

DOI :10.3969/j.issn.1004-6933.2012.01.013

# 咸潮影响河段取水水源可靠性的分析

刘树锋<sup>1 2 3</sup>, 黄健东<sup>2 3</sup>, 张从联<sup>2 3</sup>

(1. 中山大学水资源与环境研究中心, 广东 广州 510275; 2. 广东省水利水电科学研究院, 广东 广州 510610;  
3. 广东省水动力学应用重点实验室, 广东 广州 510610)

**摘要:** 为分析咸潮河段取水水源可靠性, 通过建立潭江一维河网水质数学模型和实测资料分析结合的方法对银洲湖纸业基地潭江取水口布置进行探讨。一维河网水质数学模型采用上游设计枯水流量遭遇下游典型潮的计算方案, 并在枯水期对取水口上下游河段氯离子质量浓度进行了同步实测。计算分析结果表明, 潭江取水口取水流量可靠, 满足设计保证率取水要求, 取水水质也基本满足要求, 但在  $P = 97\%$  特枯年份受咸潮影响情况下会出现短时段氯离子超标现象。在采取一定取水风险的规避措施情况下, 该取水口取水水源是可靠的。

**关键词:** 咸潮河段; 取水水源; 一维河网水质数学模型; 潭江; 咸潮

中图分类号: S273.1      文献标识码: A      文章编号: 1004-6933(2012)01-0054-05

## Reliability analysis of water intake sources in river reaches affected by salty tides

LIU Shu-feng<sup>1 2 3</sup>, HUANG Jian-dong<sup>2 3</sup>, ZHANG Cong-lian<sup>2 3</sup>

(1. Research Center of Water Resources and Environment, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510275, China;  
2. Guangdong Research Institute of Water Resources and Hydropower, Guangzhou 510610, China;  
3. Guangdong Provincial Key Laboratory of Hydrodynamics Research, Guangzhou 510610, China)

**Abstract:** In order to analyze the reliability of water intake sources in the river reaches affected by salty tides, a one-dimensional mathematical model of water quality in the river network combined with the measured data in the Tanjiang River was used to investigate the layout of the water inlet of the Tanjiang River at the Yinzhou Lake Paper Base. The scheme for calculating the design low flow upstream meeting the typical tide downstream was employed, and the concentration of chlorine ions in the river reaches upstream and downstream of the water inlet during the low flow period was measured simultaneously. The calculation results show that the intake flow at the water inlet of the Tanjiang River was reliable, and it met the design reliability requirements. The water quality generally met the requirements, except in extraordinarily dry years ( $P = 97\%$ ) when the river was affected by salty tides and chlorine ions exceeded standards for a short period. The water sources of the water inlet will be reliable if certain measures are taken to avoid risks in water intake.

**Key words:** tidal reach; water intake source; one-dimensional mathematical model of water quality in river network; Tanjiang River; salty tide

随着我国水资源供需矛盾形势日益严峻, 自 2003 年实施水资源论证制度以来, 建设项目取水水源可靠性研究也逐步得到重视, 各类建设项目有关取水水源可靠性的文献越来越多<sup>[1-8]</sup>, 这对提高水资源利用效率和保护水资源起到了积极的指导作用。珠江三角洲河网区水流同时受径流量和潮流量的影

响而呈往复运动, 使得水量计算复杂, 且近年来河口地区取水受咸潮影响越来越严重。

银洲湖纸业基地位于广东省江门市新会区双水镇, 是广东省规划建设的三大造纸工业基地之一。纸业基地用水量大, 拟建设 A、B、C、E 4 座集中水处理厂, 本次论证 A 厂设计规模 14 万  $\text{m}^3/\text{d}$ , 约 0.81

m<sup>3</sup>/s),用水保证率非常高,设计供水保证率为97%,取水水源水量水质的可靠性关系到基地的运行安全。基地水厂拟从潭江牛湾段取水,潭江来水丰枯季节变化很大,且潭江属咸潮河段,同时受上游径流和下游潮流双重影响,枯水期河道水质受咸潮影响的威胁,因此,从水量、水质两方面分析水源的可靠性对项目取水点的设置非常关键。

笔者采用一维河网水质数学模型计算和实测资料分析相结合的方法,结合银洲湖纸业基地潭江取水工程水资源论证工作,对取水水源可靠性分析方法进行了较好的应用和拓展,对珠江三角洲河网河口特别是水文资料缺乏地区建设项目水资源论证中取水水源可靠性分析有一定的参考意义。

