

# 芜申运河开通对固城湖水量影响分析

龚来存<sup>1</sup>, 周 毅<sup>2</sup>, 于飞龙<sup>1</sup>, 李香华<sup>1</sup>, 陈文权<sup>1</sup>, 刘 森<sup>2</sup>

(1.江苏省水文水资源勘测局南京分局,江苏 南京 210008; 2.江苏省水文水资源勘测局,江苏 南京 210008)

**摘 要:**芜申运河是重要的省际干线航道,规划对其整治达到三级航道标准后通航,而芜申运河通航需要固城湖上的通航河道开闸。固城湖为重要的饮用水源地,开闸通航对固城湖水量影响较大。通过建立模型计算得出,每天开闸 10 次固城湖水量损失约为  $1.71 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{年}$ ,每天开闸 20 次水量损失约为  $2.87 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{年}$ ;而固城湖的常态水位为 9.5m,相应库容为  $1.28 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,通航对固城湖水量的年损失量占到了固城湖常态水量的 1.34~2.24 倍左右。如果开闸 20 次,固城湖需要外调补水以保证水量满足用水需求。经计算,在 90%、75%、50% 的降水保证率下,需要外调补水保证量达  $0.64 \times 10^8$ 、 $0.61 \times 10^8$ 、 $0.12 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{年}$ ,占固城湖常态库容的 50%~9%。

**关键词:**芜申运河;固城湖;水量

中图分类号:P333.1

文献标识码:A

文章编号:1000-0852(2017)04-0062-06

## 1 前言

芜申运河的整治开通,对提升航道的运输效益、实现江河干支直达、减少中间环节、降低损耗具有重要意义,同时也对加快泛长三角区域交通一体化建设、加强中西部地区与长三角地区的联系、促进泛长三角地区的产业分工与合作、加快区域经济发展具有积极作用<sup>[1-4]</sup>。但是,航道通航也将对沿线水系及水利治理产生一定的影响<sup>[5-6]</sup>。由于芜申运河高淳段现状的特殊性(固城湖两头有闸门控制,固城湖水位高,通航河道水位低),芜申运河通航后必将对固城湖水量产生较大影响,进而影响其作为水源地的水体功能。本文通过对芜申运河通航后固城湖水量损失的分析计算,确定航道通航对其水量的影响程度,对水利部门提前采取必要的工程或非工程措施,以缓减航道通航对水源地水量损失的影响,具有一定的参考和借鉴意义。

## 2 研究区域概况

芜申运河位于长江三角洲河网地区,全长 306.7km,横跨安徽、江苏、上海两省一市,是重要的省际干线航道。芜申线高淳段(见图 1)为芜申运河江苏段的一部分,长约 61km,其中约有 8km 经由固城湖湖

区,其余经官溪河和胥河。

芜申线高淳段现状为等外级航道,规划在十三五期间通过整治基本达到三级航道标准,届时来自安徽和长江中上游地区转移和增加的运量将有较大幅度增长。由于芜申运河高淳段为中间高(固城湖水位高)、两头低(官溪河、胥河闸下水位较低),大多数情况下,船闸过船时均为固城湖出流,会造成固城湖水量损失。而固城湖是高淳区最主要的饮用水源地,具有保障饮用水源供给,调蓄河湖水量、防洪保安、河湖通航、水产养殖、景观旅游,以及维护生态平衡、改善水环境质量等多种功能,芜申运河开通后造成固城湖

