

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2020.10.005

# 武汉市沙湖历史回顾及水环境提升工程规划方案

吴 思, 陈雄志

(武汉市规划研究院, 湖北 武汉 430014)

**摘 要:** 随着城市的不断发展,素有百湖之城美誉的武汉也面临着城市内湖污染问题。以武汉市内湖——沙湖为例,对其历史状况、治理过程进行了回顾,对其现状进行调查、分析、评价,并提出了外围污水系统完善、外源污染控制、底泥控制、水生植被重建等方面的控制措施。为确保沙湖治理水平在较长时间内良好稳定,在现有工程方案基础上提出了更进一步的水环境管控方案,即自动监测、远程调度、多方协作、水力调度等相结合的长效管理方案。该工程水体治理、生态修复模式可为其他同类湖泊治理提供借鉴。

**关键词:** 沙湖; 水环境治理; 污染源量化; 工程规划; 长效管理

**中图分类号:** TU992 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4602(2020)10-0024-06

## Historical Review and Water Environment Improvement Project Planning of Shahu Lake in Wuhan

WU Si, CHEN Xiong-zhi

(Wuhan Planning & Design Institute, Wuhan 430014, China)

**Abstract:** With the development of urban, there was some problems of urban lake pollution in Wuhan which is famous for the large number of lakes. Taking the inner lake of Wuhan—Shahu Lake as an example, its historical situation and pollution control process were reviewed, and its current situation was investigated, analyzed and evaluated. Then, the corresponding measures including the improvement of the peripheral wastewater treatment system, the control of outside source pollution, the control of sediment, vegetation recovery and other aspects were proposed. To ensure that the level of management could be maintained in a good degree for a long time, a long-term management scheme combining automatic monitoring, remote scheduling, multi-party cooperation and hydraulic dispatching was proposed based on the existing engineering schemes. The water body treatment and ecological restoration mode of the project could provide reference for the treatment of other similar lakes.

**Key words:** Shahu Lake; water environment treatment; pollution sources quantification; project planning; long-term management

沙湖位于武汉市城市核心区内,西距长江 1 km,东邻东湖 2 km,总面积约为 3.1 km<sup>2</sup>。沙湖的保护治理一直被社会所广泛关注,也是武汉市湖泊保护策略、方向和进展的典型代表,提升沙湖的水环境品质,对带动武汉市的水环境整体提升具有示范作用。沙湖还是武汉市沙湖公园的核心景观资源,提

升沙湖的水环境品质亦是提升沙湖公园的品质,也是提高市民对滨江滨湖城市特色的体验感和获得感的必然途径。

沙湖经过近年来的一系列治理,具备优先开展水生态环境修复的前提条件,因此沙湖也是武汉市“四水共治”行动计划中需要优先实施水环境提升

的水体。

## 1 沙湖历史回顾

### 1.1 沙湖区域的城市化进程与湖泊形态演变

沙湖原为通江湖泊,随外江水位的变化而自然涨落,随着1899年武昌南北大堤和武丰闸的建成,沙湖进入夏蓄枯排的半自然状态,湖内的部分浅滩出露为陆地,沙湖周边地区仍然保持自然的农业状态。

1936年建成的粤汉铁路,经武昌火车站至徐家棚轮渡,将沙湖分割为内沙湖和外沙湖,沙湖与南湖的水系联系中断。其后至新中国成立期间,沙湖周边没有进行集中的城市建设。

随着中北路沿线的武汉重型机械厂的建设,以及和平大道沿线的湖北大学建设,沙湖周边发生了巨大变化,湖泊面临城市化在形态和水质方面的双重压力,但总体湖面面积和水质都还未发生显著变化。1978年建成的罗家路泵站开启了整个东沙湖水系的抽排历史,水位调控从半自然状态基本过渡到全人工阶段。1982年前进路泵站建成并投入运行,沙湖从往东排放演变为从东西两个方向排放的新格局。

随着城市进入新的快速发展阶段和长江二桥的建成,沙湖及其周边引来了一轮快速演变过程,城市化压力加剧。沙湖内部由湖变塘趋势明显,沙湖湖汉基本成为建设用地。沙湖水体污染日益严重,并从工业型污染过渡为生活型污染。

