

长江河口青草沙水库最长连续不宜取水天数*

朱建荣¹ 顾玉亮² 吴 辉¹

(1. 华东师范大学 河口海岸学国家重点实验室 上海 200062;
2. 城市水资源开发利用(南方)国家工程研究中心 上海 200082)

摘要 为解决上海日益增长的用水需求,保障淡水资源安全,需要建设长江河口避咸蓄淡特大型水库。本文应用改进的三维长江河口盐水入侵数值模式,采用 2007 和 2008 年 10 个水文站盐度资料对模式进行验证,计算青草沙水库最长不宜取水天数。本文以径流量特枯的 1978—1979 年作为水文计算年,考虑三峡工程、南水北调东线工程和沿江引排水对大通实测逐日径流量的修正,考虑潮汐、风应力和混合等作用。根据 2003 年地形计算得出青草沙水库的最长连续不宜取水天数为 68 天,这个水库设计的重要参数已在水库建设中采用。根据 2008 年地形计算得出青草沙水库的最长连续不宜取水天数为 54 天,已被水库调度采用。2003 年至 2008 年北支上段河势发生了明显变化,导致北支盐水倒灌减弱,因此这期间的最长不宜取水天数减少。

关键词 长江河口; 盐水入侵; 青草沙水库; 最长连续不宜取水天数; 数值计算
中图分类号 P343.5

长江河口地区人口密集,经济发达,需要大量优质原水。2010 年前,上海的用水主要取自黄浦江,上游原水供水规模为 622 万 m^3/d ,约占全市集约化原水供应量的 80%,长江原水供水规模为 156 万 m^3/d ,约占全市集约化原水供应量的 20%。根据上海市城市总体规划,2020 年上海城市最大日原水供水量将达到 1400 万 m^3/d ;上海现有原水供应水量不足,水质较差,已成为典型的水质性缺水城市,并随着社会、经济的快速发展愈加明显。要从根本上解决上海的用水难题,必须从水量充沛水质良好的长江河口取水,兴建大型水库。

青草沙水库位于长江河口南北港分汊口水域,由长兴岛西侧和北侧的中央沙、青草沙和附近水域组成(图 1)。青草沙水库于 2007 年 6 月 5 日开工建设,于 2010 年 10 月并网供水,覆盖中心城区、浦东新区、南汇区的全部和宝山、普陀、崇明、青浦、闵行的部分区域,日供水能力为 719 万 m^3 ,受益人口超过 1000 万人。青草沙水库现状有效库容为 3.82 亿 m^3 ,总库容为 4.38 亿 m^3 ,是迄今为止世界上最大的潮汐河口

蓄淡避咸水库。

青草沙水库的兴建,将大大缓解上海供水紧张的局面,为上海城市发展和工农业生产提供有利的保障。然而,青草沙水库位于河口水域,存在枯季盐水入侵的不利影响。当长江上游径流量较小的时候,盐水入侵加强,当青草沙取水口氯度超过 250ppm 时便不能取水,在这样的情况下水库供水必须要依靠自身库容。

研究径流量极枯情况下青草沙水库最长连续不宜取水天数,可为水库的库容设计和调度提供理论和技术依据。本文基于长江河口盐水入侵三维数值模式,对青草沙水库最长连续不宜取水天数这个水库设计的关键参数进行研究。

1 研究方法

1.1 数值模式设置

本文采用作者研究组长期改进和应用的三维河口海岸数值模式 ECOM-si,该模式在长江口水动力过程和盐水入侵等方面的研究中取得了众多成果(Li

* 国家自然科学基金,41176071 号,40976056 号;上海市科学技术委员会重大项目,11dz1204802 号

通讯作者:朱建荣,教授,从事河口海洋动力学研究, E-mail: jrzhu@sklec.ecnu.edu.cn

收稿日期:2012-07-27, 收修改稿日期:2012-11-05

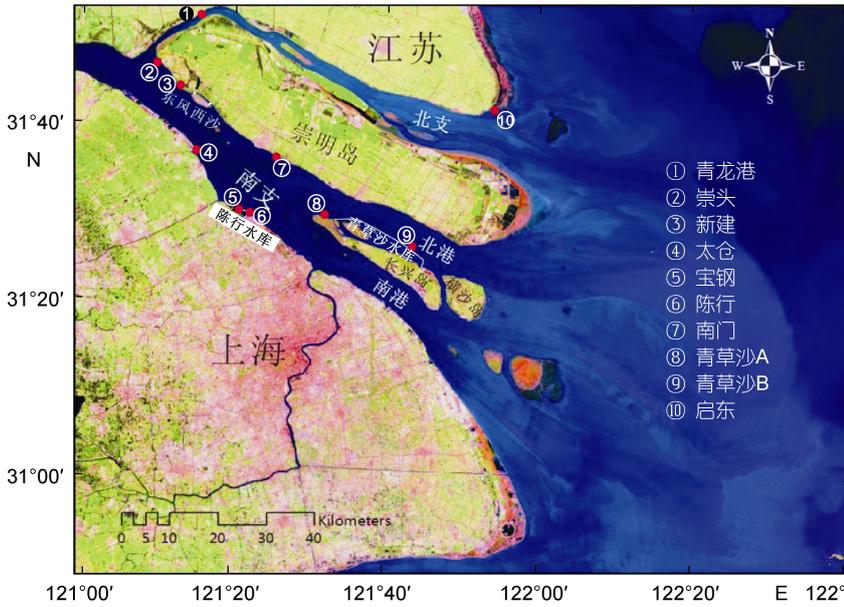


图 1 长江河口形势以及观测点分布图

Fig.1 Situation of the Changjiang River Estuary and observation sites of salinity