# 1 取水水源与资料概况

## 1.1 取水河道水文特征

潭江是珠江三角洲水系的一级支流,主流发源于阳江市牛围岭山,自西向东流经恩平、开平、台山、鹤山、新会等市,在新会环城镇附近折向南流,从崖门口出海。银洲湖纸业基地A水厂取水口位于潭江中下游的牛湾河段,下游是银洲湖。银洲湖处于珠江三角洲河口区,上承西江下游支流江门水道、虎坑水道以及潭江径流,下纳黄茅海上溯潮流,是一条不正规半日潮型的往复流河道,潮汐动力强劲。潭江年均径流量为76.18亿m<sup>3</sup>,其中江门市境内径流量为72.39亿m<sup>3</sup>。

## 1.2 水文资料概况

潭江流域水文(水位)站点主要有横步头水文站、双桥水文站、恩平水位站、长沙水位站、石咀潮(水)位站、三江口潮(水)位站和官冲站潮(水)位站,各站点位置见图1。

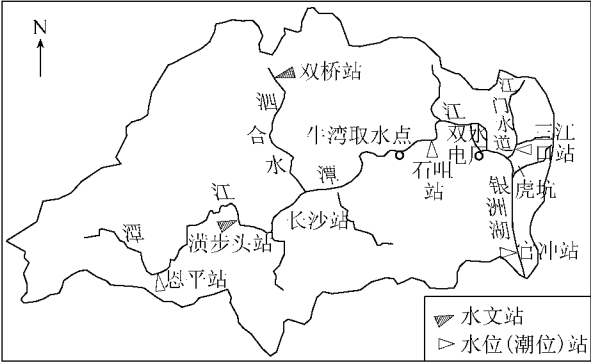


图1 潭江水文(水位)站点分布示意图

横步头水文站位于潭江上游恩平市境内,距离取水口约41.2km,有1957—1973年共16年的流量资料;双桥水文站位于潭江支流泗合水,该站有1958—1988年的实测流量资料。

潭江下游石咀潮(水)位站(取水口下游约7.5km)、三江口潮(水)位站和官冲站潮(水)位站为国

家基本潮位站,有长系列的潮位实测资料。

为建立一维河网水质数学模型,笔者收集了2005年珠江三角洲调水压咸中潭江石咀等站点和断面的同步测流和氯离子资料,和取水点对岸司前雅山自来水厂2004—2005年水质监测资料。为了更好地掌握取水口断面氯离子质量浓度变化情况,增强取水水质保证的分析可靠性,于2009年1月10日—3月10日对取水口断面的氯离子质量浓度等水质指标进行了监测,监测分每日4次进行。为了增强对比性,在潭江下游双水电厂位置进行同步监测。

# 2 一维河网水质数学模型

## 2.1 基本方程

控制方程为

$$\begin{cases} \frac{\partial Q}{\partial x} + B_T \frac{\partial Z}{\partial t} = q_1 \\ \frac{\partial Q}{\partial t} + 2u \frac{\partial Q}{\partial x} + (gA - Bu^2) \frac{\partial z}{\partial x} - \\ u^2 \frac{\partial A}{\partial x} + g \frac{n^2 |u| Q}{R^{3/4}} = 0 \end{cases} \quad (1)$$

式中: $Q$ 为流量; $Z$ 为水位; $R$ 为水力半径; $u$ 为流速; $q_1$ 为旁侧入流; $n$ 为糙率系数,可用谢才公式计算; $B_T$ 为包括主河道泄流宽度和仅起调蓄作用的附加宽度; $B$ 为过流河宽; $A$ 为过水面积; $g$ 为重力加速度; $x$ 、 $t$ 分别为空间和时间坐标。

河网节点还应满足下列流量连接条件和动力连接条件:

流量连接条件即进出每一节点的流量与该节点内的实际水量的增减率相平衡:

$$\sum_{i=1}^n Q_i = \frac{dw}{dt} \quad (2)$$

式中: $Q_i$ 为节点过流量; $i$ 为表示汇集于同一节点的各河道断面的编号; $w$ 为节点蓄水量。

若节点为无蓄水量的几何点,则 $w=0$ 。因此

$$\sum_{i=1}^n Q_i = 0 \quad (3)$$

动力连接条件取为

$$Z_k = Z_{k+1} \quad k = 1, 2, 3, \dots, k-1 \quad (4)$$

式中: $k$ 为节点分支; $Z_k$ 、 $Z_{k+1}$ 为各分支断面处的水位。

方程(1)~(4)构成一维河网数值计算的数学模型。

模型采用较为成熟、工程应用较多的一维河网三级解法求解。用Preissmann 4点加权差分格式离散圣维南方程组,该求解方法稳定性好,求解速度快,能适应单一河道及复杂河网的水流计算。

根据评价区域盐淡水混合特征,采用一维河道盐水对流扩散方程

$$\frac{\partial(A'S)}{\partial t} + \frac{\partial(Q'S)}{\partial x} = \frac{\partial}{\partial x} \left( A'D \frac{\partial S}{\partial x} \right) \quad (5)$$

式中:  $A'$  为河道断面面积,  $\text{m}^2$ ;  $Q'$  为断面平均流量,  $\text{m}^3/\text{s}$ ;  $D$  为纵向扩散系数;  $S$  为氯化物含量。

在河网区, 用数学模型方法计算咸淡水的交互情况时, 除了式(5), 尚有汉点处的盐量平衡条件和方程

$$\sum(QS) = 0 \quad (6)$$

边界条件为计算区域出入口断面的氯化物过程。河网盐水对流扩散方程采用有限控制体积法显式算法。

## 2.2 计算范围与河道概化

模型计算范围以潭江中游以下至崖门水道为主。由于取水点附近无水文站点, 仅上游横步头站有部分流量资料, 同时为模拟上游的淡水边界条件, 模型上边界取潭江石咀以上 41.2 km 处横步头站(基本不受咸潮影响), 其余边界为虎坑水道虎坑断面、江门水道三江口站和崖门水道官冲站, 见图 2。计算范围的河网概化为 6 个汉点、11 个河段, 共计 186 个计算断面。地形资料采用 1998 年汛后实测的河道地形, 其中, 公益站以上 35 km 河段因缺乏河道地形资料以公益断面地形为基础, 通过分析潭江河道平均河道坡降(约 0.005 ~ 0.03)按 0.01、0.025 和 0.05 的坡降进行分段概化。

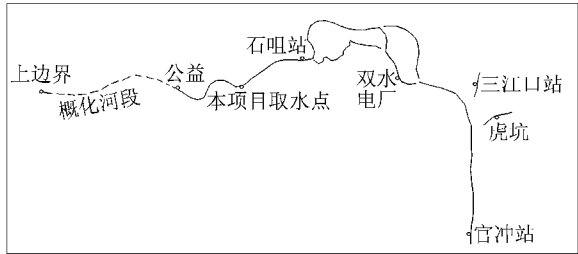


图 2 一维河网水质数学模型计算范围示意图

## 2.3 模型率定

### 2.3.1 率定资料

2002—2005 年, 由于降雨持续偏少, 广东省发生了严重干旱, 旱情从 2002 年开始, 一直持续到 2005 年春季时已达 50 年一遇旱情, 在 2005 年的 2 月份珠江三角洲地区普遍出现了咸潮上溯情况。为尽可能模拟咸潮影响情况, 本次采用 2005 年 1 月 18 日至 2 月 5 日的珠江流域调水压咸期间同步实测水文、水质资料对模型进行率定。

由于潭江石咀以上缺乏同步实测资料, 模型潭江上游边界取至石咀以上 41.2 km 处横步头站, 基本不受潮流影响, 因此氯离子质量浓度取 0; 上游来流量根据 2005 年 1—2 月同步测流期间潭江干旱情况的频率分析, 其中横步头站按相应的排频流量确定, 横步头站至取水点区间来流根据横步头流量按水文比拟法以集水面积折算至取水点进行折减估算,

最后结合模型反复试算进行修正。2005 年 1—2 月枯季珠江三角洲地区遭遇约 50 年一遇大旱年, 则上游枯水条件下设计频率约相当于  $P_{\text{来}} = 98\%$ 。在此情况下 1—2 月横步头站流量约  $0.31 \text{ m}^3/\text{s}$ , 横步头站集水面积约  $1341 \text{ km}^2$ , 取水点处集水面积约  $5074 \text{ km}^2$ , 按水文比拟法估算得  $P_{\text{来}} = 98\%$  情况下 1—2 月取水点平均流量约  $1.17 \text{ m}^3/\text{s}$ , 区间来流量  $0.86 \text{ m}^3/\text{s}$ 。在模型计算中, 区间来流量按平均汇流处理。

