

DOI :10.3969/j.issn.1004-6933.2011.06.006

咸潮影响下磨刀门水道取淡时机初探

孔 兰^{1,2},陈晓宏^{1,2},刘 斌³,陈栋为^{1,2},杜 建^{1,2}

(1.中山大学水资源与环境研究中心,广东 广州 510275;2.中山大学华南地区水循环和水安全广东普通高校重点实验室,广东 广州 510275;3.珠江水利委员会水文局,广东 广州 510611)

摘要 对磨刀门水道 2005—2010 年枯水期实测数据进行分析,提出“最早取淡日”和“最后取淡日”的概念,探讨潮周期最早取淡日与最大潮差日、最后取淡日与最小潮差日关系。结果表明:在枯水期,相对于最大潮差日,最早取淡日呈逐月向后推移的趋势,压咸流量一般应在潮周期最早取淡日之前 1 d 到达思贤癘;最后取淡日与最小潮差日关系较复杂,建议根据具体条件,调整压咸时机,压咸流量应在潮周期最后取淡日之前 2 ~ 3 d 到达思贤癘,并持续 2 d 左右。

关键词 磨刀门水道;咸潮;潮汐;取淡时机;珠江

中图分类号:TV213.4 文献标识码:A 文章编号:1004-6933(2011)06-0024-04

A preliminary study on fresh water extraction time under influence of salt tide in Modaomen Channel

KONG Lan^{1,2}, CHEN Xiao-hong^{1,2}, LIU Bin³, CHEN Dong-wei^{1,2}, DU Jian^{1,2}

(1. Research Center of Water resources and Environment, SunYat-sen University, Guangzhou 510275, China; 2. Key Laboratory of Water Cycle and Water Security in Southern China of Guangdong Higher Education Institutes, SunYat-sen University, Guangzhou 510275, China; 3. Hydrology Bureau of Pearl River Water Conservancy Commission, Guangzhou 510611, China)

Abstract: Based on analysis of the data measured in dry seasons from 2005 to 2010 in the Modaomen Channel, the concepts of the first day of fresh water extraction and the last day of fresh water extraction are proposed. The relationships between the first day of fresh water extraction and the day with the maximum tidal range, and between the last day of freshwater extraction and the day with the minimum tidal range, are discussed. The results show the following: According to the day with the maximum tidal range, the first day of fresh water extraction has a delaying trend month by month in dry seasons, and the runoff for salinity control should generally arrive at Sixianjiao the day before the first day of fresh water extraction in the tidal period. There is a complex relationship between the last day of fresh water extraction and the day with the minimum tidal range. It is suggested that the salinity control time should be adjusted according to the existing conditions, and the runoff for salinity control should arrive at Sixianjiao two or three days before the last day of fresh water extraction in the tidal period and last about two days.

Key words: Modaomen Channel; salt tide; tide; fresh water extraction time; Pearl River

咸潮又称咸潮上溯、盐水入侵等,是指沿海地区海水通过河流或其他渠道倒流进内陆区域后,水中的氯化物质量浓度达到或超过 250 mg/L 的自然灾害。也有学者认为,咸潮是指海洋大陆架高盐水团

基金项目:国家自然科学基金(50839005)、国家重点基础研究发展计划(973)(2010CB428405)、中山大学优秀研究生导师逸仙创新人才培养计划(2010)