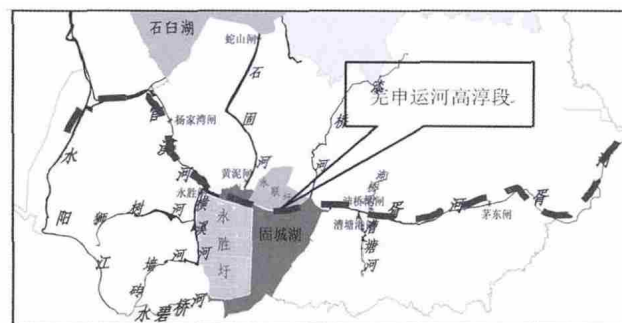


图 1 芜申运河高淳段周围水系情况

Fig.1 The water system of the Gaochun reach of the Wuhu-Shanghai canal

收稿日期:2016-07-06

作者简介:龚来存(1963-),男,江苏盐城人,高级工程师,主要从事水文分析计算和水环境评价工作。E-mail:651599676@qq.com

水量损失将对固城湖的水体功能产生较大影响,因此须对水量的损失进行分析计算,以确定航道开通对固城湖水量的影响程度。

3 数据来源与计算方法

3.1 数据来源

文中水文资料均来源于江苏省水文水资源勘测局南京分局的历史水文实测数据。

3.2 计算方法

航道开通后对湖泊水量的影响主要为通航河道开闸的水量损失。湖泊的水量损失的大小主要受出湖河道上船闸上下游水位差的影响,水位差越大,水量损失越大。

(1)选取降水量典型年。用适线法<sup>[7-8]</sup>选取3种典型年(50%,75%,90%)的降雨量,并将此3种典型年的逐日降雨量作为降水补给量参与湖泊库容的调蓄计算,并将此3个典型年所对应的河道逐月平均水位作为船闸通航时的下游水位,依据湖泊水位与下游水位的差作为通航时上下游的水头,并以此计算出通航一次的损失水量。

(2)统计其他对湖泊库容影响较大的出入水量。主要包括农业取水量、饮用水取水量以及渔业用水等,对于固城湖,其周边圩区蟹塘引排水应予以考虑。统计的水量平均到每一天,参与湖泊库容的调蓄计算。

(3)对湖泊库容进行调蓄计算。长江中下游地区,每年6~8月份,湖泊水量相对较为充分,不存在补水的问题;在9月到次年5月份,水量补给相对较小,作为水源地,通航损失水量过多有可能导致湖泊水位低于旱限水位,因此对该时段进行调蓄计算,求出在通航且保证湖泊水位不低于旱限水位情况下需要外部向湖泊补给的水量。

经过上述3个步骤,便可得出通航一年的损失水量和正常通航且保证固城湖水位不低于旱限水位时的外调水量。

4 水量损失计算模型及计算

4.1 固城湖水位分析

4.1.1 固城湖历年最高水位

2000年以后,随着水阳江治理工程的开工建设和

投运,固城湖水位更多地受人为控制,很少出现11m以上的水位。据固城湖代表站高淳水文站的资料显示,2000~2012年,仅有3年的最高水位超过了10m,详见表1。

固城湖的主汛期在每年的6~8月,由于闸坝的控制,期间固城湖的常年最高水位基本稳定在9.5m左右,故固城湖的水头在主汛期期间可按此进行计算。进入9月份以后至次年5月份,由于降水补给相应较少,可按9.5m为初始水位进行计算,然后按照水量平衡分析得出月末固城湖的水位,即下月初固城湖水位,最后依次进行计算可得出每月月初固城湖水位。

固城湖的区域集水面积为454km<sup>2</sup>,径流系数0.33<sup>[9]</sup>,据高淳站1921~2012年降雨量统计资料可知,固城湖的年平均降水量为1197.7mm,按50%,75%,90%的不同保证率下,固城湖降水量的不同,分别求出通航所造成的损失水量。

4.1.2 固城湖主要取用水户

根据统计资料,固城湖取用水大户主要有两块:农作物用水量 and 养殖用水量。由于农作物用水量以水稻用水居多,水稻生长期需水时段为每年的5~9月,为汛期,用水对固城湖水位的下降影响甚微,而其他农作物用水比例较小,加之雨季塘坝的截留蓄水使用,用水对固城湖水位的变化影响也不大。因此本文水量损失计算不考虑农业取水量问题。

其次为养殖用水,据统计,直接从固城湖引水进行螃蟹养殖的面积平均有8.27×10<sup>4</sup>亩。根据有关研究结论<sup>[10]</sup>,蟹塘养殖在每年4月、5月从固城湖引水,保持水深0.3m,共计1654×10<sup>4</sup>m<sup>3</sup>,该水量占到了固城湖常态库容(9.5m时固城湖的库容为1.28×10<sup>8</sup>m<sup>3</sup>)的13.0%。而且在每年11月和12月,蟹塘尾水(包括蟹塘引水之前积蓄的水量)全部排入固城湖,排水量约0.3×10<sup>8</sup>m<sup>3</sup>,该水量占到了固城湖常态库容的23.4%。由于蟹塘养殖补水水量较大,而且集中在枯水月份,因此,在本文的水量损失计算中须予以考虑。

