

文章编号:1004-8227(2011)06-0677-08

基于实测资料的长江河口南支河段 盐水入侵规律分析

唐建华,徐建益,赵升伟,刘玮祎

(长江勘测规划设计研究院上海分院,上海 200439)

摘要: 为对长江口南支河段盐水入侵规律有清晰的认识,在梳理、总结以往研究成果的基础上,通过对历年咸潮及氯度实测资料的分析,对长江口南支河段盐水入侵的规律进行了较为全面系统的分析研究。研究表明:北支盐水倒灌是长江口南支河段盐水入侵的主要来源;在研究水域,枯季大潮期氯度的沿程分布表现为两头高、中间低的“马鞍形”形式,枯季中潮期则为“高-低-高-低-高”的复杂的“W”形的分布形式;受外海潮汐和上游径流的综合作用,由大潮到中潮,倒灌盐水团在下移过程中,氯度的沿程分布形式发生了变异;近期盐水入侵的程度有加剧的趋势;研究水域 2~3 月盐水入侵最严重,在这段时间内盐水入侵超标次数多、历时长;当大通流量小于 20 000 m³/s 时,就可能发生明显的北支盐水倒灌南支现象;盐水入侵程度跟大通流量和潮汐强度密切相关;大通流量越大,盐水入侵程度越低;潮差越大,盐水入侵程度越高。

关键词: 长江;河口;南支;盐水入侵

文献标识码: A

在河口水域,盐度的时空变化是河流与海洋两大动力因素及地形在不同时空尺度上综合作用的体现,由此形成的盐水入侵是河口的本质属性。但是在长江口,枯季北支盐水倒灌南支,使得长江口的盐水入侵规律异常复杂和独特,对长江口盐水入侵规律的研究是一个重要的学术问题。在长江口,现已建陈行、浪港水库,在建青草沙水库,规划建设东风西沙、没冒沙和浏河口太仓水源地,淡水资源利用的比例将越来越大,而盐水入侵对长江口淡水资源利用的安全保障来说是最为重要的制约因素,对长江口盐水入侵规律的研究也是非常重要的工程问题。

国外对河口盐水入侵的研究始于二十世纪五十年代,一般都是在实测资料分析的基础上,研究盐水入侵的基本理论,最后发展为对盐水入侵动力机制的研究,代表性的研究成果有 Pritchard^[1,2]、Geyer^[3]、Bowen^[4]、Prandle^[5] 对河口盐水入侵动力机制的研究。对于长江口水域来说,较系统的研究始于二十世纪八十年代,经过近三十年的研究,已取得了众多研究成果:沈焕庭等^[6]、韩乃斌^[7,8] 研究了长

江口盐水入侵的时空变化规律和北支盐水倒灌南支的特征;徐建益等^[9] 分析了径流、潮汐及河势对长江口南支河段盐水入侵的影响;茅志昌等^[10~12] 对长江口南支南岸、南港河段盐水入侵的来源及河口盐水入侵的类型进行了研究;肖成猷等^[13] 对长江河口盐水入侵的影响因子进行了分析;顾玉亮等^[14] 就北支盐水入侵对长江口水源地的影响进行了研究;贺松林等^[15] 基于实测资料分析了长江口南支河段枯季盐度时空分布的变异及其机理;吴辉等^[16] 对北支倒灌盐水的输送机制进行了定量研究;项印玉等^[17] 研究了冬季台湾暖流、苏北沿岸流对长江口盐水入侵的影响,指出长江口外陆架环流对长江口盐水入侵起着重要的作用。此外,水利工程影响下长江口咸潮入侵的规律及其变化、河口淡水资源利用等也历来受到众多学者关注^[18~21]。

可见,以往对长江口盐水入侵的研究成果众多,较好地推进了长江口盐水入侵的研究,但是这些研究大多是基于某次实测资料或是数学模型的分析研究,研究面虽广,却缺乏较为全面系统的研究;并且,

收稿日期:2010-08-03;修回日期:2010-09-10

基金项目:上海市科学技术委员会重大研究项目“长江口水源地咸潮控制和保障体系研究”(08231200100);长江勘测规划设计研究院科研与技术创新项目“长江河口三维水流、泥沙、盐度数学模型研究”(CX200830)

作者简介:唐建华(1981~),男,湖北省广水人,工程师,硕士,主要从事河口海岸水动力、泥沙运动研究. E-mail: jianhuatang2004@126.com

也缺乏涵盖历史和近期咸潮入侵数据的对比分析及研究。鉴于此,本文以长江口南支河段为研究区域(图 1),以大量实测数据为支撑,在前人研究基础上,依据历年实测资料,对该河段盐水入侵的规律进行进一步的梳理、总结和深入的分析研究,以期对长江口南支河段盐水入侵规律有清晰的认识,为下一步对人类活动影响下长江口盐水入侵规律变化的研究提供依据。

