

固城湖南河补水调度方案研究

马祥中¹, 闫 浩², 胡尊乐², 费国松², 郭红丽³, 戴 雷³

(1. 溧阳市水利局, 江苏 溧阳 213300;
2. 江苏省水文水资源勘测局常州分局, 江苏 常州 213022;
3. 江苏省水文水资源勘测局南京分局, 江苏 南京 210008)

摘要: 溧阳市位于太湖流域上游湖西水系低山丘陵区, 在枯水年份时, 水资源短缺与水质型缺水问题尤为严重。研究基于固城湖等相关水系水文资料及工程调度资料, 在考虑茅东闸船闸开闸通航的基础上, 探讨固城湖向南河补水的可行性方案, 对于缓解溧阳市水资源短缺问题、改善河道水环境, 促进经济社会发展具有相当重要的意义, 同时也为跨流域调水提供技术参考。

关键词: 固城湖; 补水; 调度方案

中图分类号: TV697.11 **文献标识码:** B **文章编号:** 1007-7839 (2018) 10-0049-05

Study on replenishment dispatching scheme of South River of Gucheng Lake

MA Xiangzhong¹, YN Hao², HU Zunle², FEI Guosong², GUO Hongli³, DAI Lei³

(1. Liyang Water Conservancy Bureau, Changzhou 213000, Jiangsu;
2. Changzhou Hydrology and Water Resources Survey Bureau of Jiangsu Province, Changzhou 213022, Jiangsu;
3. Nanjing Hydrology and Water Resources Survey Bureau of Jiangsu Province, Nanjing 210008, Jiangsu)

Abstract: Liyang City is located in the low hilly area of Huxi River system in the upper reaches of Taihu Lake Basin. In dry years, water shortage and water quality shortage problems are especially serious. Based on the hydrological data and engineering dispatching data of Gucheng Lake and other related water systems, and considering the navigation of Maodong Lock, the feasible scheme of water supply from Gucheng Lake to South River was discussed, which was of great significance to alleviate the shortage of water resources in Liyang City, improve the water environment of river course and promote economic and social development, as well as provide technical reference for inter basin water transfer.

Key words: Gucheng Lake; water replenishment; dispatching scheme

1 概述

20 世纪以来, 随着经济社会的高速发展, 人口不断增长, 城市化进程加快, 水资源调控手段和水污染治理措施相对滞后, 区域水环境质量一时间得不到明显改善, 水的供需矛盾愈加突出, 由

此引起的水质型缺水和水污染问题在一定程度上影响了各地经济社会的可持续发展和人民群众的生活质量。而跨区域(流域)补水一直是促进江河湖连通、增加区域水资源补给、改善区域水环境的客观要求和主要措施^[1-2]。

溧阳市作为太湖流域上游湖西水系低山丘陵

收稿日期: 2018-08-31

作者简介: 马祥中(1968—), 男, 工程师, 主要从事水利工程管理工作。

区,在枯水年份时,水资源短缺与水质型缺水问题尤为严重。为寻求解决方法,溧阳市一方面加大丹金溧漕河引清活水力度,另一方面探求西部固城湖(长江流域水阳江水系)向境内(太湖流域湖西水系)调水的可行性。与此同时,固城湖水位远高于溧阳市南河水位,水量丰富,水质良好,且由于水阳江补给,来(补)水相对充足^[3-4],在枯水期如果通过胥河(茅东闸)自流向溧阳市(南河)补水,对于缓解溧阳市水资源短缺问题、改善河道水环境具有相当重要的意义。

本文根据长江、水阳江、石臼湖、固城湖多年的水文监测资料以及杨家湾枢纽(官溪河)、水碧桥闸(水碧桥河)、茅东闸(胥河)和蛇山抽水站(石臼湖)的工程调度资料,并结合茅东闸船闸调度方案,探讨固城湖向南河补水的可行性方案,也为跨流域调水提供技术参考。

2 固城湖概况

固城湖位于南京市高淳区境内水阳江下游,北临石臼湖,东抵太湖湖西地区,南接水阳江流域所属的皖南山区,西面为水阳江流域的平原、圩区。

湖泊现状为正常水位(8.18 m 水位)下,周长约为 43.0 km,水面面积为 30.95 km²,蓄水量约为 0.78 亿 m³,并分为大湖区和小湖区(大湖区面积约为小湖区的 8~10 倍);水质良好,一直保持在 II 类水以上,为南京市饮用水水质最好的天然湖泊之一^[5-6]。固城湖来水相对丰富,主要是源自皖南山区的河流(水阳江)补给,其次是长江高水位时倒灌和湖区周围丘陵山区的降水径流。

