

DOI: 10.19797/j.cnki.1000-0852.20190150

引江济太入湖效率及其影响因素分析

毛新伟, 朱 静

(太湖流域水文水资源监测中心, 江苏 无锡 214024)

摘要:引江济太调水工程加快了太湖及其周边水体的置换,增加了太湖流域水资源有效供给,改善了太湖及引江济太沿线水体水质,但由于引水通道望虞河东西两岸支流较多,影响了引江济太入湖效率。采用2002~2017年太湖流域水文水资源监测中心在望虞河干支流的监测资料,对引江济太入湖效率进行统计计算,分析了影响入湖效率的因子,认为工程调度和望虞河东西两岸分流量是关键影响因素,在此基础上有针对性地提出了两点提高入湖效率的调度建议。

关键词:太湖;引江济太;入湖效率;影响因素

中图分类号:P333.1

文献标识码:A

文章编号:1000-0852(2020)04-0022-04

在经济社会高速发展的同时,太湖流域产生了水资源开发利用与保护不协调的诸多水问题,水质型缺水矛盾突出。引江济太调水工程是国务院确定的水环境综合治理的重要举措之一,通过水利工程调度,将长江清水通过望虞河引入太湖。多项研究表明,太湖流域管理局自2002年以来实施的引江济太工程,加快了太湖及其周边水体的置换,增加了太湖流域水资源的有效供给,保障了流域重要城市和地区的供水安全,改善了太湖及引江济太沿线水体水质^[1-2]。但由于望虞河东西两岸支流较多,自望虞河长江口引入的长江水仅有部分进入太湖,其余流入了望虞河两岸的支流河网,引江济太的入湖效率问题一直备受调水管理部门的关注。

本文所研究的入湖效率即为引江济太期间引入太湖的水量与从长江引水量的比值,可用来量化地计算通过工程调度手段从长江引入的水量与实际引入太湖的水量的比值,为分析研究引水效果提供依据。

记 η 为入湖效率,其计算方法可以表示为:

$$\eta = \frac{W_{\text{入湖}}}{W_{\text{常熟水利枢纽}}} \quad (1)$$

式中: W 代表水量。

本文应用太湖流域水文水资源监测中心2002年开展引江济太调水工程工作以来的望虞河干流及两岸

主要支流水文监测资料,对历年引江济太的入湖效率进行了计算,分析了其主要的因素对入湖效率的影响情况,有针对性地提出了提高引江济太入湖效率的建议。

1 研究区域概况及监测断面布设

引江济太并不是从长江直接引水入太湖,长江水需流经全长60.8km的引水通道望虞河再进入太湖,而望虞河东西两岸口门较多,横跨江苏省苏州和无锡两个地区,沿线的水工程包括上游的望亭水利枢纽、下游长江边的常熟水利枢纽和沿线的东、西岸控制工程等,望虞河东岸支流口门已基本建闸控制,西岸支流口门除福山塘以北建闸控制外,其他基本敞开^[3]。西岸高片大部分污水经张家港、锡北运河、伯渎港、九里河等西岸口门向东进入望虞河,因苏州地区河网水位相对澄锡虞高片水位低,部分经东岸各口门进入阳澄淀泖地区,但由于西岸支流水质较差,东岸各口门除航运需要外,在非引江济太期间一般处于关闭状态,而在常熟水利枢纽排水期间,西岸来水进入望虞河后北排长江。

目前水文部门在望虞河干流设有望亭水利枢纽、张桥、常熟水利枢纽闸内3个水文站,对望虞河西岸与干流水量交换较多的支流张家港、锡北运河、九里

收稿日期:2019-05-16

作者简介:毛新伟(1973-),男,山东平度人,教授级高级工程师,主要从事水文水资源监测和研究工作。E-mail:1794084365@qq.com

河和伯渎港分别设有张家港大义桥、锡北运河新师桥、九里河鸟嘴渡、伯渎港大坊桥等 4 个巡测断面;对东岸可能开闭的支流口门设有西塘河琳桥闸、永昌泾永昌泾闸、冶长泾冶长泾闸 3 个水资源预警站,寺泾港寺泾港闸、灵岩荡灵岩闸 2 个巡测断面(见图 1)。



图 1 引江济太期间望虞河干支流监测断面位置示意图
Fig.1 The monitoring section locations at Wangyuhe River during Yangtze-Taihu water diversion period