1 南支河段盐水入侵来源的分析

长江口自徐六泾以下由北支、北港、北槽和南槽 4 大入海通道组成,形成独特的“三级分汊、四口入海”的态势,其盐水入侵有四条途径:南槽、北槽、北港和北支;由南槽和北槽入侵的盐水上溯至南北槽分流口段汇入南港后,盐水入侵主要有南港、北港和

北支 3 条线路(图 1)。

北支进潮量约占整个长江口进潮量的 25%,但是目前进入北支的流量只有不到总来流量的 5%,造成北支口门连兴港处盐度几乎与外海相当,到北支上段青龙港,枯季盐度仍然较高,这股高盐水随北支涨潮流上溯至崇头后被推出北支上口,然后绕过崇头倒灌侵入南支,使得南支盐度增加,由此形成南支河段的盐水入侵。北支倒灌南支的盐水主要以盐水团的形式随落潮流下移;随落潮流下移的盐水团主体进入南支后大体分为 3 路影响南支:一路在高潮位期漫过白茆沙进入白茆沙南水道后继续向下,影响钱泾口、浪港水域;一路沿崇明南岸进入东风西沙夹泓,影响可至庙港、南门,严重期可及堡镇;这两路盐水相对较弱;倒灌盐水团主体随南支落潮主流进入七丫口河段,因该段落潮流占优势,倒灌盐水团净向下游移动,影响可及吴淞口河段(图 1)。

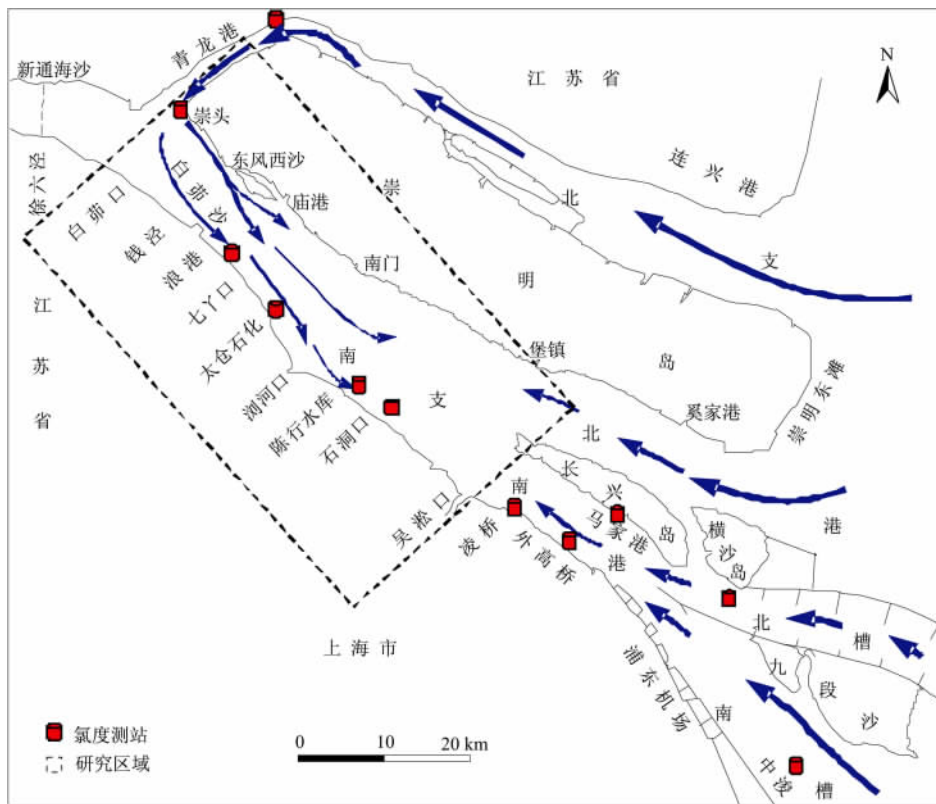


图 1 研究区域概图

Fig. 1 Sketch Map of the Research Area

根据 2002 年 3 月大范围同步监测资料,氯度的平面分布见图 2(以大潮涨憩为例),在北支青龙港处氯度近 13 000 mg/L,几与北支口门连兴港相当,至崇头水域迅速降至 4 000 mg/L 左右,此股盐水团在崇头被北支涨潮流推出,然后在南支落潮流带动下,向南支下游移动,氯度在长江来水冲淡下不断降

低,至石洞口处降为 500 mg/L,继续往下传播至吴淞口附近,氯度降至 250 mg/L 以下;吴淞口以下,盐度变化呈现出与上游河段不同的变化规律,愈向外海,水体氯度愈高,至南槽中浚水域,氯度增至 5 000 mg/L 左右。

由图 2 长江口枯季氯度的沿程分布可知,在枯

季大潮期,由青龙港至崇头、再向下至吴淞口水域,氯度逐步降低;由外高桥向下至南北槽,氯度又逐步升高;吴淞口上下水域氯度最低;由此形成氯度两头高、中间低的“马鞍形”的沿程分布。

由图 2 长江口枯季氯度的平面及沿程分布,可

知:吴淞口以下河段,主要受外海盐水直接影响,越向外海,盐度越高;吴淞口以上南支河段,主要受北支盐水倒灌影响,大潮期,越向上游盐度越高;因此,北支盐水倒灌是南支河段盐水入侵的主要来源。