### 2.3.2 率定结果

经 2005 年 1—2 月同步实测资料率定, 得出本模型糙率分布大致为 0.015 ~ 0.03, 上游河段糙率较大, 口门段较小, 糙率分布基本合理。主要测站验证成果见表 1 和图 3 ~ 6。从表 1 和图 3 ~ 6 可见, 验证期流量及水位计算值与实测值基本吻合, 潮(水)位误差大部分在 10 cm 以内, 流量平均误差在 15% 以内。

表 1 枯水主要测站特征潮位验证成果  
(2005-01-18/2005-02-05)

| 潮(水)位率定 |       | 流量、流速率定 |      |
|---------|-------|---------|------|
| 测站      | 误差/cm | 测站      | 误差/% |
| 石咀      | 11.5  | 石咀      | 14.0 |
| 双水      | 9.0   | 官冲      | 8.55 |

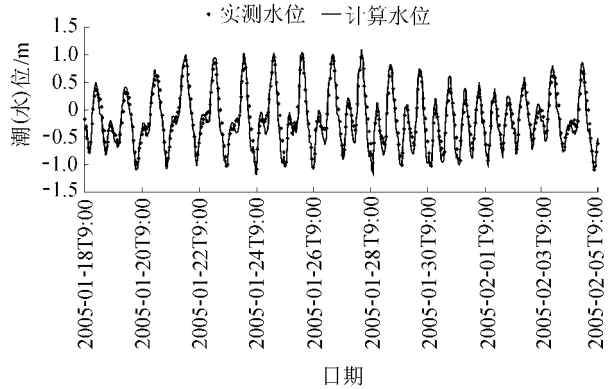


图 3 石咀站潮(水)位率定

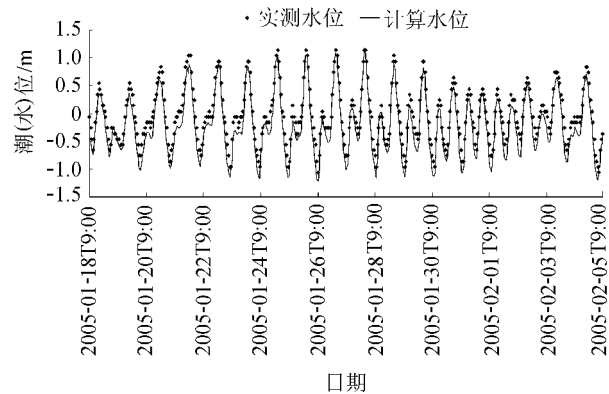


图 4 双水站潮(水)位率定

一维河网区氯化物模型中的主要参数为纵向扩散系数  $D$ , 多受流速、坡降、水深等因素的影响。经同步实测资料率定, 纵向扩散系数大致为  $10 \sim 50 \text{ m}^2/\text{s}$ , 模型计算结果与实测比较结果见图 7 和图 8。

