

南通长江口北支咸潮上溯对水环境的影响

徐爱兰, 耿建生, 张琪

(江苏省南通环境监测中心, 江苏 南通 226006)

摘要:针对长江口北支近20多年来咸潮超常上溯的状况,通过现场调查监测及与文献资料对比,分析了咸潮上溯对水源地供水水质、河口区河道水质和地下水水质的影响。结果表明,长江口北支咸潮上溯对北支水环境影响主要在于入侵时水体中电导率和氯化物浓度急剧升高,一定程度上影响了北支沿线水源地的供水功能。咸潮对现有水质评价体系下的水质类别影响尚不明显,但高氯离子对化学需氧量的测定有明显的干扰。由于受堤围和水闸控制,咸潮期间入江闸门普遍关闭,导致间接水环境影响,主要集中在入海主河道。部分区域咸潮上溯严重时氯化物浓度升高,水质已不能满足农田灌溉需求。北支沿线启东市24%的地下水采样点氯化物浓度已属轻度入侵水,采样区域已属于海水轻度入侵范围。

关键词:长江口北支;咸潮上溯;地下水;电导率;氯化物;化学需氧量

中图分类号:X522;X533

文献标志码:B

文章编号:1674-6732(2020)03-0015-05

The Impact of Saline Water Intrusion on Water Environment in the North Branch of Yangtze River Estuary

XU Ai-lan, GENG Jian-Sheng, ZHANG Qi

(Jiangsu Nantong Environmental Monitoring Center, Nantong, Jiangsu 226006, China)

Abstract: According to the situation of the saltwater upwelling in the North Branch of the Yangtze River estuary over the past 2 decades, the influence of the upwelling of the saltwater on the water supply quality of the water source, the water quality of the river channel and the water quality of the groundwater in the estuarine area has been studied through the field investigation and monitoring and the comparison with the literature. The results show that the impact of saltwater upwelling on the water environment of the North Branch of the Yangtze River estuary is mainly due to the sharp increase of conductivity and chloride concentration in the water body during the invasion, which affects the water supply function of the water sources along the North Branch. The influence of salt tide on water quality is not obvious under the existing water quality evaluation system, but the high chloride ion has obvious interference on the determination of chemical oxygen demand. Due to the control of embankments and sluices, the gates into the river are generally closed during the salt tide period. This results in indirect impact on water environment, mainly concentrated in the main channel into the sea. In some areas, when the salt tide is serious, the chloride concentration increases, and the water quality can no longer meet the needs of farmland irrigation. The chloride concentration of 24% groundwater sampling points in Qidong City along the North Branch has been classified as slightly invasive water, and the sampling area has been classified as slightly invasive sea water.

Key words: The north branch of Yangtze River estuary; Saline water intrusion; Groundwater; Electrical conductivity; Chloride; Chemical oxygen demand

近年来,人类对河口地区的改造、全球气候变化引起的河流径流改变,均对河口地区的咸潮造成了一定的影响,不少河口地区的咸潮呈频率增大、加重的趋势^[1]。长江口是我国最大的入海河

口,以崇明岛为界,分为南、北两个支流入海,年均径流量约9 000亿m³,总体水质良好。但每年枯水期,特别是在“初一、十五涨大潮”时,受潮汐和长江径流减少等因素影响,海水会自河口沿河道向上

收稿日期:2019-11-29;修订日期:2019-12-16

基金项目:江苏省环境监测科研基金资助项目(1310)

作者简介:徐爱兰(1982—),女,高级工程师,硕士,主要从事环境监测和环境科研工作。

游上溯,致使海水倒灌入河,形成长江咸潮,对沿江地区的水资源利用和生态环境带来一定影响。长江口咸潮入侵距离因各汉道断面形态、径流分流量和潮汐特性不同而存在较大差异。北支近百年来径流量逐年减小,潮流作用相应增强,咸潮入侵加剧^[2]。

南通市滨江临海,河网密布,全市水域面积 778 km²,河道总长达 2.4 万 km,属典型的闸控水系,主要河道基本均为两端闸控,一端与长江相连,利用潮汐或动力引提自长江取水,另一端为入海控制闸,最终汇入南黄海,既可以保持水位,满足沿线工农业用水需要,也可有效预防咸潮影响。

辖区内启东和海门两市属于最邻近长江口的地区,易受长江咸潮影响,启东市境内长江支流基本不引水,境内淡水水源均来自北部的通吕运河。长江咸潮对当地的潜在风险主要体现在饮用水源的安全保障、农作物灌溉用水安全等。启东、海门两市拥有长江北支约 70 km 江岸线,离入海口约

