

## ◆ 全流域生态环境治理 ◆

河口区水环境质量评价方法体系构建<sup>\*</sup>黎明民, 蓝文陆<sup>\*\*</sup>

(广西壮族自治区海洋环境监测中心站, 广西北海 536000)

**摘要:**河口是一个有别于河流和海洋的特殊区域,无论是《地表水环境质量标准》还是《海水水质标准》,都不适用于河口区。在我国的水环境管理体系中,河口未被列为一个单独的评价单元,通常使用《海水水质标准》(GB 3097-1997)对河口区进行评价,这种方式不能客观反映河口区水环境质量。本研究提出使用盐度对河口海域进行动态划界的方式划定河口区,并构建基于《地表水环境质量标准》(GB 3838-2002)、《海水水质标准》(GB 3097-1997)和盐度的河口区水环境质量评价方法体系。北部湾两个典型的河口区——钦州湾和廉州湾的应用案例说明,评价结果较真实地反映河口区水环境质量,评价方式适用性强,具有可操作性。该评价方法可较有效地衔接《地表水环境质量标准》(GB 3838-2002)和《海水水质标准》(GB 3097-1997),更有效地反映河口区水质实际状况,并容易推广应用于我国入海河口区,是针对我国当前河口区水质管理不足较为实用的解决办法。

**关键词:**河口区 水环境质量 评价体系 方法构建 钦州湾 廉州湾

中图分类号: X824 文献标识码: A 文章编号: 1005-9164(2022)03-0491-08

DOI: 10.13656/j.cnki.gxkx.20220720.012

河口受淡水输入、潮汐、潮流等因素的综合影响<sup>[1-3]</sup>,是一个有别于河流和海洋的特殊区域<sup>[4,5]</sup>,具有特殊的水动力、水质和水生态特征<sup>[6-8]</sup>。在我国的水环境管理体系中,河口未被列为一个单独的评价单元,而是根据行政区划,向河段使用《地表水环境质量标准》(GB 3838-2002)<sup>[9]</sup>评价,向海段使用《海水水质标准》(GB 3097-1997)<sup>[10]</sup>评价,河口的大部分区域被划入海域。将河口区直接划入海域并使用《海水

水质标准》(GB 3097-1997)进行评价,造成功能区之间水质目标协调性不足、水质目标不明确等一系列问题,也造成了我国重要河口水环境质量评价结果长期“一片红”<sup>[11]</sup>现象,主要超标因子为氮、磷营养盐<sup>[12,13]</sup>,评价结果“差”部分是因为水环境质量真实的差,部分则是因为评价体系的不适用性,不能反映河口区实际的水环境质量。因此,只有把河口区作为独立的评价单元<sup>[14,15]</sup>,与河流、海域区别开来,建立

收稿日期: 2021-10-26

<sup>\*</sup> 广西科技计划项目(桂科 AA17129001, 桂科 AD19110140)资助。

## 【作者简介】

黎明民(1979-),男,高级工程师,主要从事海洋生态监测研究。

## 【\*\*通信作者】

蓝文陆(1980-),男,博士,教授级高级工程师,主要从事海洋生态与陆海统筹环境监控研究,E-mail: dr.lan@139.com。

## 【引用本文】

黎明民,蓝文陆. 河口区水环境质量评价方法体系构建[J]. 广西科学, 2022, 29(3): 491-497, 510.

LI M M, LAN W L. Construction of Evaluation Method System of Water Environment Quality in Estuary Area [J]. Guangxi Sciences, 2022, 29(3): 491-497, 510.

不同于地表水、海水的河口区评价方法,才有可能客观地反映河口区真实的水环境质量。

目前国内外有“基于负荷-响应关系概念模型的营养状态评价法”等多种针对河口区建立单独评价体系的方式<sup>[16-19]</sup>,用这些方式建立河口区的水环境评价体系针对性强,评价结果确实更接近真实的环境质量状况,但都需要针对每个河口进行单独研究并建立各自独立的评价体系,耗时耗力。我国入海河流众多,较大入海河流又分有多个入海河口,一些大型河流的河口如长江口,面积大,影响范围广,采用上述方法建立水环境评价体系具有实际意义,但所有河口,尤其是中小型河口都采用上述方法建立单独的评价体系难度太大,在现实中难以操作。因此,建立一种在各个河口区均具有普遍适用性、可操作性强并且能够与现行水环境质量评价标准有效衔接的评价体系,对于现阶段的河口区水环境管理具有重要意义<sup>[20,21]</sup>。