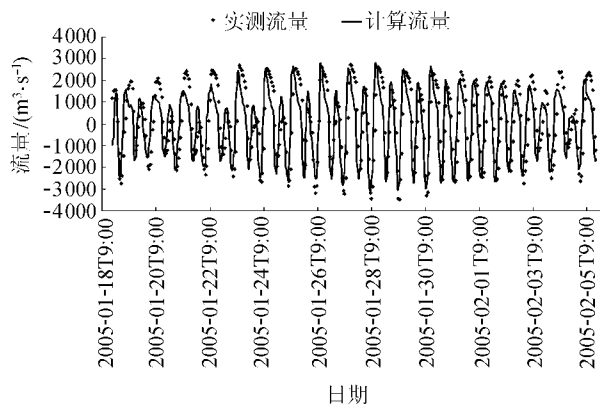


图5 石咀站潮流量率定

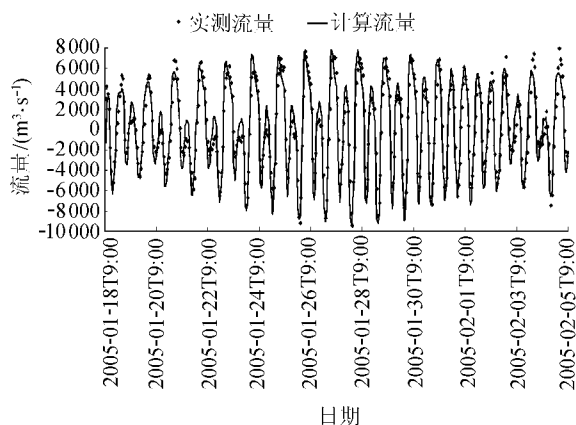


图6 官冲站潮流量率定

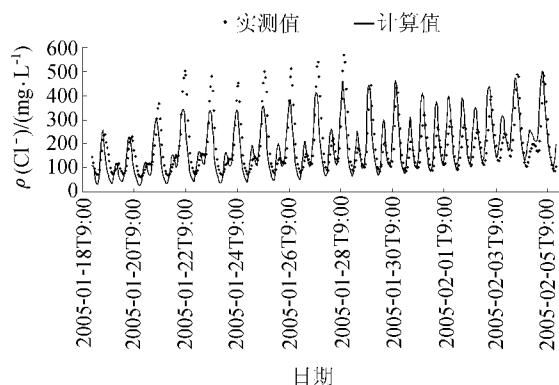


图7 石咀站氯离子质量浓度率定

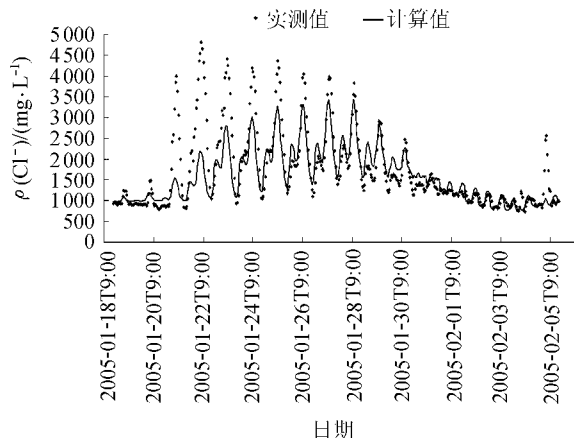


图8 双水站氯离子质量浓度率定

## 2.4 计算边界条件

潭江取水河段的水量由两部分组成,一部分是潭江上游来水,另一部分是由潮汐作用产生潮水量。由于取水河段附近缺乏水文水质资料,按上游设计枯水流量和下游实测潮位的水文组合边界,采用数学模型计算枯水条件下取水河段的水量和水质(氯离子浓度)情况。

### 2.4.1 水量可靠性计算

采用已建立的一维河网水质数学模型,按上游设计枯水流量组合下游同频潮位的水文边界推算取水口处水量。

根据潢步头站流量资料计算,取水点  $P_{\text{来}} = 90\%$  和  $P_{\text{来}} = 97\%$  最枯月设计流量分别为  $6.06 \text{ m}^3/\text{s}$  和  $2.33 \text{ m}^3/\text{s}$ 。2005 年 1—2 月枯季珠江三角洲地区遭遇约 50 年一遇大旱年 ( $P_{\text{来}} = 98\%$ ) 有一定的代表性,下游潮位采用 2005 年 1—2 月调水压咸同步测量官冲潮位站资料,按“接近多年平均高潮位和低潮位”原则选取大、小潮两个潮位过程,大潮过程为 2005-01-27T18:00/2005-01-28T18:00,小潮过程为 2005-01-31T21:00/2005-02-01T21:00。

### 2.4.2 水质可靠性计算

a. 上游潭江流量边界。潭江取水河道为咸潮上溯区,每年冬春季节,因上游径流量锐减,海水倒灌,河水含盐量显著上升。为反映冬春枯水季节取水河段河水氯离子浓度变化情况,以及了解咸潮可能影响的时段分布,根据取水保证率 ( $P_{\text{用}} = 97\%$ ),采用典型特枯年枯季来水情况模拟计算取水河段水质安全性。以潢步头站  $P_{\text{来}} \approx 97\%$  典型年枯季(1959 年 10—1960 年 4 月)实测日均流量过程按水文比拟法推算出上边界日均流量过程,再均化为逐时流量过程作为上游枯水流量边界。