et al, 2010; Wu et al, 2010; 王彪等, 2011; 朱建荣等, 2011; Li et al, 2012; Qiu et al, 2012; Xu et al, 2012)。ECOM 模式是在 POM 模式基础上发展起来的 (Blumberg et al, 1987), 模式具有如下特点: 嵌套了一个 2.5 阶湍流封闭模型, 提供垂向湍流粘滞和扩散系数 (Mellor et al, 1982); 水平方向采用曲线网格, 采用“Arakawa C”网格差分格式; 垂向采用 σ 坐标系统; 动量方程中的正压梯度力采用隐式方法, 连续方程

的求解采用半隐方法, 使得模式允许的时间步长可比 CFL 条件所限制的时间步长大几十倍; 产生慢过程的项采用水平显式时间差分、垂直隐式差分, 因此模式能具有很高的垂向分辨能力; 耦合了完整的热力学方程。本文作者采用的三阶精度格式 HSIMT-TVD 对盐度方程的平流项计算进行了改进 (Wu et al, 2010), 消除了数值频散, 降低了数值耗散, 大大提高了模式计算盐度的精度。

模式采用水平曲线非正交网格, 范围包括整个长江河口、杭州湾和邻近海区, 上游边界设在长江潮区界大通, 外海开边界东边到 124.5°E 附近, 北边到 33°N 附近, 南边到 28°N 附近 (图 2a)。对长江河口区域, 包括南北支分汊口 (图 2b) 以及深水航道工程区域

(图 2c) 的网格进行了局部加密, 并且较好地拟合了岸线。口内网格分辨率为 100m 至 500m 不等, 口外网格较疏, 分辨率最大为 10km 左右。垂向采用 σ 坐标, 均匀分为 10 层。时间步长取 40s。长江河口区域浅滩较多, 模式运用干湿判别法实现潮滩移动边界的模拟, 临界水深取 0.2m。

外海开边界由潮位驱动, 考虑 16 个分潮 ($M_2, S_2, N_2, K_2, K_1, O_1, P_1, Q_1, U_2, V_2, T_2, L_2, 2N_2, J_1, M_1, OO_1$),

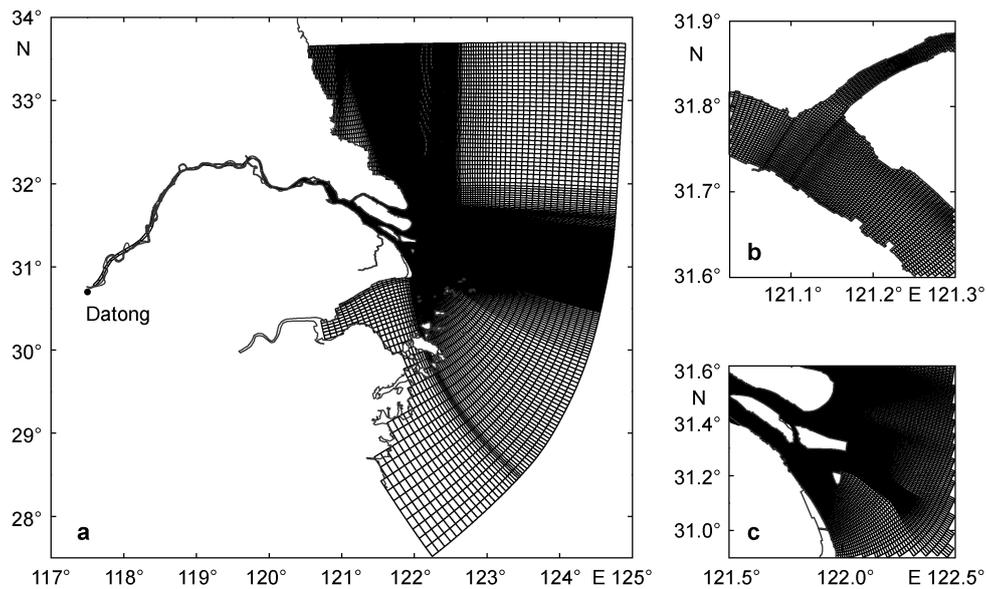


图 2 (a)模式计算区域和网格。(b)放大的南北支分汊口区域网格;(c)放大的南北槽分汊口区域网格

Fig.2 (a): Calculation domain and grids; (b): the area near the bifurcation of the South and North Branch; (c): the area near the bifurcation of the South and North passage