本研究根据河口区的特征,将河口区作为单独的评价单元,依据现行的水环境质量评价体系以及盐度,提出河口区划定方式并构建与现行水环境质量评价标准有效衔接的河口区水环境质量评价方法体系,并在北部湾主要的入海河口钦州湾、廉州湾进行实际应用验证,以期为河口区的水环境质量评价和管理提供一个科学和可操作的途径。

## 1 河口水质评价方法构建

### 1.1 河口区范围的动态判定方式

河水和海水混合的冲淡水是河口区最直接的环境特征,较低的盐度是其最直接简单的表征,本研究采用黎明民等<sup>[22]</sup>提出的河口混合区划定方法,按盐度范围划定河口区。判定目标站点是否在河口区内

时,不以固定的地理边界划界,而是以站点盐度是否在河口区盐度范围内来划界。在实际操作中,将河口附近盐度 0.1-25 的区域划定为河口区。

### 1.2 评价等级分级

水环境质量标准主要是按照不同使用功能和保护目标将水质分类,为有效衔接《海水水质标准》(GB 3097-1997)和《地表水环境质量标准》(GB 3838-2002),将两者之间使用功能和保护目标相近的类别进行有效整合,建立河口区的水质级别分类。《海水水质标准》(GB 3097-1997)分为 4 个等级,《地表水环境质量标准》(GB 3838-2002)分为 5 个等级,两者之间无法直接一一对应。但是《地表水环境质量标准》(GB 3838-2002) I 类、II 类在使用功能上没有本质的差别<sup>[13]</sup>,而且 I 类水质一般只存在于河流源头区的极度干净水体,入海口附近的河口区通常都不再存在 I 类水质。地表水 I 类、II 类水质与海水一类水质的使用功能和保护目标十分接近,类似地,地表水 III 类与海水二类、地表水 IV 类与海水三类、地表水 V 类与海水四类的使用功能(除饮用外)和保护目标(除农业灌溉外)也相差不大。因此,基于一致或相近的使用功能和保护目标,本研究将地表水 I 类、II 类视为同一类别,其与海水一类衔接整合结果定为河口区一类等级;地表水 III 类与海水二类衔接整合结果定为河口区二类等级;依次类推,一共将河口区水质分为 4 个等级(表 1)。由于河口区水质的特殊性,不适宜饮用和灌溉,所以在使用功能和保护目标上剔除与饮用和农业灌溉相关的内容,建立河口区各个水质等级。本研究构建的河口区水环境质量标准的各个水质等级对应的具体使用功能见表 1。

表 1 河口区水环境质量评价类别模型

Table 1 Classification model of water environment quality assessment in estuary area

河口区水环境质量标准 Water environment quality standard of estuary area	整合衔接的标准 Standards of integration and connection		适用区域 Applicable area
	地表水环境质量标准 Environment quality standard of surface water	海水水质标准 Quality standard of sea water	
Class I	Class I, II	Class I	Nature reserves, habitats of rare aquatic organisms, fishery waters, spawning grounds for fish and shrimp, feeding grounds for larvae and juveniles, etc
Class II	Class III	Class II	Aquaculture areas, fish and shrimp wintering grounds, migration channels and other fishery water cities and swimming areas, water sports or entertainment areas in direct contact with human bodies, and industrial water directly related to human consumption
Class III	Class IV	Class III	General industrial water area, entertainment water area with non direct contact with human body, coastal scenic tourism area, etc
Class IV	Class V	Class IV	Water area of general landscape requirements, port water area and development operation area

### 1.3 评价指标及标准值计算模式

从《海水水质标准》(GB 3097-1997)和《地表水环境质量标准》(GB 3838-2002)的指标中除去饮用

表 2 各类指标标准值选取模式

Table 2 Selection model of standard value of various indicators

指标类别 Indicator category	特征 Features	标准限值选取方式 Standard limit selection method	具体指标 Specific indicators
Category I	The same evaluation indicators in the two standards	$C_{\text{mix}}$	Dissolved oxygen, pH, permanganate index ( $\text{COD}_{\text{Mn}}$ ), biochemical oxygen demand, mercury, cadmium, lead, hexavalent chromium, arsenic, copper, zinc, selenium, cyanide, sulfide, volatile powder, petroleum, anionic surfactant, fecal coliform
Category II	Inconsistent evaluation indicators in the two standards	$C_{\text{mix}}(K)$	Inorganic nitrogen, active phosphate