4.2 数量损失计算模型的构建

一次开闸所造成的水量损失V<sub>航</sub>可由下式计算。

$$V_{航}=L \times D \times (H-H_1)+L \times D \times (H-H_2) \tag{1}$$

表1 2000~2012年固城湖最高洪水位统计表

Table1 The statistics of the highest flood water levels in the Gucheng lake from 2000 to 2012

年份	水位/m	年份	水位/m	年份	水位/m	年份	水位/m	年份	水位/m	年份	水位/m	年份	水位/m
2000	9.24	2001	9.07	2002	10.64	2003	10.64	2004	9.01	2005	10.19	2006	8.64
2007	9.58	2008	9.27	2009	9.97	2010	11.66	2011	10.24	2012	10.37	2013	10.03

式中: $L$ 和 $D$ 分别为船闸闸室的长度和宽度; $H_1$ 和 $H_2$ 分别为两条通航河道闸下水位; $H$ 为湖泊水位。

根据芜申运河线高淳段航道货运量的预测,到2020年货运量将达到 $9\,500\times10^4\text{t}$ ,折合到每天约开闸20次;考虑到货运量是个逐渐增长的过程,运营初期开闸次数不会达到每天20次,因此根据当前芜申运河航线的船舶通航量,运营初期按每天开闸10次进行水量损失计算。一次开闸所造成的损失水量,与每日开闸次数相乘,即可得出每日通航损失水量,累加即可得出每月以及全年的通航损失水量。

根据船闸资料可知,闸室长 $L$ 为230m,闸室宽 $D$ 为23m, $H_1$ 和 $H_2$ 分别为通航河道闸下游水位,根据历年水文资料统计分析可以得出不同保证率下的河道闸下游月平均水位。

固城湖的水位 $H$ 的确定相对较为复杂,可分为丰水期和枯水期进行分别计算:

(1)在6~8月份,降雨补给比较多,固城湖的水位基本稳定在9.5m左右,故在此期间固城湖的水头可按9.5m进行计算。

(2)在9月到次年5月,由于降水补给相应较少,水位变化相对较大,可按9.5m为初始水位进行调蓄计算(即9月1日固城湖水位),然后按照水量平衡分析得出第二天固城湖库容 $V_{\text{末}}$ 。

$$V_{\text{末}}=V_{\text{初}}+V_{\text{降水补给量}}-V_{\text{通航损失水量}}+V_{\text{其他}} \tag{2}$$

$$V_{\text{降水补给量}}=S\times P\times\alpha \tag{3}$$

式中: $V_{\text{末}}$ 为固城湖当天调蓄结束后的库容; $V_{\text{初}}$ 为当天的初始库容; $V_{\text{降水补给量}}$ 为固城湖降水补给量; $V_{\text{通航损失水量}}$ 为通航损失水量; $V_{\text{其他}}$ 为其他因素对固城湖库容造成变化的水量; $S$ 为固城湖的汇水面积,为 $454\text{km}^2$ ; $P$ 为不同保证率下固城湖的每月月平均降水量; $\alpha$ 为固城湖多年平均径流系数,取0.33。

通过上式可以得出第二天固城湖的库容,然后通过水位库容曲线可查得第二天的固城湖初始水位,便可按照该水位对第二天的通航损失水量进行计算,累

加即可得出固城湖通航一年损失水量。

另外,在湖泊水位低于旱限水位时,需从外向湖泊补水,外调补充水量计算主要运用反推法和试错法。假定2月1日湖泊库容为 $V$ ,相应的水位为 $H$ ,经过调蓄计算后得出第二天的水位低于旱限水位,那么将原水位 $H$ 增加0.01m,再次进行调蓄计算,如果调蓄计算后的水位仍然低于旱限水位,那么继续增加0.01m,直至调蓄计算后的水位不低于旱限水位为止,设调整后的水位为 $H_{\text{调}}$ ,通过湖泊水位库容曲线查得相应水位下的库容为 $V_{\text{调}}$ ,则 $V_{\text{调}}$ 与 $V$ 之差便为当天需要外调的补水量。

