

DOI:10. 3880/j. issn. 1004 - 6933. 2019. 04. 011

通惠湖水环境治理技术与效果

张建强¹, 傅 忠², 卜一峰¹, 戚月东¹, 周炳炳¹

(1. 杭州大江东产业集聚区规划国土建设局, 浙江 杭州 311225;
2. 杭州大江东建设发展有限公司, 浙江 杭州 311225)

摘要:针对杭州大江东产业集聚区的通惠湖无引水条件、有雨水口接入并且存在底泥污染、氮磷污染严重等问题, 针对性地提出了生态挡墙、底泥锁定、微生物强化修复、水生植物修复等水环境综合治理措施。治理前后的水质检测结果表明, 水质综合污染指数由治理前的 1.63 变为 0.52~0.61, 水质状况由重污染状态提升至轻度污染状态。

关键词:城市湖泊; 水环境; 综合治理; 通惠湖

中图分类号:TV876; X524 **文献标志码:**A **文章编号:**1004 - 6933 (2019) 04 - 0071 - 05

Technology and effect of water environment control in Tonghui Lake//ZHANG Jianqiang¹, FU Zhong², BU Yifeng¹, QI Yuedong¹, ZHOU Bingbing¹ (1. Planning and Land Construction Bureau of Hangzhou Dajiangdong Industrial Agglomeration Area, Hangzhou 311225, China; 2. Dajiangdong Construction Development Co., Ltd., Hangzhou 311225, China)

Abstract: Aiming at the problems of Tonghui Lake in Dajiangdong industrial agglomeration area of Hangzhou, such as no water diversion condition, access of rainwater outlet, sediment pollution and serious nitrogen and phosphorus pollution, the comprehensive water environment control measures such as ecological retaining wall, sediment locking, microbial enhanced remediation and aquatic phytoremediation were put forward. The results of water quality test before and after treatment show that the comprehensive pollution index of water quality increases from 1.63 to 0.52-0.61, and the water quality status is improved from heavy pollution to light pollution.

Key words: urban lake; water environment; comprehensive control; Tonghui Lake

随着城市化的快速推进,城市人口密集程度日益提高,城市湖泊成为最容易被污染且难以治理的水体。水环境治理技术主要分为物理法、化学法和生物修复法三大类^[1]。物理法通过调水引流^[2]、机械除藻、疏挖底泥等方法将污染物从水体中移除。因湖泊水面宽阔,流速小,常采用调水引流的方法加速水体交换,移除污染物,如武汉东湖^[3]、杭州西湖^[4]、昆明滇池^[5]等,但这种方法工程量较大,仅对防止水质进一步恶化起到延缓作用,不能从根本上解决水质问题。化学法是向水体中投放氧化剂、除藻剂、脱硝剂等化学药剂,降低或者去除水体中污染物,这种方法见效快,但投放的药剂容易造成二次污染。生物修复法是利用动植物或微生物吸收、转化水中的污染物,达到净化水体、恢复生态的目的,如人工湿地、人工浮岛、生物格栅、植物浮床、生物膜、菌种投放等技术^[6],这种方法成本低,耗能小,无二

次污染,持续时间长,是目前城市湖泊常用的水环境修复方法。实际上,由于水环境中的污染物来源广泛,成分复杂,单一治理技术很难彻底完成城市水环境的生态修复,因此目前多采用综合治理技术进行水环境治理,但如何选择合适的综合治理技术是水环境修复的关键和难点^[7-11]。

杭州大江东产业集聚区是一座在建的新城,通惠湖位于大江东新城的核心区,总面积 0.36 km²,水深 2~3 m,其水环境状况对大江东产业聚集区的景观和城市品质具有重要意义。通惠湖现状水质为 V 类水,采用节制闸与周边河网隔断,周边河网水质为 V 类水或劣 V 类水,无清水可引,只能采用其他治理措施改善水环境。本文以相对封闭的通惠湖为研究对象,在分析其水环境现状的基础上,提出适用于通惠湖水体的水环境综合治理措施,并对照治理前后的水质检测报告,分析水环境综合治理效果。

