

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2020.18.001

大型流域综合治理方案研究——以观澜河流域为例

李瑞成, 邱宏俊

(中国市政工程中南设计研究总院有限公司, 湖北 武汉 430010)

摘要: 以观澜河流域为例,对大型流域综合治理规划方案进行了系统研究。按“全要素、全因子、全空间、全过程、全社会”的统筹治理思路,以及“治理目标的系统性、治理对象的系统性、治理措施的系统性”的系统治理路线,通过对已建、在建、规划的项目及已有的治理路线的梳理与评估,找出流域水系统治理存在的问题、不足与短板,从技术、建设和管理层面提出了具有前瞻性、科学性、整体性及可操作性的“流域统筹、系统治理、五水共治、综合治理”的治理方案,为流域水系统治理工作的开展提供纲领性指导。观澜河的实践治理效果证明,提出的方案合理可行,实现了水环境治理目标。

关键词: 流域统筹; 五水共治; 综合治理

中图分类号: TU992 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4602(2020)18-0001-06

Study on Comprehensive Treatment Plan of Large River Basin: Take Shenzhen Guanlan River Basin as an Example

LI Rui-cheng, QIU Hong-jun

(Central and Southern China Municipal Engineering Design & Research Institute Co. Ltd., Wuhan 430010, China)

Abstract: Taking the Guanlan River basin as an example, a systematic study was carried out on the comprehensive treatment plan of a large river basin. According to the overall management method, it has been proposed the overall management ideas of “all factors, all sub-factors, all space, whole process, and whole society” and the system control route of “systems of water management objectives, treatment objects, and treatment measures”. By organizing and evaluating the projects built, under construction and planning, and the existing water management methods, the paper was set to find out the problems, deficiencies and shortcomings of river basin system management. From the technical and construction management level, the paper proposed a prospective, scientific, integrated and operable solution with the idea of overall management of river basin, system management, five water co-governance, comprehensive water resources management. The paper is to provide programmatic guidance for the implementation of river basin system management. The effect of practice governance proves that the scheme is reasonable and feasible, and the goal of water environment governance is achieved.

Key words: overall management of river basin; five water co-governance; comprehensive treatment

观澜河流域自2003年首座污水厂建成以来,干流观澜河经过大力治理,其水质得到了一定的改善,

但交接考核断面(观澜河企坪国考断面)仍与考核目标有较大差距,支流黑臭现象普遍,流域水环境现

状不容乐观。根据国家、省、市的水环境治理要求,深圳市未来几年将全面推进治水提质攻坚战,力争“一年初见成效、三年消除黑涝、五年基本达标、八年让碧水和蓝天共同成为深圳亮丽的城市名片”。

为科学有序地推进观澜河流域的治理工作,根据流域现状,以目标为导向,进行流域综合治理方案的研究是必要、迫切的。

1 流域概况

观澜河流域位于深圳市中北部,流域面积247.3 km²,属山区雨源型河流,是东江水系石马河的上游段;流域内有观澜河干流、14条一级支流、11条二级支流及5条独立支流,有中小型水库28座,是深圳市流域面积>100 km²的6大流域之一。流域水系情况见图1。

