



DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2020.16.003

柳州市竹鹅溪黑臭水体治理成效分析

彭艺艺¹, 郭顺媛², 杨敏²

(1. 广西柳州市水务投资集团有限公司, 广西 柳州 545006; 2. 柳州市污水处理有限责任公司, 广西 柳州 545006)

摘要: 针对竹鹅溪黑臭水体,利用世界银行贷款,分两期实施了控源截污、非开挖管道修复、河道疏浚清淤、疏通自然补水、景观整治工程,落实河长制管理,使该水体逐渐达到消除黑臭的目标。广西城市黑臭水体2019年第二季度水质检测结果表明,该水体各点位溶解氧平均为3.97 mg/L,透明度为31 cm,氧化还原电位为140.5 mV,氨氮为3.99 mg/L,评价结果为非黑臭。介绍了竹鹅溪黑臭水体治理工程的实施内容及成效关键点,针对工程不足提出了对策及建议,以期为其他城市黑臭水体整治提供借鉴。

关键词: 黑臭水体; 控源截污; 疏浚清淤

中图分类号: TU992 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4602(2020)16-0012-05

Analysis of Black and Odorous Water Control Effect in Liuzhou Zhuexi River

PENG Yi-yi¹, GUO Shun-yuan², YANG Min²

(1. Guangxi Liuzhou Water Investment Group Co. Ltd., Liuzhou 545006, China; 2. Liuzhou Municipal Wastewater Treatment Co. Ltd., Liuzhou 545006, China)

Abstract: By utilization of World Bank loan, black and odorous water of Zhuexi River was treated in two phases by wastewater interception, trenchless pipeline repair, dredging and removing silt, supplying water from natural environment, improving landscape, and implementing the River Chief System Management. Then, the target of eliminating the black and odorous water was gradually realized. The results of river water quality test in the second quarter of 2019 in Guangxi showed that, the average dissolved oxygen of all points of Zhuexi River was 3.97 mg/L, the average transparency was 31 cm, the average oxidation-reduction potential was 140.5 mV, the average ammonia nitrogen was 3.99 mg/L. The evaluation result of Zhuexi Rive was not black and odorous water. The implementation content and key points of the black and odorous water treatment project in Zhuexi River were introduced, and countermeasures and suggestions were put forward for the shortages of the project in order to provide reference for the black and odorous water management in other cities.

Key words: black and odorous water; wastewater interception; dredging and removing silt

城市水体黑臭是当今我国最突出的环境问题之一^[1]。为进一步扎实推进城市黑臭水体治理工作,巩固近年来治理成果,广西壮族自治区生态环境厅于2019年5月上旬组织开展了城市黑臭水体水质监测,结果表明,柳州市竹鹅溪黑臭水体经过治理

后,各点位水质指标平均值均好转,其中溶解氧为3.97 mg/L,透明度为31 cm,氧化还原电位为140.5 mV,氨氮为3.99 mg/L,评价结果为非黑臭。结合竹鹅溪黑臭水体治理具体工程内容,分析其中的突出问题和解决方案,以期为其他城市黑臭水体治理

提供工程经验和思路分享。

1 竹鹅溪治理成效

1.1 项目概况

竹鹅溪是柳州市境内柳江河段最大的支流之一,汇水面积约78 km²,全长约21.1 km。2006年—2018年,利用两期世界银行贷款资金进行竹鹅溪综合治理,一期完成了10.4 km的河道治理,二期完成了5.5 km的河道治理,两期总投资达7.8亿元。治理后河道为复合梯形断面,底部宽度为25 m左右,顶部宽度为50 m左右,防洪标准为50年一遇($P =$

2%),排涝标准雨洪同期20年一遇($P = 5%$),河道设计流量为286~329 m³/s^[2]。

1.2 治理过程水质指标

在工程研究阶段,相关单位对竹鹅溪进行了断面水质检测,结果表明,被检测断面水质指标平均值均为黑臭,超标的项目主要有溶解氧(DO)、透明度、氧化还原电位(ORP)、氨氮(NH₄⁺-N)。治理过程中,由于治理效果不稳定,检测指标出现反复,但是总体趋好。竹鹅溪治理过程中水质指标检测值具体见表1。