作者简介:孔兰(1973—),女,山东曲阜人,博士研究生,主要研究方向为水资源与环境变异。E-mail:konglan2006@126.com

通讯作者:陈晓宏,教授。E-mail:eescxh@mail.sysu.edu.cn

随潮汐涨潮流沿着河口的潮汐通道向上推进,盐水扩散、咸淡水混合造成上游河道水体变成的现象^[1]。咸潮上溯是河流入海口的一种自然现象,在我国长江三角洲及珠江三角洲河口区枯季也有发生^[2-6]。20 世纪 90 年代以来珠江三角洲河口区咸潮上溯增强趋势明显,已对居民生活用水、农业用水、城市工业用水等带来严重影响^[7-9]。2003 年末,咸潮提前袭击珠海,持续 7 个多月,影响中山、珠海等地区供水。2004 年 10 月,大旱导致海水倒灌,咸潮持续时间超过 5 个月,影响珠江三角洲 1 000 多万人的饮水。2005 年初,珠江河口及广东沿海出现强咸潮,国家防总实施了珠江压咸补淡应急调水工程。2009—2010 年枯水期磨刀门水道发生了具有“出现早”、“来势猛”、“影响大”特征的强咸潮,水利部门实施集中补水多达 9 次,此次枯水期水量调度是珠江防总成功开展 5 次流域调度以来最为艰难的一次。国内外许多学者已对珠江三角洲咸潮上溯的机理、分类、特征和模拟方法进行研究^[10-12]。为了抑制咸潮上溯,保障珠江三角洲城乡供水安全,近几年对于压咸流量、压咸时机也有不少研究成果^[13-16]。为珠海、澳门等地区供水的取水口主要分布在磨刀门水道,枯水期上游流量减少等原因导致咸潮上溯覆盖许多沿江取水点,从而影响供水。目前,澳门、珠海枯水期供水的主力泵站为磨刀门水道平岗泵站,笔者在对大量实测数据进行统计分析的基础上,对咸潮影响下的取淡时机作初步探讨。准确掌握取淡时机,对实施压咸补淡时节省宝贵的压咸水资源量、延长取淡时间等具有重要参考意义。

1 研究区概况

磨刀门是珠江三角洲八大出海口门之一(图 1),位于珠江口的西南部,是西江主要的泄洪输出口



图 1 磨刀门水道位置示意图

口,径流作用较强。磨刀门宣泄西江的径流约占珠江径流量 3 360 亿 m^3 的 28%,占西江径流量的 33%,山潮比为 5.78。磨刀门的潮差最大为 2.29 m,平均为 0.86 m,是珠江各口门中最小者。枯水期潮流上溯至三榕峡附近,汛期潮流界则在口门附近,属于以径流作用为主的弱潮口门^[10]。磨刀门水道是澳门、珠海、中山等地区的主要水源地。近年来该水道枯季咸潮频繁发生,形成“咸害”,导致供水形势十分严峻。

2 咸潮影响下的取淡时机分析

水资源的用途不同,对水质标准的规定也不同。根据我国 GB 3838—2002《地表水环境质量标准》和 CJ 3020—1993《生活饮用水水源水质标准》,饮用水的氯化物质量浓度不能超过 250 mg/L ,若咸潮上溯使水源地水质中的氯化物质量浓度超过 250 mg/L 就将影响供水。依据径流-咸潮响应的模式,进行流域调水压制咸潮是保障供水的重要手段之一。有学者已经定义“最佳调水压咸时机”为在相同流量条件下,取水点咸情对流量最敏感且对不利气象条件最不敏感的时段,不同取水点对流量的敏感时段和对不利气象条件不敏感的时段不同,并指出平岗泵站、联石湾水闸农历初一至初八、十六至二十三为最佳调水压咸时机^[14]。笔者提出了“最早取淡日”和“最后取淡日”的概念。最早取淡日是指咸潮影响区水源地水质在全天超标之后的具有达标时间(氯化物质量浓度不超过 250 mg/L)的第 1 日;最后取淡日是指咸潮影响区水源地水质在全天超标之前的具有达标时间(氯化物质量浓度不超过 250 mg/L)的最后 1 日(图 2)。笔者用的最大潮差日、最小潮差日是指 1 个潮周期内具有最大潮差、最小潮差的日期,如图 2 中,11 月 13 日、11 月 26 日、12 月 13 日属于最大潮差日,11 月 5 日、11 月 20 日等为最小潮差日。沈焕庭等^[2]认为,河口盐度除受控于径流外,潮差是河口

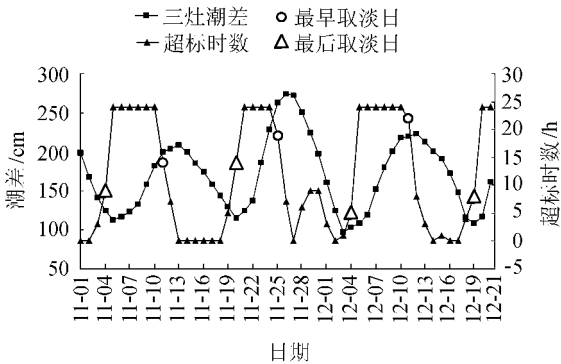


图 2 平岗泵站最早、最后取淡日与三灶站最大、最小潮差日关系

盐度变化的主要影响因素之一。研究样本选取压咸期流量低于 3 000 m³/s ,以一个完整的潮周期为时段、最早取淡日或最后取淡日为样本 ,对最早取淡日与最大潮差日、最后取淡日与最小潮差日的时距进行统计分析 ,寻找规律 ,并以此判断压咸取淡时机。