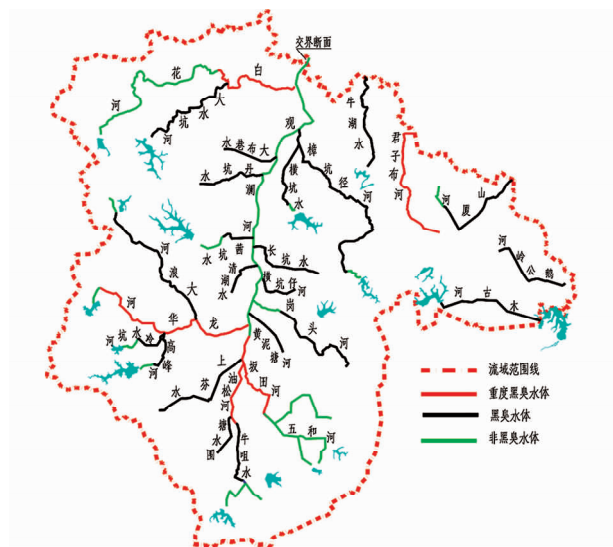


图1 观澜河流域水系

Fig.1 Guanlan River basin system

2 流域现状及存在问题

2.1 水安全

至2015年底,流域河道防洪达标情况见表1。可见流域内河道防洪尚未100%达标,存在暗涵(渠)率高、淤积严重,以及过流断面不足等问题。

至2015年底,流域内有内涝点88处,内涝高风险区2.32 km²,中风险区1.15 km²,低风险区0.45 km²,区域内涝较为严重;区域已修建雨水管网(涵)总长度约610.9 km,平均覆盖率3.4 km/km²,按1年、1~3年、3年一遇标准建设的管网长度占比分别为61.0%、29.0%、10.0%,可见现有排水设施建设标准偏低,建设滞后;同时城市的开发建设改变了下

垫面条件,但对雨水径流的管控较弱,缺乏可持续的雨水综合管理方案。

表1 观澜河流域河道防洪达标情况统计

Tab.1 Statistics of flood control standards in Guanlan

River basin

防洪标准	100年一遇	50年一遇	20年一遇
河道总长/km	13.66	49.50	65.86
防洪达标河道总长/km	13.66	16.47	17.32
达标长度占比/%	100	33.27	26.30

2.2 水环境

流域排水体制主要为合流制,污水干管系统初步形成但不完善,部分河道已建沿河截污系统;干流观澜河已实现全河段的截污,沿河排污口、支流(总口截流方式)及降雨量≤7 mm的降水全部截流至沿河两岸大截排箱涵。根据监测,观澜河的平均综合污染指数从2009年的0.999持续下降到2015年的0.372,但企坪断面水质仍不达标;各支流水质较差,水体发黑发臭,底泥上浮,严重影响城市环境。流域黑臭水体分布见图1。

考核断面不达标的主要原因是污水处理能力与现状收集污水量不匹配,流域现状污水处理能力为(70~80)×10⁴ m³/d(部分设施运行不稳定),而据实测数据,观澜河大截排箱涵收集的现状合流污水量约为92×10⁴ m³/d,因此污水处理能力不满足实际需要,截排箱涵在末端发生溢流,导致企坪断面水质恶化。同时主要污水处理设施空间分布不合理,集中于流域下游,与企坪断面距离较近,污水厂尾水水质直接影响企坪断面水质。

支流水体黑臭原因主要是大量污水直排,外源污染负荷高,底泥量大,内源污染严重。此外,流域水环境还存在以下突出问题:①流域未实现雨污分流,现状污水主要依赖沿河截污系统截流收集及输送,暗涵出口及支流入干流出口处采取总口截流。②现状市政污水管淤积严重,存在断头、瓶颈管等问题,未织网成片,错接乱排严重;市政污水干管与沿河截污系统也未剥离实现分系统运行。③沿河截污系统不完善,存在破损、漏排、溢流等问题。

2.3 水资源

流域内河流均属雨源型河流,径流量依靠降雨补给,虽雨量丰富,但夏季多雨,冬春干旱,降雨量在时间上分布不均造成河流的径流量变化较大,河道亟需人工生态补水。

2.4 水生态

干流生态环境总体较好,中上游初步呈现出水清岸绿、物种丰富的特点,下游水深流缓,水生生物、浮游动物较多。支流水生态总体较差,河道渠化严重,形态结构固化,河道生态基流不足,生态功能基本丧失;已实施的相关工程对水生态恢复考虑不充分,缺乏全流域尺度的考虑,生态效果片段化。

2.5 水文化

干流进行了景观提升工程,形成了滨河景观带,但支流均未规划生态景观工程,已实施综合整治的河道也未充分考虑水文化、水景观元素,建设滞后。

3 治理目标及技术路线

3.1 治理目标

① 至2018年,干流观澜河等重点河流基本达到Ⅴ类水质,基本消除黑臭水体。

② 至2020年,河道防洪达标,内涝防治重现期达50年;实现河道多水源生态补水,流域全河道水质基本达到Ⅴ类水质,完成黑臭水体治理目标并逐步恢复水生态。

③ 至2025年,让“碧水、蓝天”共同成为深圳亮丽的城市名片。

3.2 技术路线

以保护水资源、保障水安全、提升水环境、修复水生态、彰显水文化为原则,对流域综合治理进行顶层方案设计。以目标为导向,通过梳理和评估已建、在建与规划的项目及已有的治理路线,梳理出流域水系统存在的问题、不足与短板,在此基础上通过优化整合在建及规划项目,引进前沿技术和新的治理思路,从技术层面、建设层面、管理层面制定具有前瞻性、科学性、整体性及可操作性的流域综合整治方案,为流域治理工作的开展提供纲领性指导方案。