随着对1998年大洪水的反思,以及国家对环境保护的重视,沙湖在城市化压力和环境保护之间的博弈过程中成为社会关注的重点。通过新生路泵站的建设力图解决地区内涝问题,在楚河汉街的建设过程中启动了沙湖公园的建设,并通过建成的沙湖公园实现了对沙湖的有效控制。

### 1.2 沙湖的保护治理历程与湖泊水质变化

随着沙湖周边城市的发展,沙湖水质从1990年代开始进入污染期,早期以工业和生活混合污染为主,磷的污染晚于COD和TN的污染。COD污染在2001年达到顶峰后逐步下降,到2010年后基本处于达标的临界状态;TN污染在2003年达到顶峰后稳步下降,近年来基本处于达标水平;TP污染在2009年达到高峰后逐步波动下降,但下降速率相对较慢。

1985年—2007年是污水厂集中建设阶段。随

着沙湖周边城市发展,沙湖水质开始受到影响,出现污染物指标超标的状况,同时该区域也进入一个污水处理厂的集中建设阶段,包括沙湖污水厂的建设、提标、扩建,以及二廊庙污水厂的建设等。根据已有数据,在2002年—2007年沙湖水质总体得到改善,但受制于污水处理工艺的处理效果,水体总磷含量仍在逐步上升。

随着污水处理厂改扩建基本完成,直排入湖污水的截流工作及沙湖全面清淤成为水质改善的重要工作。2007年—2009年进行的“清水入湖”工程总体上进一步降低了具有生活污水特征的COD、BOD<sub>5</sub>、粪大肠杆菌等指标浓度,但具有明显污水厂尾水特征的总磷、总氮、氨氮浓度却出现了反弹。2009年10月沙湖的全面清淤工作开始进行。

2009年以后,随着污水处理厂的稳定运行、清水入湖项目的完成,社区雨污分流改造、市政混错接改造、雨污混流排口整治等一系列排水体系完善工程及沙湖公园建设的实施,使沙湖水体水质总体呈转好的趋势。截至目前,沙湖水体水质已经基本达标。

在沙湖的保护治理历程中,有几个典型的重大水污染治理工程的实施对沙湖的保护起到了重要的作用:一是1993年沙湖污水厂一期工程建成并运行,该工程完成了沙湖南片污水入厂处理;二是2002年新生路泵站的建设,使沙湖西片金沙明渠片完成截污,2016年沙湖北环路形成,沙湖北片武车路、湖大片完成截污。

## 2 沙湖现状调查及问题分析

### 2.1 沙湖水质

2017年4月对沙湖6个取样点进行取样检测,除湖心点位的总磷轻微超标以外,其余5个点位的水质均能满足地表Ⅳ类水质标准。2017年7月对沙湖3个点位进行监测,其水质为劣Ⅴ类。

按照2015年—2017年武汉市环保局网站公布的各月水质状况,参考汉阳“863”项目对类似湖泊的研究监测成果,3月—5月是湖泊水质相对较好的时期,丰水期的污染物浓度将可能存在3~5倍的增高趋势,水质将可能下降为劣Ⅴ类水。这也与沙湖实测水质相吻合。

总体来看,沙湖水质处于持续改善期,但存在不能稳定达标的问题。2017年4月沙湖水质监测结果见表1。

表1 2017年4月沙湖水水质

Tab.1 Water quality of Shahu Lake in April 2017

项 目	1#取样点	2#取样点	3#取样点	4#取样点	5#取样点	6#取样点	Ⅳ类水标准
水温/℃	19.1	19.3	22.6	20.3	20.6	20.8	
pH 值	7.88	7.98	8.23	8.38	8.45	8.46	6~9
溶解氧/(mg·L <sup>-1</sup> )	9.45	8.88	10.27	14.48	16.82	14.60	≥3
透明度/m	0.61	0.59	0.64	0.54	0.57	0.51	
COD/(mg·L <sup>-1</sup> )	<15	20	16	21	25	23	≤30
总氮/(mg·L <sup>-1</sup> )	0.890	1.120	1.060	1.300	0.880	0.965	≤1.5
氨氮/(mg·L <sup>-1</sup> )	0.368	0.463	0.438	0.533	0.363	0.398	≤1.5
总磷/(mg·L <sup>-1</sup> )	0.074	0.064	0.084	0.104	0.094	0.074	≤0.1