固城湖所涉水利工程主要为杨家湾枢纽(官溪河)、水碧桥闸(水碧桥河)、茅东闸(胥河)和蛇山抽水站(石臼湖),其分布图见图 1。正常情况下,固城湖通过杨家湾闸(官溪河,通石臼湖)、水碧桥闸(水碧桥河,通水阳江)、茅东闸(胥河,通南河)控制湖内水位,为区域防汛防旱、水资源开发利用、水环境改善服务。其中,茅东闸建于固城湖东侧胥河上,控制固城湖与太湖湖西地区(溧阳市)的水量交换。蛇山抽水站位于南京市高淳区古柏镇石臼湖畔、蛇山西侧,采用双向进出水,是石臼湖与固城湖水量交换的重要水利工程,它可通过石固河向固城湖补水。



图 1 固城湖及周边水系图

3 补水水源现状分析

3.1 固城湖水源

根据固城湖水位代表站高淳站 1977 ~ 2017 年的水位监测资料, 固城湖最高月平均水位为 7 月份的 9.70m,最低月平均水位为 2 月份的 7.74m。受水碧桥闸等水利工程调度影响, 正常情况下, 固城湖进入梅雨期后的水位长期(7 ~ 9 月) 保持在 9.00m 以上, 详见表 1。

正常水位(8.18 m)下, 固城湖蓄水量约为 0.78 亿 m³, 最高水位(13.21 m)下, 蓄水量约为为 2.75 亿 m³, 最低水位(5.16 m)下, 蓄水量约为为 0.05 亿 m³, 详见表 2。

3.2 水阳江水源

水阳江发源于中国安徽省绩溪县和宁国市南部山区, 向北分别通过左支清水河(芜湖市)和右支姑溪河(当涂县)汇入长江, 干流全长 254 km, 流域面积 8934 km²。根据有关水文资料, 水阳江每年经姑溪河汇入长江的径流总量为 47.08 亿 m³(最丰水份为 79.08m³、最枯水年份为 21.66 亿 m³)^[7]。显然, 仅从水量角度, 水阳江完全满足固城湖的自身供水及向下游溧阳市南河补水的需要。

根据水阳江水位代表站水碧桥站 1977 ~ 2017 年的水位监测资料, 水阳江最高月平均水位为 7 月的 9.80 m, 最低月平均水位为 1 月的 5.78 m, 详

见表 3。

3.3 长江(石臼湖)水源

长江位于固城湖以北约 50 km, 年平均径流量约 9000 亿 m³。当上游来水较大或受潮汐影响时, 固城湖以北江段水位较高, 长江水源可通过水阳江反灌包括石臼湖、运粮河、官溪河在内的内陆水网, 进而可为固城湖补水。石臼湖位于苏皖两省交界处, 北距固城湖约 9.0 km, 正常水位 7.50 m 时, 水面面积 207.65 km², 蓄水量约 4.05 亿 m³, 是调节水阳江洪水的重要湖泊。根据席燕萍、逢勇等^[8]的研究成果, 长江(石臼湖)不仅是南京市重要的补给水源, 历史上也曾是溧阳市(太湖湖西地区)重要的抗旱水源。

根据石臼湖水位代表站蛇山站 1977 ~ 2017 年的水位监测资料, 石臼湖最高月平均水位为 7 月的 10.00 m, 最低月平均水位为 2 月的 5.62 m, 详见表 4。

4 补水调度方案

4.1 南河水位

根据南河水位代表站南渡站 1977 ~ 2017 年的水位监测资料, 南河最高月平均水位为 7 月的 3.97 m, 最低月平均水位为 1 月的 3.10 m, 详见表 5。

4.2 固城湖补水调度

由表 1 和表 5 可以看出, 固城湖非汛期(1 ~ 4 月、

表 1 固城湖各月平均水位统计表

单位: m												
月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
水位 (m)	7.77	7.74	7.81	7.90	7.97	8.30	9.70	9.28	9.01	8.49	8.19	7.99