本研究采用黎明民等<sup>[22]</sup>提出的标准值计算方法。计算两个标准中一致的指标如溶解氧等,采用  $C_{\text{mix}}$  模式:

$$C_{\text{mix}} = \frac{C_{\text{ss}} C_{\text{sr}}}{\frac{S_i}{S_b} C_{\text{sr}} + (1 - \frac{S_i}{S_b}) C_{\text{ss}}}, \quad (1)$$

式中,  $C_{\text{mix}}$  为河口区的评价标准限值,  $S_i$  为站点实测盐度,  $S_b$  为河口下边界盐度值,  $C_{\text{ss}}$  为海水标准某类别浓度限值,  $C_{\text{sr}}$  为地表水标准相应类别浓度限值。

评价两个标准中不完全一致的指标如营养盐指标(包括氮和磷 2 项)时,对于氮指标,《海水水质标准》(GB 3097-1997)评价无机氮因子,《地表水环境质量标准》(GB 3838-2002)评价总氮(湖库)和氨氮;对于磷指标,《海水水质标准》(GB 3097-1997)评价活性磷酸盐因子,《地表水环境质量标准》(GB 3838-2002)评价总磷,因此无法直接利用  $C_{\text{mix}}$  模式计算。一直以来我国河口区都主要用海水水质标准进行评价,为具有延续性和可比性,河口区营养盐评价因子沿用海水标准中的无机氮和活性磷酸盐。由于氨氮并不表征水体中氮指标的总量,而随着污染防治工作要求的提升,近年来开始对入海河流提出总氮控制要求,因此本研究选择总氮作为地表水来源中氮的输入评价因子,通过氨氮与总氮的比例折算出总氮<sup>[23]</sup>的标准限值,即用《地表水环境质量标准》(GB 3838-2002)中氨氮标准限值折算出的总氮限值(本研究取 0.38),作为河口区地表水输入的初始氮指标限值。因此,通过将海水标准中的评价因子无机氮、活性磷酸盐分别与地表水标准的总氮、总磷衔接,计算出河口区的无机氮、活性磷酸盐的标准限值。

水、湖库等与河口区不相关的指标,剩余需要两者衔接的指标一共 20 项(表 2)。

无机氮、活性磷酸盐与总氮、总磷指标不同,因此仍无法直接使用  $C_{\text{mix}}$  模式计算河口区无机氮和活性磷酸盐的标准限值。需要引入无机氮/总氮和活性磷酸盐/总磷的转化系数  $K$ ,将总氮指标转化为无机氮、总磷指标转化为活性磷酸盐后,结合  $C_{\text{mix}}$  模式计算河口区无机氮和活性磷酸盐的标准限值,以下称  $C_{\text{mix}}(K)$ <sup>[22]</sup> 模式:

$$C_{\text{mix}}(K) = \frac{C_{\text{ss}} C_{\text{sr}}}{\frac{S_i}{S_b} C_{\text{sr}} + K(1 - \frac{S_i}{S_b}) C_{\text{ss}}}, \quad (2)$$

式中,  $C_{\text{mix}}(K)$  为河口区无机氮或活性磷酸盐的评价标准限值,  $K$  为转化系数,其余与(1)式相同。  $K$  的计算公式为

$$K = \frac{C_{\text{T}}}{C_{\text{ia}}}, \quad (3)$$

式中,  $C_{\text{T}}$  为该监测站点总氮实测值或总磷实测值,  $C_{\text{ia}}$  为该监测站点无机氮实测值或活性磷酸盐实测值。在无上述实测值时可近似地估算,如通过经验或统计结果换算<sup>[22]</sup>。

表 3 以活性磷酸盐和 pH 为实例,计算并列出了河口区内各盐度(以每 2 个盐度为 1 个区间)条件下的标准值。项目的标准限值介于地表水标准和海水标准之间,河口上边界附近(低盐度区)标准值接近《地表水环境质量标准》(GB 3838-2002)中的相应因子限值,河口下边界附近(高盐度区)标准值接近《海水水质标准》(GB 3097-1997)中的相应因子限值。在实际操作中,可通过站点实测盐度计算出河口区具体盐度下的标准限值,也可以计算出河口区各盐度对应的标准值(表 3)。

