

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2020.16.018

深圳市新桥河水环境综合治理工程设计

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: 新桥河是深圳市茅洲河流域的二级支流,河道污染严重,水体发黑发臭,严重影响了城市生态环境。按照五水共治、系统综合治理的技术策略,新桥河水环境综合治理工程通过河道防洪整治、截污控源、内源消除、生态补水、活水提质、生态修复、景观提升等工程内容,实现了河道的综合生态治理。工程实施后,河道水质达到了地表水Ⅴ类标准,既实现了河道防洪排涝达标、河道良性生态恢复及水质提升的考核目标,又为市民提供了环境优美、集体憩、娱乐于一体的滨水生态绿廊,产生了良好的环境效益和社会效益。

关键词: 黑臭水体; 五水共治; 系统综合治理; 生态恢复; 水质提升

中图分类号: TU992 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2020)16-0095-06

Ecological Comprehensive Restoration Project Design of Xinqiao River in Shenzhen City

LI Rui-cheng, QIU Hong-jun

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

Abstract: Xinqiao River is a secondary tributary of the Maozhou River basin in Shenzhen City. The river channel was seriously polluted, and the river water was black and odorous, which seriously affected the urban ecological environment. According to the design concept of five water co-governance and systematic ecological restoration strategy, the Xinqiao River comprehensive improvement project had realized the ecological management of the river channel through river flood control, wastewater interception, endogenous elimination, ecological water replenishment, water quality improvement by running water, ecological restoration, landscape enhancement, etc. After the project was implemented, the river water quality had met surface water category V standard. It not only achieved the assessment targets of river flood control and drainage, river channel ecological restoration and water quality improvement, but also provided the citizens with leisure and entertainment places, which has produced excellent environmental and social benefits.

Key words: black and odorous water; five water co-governance; systematic comprehensive restoration; ecological restoration; water quality improvement

新桥河水环境综合治理工程是深圳市茅洲河流域水环境综合整治大会战的重要组成部分。项目由河道防洪整治、污水截流、河道补水、生态修复及景观工程等子项组成,设计方案遵循“防洪达标、控源截污、消除内源、清水补给、活水循环、生态修复、水

质景观双提升”的系统治理技术路线。工程完成后,河道水质达到了《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002)Ⅴ类标准,实现了工程目标。

1 设计总体思路

新桥河为茅洲河二级支流,发源于长流陂水库

溢洪道,由东向西排入茅洲河一级支流排涝河,为雨源型河流,河道总长 6.2 km,流域面积 17.52 km²,沿途无支流接入。现状河道大体可划分为两段,即起点至广深公路以东上游工业区段,长约 3.25 km;广深公路以西至河口下游住宅商业区段,长约 2.95 km,为感潮河段。

河道横穿深圳市宝安区沙井街道中心城区,沿途工业区、住宅区密集,快速的工业化、城市化导致区域内污水未有效收集处理,大量直排入河;同时受潮水顶托,河底淤积大量底泥,水体自净能力差,河道水质黑臭严重。根据 2015 年度逐月水质检测资料,由河口依次往上游,重度黑臭河段约 4.8 km,轻度黑臭河段约 1.4 km;河口水质为《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002)劣 V 类,在 4 项黑臭指标中,透明度、氨氮两项指标超标尤为严重,其 2015 年度月平均值分别为 6~11 cm、16~26 mg/L。

治理思路遵循水体的自然规律^[1],以茅洲河流域的治水提质规划及总体治理方案为依据,统筹防洪达标、水污染治理、生态修复和景观提升 4 大任务,强化河道综合治理方案的系统性、生态性及可实施性,采取有针对性的措施,实现“排水畅通、水清岸绿、鱼翔浅底、生态和谐、人水形同”的工程目标。

2 防洪整治工程

设计河道防洪标准 20 年一遇,在河道起点长流陂水库调洪情况下,河口 $P=5\%$ 洪峰流量为 102.60 m³/s。

现状河道上游段蜿蜒曲折,矩形断面,现状两侧为工业区,无阻水构筑物;经计算,河道断面满足行洪需要。下游段河道顺直,矩形断面;现状两侧为住宅商业区,两岸地势低洼,部分河段两岸大量建筑沿河而建,受潮水顶托及桥梁、过路暗涵的阻水影响,现状堤岸高程不满足防洪要求。同时河道全线堤防建设缺乏系统性,浆砌石旧挡墙破损严重,需拆除重建;沿河巡河路不贯通、无防护栏杆,与目前生态城市建设发展的要求有较大差距。

依据区域防洪排涝规划,通过局部拓宽、堤岸拆除重建、清淤清障等措施,结合征地拆迁贯通巡河路、增设下河检修道等手段完善河道的防汛管理系统,使河道防洪能力达到 20 年一遇标准。