b. 其余边界。由于缺乏 1959 年 10—1960 年 4 月下游官冲、三江口等站点同步实测氯离子资料,且 2005 年 1—2 月枯季珠江三角洲地区遭遇约 50 年一遇大旱 ( $P_{\text{来}} = 98\%$ ),珠江三角洲地区普遍出现了咸潮上溯情况。为配合数模计算的需要,下游潮位采用官冲站 2005 年 1—2 月同步实测潮位过程,循环重复使用。江门水道和虎坑水道边界流量采用 2005 年同步实测逐时流量过程,重复循环使用。

c. 水质(氯离子浓度)边界。潭江上游边界  $\alpha(\text{Cl}^-)$  取 0,其余边界  $\alpha(\text{Cl}^-)$  按 2005 年 1 月 18 日—2 月 5 日的实测值代入。

3 取水水源可靠性分析

3.1 水量可靠性分析评价

通过计算取水河段涨、落潮流量和设计水深分析水源水量的可靠性。

a. 取水口处设计枯水频率下水量。根据一维河网水流数学模型计算 ,上游设计枯水条件下取水河段涨、落潮量和涨、落潮平均流量结果见表 2 和表 3。

表 2 上游设计枯水条件下取水河段涨、落潮量 万 m³

| 设计频率         | 大潮过程    |         |        | 小潮过程    |         |         |
|--------------|---------|---------|--------|---------|---------|---------|
|              | 涨潮量     | 落潮量     | 净泄量    | 涨潮量     | 落潮量     | 净进量     |
| $P_{来}=90\%$ | 5784.49 | 6025.95 | 241.46 | 5278.61 | 5167.86 | 110.75* |
| $P_{来}=97\%$ | 5764.23 | 5982.94 | 218.71 | 5286.54 | 5142.53 | 144.01* |

注：\* 代表小潮过程出现涨潮量大于落潮量的情况 ,可能与取水口位于潮汐河道且属潮控区有关 ,对下游官冲、石咀站实测资料作分析 ,也存在类似现象。取水时段为最小月均值。

表 3 上游设计枯水条件下取水河段涨、落潮平均流量 m³/s

| 设计频率         | 大潮过程    |         | 小潮过程    |         |
|--------------|---------|---------|---------|---------|
|              | 涨潮      | 落潮      | 涨潮      | 落潮      |
| $P_{来}=90\%$ | 1642.39 | 1177.40 | 1430.52 | 1042.75 |
| $P_{来}=97\%$ | 1636.64 | 1167.63 | 1430.34 | 1038.89 |

注：取水时段为最小月均值。

根据表 2、表 3 可知 ,在设计频率  $P_{来}=97\%$  条件下 ,取水河段 1 d 的涨潮量为 5 286.54 万 ~ 5764.23 万 m³ ,涨潮流量平均值为 1 430.34 ~ 1636.64 m³/s ,落潮量为 5 142.53 万 ~ 5982.94 万 m³ ,落潮流量平均值为 1038.89 ~ 1167.63 m³/s。

取水口河段现状其他取水户包括司前雅山自来水厂等总共约 19.00 m³/s ,扣除现状取水流量后 ,项目取水流量占涨潮流量比例约 0.05% ~ 0.06% ,占落潮流量比例约 0.07% ~ 0.08% ,项目取水流量是可靠的。

b. 取水口处设计低潮位水深。根据数学模型计算结果统计 ,在设计频率  $P_{来}=97\%$  条件下 ,取水口断面大潮过程水深平均值约 8.55 m ,小潮过程水深平均值约 8.60 m ,最大水深分别为 13.71 m 和 13.78 m。

石咀站、官冲站位于取水口下游 7.5 km 和 48.8 km 处 ,按水面线衔接方法 ,根据两个潮(水)位站设计潮位成果推算出取水口河段  $P_{用}=1\%$  的设计最低潮(水)位为 - 2.06 m。在此潮位下 ,主河槽水深约有 12.9 m ,如取水口高程设置在 - 10 m ,取水口以上淹没水深约 8.0 m。

从取水水深结果看 ,项目取水是可靠的。

3.2 水质可靠性分析评价

a. 取水口河段实测氯离子质量浓度分析。取水口对面为新会司前雅山自来水厂 ,根据调查 ,司前

雅山自来水厂取水口位置 2004—2005 年潭江枯水期没有受到咸潮影响。2005 年 2 月 ,在珠江三角洲地区普遍出现了咸潮上溯情况下 ,司前雅山自来水厂检测到的氯离子质量浓度最大为 88.5 mg/L。