表3 河口区不同盐度下水质标准限值

Table 3 Standard limits of water quality at different salinity in estuary area

盐度 Salinity	活性磷酸盐(mg/L) Active phosphate (mg/L)				pH			
	一类 Class I	二类 Class II	三类 Class III	四类 Class IV	一类 Class I	二类 Class II	三类 Class III	四类 Class IV
2	0.080	0.159	0.197	0.279	6.1-9.0	6.1-9.0	6.1-9.0	6.1-9.0
4	0.054	0.109	0.126	0.182	6.2-8.9	6.2-8.9	6.1-9.0	6.1-9.0
6	0.042	0.083	0.094	0.136	6.4-8.9	6.4-8.9	6.2-9.0	6.2-9.0
8	0.034	0.068	0.075	0.109	6.5-8.8	6.5-8.8	6.2-8.9	6.2-8.9
10	0.029	0.058	0.062	0.092	6.6-8.8	6.6-8.8	6.3-8.9	6.3-8.9
12	0.025	0.050	0.054	0.079	6.7-8.8	6.7-8.8	6.4-8.9	6.4-8.9
14	0.023	0.045	0.048	0.070	6.9-8.7	6.9-8.7	6.4-8.9	6.4-8.9
16	0.020	0.041	0.043	0.063	7.0-8.8	7.0-8.8	6.5-8.9	6.5-8.9
18	0.019	0.038	0.039	0.058	7.2-8.6	7.2-8.6	6.6-8.9	6.6-8.9
20	0.017	0.035	0.036	0.053	7.4-8.6	7.4-8.6	6.6-8.8	6.6-8.8
22	0.016	0.033	0.033	0.049	7.5-8.6	7.5-8.6	6.7-8.8	6.7-8.8
24	0.015	0.031	0.031	0.046	7.7-8.5	7.7-8.5	6.8-8.8	6.8-8.8

#### 1.4 评价方式及评价流程

根据特定河口区水环境特征和管理要求,确定需要监测评价的项目。采用《近岸海域环境监测技术规范 第三部分 近岸海域水质监测》(HJ 442.3-2020)<sup>[24]</sup>中的单因子污染指数评价法进行评价。河口区水环境质量评价流程见图1。评价步骤为

步骤一,判断目标站点是否在河口区内。河口上边界盐度设为0.1,下边界盐度设为25,即河口附近盐度0.1-25的区域为河口区,站点在河口区内,使用本方法评价;站点在河口区外,不使用本方法评价。

步骤二,根据监测指标,选取计算河口区水质标准限值的模式。评价营养盐指标中的无机氮、活性磷酸盐,使用 $C_{mix}(K)$ 模式;评价其余指标,使用 $C_{mix}$ 模式。

步骤三,使用站点实测盐度计算河口区评价等级分级标准限值,或事先计算出不同盐度下各类标准限值并列表,结果如表3。

步骤四,使用单因子污染指数评价法对标评价。

## 2 应用案例

### 2.1 案例应用区域及数据来源

钦州湾位于广西北部湾的中北部,是一个口小腹大呈葫芦形的半封闭海湾<sup>[25]</sup>,钦州湾有钦江和茅岭江两条较大的入海河流输入,是一个典型河口性质的海湾;廉州湾东临北海市,北邻合浦县,西临钦州市海

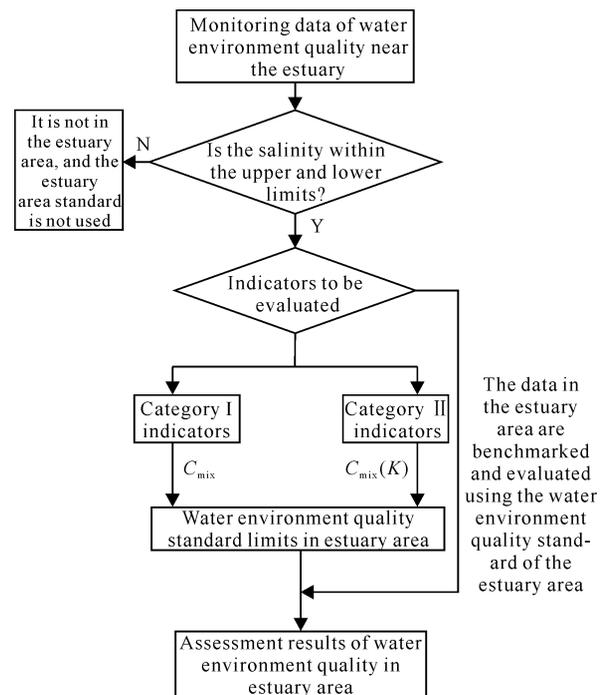


图1 河口区水环境质量评价流程图

Fig. 1 Flow chart of water environment quality evaluation in estuary area

域,有南流江和大风江两条较大河流及其他小河流输入<sup>[26]</sup>,其中南流江为北部湾最大的独流入海河流<sup>[27]</sup>,廉州湾是受河流显著影响的一个河口附近海域(图2)。

