

入海河口水质评价标准分析

郭海军¹,王欣²,王逸飞¹,包敏²,李翔³

(1. 南京水利科学研究院,江苏南京 210029; 2. 南京市长江河道管理处,江苏南京 210011;
3. 南京瑞迪建设科技有限公司,江苏南京 210000)

摘要:拟针对现行的《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002)及《海水水质标准》(GB 3097—1997)进行分析,从水体功能类别、水质评价项目与指标、指标标准值分布3个方面介绍水质标准间存在的差异,说明现行水质标准修订工作和入海河口水环境质量评价相关标准制定的必要性和紧迫性。

关键词:水质评价;地表水环境质量标准;海水水质标准;差异分析;入海河口

中图分类号:X824 **文献标识码:**A **文章编号:**1007-7839(2022)04-0062-0004

Analysis on water quality evaluation standard of the estuary into the sea

GUO Haijun¹, WANG Xin², WANG Yifei¹, BAO Min², LI Xiang³

(1. *Nanjing Hydraulic Research Institute, Nanjing 210029, China;*
2. *Nanjing Yangtze River Administration Office, Nanjing 210011, China;*
3. *Nanjing R&D Tech Group Co., Ltd., Nanjing 210000, China*)

Abstract: This article intends to analyze the current “Surface Water Environmental Quality Standards” (GB 3838—2002) and “Sea Water Quality Standards” (GB 3097—1997). The differences between water quality standards are introduced from three aspects: water body function categories, water quality evaluation items and indicators, and indicator standard value distribution. The necessity and urgency of the revision of the current water quality standards and the establishment of relevant standards for the water environmental quality assessment in the estuary of the sea are explained.

Key words: water quality evaluation; surface water environmental quality standards; sea water quality standards; difference analysis; estuary into the sea

1 入海河口水质评价现状

北起辽宁省鸭绿江口,南至广西省北仑河口,我国18 000 km的大陆海岸线上分布有数百条入海河口(以下称河口),构成了我国海岸带的重要组成部分。河口地区水系发达,人口聚集,是历史上文明发源及现代经济发展中的重要区域,其上游承接内陆江河,下游连接近海海域,独特的地理位置形成陆海两相过渡的特殊地带,因此也发展有独特的

双向过渡性生态系统。河流淡水与海洋盐水交汇使河口水体具有特殊的盐度梯度,潮汐径流相互作用使河口水系形成潮沟,丰富的底质来源使海岸向海发展发育成潮间带,这让河口区成为某些潮沟鱼类、濒危珍稀水生动物的栖息地,重要经济水生动物的产卵、育肥场所以及洄游的通道。此外,河口地区往往也是内河航运和远洋贸易的地理交点和功能大动脉,以上都说明了河口及河口生态系统扮演的重要角色、作用和功能。

收稿日期:2021-11-16

基金项目:南京市水务科技项目(202001);河口海岸保护与治理创新团队(Y220013);南京江北新区滨江生态岸线保护与环境提升工程综合技术研究项目(Hj221086)

作者简介:郭海军(1998—),男,硕士研究生,研究方向为河口海岸及近海工程。E-mail:hjguo8991@foxmail.com

为了更加科学规范地监督及管理河口地区水体,进行定期的水质监测以及精准的水质评价是重要前提。以长江口为例,长江流域水环境监测中心上海分中心早在2000年以前就在徐六泾、吴淞口下3 km(北港和南港)和23 km处设置了3个常规水质监测断面共14条垂线,近年来采样布点的数量和监测频率也更加完善,故监测工作开展相对容易和顺利;但现行《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002)^[1]中规定:与近海水域相连的地表水河口水域根据水环境功能按本标准进行管理,近海水功能区水域根据使用功能按现行《海水水质标准》(GB3097—1997)^[2]进行管理。而目前国内多从划分管理权责的目的出发,确定单一断面的河海分界线,却尚无从河口地区自然属性或理化特征出发来对河口区域范围进行界定的统一方法,这让具体河口水质评价中标准的选取没有根据,随意性较大,不利于河口水质的精确评价。邱训平等^[3]选取《地面水环境标准》(GB3838-88)为评价标准,采用超标率法评价长江口水质情况,结果显示河口江段呈现有机污染的特征,TP、COD和NH₃-N为主要污染因子。国峰等^[4]根据《地表水环境质量标准》(现行)对长江口徐六泾监测断面进行水质分级,结果表明截止2011年TP均是决定水质等级的水质要素,2005—2012这8年间水质等级持续下降,近2年油类的污染也有明显加重趋势,这说明长江入海口的污染日趋严重。葛跃浩等^[5]选择《海水水质标准》(现行)作为评价标准,采用模糊概率综合评价法对监测区域分区(北港、南港、北槽、南槽和长江口外)

