

重庆市新华水库流域黑臭水体综合整治

靳俊伟^{1,2}, 毕生兰^{1,2}, 蔡 岚^{1,2}, 刘 杰^{1,2}, 潘终胜^{1,2}

(1. 重庆市市政设计研究院, 重庆 400030; 2. 重庆市海绵城市建设工程技术研究中心, 重庆 400030)

摘 要: 以重庆市新华水库流域黑臭水体综合整治工程为例, 针对该流域外源污染持续输入且截流困难、内源污染缺乏治理、各行政区域间缺乏联动机制等突出问题, 在《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002) V类水质目标下, 介绍了整治工程的技术路线和设计思路, 从源头控制、中间处理、末端修复三方面详细阐述了流域的工程整治措施和强化流域联动协调等非工程措施, 以期为山地城市跨区域黑臭水体的综合整治提供技术参考。

关键词: 跨区域黑臭水体; 初期雨水调节池; 引流箱涵; 雨水处理站; 综合整治

中图分类号: TU992 **文献标识码:** C **文章编号:** 1000-4602(2018)02-0107-05

Case Study on the Comprehensive Treatment of Cross-regional Black and Odorous Water in Chongqing Xinhua Reservoir Basin

JIN Jun-wei^{1,2}, BI Sheng-lan^{1,2}, CAI Lan^{1,2}, LIU Jie^{1,2}, PAN Zhong-sheng^{1,2}

(1. Chongqing Municipal Research Institute of Design, Chongqing 400030, China; 2. Sponge City Engineering Technology Research Center of Chongqing, Chongqing 400030, China)

Abstract: The design idea and technical roadmap for comprehensive treatment project of black and odorous water in Chongqing Xinhua Reservoir Basin were introduced. The major obstacles to comply with class V criteria specified in the *Environmental Quality Standards for Surface Water* (GB 3838-2002), such as continuous importation of external pollutants in the basin and the difficulty of interception, the lack of internal pollution treatment, and the lack of linkage mechanism between administrative regions were analyzed. Both the engineering remediation measures and non-engineering measures such as strengthening watershed linkage coordination from source control and intermediate treatment to end repair were elaborated in order to provide technical reference for the comprehensive treatment of cross-regional black and odorous water in mountainous city.

Key words: cross-regional black and odorous water; initial rainwater regulating tank; drainage box culvert; rainwater treatment station; comprehensive treatment

近年来,城市水环境逐步恶化对居民身心健康和城市生态安全产生了严重威胁,黑臭水体的整治日益成为人们关注的焦点和热点,国务院颁布的《水污染防治行动计划》明确提出“到2030年,将城市建成区黑臭水体总体消除”。依据《城市黑臭水体整治工作指南》,城市黑臭水体是指城市建成区内,呈现令人不悦的颜色和(或)散发令人不适气味

的水体的统称,其成因包括有机污染物输入、底泥再悬浮、水体热污染、水动力条件差以及生态基流量不足等^[1],具有季节性、周期性反复易发等特点,整治任务十分艰巨。

本项目针对跨区域黑臭水体整治的重点和难点,采用工程与非工程措施,同步推进黑臭水体的综合整治,为重庆市乃至全国的黑臭水体治理提供可

复制、可借鉴的样本。

1 流域概况

1.1 新华水库流域基本情况

新华水库流域位于重庆市主城区,跨两江新区、渝北区和江北区,流域总集雨面积约 7.24 km^2 ,其中两江新区、渝北区和江北区辖区面积分别为 3.84 、 2.21 和 1.19 km^2 ;水库位于流域中后段,正常蓄水库容为 $8 \times 10^4 \text{ m}^3$,水域面积为 $3.8 \times 10^4 \text{ m}^2$,平均水深为 2.1 m ;水库上游的天然河道已被渠化为钢筋混凝土暗涵,下游流经江北区,最后进入长江。

新华水库流域自 2013 年以来历经多轮整治,但收效甚微,水体中的 TP、TN、 $\text{NH}_3 - \text{N}$ 、COD 等主要指标严重超标,水体常年处于劣 V 类,属于轻度黑臭水体。