S1、S2 站点分别位于钦州湾北部和廉州湾中部,

按目前的环境管理方式, S1、S2 站点均属于海域。S1、S2 站点监测数据来源于广西海洋环境监测中心站 2008—2018 年广西近岸海域环境质量监测结果, 每年监测枯水期(3—4 月)、丰水期(7—8 月)、平水期(10—11 月)共 33 个航次的监测数据, 选择 3 项在评价实践中主要的超标因子(pH 值、无机氮、活性磷酸盐)作为评价因子。

## 2.2 评价结果

以河口上边界盐度设为 0.1, 下边界盐度设为 25, 划定河口区, S1、S2 站点全年大部分时间位于河口区内。

使用《海水水质标准》(GB 3097—1997) 和本研究构建的河口区水环境质量标准分别评价 S1、S2 站点的监测数据, 根据评价结果将一类水质赋值 1, 二类水质赋值 2, 以此类推至劣四类水质赋值 5, 将 33 期评价结果的赋值进行平均, 平均值超过 1 的主要评

价指标见表 4。从表 4 可以看出, 使用河口水环境质量标准, 除了 S2 的无机氮之外, 无论是主要指标的最大值, 还是平均值, 以及综合评价结果的最大值和平均值, 都小于或等于使用海水水质标准的评价结果。

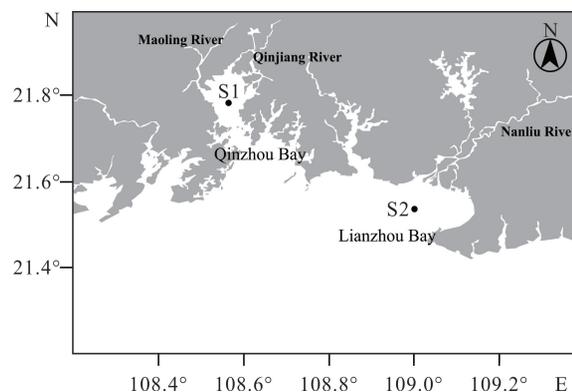


图 2 研究区域和站位

Fig. 2 Research areas and stations

表 4 评价结果

Table 4 Evaluation result

评价标准 Evaluation criterion	评价指标 Evaluation indicator	站点 Site	评价结果范围 Scope of evaluation results	评价结果平均值 Average value of evaluation results
Water environmental quality standard of estuary area	pH	S1	1	1
		S2	1	1
	Inorganic nitrogen	S1	1—4	2.21
		S2	1—5	2.36
	Active phosphate	S1	1—4	1.79
		S2	1—5	1.61
Comprehensive evaluation results	S1	1—4	2.33	
	S2	1—5	2.52	
Quality standard of sea water	pH	S1	1—3	2.15
		S2	1—3	1.24
	Inorganic nitrogen	S1	1—5	3.45
		S2	1—5	2.33
	Active phosphate	S1	1—5	2.70
		S2	1—5	1.82
	Comprehensive evaluation results	S1	1—5	3.91
		S2	1—5	2.82

## 3 讨论

### 3.1 评价结果的适用性

评价结果表明, 采用河口区水环境质量标准评价得到的主要超标因子, 与海水水质标准评价结果大体

一致, 两个标准评价的结果有较好的衔接性和整体一致性。在海水水质标准中评价为优良/差的因子, 在河口区水质标准中一般也会被评价为优良/差, 河口区水环境质量标准能较好地地区分出水质的等级差异。除了 S2 的无机氮之外, 河口区水环境质量标准评价