作者简介:张建强(1978—),男,高级工程师,硕士,主要从事河道管理工作。E-mail: 253202109@qq.com

1 通惠湖水环境现状

杭州大江东产业集聚区位于萧山平原东北部的沿钱塘江区域,总面积 427 km²,大江东大部分土地为 20 世纪围垦钱塘江而得,区域内地面平坦,河道纵横交错,呈网格状分布,大部分河道水质为劣 V 类。通惠湖本是大江东核心区的一段内河,在开挖的基础上形成了一个内湖,其形态见图 1。为控制水位,同时避免周边河道污染,采用节制闸与周边河网隔断,仅在大雨期间打开排涝,即现有湖水与外界基本不流通,是一个死水湖。根据现场勘察,市政雨水管网接入湖体雨水排放口 3 个。

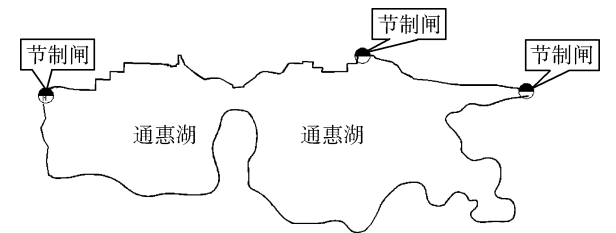


图 1 通惠湖形态

通惠湖处于封闭状态,水体流动性差,且无优质水源,水质较差,水生生态系统十分脆弱。2017 年 7 月 31 日(晴)对通惠湖内 5 个均匀分布的取样点进行了水质检测,结果见表 1。由表 1 可见,通惠湖水体中 COD_{Mn} 为Ⅳ类水,DO、COD_{Cr}、NH₃-N、TP 为 V 类水,TN 为劣 V 类,水体透明度较低。由此可见,通惠湖的氮磷浓度较高,有机污染严重,水体溶解氧低,透明度差,根据历年观测,高温季节极易暴发蓝藻。底泥取样发现,湖底存在大量淤泥,底泥呈黑色,需进行底泥修复处理。

2 治理措施选择

通惠湖的水环境治理首先要控源截污。通惠湖有 3 个市政雨水管网排放口,因无法移除,只能采取其他措施在湖体内对排放的污染物进行拦截处理。排放的物质不仅有溶解性污染物,还有树叶、泥沙等悬浮性污染物,因此拟采用生态挡墙技术控源截污,既可以拦截悬浮性污染物,又可以初步降解溶解性污染物。

底泥是水生植物生长的基质和底栖动物繁衍的

场所,同时也是各种污染物(如营养盐)累积富集的场所。这些高浓度的营养盐通过底栖生物活动、浓度差扩散、河道水流流态发生改变等过程,又不断地迁移到上覆水体中,使得底泥中大量的污染物被重新释放出来,造成河流湖泊水体的二次污染^[12-13]。通惠湖是在沙地上围垦时形成,虽有淤泥但不厚,若进行清淤,则会破坏底栖动物的生存环境,因此拟采用底泥锁定剂控制底泥的污染物释放,避免二次污染。

通惠湖治理必须要解决湖泊水域生态系统缺失的问题。因平时没有水源供给,水体流动性差,有机污染严重导致 DO 低,透明度差,氮磷浓度高导致水体高温季节易暴发蓝藻。根据通惠湖水域的特殊性,为彻底改变水环境状况,必须建立良好的湖泊水域生态系统,从而长期保持良好水质。因此,拟通过水生植物群落的构建,使水域生态系统完善并平衡,再结合曝气复氧、人工水草、组合填料及微生物修复技术等辅助措施对通惠湖进行综合生态修复。

针对通惠湖实际情况,经过多次专家论证筛选,最终确定采用以下水环境综合治理方案:生态挡墙+底泥锁定+曝气增氧+人工水草修复+微生物强化修复+水生植物修复。通惠湖水环境综合治理工程于 2017 年 8 月 1 日开工,10 月 8 日完工。

