

上海市境内长江口水质时空分布特点研究

李蓝汐¹, 丁磊², 高祥宇², 缴健²

(1. 河海大学商学院, 江苏 南京 210098;
2. 南京水利科学研究院港口航道泥沙工程交通行业重点实验室, 江苏 南京 210029)

摘要:基于空间数据分析对上海市境内长江口水质展开了探究。结果表明:长江口上海境内的水质在时间上表现出了较为明显的汛期好于非汛期的特点;水源地附近水域主要受营养盐污染,且近年来有加重的趋势。
关键词:长江口;水源地;水质;时空分布;上海市
中图分类号:X82 **文献标志码:**A **文章编号:**1004-6933(2016)S1-0041-03

长江口是长江的入海口。上海市是长江口附近的特大型城市,目前形成了“两江并举,多源互补”的水源格局。长江口为上海市的发展提供了丰富的淡水资源。上海市的四大水源地为黄浦江上游水源地、陈行水库、青草沙水库和东风西沙水库,除黄浦江上游水源地外,其他均在长江口取水,长江口的三大水源地供水规模占到了上海市总供水的 80% 左右,长江口的水质与上海市居民的生产生活息息相关。除盐水入侵带来的氯化物会对长江口水质产生影响外^[1],其他污染物指标也需要高度的关注^[2-3]。因此,本文对长江口上海境内水质的时空分布特点进行探究。

1 研究区域

本文对上海市境内长江口的 4 个代表性断面:石洞口、南港、北港、竹园(图 1)不同时期水质资料进行分析,4 个断面均位于水源地附近。徐六泾断面虽不在上海市境内,但由于长江水是通过徐六泾进入长江口的,因此徐六泾断面的水质也作为参考。水质指标包括 COD_{Mn}、石油类以及营养盐和重金属(含砷)。

2 水质时间变化特征

对水源地附近水域水质指标随时间的变化特点进行探究。因篇幅关系,仅给出营养盐中的 NH₃-N 的分析过程。NH₃-N 汛期、非汛期、年平均质量浓度

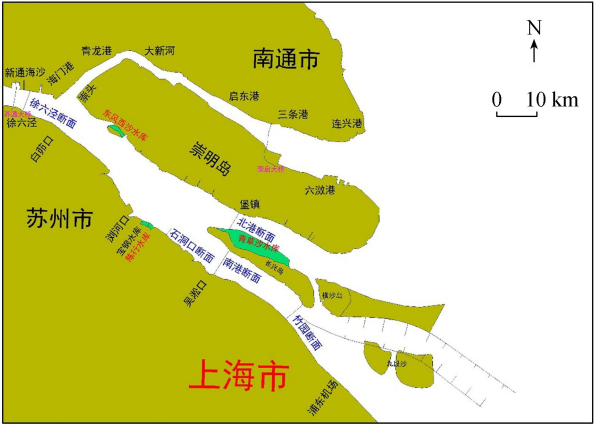


图 1 长江口及监测断面示意图

变化见图 2。石洞口 NH₃-N 全年的平均质量浓度 2005—2011 年波动较小,介于 0.3 ~ 0.5 mg/L。南港 NH₃-N 在 0.6 mg/L 周围波动。北港 NH₃-N 全年的平均质量浓度 2005—2011 年有较大范围的波动,2005—2009 年在 0.4 mg/L 左右波动,2010 年 NH₃-N 年平均质量浓度有一定范围的提升达 0.4 mg/L,2011 年小幅下降,但仍高于 0.5 mg/L。竹园 NH₃-N 全年的平均质量浓度 2005—2011 年在 0.4 ~ 0.8 mg/L 之间波动。4 个断面均表现出年内汛期平均质量浓度小于非汛期的特点,且汛期的年际变化、非汛期的年际变化与年平均质量浓度的变化基本相同。

在 NH₃-N 方面,汛期水质比非汛期的水质好,非汛期水质不理想。《上海市水环境功能区划

基金项目:国家自然科学基金(51479122);国家科技支撑计划项目(2013BAB12B04,2013BAB12B05,2015BAB07B01);中央分成水资源费项目(1261530210283);江苏省“333 工程”科研资助项目(BRA2015459);南京水利科学研究院基本科研业务费专项(Y216005,Y216012,Y216019,Y216020)
作者简介:李蓝汐(1992—),女,硕士研究生,研究方向为空间数据分析。E-mail:lanciee@163.com