结果赋值都小于使用海水水质标准的评价结果,这与当前学者们及管理部门普遍反映使用海水水质标准评价河口水质严重高估了河口区污染程度的结果一致,表明河口区水环境质量标准评价结果更能真实准确反映河口区的水质状况。尤其是 pH 的评价结果,使用海水水质标准时,评价结果显示其是主要超标因子之一,两个站点多次出现 pH 值达到三类水质类别;使用河口区水环境质量标准时,评价结果显示 pH 指标均达到一类水质,不再是主要超标因子,两个评价结果差异明显。钦州湾和廉州湾周边并未有大量酸碱废水排放,pH 值偏低主要是河流地表水中较低 pH 的淡水汇入所致。此评价结果的差异表明,本研究所建立的河口区水环境质量标准更能准确适用于河口区的水质评价,评价结果更能准确反映水质真实情况。

除了评价项目的结果存在差异之外,应用案例的结果也存在差异。应用河口区水环境质量标准与海水水质标准评价不同河口区的水质状况,两种评价结果也有明显差异。从在钦州湾、廉州湾使用河口水环境质量标准和《海水水质标准》(GB 3097 - 1997)评价的结果来看,使用《海水水质标准》(GB 3097 - 1997)评价时,主要超标因子 pH、无机氮以及综合评价结果均为钦州湾劣于廉州湾,评价结论为钦州湾水环境质量劣于廉州湾;使用河口区水环境质量标准评价时,pH、无机氮以及综合评价结果均为廉州湾劣于钦州湾,评价结论为廉州湾水环境质量劣于钦州湾。而在实际中,廉州湾承接北部湾最大的独流入海河流南流江的污染物,南流江 2018 年输入的污染物总量约占北部湾入海河流污染物输入量的 50%<sup>[28]</sup>,廉州湾是北部湾海域赤潮高发区,受污染程度高于钦州湾。2018 年广西近岸海域浮游植物生物完整性指数(Phytoplanktonic Index of Biotic Integrity, P-IBI)评价结果中,S1、S2 站点的平均得分分别为 2.33 和 1<sup>[29]</sup>,以 P-IBI 代表的环境质量结果指数越高,环境越优,也同样说明廉州湾的水环境质量劣于钦州湾。综上可知,应用两种标准对不同河口区水质状况评价的差异表明,河口区水环境质量标准评价更能反映海水水质标准评价所掩盖的河口区水质问题。使用两种方法评价活性磷酸盐的结果都是钦州湾劣于廉州湾,这与廉州湾处于磷限制状态<sup>[26]</sup>的结论一致。

由上述分析可以看出,河口区水环境质量标准不仅能很好地衔接地表水环境质量标准和海水水质标准,保持了整体一致性,而且使用其进行评价能更好

地区分河口是因河流延伸地表水的涌入而导致《海水水质标准》(GB 3097 - 1997)评价的结果差,还是水环境质量真正差。使用河口水环境质量标准评价体系对河口区进行评价,比使用《海水水质标准》(GB 3097 - 1997)更能客观地反映河口区的实际受污染程度和环境质量状况。因此,使用河口水环境质量标准评价体系进行评价具有科学性和可操作性,对于环境管理更具指导意义。

### 3.2 评价方法还需进一步验证

本研究在分析时,对地表水和海水的差异性做了简化。地表水和海水标准中对应评价项目的监测分析方法不同,如地表水氨氮的测定常用“纳氏试剂分光光度法”(HJ 535 - 2009),而海水常用“次溴酸盐氧化法”(GB 17378.4 - 2007),两者的方法原理不同,在对实际样品分析时,可能会存在差异,不同方法在河口区及附近海域测定的结果是否可直接比较需要进一步验证。pH 值是氢离子活度的负对数,本研究在计算河口标准时,没有对氢离子活度数值进行衔接计算,而只对 pH 值按照公式进行计算,其结果也需进一步验证。

由于地表水和海水评价项目的不同,营养盐指标氮和磷计算时需要使用 K 值,而 K 值的获取需要总氮、总磷的实测浓度,这两个因子不是海洋环境监测的必测指标,部分海洋监测航次中并不监测,黎明民等<sup>[22]</sup>提出可以通过盐度换算的方式,但该方法只对钦州湾的数据做了相关性分析,此方法是否适用于其他河口需要进一步验证。

本研究仅在北部湾两个入海河口进行了方法验证,虽使用了超过 10 年的长期数据,但点位数据不多,验证的案例不足,且各地的河流水质情况不一,此方法对于除北部湾之外,其他河流(尤其是对北方河流)的适用性,需要进一步验证。

