瑞玉, 徐凤山, 崔玉珩. 胶州湾生态学和生物资源 [M]. 北京: 科学出版社, 1992.
- Liu R Y, Xu F X, Cui Y H. Ecology and biological resources on Jiaozhou Bay [M]. Beijing: Science Press, 1992.
- [3] 王宗兴, 孙丕喜, 姜美洁, 等. 钦州湾秋季大型底栖动物多样性研究[J]. 广西科学, 2010, 17(1): 89-92.
- Wang Z X, Xun P X, Jiang M J, et al. Macrobenthic diversity of Qinzhou Bay in autumn [J]. Guangxi Sciences 2010, 17(1): 89-92.
- [4] 王迪, 陈丕茂, 马媛. 钦州湾大型底栖动物生态学研究 [J]. 生态学报, 2011, 31(16): 4768-4777.
- Wang D, Chen P M, Ma Y. Ecology study on the benthic animals of Qinzhou Bay [J]. Acta Ecologica Sinica, 2011, 31(16): 4768-4777.
- [5] 张玉生, 杨清良, 陈瑞祥, 等. GB/T 12763. 6—2007 海洋调查规范 第 6 部分: 海洋生物调查[S]. 北京: 中国标准出版社, 2007.
- Zhang Y S, Yang Q L, Chen R X, et al. GB/T 12763. 6—2007 The specification for oceanographic survey—Part 6: ocean biological survey [S]. Beijing: China Standards Press, 2007.
- [6] 周红, 张志南. 大型多元统计软件 PRIMER 的方法原理及其在底栖群落生态学中的应用[J]. 青岛海洋大学学报, 2003, 33(1): 058-064.
- Zhou H, Zhang Z N. Rationale of the multivariate statistical software PRIMER and its application in benthic community ecology [J]. Journal of Ocean University of Qingdao, 2003, 33(1): 058-064.
- [7] 张敬怀, 肖瑜璋, 王华, 等. 大亚湾核电站邻近海域大型底栖动物群落结构分析[J]. 海洋环境科学, 2007, 26(6): 561-564.
- Zhang J H, Xiao Y Z, Wang H, et al. Using macrozoobenthos pollution index to assess Yueqingwan Bay tide-land environmental quality [J]. Journal of Marine Sciences, 2007, 26(6): 561-564.
- [8] 田胜艳, 于子山, 刘晓收, 等. 丰度/生物量比较曲线法监测大型底栖动物群落受污染扰动的研究 [J]. 海洋通报, 2006, 25(2): 92-96.
- Tian S Y, Yu Z S, Liu X S, et al. Abundance/biomass curves for detecting pollution effects on marine macrobenthic communities [J]. Marine Science Bulletin, 2006, 25(2): 92-96.
- [9] 中国海湾志编纂委员会. 中国海湾志: 第十二分册(广西海湾)[M]. 北京: 海洋出版社, 1993.
- Compiling Committee of Records of China Bays. Records of China Bays: 7th Fascicule (The bays in Guangxi) [M]. Beijing: China Ocean Press, 1993.
- [10] Warwick R M. A new method for detecting pollution effects on marine macrobenthic communities [J]. Mar Biol, 1986, 92: 557-562.

(责任编辑: 尹 闯)