60 km 处设有海门水厂取水口,启东市头兴港河中部有启东市应急备用水源地。咸潮上溯过程中,河水盐度升高、咸界上移,其可能通过渗透作用入侵河岸两侧的地下水,对地下水水质造成影响^[3]。现采集不同程度受咸潮影响的河道两侧地下水并水样,检测其理化指标,分析咸潮上溯是否对长江下游河道两侧陆地地下水水质造成影响。

1 研究方法

1.1 水源地及其他地表水样品采集与分析

于 2018 年 1 月—2019 年 12 月开展对水源地及长江北支断面及其支流断面例行监测,分析项目为《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002)表 1 中规定的基本项目 24 项,加测电导率、流向、流量,监测频次为 1 月 1 次。主要监测断面为海门水厂饮用水源地取水口、离入海口最近的长江北支启东港断面和南北支分叉点上游的团结闸断面、北支入江支流头兴港河头兴港桥断面,见图 1。



图 1 长江口北支部分断面测点

1.2 地下水样品采集与分析

采样点的选择根据地下水分布和使用的有关背景资料,收集咸潮可上溯到海门、启东两市的地下水井监测资料。在启东海门实现区域供水前,各乡镇均抽取第三承压层地下水作为饮用水源水。25 个乡镇地下水井分别为:东元深井、吕四水厂深井、永阳村 70 号、久隆水井管理站、惠丰水井管理站、北新镇自来水中心管理站、新港水井管理站、民主镇水井管理站、南阳自来水厂、少直镇水井管理站、启东垦牧水厂、近海水井管理站、向阳水井管理

站、新安水井管理站、惠萍水井管理站、大兴水井管理站、和合水井管理站、寅阳水井管理站、东海水井管理站、通兴水井管理站、志良水井管理站、王鲍水井管理站、天汾水井管理站、茅家港水井管理站和秦潭水井管理站。

采样时间为 2009 年 5—6 月(其中吕四深井站、东元水井管理站、永阳水井管理站为例行地下监测点位,每年监测 2 次)。水样检测指标是矿化度和氯化物含量;矿化度采用重量法测定,氯化物含量采用硝酸银滴定法测定。

2 咸潮对生态环境的影响

2.1 咸潮对供水的影响

文献[4-5]表明,20世纪70年代以来,长江口咸潮入侵对上海市自来水水源水质带来不良影响,从而殃及水厂产水质量而不利于生产和市民健康。南通市海洋环境监测预报中心曾对咸潮的影响做过监测,咸潮入侵影响一般从海岸线向内推进20 km,但在长江口北支沿线往往要往上游追溯到50 km之外的海门青龙港甚至更远。2008年10月、2014年12月2次咸潮影响较为严重,启东、海门2地受其影响,长江水中 ρ (氯化物)最高>3 000 mg/L,持续时间达15 d,创历史最高。2015和2016年枯水期也监测到2次咸潮,时间基本都在11月份一次年4月份,农历大汛期间每月三十到初七,十五到廿二之间,每次历时6 d左右。

启东市头兴港应急水源地和海门水厂2018年以来氯化物逐月监测结果见图2。

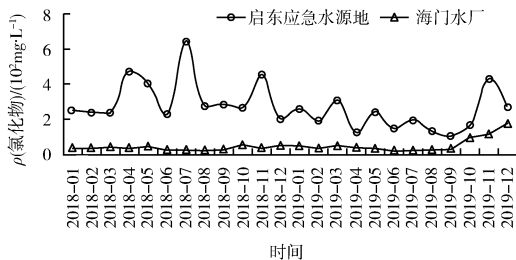


图2 启东头兴港应急水源地和海门水厂水源逐月氯化物监测结果

由图2可见,启东头兴港应急水源地出现了9次超标,海门水厂尚未出现氯化物浓度超标现象。为解决长江咸潮带来的供水短缺问题,避免出现生产和生活用水紧张,南通市委、市政府及早谋划,2010年基本完成区域供水工程,启东市居民用水来自于为南通市区供水工程—洪港水厂,原启东头兴港饮用水源地变更为应急备用水源地;并将南通洪港水厂的供水管道与海门的供水总管相衔接,实施双重供水保障,海门市的城乡居民既可使用海门长江水厂供水,必要时也可使用洪港水厂供水。同时海门水厂为避免咸潮影响,将长江引水至蓄水匡河供海门水厂取用,蓄水匡河有效库容100万 m^3 。实施长江饮用水源地匡河调蓄池保护方案,蓄水匡河南侧为长江堤岸,已实行全封闭管理和监控。既是海

门长江水厂在用水源,也具备应急备用水源功能,一次进水,可以确保海门城区10 d安全供水,有效避免了咸潮对海门供水的影响。长期监测结果表明海门饮用水源地水质稳定为II~III类,水质达标率为100%。从2018年海门水厂溶解氧和高锰酸盐指数的变化情况看,全年溶解氧的变化幅度不大,枯水期高锰酸盐指数略偏低,咸潮对水体中有机物浓度的稀释作用并不显著。