由各分潮调和常数合成得到,资料从全球潮汐数值模式 NAOTIDE 中计算结果得到(http://www.miz.nao.ac.jp/staffs/nao99/index_En.html)。初始水位和流速取零。温盐场长江口外由《渤海黄海东海海洋图集(水文)》分布图数字化得到,河口内由枯季多次实测资料插值得到。考虑海表面风应力的作用,风场由 QSCAT/NCEP 提供,空间分辨率为 $0.5^{\circ} \times 0.5^{\circ}$,时间分辨率为 6 小时。

1.2 数值模式验证

建立的长江河口盐水入侵数值模式已对水位、流速、流向和盐度作了大量的验证,表明模式能正确模拟长江河口的水动力和盐水入侵过程(Wu *et al.*, 2010; Li *et al.*, 2012; Qiu *et al.*, 2012; Xu *et al.*, 2012)。以往对模式验证大都采用船测资料,观测时段一般仅 26 小时。本文采用 2007 年 2 月 16 日至 3 月 3 日和 2008 年 3 月共 10 个盐度定点观测站较长时间序列的资料,进一步验证数值模式。模式分别从 2007 年 1 月 1 日和 2008 年 2 月 1 日起算,径流量采用大通水文站每日的实测值,风场采用 QSCAT/NCEP 提供的时间分辨率为 6 小时、空间分辨率为 $0.5^{\circ} \times 0.5^{\circ}$ 的数值产品。

崇头位于南北支分叉口,大潮期间的盐度明显大于小潮期间盐度,最高值约 4.5,崇头站受大潮期间北支盐水倒灌的影响(图 3)。太仓、南门、陈行位于崇头下游的南支水域,青草沙 A 位于下游的长江口北港。北支倒灌进入南支的高盐水受径流作用逐渐

向下游平流扩散,盐度峰值出现时间逐渐迟后、量值减小。如陈行站盐度峰值比崇头小 1.5,峰值出现时间比崇头晚约 3 天。青草沙 B 位于北港水域,距离口门较近,大潮期间受长江河口北港盐水入侵的影响,盐度最高值达到 4 左右,且盐度日变化明显,受到上游倒灌盐水团的影响,2 月 28 日盐度峰值约为 2.5,与青草沙 A 比较量值略低、时间滞后约 1.5 天。

启东测站位于长江河口北支中下段,由于直接受到北支盐水入侵的影响,盐度在整个观测期间维持在 15 以上,大潮期间受涨落潮的变化,盐度在 17—25 之间变化,小潮期间盐度日变化较小,大致在 22 左右(图 4)。青龙港位于北支上段,大潮期间盐度最大值达到 25,且日变化显著。新建测站与崇头测站相邻,盐度受北支倒灌影响,大潮期间明显大于小潮期间,最大盐度约为 3。宝钢与陈行测点相邻,主要受上游倒灌的盐水影响,最高盐度在 2.5 左右,且峰值出现在新建测点峰值之后的 2—3 天。