## 4 结论

本研究提出使用盐度对河口及附近海域进行动态划界的方式划定河口区,划定方式为上边界盐度设为 0.1,下边界盐度设为 25,并依据《地表水环境质量标准》(GB 3838 - 2002)、《海水水质标准》(GB 3097 - 1997)和盐度,使用  $C_{\text{mix}}$  模式等构建在河口区内使用的水环境质量标准评价体系。该评价体系不需要对不同河口进行大量前期工作,适用性强,具有可操作性。选取北部湾海域中两个典型的河口区——钦州湾和廉州湾作为河口区水环境质量标准

评价体系的应用案例,采用2008-2018年共33期的监测数据,比较直接使用《海水水质标准》(GB 3097-1997)评价和使用本研究构建的河口水环境质量标准评价体系评价的效果。结果表明,河口水环境质量标准评价体系的评价结果能更有效地反映河口区水质的实际状况,并容易在我国入海河口区推广应用,是针对我国当前河口区水质管理不足较为实用的解决办法。但本研究的评价方法验证的案例不足,若在全国区域推广还需要进一步验证。

#### 参考文献:

- [1] PRITCHARD D W. What is an estuary: Physical viewpoint? [M]// LAUFF G H. Estuaries. Washington, D. C: American Association for the Advancement of Science, 1967, 83: 158-180.
- [2] VIGURI J, VERDE J, IRABIEN A. Environmental assessment of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons(PAHs) in surface sediments of the Santander Bay, Northern Spain [J]. Chemosphere, 2002, 48(2): 157-165.
- [3] 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]//中国环境科学学会, 中国毒理学会. 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论文集. 南京: [出版者不详], 2013: 32-40.
- [4] 黄聚聪. 入海河口区域范围确定方法初探[J]. 海峡科学, 2014, 90(6): 15-16, 57.
- [5] 戴泽衡, 韩曾萃. 海域与陆域分界的探讨[J]. 浙江水利科技, 2004(6): 1-4.
- [6] MCLUSKY D S. Marine and estuarine gradients—A overview [J]. Netherlands Journal of Aquatic Ecology, 1993, 27: 489-493.
- [7] BULGER A J, HAYDEN B P, MONACO M E, et al. Biologically-based estuarine salinity zones derived from a multivariate analysis [J]. Estuaries, 1993, 16: 311-322.
- [8] PERILLO G M E. Definitions and geomorphologic classifications of estuaries [M]//PERILLO G M E. Developments in Sedimentology: Volume 53 Geomorphology and sedimentology of estuaries. Amsterdam: Elsevier, 1995: 17-47.
- [9] 国家环境保护总局, 国家质量监督检验检疫总局. 地表水环境质量标准: GB 3838-2002 [S]. 北京: 中国环境科学出版社, 2002.
- [10] 国家环境保护局. 海水水质标准: GB 3097-1997 [S]. 北京: 中国环境科学出版社, 1997.
- [11] 刘静, 刘录三, 郑丙辉. 入海河口区水环境管理问题与对策[J]. 环境科学研究, 2017, 30(5): 645-653.
- [12] 生态环境部. 2020年中国海洋生态环境状况公报(摘录)[J]. 环境保护, 2021, 49(12): 59-75.
- [13] 郑丙辉, 刘静, 刘录三. 探析入海河口水质评价标准的合理性[J]. 环境保护, 2016, 44(3): 43-47.
- [14] 丁磊, 窦希萍, 缴健. 长江口水质评价标准的选择与分析[C]//中国水利学会, 中国疏浚协会, 浙江省水利学会, 国际水生态安全中国委员会, 浙江省生态经济促进会. 2016中国水务高峰论坛——2016第四届中国水生态大会论文集. 海宁: [出版者不详], 2016: 320-325.
- [15] SUTHERLAND J, WALSTRA D J R, CHESHER T J, et al. Evaluation of coastal area modelling systems at an estuary mouth [J]. Coastal Engineering, 2004, 51(2): 119-142.
- [16] 彭涛, 王珍, 赵乔, 等. 基于压力-状态-响应模型的黄柏河生态系统健康评价[J]. 水资源保护, 2016, 32(5): 141-145, 153.
- [17] 祁天龙. 基于压力-状态-响应模型的浑河生态系统健康评价[J]. 水利技术监督, 2019(2): 203-207.
- [18] 叶属峰, 刘星, 丁德文. 长江河口海域生态系统健康评价指标体系及其初步评价[J]. 海洋学报(中文版), 2007, 29(4): 128-136.
- [19] 郑丙辉. 入海河口区营养盐基准确定方法研究——以长江口为例[M]. 北京: 科学出版社, 2013.
- [20] 王菊英, 韩庚辰, 张志峰, 等. 国际海洋环境监测与评价最新进展[M]. 北京: 海洋出版社, 2010.
- [21] 孟伟. 中国海洋工程与科技发展战略研究: 海洋环境与生态卷[M]. 北京: 海洋出版社, 2014.
- [22] 黎明民, 庞碧剑, 蓝文陆, 等. 河口混合区划定及营养盐标准限值构建[J]. 中国环境监测, 2020, 36(3): 74-82.
- [23] 李文杰, 王冰. 地表水中氨氮和总氮的相关性分析[J]. 环境保护科学, 2012, 38(3): 79-81.
- [24] 中华人民共和国生态环保部. 近岸海域环境监测技术规范 第三部分 近岸海域水质监测: HJ442.3-2020 [S]. 北京: 中国环境科学出版社, 2021.
- [25] 骆鑫, 蓝文陆, 李天深, 等. 钦州湾春、夏季浮游植物群落特征及其与环境因子的关系[J]. 生态学报, 2019, 39(7): 2603-2613.
- [26] 彭小燕, 喻泽斌, 蓝文陆, 等. 近10a廉州湾富营养化因子变化特征及其与赤潮演变的关系[J]. 海洋环境科学, 2018, 37(5): 670-677.
- [27] 崔振昂, 滕德强, 张亮, 等. 广西廉州湾海水环境质量综合监测[J]. 中国地质调查, 2018, 5(5): 74-84.
- [28] 罗金福, 李天深, 蓝文陆. 北部湾海域赤潮演变趋势及防控思路[J]. 环境保护, 2016, 44(20): 40-42.
- [29] 黎明民, 骆鑫, 付家想, 等. 基于浮游植物生物完整性的北部湾生态健康评价[J]. 中国环境监测, 2018, 34(6): 113-121.