表1 竹鹅溪治理过程水质检测情况

Tab.1 Water quality of Zhuexi River during treatment

项目	溶解氧/(mg·L ⁻¹)	透明度/cm	氧化还原电位/mV	氨氮/(mg·L ⁻¹)	评价结果	影响指标	
轻度黑臭标准值	0.2~2.0	10~25	-200~50	8.0~15			
重度黑臭标准值	<0.2	<10	<-200	>15			
竹鹅溪	2005-11-03	0.20	7.8	-150	18	黑臭水体	溶解氧、透明度、氧化还原电位、氨氮
	2016-12-15	0.49	10.1	1.2	13.2	黑臭水体	
	2017-07-17	0.73	9.2	20.2	11.3	轻度黑臭	
	2018-02-26	1.48	17	25.4	9.16	轻度黑臭	透明度
	2018-10-15	2.49	20.32	106.8	5.1	轻度黑臭	
	2019-03-05	3.51	>30	220.9	3.21	非黑臭	—

1.3 治理后水质指标

2018年竹鹅溪完成治理工程,进入维护巩固阶段,总体情况趋于平稳。2019年5月上旬广西开展的城市黑臭水体水质监测结果(见表2)表明,柳州市竹鹅溪黑臭水体经过治理后,各点位水质指标平均值均有所好转,评价结果为非黑臭。

表2 竹鹅溪治理后水质监测情况

Tab.2 Water quality of Zhuexi River after treatment

项目	溶解氧/(mg·L ⁻¹)	透明度/cm	氧化还原电位/mV	氨氮/(mg·L ⁻¹)
均值	3.97	31	140.5	3.99

2 工程实施内容及效果

2.1 分期实施,全线覆盖

竹鹅溪治理工程自下游开始往上游分两期进行,完成了15.9 km的河道整治工程,剩余5.2 km为自然保护非开发区,实现了水系治理全线覆盖。竹鹅溪治理一期工程包含在利用世行贷款柳州环境治理项目(一期)工程项目包中,建设期为2006年—2010年;竹鹅溪治理二期工程包含在利用世行贷款柳州环境综合治理项目(二期)工程项目包中,建设期为2012年—2018年。

2.2 控源截污工程

竹鹅溪位于建成区,地形复杂,河岸地势高差最大达8 m,两侧建筑密集。两岸截污采用截流式污水收集系统,旱季截流污水,雨季有雨水溢流^[2]。截流井以堰式截流为主,钢筋混凝土结构。截污管径为DN1 000~DN1 800,局部截污干管埋深达10 m,顶管施工,橡胶圈接口。共完成截污管施工近30 km,有效地形成了污染源头的截污控制。

经过资料收集及现场勘测,竹鹅溪沿线共发现污水管(渠)直排口131处,其中,管道73处,自然沟渠33处,沿岸零星住房散排20处,零星小作坊散排5处。由于地形狭促,截污主管沿两岸护坡下方敷设,局部与挡墙结合同步实施,有两处河岸地形过于陡峭无法敷管,通过倒虹管下穿竹鹅溪合并为单侧布管。这些排污口分成5类处置,分别是:污水管(渠)直排口70处管底标高满足截流条件,采用堰式截流形式;一期工程管渠标高过低无法接入截污主管3处,在二期末期通过加大投入向支管上游延伸实现截污;自然沟渠33处,预设截流井,近期沟水直排,远期实现控源截流;沿岸零星散排属于违章建筑8处,通知城区政府结合百日行动予以清理;其余

零星散排户 17 处,通知禁止违法排放并进行收集入管。

2.3 疏浚清淤工程

河道疏浚底部清淤,保留自然河床,两岸砌筑挡墙,局部调整河道坡降,合理配置断面过水流速,提高泄洪能力。在截污管网修复完善前,自 2017 年起,每年上半年和下半年分两次开展河底清淤工作。下游末端水深能行船处采用吸泥船,中上游利用移动泵抽吸的形式,把淤泥集中到临时机械脱水点,采用带式脱水机械,脱水后污泥填埋处置,2017 年—2018 年两年 4 次共清理淤泥约为 $9 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。清除淤泥提高了水体的透明度,并促使各项指标趋好。