4 规划治理方案

基于流域“全要素、全因子、全空间、全过程、全社会”的全局统筹思路,及“治理目标的系统性、治理对象的系统性、治理措施的系统性”的系统治理路线^[1],在现有的方案与思路的基础上,提出了“全面统筹、系统治理、五水共治、综合治理、两侧发力、八大方略”的治理方案。

“全要素、全因子”是指对流域内污水、底泥、初雨水等水环境污染因子进行全面治理;“全空间”是指水环境问题表现在河内,根源在岸上,方案将流域治理划分为河道内水域、河道外陆域两侧,同步治

理,同步发力;“全过程、全社会”是指全面统筹污染源的源头控制、过程阻隔、末端治理及原位提升的全过程治理方案,提出政府引导、社会参与、企业联动的策略,增强治水兴水合力,营造参与广泛、社会认同的良好氛围,确保方案的推进与实施。

4.1 构建立体综合防治体系,提升防洪排涝能力

遵循“源头控制、中途蓄滞、末端排放”的原则,通过河道整治、排水系统改造、排涝泵站与调蓄湖库的建设等,着重贯彻落实海绵城市建设理念,全面提升城市防洪排涝能力。

① 防洪安全保障工程方案

依照“以排为主、蓄泄兼筹、防治结合”的方针,形成以“排、蓄、分”为主的防洪安全保障工程体系。

排:结合河道水环境综合治理,通过河道堤岸达标建设、河道清淤疏障及局部拓宽、阻水建筑物清理等措施,恢复或增大河道行洪能力,确保行洪安全。

蓄:对病险水库除险加固,充分利用现有水库的调洪能力或新建调蓄湖库,汛期削减洪峰、错峰泄流,保证下游河道洪水不超过河道的安全泄量。规划加固现状水库5座,规划新建3座调蓄湖,面积24.19 hm²,调洪库容60×10⁴ m³。调蓄湖雨季滞蓄洪水,旱季对下游河道进行生态补水,并按浅水天然湿地或湿地公园模式建设。

分:对于河道过流断面被严重侵占、拆迁拓挖难度较大河段,修建分流通道进行分流以满足河道行洪要求。规划新建雨水行泄通道总长11.58 km,总设计流量359.2 m³/s。

② 排水防涝工程方案

按“渗、蓄、净、用、排”相结合的原则,实现排水防涝安全、雨水径流及面源污染控制、雨水资源利用等目标,构建管控强且可持续的城市排水防涝体系。

渗、净:规划流域雨水综合径流系数不大于0.52,新建区域、旧城改造更新区及中心城区推行低影响开发建设模式,通过海绵城市分散净化及控制雨水径流,削减面源污染。

蓄:充分利用绿地、公园、小微水体,建设雨水调蓄设施;规划新建雨水调蓄设施12处,总占地21.37 hm²、总调蓄容积42.5×10⁴ m³。

用:结合区域水系的生态补水,开展现状非水源水库及新建调蓄设施的雨洪综合利用专项研究。

排:通过排水管网系统提标改造及新建、排涝泵站建设,构建完善城市排水系统。利用 Mike Urban

水力模型对流域现状排水能力进行模拟评估,根据模型综合计算制定流域内雨水管渠新建、改建及地块竖向调整方案。2020年完成新建雨水管渠72.72 km,改扩建雨水管渠15.11 km;规划新建雨水泵站4座,总规模25.5 m³/s。2030年前完成新建雨水管渠427.23 km,改扩建雨水管渠42.78 km。

4.2 实施系统综合治理,提升水环境质量

依据流域水环境现状,提出河道内水域侧消除内源、截污控源、生态修复、生态补水,河道外陆域侧减源控源、集污纳管、海绵城市、末端治理的水环境治理八大方略。

① 企坪考核断面水质达标关键影响因素分析

旱季,干流观澜河两岸现状截流箱涵对两岸所有旱季污水及大部分支流的河道基流(总口截流)进行了截流,实测收集污水量约 $92 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,流域旱季污水收集处理情况见表2。