为了更好地掌握取水口断面氯离子变化情况 ,增强取水水质保证的分析可靠性 ,于 2009 年 1 月 10 日—3 月 10 日枯水期对取水口断面的氯离子质量浓度等指标进行了监测 ,为了增强对比性 ,在下游双水电厂位置进行同步监测。图 9 为两个断面逐日监测氯离子平均质量浓度变化过程。

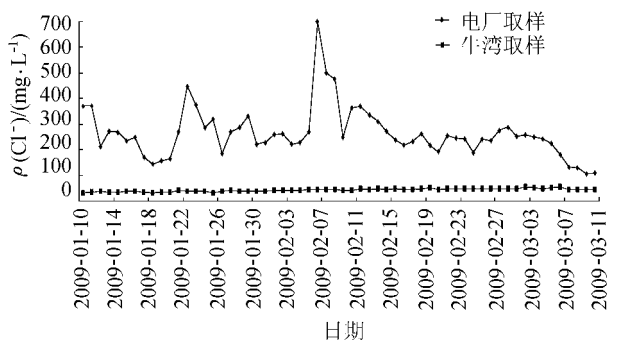


图 9 取水河段与双水电厂位置逐日氯离子质量浓度过程对比(2009-01-10—03-10)

由图 9 可知 ,双水电厂位置河段受下游咸潮影响较严重 ,氯离子质量浓度变化幅度较大 ,在 2009 年 2 月 6 日测得的  $\rho(\text{Cl}^-)$  高达 700 mg/L ,但取水河段  $\rho(\text{Cl}^-)$  一直较低(平均为 43 mg/L) ,且变化不大 ,在 2 月 6 日双水电厂位置氯离子质量浓度最高时 ,取水河段  $\rho(\text{Cl}^-)=43\text{ mg/L}$  ,水质受到下游咸潮影响不大。

b. 取水河段氯离子质量浓度模型计算结果分析。根据数学模型计算 ,上游  $P_{来}=97\%$  设计枯水条件下 ,对应典型年枯季(1959 年 10 月—1960 年 4 月)取水口断面氯离子质量浓度有 3 d(18 h)超标 , $\rho(\text{Cl}^-)_{\text{max}}=330.51\text{ mg/L}$ 。超过  $\rho=250\text{ mg/L}$  的 3 d 分别为 :1960 年 3 月 15 日超标 4 h ,最大超标值  $\rho=262.51\text{ mg/L}$  ,超标均值  $\rho=258.85\text{ mg/L}$  ,当天  $\rho(\text{Cl}^-)_{\text{均}}=138.15\text{ mg/L}$  ;1960 年 3 月 18 日超标 6 h ,最大超标值  $\rho=294.06\text{ mg/L}$  ,超标均值  $\rho=276.93\text{ mg/L}$  ,当天  $\rho(\text{Cl}^-)_{\text{均}}=143.76\text{ mg/L}$  ;1960 年 3 月 20 日超标 8 h ,最大超标值  $\rho=330.51\text{ mg/L}$  ,超标均值  $\rho=305.14\text{ mg/L}$  ,当天  $\rho(\text{Cl}^-)_{\text{均}}=176.96\text{ mg/L}$ 。

c. 水质可靠性分析建议。纸业基地造纸工业用水要求水体中  $\rho(\text{Cl}^-)_{\text{max}}<250\text{ mg/L}$ 。根据近年取水口对岸司前雅山自来水厂实测氯离子资料以及 2009 年 1 月 10 日—3 月 10 日取水口断面实测的氯离子资料 ,未发现取水口断面有氯离子超标的现象 ;根据数学模型计算成果 ,在设计频率(下转第 75 页)