表 2 固城湖水位~蓄水量关系表

单位: m, 亿 m ³											
水位 (m)	5.16	6.00	7.00	8.00	8.18	9.00	10	11	12	13	13.21
蓄水量亿 (m ³)	0.057	0.078	0.37	0.72	0.78	1.09	1.47	1.86	2.25	2.65	2.75

表 3 水碧桥站各月平均水位统计表

单位: m												
月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
水位 (m)	5.78	6.02	6.70	7.07	7.39	8.30	9.80	9.08	8.51	7.52	6.56	5.91

表 4 蛇山站各月平均水位统计表

单位: m

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
水位 (m)	5.56	5.48	5.68	6.12	6.95	7.89	9.54	8.85	8.24	7.38	6.43	5.83

表 5 南渡站各月平均水位统计表

单位: m

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
水位 (m)	3.10	3.12	3.25	3.32	3.40	3.50	3.97	3.66	3.67	3.60	3.42	3.21

10 ~ 12 月)平均水位为 7.98 m,相应蓄水量为 0.714 亿 m³;汛期平均水位为 8.85 m,相应蓄水量为 1.03 亿 m³。且和南河水位长期保持 4 m 以上的落差。从水力学条件上分析,固城湖具备向下游南河调水的条件。其中:

(1) 在不考虑其他用水情况下

若非汛期由固城湖向南河补水,可供水量为 0.174 亿 m³ (固城湖最低控制水位按 7.50 m、最低控制蓄水量 0.54 亿 m³ 计算);若补水流量按 20 m³/s (南河平均水位 3.29 m,平均流速不低于 0.10 m/s) 计算,则可连续补水 10 d。若汛期由固城湖向南河补水,可供水量为 0.49 亿 m³;若补水流量按 30 m³/s (南河平均水位 3.64 m,流速不低于 0.14 m/s),则可连续补水 14 d。

固城湖向南河补水时,势必影响胥河的流态。根据曼宁公式,计算胥河流态变化情况,详见表 6。

从表 6 可以看出,当固城湖向南河补水流量小于 30 m³/s 时,对胥河的流态影响很小。

(2) 在考虑其他用水情况下

根据调查资料,高淳区每年用水量约 3 亿 m³ 左右,并以固城湖(含支流)为主要取水水源^[3,6]。一旦固城湖开闸补水,水位会迅速下降,势必影响固城湖的水文情势及生态环境。尤其在特殊干旱年份下,仅有固城湖的蓄水向下游溧阳市南河补水是不理想的。因此,需进一步探寻固城湖的其他来水途径。

另外,固城湖向南河补水,须经过茅东闸。芜申线高淳段(胥河)整治以后,茅东闸新建船闸。而根据龚来存、周毅等^[9]的研究,在茅东闸每天开闸通航 10 次的情况下,固城湖每年可向南河补水 1.71×10 亿 m³ 左右,势必对固城湖的水量造成一定程度影响。因此,也可考虑优化调度茅东闸船闸调度方案,既满足芜申运河通航的需要,也满足向南河补水的需要。

4.3 其他水源补水调度

前文已经说明:固城湖其他来水一是水阳江,二是长江、石臼湖(长江高水位时,水阳江可倒灌运粮河、官溪河及石臼湖),三是湖区周围丘陵山区的降水径流。

表 6 胥河流态变化表

流量 (m ³ /s)	面积 (m ²)	水力半径 (R)	糙率系数 (n)	距离 (km)	落差
10	150	4.20	0.025	13.9 (固城湖到茅东闸)	0.01
20					0.02
30					0.05
40					0.09
50					0.14

(1) 水阳江补水

从表 1 和表 3 可以看出, 水阳江一年之中, 仅有 6 ~ 10 月的水位高于固城湖的控制水位 7.50 m, 存在向固城湖 (包括下游溧阳市南河) 补水的可行性。其他月份, 则需要关闭水碧桥闸, 以防止固城湖水源外泄水阳江。也就是说, 只有在汛期, 水阳江上游降水足够多、来水足够大时, 方可向固城湖补水; 而在非汛期, 水阳江补水的可行性较低。