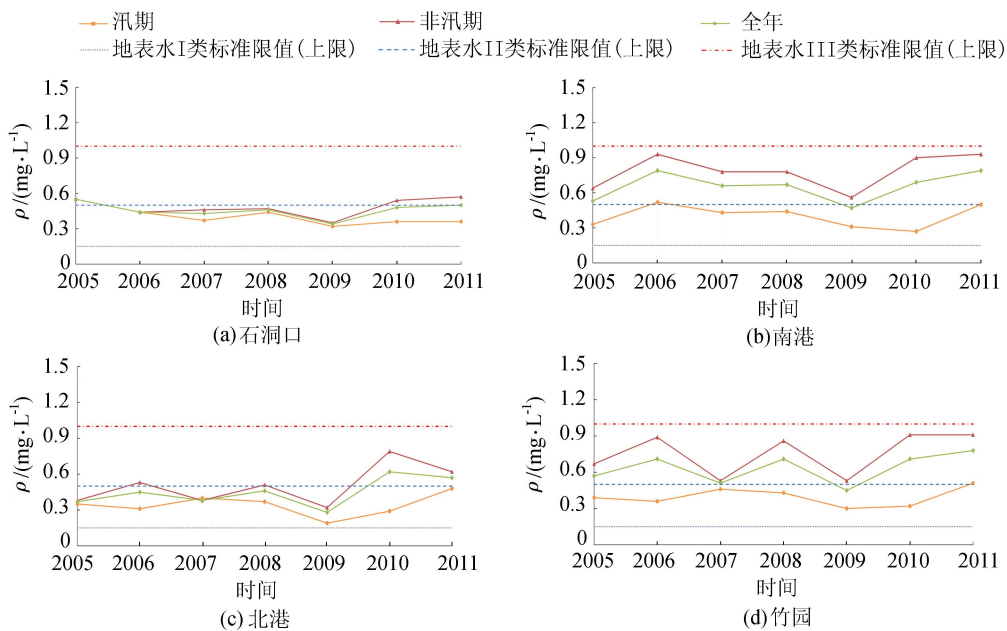


图2 NH₃-N 汛期、非汛期、年平均质量浓度变化

(2011 年修订版)》中提出“上海市范围内长江口干流(沪苏边界至芦潮港)水质控制标准为Ⅱ类”。根据 GB 3838-2002《地表水环境质量标准》及地表水水功能区对水质的要求,发现 NH₃-N 汛期超标率为 3.6%,非汛期超标率为 64%,年平均超标率为 62.5%。超标水均为地表Ⅲ类水。因此,水源地附近 NH₃-N 的污染,尤其是非汛期的污染需要引起足够的重视。GB 3097-1997《海水水质标准》中没有 NH₃-N 指标,相关的指标为无机氮。NH₃-N 为无机氮的一种,因此水体中无机氮的质量浓度必然大于 NH₃-N。海水指标中,认为 0.5 mg/L 为第 4 类海水的上限。因此,用地表水评价为Ⅲ类地表水时,水体无机氮的质量浓度必然超过第 4 类海水的限值,因而可以断定,用海水指标的评价结果更糟糕。

所有污染物指标均表现出了不同程度的汛期水质好于非汛期的特点。汛期长江来水量大于非汛期,长江口水域物理自净能力因此得到加强,使得其他污染物质量浓度均表现为汛期低于非汛期。水源地附近水域主要受到营养盐污染且有加重的趋势。因此,营养盐造成的污染对近期长江口水环境造成的影响不可忽视。

3 污染物指标空间分布特征

长江干流是长江口污染物的主要来源。黄浦江与上海三大市政排污口(石洞口、竹园、白龙港)进入长江口的污染物通量相对长江干流小很多,但因接近水源地,因此也不可忽视。除此之外,还有其他较小污染源,如苏沪界浏河、崇明岛的堡镇、陈桥镇等排污口。这些污染源一定时期所产生的污水对水

源地的影响也需要引起重视。浏河位于陈行水库上游不远处,石洞口断面位于陈行水库下游,接近石洞口污水处理厂,因此石洞口断面可反映陈行水库附近水环境状况,石洞口污水处理厂也一定程度受浏河排污影响。南港断面位于吴淞口下游,接近青草沙水源地,直接受黄浦江排污影响。北港断面位于青草沙水库取、排水口之间,上游有崇明岛一些较小的排污口。竹园断面在南港断面下游,接近竹园污水处理厂。因此,可根据各断面水质状况,分析长江口污染物指标在水源地附近的空间分布特征。