表2 现状观澜河旱季入河污染物排放量

Tab.2 Current status of pollutant discharge into the Guanlan River in the dry season $10^4 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$

项 目	处理能力	处理量	排水标准
坂雪岗污水厂	4	4	一级 B
龙华污水厂	40	40	一级 A
观澜污水厂	6/20	26	一级 B/一级 A
河口调蓄池处理厂、观澜应急处理厂	40/20	10~15	一级强化处理

可见,在干流完成底泥清除后,旱季入河污染负荷主要为污水厂尾水及溢流污水,河道水质受其控制,尤其是河口调蓄池处理厂、观澜应急处理厂的尾水水质。至2020年,预测流域内旱季污水量约 $90 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,而按规划流域污水处理能力将达 $106 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,如流域雨污分流实现、总口拆除、旱季污水全处理,则对企坪考核断面的关键影响因素仍是入河污水厂的尾水水质。可见,对污水厂,尤其是应急处理厂、河口调蓄池处理厂进行提标改造是必需的。

② 流域污染源头控制方案

工业污染源:规划建设电镀线路板集中工业园,涉重污染企业集中入园,定点生产,污水集中控制及集中处理;同时构建工业废水排放的大数据分析和监控平台,倒逼区域其他污染企业转型升级,使工业污染得到有效控制。

生活污染源:坚持源头治理,坚定不移地推行雨污分流;实施全覆盖的正本清源工程,全面推进约

3 000个排水小区的正本清源工程,对建筑立管、小区排水系统进行雨污分流改造;推行排水管理进小区,以精细化管理,管好排水管网的“最后100米”。

面源污染:主要为城市面源污染,结合城市防洪排涝方案,实施城市低影响开发,结合海绵城市建设理念进行城市建设、绿地改造等,在完善垃圾收集、中转设施的基础上,对菜市场、洗车场、垃圾收集设施进行初雨截流。

内源污染:打通水环境相关部门间的壁垒,推行流域全要素管控模式,城市联防联控,减少水土流失、增大植被覆盖度,杜绝垃圾、泥土入河,加强排污设施的管理与养护。

③ 流域污染过程阻隔方案

a. 实施雨污分流管网工程,提高污水收集率。按市政污水主干、污水支管、小区正本清源的次序,分片区分批按计划全面推进雨污分流管网建设。同时全面梳理现状污水管网系统,实施现状污水管的接驳完善工程,加强现状管的清淤疏通修复,尤其是现状干管的梳理与完善,确保片区管网织网成片及干管系统畅通。规划推进尚未开展的870 km共32个片区的雨污分流及查漏补缺管网工程的建设,结合正本清源工程,最终形成彻底分流的用户—分流管网—末端处理设施的地下水路系统。

b. 完善沿河截污系统,确保入河污水100%地截流收集。加快推进待建河道整治工程及其配套沿河截污工程的建设,对现状1 380个排污口进行截流,确保入河污水100%截流。同步实施现状截污系统修复完善及清淤工程,按计划逐步消除干流总口截流以实现支流的清洁基流的剥离,减少干流大截排箱涵截流量及泥沙量,降低泥沙对污水厂运行的影响,提高污水厂进水浓度,提质增效。

由于彻底的雨污分流是一个较长期的过程,因此,结合河道整治工程,实施沿河截污系统在近期杜绝污水直排入河;此外,还需考虑漏排污水的截流收集,形成污水收集的两道防线;待区域实现彻底分流后,将沿河截污系统与市政污水系统剥离,分系统运行,规划为控制面源污染的初雨水通道。

④ 流域污染末端治理方案

调整污水处理设施布局,规划在流域上游新建民治水质净化厂,就近处理上游片区污水,尾水就近排入上游油松河对河道进行生态补水。同时对片区污水厂进行扩建、改造升级以确保厂网一体化,实现

收集污水 100% 处理。末端治理方案见表 3。

表 3 污水处理设施提标改造及扩建方案

Tab. 3 Upgrading, reconstruction and expansion plans of sewage treatment facilities