进行评价,结果表明口内水质好于口外,北港水质好于南港,与人类开发活动的频繁程度一致。顾莉等^[6]也采用现行的《海水水质标准》对长江口北支进行了水环境质量评价,表明该区域营养盐污染严重,可能与江口北支的水力条件较差有关。

2 地表水与海水水质现行标准差异

2.1 水体功能类别

水体功能类别划分来看,地表水及海水标准的依据都是水域功能及具体保护目标,但两者水质类别的等级数目不一致。《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002)中规定,依据地表水水域环境功能和保护目标,按水域功能从高到低分为I—V共5类水,而现行《海水水质标准》按海域的不同使用功能及保护目标将海水水质分为I—IV共4类水。

进一步对比来看(表1),地表水中I、II类水的保护目标包括源头水、国家自然保护区和集中式生活饮用水地表水源地一级保护区,水域使用功能包括珍稀水生生物栖息地、鱼虾类产卵地、仔稚幼鱼的索饵场等;海水中I类水保护目标为海上自然保护区和珍稀濒危海洋生物保护区,使用功能为海洋渔业水域,可以看出海水标准中I类水质和地表水I、II类水质保护目标的等级及使用功能范围相近,可以大致看做对应关系。III类地表水与II类海水、IV类地表水与III类海水、V类地表水与IV类海水也可一一大致对应。但此种对应关系严格意义上有较大差别,若视海水标准中I及II类水分别对应地表水标准中I和II及III类水,则源头水及集中

表1 水体功能类别的异同点总结

现行标准 异同点	地表水水环境质量标准 (GB 3838—2002)	海水水质标准(GB 3097—1997)	
功能类别 对应关系	I 源头水、自然保护区		
	II 集中式生活饮用水地表水源地一级保护区、珍稀水生生物栖息地、幼鱼索饵场等	海上自然保护区、珍稀濒危海洋生物保护区和海洋渔业水域	I
	III 集中式生活饮用水地表水源地二级保护区、水产养殖等渔业水域及游泳区	水产养殖区、海水浴场、与人类食用直接有关的工业用水区	II
	IV 一般工业用水区及人体非直接接触的娱乐用水区	一般工业用水区、滨海风景旅游区	III
	V 农业用水区及一般景观要求水域	海洋港口水域、海洋开发作业区	IV
区别	海水I类水质没对应考虑源头水及集中式饮用水地表水源地一级保护区、海水II类水没对应考虑集中式饮用水地表水源地二级保护区 近海海域与地表水区域环境条件差异大,故许多污染物的指标分析方法不一致		

式生活饮用水地表水源地保护区没有对应的考虑,对有地表水水源地保护区的河口选取《海水水质标准》评价时将会出现“欠考虑”的问题。由于近海海域与地表水区域的环境不一样,对应关系也并不体现在具体的污染物指标分析方法上,如海洋水体深度大,温度差异高,水温分析常采用铅直连续观测得到某标准层水温,而地表水水体深度小,一般采用水温计法测得表层水温;海洋水量多且水动力强度大,受还原性物质污染较弱,故测定COD时采用测定较清洁水样的碱性高锰酸钾法,而地表水污染尺度变动范围较大,所以既有测定COD_{Mn}的高锰酸钾法,也有测定COD_{Cr}的酸性重铬酸盐法,后者常作为监测工业废水的指标;另海水标准中BOD测定采用五日培养法,而地表水标准中采用稀释与接种法等。

2.2 评价项目与指标

《地表水环境质量标准》中设置有地表水环境质量标准基本项目、集中式饮用水水源地补充项目及特定项目共109种指标。地表水水质评价时必须包括基本项目,补充项目和特定项目在进行上述水源地水质评价时应当考虑。《海水水质标准》中只设置有海水水质基本项目共39种指标,其中放射性核素(Bq/L)单种污染物包括了5项指标。现行地表水和海水水质标准在评价指标设置上有许多不同之处,厘清对应指标的区别及关联是对比分析水质标准的基本工作。