## 2.2 沙湖水生态

① 水生植被。沙湖沉水植物面积明显不足,水生植被总面积仅约 0.25 km<sup>2</sup>,且以湿生与挺水植物为主,沉水植物面积仅 0.2 hm<sup>2</sup>,远小于清水湖泊所需 30%~40% 的比例值。

② 水位。目前沙湖的调度规则为汛前由新生路泵站预排沙湖水位至 19.5 m,汛中根据不同预报日降雨量,沙湖水位预降至 19.0~19.2 m,预计最高水位不超过 20.35 m;汛后,雨后两天内降低至 19.5 m。沙湖目前的透明度在 0.5 m 左右,现行水位调度方案中,沉水植物发芽期满足其生长光照条件的水深区域占比不足 3.5%。因此,现行湖泊水位调控方案不适合水生植物生长。

③ 水循环。目前沙湖主要依靠新生路出口进行出湖的水力调度,主要循环区域集中在西南部区域,中部及东部区域缺乏流动。

④ 底泥。沙湖底泥中各形态的氮磷浓度在沙湖东北部和西南部偏高;淤泥厚度在东北部明显偏高,部分区域超过 1 m。底泥中磷释放速率的季节性变化较大,实验结果表明 7 月—9 月底泥中磷的释放速率最高。

## 2.3 系统概况及存在问题分析

① 系统开发建设现状。沙湖汇水区现状人口为 26.7 万人,总建筑量为 2 250 × 10<sup>4</sup> m<sup>3</sup>,开发用地占比为 72.6%,以建筑与小区为主,生态绿地占比仅为 7%,增大了水质、水生态保护压力。

② 雨水系统。现状沙湖属于东沙湖水系,雨水汛期经沙湖调蓄后,由新生路、前进路、罗家路泵站抽排出江。外沙湖汇水区 15 km<sup>2</sup> 的雨水系统整体较为完善,但入湖闸的人工启闭形式降低了雨水排放效率。

③ 污水系统。沙湖汇水区现状分属沙湖、二

廊庙污水处理厂服务范围。周边污水干管已基本形成,且沙湖排口已完成旱季污水截污工程。由于沙湖和二廊庙污水处理厂已超负荷运行,且地下交通工程施工损毁了友谊大道进厂污水主干管,污水转输能力由 14 × 10<sup>4</sup> m<sup>3</sup>/d 降至 6 × 10<sup>4</sup> m<sup>3</sup>/d,新生路污水泵站日常只能发挥 50% 的设施效能,加之服务范围内临江截污泵站未实施,最终导致新生路系统旱季约 9.9 × 10<sup>4</sup> m<sup>3</sup>/d 污水入江<sup>[1]</sup>。因此,沙湖汇水区的污水骨干系统不完善,降低了沙湖外源污染控制的效果。

## 2.4 排口及管网问题

沙湖现状排口共 9 处(见图 1),其中楚汉路为雨水排口,其余为雨污分流区的混流排口。考虑到图 1 中排口⑤、⑥分别为应急排口和隧道排口,无直接汇水区,不进行详细评价;排口⑦为楚河排口,为水果湖间接汇水区,不作为本次重点研究排口。



图1 沙湖排口位置

Fig.1 Outlet position of Shahu Lake

各排口子汇水区的建设情况、雨污分流、旱季截污、初期雨水截流以及污水管网完善情况等详见表 2。总的来说,沙湖汇水范围已建成较高标准的截流系统,100% 面积的旱流污水不入湖,仅水岸星城、楚汉路、公正路汇水区的初期雨水未截流,但面