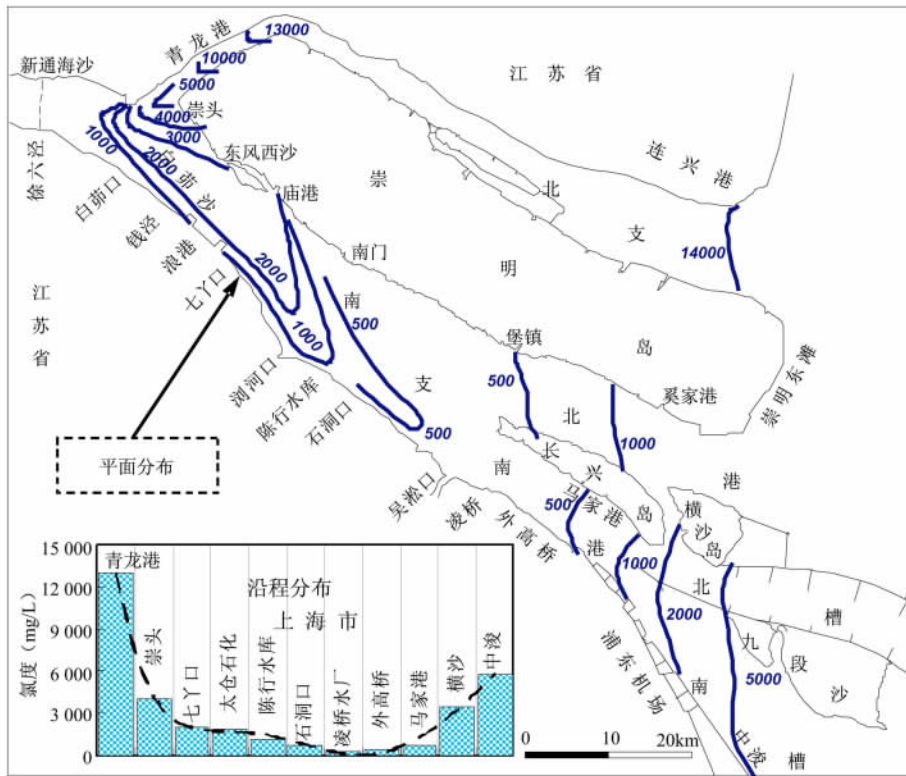


图 2 长江口枯季氯度的平面分布及沿程分布(大潮涨憩(石洞口))

Fig.2 Distribution of Chlorinity in the Changjiang Estuary During Dry Season

2 盐水倒灌南支后的变化

根据 1998~1999 年崇头、陈行水库水域的氯度实测资料,对北支盐水倒灌南支后盐水团的运动特性进行分析研究,见图 3。

可知,崇头盐水入侵一般发生在大潮期,而陈行盐水入侵一般发生在中小潮期;崇头氯度开始上升的时间一般比陈行氯度开始上升的时间早 2~3 d,当崇头氯度开始增加时,陈行氯度尚处于上次咸潮的下降阶段,这表明在崇头水域已形成盐水倒灌之势、但盐水团还未大规模下移时,陈行水域尚在长江下泄淡水影响之中,故氯度仍在降低;崇头氯度峰值发生的时间一般也比陈行水库氯度峰值发生的时间早 2~3 d,当陈行水库氯度达到峰值时,崇头的氯度已明显降低,这主要是因为陈行水库氯度达到峰值时已是中、小潮期,潮流作用减弱,外海进入北支的

高盐水已退至崇头以下北支河段;从两站氯度变化的过程来看,两站的氯度过程线也存在明显的相位差(2~3 d),这表明北支倒灌的盐水团从崇头传播到陈行水域约需 2~3 d 的时间;从氯度的峰值来看,总体上崇头较陈行水域高,说明盐水团在南支下移过程,在与下泄的径流混合后,氯度在不断降低。这与以往研究结论和认识基本一致。

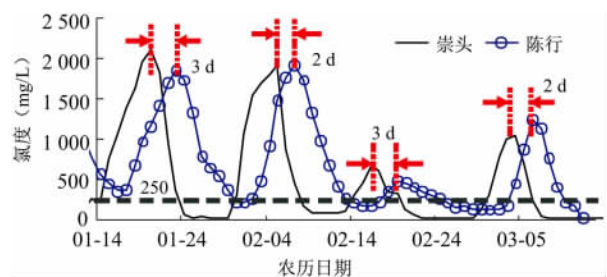


图 3 北支盐水倒灌后崇头和陈行水域的氯度变化过程

Fig.3 Variations of Chlorinity at Chongtou and Chenhang Area After Saltwater Spilling over from the North Branch