4.3 模型资料

4.3.1 降雨资料

根据高淳站的历年降水量资料(1951~2013年),通过适线法可得出年降水保证率分别为50%、75%、90%的典型年,典型年的日降雨量将作为固城湖的降水补给量参与固城湖的调蓄计算。经过计算可知,三种保证率的典型年分别为1985年、2001年和1997年,统计资料如表2所示。

4.3.2 官溪河杨家湾闸闸下月平均水位

表2 不同频率下固城湖年降水量  
Table2 The annual rainfall in the Gucheng lake basin under different insurance rates

降水保证率	实际保证率	年降雨量/mm	典型年
50%	50.79%	1 184.6	1985
75%	73.02%	1 059.3	2001
90%	90.48%	965.7	1997

官溪河下游为丹阳湖。杨家湾闸(闸下)站水位为丹阳湖高淳段水位代表站,水位测验资料起始于1976年5月。根据丹阳湖杨家湾闸(闸下游)站历年月水位统计资料,可查得典型年1985年、2001年和1997年杨家湾闸站(闸下)逐月平均水位,统计数据如表3所示。

4.3.3 胥河茅东闸闸下月平均水位

表3 不同保证率下的杨家湾闸闸下游月平均水位(m)  
Table3 The monthly mean water levels in the downstream of the Yangjiawan gate under different insurance rates

保证率	月份											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
50%	4.92	5.15	6.80	6.74	6.61	7.63	8.57	7.81	7.43	7.71	6.61	5.79
75%	4.67	4.73	5.43	5.71	6.30	6.77	8.79	9.26	7.21	6.17	5.36	6.13
90%	5.80	6.16	5.53	5.45	7.04	7.14	8.00	7.63	7.59	6.95	5.77	5.43

茅东闸水位站建于 1950 年 8 月,由于种种原因导致闸下水位资料不全,目前仅有茅东闸闸下 1951~1966 年的水位资料。为使茅东闸闸下水位资料满足本文分析计算需要,采用线性相关法进行插补延长。

南渡站位于胥河下游,距茅东闸水位站 28km,水文资料较全,可作为邻近参考站。点绘两站 1951~1966 年 1 月份的月平均水位的资料,用最小二乘法得出两者的直线回归方程,给定显著性水平 $\alpha=0.05$ ,查表可知 $r_{\alpha}=0.45$ ,而所得的直线回归方程的相关系数 $r=0.69>r_{\alpha}$ ,因此可用得出的回归方程进行计算。依次按照此法便可求出两站其他月份的线性回归方程。

选取南渡站典型年 1985 年、2001 年和 1997 年的逐月平均水位,再根据求出的每个月月平均水位的线性回归方程和南渡站典型年的逐月平均水位,可得出茅东闸闸下游典型年的逐月平均水位,如表 4 所示。

4.3.4 蟹塘养殖引排水量

固城湖螃蟹养殖遵循高淳当地螃蟹养殖的技术规范:《中华绒螯蟹 固城湖大闸蟹增养殖技术规范》(DB32 01/T005-2002)和《地理标志产品 固城湖螃蟹》(DB32/T1234-2008),属生态养殖。正常养殖过程中,各池塘仅引水,不排水。

具体水位调控原则为:5 月上旬前保持水位 0.3~0.6m,7 月上旬前保持水位 0.8~1.0m,7 月上旬后保持水位 1.0~1.5m,9 月中旬开始捕捞,11 月中旬开始排水。因此 11 月中旬后是固城湖周边圩区蟹塘集中排水

阶段,一般至 12 月底排水全部结束。

根据相关研究报告<sup>[9]</sup>,在 2010~2012 年 11 月和 12 月,通过圩区泵站抽排直接进入固城湖的养殖废水水量平均值为 $3\,006\times10^4\text{m}^3$ ,其中 11 月份排入 $1\,788\times10^4\text{m}^3$ ,12 月份排入 $1\,218\times10^4\text{m}^3$ 。

另外,每年的 3~9 月为蟹塘补水期,根据调查,近年来,在固城湖引水养殖螃蟹的面积基本保持在 8.27 万亩左右,5 月中旬平均水深按照 0.3m 计算,则在每年 4 月和 5 月的月平均补水量约为 $827\times10^4\text{m}^3$ 。在 5 月份以后,区域降水相对较大,固城湖水位基本维持在 9.5m 左右,蟹塘养殖补水水量不会对水位造成太大影响,可以忽略不计。