上述模式计算的 10 个测站盐度变化过程和实测资料吻合良好,说明模式能较准确地模拟长江河口盐水入侵,尤其是北支的盐水倒灌过程。

2 最长不宜取水天数计算

2.1 特枯水文年的选择

根据《城市给水工程规划规范》(GB50282-98),城市给水水源的枯水流量保证率可采用 90%—97%。考

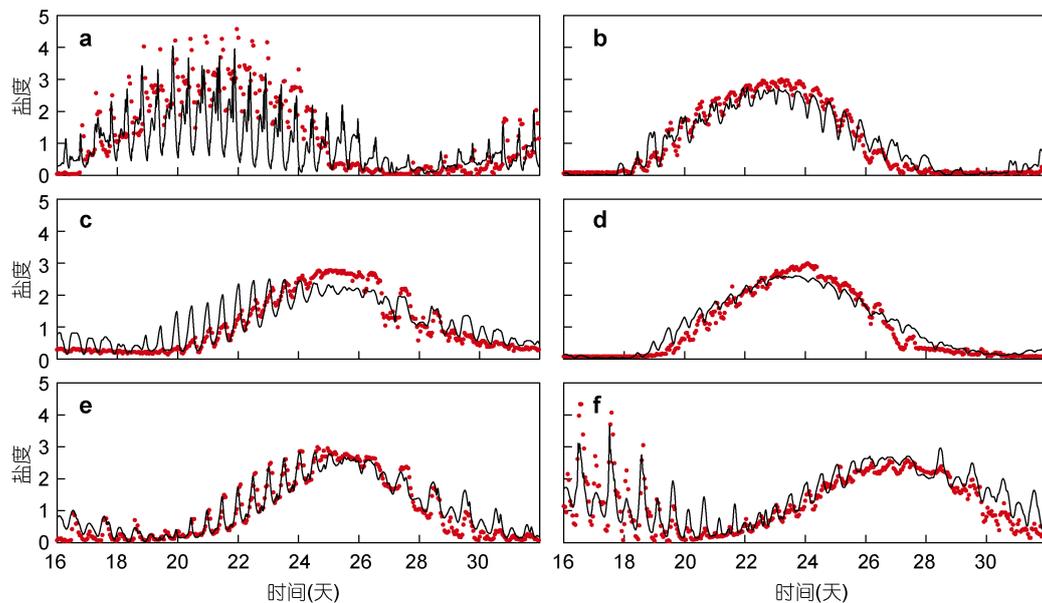


图 3 2007 年 2 月 16 日至 3 月 3 日定点观测站模式计算表层盐度(黑线)和实测表层盐度(红点)随时间变化。a:崇头; b:太仓; c:南门; d:陈行; e:青草沙 A; f:青草沙 B

Fig.3 Simulated (black solid line) and the measured value (red dots) of surface salinity from February 16 to March 3 in 2007. a: Chongtoug; b: Taicang; c: Nanmen; d: Chenhang; e: Qingcaosha A; f: Qingcaosha B

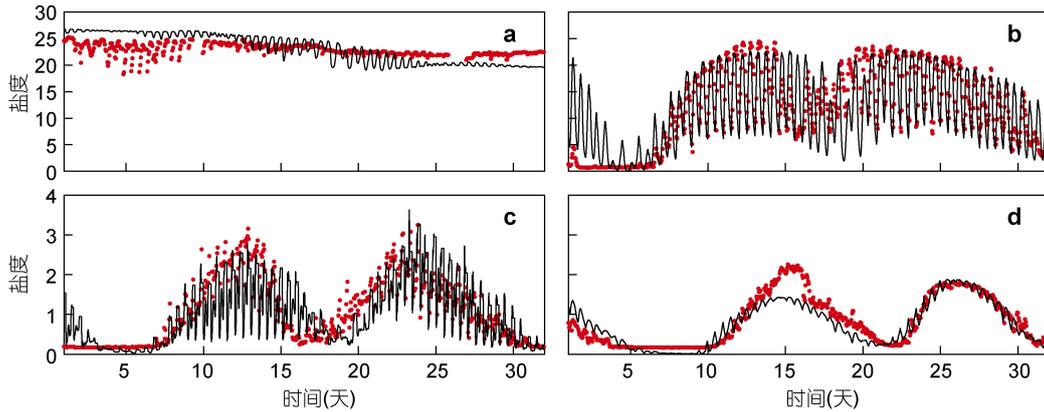


图4 2008年3月定点观测站模式计算表层盐度(黑线)和实测表层盐度(红点)随时间变化。a:启东; b:青龙港; c:新建; d:宝钢
 Fig.4 Simulated (black solid line) and the measured value (red dots) of surface salinity in March 2008. a: Qidong; b: Qinglonggang; c: Xinjian; d: Baogang

虑到上海为国际型大都市, 枯水流量保证率取为 $\geq 97\%$ 。青草沙水库设计采用系列较长的长江大通站枯季径流量(11月—3月)的统计频率作为枯水流量保证率。根据分析, 1978—1979年枯水期为典型特枯年份, 相应频率约为 98%。本文将该年作为青草沙水库不宜取水天数的计算水文年。

1978年9月20日至1979年5月31日大通站实测长江径流量逐日变化见图5。1978年9月下旬长江径流量在 $25000\text{m}^3/\text{s}$ 以上, 10月份径流量下降很快, 至月底为 $14000\text{m}^3/\text{s}$ 左右。11月份径流量在 $14000\text{m}^3/\text{s}$ 至 $17000\text{m}^3/\text{s}$ 之间振荡。12月份径流量又快速下降, 从月初的 $17000\text{m}^3/\text{s}$ 下降到月底的 $8000\text{m}^3/\text{s}$ 左右。1979年1月份径流量继续下降, 至月底仅为 $6000\text{m}^3/\text{s}$ 左右。2月份和3月中上旬径流量略微上升, 但仍保

持在很低的水平。3月中下旬径流量快速上升, 至月底达到 $15000\text{m}^3/\text{s}$ 左右。4月份径流量比较稳定, 在 $14000\text{m}^3/\text{s}$ 至 $16000\text{m}^3/\text{s}$ 之间变化。5月份径流量快速上升, 至20日达到了 $32000\text{m}^3/\text{s}$ 左右, 至下旬径流量下降, 但仍达到 $24000\text{m}^3/\text{s}$ 左右。可见, 从1978年12月中下旬至1979年3月中旬的3个月时间内, 长江径流量小于 $10000\text{m}^3/\text{s}$, 连续时间长, 尤其是1—2月份大部分时间径流量小于 $8000\text{m}^3/\text{s}$, 为特枯的时段。

选取的计算水文年1978—1979年的实测径流量过程, 还需考虑以后长江流域建设的一些重大工程, 如三峡大坝和南水北调等, 对入海径流量的影响, 需要对径流量过程进行修正。