3.1 空间分布状况

2005—2011 年长江口附近水域污染物指标空间分布见图 3。北港断面 COD_{Mn} 质量浓度与徐六泾断面相当,石洞口断面质量浓度比徐六泾断面略高,南港断面与竹园断面质量浓度更高。青草沙水库建成后,这样的现象没有此前明显。除了部分年份的个别断面,其他水源地附近断面石油类质量浓度与徐六泾断面相当。水源地附近断面 NH₃-N、TP 质量浓度总体高于徐六泾断面,且南港与竹园的质量浓度要高很多。北港断面 TN 质量浓度低于徐六泾断面质量浓度或与之相当,石洞口断面 TN 质量浓度与徐六泾相当或略高。南港与竹园的质量浓度要高很多。青草沙水库建成后,各断面 TN 质量浓度仍保持类似特征。水源地附近断面与徐六泾断面重金属(含砷)质量浓度高低具有随机性。总体上,尤其是青草沙水源地建成以后,各断面质量浓度相当。

因各年份对当前时期参考价值存在区别,越临近的年份参考价值越高。所以提出一种考虑实测资料时效性的污染物指标计算方法。通过综合年均质

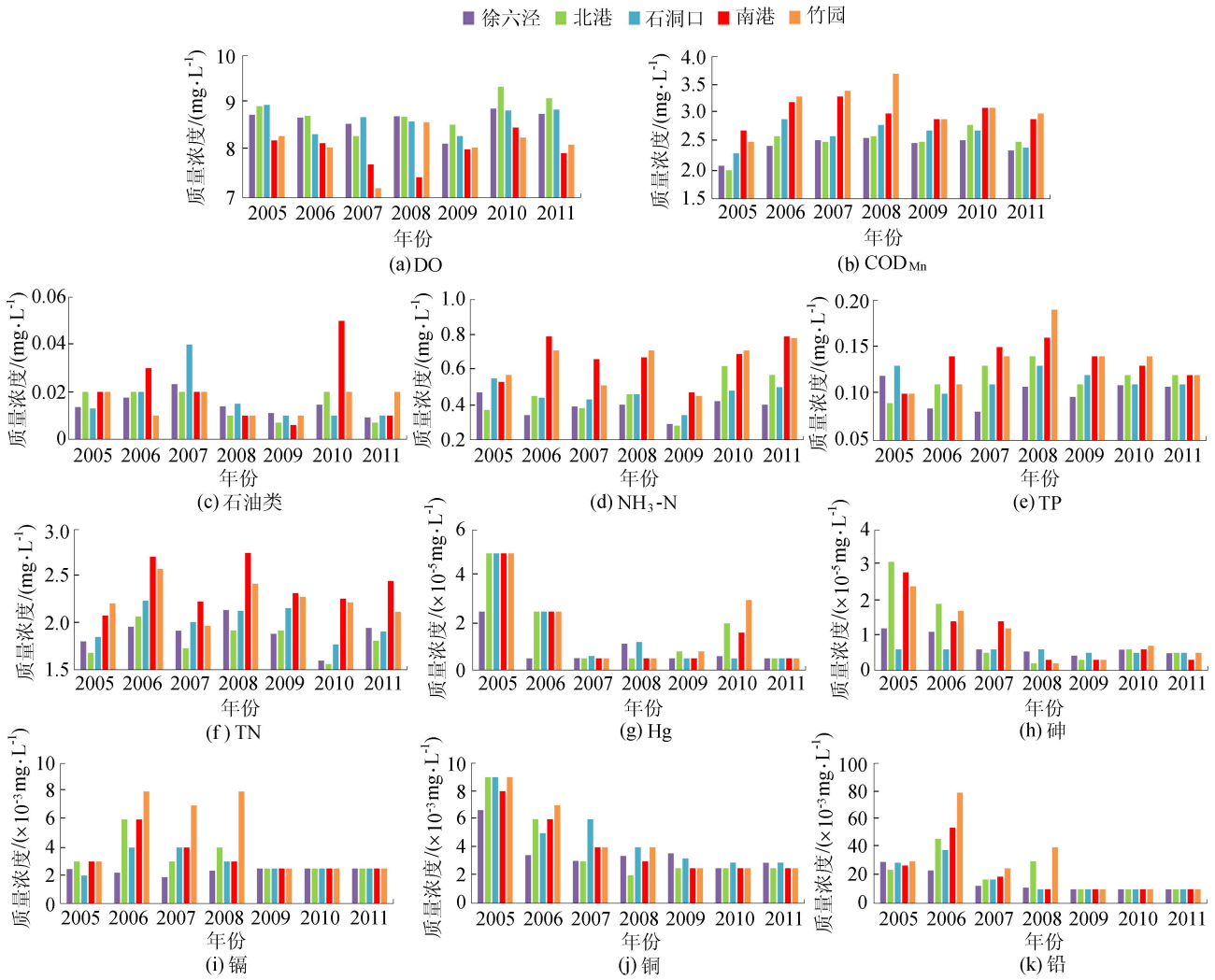


图3 各断面污染物指标年平均质量浓度柱状

量浓度法来反映近年来污染物质量浓度的高低。具体计算方法如下：

$$\rho = \sum_{i=1}^N \frac{(m - n_i)^2}{\sum_{i=1}^N (m - n_i)^2} \cdot \rho_{N+1-i} \quad (1)$$

式中： ρ 为污染物综合年平均质量浓度； m 为参考年； n_i 为实测年； N 为实测年数。 ρ_i 为 n_i 年污染物质量浓度。在本小节的分析中，参考年取 $m = 2016$ 年，实测年数 $N = 7$ ， $i = 1 \sim 7$ 时， n_i 依次为 2005，2006， $\dots$ ，2011 年。利用综合年均质量浓度法探究各污染物在水源地附近的时空分布特征。