项 目	规划方案 2020 年	
	处理能力/ ($10^4 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$)	出水标准
坂雪岗污水厂	16	地表水Ⅳ类
龙华污水厂	40	地表水Ⅳ类
观澜污水厂	40	地表水Ⅳ类
民治水质净化厂	12	地表水Ⅳ类
樟坑径生态处理工程	1	一级 A
观澜应急处理厂改造	20	一级 A
河口调蓄池处理厂提标	20	一级 A
白花河、大浪河、龙华调蓄池新增一体化处理设施	2/2/2	一级 A

流域按 7.0 mm 控制的初雨水量共约 $64 \times 10^4 \text{ m}^3$, 规划在上游油松河河口、中游岗头河河口各新增调蓄池一座, 单座规模 $10 \times 10^4 \text{ m}^3$, 雨后调蓄池内的初雨水排入干流大截排箱涵, 逐步进入下游沿线污水处理厂。

2020 年流域旱季污水量约 $90 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 雨季约 $154 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 提标扩建后污水处理总规模 $155 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 满足处理需要。

对河道进行环保清淤, 结合水资源规划方案, 雨后实施各河道的集中大流量补水或补水水库开闸放水进行冲淤, 以尽快恢复雨后河道的水质。河道清淤量约 $110 \times 10^4 \text{ m}^3$, 规划新建区域河道底泥及污泥无害化处理处置中心, 河道底泥推荐脱水固结处理后综合利用, 污泥实施以厂内深度脱水 + 碳化为主, 干化焚烧 + 综合利用为辅的处理处置策略。

⑤ 流域原位水质提升方案

a. 在河道内规划设置低堰生态拦水坝、汀步或堆石坝实现河道生态增容; 在河道生态蓄水增容的基础上, 利用人工复氧技术、碳素纤维生态基、河道专用复合微生物等措施对河道水质进行原位提升。

b. 结合水生植物的种植、河底结构形态多样化的构筑加速河道自然生态修复, 提升河道自净能力。

4.3 实施多水源生态补水, 提升流域水资源利用率

聚焦水源保护及流域生态补水, 基于流域水生态的需要, 提出了多水源的流域生态补水方案即污水厂尾水补水为主、非水源水库补水为辅的河道补水方案。

河道生态环境需水量以四季流水、生态多样性、河流景观长存、水体洁净安全为目标, 生态流量对应多年平均径流量的 30%, 采用水文 Tennant 推求法推求流域的生态需水量为 $40 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。

至 2020 年, 流域污水厂尾水约 $90 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 水质为地表水准Ⅳ类标准, 满足河道生态补水需求; 流域共计 22 座非水源水库可作河道生态补水的辅助补水水源, 可补水量 $6.0 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 可作雨后集中冲淤最大补水量 $880 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。

结合防洪排涝规划建设的蓄水池, 构建污水厂尾水、水库群、调蓄池分类分区的多源补水系统, 同时对临近水库群实施连通输配工程、水库群联合调蓄工程, 提高水库调蓄能力, 增加水库对雨洪资源的调控作用。

4.4 注重水生态恢复, 提升河道水体自净能力

水生态治理分生态治理及生态恢复两步实施。2020 年, 结合河道整治工程, 恢复河流自然属性, 包括水文属性、河道形态属性。通过生态补水, 恢复旱季生态基流; 通过横断面改造, 恢复河道横向滩槽格局与河岸缓冲带; 通过纵断面改造, 恢复河道蜿蜒、深浅结合、缓急结合的纵向形态。具体措施包括: ①规划复明河道 3.16 km; ②实施水库周边面积 31.5 km^2 的生态修复碧道工程; ③规划河流湿地公园 7 处, 共 $39.5 \times 10^4 \text{ m}^2$; ④规划对部分河道进行生态形态改造, 共长 8.2 km。

2025 年, 在第一步生态治理基础上, 人工强化或人工重建恢复河道生物种群; 恢复河道初级生产力, 重建河道群落结构与食物链; 恢复河道生态系统的物质循环与能量流动; 实现河道生态系统的动态平衡与自我修复。

4.5 着力打造多功能水景观水文化综合体系

结合深圳市千里碧道的建设, 以非水源水库、滨河带为中心, 着重通过全社会参与的爱水、保水、节水、享水来实现多功能水文化体系的塑造, 形成水生态文明引领的社会价值观。重点在水库生态环库边布置湿地公园、森林公园, 环库及沿河打造体现流域水文化特点的生态休闲活动空间与慢行道路系统。