2 引江济太入湖效率计算分析

根据当年水雨情和太湖流域水资源需求情况,太湖流域管理局每年适时开展引江济太调水工作。2002~2017 年平均每年引江济太调水入湖 100d,入湖天数最多的为 2011 年 219d,最少为 2005 年 22d;望亭引水入湖水量最大为 2011 年 $16.0 \times 10^8 \text{m}^3$,最小为 2016 年 $1.44 \times 10^8 \text{m}^3$;望虞河西岸来水量最大为 2009 年 $7.75 \times 10^8 \text{m}^3$,最小为 2016 年 $0.407 \times 10^8 \text{m}^3$;望虞河东岸分流量最大为 2008 年 $6.88 \times 10^8 \text{m}^3$,最小为 2016 年 $1.23 \times 10^8 \text{m}^3$;2002~2017 年入湖效率基本维持在 40%~65%之间,多年平均入湖效率为 55.8%,最大为 2006 年 65.7%,最小为 2016 年 43.1%。

统计 2002~2017 年各年引江济太期间常熟水利枢纽引水量、望亭水利枢纽引水量、西岸进出水量和东岸分流量,计算不同年份入湖效率如表 1 所示,入湖效率与常熟水利枢纽、望亭水利枢纽引水量相关关系如图 2 所示。

3 引江济太入湖效率影响因子分析

3.1 主要影响因子关联性分析

引江济太调水工程一般在每年的枯水季实施,与

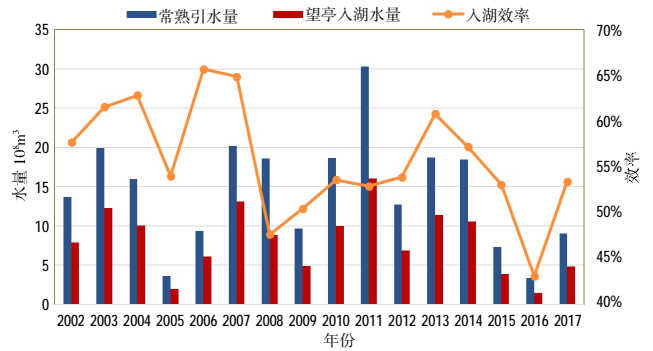


图 2 2002~2017 年引江济太常熟、望亭水利枢纽引水量与入湖效率相关关系
Fig.2 The correlation between the water of Changshu and Wangting hydro junction and the lake entry efficiency in Yangtze-Taihu water diversion from 2002 to 2017

表 1 2002~2017 年引江济太期间入湖效率计算 (10^8m^3)
Table 1 The calculation of the lake entry efficiency over Yangtze-Taihu water diversion period from 2002 to 2017

年份	引江济太入湖天数	常熟水利枢纽引水量	望亭水利枢纽引水量	入湖效率
2002	104	13.7	7.91	57.7%
2003	135	19.9	12.3	61.6%
2004	145	16.0	10.1	62.8%
2005	22	3.61	1.95	54.0%
2006	59	9.33	6.13	65.7%
2007	116	20.2	13.1	64.9%
2008	132	18.6	8.85	47.7%
2009	63	9.67	4.88	50.5%
2010	150	18.7	10.0	53.6%
2011	219	30.3	16.0	52.9%
2012	106	12.7	6.86	53.9%
2013	122	18.7	11.4	60.8%
2014	136	18.5	10.6	57.2%
2015	60	7.33	3.89	53.1%
2016	30	3.34	1.44	43.1%
2017	75	9.04	4.83	53.4%

流域当年不同季节水雨情密切相关,调水主要满足流域内各地区用水需求,兼顾改善区域水环境质量。引江济太调度需统筹考虑望虞河区域河网和支流水资源质量以及地区用水需求,从望虞河常熟水利枢纽引入的长江水并没有全部进入太湖,有一部分通过望虞河东西两岸的支流进入了苏州和无锡地区的河网,一定程度上影响了入湖效率。同时,一般情况下望虞河西岸支流流向为入望虞河,由于西岸支流水质较差,工程调度时需要控制望亭水利枢纽入湖流量和加大常熟水利枢纽引水流量,保持望虞河合理的水位,防

止望虞河水位突降造成大量西岸污水进入望虞河被引进太湖^[4],影响太湖水质。因此,引江济太调度需综合考虑影响入湖效率各个因子之间的关联性,最大限度地发挥引水效益。

3.2 工程调度对入湖效率影响

统计 2002~2017 年引江济太期间常熟水利枢纽及望亭水利枢纽工程调度及相应入湖效率,分析对比不同工程调度情况下对入湖效率的影响情况。由于望虞河两岸支流存在分流,入湖效率主要受望亭水利枢纽控制流量的影响,而受常熟水利枢纽引水量相对较小。当望亭水利枢纽控制以小流量(50~60m³/s)引水时,即使常熟水利枢纽以大流量引水(闸泵联合调度全力引水),一般情况下入湖效率也较低,如 2010 年 1 月 27 日~3 月 4 日、2010 年 10 月 8 日~11 月 8 日,入湖效率仅为 37.0%、38.9%;而当望亭水利枢纽大流量(150m³/s)引水时,即使常熟水利枢纽以小流量(不小于 1 200×10⁴~1 500×10⁴m³/d)引水,一般情况下入湖效率也较高,如 2005 年 7 月 6 日~7 月 13 日、2006 年 8 月 24 日~10 月 14 日,入湖效率为 56.3%、68.1%。统计表明,当望亭水利枢纽以小流量控制时,入湖效率低;大流量控制时,入湖效率明显增大,望亭水利枢纽工程调度是影响入湖效率的主要影响因子。