利用单因素对各断面污染物指标的综合年均质量浓度进行评价时，所选指标不同，评价结果也不同（表 1）。以地表Ⅱ类水为标准，营养盐浓度总体偏高。

3.2 空间分布原因分析

徐六泾断面在所有指标下的水质均排在前两位。说明水源地附近水质总体上要比徐六泾水质差。虽然进入长江口最大污染物通量来自徐六泾以上的长江干流，但是长江口内其他污染源使得水质

表 1 单因素指标下各断面的水质状况

水质指标	水质由好到差排序				
	第一	第二	第三	第四	第五
COD _{Mn}	徐六泾	北港	石洞口	南港	竹园
石油类	北港	徐六泾	石洞口	竹园	南港
NH ₃ -N	徐六泾	石洞口	北港	竹园	南港
TP	徐六泾	石洞口	北港	南港	竹园
TN	北港	徐六泾	石洞口	竹园	南港
Hg	徐六泾	石洞口	南港	北港	竹园
As	石洞口	徐六泾	南港	北港	竹园
Cd	徐六泾	石洞口	南港	北港	竹园
Cu	北港	徐六泾	南港	竹园	石洞口
Pb	徐六泾	石洞口	南港	北港	竹园

有了较为明显的恶化。

石洞口的水质除了在重金属铜的指标下排在第 5 位，其他均在前 3 位且大量出现在前两位，说明水质相对较好。北港断面没有出现排名第 5 的情况，在重金属（含砷）5 项中，有 4 项北港水质排在了第 4 位，其他指标下均排在前三。说明北港水质总体上相对其他水源地附近断面较好，这是因为北港的潮通量大于南港，提高了北港水体的（下转第 75 页）

藻、川蔓藻、虾海藻等沉水植物。在适宜植物生长的盐度范围内,人工湿地选择一种或几种植物搭配栽种,可增加植物多样性,提升湿地景观效果。目前园区企业污水含盐量较低,故近期潜流湿地植物主要种植芦苇,随着湿地进水含盐量的增长,经驯化的植物可继续生长,当进水含盐量超过芦苇耐盐范围时,会出现局部植物枯萎,需要进行人为换种互花米草等高耐盐植物。