根据 2002 年 3 月氯度实测资料,选取北支青龙港至南支、南港、南槽站点(位置见图 1)的氯度,得到大、中潮氯度的沿程分布见图 4。可知,氯度的沿程分布大、中潮差异明显:大潮期,氯度的沿程分布形成由青龙港至崇头再向下至吴淞口水域氯度逐步降低、继续向下至南槽中浚河段氯度逐步升高的两头高、中间低的“马鞍形”的分布形式;中潮期,氯度的沿程分布则形成由青龙港至崇头再向下至七丫口逐步降低,继而由七丫口至陈行水域逐步升高、由陈行至马家港再逐步降低、由马家港再向下游至中浚又大幅升高的“高一低—高一低—高”的复杂的“W”形的分布形式;由大潮到中潮,青龙港氯度略有降低,崇头、七丫口至太仓石化的南支上段氯度降低,南支下段的陈行、石洞口至南港上段的凌桥、外高桥氯度升高,再向下游横沙、中浚氯度降低。由此可见,由大潮到中潮,沿程的氯度大小被重新分配,氯度的沿程分布形式也发生了变异。

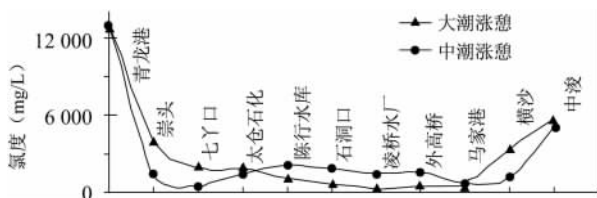


图 4 枯季大中潮氯度的沿程分布(涨憩(石洞口))

Fig. 4 Distribution of Chlorinity in Spring and Middle Tide During Dry Season

分析上述枯季大、中潮氯度的沿程分布形态及氯度值发生变化的原因,主要为:

受外海潮汐影响,大潮至中潮,潮汐强度减弱,

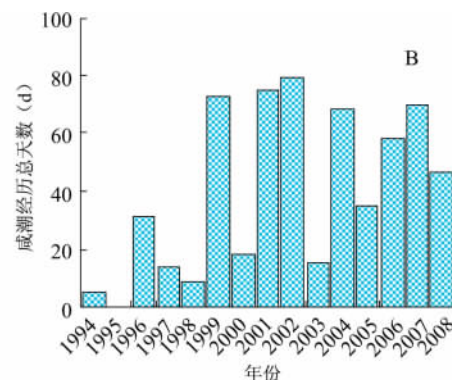
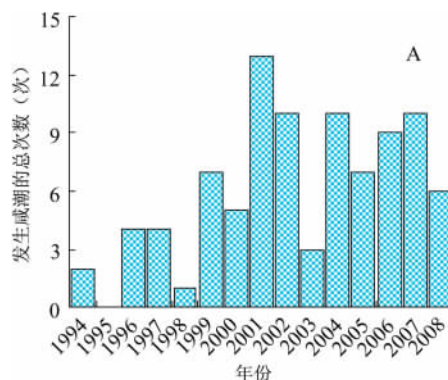


图 5 陈行水库历年咸潮发生的总次数及咸潮经历总天数变化

Fig. 5 Variations of Salt Tide Frequencies and Days Each Year from 1994 to 2008

可见,近年来盐水入侵较严重,盐水入侵次数多、历时长;并且 1998 年后盐水入侵的程度有加副趋势,经分析,主要是由于 1998 年大洪水引起的南、

加之下泄径流影响,外海入侵的盐水团减弱,受外海盐水直接影响的青龙港和中浚、横沙氯度降低,此时北支基本无盐水团继续倒灌南支。受上游径流影响,北支倒灌的盐水团在净向下游移动的过程中不断被冲淡,加之中潮期北支已无较强倒灌盐水团补充,导致崇头、七丫口至太仓石化的南支上段氯度降低;由于南支为落潮占优,在中潮期,大潮期由北支倒灌的高盐盐水团在中潮期已转移至南支下段,导致陈行、石洞口至南港上段的凌桥、外高桥氯度升高。

正是基于上述的咸潮倒灌和传播机理及径流、潮汐共同作用的动力机制,由大潮到中潮,南支至南槽河段沿程的氯度大小重新分配,氯度的沿程分布形式发生了变异。

3 近期盐水入侵情况分析

在前文所述的盐水入侵规律及盐度分布格局下,在长江口南支水域,几乎每年 11 月~翌年 4 月均会发生不同程度的盐水入侵。以下以陈行水库为代表,对研究区域近期的盐水入侵情况进行分析,所采用的资料为陈行水库取水口 1982~2009 年各次盐水入侵的数据。根据统计分析,表明:

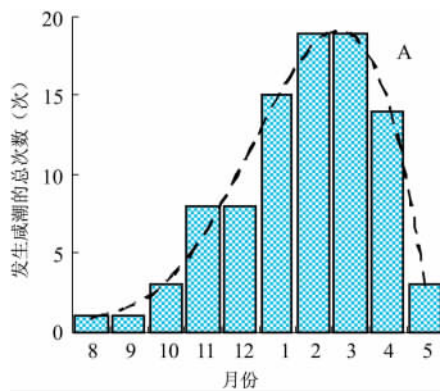
1982~1993 年,盐水入侵次数平均为每年 1.6 次,盐水入侵较弱。1994~1998 年,盐水入侵也相对较弱,平均为每年 2.2 次;总天数最高为 31d (1996 年),平均为每年 11.8 d。1998 年后,总体表现为盐水入侵有加副趋势,盐水入侵次数平均为每年 8 次;年盐水入侵总天数最长达 79d(2002 年),平均为每年 53.8 d(图 5,表 1)。