3 施工工艺与施工过程

3.1 雨水口生态挡墙

雨水会携带大量地面污染物进入雨水管道,为降低雨水中携带污染物对通惠湖水质的影响,采用生态挡墙对排入的污染物进行拦截。生态挡墙施工工序为:先用松木桩制作排放口外框,然后用不锈钢网固定内框,外框与内框之间填充滤料,将排放口排入的污染物拦截在框内,并定期清理悬浮性污染物,一段时间后滤料上可挂生物膜,具有降解有机物的功能。

3.2 底泥锁定技术

对通惠湖底泥的二次污染采用底泥锁定技术控制污染物的释放。底泥锁定技术不同于传统清淤技术,该技术应用多孔物质制成的底泥生态吸附剂,覆

表 1 通惠湖治理前水质监测结果

取样点	pH 值	透明度/ cm	$\rho(\text{DO})/$ ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	$\rho(\text{COD}_{\text{Mn}})/$ ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	$\rho(\text{COD}_{\text{Cr}})/$ ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	$\rho(\text{NH}_3\text{-N})/$ ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	$\rho(\text{TN})/$ ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	$\rho(\text{TP})/$ ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)
1	8.1	42	2.9	7.9	35	1.60	2.32	0.32
2	8.3	43	2.8	8.3	38	1.60	2.28	0.25
3	8.2	35	2.8	8.5	40	1.75	2.76	0.37
4	8.0	36	2.4	8.8	36	1.66	2.53	0.29
5	8.3	33	2.3	9.0	39	1.87	2.68	0.39

盖于水体底泥之上以锁定河道内源污染。底泥原位锁定技术具有如下 3 方面功能:①通过覆盖层,将污染底泥与上层水体物理性隔开;②覆盖作用可稳固污染底泥,防止其再悬浮或迁移;③通过覆盖物中有机颗粒的吸附作用,有效削减污染底泥中污染物进入上层水体。底泥锁定施工工序为:首先将底泥活性载体均匀地投放在河道水体底部,然后离岸 3 m 处每间隔 4 m 投放生态吸附剂。2017 年 9 月 15 日进行了底泥锁定技术施工,共投放底泥活性载体 10 t。

3.3 人工水草修复技术

人工水草修复技术是一种生物膜载体技术,它是模仿污水处理中的植物净化原理,采用耐酸碱、耐污、柔韧性很强的仿水草材料,通过优化生物填料以利于生物膜的形成和再生,不受透明度、光照等限制,具有投资低、效果好、二次污染小的特点,在我国污水处理和河流生态修复中已多次应用^[14]。本项目采用聚丙烯材料的细绳状人工水草,施工时首先将人工水草固定于重物上,然后依据施工图将人工水草投放在排放口附近的相应位置。人工水草施工面积总计 990 m²。

3.4 微生物强化修复技术

微生物强化修复技术是一种新型河道水体污染修复技术,应用某种微生物激活剂或高效功能微生物为主要技术手段,使水体内的微生物保持较高的活性,以快速降解和转化污染物^[15]。微生物强化修复技术的核心是促进水环境中高效功能性微生物的增殖与富集,针对通惠湖水域大、水体流动性差的特点,通过利用填料、生态基、人工水草等,营造功能性微生物适宜的稳定生态环境,从而加快水体污染物的降解和转化。选用具有国家专利的微生物强化修复技术(ZL201210094446.6,ZL201420185001.3),微生物制剂分 3 种,其中微生物制剂 BRM001 具有显著去除氮素,消除臭味的作用;微生物制剂 BRM002 对悬浮态有机质及附着型有机质具有显著的去除能力,可快速降解水体中的 TP;微生物制剂 BRM003 可与藻类形成竞争性环境,有效抑制藻类的产生。