河道平面布置基本保持现有形态,走向基本沿现状河槽深泓线布置,堤岸结合景观设计考虑路堤结合,两岸设置 3.5 m 宽巡河路或 2.0 m 宽人行道

及景观休闲带等。

河道横断面设计结合用地情况,现状建筑物紧邻、无施工空间段采用矩形断面(见图 1);有施工空间段,结合生态景观需要,设计成复式断面,即下部矩形、上部梯形,复式断面的矩形堤岸顶设置一级步道或亲水平台,上部梯形坡面结合景观要求种草皮、开花灌木等。堤岸结构主要采用钻孔灌注桩+钢筋混凝土护面形式的桩式堤岸,局部有开挖施工空间段采用钢筋混凝土重力式或自嵌式的墙式堤岸。桩式堤岸采用钻孔灌注桩穿越软土进行堤岸地基处理,墙式堤岸地基处理:当淤泥深度 <3.0 m 时采用换填处理,超过 3 m 的采用抛石挤淤处理。

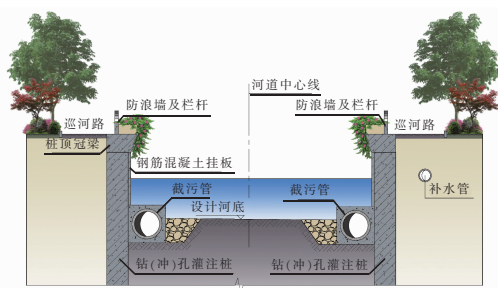


图1 河道矩形横断面示意

Fig.1 Schematic diagram of rectangular section of river channel

河道设计纵坡以现状河底为基准,不过多改变原有深泓线高程,清淤修坡至设计高程,挖深一般不超过 1.0 m,水流流速控制在 3.0 m/s 以内。为减缓水力坡降,不过多改变河道原有坡降及减少对河床的冲刷,上游段结合河道生态修复需要设置 8 处低堰跌水。

上游段河道现状堤顶高于设计堤顶高程时,则维持现状堤顶高程;如下游段河道堤岸欠高 0.5~1.0 m,需设置防洪墙,考虑到景观及城市市容市貌的需要,局部加高河堤使设置的防洪墙高度不超 0.6 m,设计将防洪墙与河道栏杆一体化建设,即栏杆下部雕饰实心墙兼作防洪墙。

3 截污控源工程

流域基本为直排合流制排水体制,污水直排入河,加之受潮水顶托,下游段河道水动力不足,淤积黑臭严重。河道现状共有 240 个排污口,总漏排入河污水量约 5.0×10^4 m³/d。

设计对所有排污口进行截流,实现旱季污水 100% 收集,同时考虑 $N_0=2$ 的截流倍数以削减雨季

合流污水污染负荷,提升河道水质。

设计从上游起点沿河道两岸设置截污管,如将截污管布置在沿河两岸上,由于部分河段存在临河建筑、排水涵管等障碍,管道不能全线贯通,且施工难度大。因此设计将截污管铺设于河道内,沿河道岸墙脚铺设,该方案不但施工难度小,也确保了截污干管全线贯通及入河旱季污水100%截流,桥涵段截污管则局部绕至堤岸外铺设。

沿河截污管结合新建堤岸协同建设,采用管道外加混凝土全线包封铺设以实现抗浮要求,并防护加固管道;截污管潜埋于河底,包封后顶面高于设计河底0.3 m左右,不影响河道整体外观及行洪。管道坡度同河道设计纵坡,管径按雨季截入合流污水量考虑,DN600~DN1350不等,截污管末端接入现状DN1800污水干管内。

排污口治理方案针对排口的不同性质、不同口径,分类截流处理。

① 对管径 \leq DN200的小型建筑直排排污口(共86个),设计将污水管直接接入沿河截污系统,对排口密集处,则串联归并后集中接入。

② 对DN200<管径 \leq DN1500排污口,采用槽式截流井截流,共148个,见图2。合流管入河排口设拍门防倒灌,截流管上设沉砂井避免大量泥沙进入截污系统,减少截污管清淤频率;排污口密集处,则根据现场实际情况进行归并处理,集中截流以便于后期的管养维护。

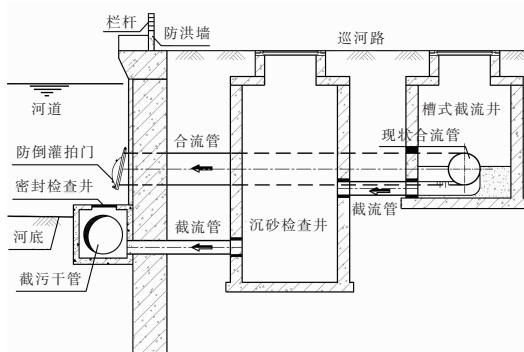


图2 槽式截流井

Fig. 2 Trough interceptor

③ 对管径 $>$ DN1500的大型排污口,设计采用智能截流井,共6个,见图3。智能截流井内设置了雨季污水截流量自动调节阀,根据井内液位自动控制调节阀的开启度;合流管出水端设置了下开式自动堰门,雨季泄洪、旱季防倒灌。