北支河势变化和北支上口附近滩涂围垦以及南、北支交角的加大、青龙港潮差增加等因素造成的。这也进一步验证了贺松林等^[15]、顾玉亮等^[22] 早先提出

表 1 陈行水库历年咸潮发生的总次数及咸潮经历总天数统计

Tab.1 Statistics of Salt Tide Frequencies and Days each Year

统计时段	统计项	每年咸潮发生的总次数	每年咸潮经历总天数(d)
1982~1993	最大值	5	
	最小值	0	/
	平均值	1.6	
1994~1998	最大值	4	31
	最小值	0	0
	平均值	2.2	11.8
1999~2008	最大值	13	79
	最小值	3	15
	平均值	8	53.8



的近期盐水入侵程度有加剧趋势的结论。

根据各月咸潮情况的统计,表明:盐水入侵主要发生在每年 11~12 月至次年 1~4 月;2~3 月盐水入侵最为严重;少数发生在 10 和 5 月份,极少数发生在 8~9 月(图 6)。

综上所述,在研究水域,近期盐水入侵的程度有加剧的趋势,但是对于这种加剧的趋势需慎重对待,一方面还需更多的资料来进一步验证,另一方面,在三峡水库正式运行以及北支综合整治工程实施后的变化趋势还有待下一步研究;研究水域盐水入侵最严重的时期为每年的 2~3 月,在这段时间内,盐水入侵次数多、历时长。

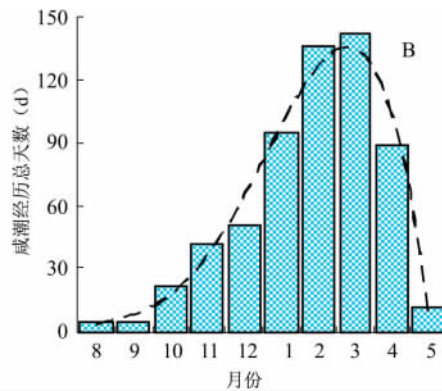


图 6 各月咸潮发生的总次数及经历总天数变化

Fig.6 Distribution of Salt Tide Frequencies and Days per Month

4 盐水入侵影响因素分析

长江口盐水入侵影响因子众多,包括长江来水量、外海潮汐强度、河口形态、河势、气象条件等^[13,23],各种因素综合作用,异常复杂。据以往研究^[13,23~25],众多因素中长江来水量和潮差是最主要的因素。以下主要从长江来水量(以大通流量代表)和潮差对研究水域盐水入侵的影响进行分析探讨。

4.1 北支盐水倒灌的流量范围

上游流量对南支盐水入侵的影响主要表现在下泄淡水对盐水的冲淡作用,理论上讲,来水量越大,盐水入侵就越弱,但南支河段盐水入侵主要受北支盐水倒灌影响,与外海潮汐强度密切相关,因此,上游流量与盐水入侵的关系是非常复杂的。

从 2006~2007 年崇头氯度和大通流量(根据余奕昌^[26]等的研究,大通流量可取盐水入侵开始所对应的前 6~10 d 平均值)的关系来看,两者之间并不是简单的负相关关系(图 7):当流量高于 20 000

m³/s 时,上游来流对盐水团的形成及发展起主导作用,因此随着流量的增加,崇头水域氯度越来越低,但氯度一般小于 50 mg/L;当流量低于 20 000 m³/s 时,由于流量较低,外海潮汐强度影响所占比重增加,受流量和潮差共同影响,氯度跟流量没有明显的相互关系。

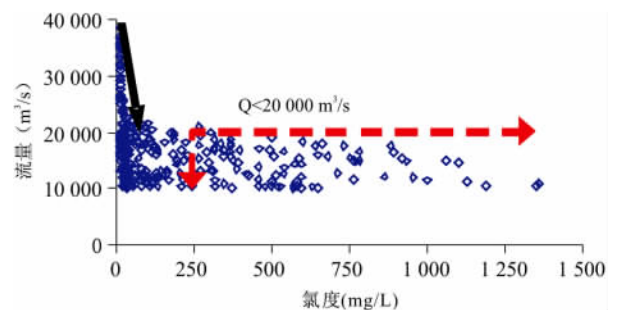


图 7 崇头氯度与大通流量的关系

Fig.7 Relationship Between Chlorinity at Chongtou Area and Datong Discharge

由图 7 也可知,当崇头氯度超标时(氯度超过 250 mg/L),大通流量基本在 20 000 m³/s 以下;当

流量大于 $20\,000\text{ m}^3/\text{s}$, 氯度少有超过 250 mg/L 的超标现象; 这说明当大通流量小于 $20\,000\text{ m}^3/\text{s}$ 时, 就可能发生明显的北支盐水倒灌南支的现象。