国内外早期水质评价主要根据水体的颜色、气味、浑浊度等感官性状进行定性描述,主观影响较大,随着对水体的理化性质和生物性状更深刻的研

究和技术手段的成熟,水质评价渐渐以水化学指标为主^[7]。《地表水环境质量标准》中全部为理化指标,但《海水水质标准》中除理化指标外,也保留有“漂浮物质”和“色、嗅、味”2项感官指标,分析方法为目测法和感官法;地表水标准中设有粪大肠菌群指标,是生长于人和温血动物肠道中的一组肠道细菌,用来表示粪便污染,对应海水标准也有此指标,但另设有范围更大的大肠菌群指标(前者与其为包含关系),同时在这2项指标内拓展规定了供人生食的贝类增殖水质的限值;为评价水体有机物与某些还原性无机物的污染水平,通常用COD来量化,地表水标准中有COD_{Mn}、COD_{Cr}2项指标,其中重铬酸钾能够比较完全的表示水中有机物的含量,而海水标准中则仅有COD_{Mn}指标;海水标准中对氮元素的考虑为无机氮(以N计)和非离子氨(以N计)指标,但现行地表水标准相应指标分别为TN(以N计)和NH₃-N(NH₃-N),其中TN较无机氮多出有机氮部分,NH₃-N较非离子氨多出离子氨部分,相较GHZB 1—1999标准,TN是现行地表水标准新增的指标,删除了NO₂-N、非离子氨等指标;海水标准中对磷元素的考虑指标为活性磷酸盐,地表水标准中为TP,同样地后者范围更大;另海水标准中设置有放射性核素指标,地表水标准中则没有考虑相关指标等等。

上述评价指标差别如表2所示,两种标准的评价指标意义和范围的不同可能会导致不同水质类别的限值差别较大,产生较大的评价结果差异。除此之外,我国现行《地表水环境质量标准》和《海水水质标准》在指标数量上设置也相对较少,美国于2002年分别给出了158种污染物的淡水水质基准和

表2 评价指标差异总结

现行标准 差异序号	地表水水环境质量标准 (GB 3838—2002)	海水水质标准 (GB 3097—1997)	说明
1	理化指标	理化指标、“漂浮物资” “色、嗅、味”	海水标准保留有两个感官指标,主观性大但判别简单
2	粪大肠菌群	粪大肠菌群、大肠菌群	大肠菌群指标的范围更大,海水标准中另规定了供人生食的贝类增殖水质的限值
3	COD _{Mn} 、COD _{Cr}	COD _{Mn}	重铬酸钾的氧化率更高,适用于污染严重的水体
4	TN、NH ₃ -N	无机氮、非离子氨	考虑氮元素的指标范围:地表水标准>海水标准
5	TP	活性磷酸盐	考虑磷元素的指标范围:地表水标准>海水标准
6	无	放射性核素指标	海水标准考虑了放射性指标
7	基本项目24项指标、补充项目5项指标、特点项目80项指标,共109项指标	只有基本项目,共设39项指标	项目设置及指标数量均有较大差别

海水水质基准,均远远多于我国现行水质标准所规定的指标^[8]。

2.3 指标标准值分布

选取现行地表水和海水水质标准中的几项重要评价指标,分为范围一致及范围不一致两组指标进行考虑,前者包括DO、COD_{Mn}、BOD₅以及石油类4个指标,后者包括地表水氨氮-海水非离子氨、地表水总氮-海水无机氮、地表水总磷-海水活性磷酸盐3对指标。按照表1中地表水和海水的功能类别对应关系,绘制上述两组指标的标准值浓度分布图,如图1~2所示,以了解不同标准水质类别区间和大致的差异。

由图1,《海水水质标准》(GB 3097—1996)中各类水的COD_{Mn}、BOD₅及石油类3项指标对应标准值皆小于或等于《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002)

的标准值,证明2种标准在功能类别大致对应关系下,海水标准要求严于地表水标准;单纯从纵坐标浓度分析,COD_{Mn}相差级别最大,BOD₅次之,石油类最小,考虑可能与各类指标自身的环境基准值量级大小有关。DO指标与其他指标不同,标准值越大水质越好,除对应地表水I类水时,海水标准要求稍弱,其他对应类别要求较地表水标准更严或持平。