4.6 实施方案

针对流域现状、在建及拟建项目 (共 263 项) 存在不足及达标需要, 本规划方案新增项目 117 项, 新增投资 76.3 亿元, 其中近期 2018 年 39 项, 中期 2020 年 54 项, 远期 2025 年 24 项。

5 经验及启示

① 系统思维,构建全要素流域治理体系。流域水系统治理是一项复杂艰巨的系统性工程,治理方案应避免陷入“条块分割、零敲碎打”“过分依赖注重单一技术、单一治理模式”的误区,应将传统单一治理模式转变为多管齐下、上下联动、系统治理的流域统筹综合治理模式^[2]。

② 滨海感潮地区应坚持源头治理,坚定不移推行雨污分流。滨海地区地下水位高,河道普遍感潮,采用截流系统导致管网外水入侵严重,因此滨海感潮区域的水环境治理应抓住管网这个核心,坚持源头治理,坚定不移推行雨污分流技术路线,提高收集污水的浓度,提质增效。

③ 重视治水的近远期结合。流域水系统治理错综复杂,存在老旧屋村、城中村雨污分流难,现状存量管网排查修复改造难、暗涵整治难、涉水污染源管控难等难题,且彻底的雨污分流不能一蹴而就,因此治理方案、治理措施、实施计划应重视近远期结合、分流与局部合流相结合、应急措施与长制久清措施相结合。

④ 重视治水兴水合力及共建共治共享。水环境治理涉及部门多,与市民切身利益密切相关,应营造参与广泛、社会认同、全民护水的良好氛围,形成政府主导、社会参与的共建共治共享治水新格局,确保治理方案的顺利推进与实施,提高项目可实施性。

⑤ 强化改革创新,构建新型治水提质建设、营运、管理模式。大流域的综合治理宜按“全流域打包系统治理、大兵团联合作战、高强度持续投入”的工作思路,采取“设计采购施工总承包(EPC)”建设模式实施以确保治理的系统性及效果。同时应深化水务管理改革,打通水环境相关部门各环节壁垒,有效破解流域治理职责不清、调度不畅、多头管理等老问题;应构建“法治健全、机制顺畅”的现代水务管理体系。

⑥ 构建智慧水务,提升水务综合管理效能,建立长效机制。水环境治理是一个长期艰巨的过程,要实现“治污”向“提质”迈进,应充分利用物联网、大数据、云计算、移动互联网等新一代信息技术,结合水文、水力和水质等专业模型,以“互联网+水务”的新思维,构建精细的指标体系和高效的服务体系,建设一体化海绵城市智慧监控云平台,实现对水务运维服务的监督考核、分析评估、预测预报、科

学决策的全过程动态管理。

6 治理效果与结论

自2017年始,观澜河流域治理按规划方案逐步推进,至2019年底,已经完成了河道综合整治工程、雨污分流管网工程、80%的正本清源工程,污水厂提标与扩建,河口调蓄池处理厂提标改造及分散式一体化处理设施、部分河道生态补水等一系列项目;目前正开展水生态修复及千里碧道的水文化建设。根据深圳市生态环境局2019年10月连续6期检测数据,流域水体全面消除黑臭,干流观澜河企坪断面水质2019年均值达到地表水Ⅳ类标准,流域河道呈现水清岸绿、鱼翔浅底的美丽景象,成为城市新的风景线 and 市民休闲的好去处。

参考文献:

- [1] 范兆轶,刘莉. 国外流域水环境综合治理经验及启示[J]. 环境与持续发展,2013,38(1):81-84.
Fan Zhaoyi, Liu Li. Foreign expertise reference of watershed system management [J]. Environment and Sustainable Development, 2013, 38(1): 81-84 (in Chinese).
- [2] 徐祖信,张辰,李怀正. 我国城市河流黑臭问题分类与系统化治理实践[J]. 给水排水,2018,44(10):1-5,39.
Xu Zuxin, Zhang Chen, Li Huaizheng. Classification and systematic treatment of black and odorous problem in urban rivers in China [J]. Water & Wastewater Engineering, 2018, 44(10): 1-5, 39 (in Chinese).



作者简介:李瑞成(1976—),男,湖南衡阳人,大学本科,高级工程师,主要从事市政工程、水环境治理、水处理、环境卫生工程设计工作。

E-mail:178076493@qq.com

收稿日期:2020-03-01