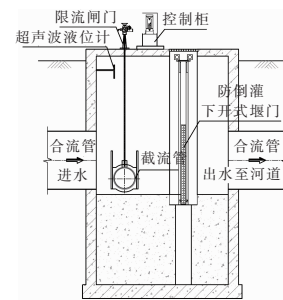


图3 智能截流井

Fig. 3 Intelligent interceptor

沿截污管间隔40~100 m或截流管接入处设检查井,采用承压密封井盖以避免河水进入截污系统,检查井顶面与管道混凝土包封顶面齐平,以避免阻水影响河道过流。

为减少感潮段河水倒灌进入截污管道的风险,在河口设计下开式自动堰闸1座,按平均高潮位2.45 m设计,一方面实现河道生态蓄水,另一方面防止潮水倒灌,雨季则根据闸前液位自动控制开启进行泄洪。

由于区域正进行雨污分流及正本清源工程,将逐步实现彻底的雨污分流,因此需做好河道截污系统与市政污水管的近远期衔接。沿河截污系统的定位为近期收集直排污水确保消除河道黑臭,远期则作为收集漏排入河污水及控制面源污染的初雨水收集系统,并形成污水收集的两道防线。

4 生态补水工程

新桥河为雨源型河流,在河道完成入河排口截流后,旱季在长流陂水库不开闸放水的情况下,河道基流仅为地下渗流水,不能满足河道维护水生态的需要,因此需对河道进行生态补水。

长流陂水库为备用饮用水源水库,仅能作为应急补水水源,因此设计利用位于河道下游沙井污水厂尾水作为常态补水水源。沙井污水厂尾水现状出水水质为一级A标准,计划提标改造至地表准IV出水标准,以满足河道生态补水水质要求,尾水利用流域补水总加压泵站输送至河道的上游补水点释放至河道内。

河道理论补水量为:

$$Q = \text{生态需水量 } Q_1 + \text{蒸发量 } Q_2 + \text{中水量 } Q_3 \quad (1)$$

生态需水量计算采用景观用水法,即在对河道采取清淤、护岸、绿化等措施后,旱季时保证一定的

水深即可取得较好的生态效果,具体计算公式:

$$Q_1 = B \times H \times L \times n \quad (2)$$

式中 Q_1 ——生态需水量

B ——河道宽度

H ——河道补水深度,取 0.5 m

L ——河长

n ——每日交换次数(2 d 内交换完毕,取 0.5)

经计算,河道理论补水量 $Q = 5.0 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,其中生态需水量约 $3.31 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,蒸发量约 $0.04 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,沿途市政中水量约 $1.5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,其他(损耗和渗漏) $0.15 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。

设计补水管为 DN800 HDPE 实壁管,主要铺设于堤岸的人行道或巡河路下,放坡开挖施工,管道横穿现状重要市政道路时则采用非开挖的水平定向拖拉施工,其中横穿中心路与北环路交叉口处设计的 DN800 定向拖拉管,克服了众多地下管线的限制,一次性弧线拖拉 850 m。

5 内源消除工程

受潮水顶托等因素影响,河道淤积严重,尤其是下游段。根据现场调查及底泥测量情况,下游段淤积深度为 0.8~1.2 m,上游段为 0.5~0.8 m,均为泥质型底泥,重度污染。底泥特点:①含水率高,运输处理难度大;②重金属含量高,以铜、锌、镉和镍为主,生态危害大;③持久性有机污染物含量高。在一定的条件下,累积于底泥中的污染物通过与上覆水体间的物理、化学、生物交换作用,重新进入到上覆水体中,成为影响水体水质的二次污染源。

结合河道纵坡设计及环保清淤需要进行底泥疏浚是内源消除直接有效的方案^[2]。设计采用围堰进行干式清淤,明渠段机械清淤,桥梁段和箱涵段人工清淤,要求枯水期(11月—3月)施工。底泥沥水后运往茅洲河底泥处理厂进行集中无害化处置。

在后期施工保修期内,由于暴雨将排水管网系统内沉积底泥冲刷至河道,导致高污染的底泥在河道中下游约 1.2 km 范围内淤积,在晴天利用吸泥泵车对河道再进行 2 次泵吸式清淤,每次清淤量约 4 000 m^3 。因此,加强河道日常管养清淤是必要的。