积均小于 1 km<sup>2</sup>。汇水区内雨污分流未完成,仅 33% 的地块完成雨污分流,仍有溢流污染入湖。

表 2 沙湖各排口情况

Tab.2 Outlet situation of Shahu Lake

排口 分类	编号	名称	排口大小	子汇水系 统面积/ km <sup>2</sup>	现状建设 用地占 比/%	绿地占 比/%	雨污未分 流改造社 区/个	旱季污 水是否 截流	初雨径流 污染是 否截流	上游污水 支管是 否完善
市政 管网 排口	①	武车路、湖大	3.5 m×2.2 m	1.8	99	0.83	2	是	是	否
	②	水岸星城	d1 200 mm	0.3	99	2.36	1	是	否	是
	③	楚汉路	d1 500 mm	0.4	100	0	0	否	否	是
	④	公正路	d1 800 mm,d1 200 mm	0.9	100	2.22	0	是	否	否
	⑤	应急排口	3.5 m×2.0 m							
	⑥	隧道排口	d1 500 mm							
明渠 排口	⑦	楚河								
	⑧	金沙明渠(含三角路片)	2×5.4 m×2.2 m	3.73	99	7.24	3	是	是	否
	⑨	沙湖港	6.0 m×2.0 m(2 孔)	4.3	99	1.17	4	是	是	否

2.5 污染物量化计算

沙湖污染物来源有 4 类,分别是混错接导致的生活污水溢流污染、地面径流污染、湖面降尘污染和底泥污染物释放。以 TP 为典型污染物指标进行计算,结果如表 3 所示。从计算结果可知,沙湖水质不能稳定达标,内源污染占比较大,底泥中磷释放占比为 62%,其次为地面径流污染,占比为 25%。

表 3 沙湖 TP 量化计算结果

Tab.3 TP quantitative calculation result of Shahu Lake

项 目		数 值
外源污染	溢流污水排放量	0.52
	面源污染入湖量	1.31
	湖面降尘污染	0.12
内源污染	底泥污染释放	3.23
合计		5.18

3 工程规划方案

3.1 规划目标及策略

近期至 2021 年,沙湖稳定达到地表Ⅳ类水标准;远期至 2030 年主要水质指标达到地表Ⅲ类标准。具体策略:一是通过提高外围系统能力,争取控污环境高效化;二是推进外源污染控制,做到源头控污精细化;三是强化污染底泥控制,实现底泥改造生态化;四是加速水生植被重建,注重生态系统景观化。

参照《武汉市海绵城市规划技术导则》,外沙湖汇水区面源污染削减率应达到 60%,结合工程实施难易程度,对削减比例进行适当分解,各类污染 TP 削减比例如表 4 所示。

表 4 沙湖 TP 削减比例

Tab.4 TP reduction ratio of Shahu Lake

项 目		现状排入量/ (t·a <sup>-1</sup> )	削减比 例/%	削减后排入量/ (t·a <sup>-1</sup> )
外源污染	溢流污水	0.52	80	0.104
	面源污染	1.31	50	0.655
	湖面降尘	0.12	0	0.12
内源污染	底泥污染释放	3.23	75	0.807

3.2 工程规划方案

① 外围系统完善工程

新建新生路第二通道工程,扩建新生路污水泵站以满足环湖北路箱涵和金沙箱涵的截流初期雨水蓄存、输送的要求。沿沙湖北岸线-沙湖大道道路南侧-二廊庙预处理站铺设,包括 3.3 km 的 2 排 DN1 000 污水压力管和 2.1 km 的 d2 000 mm 重力管,扩建新生路污水泵站至 3.2 m<sup>3</sup>/s<sup>[1]</sup>。外围系统完善工程概况具体见图 2。