2.4 疏通补水工程

竹鹅溪南支流枯水季节(气温较低)月径流量约 $28\,000 \text{ m}^3$ ^[2],按有关经验,1 月内水体置换率达 15%,水体呈流动状态。自然补水包括地表泉眼、沟渠和水库。上游有一座水库,正常蓄水位库容为 $133.92 \times 10^4 \text{ m}^3$ ^[3]。本工程主要是充分利用这些原有的天然补水源,疏通沟渠护砌泉眼,保证水源能顺畅地重力流到竹鹅溪,保持治理后的水体呈流动状态,对维持良好的水体水质起到重要的作用。由于自然补水充分,工程暂不考虑额外补水调度方案。

2.5 非开挖管道修复工程

针对已完工运行的一期工程截污管网出现污水溢流的情况,2017 年 3 月开展沿岸 10 km 截污管的 CCTV 检测,评估管道的结构性和功能性缺陷状况,同年 6 月—12 月进行了有针对性的非开挖修复和维护。非开挖修复完成工程量包括累计总长度达 1 km 的多处裂缝嵌补,局部树脂固化共计 81 环套,不锈钢双胀环共计 41 套,管径包括 DN1 000、DN1 200、DN1 350、DN1 500,钢筋混凝土管材。完工后竹鹅溪一期工程管网的截污功能得到明显加强和提高,实现旱季应截尽截无溢流的预期目标。

2.6 景观整治工程

结合城市景观规划和柳州市的民族文化特色,打造一个集市民休闲、文化娱乐为一体的城市景观长廊。竹鹅溪全线水体清澈、水草摇曳,两岸花木秀美,设有亲水平台、休闲步道、雕塑小品,成为市民休闲娱乐的新去处。

景观整治包括景观绿化、景观节点、景观灯光、附属工程等。其中,景观绿化近 $20 \times 10^4 \text{ m}^2$,占总用地面积的 40%;景观节点 5 处,含扩大水面 2 处、箱

涵顶绿化 1 处、支流交汇节点 2 处;景观灯光为沿岸设置造型独特的庭院灯,景观节点设置泛光灯和草坪灯;附属工程为沿途建设 4 座充水式橡胶坝及配套泵房,坝长分别为 36.44、39.56、37.04、40.64 m,坝高分别为 2.74、3.26、2.84、3.44 m。橡胶坝枯水期成坝蓄水,丰水期塌坝维持原河道泄流能力,坝前正常蓄水深最小保持在 1 m 左右,实现沿线常年梯级蓄水的景观工程。

3 成效关键点分析

3.1 全流域系统化治理

水体的治理不仅仅是对水域局部的治理,还要充分考虑水域是一个关联的整体^[4]。黑臭水体治理要有系统性的全流域整治规划并进行顶层设计,才能保证治理有效果,避免黑臭反弹现象出现。竹鹅溪治理一期工程建设时,由于资金有限,加上当时上游段处于城郊接合部,尚未开发,水体尚清澈,就选择了自下而上从末端开始治理的思路,利用有限的资金投入达到下游城市中心段出成效的目标。2005 年开展可行性研究报告编制,但是到 2009 年工程完工时,随着城市的开发外扩,竹鹅溪上游段接纳了越来越多的直排污水,源源不断的黑臭水直接破坏了下游段的治理成效。因此,不得不马上提出了往上游继续治理的竹鹅溪二期工程,同时进行全流域污水收集工程规划控制,全流域系统性地指导上游区域的污水管网工程建设。

3.2 控源截污包括点源、面源污染截流

3.2.1 城中村生活污水控源截污

针对城郊接合部的居民房零散分布,生活污水无组织排放的情况,近期就近截流改造,远期城区政府根据规划对片区污水收集系统进行统一改造整治。针对片区开发前先行建设的道路排水系统雨、污水管混接情况,通过现场勘查和核查道路竣工图纸,摸排梳理后进行分流整改,纠正了污水通过雨水管直排竹鹅溪的现象。针对近期是清水的明沟,预设截流井,近期沟水直排,远期实现控源截流。通过针对不同情况的生活污水溯源截污改造,实现了全流域生活污水的控源截污。

3.2.2 工业废水控源截污

城郊接合部管理不规范的小作坊小企业较多,不定期大量偷排工业废水现象时有发生,特别是在遇到下雨天气时,超过截污能力的大量工业废水直排竹鹅溪,严重时污染整个水面,污染带在下游数公