新华水库流域基本情况见图 1。

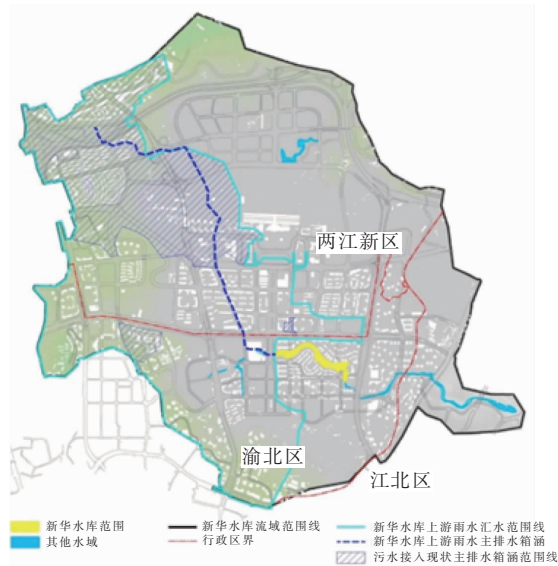


图1 新华水库流域基本情况

Fig.1 Basic situation of Xinhua Reservoir Basin

1.2 黑臭原因及整治难点

对新华水库流域水体黑臭的原因进行梳理,主要包括以下两方面:①外源污染持续输入。新华水库上游城市化进程快,部分区域污水管网建设不完善、雨污分流不彻底,对管网排查后估算约有 3.11 km^2 范围内的污水直排进入水库,涉及 15 个小区约 4.67 万人,平均污水量为 $1.43 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$;水库流域内沿用传统建设方式,硬质铺装率高,初期雨水未经任何处理直接进入水体。②内源污染缺乏治理。新华水库淤泥面积达 $1.86 \times 10^4 \text{ m}^2$,总淤泥量约 $5 \times 10^4 \text{ m}^3$,水域表面漂浮大量浮泥,并具有明显的臭

味,进一步加重了水体黑臭。

对新华水库流域整治的难点进行分析,主要体现在以下三个方面:

① 外源截流困难。水库上游部分暗涵埋深约 $15 \sim 20 \text{ m}$,沿暗涵设置截污干管难度非常大。

② 用地协调困难。整个流域为新近建成区,水处理设施用地难落实。

③ 上下游联动困难。水体整治工作本身就要涉及城乡建设、规划、环保、水利、市政等多个部门,新华水库流域又涉及三个行政区域,协调难度大。

2 整治目标及技术路线

2.1 整治目标

该流域水质达到《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002) V 类水质要求。

2.2 整治技术路线

① 源头控制。通过在流域源头开展排水管网雨污分流改造及初期雨水调节池建设,控制外源污染物进入箱涵。

② 中间处理。通过设置雨水处理站,实现旱季对箱涵纳污范围内未截流污水的全处理、雨季对污水及部分中期雨水中污染物的去除,进一步削减外源污染。

③ 末端修复。通过清淤及生态修复工程,重建和维护水体内部生态系统,实现水体自净。

整治工程技术路线见图 2。

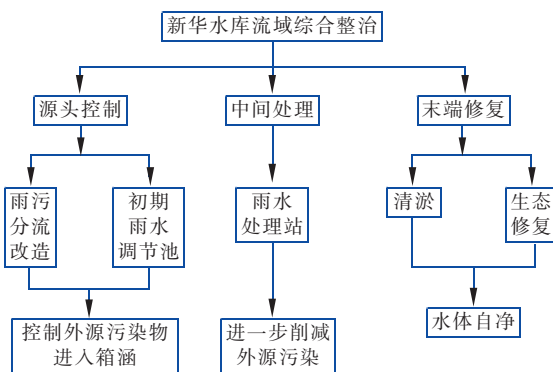


图2 整治工程技术路线

Fig.2 Technical routine

3 综合整治工程设计

新华水库流域综合整治采用流域管网治理+初期雨水控制(源头控制)、箱涵出水治理(中间处理)、库内清淤及生态修复(末端修复)三大部分相结合的整治方案,各项工程措施分布见图 3。



图 3 新华水库流域综合整治措施系统
Fig. 3 Comprehensive treatment measures for Xinhua Reservoir Basin