参考文献(沈焕庭等, 2003), 三峡工程从9月至来年5月各月对径流量的调节见表1, 9月、12月和

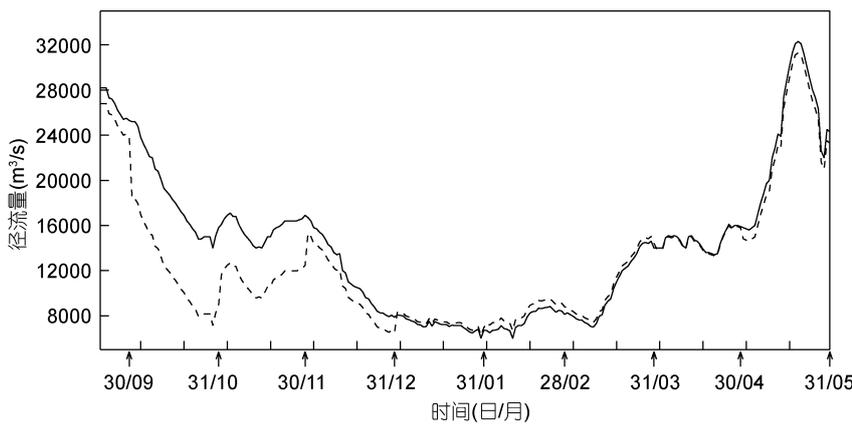


图5 1978年9月20日至1979年5月31日大通逐日径流量。实线为实测径流量, 虚线为考虑三峡工程、南水北调东线工程和大通以下沿江引排水后的径流量
 Fig.5 The daily river discharge at Datong station from September 20, 1978 to May 31, 1979. Solid line: the value observed; Dashed line: the value modulated by the Three Gorges Project, the eastern water diversion project from the South to the North, and water intake and drain along the river downstream Datong station

5月径流量未作调节, 10月份三峡工程对径流量的调节达到 $-5450\text{m}^3/\text{s}$, 11月份达到 $-2970\text{m}^3/\text{s}$, 使大坝下游的径流量大幅下降。对特枯年份, 本来冬半年径流量偏小, 加上大坝大幅度的调节, 进一步降低了秋季径流量。

1、2和3月份大坝调节使径流量增加, 增加值分别为 1530 、 1200 和 $1750\text{m}^3/\text{s}$ 。

南水北调对长江河口盐水入侵的影响主要在东线, 东线三期的调水流量为 $800\text{m}^3/\text{s}$ (陈西庆等, 2003)。

大通水文站离长江口尚有约 620km 距离, 沿江引排水会改变入海径流量。特枯年份9月至来年5月大通以下沿江引排水造成的长江径流量净变化见表2, 因沿江引排水使长

表1 三峡工程特枯年份9月至来年5月对长江径流量的调节(单位 m^3/s)Tab.1 Modulation of the Changjiang River discharge by the Three Gorges Project from September to the coming May in extremely drought year (Unit: m^3/s)

月份	9	10	11	12	1	2	3	4	5
调节量	0	-5450	-2970	0	1530	1200	1750	1000	0

表2 特枯年份9月至来年5月大通以下沿江引排水造成的长江径流量净变化(单位 m^3/s)Tab.2 Net change of the Changjiang river discharge by water intake and drain along the river downstream Datong from September to coming May (Unit: m^3/s)

月份	9	10	11	12	1	2	3	4	5
净变化	-674	-674	-674	-585	-495	-517	-540	-540	-540

江径流量减小值在 $500\text{—}700\text{m}^3/\text{s}$ 之间(张二风等, 2003)。

综合考虑三峡大坝、南水北调和沿江引排水后, 对 1978 年至 1979 年特枯年份实测径流量进行调节, 进入河口的逐日径流量变化以图 5 中虚线表示。

2.2 连续不宜取水天数的定义

按照饮用水标准, 原水氯度超过 250×10^{-6} 后便不能饮用, 相应的盐度约为 0.45。1 天中连续能取水时间大于等于 4 小时, 则这天能取水; 若小于 4 小时, 则这天不宜取水。最长连续不宜取水天数指水库连续不宜取水天数的极大值, 它是水库库容设计所需的重要参数。

2.3 最长连续不宜取水天数的计算

在水库建设前, 长江河口区域水深我们采用 2003 年观测资料(图 6), 以 1978—1979 年修正后特枯径流量作为上游边界条件, 考虑潮汐潮流、风应力和混合等的作用, 计算分析长江河口的盐水入侵和青草沙水库的最长连续不宜取水天数。模式从 1978 年 9 月 1 日开始计算, 至 1979 年 5 月 3 日结束。