由图2,地表水标准中NH₃-N指标各类水标准值皆大于海水标准中对应非离子氨标准值,TN、TP相较无机氮、活性磷酸盐也都偏大,说明大致对应功能类别关系下,海水标准要求严于地表水标准,与图1结果一致。若不考虑图1、图2纵坐标尺度比例差别,对于2种标准的标准值分布,图2中,3组指标相差程度明显较图1中的4组指标更大,与图2中3组指标存在包含关系有关。

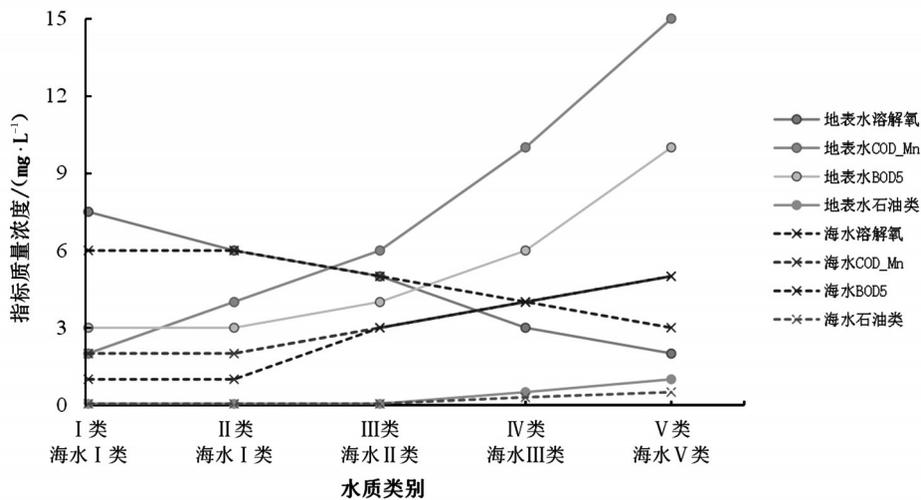


图1 DO、COD_{Mn}、BOD₅、石油类标准值分布

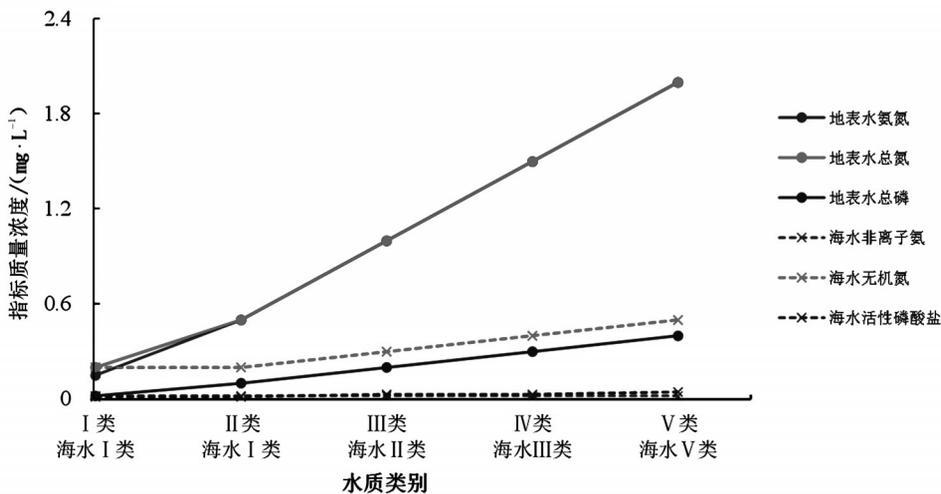


图2 氨氮-非离子氨、总氮-无机氮、总磷-活性磷酸盐标准值分布

在 1.64~3.05 mg/L, 对应 TN 平均去除率达到 86.04%, 与对照组相比提高了 65.86%, 出水 COD 质量浓度控制在 21.82~29.16 mg/L, 满足《地表水环境质量标准》中 IV 类水水质标准。

参考文献:

- [1] ZHANG M, ZHAO L, MEI C, et al. Effects of plant material as carbon sources on TN removal efficiency and N₂O flux in vertical-flow-constructed wetlands[J]. *Water, Air, & Soil Pollution*, 2014, 225(11): 1-11.
- [2] FAN C, HE S, WU S, et al. Improved denitrification in surface flow constructed wetland planted with calamus[J]. *Journal of Cleaner Production*, 2021(291): 125944.
- [3] SI Z, SONG X, WANG Y, et al. Intensified heterotrophic denitrification in constructed wetlands using four solid carbon sources: denitrification efficiency and bacterial community structure [J]. *Bioresource Technology*, 2018(267): 416-425.
- [4] 李晓崑, 贾亚红, 李冰, 等. 人工湿地植物缓释碳源的预

处理方式及释碳性能研究[J]. *水处理技术*, 2013, 39(12): 46-48.