表 1 统计了 2005—2010 年枯水期共 24 个有效样本(具有最早取淡日的样本为有效样本) ,样本主要集中在农历十一月和腊月 ,样本量占 63% ,其次是十月和正月 ,样本量占 25% ,最少的八月和九月只占 12% ;从样本取淡日相对于最大潮差日关系的分布上 ,75% 的样本点集中在较最大潮差日提前 1 d、2 d 和当日 ,其余对应日期的样本数较少 ;农历八月至正月 ,相对于最大潮差日 ,最早取淡日呈逐月向后推移的趋势 ,八月为提前 4 d ,九月为提前 3 d 和推后 1 d ,十月为提前 1 d ,十一月为提前 2 d、1 d 和当日 ,腊月提前 2 d 和 1 d ,正月为推后 1 d 和 2 d。

一般在每次最大潮差出现的前 2 d 左右 ,平岗最大盐度就开始下降 ,即咸峰早于潮峰 ,此时应加大上游来水量 ,缩短平岗泵站由咸转淡的时间。建议根据不同月份的最早取淡日与最大潮差日的关系 ,适当调整压咸(压头或打头)时机。压咸流量应在潮周期最早取淡日之前 1 d 到达思贤癘 ,农历十月至腊月弱潮周期应在最大潮差日前 2 d 开始压咸 ,农历九月可再提前 1 d。

表 1 平岗泵站潮周期最早取淡日与最大潮差日关系统计

农历月份	样本数	提前 4 d	提前 3 d	提前 2 d	提前 1 d	当日	推后 1 d	推后 2 d
八月	1	1						
九月	2		1			1		
十月	3				2		1	
十一月	8			2	4	2		
腊月	7			3	3	1		
正月	3		1				1	1

注 :样本数选取条件为压咸期流量低于 3 000 m³/s ,最早取淡日期之前存在全天超标情况 ;表中“提前 4 d”等指的是相对于最大潮差日。

表 2 统计了 2005—2010 年枯水期共 26 个有效样本(具有最后取淡日的样本为有效样本) ,样本主

表 2 平岗泵站潮周期最后取淡日与最小潮差日关系统计

农历月份	样本数	提前 2 d	提前 1 d	当日	推后 1 d	推后 2 d	推后 3 d
八月	1	1					
九月	3	1		2			
十月	6		2	3	1		
十一月	8		4	2	1	1	
腊月	5	3	1		1		
正月	3				1	1	1

注 :样本数选取条件为压咸期流量低于 3 000 m³/s ,最后取淡日后存在全天超标情况 ;提前 2 d”等指的是相对于最小潮差日。

要集中在农历十月、十一月和腊月 ,占样本总数的 73% ;从样本最后取淡日相对于最小潮差日关系的分布上看 ,样本点集中在较最小潮差日提前 1 d、2 d、当日和推后 1 d ,占样本总数的 88% ,其余对应日期的样本数很少 ;从农历八月至正月 ,潮周期最早取淡日相对于最大潮差日呈逐渐向后推移的趋势(表 1) ,但表 2 中类似变化趋势较复杂 ,经过样本分析 ,趋势不明显的主要原因是咸潮由弱转强期对强风等不利气象条件比较敏感^[17]。

一般在最小潮差出现的前 1~2 d ,若上游来水量较小 ,则在极短的时间内咸水就会占领平岗附近河段 ,若适当加大上游来水 ,则可延迟咸潮上溯 ,延长平岗泵站的取水时间。建议根据不同月份最后取淡日与最小潮差日的关系以及气象条件 ,调整压咸(压尾)时机。一般为了提高最后取淡日前后的取淡几率 ,压咸流量应在潮周期最后取淡日之前 2—3 d 到达思贤癘 ,并持续 2 d 左右。