以往观测和研究结果表明, 青草沙水库的盐水入侵来自北支盐水倒灌和北港外海盐水入侵的双重影响。北支盐水倒灌强弱与潮汐、径流量、风应力和河势变化等有关(Li *et al.*, 2010; 朱建荣等, 2011; Li *et al.*, 2012; Qiu *et al.*, 2012; 沈焕庭等, 2003; 茅志昌等, 2001; 顾玉亮等, 2003; Wu *et al.*, 2006; 吴辉等, 2007; 朱建荣等, 2010)。在一般径流量下, 大潮期间因北支的喇叭口形状, 从东海进入北支的潮水在向上游输运的过程中因河势变窄、变浅, 潮位抬升, 至上段的青龙港甚至出现涌潮。北支上段有大量的潮滩(图 6), 大潮涨潮期间水位上升, 潮滩淹没, 大量高盐水涌入南支。而在落潮期间, 水位下降, 潮滩出露, 已进入南支的盐水仅少量随落潮流返回北支。这样, 北支上段犹如一个单向的开关, 高盐水从北支进入南支, 而

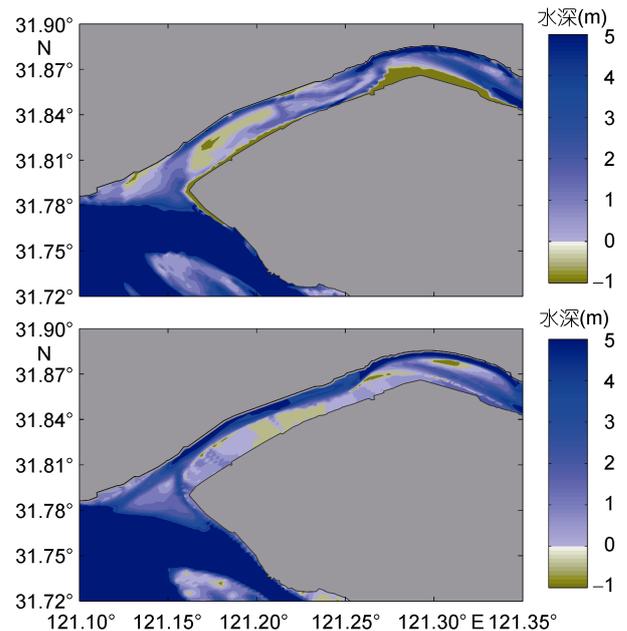


图6 2003年(上)和2008年(下)北支上段地形图

Fig.6 Topography of the upper reaches of the North Branch in 2003 (upper) and in 2008 (lower)

难于从南支返回北支, 大潮期间潮周期平均的盐通量从北支流向南支。进入南支的盐水, 在随涨落潮流上下游震荡的过程中受径流的作用, 逐渐向下游移动, 影响下游的青草沙水库。北支盐水倒灌的强度与潮差和径流量呈非线性的关系(Wu *et al.*, 2006), 在特枯净流量下中潮甚至小潮期间也能发生净的盐水倒灌, 给南支水源地淡水资源的利用产生威胁。北港外海的盐水直接入侵, 则决定于径流量、潮汐和风应力, 低的径流量、大的潮差和强劲的北风会加剧北港盐水入侵(沈焕庭等, 2003; Li *et al.*, 2012; Qiu *et al.*, 2012)。

图 7 为模式计算的青草沙水库取水口盐度过程线, 可见盐度具有随涨落潮的半日变化、随大小潮的半月变化。在 1979 年 1—3 月径流量特枯期间, 盐度大幅升高。最高盐度发生在 2 月上旬, 量值达到 4.1。

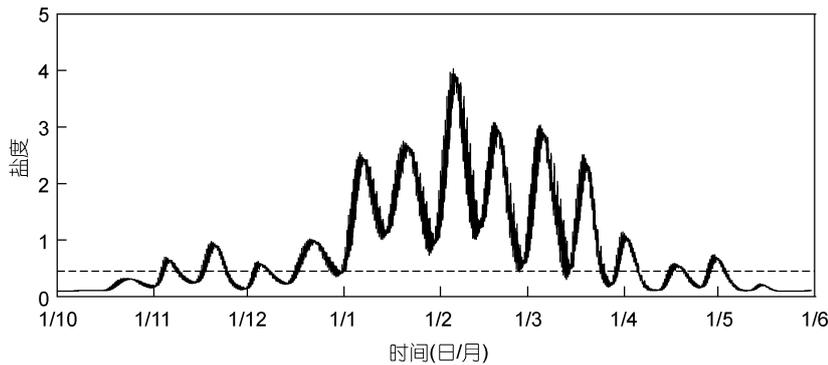


图7 2003年地形下青草沙水库取水口盐度过程线。虚线为饮用水盐度标准0.45
Fig.7 Salinity at the water intake of the Qingcaosha reservoir with the topography in 2003. The dashed line is the salinity 0.45, standard of drinking water