3.1 源头控制

① 管网改造

完成 18 处(共计 576 m)排水管道的开挖拆除及还建整治,解决雨、污水管网局部管段发生管线错接、管线去向不明等问题,实现雨污分流。然而,考虑市政道路及小区内部仍存在雨污分流不彻底的情况,污水截流率按 85% 考虑。

② 初期雨水调节池

在参照国内部分城市截流标准的基础上^[2,3],结合污水管网现状、环境、气候、城市结构以及经济

等多方面因素,确定初期雨水量按截流 6 mm 降雨计算。本工程共新建初期雨水调节池 9 座,矩形池,容积共计 9 680 m³,采用分流井 + 限流井 + 沉砂井(采用提篮式除砂器)的预处理设施,并通过存水室、真空阀及液位计的控制实现池体的定期冲洗。

3.2 中间处理

3.2.1 雨水处理站

箱涵服务范围内 7.24 km²,人口密度为 1.5 万人/km²,单位人口综合用水量为 420 L/(人·d),产污系数为 0.85,管网收集率为 0.98,地下水入渗率为 1.05。管网改造后,考虑污水截流率为 85%,旱季仍有约 0.53 × 10⁴ m³/d 污水进入箱涵。雨水处理站主要去除该部分污水及中期雨水中的污染物,最终处理规模为 1.0 × 10⁴ m³/d。处理站出水作为新华水库新鲜补水,水质需达地表 V 类标准。

设计水质见表 1。

表 1 设计进、出水水质

Tab. 1 Design influent and effluent quality

项 目	mg · L ⁻¹				
	COD	SS	TP	TN	NH ₃ - N
进水水质	80 ~ 150	120 ~ 180	1.2 ~ 2.0	12 ~ 20	10 ~ 15
出水水质	≤ 40	≤ 20	≤ 0.4	≤ 10	≤ 4.0

由于旱季、雨季的进水水质、水量波动较大,若采用活性污泥法处理则运行工况差异大、稳定性差;此外,新华水库周边为高档居住小区,用地紧张,污水处理厂应以物化法为主,即主要去除 COD 和 SS,兼顾脱氮除磷。因此,本项目采用“超磁水体净化 + A - O 池结合接触氧化”的处理工艺(见图 4)。

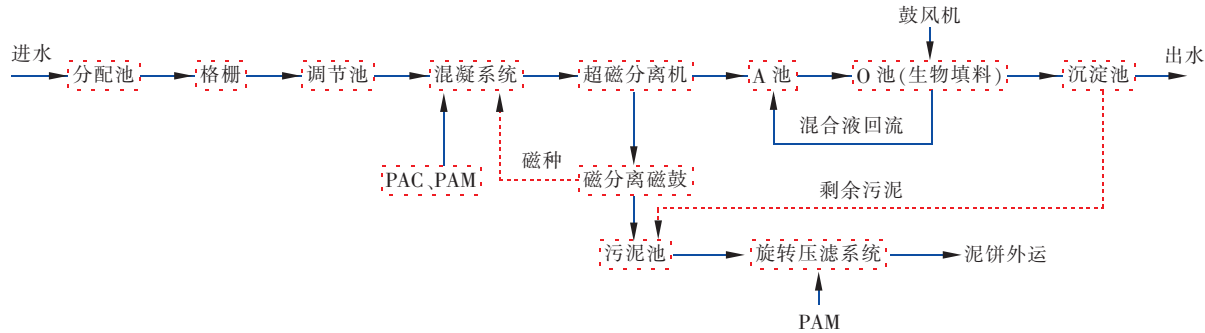


图 4 雨水处理站工艺流程
Fig. 4 Flow chart of stormwater treatment process

主要工艺单元设计如下:

① 分配池及格栅。箱涵出水进入分配池后,首先通过廊道经过格栅渠,然后进入调节池。设人工格栅两座,格栅宽度为 1 000 mm,栅隙宽为 10

mm,有效水深为 1 m。

② 调节池。可沉淀去除进水中部分悬浮物,避免堵塞后续设施,沉淀污泥压力排入污泥池。设调节池 1 座,设计容积为 3 350 m³,尺寸为 37.1 m ×

18.3 m×5.0 m。

③ 混凝系统及超磁设备。主要处理 SS、COD、TP, 混凝系统与超磁设备联合使用, 首先在混凝系统内投加磁种和混凝剂(PAC 和 PAM), 并在后段形成以磁种作为“核”的磁性悬浮物污泥, 随后超磁分离机将其吸附打捞并进入系统内的磁分离磁鼓机, 通过磁鼓机的高速分散装置进行磁种与污泥的分离, 分离出的磁种投加至混凝系统前段循环使用, 非磁性污泥进行脱水处理, 最后外运处置。其特点为水力停留时间短, 一般为 4~6 min, 占地面积约为传统工艺的 1/8~1/6, SS 去除率为 90%~95%, 藻类去除率≥95%, TP 去除率为 80%~90%, COD 去除率为 40%~60%。本工程设置成品混凝反应装置 1 台, $Q=10\,000\text{ m}^3/\text{d}$, 3 台搅拌机的功率分别为 1.5、1.1、1.1 kW; 磁种投加装置 1 套, $Q=10\,000\text{ m}^3/\text{d}$; 磁分离机、磁分离磁鼓机各 2 台, 其处理能力均分别为 $10\,000\text{ m}^3/\text{d}$ 和 $2\,000\text{ m}^3/\text{d}$; PAC 加药装置 1 台, $N=1.65\text{ kW}$; PAM 制备投加装置 1 套, 其制备能力为 $1\,000\text{ L/h}$, $N=1.65\text{ kW}$ 。

④ 生物接触氧化池。超磁分离技术对氨氮处理效果不佳, 故采用 A/O 池结合接触氧化的工艺对污水进行生化处理。设置 2 座 A/O 池, 缺氧池平面尺寸为 $9\text{ m}\times6\text{ m}\times5.5\text{ m}$, 有效水深为 5 m; 好氧池平面尺寸为 $18\text{ m}\times9\text{ m}\times6\text{ m}$, 超高为 0.5 m, 稳水层高为 0.4 m, 填料高度为 3.5 m, 底部构造为 0.8 m。

⑤ 沉淀池。设置沉淀池 2 座, 沉淀时间为 1.5 h, 沉淀区的上升速度为 $0.000\,5\text{ m/s}$, 中心管面积为 1.8 m^2 , 中心管直径为 1.0 m, 尺寸为 $7\text{ m}\times7\text{ m}\times6\text{ m}$, 有效沉淀高度为 3.0 m, 缓冲高度为 0.4 m, 截头直径为 0.4 m, 污泥斗高度为 2.0 m, 反射板与中心喇叭口的间隙高度为 0.2 m。

3.2.2 应急引流箱涵

将超过初期雨水收集池和雨水处理站收集处理规模的中后期箱涵来水引流至新华水库下游, 进一步保障新华水库的水环境。该箱涵总长为 880 m, 标准断面尺寸为 $1.6\text{ m}\times2.1\text{ m}$, 顶部位于水库常水位以下 1.0 m, 纵向坡度 $i=0.3\%$ 。

以项目所在区域近 10 年来具有代表性降雨年份 2009 年(平水年)的全年 5 min 降雨作为输入, 采用 Infoworks ICM 水力模型模拟全年引流箱涵运行以及溢流次数, 评估全年运行工况。模拟结果显示, 2009 年雨水收集池收集初期雨水量、引流箱涵引流

中期雨水量、超标溢流进入水库的水量占全年降雨量的比例分别为 39.3%、33.8% 和 26.9%。全年共发生 9 次溢流, 且为中后期雨水, 对水库水环境影响较小。

3.3 末端修复

① 清淤

本次设计采用绞吸船结合岸边脱水减量化设备处理的方式进行清淤, 含固率≥20% 的干淤泥封闭外运处置, SS<50 mg/L 的脱出液则直接排入水库下游, 清淤量约 $5.0\times10^4\text{ m}^3$ 。