3.3 望虞河两岸分流量对入湖效率的影响

对望虞河东西两岸支流进出水量进行统计计算,并分析其与入湖效率的相关关系。2002~2017 年引江济太期间,望虞河东西两岸支流控制断面分流总量共有 8a 为出望虞河,这些年份的入湖效率相对低于其他年份,详见表 2 和图 3。这 8 年中,有 6a 东岸分流量占望亭入湖水量的比例超过 50%,且这 6a 入湖效率均较低,如 2008 年、2009 年、2015 年、2016 年。可见,望虞河两岸支流的分流量是影响入湖效率的主要因素之

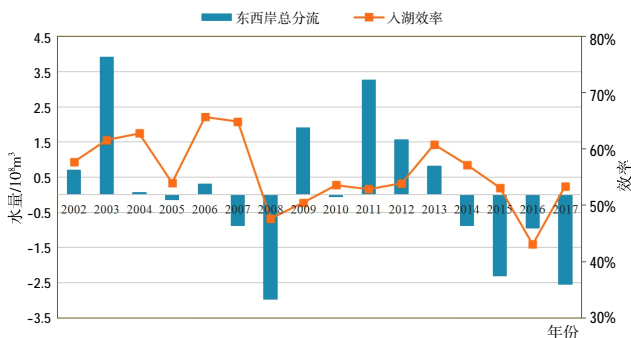


图3 引江济太期间两岸总分流量与入湖效率对比

Fig.3 The comparison between total distributary of banks and lake entry efficiency in Yangtze-Taihu water diversion

表2 2002~2017年引江济太期间望虞河两岸支流分流与入湖效率统计(10⁸m³)
Table2 Statistics of the water of two side of Wangyu River and the lake entry efficiency in Yangtze-Taihu water diversion from 2002 to 2017

年份	西岸来水占入湖水量比例	东岸分流占入湖水量比例	两岸来水总量	望亭水利枢纽引水量	入湖效率
2002	37.5%	28.6%	0.70	7.91	57.7%
2003	47.8%	16.0%	3.90	12.3	61.6%
2004	40.8%	40.2%	0.059	10.1	62.8%
2005	57.8%	65.1%	-0.14	1.95	54.0%
2006	46.8%	41.8%	0.31	6.13	65.7%
2007	30.4%	37.1%	-0.87	13.1	64.9%
2008	44.2%	77.8%	-2.97	8.85	47.7%
2009	158.9%	119.9%	1.90	4.88	50.5%
2010	49.1%	50.0%	-0.058	10.0	53.6%
2011	39.7%	19.4%	3.26	16.0	52.9%
2012	41.7%	19.0%	1.56	6.86	53.9%
2013	31.0%	23.9%	0.81	11.4	60.8%
2014	30.8%	39.1%	-0.88	10.6	57.2%
2015	24.7%	83.9%	-2.30	3.89	53.1%
2016	19.9%	85.3%	-0.94	1.44	43.1%
2017	13.0%	65.6%	-2.54	4.83	53.4%

注:两岸来水总量数据中“-”代表出望虞河。

一,并且望虞河东岸分流量对入湖效率影响较大。

3.4 水雨情对引江济太效率的影响

对 2002~2017 年太湖流域水雨情和引江济太入湖效率的相关关系进行统计分析(见表 3),入湖效率与当年太湖的平均水位无明显的相关关系,而与当年降水量有较明显的相关关系,降水量较多的丰水年份入湖效率较低,例如 2009 年、2015 年、2016 年;降水量较少的枯水年份入湖效率明显较高,例如 2004 年、2006 年、2013 年。可见,遇枯水年份,长时间连续引水使得河网水位一段时期内处于相对较高水位,望虞河两岸支流的分流量会减少,从而提高了入湖效率;反之,降低了入湖效率。

4 结论与建议

如何提高入湖效率,让更多长江清水入太湖,达到“以动治静、以清释污、以丰补枯、改善水质”的引江济太调水目的,是水利管理部门长期以来努力研究解决的问题。研究表明,引江济太多年平均入湖效率偏小,仅为 55.8%,其主要影响因子为工程调度和望虞河