图 2 外围系统完善工程概况

Fig.2 Peripheral system improvement engineering of Shahu Lake

② 外源污染控制工程

在外源污染控制方面,则以排口所在子汇水区为对象进行控制,同时推进市政污水管网完善工程、

社区雨污分流工程、源头面源污染控制工程及排口生态化改造工程。

外源污染控制工程具体工程量见表 5。

表 5 外源污染控制工程

Tab. 5 Outside source pollution control project of Shahu Lake

排口汇水区	汇水面/km <sup>2</sup>	市政污水管网完善工程	社区雨污分流工程	源头面源污染控制工程	排口生态化改造工程
武车路排口汇水区	1.8	新建 $d400 \sim d600$ mm 污水管,长为 33.3 km;湖大新建 $d1\ 800$ mm 雨水管道,长为 250 m	分流改造面积为 13.9 hm <sup>2</sup>	源头面源污染控制面积为 65.3 hm <sup>2</sup> (含 $1.1 \times 10^4$ m <sup>3</sup> 初雨池或雨水花园)	
水岸星城排口汇水区	0.3		分流改造面积为 24.1 hm <sup>2</sup>	源头面源污染控制面积为 24.1 hm <sup>2</sup>	局部水循环增氧工程,设置潜水泵 1 台和配套管网
楚汉路排口汇水区	0.4				现状 $d1\ 500$ mm 排口生态化改造 1 处
公正路排口汇水区	0.9	新建 $d400 \sim d600$ mm 污水管,长度 1.8 km		已建区源头面源污染控制面积为 12 hm <sup>2</sup>	现状 $d1\ 200$ mm 和 $d1\ 800$ mm 排口生态化改造 1 处
金沙明渠排口汇水区	3.73	新建 $d400 \sim d1\ 000$ mm 污水管,长为 2.7 km	分流改造面积为 73.9 hm <sup>2</sup>	源头面源污染控制面积为 73.9 hm <sup>2</sup>	
沙湖港排口汇水区	4.3	新建 $d400 \sim d1\ 500$ mm 污水管,长为 3.6 km	分流改造面积为 143 hm <sup>2</sup>	源头面源污染控制面积为 173.9 hm <sup>2</sup>	

③ 内源(底泥)污染控制工程

本次规划对磷含量较高区域采取控制措施,考虑底泥厚度等综合因素,控制面积约为底泥总面积的 30%。采用钝化和原位仿生改性相结合的方式,其中钝化面积为 0.23 km<sup>2</sup>,以铁盐和硝酸钙混合施加为主;原位仿生改性面积为 0.70 km<sup>2</sup>,采用微生物改性厚度为 20 cm。底泥污染控制区域见图 3。

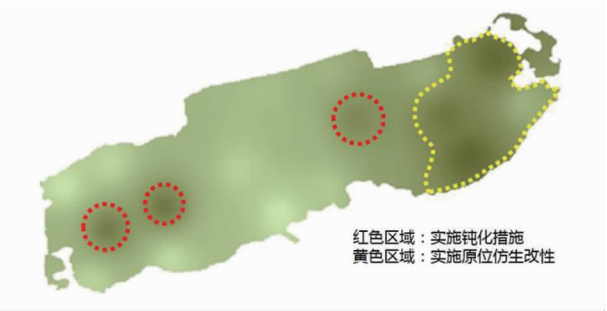


图 3 内源(底泥)污染控制区域

Fig. 3 Sediment control area of Shahu Lake

④ 水生植被重建工程

规划水生植被重建目标是水生植被覆盖度达到 40%,覆盖面积不小于 1.16 km<sup>2</sup>。其重建的前置条件为水生植被发芽期 2 月—4 月时,重建区域水深不大于 1.2 m。因此本次规划方案为 2 月—4 月时将水位调控至 19.2 m,并对湖底高程在 18.0 m 以上区域进行水生植物重建,重建面积为 1.16 km<sup>2</sup>,

以沉水植物为主,近岸搭配少量挺水植物。

4 长效管理方案

为了使沙湖水质长期稳定在一个较好的水平,本项目拟设置水质自动监测预警系统、远程调度系统、多方协作维护管理体系以及水力调度相结合的长效管理方案,对区域内的水质变化进行实时监控、管理。

4.1 水质自动监测预警系统

考虑到水质受楚河来水影响大,夏季以东风为主,藻类和悬浮物趋于在西部湖体聚集,同时结合新生路泵站排水对水体拉动作用,在沙湖西侧湖中位置、楚河中部歌笛桥位置建立 2 套水质自动监测预警系统。系统建设水域水位较深,且不属于生态恢复的水域,因此测定指标更具有指导性。工程采用在线监测仪监测 COD、氨氮、总磷、SS,当指标超过设定值或出现连续升高等异常情况时及时预警。

4.2 远程调度系统

在现有沙湖和沙湖港水位监测点基础上,在截流排口的关键管段布置箱涵内水位监测点。新增武车路箱涵监测点、金沙箱涵监测点,可供判别截流箱涵上游雨污分流状况,同时对排口进出湖闸的启闭决策提供依据。同时在依托现有水务管理平台的基础上,建立闸站远程控制设施,包括 4 套进出湖闸控