4.2 流量和潮差对氯度的影响分析

4.2.1 不同流量范围氯度与潮差的相互关系

通过对比不同流量范围内崇头水域氯度与潮差

的相互关系表明: 在 $15\,000\sim 20\,000\text{ m}^3/\text{s}$ 流量范围内, 潮差大于 1.5 m 时才可能发生氯度超标; 而当流量小于 $15\,000\text{ m}^3/\text{s}$ 时, 只要潮差大于 1.3 m 就可能发生氯度超标。可见, 上游来流量越小, 外海潮汐作用就相对越强, 崇头水域发生氯度超标所需的潮差也就越小(图 8)。

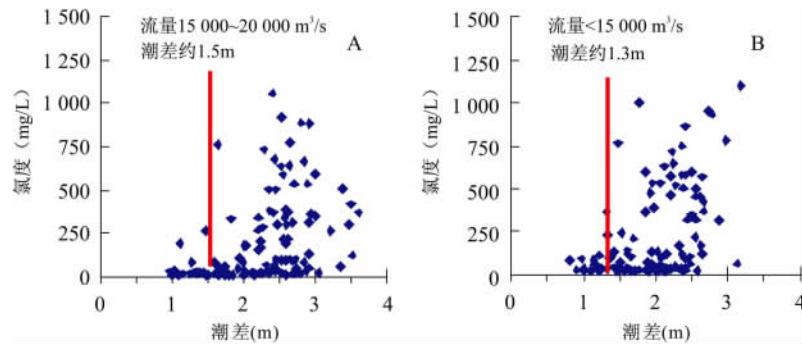


图 8 不同流量范围内崇头氯度与潮差的关系

Fig. 8 Relationship Between Chlorinity at Chongtou Area and Tidal Range

4.2.2 不同潮差范围氯度与流量的相互关系

通过对比分析不同潮差范围内崇头水域氯度与大通流量的相互关系, 表明: 在崇头潮差大于 2.0 m 情况下, 大通流量小于 $20\,000\text{ m}^3/\text{s}$ 时崇头水域才可能发生氯度超标现象; 而在崇头潮差小于 2.0 m

的范围内, 大通流量只要小于 $17\,000\text{ m}^3/\text{s}$ 就有可能发生氯度超标现象。由此可见, 潮差越大, 外海盐水入侵程度就越高, 发生氯度超标所需的流量也就越大(图 9)。

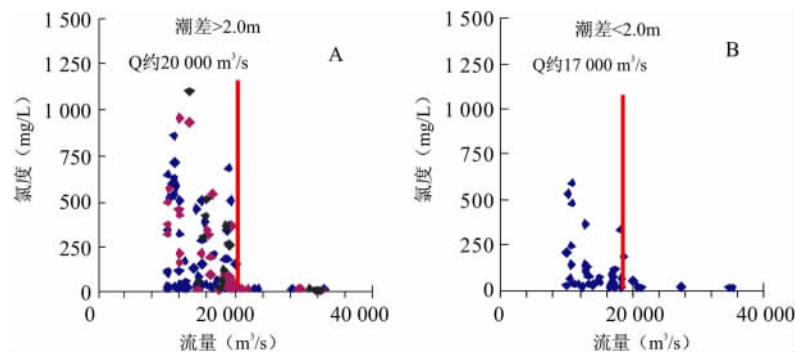


图 9 不同潮差范围内崇头氯度与大通流量的关系

Fig. 9 Relationship Between Chlorinity at Chongtou Area and Datong Discharge

4.3 流量和潮差对咸潮持续时间的影响

为分析流量和潮差对咸潮超标持续的影响, 统计了崇头 2006 年 9 月~2007 年 5 月各次咸潮持续时间、对应前 6~10 日平均的大通流量以及咸潮前大潮潮差, 经分析表明: 咸潮持续时间与大通流量、潮差的相关关系并不明显; 但总体上潮差越大, 咸潮持续时间越长(图 10)。

图 10 中咸潮持续时间与大通流量的关系不明显, 主要是因为咸潮持续时间是高通流量、潮差共同

作用的结果, 并不是一个单因子的关系。鉴于此, 进一步统计了陈行水库历年各月的咸潮入侵数据, 通过对比分析各月咸潮持续天数与大通流量的关系(图 11, 以 1、2 月为例), 表明: 通过将各月的咸潮数据分开统计, 由于消除了月际间潮汐强度差异所带来的影响, 咸潮持续天数与大通流量的关系总体上较好, 大通流量越大, 咸潮持续时间越短。