表3 2002~2017年水雨情与引江济太入湖效率相关关系统计
Table3 The correlation statistics between water and rainfall information and lake entry efficiency in Yangtze-Taihu water diversion from 2002 to 2017

年份	流域降水量/mm	引水天数	太湖水位/m			张桥年均水位/m	入湖效率
			平均值	最小值	最大值		
2002	1369.8	146	3.31	2.98	3.63	3.36	57.7%
2003	935.7	205	3.23	2.87	3.45	3.36	61.6%
2004	1025.4	231	3.12	2.85	3.41	3.21	62.8%
2005	1014.9	166	3.17	2.86	3.61	3.14	54.0%
2006	1067.5	191	3.15	2.94	3.47	3.17	65.7%
2007	1133.5	174	3.24	2.92	3.93	3.34	64.9%
2008	1218.4	186	3.33	3.02	3.96	3.39	47.7%
2009	1323.9	121	3.31	2.87	4.23	3.38	50.5%
2010	1203.0	172	3.25	2.93	3.75	3.54	53.6%
2011	1118.2	251	3.14	2.74	3.86	3.43	52.9%
2012	1340.8	161	3.27	2.97	3.86	3.46	53.9%
2013	1067.4	190	3.23	3.00	3.79	3.46	60.8%
2014	1232.6	149	3.31	2.94	3.74	3.46	57.2%
2015	1625.4	80	3.42	2.99	4.19	3.49	53.1%
2016	1792.4	43	3.58	3.06	4.87	3.53	43.1%
2017	1222.2	101	3.27	2.96	3.62	3.52	53.4%

注:太湖水位指望亭(太)、大浦口、西山、夹浦、小梅口五站平均值;水位高程采用镇江吴淞高程。

东西两岸口门分流量,包括望亭水利枢纽入湖水量和望虞河两岸支流控制建筑物的工程调度,水雨情对入湖效率也有一定影响。为充分发挥引江济太效益,提

高入湖效率,保证入湖水质,根据以上分析提出两点建议:

一是在现有工程条件下,通过科学的工程调度尽可能地加大望亭水利枢纽入湖水量,控制好两岸分流量,尤其是要通过工程调度措施减少东岸的分流量,保持望虞河合理水位。

二是尽快推进实施望虞河西岸控制工程,对没有建闸的口门实施工程控制,引江济太期间关闭西岸支流闸门,既能防止西岸污水被引入太湖,也可以提高入湖效率,充分发挥引江济太效益^[4]。

参考文献:

- [1] 太湖流域管理局.引江济太调水实验[M].北京:中国水利水电出版社, 2010:226-258.(Bureau of Taihu Lake Basin. Water Transfer Test for Yangtze River to Taihu Lake Water Transfer Project [M]. Beijing: China Water & Power Press,2010:226-258.(in Chinese))
- [2] 翟淑华,张红举,胡维平.引江济太调水效果评估[J].中国水利, 2008, (1):21-23.(ZHAI Shuhua, ZHANG Hongju, HU Weiping. Evaluation on result of Yangtze-Taihu water diversion [J]. China Water Resources, 2008,(1):21-23.(in Chinese))
- [3] 王跃奎,陈润,高怡.2009年望虞河泄洪影响因素分析[J].中国防汛抗旱, 2010,20(5):48-49.(WANG Yuekui, CHEN Run, GAO Yi. Analysis of influencing factors of Wangyu River flood discharge in 2009 [J]. China Flood & Drought Management, 2010,20(5):48-49. (in Chinese))
- [4] 朱桂娥,吴巍巍,朱勇,等.西岸有效控制对引江济太作用的分析[J].中国水利, 2008,(1):26-28.(ZHU Guie, WU Weiwei, ZHU Yong, et al. Role of effective control west bank on Yangtze-Taihu water diversion [J]. China Water Resources, 2008,(1):26-28. (in Chinese))

Analysis of influencing factors and entry efficiency of the Yangtze-Taihu Water Diversion Project

MAO Xinwei, ZHU Jing

(Taihu Basin Hydrology & Water Resources Monitoring Centre, Wuxi 214024, China)

Abstract: The Yangtze-Taihu water diversion project accelerates the replacement of the Taihu Lake and its surrounding water bodies, which increases the effective water supply of the Taihu Basin, and improves the water quality of Taihu Lake and the tributary rivers along the project. Wangyu River which is the main channel of the diversion project has many tributary branches. It reduces the diversion efficiency of the project. Based on the data series from 2002 to 2017, the paper calculated the lake entry efficiency, analyzed its influencing factors. The result shows that the key influencing factors are the project scheduling and the branches diversion of Wangyu River. Based on all the analysis above, some reasonable suggestions are put forward to improve the lake entry efficiency.

Key words: Taihu Lake; Yangtze-Taihu water diversion; lake entry efficiency; influencing factors