3 结 语

人工湿地技术近几年发展迅速,用来处理生活污水、工业废水、污水处理厂二级污水,以及建设湿地公园等,是目前研究和应用热点。沿海地区由于土壤的盐渍化、风浪较多等特殊环境因素,人工湿地的建设有一定技术特点。通过换土、排盐、筛选耐盐植物等技术可以实现滨海环境对湿地的影响最小化;近年来,植物和微生物的耐盐机理研究进展迅速,利用遗传工程等生物技术手段提高植物和微生物对高盐度环境的适应性也已成为可能。做好场地排盐隔盐,筛选耐盐植物,调节最佳环境因素,提高水生植物、微生物的耐盐范围及其在高盐环境下对污染物的代谢能力,在滨海盐碱地区采用人工湿地工艺进行污水和废水的处理是完全可行的。人工湿地不仅总体投资小,而且管理方便,易于维护,同时又可实现污水的资源化,如能推广应用于滨海地区,将对近岸海域环境质量的改善产生重要作用。

(上接第 43 页)

物理自净能力。南港与竹园断面在各项水质指标下,均不能排在前两位,且大量位居最后两名,说明南港断面与竹园断面的水质比于其他断面差。这源于南港与竹园断面直接受到黄浦江污染物的排放、竹园污水处理厂排污,甚至还可能有随着涨潮流上溯而来的白龙港污水处理厂排出的污染物的影响,不同污染源的污染物在南港水域集聚使得水质变差。所幸南港与北港的水体交换以及污染物自身的扩散还不足以对北港水质产生较大的影响,因此还没有对青草沙水源地的安全产生威胁。

4 结 语

长江口上海境内的水质在时间上表现出了较为明显的汛期好于非汛期的特点。汛期来水量大使得长江口的物理自净能力大大增强,各种污染物汛期的浓度均不同程度地小于非汛期。以地表Ⅱ类水为标准,水源地附近水域主要受营养盐的污染,营养盐的污染近年来有加重的趋势。

参考文献:

[1] 王琴, 张海涛, ARCANGELI J P, 等. 高盐工业废水人工湿地处理中植物的筛选[J]. 环境工程学报, 2012(1):226-231.

[2] 颜秀勤, 廖飞风, 李健, 等. 以再生水为载体的城市区域水环境系统构建[C]//2005 年首届中国城镇水务发展战略国际研讨会. 北京: 中华人民共和国建设部办公厅, 2005.

[3] MUNNS, R. Physiological processes limiting plant growth in saline soils: some dogmas and hypotheses[J]. Plant Cell & Environment, 1993, 16(1):15-24.

[4] 刘萍萍, 尹澄清, 尹红, 等. 滨海地区湿地重建的生态工程范例[J]. 城市环境与城市生态, 2003(6):275-276.

[5] 张成丕, 杨新民, 董运秋. 青岛盐碱地盲管排盐与绿化改造技术的研究[J]. 水土保持通报, 2011(3):117-121.

[6] 赵可夫, 李法曾, 樊守金, 等. 中国的盐生植物[J]. 植物学报, 1999, 16(3):201-207.

[7] 郭焕晓, 马牧源, 孙红文. 中国北部沿海高盐度地区人工湿地植物研究[J]. 铁道工程学报, 2006(9):6-9.

[8] 尚克春, 刘宪斌, 陈晓英. 高盐废水人工湿地处理中耐盐植物的筛选[J]. 农业资源与环境学报, 2014(1):74-78.

[9] KLOMJEK P, NITISORAVUT S. Constructed treatment wetland: a study of eight plant species under saline conditions. [J]. Chemosphere, 2005, 58(5):585-593.

(收稿日期:2016-11-09 编辑:彭桃英)

长江口上海境内断面污染物的浓度总体上不低于徐六泾断面,说明长江口的污染源对水源地附近水质恶化的影响不可忽视。南支水域与北港水域水质相对较好,南港水域水质较差,污染物目前没有对长江口水源地产生很大的威胁,但需要引起重视。

本文中仅考虑了汛期与非汛期的平均状况,污染源对水源地短期的污染没有考虑,如汛期浏河排污对陈行水库产生的影响等。短期污染也会对水源地取水产生影响,需进行进一步的研究。

参考文献:

[1] 丁磊, 窦希萍, 高祥宇, 等. 长江口盐水入侵研究综述[C]//中国海洋工程学会. 第十七届中国海洋(岸)工程学术讨论会论文集(下). 南京: 中国海洋工程学会, 2015.

[2] 李雯婷. 长江口排污对上海水源地水质影响的数值分析[D]. 上海: 上海海洋大学, 2011.

[3] 叶属峰, 杨颖, 田华, 等. 河口水域环境质量检测与评价方法研究及应用[M]. 北京: 中国科学出版社, 2004.

(收稿日期:2016-12-18 编辑:徐 娟)