里都不能缓解。工业废水控源必须依靠行政手段,只有从企业外排口源头控制,禁止超标排放,才能保证水体免受污染。通过抓证据,加大执法力度,加强黑臭水体治理的环保宣传,关键是政府行政作为后,有效控制了工业废水偷排现象。

3.2.3 水体畜禽养殖污水截污控源

竹鹅溪上游毗邻水库,水质清澈,治理前河道被拦水筑坝进行养鱼养鸭,鱼鸭的粪便以及饲料形成黄褐色的污水顺流而下,导致下游整治后的水体再次受到污染返黑,这是造成竹鹅溪一期工程截污效果受到影响的最直接的原因。在进行二期工程期间,依法取缔了所有的水体养殖点,实现了水体畜禽养殖污水的截污控源目标。

3.2.4 农业面源污染控源

目前由于土地整理开发还在分阶段进行,局部区域仍然有零星农业种植,竹鹅溪二期上游河道保留个别水坝供农用抽灌,同时在入溪口设截水坝防止有机粪水及农药化肥直排,实现了农业面源污染控源。

3.3 定期清淤

竹鹅溪处于典型的喀斯特地貌地区,汛期溪水大涨大落,平时水面很浅,除下游近江口处水位约2.0 m外,大多数河道水面为0.2~1.0 m。当有污水排入时,易形成淤泥沉积河底,造成水体黑臭。当控源截污没有达到预期目标前,每年分两次(上半年和下半年)定期开展清淤工作很有必要。清淤工作由水利部门开展,每年一般在3月—4月汛期前进行一次,年底枯水季节11月—12月进行一次,清淤范围为目测有明显的淤积河段,清理至抽吸泵低水位无法工作为止。

3.4 市政排水口标高设计与排涝标准有效衔接

市政排水系统收集的涝水,需要通过城市排涝系统排出。曾经出现过市政排水管道以重力流为前提进行水力计算设计施工完毕,在入河口附近水域自然排放,但是待后期城市排涝系统建设时,在入河口设置的挡水堰顶标高高于市政排水口标高,导致市政排水系统末端长期壅水,由重力出流变成了淹没堰式出流,影响了市政排水管道的正常排水功能。通过两套排水系统的水位衔接,最终可以实现水利排涝标准与市政排水标准的衔接,使市政排水系统与城市排涝系统能够共同解决城市洪涝灾害问题^[5]。所以,在进行建成区的空间竖向规划时,需

要充分考虑市政排水系统与城市排涝系统的水位有效衔接。

3.5 非开挖管道修复巩固截污系统功能

竹鹅溪一期沿岸截污管非开挖修复前,已完工使用9年,30%的截流井存在溢流现象,通过截污管CCTV检测视频判读,发现检测管道存在脱节、错口、破裂等结构性缺陷以及榕树树根入侵等功能性缺陷,这些缺陷严重影响了排水管道的正常运行,导致污水外溢,截污管没有发挥应有的作用,黑臭水体现象依然存在。竹鹅溪河道岩石处于浅表,当时施工就异常艰难,两侧建筑密集,由于地形条件限制,只能进行非开挖管道修复,依据前期管道检测报告评估结果,采用气囊封堵上下游管段,设置临时排水泵及排水管,将上游来水排入临近的下游管道,有针对性地采用裂缝嵌补、不锈钢双胀环、局部树脂固化等非开挖修复方法。通过非开挖管道修复工程,消除了截污工程完工后出现的污水溢流点,对于加强和巩固截污系统功能的控源截污起到了非常重要的作用。

3.6 大力落实河长制

两期黑臭水体的治理工程完工后,如何保持水体的水质、保持河面的清洁、保持河岸的整洁、严控工业污染源的问题凸显。由于涉及的主管部门众多,管理难度大,管理的战线长,各部门思想重视不够,竹鹅溪难免出现返黑情况。要实现河道长久清澈,达到预期目标后应建立长效管理机制,严控污水直排入河^[6]。2018年初开始大力落实河长制,有望实现可持续性水质合格。

3.7 建立截污管网监控系统,提高管理效率

引入智慧水务管理,建立截污管网的监控系统,通过在线监测系统和管网运行动态模拟系统相结合,模拟泵站、管网、污水厂联动调度,挖掘管网的使用效率,减少雨水溢流量,并进行跨流域调度方案模拟评估^[7],提高管理效率,助力维持黑臭水体治理成果,将是下一步的工作方向。目前已初步搭建污水主管网数字查询系统,建立泵站、管网、污水厂联动调度管理,下一步将在管网的关键节点布置在线监测设施,通过匹配有效的管网运行动态模拟和管理软件,实现截污管网的数字化监控,创新管理手段和提高管理效率。