2.2 咸潮对于地表水质的影响

据2018年和2019年全年逐月监测结果可知,长江北支距离入海口最近的启东港和南北支分叉点上游的团结闸2断面水质稳定为II~III类。基于现有的评价体系,即评价《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002)表1中24项除水温、总氮和粪大肠菌群之外的21项,咸潮入侵对2断面水质评价结果无明显影响。刘明清等^[6]研究认为盐度的存在导致水体中氨氮的降解出现一定程度的延迟,在长江口北支尚无明显体现。2018年启东港和团结闸断面电导率变化趋势见图3。由图3可见,2018年入海口的启东港断面电导率明显较高,且波动幅度较大,最高值达1 660 ms/m ,水体中盐分含量较高;而团结闸断面全年电导率指标为30~50 ms/m 小幅变化,这与水文部门监测的咸潮上溯范围尚未达到距离入海口80 km以外的团结闸的结果基本一致。长江咸潮对长江水电导率监测指标的影响显著,但对基于目前评价体系的水质类别无明显影响。需要关注的是,由于电导率异常升高, ρ (氯化物)急剧增加,严重干扰了水体中化学需氧量的测定。

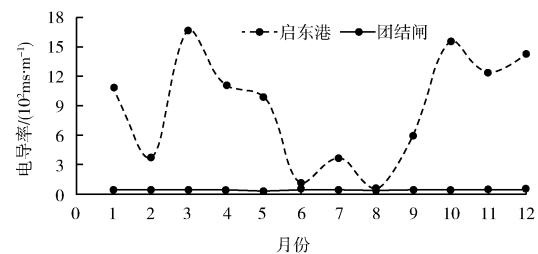


图3 2018年启东港和团结闸断面电导率变化趋势

北支沿线支流 ρ (氯化物)偏高现象普遍。以头兴港河为例,从2003年以来的监测历史资料来看,存在水中氯化物超标的年份占50%,主要受年降水量及上游输水量变化等因素影响,水中 ρ (氯化

物)波动较大,2003 年以来历史最小值 31.7 mg/L,最大值达 1 143 mg/L。2003—2018 年平均值为 234 mg/L, ρ (氯化物)较高月份主要集中在每年的 11 月—次年 6 月,也即在本地区所处流域地表水枯水期和平水期时水中氯化物偏高,沿海感潮河网地区地表水水质含盐量偏高的自然特征明显。根据《农田灌溉水质标准》(GB 5084—2005),农田灌溉水的 ρ (氯化物) ≤ 350 mg/L,该区域咸潮上溯严重时支流水质已不能满足农田灌溉需求。

咸潮不利于污染物质的排除,在潮水的推动作用下,污染物在河道来回震荡,可能产生严重的二次污染,甚至产生多次重复污染^[7]。为防范咸潮对本地水环境的影响,南通市长江沿线各主要内河均闸控,涨潮特别是咸潮期间普遍关闭闸门,同

时沿海各河道闸口都只向外排不引进。但也正由于这些闸控影响,内河水流动性差,生态流量不足,水体自净能力下降,一定程度上影响地表水水质。2018 年 6 月和 2019 年 1 月,南通市分别建成九圩港河提水泵站和焦港河提水泵站,引水流量分别为 150 和 60 m³/s,大大提升了河道生态流量和水动力,近期地表水断面水质得到明显改善。

2.3 咸潮对地下水的影 响

地下水矿化度和氯化物监测结果见表 1,其代表河口上游不同咸水入侵地带的 25 个采样点分析结果。由表 1 可见,序号 18,19,25 采样点与出海口的距离及与受咸河道的距离与地下水 Cl⁻ 分布有一定的对应关系,表明各采样点水井中水体咸度不同程度受到咸潮上溯的影响。

表 1 地下水矿化度和氯化物监测结果

				mg/L			
序号	地下水井采样点	矿化度	氯化物	序号	地下水井采样点	矿化度	氯化物
1	东元深井	158	52	14	新安水井管理站	184	179
2	吕四水厂深井	367	78	15	惠萍水井管理站	194	186
3	永阳村 70 号	357	257	16	大兴水井管理站	686	215
4	久隆水井管理站	377	234	17	和合水井管理站	265	250
5	惠丰水井管理站	202	133	18	寅阳水井管理站 ^①	963	605
6	北新镇自来水中心管理站	162	81.6	19	东海水井管理站 ^①	531	435
7	新港水井管理站	257	182	20	通兴水井管理站	155	122
8	民主镇水井管理站	208	56.1	21	志良水井管理站	352	123
9	南阳自来水厂	218	138	22	王鲍水井管理站	214	191
10	少直镇水井管理站	320	271	23	天汾水井管理站	238	76.6
11	启东垦牧水厂	296	260	24	茅家港水井管理站	199	25.5
12	近海水井管理站	252	245	25	秦潭水井管理站 ^①	768	362
13	向阳水井管理站	124	56.1				