微生物制剂施工时,首先将相应微生物制剂倒

入储菌桶,然后将微生物制剂均匀洒在河面。从 2017 年 9 月 10 日至 10 月 1 日,选择水温适宜、天气较好的情况下,分多批次向水体中投入特异的净水微生物制剂,共投加 8 次。其中微生物制剂 BRM001、BRM002、BRM003 分别投入 5.7 t、5.0 t、2.9 t。

3.5 水生植物生态修复技术

水生植物修复工程主要包括:挺水植物种植和浮游植物种植。本工程在湖中设置了 5 处生态浮岛,种植了美人蕉、旱伞草、路易斯安娜鸢尾、翠芦莉、圆币草及聚草等水生植物,在形成河道景观美化水体环境的同时,可有效利用植物吸收降解污染物,达到水体净化及污染拦截的效果。本工程设置系统的生态浮岛等景观绿化带总面积为 1096 m²,实现了兼顾水体景观和生态修复的目的。共完成绿化种植 4 274.2 m²,其中浮岛绿化面积 1 105.2 m²。

4 治理效果分析

治理工程实施后,分别于 2017 年 12 月 19 日、2018 年 1 月 18 日、2018 年 2 月 2 日委托第三方在通惠湖均匀分布取了 21 个水样进行了水质检测,检测结果见表 2。由表 2 可见,通惠湖水质较治理前有明显改善,其中 NH₃-N、TN、TP、COD_{Mn} 质量浓度均有明显下降。治理后,DO 质量浓度提升极为明显,由治理前的 2.3~3.2 mg/L 升至 7.4~12.9 mg/L, TN 质量浓度由治理前的 2.32~2.76 mg/L 降至 0.79~1.51 mg/L, TP 质量浓度由治理前的 0.25~0.39 mg/L 降至 0.07~0.18 mg/L;水体透明度也有了大幅改善,由治理前的 33~43 cm 提高至 60~148 cm。由此可见,目前通惠湖水质除 TN、TP 仍有部分点位属湖泊 V 类水外,其他水质指标均达到Ⅲ类标准。

对通惠湖治理前后的水质监测数据采用综合污染指数方法评价^[16],水质指标选用 COD_{Mn}、COD_{Cr}、NH₃-N、TN、TP 等 5 个指标,水质标准按照景观用水Ⅳ类水标准控制,评价结果见表 3。由表 3 可见,治理前综合污染指数为 1.63,为重污染状态,COD_{Cr}、NH₃-N、TN、TP 等 4 个指标均超标,其中 TP 超标达到 3.24 倍。治理后 3 次水质监测的综合污染指数为 0.52~0.61,为轻度污染状态,仅 TP 出现了超标

表 2 通惠湖治理后水质检测结果

时间	pH 值	透明度/ cm	ρ(DO)/ (mg·L ⁻¹)	ρ(COD _{Mn})/ (mg·L ⁻¹)	ρ(COD _{Cr})/ (mg·L ⁻¹)	ρ(NH ₃ -N)/ (mg·L ⁻¹)	ρ(TN)/ (mg·L ⁻¹)	ρ(TP)/ (mg·L ⁻¹)
2017 年 12 月 19 日	7.4~8.1	72~110	9.9~12.9	3.6~4.2	15~22	0.03~0.09	0.98~1.26	0.07~0.09
2018 年 1 月 18 日	8.1~8.8	60~73	7.4~12.1	2.1~3.8	6~11	0.19~0.48	0.79~1.51	0.12~0.18
2018 年 2 月 2 日	7.1~7.7	101~148	10.1~12.2	2.4~3.2	10~18	0.11~0.20	0.79~1.21	0.09~0.13

表 3 通惠湖治理前后综合污染指数及水质指标超标倍数

阶段	时间	综合污染指数	COD _{Cr}	NH ₃ -N	TN	TP	水质状况
治理前	2017 年 7 月 31 日	1.63	1.25	1.13	1.63	3.24	重污染
	2017 年 12 月 19 日	0.52	不超标	不超标	不超标	不超标	轻度污染
治理后	2018 年 1 月 18 日	0.61	不超标	不超标	不超标	1.5	轻度污染
	2018 年 2 月 2 日	0.52	不超标	不超标	不超标	1.1	轻度污染