自 2004 年 ,珠江防总、珠江水利委员会连续 6 年成功实施了水量调度 ,特别是 2009—2010 年枯水期 ,江河来水出现枯水到特枯年景 ,骨干调度水库蓄水严重不足 ,而咸潮一反常态 ,呈现出出现早、强度大、不间断的态势 ,供水形势非常严峻。两部门始终坚持“确保供水 ,兼顾其他”的调度原则 ,按照“前蓄后补”的总体思路进行水量分配 ,灵活运用“避涨压退”、“动态控制”、“打头压尾”等调度技术 ,实施科学调度 ,将有限的水资源用活 ,确保珠海、澳门等地区供水安全总体目标的实现。通常每次最大潮差出现的前 2 d 左右 ,平岗泵站最大氯化物质量浓度开始下降 ,即咸峰早于潮峰(图 3) ,此时加大上游来水量 ,加快平岗泵站水体由咸转淡 ,最小潮差出现的前 2—3 d ,适当加大上游来水 ,可延长平岗的取水时间^[18](图 4、图 5)。从近几年的调水实践来看 ,该研究具有重要的参考意义。

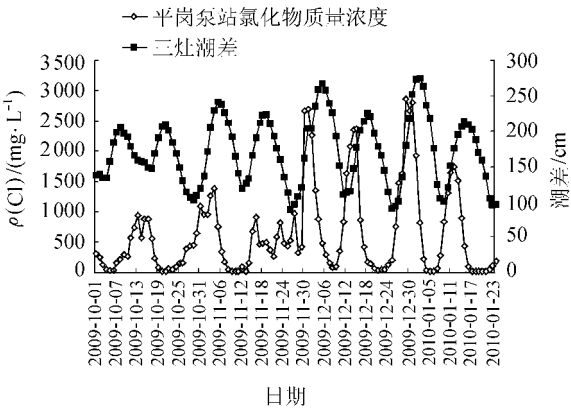


图 3 平岗泵站氯化物质量浓度与三灶潮差对比

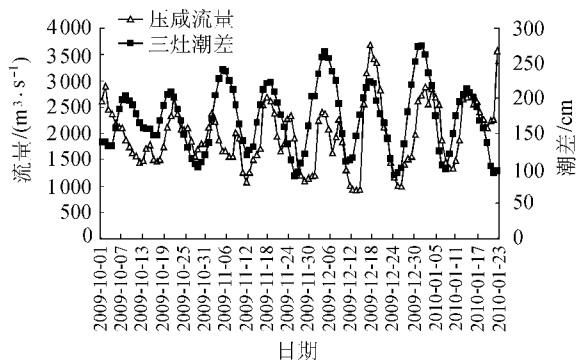


图4 压咸流量与三灶潮差对比

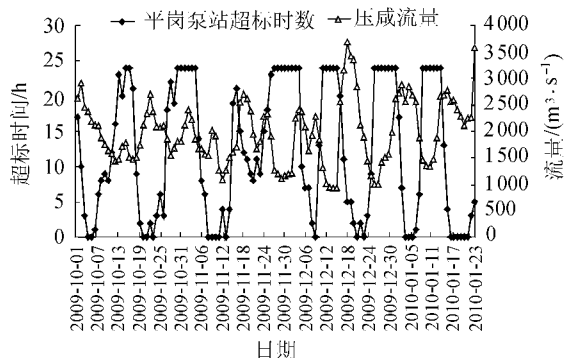


图5 压咸流量与平岗泵站超标时间对比

3 结论与讨论

提出了“最早取淡日”和“最后取淡日”的概念，利用 2005—2010 年枯季咸潮数据进行分析，探讨了取淡时机规律。研究显示：农历八月至正月，相对于最大潮差日，最早取淡日呈逐月向后推移的趋势，建议压咸流量应在潮周期最早取淡日之前 1 d 到达思贤滘，农历十月至腊月弱潮周期应在最大潮差日前 2 d 开始压咸；最后取淡日与最小潮差日关系较复杂，建议根据不同月份最后取淡日与最小潮差日的关系以及气象条件，调整压咸时机，压咸流量应在潮周期最后取淡日之前 2~3 d 到达思贤滘，持续 2 d 左右。咸潮强度与径流、潮汐、风、波浪、河道地形、海平面、拦门沙等影响因子有关，磨刀门水道咸潮上溯机理复杂。由于咸情监测数据还比较缺乏，笔者只是在有限的统计时间段内，尽量收集更多的有效样本对咸潮影响区水资源的取淡时机做尝试性探索，以期对珠江流域枯水期的水量调度及澳门、珠海、中山等地区的供水安全保障提供参考。

参考文献：

[1] CHEN X, ZONG Y. Major impacts of sea level rise on agriculture in the Yangtze delta area around Shanghai[J]. Applied Geography, 1999, 19(1): 69-81.