4.4 计算结果

4.4.1 水量损失计算结果

按照上述模型,经过计算,在每天开闸 10 次和 20 次的情况下,分别得出不同保证率水位及降水情况下的水量损失,具体结果详见表 5。

4.4.2 外调水量计算

根据统计分析结果,在每天通航 10 次的情况下,三种保证率下固城湖调蓄水位一直高于旱限水位(8.0m),不存在外调补水的问题;在每天通航 20 次的情况下,三种保证率下均出现低于旱限水位的情况。图 2 为在 90%保证率下,每天开闸次数分别为 10 次和 20 次时的调蓄水位图。

另外,根据分析结果,在每日开闸 20 次的情况下,在保证通航且水位不低于旱限水位情况下需要不

表4 不同保证率下的茅东闸闸下游月平均水位 (m)  
Table4 The monthly mean water levels in the downstream of the Maodong gate under different insurance rates

保证率	月份											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
50%	3.17	3.26	3.73	3.58	3.45	3.61	3.65	3.86	3.74	3.94	3.62	3.28
75%	3.63	3.78	3.48	3.24	3.20	3.80	3.80	4.18	3.73	3.43	3.34	3.38
90%	3.21	3.24	3.36	3.22	3.20	3.21	3.58	3.82	3.61	3.32	3.28	3.51

表5 不同保证率下通航对固城湖水量损失计算成果表 (10<sup>8</sup>m<sup>3</sup>)  
Table5 The calculation results of the water loss of the Gucheng lake under different insurance rates

典型年	保证率	每日开闸 10 次			每日开闸 20 次		
		6~8 月	其他月份	合计	6~8 月	其他月份	合计
1985 年	50%	0.35	1.44	1.79	0.71	2.20	2.91
2001 年	75%	0.33	1.34	1.67	0.66	2.18	2.84
1997 年	90%	0.38	1.29	1.67	0.76	2.09	2.85
平均年损失水量				1.71	2.87		



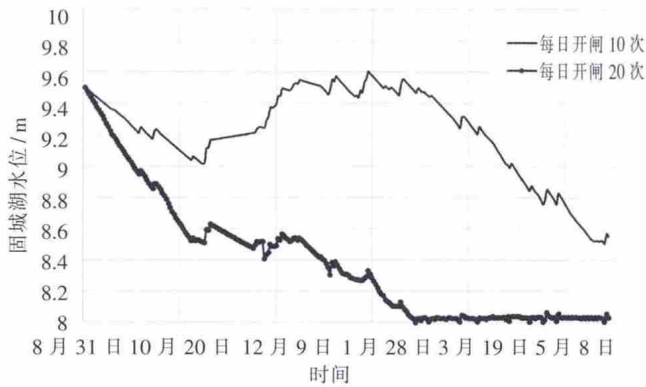


图2 90%降水保证率下固城湖调蓄水位过程线

Fig.2 Water level hydrograph of the Gucheng lake at 90% rainfall insurance rate

同程度的外调补水。90%的降水保证率下需外调补水量达  $0.64\times10^8\text{m}^3/\text{a}$ ，占到了固城湖常态库容的 50%；75%和 50%的降水保证率下需外调水量分别为 0.61、 $0.12\times10^8\text{m}^3/\text{a}$ ，具体数值见表 6。

5 结果与讨论

5.1 通航对湖泊水量的影响

在每天开闸 10 次的情况下,在任何一种保证率下,通航对固城湖水量的损失基本在 $1.71\times10^8\text{m}^3/\text{年}$ 左右。固城湖的常态水位为 9.5m,相应库容为  $1.28\times10^8\text{m}^3$ ,通航对固城湖水量的损失占到了固城湖常态水量的 133.6%左右。若每天通航 20 次,固城湖的水量损失达到  $2.87\times10^8\text{m}^3/\text{a}$ 。如此大的损失水量必定对固城湖的多样化功能造成影响,必须对两个船闸进行优化调度,使损失的水量尽可能小,保证固城湖多样化功能的完备。