①距离长江出海口较近;②靠近启东北部沿海。

目前大多数监测井已停止使用,启东市尚在开展例行监测的地下水点位有吕四深井站、东元水井管理站、永阳水井管理站。根据原南通市环境监测中心站例行监测数据,自 2017—2019 年,吕四深井站氯化物和矿化度分别为 94 和 360 mg/L,东元水井管理站分别为 9 和 262 mg/L,永阳水井管理站分别为 107 和 363 mg/L,3 个测点从近 2 年 2 个指标监测结果看暂为无入侵水。永阳水井管理站 ρ (氯化物)下降转为无入侵水,其余各测点指标变化幅度 $< 15\%$,说明该地区地下水受海水入侵程度与 2009 年相比没有明显增加。

根据 2007 年国家海洋局组织的海水入侵监测工作采用的地下水分级方法,见表 2^[8],将采集的地下水样品水质进行分级。

表 2 海水入侵化学观测指标与入侵程度等级划分

分级指标	I	II	III
ρ (氯化物)/(mg · L ⁻¹)	< 250	250 ~ 1 000	> 1 000
ρ (矿化度)/(g · L ⁻¹)	< 1.0	1.0 ~ 3.0	> 3.0
入侵程度	无	轻度	严重
水质分类	淡水	微咸水	咸水

由表 1 可见,各采样点井水矿化度均值为 124 ~ 963 mg/L,其中:寅阳镇水井采样点最高,秦潭水井次之;氯化物为 25.5 ~ 605 mg/L,其值高低分布特点和矿化度分布基本一致。对照表 2,24% 采样点的地下水水质 ρ (氯化物)已达 II 级,属轻度入侵水,采样区域已属于海水轻度入侵范围;其余采样点的地下水水质属于 I 级,尚属于淡水,采样区域仍可归于无海水入侵范围。矿化度监测结果

尚属于淡水范围。

3 结论

(1) 长江口北支咸潮上溯对北支水环境影响主要在于入侵时水体中电导率和氯化物值急剧升高,一定程度上影响了北支启东和海门水源地的供水功能,部分水源地取消定位通过区域供水解决供水问题,部分水源地取水口采取引入水库蓄水保护的方案。

(2) 现有水质评价体系不能反映出水体受咸潮的影响程度,咸潮对现有水质评价体系下的水质类别影响尚不明显。从监测方法角度,由于咸潮上溯影响,水体中电导率异常升高,氯化物值急剧增加,严重干扰了水体中化学需氧量的测定。

(3) 由于受堤围和水闸控制,咸潮期间入江闸门普遍关闭,造成内河水流动性差,生态流量不足,水体自净能力较差,导致间接的水环境影响,主要集中在入海主河道。

(4) 部分区域咸潮上溯严重时氯化物值升高,水质已不能满足农田灌溉需求。

(5) 北支沿线启东市24%的地下水采样点氯

化物浓度已属轻度入侵水,采样区域已属于海水轻度入侵范畴。

[参考文献]

- [1] 黄洪城,匡翠萍,顾杰,等. 河口咸潮入侵研究进展[J]. 海洋科学,2014,38(9):109-115.
- [2] 毛兴华,何金林. 长江口咸潮监测站网规划及信息系统建设[J]. 人民长江,2011,42(11):44-47.
- [3] 刘明清,郭振仁,陈清华,等. 珠江口咸潮上溯的环境影响研究[J]. 中国环境科学,2013,33(S1):79-86.
- [4] 奚建国,邱帧安. 咸潮入侵对长江河口地区地下水质的影响[J]. 上海地质,1991,37(1):25-34.
- [5] 顾玉亮,吴守培,乐勤. 北支盐水入侵对长江口水源地影响研究[J]. 人民长江,2003(4):1-3,16-48.
- [6] 刘明清,刘志刚,赵肖,等. 盐度对河口区水体中 $\text{NH}_3\text{-N}$ 降解的影响研究[J]. 环境污染与防治,2014,36(9):47-49,54.
- [7] 石荣贵,龙爱民,周伟华,等. 珠江口磨刀门咸潮及其对环境要素变化的影响[J]. 海洋科学,2012,36(8):86-93.
- [8] 韩志男. 崇明岛海水入侵特征及趋势分析[D]. 连云港:国家海洋局第一海洋研究所,2013.

栏目编辑 李文峻