(2) 长江 (石臼湖) 补水

从表 1 和表 4 可以看出, 石臼湖一年之中, 仅有 6 ~ 9 月的水位高于固城湖的控制水位 7.50 m, 存在向固城湖 (包括下游溧阳市南河) 补水的可行性。其他月份, 则需要关闭杨家湾闸, 以防止固城湖水源外泄运粮河 (水阳江)。也就是说, 同样只有在汛期, 长江或石臼湖水位较高时, 方可向固城湖自流补水; 而在非汛期, 长江 (石臼湖) 自流补水的可行性较低。前文中已经说明, 石臼湖在正常水位 7.50 m 时, 水面面积 207.65 km², 蓄水量约 4.05 亿 m³。另根据水文资料, 石臼湖水源主要来自于水阳江过境水量、当地径流量 (约 4.70 亿 m³) 以及长江倒灌水量, 可供水量比固城湖更为丰富。显然, 在非汛期 (1 ~ 5 月、10 ~ 12 月) 或干旱年份, 当石臼湖 (运粮河) 水位较低、无法通过自流方式向固城湖补水时, 可通过其他措施由石臼湖向固城湖补水。其中, 位于石臼湖畔的蛇山抽水站抽水能力为 25 m³/s, 在特殊干旱年份, 可从石臼湖通过石固河向固城湖补水, 进而为高淳区及固城湖周围的溧水、郎溪、宣城和下游的溧阳等市区县部分地区共 60 万亩农田的抗旱提供水源^[10]。若溧阳市在非汛期 (1 ~ 4 月、11 ~ 12 月) 需要生态补水时, 必须通过蛇山抽水站从石臼湖翻水到固城湖, 进而由胥河进入南河, 同时可保证固城湖自身的水量平衡和周边地区的供水安全。

5 结论和建议

固城湖位于溧阳市南河上游, 水量丰富, 水质良好, 且有充足的外来补给水源 (水阳江、长江、石臼湖), 存在向南河生态补水的地形地势优势。其

中: (1) 仅靠固城湖自身蓄水, 可在一定程度满足南河补水的需求, 但势必对固城湖水量水生态带来一定影响。(2) 汛期区域降水较大时, 固城湖开启水碧桥闸和杨家湾闸从水阳江或石臼湖自流引水, 并开启茅东闸向南河补水, 同时也不影响固城湖自身的蓄水要求。(3) 非汛期区域降水较少时, 需关闭水碧桥闸和杨家湾闸以维持固城湖水量平衡, 且需开启蛇山抽水站由石臼湖翻水进入固城湖, 进而向南河补水。

总体而言, 固城湖存在向南河补水的可行性, 但仍需进一步搜集相关水文资料和水利工程调度资料, 优化茅东闸船闸调度方案, 结合芜申运河通航需要, 考虑向南河补水的可行性方案, 且开展相关补水试验, 进一步分析跨流域调 (补) 水可能带来的不利影响。

参考文献:

- [1] 费国松, 胡尊乐. 太湖流域湖西区水量调度与水环境改善试验研究 [J]. 江苏水利, 2015 (7): 40-42.
- [2] 吕犇, 高兴和, 张成钢等. 太仓市城区调水改善水环境方案研究 [J]. 江苏水利, 2018 (1): 1-6.
- [3] 杨喆, 程灿, 谭雪等. 基于水质和水量视角下的水环境承载力研究—以高淳固城湖流域为例 [J]. 环境保护科学, 2016, 42 (1): 70-76.
- [4] 张军锋, 杨玉霞, 张建军. 南京市固城湖饮用水源地保护措施对策 [J]. 水利经济, 2014, 32 (3): 45-47.
- [5] 黄昌硕, 卞锦宇, 盖永伟. 南京市应急备用水源地建设安全评价 [J]. 水资源研究, 2018 (3) 45-47.
- [6] 毛春梅, 张首顺. 南京市高淳县固城湖水源地生态补偿机制探讨 [J]. 水资源保护, 2009, 25 (2): 87-90.
- [7] 安徽省水利厅. 水阳江、青弋江、漳河流域防洪规划 [Z]. 2009.
- [8] 席燕萍, 逢勇. 石臼湖引水改善秦淮河水环境研究 [J]. 江苏环境科技, 2008, 21 (4): 6-8.
- [9] 龚来存, 周毅, 于飞龙等. 芜申运河开通对固城湖水量影响分析 [J]. 水文, 2017, 37 (4): 62-67.
- [10] 高淳县水利志编纂委员会. 高淳县水利志 [M]. 南京: 江苏古籍出版社, 2002.