5.2 低于旱限水位时外调水量

每天开闸 20 次固城湖水量损失达 $2.87\times10^8\text{m}^3/\text{a}$ ,

已造成固城湖水位低于旱限水位,为保证通航且固城湖水位不低于旱限水位,需要大量外调水,在 90%降水保证率下,外调水量达  $0.64\times10^8\text{m}^3/\text{a}$ ,占到了固城湖常态库容的 50%。如此巨大的水量需求必须有切实可行的工程措施进行配套建设。

5.3 讨论

(1)芜申运河通航,将造成固城湖水源地的水量损失,且损失量较大,对固城湖的水体功能造成影响,且由于是水源地,关系到人民群众的生活生产安全,必须对其进行评估后再进行建设。

(2)每日开闸 20 次时,需要进行调水才能确保固城湖水位不低于旱限水位,且调水量达到固城湖常态库容的 50%,如此巨大水量必须经政府部门进行统一协调和调度。

参考文献:

[1] 汪先义,邵宁燕. 芜申运河亟待整治[J]. 中国水运, 2007,(1):48-49. (WANG Xianyi, SHAO Ningyan. Fushen canal is urgent to be regulated [J].China Water Transport, 2007,(1):48-49. (in Chinese))  
[2] 陈珺,邵宁燕. 芜申运河将成“水上高速”凸显黄金效益[N]. 中国水运报, 2009-6-29. (CHEN Jun, SHAO Ningyan. Wushen canal will become the "high speed waterway" highlights the benefits [N]. China Water Transport Newspaper, 2009-6-29. (in Chinese))  
[3] 钱坤. 芜申运河整治开通对芜湖航运的影响 [J]. 港口科技, 2015, (9):50-52. (QIAN Kun. Wushen canal opened to the effects of Wuhu shipping [J]. Port Technology, 2015,(9):50-52. (in Chinese))  
[4] 孙建设. 内河航道外部性实证研究与对策建议 [J]. 现代经济探讨, 2009,(2):54-58. (SUN Jianshe. Study and countermeasures of external empirical suggestions of inland waterway [J]. Discussion on Modern Economy, 2009,(2):54-58. (in Chinese))  
[5] 毛桂因. 芜申运河引江济太问题初析[J]. 河海大学学报(自然科学版), 2009,37(1):32-35. (MAO Guinan. Diverting water from Yangtze River to Taihu lake through Wuhu-Shanghai cana [J]. Journal of

表6 不同保证率下枯水期的损失水量计算表

Table6 The calculation results of the water loss in the dry reason under the different insurance rates

开闸次数	典型年	保证率 / %	降水量 / mm	降水补给量 / $10^8\text{m}^3$	库容变化量 / $10^8\text{m}^3$	外调补水量 / $10^8\text{m}^3$	补水 天数	蟹塘排水量 / $10^8\text{m}^3$	通航损失水量 / $10^8\text{m}^3$
开闸 10 次	1985	50	928.8	1.39	+0.08	0	0	0.14	1.44
	2001	75	589.3	0.88	-0.33	0	0	0.14	1.34
	1997	90	512.7	0.77	-0.39	0	0	0.14	1.29
开闸 20 次	1985	50	928.8	1.39	-0.56	0.12	16	0.14	2.20
	2001	75	589.3	0.88	-0.56	0.61	72	0.14	2.18
	1997	90	512.7	0.77	-0.56	0.64	77	0.14	2.09

注:枯水期指 9 月 1 日到第二年的 5 月 31 日,共计 273 天;水库的库容变化量指水库水位从 9.5m 降到旱限水位 8.0m 时的库容变化量,为  $0.56\times10^8\text{m}^3$ 。