制设施和2套泵站远程控制设施,实现闸站的远程启闭、启停控制。

#### 4.3 多方协作的维护管理体系

采取市、区两级分工模式,市水务部门主要负责泵站闸门调度管理,区政府负责统筹区内各部门相关工作任务,区水务局、建设局、园林局、环保局等单位各司其职,多方协作以保证系统的长效运行。

#### 4.4 水力调度方案

根据沙湖水生态对水位的需求,综合排涝要求,提出新的水位调控方案:3月—8月,雨后水位控制在19.2 m;9月—次年2月,雨后水位控制在19.5 m。同时在大东湖生态水网调度方案基础上,考虑到沙湖港闸自关闭后从未开启,沙湖出水通道目前仅由新生路泵站抽排沙湖水出江,根据全年水位监测数据,可判断非暴雨降雨时段,沙湖港具备承接沙湖来水的条件,利用沙湖港和罗家路泵站或自排闸同时进行水位调控可促进沙湖水循环,改善沙湖东部水域水环境。具体调度水量可通过同步跟踪监测进行决策。沙湖新增出水路线见图4。



图4 沙湖新增出水路线示意

Fig.4 New water route of Shahu Lake

## 5 结论

① 沙湖在从1899年至今的城市建设历程中经历了自然湖泊到人工调控湖泊的转变、湖面变化到有效控制的转变、水质污染到修复的转变。现阶段,沙湖空间形态稳定,水质基本达标。

② 现状沙湖水质存在季节性不达标问题,水生植被占比低,现行湖泊水位调控方案不适合水生植物的生长,中东部区域水体流动性差,底泥中各形态的氮磷均在东北部和西南部浓度偏高。汇水范围内雨污水系统基本形成,但污水系统不完善,降低了沙湖外源污染控制效果。虽已建成较高标准的截流

系统,但雨污分流未完成,仍有溢流污染入湖。

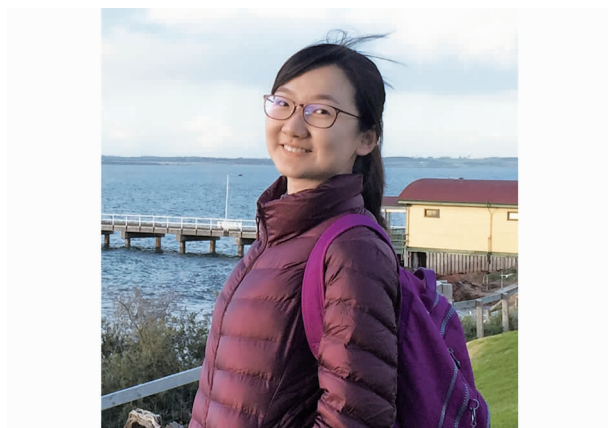
③ 通过计算,沙湖污染源中内源污染占比较大,底泥中磷释放占比为62%,其次为地面径流污染,占比为25%。

④ 工程规划方案包含外围系统完善工程,针对污水系统不完善的问题,增设新生路第二通道工程;外源污染控制工程,对各排口汇水区的市政污水管网、社区雨污分流、源头面源污染控制及排口生态化改造提出具体工程措施;内源污染控制工程,针对底泥进行钝化和原位仿生改性,控制面积约为底泥总面积的30%;水生植被重建工程,提出水生植被覆盖度为40%及适宜水生植被生长的水位需求。

⑤ 在工程规划方案的基础上,提出了长效管理方案,结合自动监测、远程调度、多方协作、水力调度等手段,为沙湖的长效治理制定了高实用性的规划方案,其水体治理、生态修复模式可为其他同类湖泊治理提供借鉴。

#### 参考文献:

- [1] 戴立峰,陈雄志,蔡云东. 武汉市长江、沙湖水环境提升工程规划方案[J]. 中国给水排水,2018,34(12): 37-41.
- Dai Lifeng, Chen Xiongzi, Cai Yundong. Water environment improvement project planning of Yangtze River and Shahu Lake in Wuhan City[J]. China Water & Wastewater,2018,34(12):37-41(in Chinese).



作者简介:吴思(1986—),女,天津人,硕士,高级工程师,主要从事城市水及相关市政基础设施的规划与研究工作。

E-mail:wusi0227@qq.com

收稿日期:2019-10-22