现象。由此可见,通惠湖治理后水质明显改善,表明选用的水环境综合治理措施是适用的和有效的。

5 结 语

对通惠湖采取生态挡墙、底泥锁定、微生物强化修复、水生植物修复等水环境综合治理措施,治理后的水质检测结果表明,COD_{Mn}、COD_{Cr}、NH₃-N、TN、TP 等指标均有明显下降,尤其是 DO 提升极为明显,水质状况由治理前的重污染状态提升至轻度污染状态。

参考文献:

[1] 田军,张春敏,金竹静,等.城市河道生态整治技术研究进展[J]. 环境科学导刊,2017,36(3):38-41. (TIAN Jun,ZHANG Chunmin,JIN Zhujing, et al. Advance of urban river ecological remediation technology [J]. Environmental Science Survey,2017,36(3):38-41. (in Chinese))

[2] 许益新,王文才,曾伟峰,等.调水引流改善平原河网水环境质量模拟[J]. 水资源保护,2018,34(1):70-74. (XU Yixin,WANG Wencai,ZENG Weifeng, et al. Simulation on improvement of water environment in plain river network by water diversion [J]. Water Resource Protection,2018,34(1):70-74. (in Chinese))

[3] 李兰,马凤友,周文财,等.引水济湖工程措施的生态环境影响评价方法[J]. 水资源保护,2011,27(5):70-74. (LI Lan,MA Fengyou,ZHOU Wencai,et al. Research on methods for ecological environmental impact assessment of water diversion from river to lake [J]. Water Resource Protection,2011,27(5):70-74. (in Chinese))

[4] 俞建军.引水对西湖水质改善作用的回顾[J]. 水资源保护,1998(2):50-55. (YU Jianjun. Review on the effect of water diversion on the improvement of water quality in West Lake [J]. Water Resource Protection,1998(2):50-55. (in Chinese))

[5] 黄海涛,李承志.“引牛济滇”加速滇池水体置换工程方案初步设想[J]. 云南水力发电,2002,18(增刊1):8-12. (HUANG Haitao,LI Cengzhi. Preliminary idea for accelerating the water body replacement project in Dianchi Lake [J]. Yunnan Water Power,2002,18(Sup1):8-12. (in Chinese))

[6] 徐梦绯.生态修复技术在治理城市黑臭河流的应用[J]. 污染防治技术,2017,30(5):59-61. (ZHANG Mengfei. Application of ecological remediation technology

in the renovation of urban black and odorous rivers [J]. Pollution Control Technology,2017,30(5):59-61. (in Chinese))

[7] 陆桂华,张建华.太湖水环境综合治理的现状、问题及对策 [J]. 水资源保护,2014,30(2):67-69. (LU Guihua,ZHANG Jianhua. Present status and problems of comprehensive treatment of water environment in Taihu Lake and countermeasures [J]. Water Resource Protection,2014,30(2):67-69. (in Chinese))

[8] 朱威,周小平,蔡杰.太湖流域水环境综合治理及其启示[J]. 水资源保护,2016,32(3):149-152. (ZHU Wei,ZHOU Xiaoping,CAI Jie. Lessons from comprehensive management of water environment in Taihu Basin [J]. Water Resource Protection,2016,32(3):149-152. (in Chinese))

[9] 朱喜,胡明明,朱金华,等.巢湖水环境综合治理思路 and 措施 [J]. 水资源保护,2016,32(1):120-124. (ZHU Xi,HU Mingming,ZHU Jinhua, et al. Thoughts and measures of water environment comprehensive management in Chaohu Lake [J]. Water Resource Protection,2016,32(1):120-124. (in Chinese))

[10] 万金保,蒋胜韬.鄱阳湖水环境分析及综合治理[J]. 水资源保护,2006,22(3):24-27. (WAN Jinbao,JIANG Shengtao. Analysis and comprehensive treatment of aquatic environment in Poyang Lake [J]. Water Resource Protection,2006,22(3):24-27. (in Chinese))