4 不足与对策建议

竹鹅溪服务范围内的建成区为老城区,排水系

统为雨污合流制,竹鹅溪沿岸截污控源采用截流式污水收集系统,旱季截流污水,雨季有雨水溢流。每逢降雨超过截流能力时,溢流合流雨水对竹鹅溪都会造成水质影响。下一步的工作将考虑在截污主管的中游地段建设污水分流泵站,提高下游污水管道的截流能力;有条件的地区逐步实现雨污分流改造;今后的排水系统规划中,应避免在沿水体岸堤敷设溢流污水主管。

5 结论

竹鹅溪黑臭水体通过两期的综合治理,采取了控源截污、非开挖管道修复、河道疏浚清淤、疏通自然补水、景观整治等工程措施,从硬件设施上,建立了消除黑臭水体的工程保障措施。但是,黑臭水体治理成果的保持和维护,将是难度更大、时间跨度更长的软环境管理能力的考验,所以,大力落实河长制管理和推行管网的监控管理,是维持黑臭水体治理成效的主要任务。

参考文献:

- [1] 徐祖信,徐晋,金伟,等. 我国城市黑臭水体治理面临的挑战与机遇[J]. 给水排水,2019,45(3):1-5,77.
Xu Zuxin, Xu Jin, Jin Wei, *et al.* Challenges and opportunities of black and odorous water body in the cities of China[J]. *Water & Wastewater Engineering*,2019,45(3):1-5,77(in Chinese).
- [2] 刘向荣,彭艺艺,余润生,等. 柳州竹鹅溪河道综合整治工程设计[J]. 中国给水排水,2010,26(4):38-41.
Liu Xiangrong, Peng Yiyi, Yu Runsheng, *et al.* Design of comprehensive control engineering of Zhuexi River in Liuzhou City[J]. *China Water & Wastewater*,2010,26(4):38-41(in Chinese).
- [3] 王大庆. 柳州市拉达水库溃坝洪水分析[J]. 柳州师专学报,2015,30(1):140-141.
Wang Daqing. An analysis of dam-break flood in Liuzhou Lada reservoir[J]. *Journal of Liuzhou Teachers College*, 2015,30(1):140-141(in Chinese).
- [4] 彭艺艺,尹年,孟宪翠. 柳州市环境综合治理二期工程的关联性和创新性介绍[J]. 环境工程,2011,29(1):107-109,71.
Peng Yiyi, Yin Nian, Meng Xianhui. An introduction to correlation and innovation of Liuzhou environment management project II [J]. *Environmental Engineering*, 2011,29(1):107-109,71(in Chinese).
- [5] 黄兆玮,刘霞,徐辉荣,等. 市政排水与城市排涝标准衔接理念及其应用案例分析[J]. 中国给水排水,2018,34(4):16-21.
Huang Zhaowei, Liu Xia, Xu Huirong, *et al.* Concept of matching municipal drainage and waterlogging drainage standard and application case analysis[J]. *China Water & Wastewater*,2018,34(4):16-21(in Chinese).
- [6] 李晓,宋桂杰,邓佑锋,等. 深圳市典型黑臭水体治理效果分析[J]. 中国给水排水,2018,34(14):101-104.
Li Xiao, Song Guijie, Deng Youfeng, *et al.* Analysis of typical black-odorous river governance effect in Shenzhen [J]. *China Water & Wastewater*,2018,34(14):101-104(in Chinese).
- [7] 彭艺艺,左剑恶,刘广钊,等. 数字化管理在截流主管网系统的应用探析[J]. 中国给水排水,2015,31(10):12-15.
Peng Yiyi, Zuo Jian'e, Liu Guangzhao, *et al.* Analysis on application of digital management to main interceptor sewer system[J]. *China Water & Wastewater*,2015,31(10):12-15(in Chinese).



作者简介:彭艺艺(1971-),女,壮族,广西柳州人,大学本科,教授级高级工程师,从事水务行业管理工作。

E-mail:761449787@163.com

收稿日期:2019-07-29