- [5] 国家环境保护总局. 水和废水监测分析方法(第四版)[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2002.
- [6] 熊家晴, 孙建民, 郑于聪, 等. 植物固体碳源添加对人工湿地脱氮效果的影响[J]. *工业水处理*, 2018, 38(9): 41-44.
- [7] 李朝英, 郑路, 莫世宇. 范氏法与王玉万法植物纤维素测定方法探讨[J]. *浙江农业科学*, 2019, 60(3): 427-429.
- [8] 肖蕾, 贺锋, 梁雪, 等. 不同碳源添加量对垂直流人工湿地污水处理效果的影响[J]. *环境工程学报*, 2013, 7(6): 2074-2080.
- [9] 陈帅全, 张驰, 王印, 等. 碱热处理生物质碳源材料比选研究[J]. *森林工程*, 2020, 36(5): 99-105.
- [10] 熊剑锋, 徐华, 阎宁, 等. 梧桐树叶作为反硝化碳源的研究[J]. *环境科学*, 2012, 33(11): 4057-4061.
- [11] 王春喜, 余关龙, 张登祥, 等. 固体碳源联合反硝化菌脱氮的影响因素研究[J]. *水处理技术*, 2018, 44(10): 62-65.

(上接第 65 页)

3 结 语

河口地区具有特殊的自然条件与生态环境, 精确的水质评价是管理和利用好河口的重要前提, 但目前河口区域河海范围的界定不清晰, 实际评价时标准的选取随意性较大。现行《地表水环境质量标准》及《海水水质标准》存在许多差异: (1) 水体功能类别方面, 2 种标准有大致对应关系, 但严格来说, 存在源头水及水源地保护区欠考虑和污染物的指标分析方法不一致等问题; (2) 评价项目与指标方面, 2 种标准项目设置及指标数量都不相同, 某些指标的范围不一致, 如氮元素及磷元素相关指标, 另海水标准中设有感官指标; (3) 指标标准值分布方面, 对于 2 种标准中常用的几组重要指标, 范围一致及范围不一致指标在功能类别大致对应关系下海水标准总体都要求高于地表水标准, 不考虑纵坐标尺度时, 范围不一致的指标的标准值分布差异大于范围一致的标准值分布差异。

以上差异伴随有环境功能类别交错混乱、监测指标和指标限值无法对接, 标准值分布有差异, 评价指标数量待提升等问题, 导致河口同一区域采用不同标准评价的结果可能截然不同。因此开展现行标准及相关标准的制修订工作, 继续推进符合国

情的入海河口水质基准和标准的研究和制定工作, 结合河口特征有效划分和明确入海河口边界, 将是未来一段时间迫切需要开展的工作。这对加强入海河口及海洋生态环境保护意义重大, 符合我国生态文明建设的发展方向和现实需要。

参考文献:

- [1] 国家环境保护总局. 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.
- [2] 国家环境保护总局. 海水水质标准: GB 3097—1997[S].
- [3] 邱训平, 穆宏强, 支俊峰. 长江河口水环境现状及趋势分析[J]. *人民长江*, 2001(7): 26-28.
- [4] 国峰, 李志恩, 时俊, 等. 长江入海口徐六泾断面 2005—2012 年水环境因子及入海通量变化特征[J]. *长江流域资源与环境*, 2015, 24(2): 227-232.
- [5] 葛跃浩, 陈佳佳. 基于模糊概率综合评价数学模型的长江口水质评价与分析[J]. *环境与可持续发展*, 2016, 41(6): 205-206.
- [6] 顾莉, 华祖林, 树锦, 等. 江苏近海水域水环境质量现状评价[J]. *河海大学学报(自然科学版)*, 2012, 40(5): 498-502.
- [7] 冯娜. 南四湖入湖河口水质变化趋势分析与预测模型研究[D]. 青岛: 青岛理工大学, 2018.
- [8] 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.