[11] 韩龙喜,姚琪,张健.南通水系片水环境容量及污染综合治理研究[J]. 河海大学学报(自然科学版),1998,26(1):114-118. (HAN Longxi,YAO Qi,ZHANG Jian. Environmental capacity of Nantong water network and comprehensive plan of water pollution control [J]. Journal of Hohai University (Natural Sciences),1998,26(1):114-118. (in Chinese))

[12] 徐祖信,张锦平,廖振良,等.苏州河底泥对上复水水质污染影响 [J]. 城市环境与城市生态,2005,18(6):1-3. (XU Zuxin,ZHANG Jinping,LIAO Zhenliang, et al. Influence of sediments on the covering water in Suzhou creek of Shanghai [J]. Urban Environment & Urban Ecology,2005,18(6):1-3. (in Chinese))

[13] CAILLE N,TIFFREAU C,LEYVAL C,et al. Solubility of metals in an anoxic sediment during prolonged aeration [J]. The Science of Total Environment,2003,301(1/2/3):239-250.

[14] 陈庆锋,杨红艳,马君健,等.人工水草在重污染河流生态修复中的应用进展 [J]. 中国给水排水,2014,30

- (20): 54-58. (CHEN Qingfeng, YANG Hongyan, MA Junjian, et al. Application of artificial plants to ecological restoration of heavily polluted river [J]. China Water & Waste Water, 2014, 30(20): 54-58. (in Chinese))
- [15] 贺磊. 微生物强化修复技术在锦州市河道治理中的应用[J]. 中国水能及电气化, 2017(3): 18-21. (HE Lei. The application of enhanced bioremediation technique in river regulation of Jinzhou City [J]. China Water Power & Electrification, 2017(3): 18-21. (in Chinese))
- [16] 严少红, 李涛. 利用水质综合污染指数评价珠江口近岸海域环境质量[J]. 中国资源综合利用, 2018, 36(7): 173-175. (YAN Shaohong, LI Tao. Assessment of the Pearl River estuary pollution by water comprehensive pollution index [J]. China Resources Comprehensive Utilization, 2018, 36(7): 173-175. (in Chinese))
- (收稿日期: 2018-08-31 编辑: 王芳)
-
- (上接第 54 页)
- [20] 胡鹏, 崔小红, 周祖昊, 等. 流域水文模型中河道断面概化的原理和方法[J]. 水文, 2010, 30(5): 38-41. (HU Peng, CUI Xiaohong, ZHOU Zuhao, et al. Principle and method of river cross section regularization in watershed hydrological model [J]. Journal of China Hydrology, 2010, 30(5): 38-41. (in Chinese))
- [21] 张如强, 高红凯, 刘俊国, 等. 不同目标函数对水文模型模拟效果影响研究[J]. 中国农村水利水电, 2017, 59(4): 106-111. (ZHANG Ruqiang, GAO Hongkai, LIU Junguo, et al. The influence of different objective functions on hydrological model performance [J]. China Rural Water and Hydropower, 2017, 59(4): 106-111. (in Chinese))
- [22] MORIASI D N. Model evaluation guidelines for systematic quantification of accuracy in watershed simulations [J]. Transactions of the ASABE, 2007, 50(3): 885-900.
- [23] RAMAMURTHY A S. Dividing flow in open channels [J]. Journal of Hydraulic Engineering, 1990, 116(3): 449-455.
- [24] 李炜. 水力计算手册[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2006.
- [25] 陈界仁, 余雯. 码头桩群对八卦洲汊道分流比的影响研究[J]. 水运工程, 2012, 19(3): 104-107. (CHEN Jieren, YU Wen. Influence of pile group on division ratio of Baguazhou branch [J]. Port and Waterway Engineering, 2012, 19(3): 104-107. (in Chinese))