- Hohai University (Natural Science), 2009,37(1):32–35. (in Chinese))
- [6] 张羽. 城市水源地突发性水污染事件风险评价体系及方法的实证研究 [D]. 上海: 华东师范大学, 2006. (ZHANG Yu. Empirical Study on Risk Assessment System and Method of Urban Water Source Sudden Water Pollution Event [D]. Shanghai: East China Normal University, 2006. (in Chinese))
- [7] 金光炎. 论水文频率计算中的适线法 [J]. 水文, 1990,(2):1–6. (JIN Guanyan. Discussing on curve-fitting method in hydrological frequency calculation [J]. Hydrology, 1990,(2):1–6. (in Chinese))
- [8] 黄振平, 萨迪伊, 王春霞, 等. 关于适线法中经验频率计算公式的对比研究[J]. 水利水电科技进展, 2002,22(5):5–7. (HUANG Zhenping, SA Diyi, WANG Chunxia, et al. Study on formulas for calculation of empirical frequency in curve-fitting method [J]. Advances in Science and Technology of Water Resources, 2002,22(5):5–7. (in Chinese))
- [9] 河海大学. 南京市高淳区水资源综合规划 [R]. 2008. (Hohai University. Comprehensive planning of water resources in Gaochun district of Nanjing [R]. 2008. (in Chinese))
- [10] 江苏省水文水资源勘测局南京分局. 固城湖区螃蟹养殖污染负荷分析及水环境承载力研究 [R]. 江苏省水利厅, 2012. (Nanjing Hydrology and Water Resources Survey Bureau of Jiangsu Province. Study on pollution load and water environment carrying capacity of crab culture in Gucheng lake area [R]. Water Resources of Jiangsu Province, 2012. (in Chinese))

## Effect of Wuhu–Shanghai Canal Renovation on Water Quantity in Gucheng Lake

GONG Laicun<sup>1</sup>, ZHOU Yi<sup>2</sup>, YU Feilong<sup>1</sup>, LI Xianghua<sup>1</sup>, CHEN Wenquan<sup>1</sup>, LIU Miao<sup>2</sup>

(1. *Nanjing Hydrology and Water Resources Survey Bureau, Nanjing 210008, China;*  
2. *Jiangsu Hydrology and Water Resource Survey Bureau, Nanjing 210008, China*)

**Abstract:** Wuhu–Shanghai Canal is an important inter-provincial trunk channel, and it was planned to renovate and meet Grade III standard navigable waterway. The Gucheng Lake is an important source of drinking water, and the Wuhu–Shanghai canal navigation will reduce the quantity of the Gucheng Lake substantially. In this study, the variation of water quantity in the Gucheng Lake after the renovation were calculated by modeling. The results show that opening-gate 10 times per day will result in the water losses of  $1.71 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$ , and the loss is  $2.87 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$  for 20 times per day. The normal water level of the Gucheng Lake is 9.5m, corresponding to storage capacity of  $1.28 \times 10^8 \text{ m}^3$ . The Gucheng Lake will loss normal water quantity by 133.6% and 224% if the renovation is completed and open to navigation. In addition, if the gate open 20 times per day, the Gucheng Lake will have to supplement water quantity to meet the water demand. If the preparation reach 90% of that in normal year, the Gucheng Lake need  $0.64 \times 10^8 \text{ m}^3$  supplement water per year, which is almost half of the storage capacity of the Gucheng Lake.

**Key words:** Wuhu–Shanghai Canal; Gucheng Lake; water quantity

(上接第 23 页)

## Tracer Test of Drip Water in Xiaoyan Cave, Guilin and Its Climatic and Environmental Significance

YIN Jianjun, GUO Xiaojiao, JIANG Guanghui, GUO Fang, TANG Wei, TANG Qingjia, LIU Shaohua

(*Key Laboratory of Karst Dynamics, Ministry of Land and Resources and Guangxi, International Research Center on Karst under the Auspices of UNESCO, Institute of Karst Geology, Chinese Academy of Geological Science, Guilin 541004, China*)

**Abstract:** The study on the residence time of cave drip water responding to the rainfall is important for accurate interpreting the meaning of the climate and environmental index in cave speleothems. For the difference of research scales and techniques, it is not paid enough attention to in the past. So this paper introduced to the tracer test technique often used in hydrogeology for cave residence time research, and made the Xiaoyan Cave in Yaji Experimental Site, Guilin, for an example. It improved the resolution in cave drip water monitoring, by using GGUN–FL30 in-situ flow-through fluorometer and tracer uranin. Based on twice tracer tests, we determined the residence time of perennial drip site XY5 in Xiaoyan Cave is less than 48 hour in rainy season, and even less than 4 hour in some rainstorm events. Meanwhile, the drip water temperature can be used as a tracer for rainfall which can produce groundwater runoff in high resolution monitoring. The runoff can be monitored when the daily rainfall is up to 16.3mm. At least two recharge sources can be identified, one is perennial base flow and the other is fast groundwater runoff produced by rainfall.

**Key words:** residence time; tracer test; cave drip water; Xiaoyan Cave; Guilin