涝站、圩管排涝站、外滩排涝站以及坝子窑泵站实施雨污分流,村镇生活污水进入管网,雨水通过泵站排放,建议实施七里河、城南河、朱家山河排污企业综合整治,限制上述河道排污总量,关停并转各类重污染企业,降低河道污染物浓度,建议对功能区内南京港二公司、南京港口机械厂、南京港第三港务公司、中铁大桥局第四工程有限公司的排污口远期进行合并,废污水进入集中处理设施后排入下一功能区。南京金银杏造纸厂近期暂不整治,远期建议关闭。

e. 针对长江南京大厂工业、渔业用水区(左岸)的水质情况和污染源现状,建议加强对中石化南京化学工业有限公司1~4号排口水质监测,提高厂区出水水质,文青排涝泵站排水可并入当地集中管网。

f. 总磷是饮用水水源地主要污染因子之一,2008年以来,除城南水厂断面总磷超标百分率较往年有所降低外,其余五大水厂断面总磷超标百分率均大幅度增加。建议加强沿岸工业企业达标排放管理,并实施雨污分流措施,减少未经处理、直接通过沿江排水泵站排入长江的生活污水及农业污水。

(上接第58页)  $P_{\text{来}} = 97\%$  典型年枯季情况下,仅3 d(18 h)超标,  $\rho(\text{Cl}^-)_{\text{max}} = 330.51 \text{ mg/L}$ 。建议在上游来水流量有所减少的情况下对取水水质进行监测,必要时对取水口附近氯离子1 d内分多时段进行监测,及时掌握取水水质(  $\rho(\text{Cl}^-)$  )的变化动态,合理调整取水时段,同时在集中处理水厂内设置足够的贮水设备,以满足氯离子超标时段纸业基地的用水需求。

4 结 语

a. 根据数学模型计算,在  $P_{\text{来}} = 97\%$  设计枯水条件下,工程取水河段来水量及取水水深均满足取水要求。

b. 取水河段仅在上游  $P_{\text{来}} = 97\%$  设计枯水遭遇下游典型大潮的情况下会出现短时段氯离子超标现象,在采取加强水质监测和调整取水时段等措施情况下,取水水质也可以满足取水要求。

c. 采用数学模型计算方法,可以在一定程度上解决取水河段流量、水位和水质资料缺乏的问题,为取水水源可靠性分析提供计算数据。

参考文献:

[1] 周克梅,陈卫,单国平等.南京长江水源突发性污染应急水处理技术应用研究[J].给水排水,2007,33(9):13-16.  
[2] 燕文明,刘凌.长江流域生态环境问题及其成因[J].河海大学学报:自然科学版,2006,34(6):610-613.  
[3] 周克梅,陈卫,单国平等.南京长江水源地污染预测及应对措施研究[J].给水排水,2007,33(8):36-39.  
[4] 陆燕宁.加强南京市饮用水源地水质安全的思考[J].黑龙江环境通报,2009,33(1):43-45.  
[5] 逢勇,赵棣华,姚琪等.长江江苏段区域供水水源地水质可达性研究[J].水科学进展,2003,14(2):184-188.  
[6] 方东,梅卓华,楼霄.长江南京段主要水源有机污染物的遗传毒性调查与研究[J].监测与研究,2000(1):44-52.  
[7] 丁仲平,景卫华,陈辉.长江南京段水功能区管理的若干思考[J].水电能源科学,2009,27(2):136-138.  
[8] 《水和废水监测分析方法》编委会.水和废水监测分析方法[M].4版.北京:中国环境科学出版社,2002.  
[9] GB3838—2002 地表水环境质量标准[S].

(收稿日期:2010-11-22 编辑:高渭文)

参考文献:

[1] 姬战生,孙映宏,何晓洪.杭州南沙平原河网新增取水口取水可靠性研究[J].水电能源科学,2008,26(3):113-115.  
[2] 李金燕,唐莲.电厂项目取水水源可靠性分析研究:以宁夏水洞沟电厂二期扩建工程为例[J].中国农村水利水电,2010(3):48-50.  
[3] 鞠贵权,赵广忠,何宇.松北热电厂建设项目取水水源分析[J].黑龙江水利科技,2007(1):101-102.  
[4] 余钢捷,侯俊平.某电厂水库取水的可靠性分析[J].给水排水,2005,31(12):51-53;  
[5] 杨柳俊.南通狼山水厂扩建工程取水水源地水质分析[J].水资源保护,2005,21(1):36-38.  
[6] 关佳南,殷丽萍.鹤岗发电厂二期工程取水水源论证[J].黑龙江水专学报,2005,33(1):51-53.  
[7] 王宏.江鑫铁矿新建项目取水水源地论证[J].地下水,2009,31(2):63-65.  
[8] 崔凤友.前进热电厂混合取水水源论证[J].黑龙江水专学报,2009,33(4):113-115.

(收稿日期:2010-12-03 编辑:高渭文)