由此可见, 在长江口南支河段, 大通流量越大, 咸潮持续时间越短; 潮差越大, 咸潮持续时间越长。

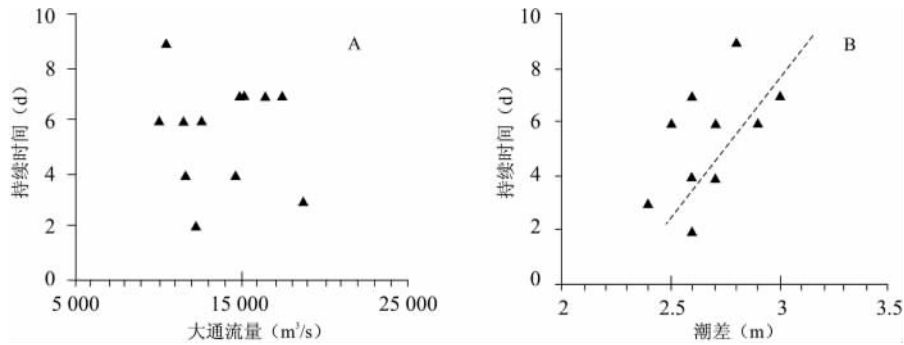


图 10 崇头咸潮持续时间与大通流量、崇头潮差的关系

Fig. 10 Relationships Between Salinity Duration and Datong Discharge and Tidal Range

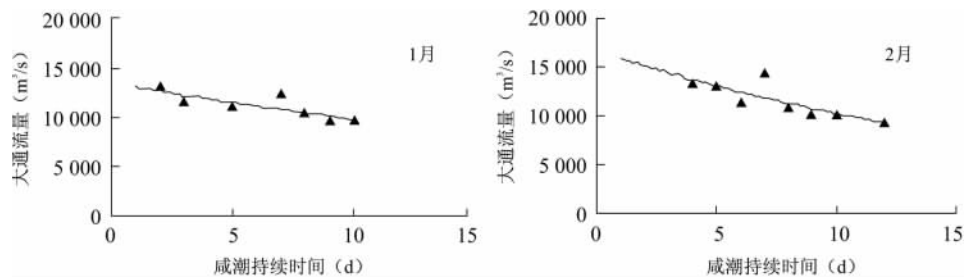


图 11 陈行各月咸潮持续时间与大通流量的关系(以 1、2 月为例)

Fig. 11 Relationships Between Salinity Duration at Chenhang Area and Datong Discharge

(Take January and February as Examples)

5 结论

本文在前人研究的基础上,通过对历年咸潮及氯度实测资料的分析,对长江口南支河段盐水入侵的规律进行了进一步的梳理和全面的分析研究,得到以下主要结论:

(1)北支盐水倒灌是长江河口南支河段盐水入侵的主要来源。

(2)研究水域,氯度的沿程分布在枯季大、中潮差异明显:大潮期,氯度的沿程分布形成由青龙港至崇头再向下至吴淞口水域氯度逐步降低、再向下至南槽中浚河段氯度逐步升高的两头高、中间低的“马鞍形”分布形式;在中潮期,氯度的沿程分布则形成由青龙港至崇头再向下至七丫口逐步降低、继而由七丫口至陈行水域逐步升高、由陈行水域至马家港再逐步降低、由马家港再向下游至中浚又大幅升高的“高一低—高一低—高”的复杂的“W”形分布形式;由大潮到中潮,氯度的沿程分布形式发生变异,主要是外海潮汐和上游来流量综合作用的结果。

(3)研究水域,近期盐水入侵的程度有加剧的趋势,但是对于这种加剧的趋势还需慎重对待;研究水

域盐水入侵最严重的时期为每年的 2~3 月,在这段时间内,盐水入侵超标次数多、历时长。

(4)当大通流量小于 $20\,000\text{ m}^3/\text{s}$ 时,就可能发生明显的北支盐水倒灌南支现象。

(5)在 $15\,000\sim 20\,000\text{ m}^3/\text{s}$ 的流量范围内,崇头潮差大于 1.5 m 才可能发生氯度超标;而当流量小于 $15\,000\text{ m}^3/\text{s}$ 时,只要崇头潮差大于 1.3 m 就可能发生氯度超标。

(6)在崇头潮差大于 2.0 m 范围内,流量小于 $20\,000\text{ m}^3/\text{s}$ 时崇头水域才可能发生氯度超标;而当崇头潮差小于 2.0 m ,只要流量小于 $17\,000\text{ m}^3/\text{s}$ 时就可能发生氯度超标。

(7)在研究水域,流量越大,咸潮持续时间越短,盐水入侵程度越低;潮差越大,咸潮持续时间越长,盐水入侵程度越高。

参考文献:

- [1] PRITCHARD D W. Salinity distribution and circulation in the Chesapeake Bay estuarine system[J]. Journal of Marine Research, 1952,11:106~123.
- [2] PRITCHARD D W. The dynamic structure of a coastal plain