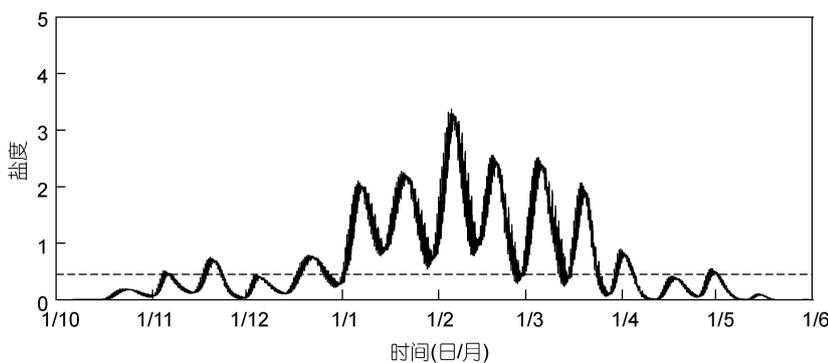


图8 2008年地形下青草沙水库取水口盐度过程线。虚线为饮用水盐度标准0.45

Fig.8 Salinity at the water intake of the Qingcaosha reservoir with the topography in 2008. The dashed line is the salinity 0.45, standard of drinking water

随大小潮的变化, 盐度出现半月周期的盐度低谷, 期间因北支倒灌的减弱盐度下降, 2月26日盐度接近0.45, 但仍取不到淡水。盐度连续大于0.45的最长时段为1979年1月2日至3月10日, 即青草沙水库最长连续不宜取水天数为68天。

上述计算得出的2003年地形下青草沙水库最长不宜取水天数, 已被青草沙水库库容设计所采用。根据上海市城市总体规划, 随着上海人口、社会和经济的发展, 用水量将继续大幅提升, 青草沙水库现状有效库容还不能满足用水需求, 需要挖掘青草沙水库的潜能。疏浚库内底泥扩大库容、带盐取水(经库内淡水混合出水盐度仍达标)和降低最长不宜取水天数均是挖掘青草沙水库潜能的方法。事实上, 青草沙水库最长不宜取水天数与地形, 特别是北支地形密切相关。北支为特浅的河道, 存在大量潮滩, 河势多变。2003年以来北支上段河势变化明显, 原来的槽址从青龙港向上游延伸, 随后走向崇头, 呈S性走向。但至2008年, 槽址从青龙港沿北支上段西侧一直向上

游延伸, 至南北支分汉口, 主泓偏西并且贯通增深(见图6)。除采用2008年长江河口地形外, 其它计算条件与上面一致, 重新运行模式, 得出青草沙水库取水口盐度过程线(图8)。总体上, 盐度过程线与2003年地形下过程线相似, 但盐度有所下降, 2月上旬的最大盐度下降到3.5, 2月底的盐度低谷出现连续小于0.45的时段, 使得青草沙水库最长不宜取水天数减少。盐度连续大于0.45的最长时段为1979年1月3日至2月25日, 即青草沙水库最长连续不宜取水天数为54天。如上所说, 青草沙水库取水口盐度部分来自北支盐水倒灌, 北支上段大量潮滩对盐度输运犹如单向的开关, 北支上段西侧河槽顺直、加深, 使得长江径流更易进入北支, 已倒灌进入南支的盐水也易进入北支。北支上段地形变化导致北支盐水倒灌的变化, 这是导致青草沙水库最长连续不宜取水天数发生变化的主要原因。

3 结论和讨论

本文应用长江河口盐水入侵三维数值模式, 通过2007和2008年10个水文站盐度资料的验证, 表明建立的数值模拟能较好地模拟长江河口盐度变化过程, 可以用于青草沙水库最长不宜取水天数的计算。

以1978—1979年作为水文计算年, 采用大通水文站实测逐日径流量, 考虑三峡工程、南水北调工程和沿江引排水对径流量的影响。将修正后的特枯径流量作为模式上游边界条件, 考虑潮汐潮流、风应力和混合等作用, 在2003年地形下计算得出青草沙水库的最长连续不宜取水天数为68天。这个水库设计的重要参数已在水库建设中采用。为挖掘青草沙水库的潜能, 在2008年地形下计算得出青草沙水库的最长连续不宜取水天数为54天, 已被水库的调度所采用。北支上段河势发生了明显变化, 导致北支盐水倒灌减弱, 是最长不宜取水天数减少的主要原因。青草沙水库最长不宜取水天数的计算和应用为上海淡水资源的保障和安全提供了科技支撑。

长江河口盐水入侵在季节时间尺度上主要决定于径流量, 在半月时间尺度上主要决定于潮汐, 地形

也是一个重要因素。青草沙水库最长连续不宜取水天数在给定特枯水文年情况下计算得出的, 径流量的修正除了本文考虑的三峡水库、南水北调和沿江引排水外, 今后长江流域上游水库群对流量的梯级调度、长江口北港航道的建设、北支的围垦等均会影响青草沙水库最长不宜取水天数, 它会随计算条件的不同而变化。