② 生态修复

采用微生态活水原位净化工艺中的流水不腐、曝气充氧和微生物净化等三大内核技术, 结合水生动植物净化对新华水库进行生态修复, 构建“微生物-植物-动物”为一体的水生态系统, 实现水质净化、景观打造的双重作用。水体中设置纵向超大流量曝气造流一体机 9 台, 功率为 1.5 kW, 电压为 380 V, 造流量为 $750\text{ m}^3/\text{h}$, 曝气能力为 $2.0\text{ kgO}_2/(\text{kW}\cdot\text{h})$; 设置水平超大流量曝气造流一体机 19 台, 功率为 2.2 kW, 电压为 380 V, 造流量为 $1\,200\text{ m}^3/\text{h}$, 曝气能力为 $2.0\text{ kgO}_2/(\text{kW}\cdot\text{h})$; 水体底部设置生物毯和川本草等生物填料 $7\,600\text{ m}^2$; 岸边种植芦苇和菖蒲等挺水植物 $2\,000\text{ m}^2$; 内部水域设置人工浮岛 $2\,000\text{ m}^2$; 同时投加鲢鱼 30 000 尾、鳙鱼 10 000 尾(30~50 g/尾), 底栖动物河蚌和螺蛳各 250 kg。

4 流域联动协调

建立新华水库流域环境保护联动协调会议制度, 按照流域整治属地负责原则, 各区负责本区域内的工程建设, 并由市级行业主管部门牵头调度、统筹协调。定期通报环境质量、环境执法、环境污染应急处理和环保措施落实情况, 定期研究、协调解决流域生态环境保护问题。建立湖河流域生态环境保护共享信息平台, 加强水资源消费、监测监控数据与分析结果、流域保护治理等信息共享, 进一步强化新华水库流域联防联控机制, 形成交流协作、齐抓共管、信息共享、互促共赢的流域污染防控格局。

5 结语

重庆市新华水库流域黑臭水体综合整治时刻把握“源头控制、中间处理、生态修复”三大核心目标, 采用“首先截断外源污染输入, 然后恢复水体的自然生态系统实现水体自净”的技术路线, 可有效地

解决新华水库水体黑臭问题,具有良好的推广示范意义。但同时,我国黑臭水体的整治任务仍旧十分艰巨,良好的治理成果需多方面共同保持和维护,由此建议黑臭水体的综合整治还需从以下几方面进一步完善:

① 建立长效机制

城市人民政府应制定长效管理方案,明确水体养护单位及其职责、绩效评估机制、养护经费来源、各相关部门的职责分工。同时应加强养护资金的保障力度,积极吸引社会资本参与治理,并将相应运营服务费纳入财政滚动预算管理;对于政府主导投入的,则应将治理费用纳入财政预算,或明确融资渠道和方式。

② 结合海绵城市建设

黑臭水体综合整治涉及到控源截污、内源治理、生态修复以及其他方面,而海绵城市建设也包括源头削减、过程控制、系统治理等内容,二者是问题及目标导向紧密结合的。因此,黑臭水体的综合整治可结合区域海绵城市的建设开展,统筹解决城市各方面的问题,强化生态效应,最终实现“小雨不积水,大雨不内涝,水体不黑臭,热岛有缓解”的目标。

③ 重视公众参与

城市黑臭水体不仅关乎城市整体形象,更与公众的切身利益和感受密切相关,因此社会公众参与黑臭水体整治的积极性较高。在黑臭水体整治过程中,应充分发挥公众的监督作用,完善公众信息平台

建设管理制度,发布开展公众评议的指导性文件,并鼓励发展专业评估机构,以形成公众参与的科学体系,积极推动我国黑臭水体综合整治工作的开展。

参考文献:

- [1] 王旭,王永刚,孙长虹,等. 城市黑臭水体形成机理与评价方法研究进展[J]. 应用生态学报,2016,27(4): 1331 - 1340.
- [2] GB 50400—2006,建筑与小区雨水利用工程技术规范[S]. 北京:中国建筑工业出版社,2006.
- [3] 张勤,刘阳. 滇池流域初期雨水的截流量确定方法研究[J]. 中国给水排水,2014,30(13):115 - 118.



作者简介:靳俊伟(1979 -),男,河南许昌人,硕士,正高工,从事市政给排水设计工作。

E-mail:20730424@qq.com

收稿日期:2017 - 10 - 30

保护植被,涵养水源,
防治水土流失和水体污染