bay. Compared with the historical data of nearly 30 years, the COD concentration in Zhanjiang Bay shows an increasing trend, which is mainly affected by the rapid economic development of Zhanjiang in recent years. The evaluation results of COD in Zhanjiang Bay show that the COD pollution index of all stations (between 0.22 and 0.95) do not exceed the standard in winter, but it exceeds the standard in spring (between 0.38 and 1.35), with an over-standard rate of 8%. The correlation analysis shows that there is a significant positive correlation between COD content and nutrients in Zhanjiang Bay in winter and spring, indicating that they are homologous and might be affected by human activities in adjacent areas. This study shows that with the increase of runoff input and aquaculture activities in spring, the COD concentration in Zhanjiang Bay increases in spring, which needs to be vigilant.

**Key words:** COD; nutrients; seasonal variation; human activity; Zhanjiang Bay

责任编辑:米慧芝

(上接第 497 页 Continued from page 497)

## Construction of Evaluation Method System of Water Environment Quality in Estuary Area

LI Mingmin, LAN Wenlu

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

**Abstract:** Estuary is a special area different from river and ocean, neither *Surface Water Environmental Quality Standard* (GB 3838 - 2002) nor *Sea Water Quality Standard* (GB 3097 - 1997) is suitable for the estuary area. In China's water environment management system, estuary is not listed as a separate evaluation unit, and *Seawater Quality Standard* (GB 3097 - 1997) is usually used to evaluate the estuary area, which cannot objectively reflect the water environment quality of the estuary area. In this study, salinity was proposed to dynamically delimit the estuary area, and the evaluation method system of water environment quality in estuary area was constructed based on *Surface Water Environmental Quality Standard* (GB 3838 - 2002) and *Sea Water Quality Standard* (GB 3097 - 1997) and salinity. The application cases of two typical estuary areas in Beibu Gulf, Qinzhou Bay and Lianzhou Bay, showed that the evaluation results reflected the water environment quality of estuary area more truly, and the evaluation method had strong applicability and operability. The evaluation method can effectively connect the *Surface Water Environmental Quality Standard* (GB 3838 - 2002) and *Seawater Quality Standard* (GB 3097 - 1997), and can more effectively reflect the actual situation of water quality in the estuary area. It is easy to be popularized and applied in the estuary area of China, which is a practical method to solve the current water quality management in the estuary area of China.

**Key words:** estuary area; water environment quality; evaluation system; method establishment; Qinzhou Bay; Lianzhou Bay

责任编辑:梁晓