参 考 文 献

- 王彪, 朱建荣, 李路, 2011. 长江河口涨落潮不对称性动力成因研究. 海洋学报, 33(3): 19—27
- 朱建荣, 吴辉, 李路等, 2010. 极端干旱水文年(2006)中长江河口的盐水入侵. 华东师范大学学报:自然科学版, (4): 1—6, 25
- 朱建荣, 吴辉, 顾玉亮, 2011. 长江河口北支倒灌盐通量数值分析. 海洋学研究, 29(3): 1—7
- 吴辉, 朱建荣, 2007. 长江河口北支倒灌盐水输送机制分析. 海洋学报, 29(1): 17—25
- 沈焕庭, 茅志昌, 朱建荣, 2003. 长江河口盐水入侵. 北京: 海洋出版社, 15—74
- 张二风, 陈西庆, 2003. 长江(大通—徐六泾)抽引水工程初步调查及其对枯季入海流量的影响对策. 南水北调(东线)对长江口生态环境影响及其对策. 上海: 华东师范大学出版社, 205—214
- 陈西庆, 张二风, 李道季等, 2003. 长江枯季入海流量变化趋势的初步研究. 南水北调(东线)对长江口生态环境影响及其对策. 上海: 华东师范大学出版社, 120—128
- 茅志昌, 沈焕庭, 肖成献, 2001. 长江口北支盐水倒灌南支对青草沙水源地的影响. 海洋与湖沼, 32(1): 58—66
- 顾玉亮, 吴守培, 乐勤, 2003. 北支盐水入侵对长江口水源地影响研究. 人民长江, 34(4): 1—3
- Blumberg A F, Mellor G L, 1987. A description of a three-dimensional coastal ocean circulation model. In: Heaps N S Ed. Three-Dimensional Coastal Ocean Models, American Geophysical Union, 1—16
- Li L, Zhu J R, Wu H, 2012. Impacts of wind stress on saltwater intrusion in the Yangtze Estuary. Sci China Earth Sci, 55(7): 1178—1192
- Li L, Zhu J R, Wu H *et al*, 2010. A numerical study on the water diversion ratio of the Changjiang Estuary during the dry season. Chinese Journal of Oceanology and Limnology, 28(3): 700—712
- Mellor G L, Yamada T, 1982. Development of a turbulence closure model for geophysical fluid problem. Rev Geophys, 20: 851—875
- Qiu C, Zhu J R, Gu Y L, 2012. Impact of seasonal tide variation on saltwater intrusion in the Changjiang River estuary. Chinese Journal of Oceanology and Limnology, 30(2): 342—351
- Wu H, Zhu J R, 2010. Advection scheme with 3rd high-order spatial interpolation at the middle temporal level and its application to saltwater intrusion in the Changjiang Estuary. Ocean Modelling, 33: 33—51
- Wu H, Zhu J R, Chen B R *et al*, 2006. Quantitative relationship of runoff and tide to saltwater spilling over from the North Branch in the Changjiang Estuary: A numerical study. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 69: 125—132
- Wu H, Zhu J R, Choi B H, 2010. Links between saltwater intrusion and subtidal circulation in the Changjiang Estuary: A model-guided study. Continental Shelf Research, 30: 1891—1905
- Xu K, Zhu J R, Gu Y L, 2012. Impact of the eastern Water Diversion from the South to the North Project on the saltwater intrusion in the Changjiang Estuary. Acta Oceanol Sin, 31(3): 47—58.

DETERMINATION OF THE PERIOD NOT SUITABLE FOR TAKING DOMESTIC WATER SUPPLY TO THE QINGCAOSHA RESERVOIR NEAR CHANGJIANG RIVER ESTUARY

ZHU Jian-Rong¹, GU Yu-Liang², WU Hui¹

(1. *State Key Laboratory of Estuarine and Coastal Research, East China Normal University, Shanghai, 200062;*
2. *State Engineering Research Center (South) of Urban Water Resources Development and Utilization, Shanghai, 200082*)

Abstract Fast city growth of megacity Shanghai that situated near the Changjiang (Yangtze) River estuary, is demanding for more fresh water supplies to ensure the city functioning and the daily life of millions of households. To cope with the problem, a large Qingcaosha Reservoir is being designed for storing fresh water from the river in Chongming Island. Therefore, we must determine the salinity-free period not suitable for taking river water. We applied an improved three dimension numerical model of saltwater intrusion, validated the model with the salinity observed in 2007 and 2008 in 10 hydrological stations, and calculated the longest continuous period not suitable for taking water. In the simulation, using extremely drought year 1978—1979 as a hydrological calculation period, we applied the data of daily river discharge observed at the Datong Station after being calibrated in consideration of the Three Gorges Dam Project, the eastern part of the South-to-North Water Diversion Project, and water in-and-out along the river, plus the effects of tide, wind, and seawater mixing. The result shows that the longest continuous period not suitable water-taking for the reservoir is 68 days in 2003 topography scenario, and 54 days in 2008. The results have been adopted as an important parameter in the reservoir design and management. As great topography changes have been taken place from 2003 to 2008 in the upper reaches of the North Branch, the period may be further shortened.

Key words Changjiang River estuary; saltwater intrusion; Qingcaosha Reservoir; the longest period not suitable for taking fresh water; numerical calculation