[2] 沈焕庭, 茅志昌, 朱建荣. 长江河口盐水入侵[M]. 北京: 海洋出版社, 2003.

[3] 茅志昌, 沈焕庭, 徐彭令. 长江河口咸潮入侵规律及淡水资源利用[J]. 地理学报, 2005, 55(2): 243-250.

[4] 陈水森, 方立刚, 李宏丽, 等. 珠江口咸潮入侵分析与经验模型: 以磨刀门水道为例[J]. 水科学进展, 2007, 18(5): 751-755.

[5] 朱三华, 沈汉, 林焕新, 等. 珠江三角洲咸潮活动规律研究[J]. 珠江现代建设, 2007(6): 1-7.

[6] 吴继伟, 刘新成, 潘丽红. 长江口北支咸潮倒灌控制工程水动力数值模拟[J]. 水利水电科技进展, 2006, 26(4): 43-45.

[7] 王津, 陈南, 姚泊. 珠江三角洲咸潮影响因子及综合防治综述[J]. 广东水利水电, 2006(4): 4-8.

[8] 刘俊勇, 张云, 崔树彬. 一维潮流与含氯度耦合数学模型及其应用[J]. 水资源保护, 2006, 23(3): 6-10.

[9] 彭静, 王浩, 徐天宝. 珠江三角洲的经济发展与水文环境变迁[J]. 水利经济, 2005, 23(6): 5-7.

[10] 闻平. 珠江三角洲咸潮入侵机理研究[D]. 广州: 中山大学, 2006.

[11] 刘德地, 陈晓宏. 基偏最小乘回归与支持向量机耦合的咸潮预报模型[J]. 中山大学学报: 自然科学版, 2007, 46(4): 89-92.

[12] 吴小明, 邓家泉, 吴天胜, 等. 珠江河口大型潮汐整体物理模型设计与应用[J]. 人民珠江, 2007(6): 14-16.

[13] 闻平, 陈晓宏, 刘斌, 等. 磨刀门水道咸潮入侵及其变异分析[J]. 水文, 2007, 27(3): 65-67.

[14] 刘斌, 翁士创, 闻平, 等. 咸潮分析评价方法与预测预报技术的探索与应用[J]. 人民珠江, 2007(6): 14-15.

[15] 尹小玲, 张红武, 方红卫. 枯季磨刀门水道咸潮活动与压咸控制分析[J]. 水动力学研究与进展: A 辑, 2008, 23(5): 554-559.

[16] 刘志敏, 黄国如, 高时友. 珠江河口压咸补淡枯季调水的物理模型研究[J]. 人民珠江, 2009(2): 27-28.

[17] 刘雪峰, 魏晓宇, 蔡兵, 等. 2009 年秋季珠江口咸潮与风场变化的关系[J]. 广东气象, 2010, 33(2): 11-13.

[18] 谢志强, 孙波. 2009—2010 年珠江枯水期的水量调度[J]. 中国防汛抗旱, 2010, 20(2): 13-16.

(收稿日期 2011-02-20 编辑 徐娟)

(上接第 23 页)

[17] 郝足青. 莱州市王河地下水库效益分析[R]. 北京: 中国水利水电科学研究院水资源研究所, 2004.

[18] 李文明. 山东水文调查有重要发现, 烟台三处宜建地下水库[EB/OL]. [2010-02-10]. http://www.shm.com.cn/newscenter/2010-02/10/content_2839886.htm.

[19] Committee on USGS Water Resources Research, Water Science and Technology Board, National Research Council. Investigating groundwater systems on regional and national scales[M]. Washington D C: National Academy Press, 2000.

(收稿日期 2010-07-28 编辑 彭桃英)