- [26] 张秉文. 天然河道糙率计算及取值方法[J]. 南水北调与水利科技, 2012, 10(A01): 25-28. (ZHANG Bingwen. Calculation and value selection method of the roughness of natural river channel [J]. South-to-North Water Transfers and Water Science & Technology, 2012, 10(A01): 25-28. (in Chinese))
- [27] 王鹤霏. 生物-生态技术对水体修复效果的研究[D]. 大连: 大连理工大学, 2013.
- [28] GRACE J, PRIEST M. Diversion of flow in open channels [R]. Alabama: Alabama Polytechnic Institute, 1958.
- [29] 葛亮. 分汊河道分流特性的研究与应用[D]. 南京: 河海大学, 2004.
- [30] 何伟, 陈静, 谈永锋. 分汊河道的水流运动特性研究进展[J]. 水电站设计, 2008, 24(2): 83-85. (HE Wei, CHEN Jing, TAN Yongfeng. Research progress on flow movement characteristics of bifurcated rivers [J]. Design of Hydroelectric Power Station, 2008, 24(2): 83-85. (in Chinese))
- [31] 严以新, 葛亮, 高进. 最小能耗率理论在分汊河段的应用[J]. 水动力学研究与进展: A 辑, 2003, 18(6): 692-697. (YAN Yixin, GE Liang, GAO Jin. Application of the minimum energy dissipation rate theory in the braided river [J]. Chinese Journal of Hydrodynamics, 2003, 18(6): 692-697. (in Chinese))
- [32] 何伟. 点源排放下分汊河道污染物分配规律试验研究[D]. 南京: 河海大学, 2008.
- [33] 郑鸣芳. 闽江下游分流口河段分流比及河道演变分析[D]. 南京: 河海大学, 2005.
- [34] RAMAMURTHY A S, ZHU W. Dividing rectangular closed conduit flows [J]. Journal of Hydraulic Engineering, 1996, 122(12): 687-691.
- [35] 陈界仁, 张婧, 罗春, 等. 赣江下游东西河分流比变化分析[J]. 人民长江, 2010, 41(6): 40-42. (CHEN Jieren, ZHANG Jing, LUO Chun, et al. Analysis on diversion ratio for downstream of Ganjiang River [J]. Yangtze River, 2010, 41(6): 40-42. (in Chinese))
- [36] 黄志文, 许新发, 唐立模, 等. 赣江入鄱阳湖尾闾东西河分流比变化规律分析[J]. 人民长江, 2017, 48(24): 26-30. (HUANG Zhiwen, XU Xinfu, TANG Limu, et al. Analysis on variation of flow diversion ratio at tail-streams of Ganjiang River [J]. Yangtze River, 2017, 48(24): 26-30. (in Chinese))
- [37] 姜宁林, 张长宽, 陈永平. 上游径流变化对长江澄通河段汊道分流比的影响[J]. 人民长江, 2012, 43(23): 33-36. (JIANG Ninglin, ZHANG Changkuan, CHEN Yongping. Impacts of upstream discharge on branch discharge ratio of Chengtong reach of Yangtze River [J]. Yangtze River, 2012, 43(23): 33-36. (in Chinese))
- [38] 钱睿智, 王永东, 杨咏梅, 等. 江都东闸引水期宜陵节点分流比模型研究[J]. 江苏水利, 2017, 23(8): 5-10. (QIAN Ruizhi, WANG Yongdong, YANG Yongmei, et al. Study on the split ratio model of Yiling node at diversion stage of Jiangdu East Gate [J]. Jiangsu Water Resources, 2017, 23(8): 5-10. (in Chinese))
- [39] 陈斌, 邹年华, 许新发, 等. 鄱阳湖水位变化对赣江尾闾河段分流比影响研究[J]. 人民长江, 2018, 49(8): 8-12. (CHEN Bin, ZU Nianhua, XU Xinfu, et al. Test study on effects of water level fluctuation of Poyang Lake on diversion ratio of estuaries of Ganjiang River. [J] Yangtze River, 2018, 49(8): 8-12. (in Chinese))
- (收稿日期: 2019-03-11 编辑: 彭桃英)