- estuary[J]. Journal of Marine Research, 1956, 15: 33~42.
- [3] GEYER W R. The advance of a salt wedge front; Observations and dynamical model[M]// DRONKERS J, van LEUSSEN W. Physical Processes in Estuaries. Heidelberg Berlin Germany: Springer Verlag, 1988: 181~195.
- [4] BOWEN M M. Salt transport and the time dependent salt balance of a partially stratified estuary[J]. Journal of Geophysical Research, 2003, 108: 33~42.
- [5] PRANDLE D. Saline intrusion in partially mixed estuaries[J]. Estuarine Coastal and Shelf Science, 2004, 59(3): 385~397.
- [6] 沈焕庭, 茅志昌, 谷国传, 等. 长江河口盐水入侵的初步研究——兼谈南水北调[J]. 人民长江, 1980, 3: 20~26.
- [7] 韩乃斌. 长江口南支河段氯度变化分析[J]. 水利水运科学研究, 1983, 1: 74~81.
- [8] 韩乃斌. 南水北调对长江口盐水入侵影响的预测[J]. 地理研究, 1983, 2(2): 99~107.
- [9] 徐建益, 袁建忠. 长江口南支河段盐水入侵规律的研究[J]. 水文, 1994, 83(5): 1~6.
- [10] 茅志昌, 沈焕庭, 姚运达. 长江口南支南岸水域盐水入侵来源分析[J]. 海洋通报, 1993, 12(3): 17~25.
- [11] 茅志昌. 长江口南支河段咸潮入侵分析[J]. 地理研究, 1995, 14(1): 27~35.
- [12] 茅志昌, 沈焕庭. 潮汐分汊河口盐水入侵类型探讨——以长江口为例[J]. 华东师范大学学报(自然科学版), 1995, 2: 77~85.
- [13] 肖成猷, 沈焕庭. 长江河口盐水入侵影响因子分析[J]. 华东师范大学学报(自然科学版), 1998, 3: 74~80.
- [14] 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, 34(4): 1~3.
- [15] 贺松林, 丁平兴, 孔亚珍. 长江口南支河段枯季盐度变异与北支咸水倒灌[J]. 自然科学进展, 2006, 16(5): 584~589.
- [16] 吴辉, 朱建荣. 长江河口北支倒灌盐水输送机制分析[J]. 海洋学报, 2007, 29(1): 17~25.
- [17] 项印玉, 朱建荣, 吴辉. 冬季陆架环流对长江河口盐水入侵的影响[J]. 自然科学进展, 2009, 19(2): 192~202.
- [18] 陈吉余, 徐海根. 三峡工程对长江河口的影响[J]. 长江流域资源与环境, 1995, 4(3): 242~246.
- [19] 沈焕庭, 茅志昌, 顾玉亮. 东线南水北调工程对长江口咸水入侵影响及对策[J]. 长江流域资源与环境, 2002, 11(2): 150~154.
- [20] 姜翠玲, 严以新. 水利工程对长江河口生态环境的影响[J]. 长江流域资源与环境, 2003, 12(6): 547~551.
- [21] 茅志昌, 沈焕庭, 黄清辉. 长江河口淡水资源利用与避咸蓄淡水水库[J]. 长江流域资源与环境, 2001, 10(1): 34~42.
- [22] 顾玉亮, 乐勤. 长江口陈行水源地盐水入侵分析及预报[J]. 城市公用事业, 2004, 18(2): 19~20.
- [23] 陈吉余, 何青. 2006年长江枯水情对上海淡水资源安全的影响[M]. 北京: 海洋出版社, 2006: 22~37.
- [24] 关许为, 顾伟浩. 长江口咸水入侵问题的探讨[J]. 人民长江, 1991, 22(10): 51~54.
- [25] 茅志昌, 沈焕庭. 长江径流变化对南支盐水入侵影响分析[J]. 海洋科学, 1994, 2: 60~63.
- [26] 余奕昌, 陈景山. 咸潮入侵对上海市水质影响研究[J]. 华东师范大学学报(自然科学版), 1991, 3: 70~78.

RESEARCH ON SALTWATER INTRUSION OF THE SOUTH BRANCH OF THE CHANGJIANG ESTUARY BASED ON MEASURED DATA

TANG Jian-hua, XU Jian-yi, ZHAO Sheng-wei, LIU Wei-yi

(Changjiang Institute of Survey, Planning, Design and Research, Shanghai Branch, Shanghai 200439, China)

Abstract: Based on previous studies, the characteristics of saltwater intrusion of the South Branch of the Changjiang Estuary were studied systematically by the analysis of measured saltwater intrusion and chlorinity data. Results indicate that the saltwater which spills over from the North Branch is the main source of the salt intrusion of the South Branch. In the study area, the distribution of chlorinity during dry season's spring tide appears as a two-side-high and middle-low's saddle shape, while the distribution of chlorinity during dry season's middle tide appears as a high-low-high-low-high's 'W' shape. Because of the effects of tide and up-stream's discharge, the distribution shape of chlorinity has varied from spring tide to middle tide. The intensity of the salt intrusion of the South Branch tends to be much more serious since 1998; the salt intrusion of the South Branch is much more serious during February and March than other months; the salt intrusion of the South Branch may take place when the discharge from Datong station is less than 20 000 m³/s. There are close relationships between discharge from Datong station and tidal strength; larger the discharge, lower level of the salt intrusion; greater the tidal range, higher level of the salt intrusion.

Key words: Changjiang; estuary; South Branch; saltwater intrusion