6 生态修复工程

6.1 河岸生态修复工程

河道矩形断面段,在堤顶栏杆内侧设置花槽,种植向下悬垂藤本类植物。复合断面按两年一遇防洪

标准考虑驳岸结构分层,河道下部护岸受洪水冲刷几率及冲刷流速大,采用抗冲刷性强的硬化护岸结构,上部护岸受冲刷几率小,考虑植被型绿化生态边坡。典型复合生态断面见图 4。

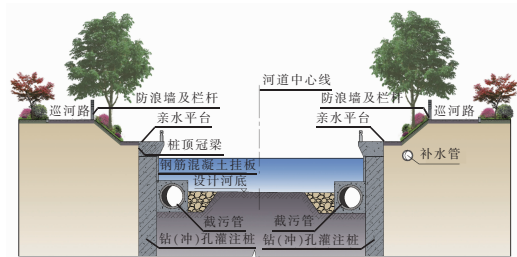


图4 典型复合生态断面布置

Fig. 4 Layout of typical composite ecological section

6.2 水系生态修复工程

① 河道形态塑造

河道现状有 4 处较大的河弯段,在河道平面布置及清淤疏浚设计中,充分考虑河道现状及弯道的水流特性,尤其在上游河段,在保持河道基本沿现状沟泓线走向的基础上,尽量恢复河道的自然特征,宜弯则弯,宜宽则宽,形成浅滩深潭的多样化水流特征及水体结构,构造多样性的动植物生存条件,提高河道自净能力。

② 水体形态塑造

河道生态补水后,形成了较稳定的水体景观形态,考虑构筑静止水体的生物生存空间,在中上游设置多处固定式低堰、堆石低坝及叮步等设施,在增氧改善水动力的同时也形成多层次的水面效果。

③ 河床改造

设计在河道中上游局部边滩浅滩构建生态滤床,以对河水起一定的净化作用。同时由于壅水以后,水流速度降低,为了构建基底微生态系统,拆除现状浆砌石或混凝土硬质护底并将部分拆除的石头处理后干摆于河床,营造流态的多样性,以构筑河床水生动物的多样性栖息空间。

④ 水生植物种植

由于河口已建防潮闸,下游形成了 $8.0 \times 10^4 \text{ m}^3$ 的水体,壅水长度达 2.00 km,设计在下游两岸岸墙脚部种植挺水水生植物带,包括菖蒲、美人蕉、风车草在内的多种水生植物,创造生物群落生存空间,改善河道水体,维持河道生态及水质的动态平衡。

通过以上综合措施,保持了生态通道内绿地系统的连续性,使河道逐渐恢复生态功能,并维持其自

身的生态平衡。河道内水生植物种植实景见图5。



图5 河道内水生植物种植实景

Fig.5 Landscape of aquatic plants in the river

7 景观工程

7.1 总体布局

结合城市总体规划及区域自身千年来的蚝文化底蕴,以河道为链节,结合各种形态的亲水平台、自由浪漫的绿地、曲折流畅的园路碧道,形成曲径通幽、绿树成荫、清新自然的滨水景观,成为集市民休闲、文化娱乐、体育运动为一体的城市景观长廊。

7.2 工程设计

按“一带三区”的景观格局进行设计。一条生态带:新桥河滨水生态景观带;三个滨水风貌区:上游滨河游憩生态区,中游休闲娱乐运动区,下游都市活力区。

滨河游憩生态区段在两侧河道蓝线范围内布置蜿蜒曲折的漫步道、绿道,种植的灌木花卉植物与保留的乔木共同塑造滨水林荫空间,结合河道生态岸坡、浅滩湿地等形成丰富的安静趣味空间。

休闲娱乐运动区两岸是重要的居住区,为了给人们提供一个休闲娱乐场所,更多地利用河道空间,设计以滨水与休闲元素为主的河道景观,使河道更好地融入居住空间当中。设计将生态边坡、景观水面、滨水平台、景观小品有机融合,适当设置停驻节点,增加滨水使用频率,为更多公众提供安全舒适的滨水休闲区,拓展了城市公共空间。同时将当地保留较为完好的蚝文化、氏族文化、建筑文化等元素融入到滨河小品、铺装、标志牌等服务设施之中,延续当地特色文化脉络。

都市活力区段河道与城市主干道并行,河道两岸可利用空间大,视觉开阔,利用该特点营造不同的景观感受和景观体验,流畅的园路线条串联各个不同的河道绿地空间,营造出层次丰富的滨水景观空

间,最大限度地共享河流绿色资源,提升沿岸城市土地价值,满足城市规划和开发要求,为居民提供丰富的交流活动空间,形成友善和谐的都市活力圈。

8 工程实施效果

8.1 公众调查结果

新桥河治理完成后,根据第三方提供的公众调查报告结果,对新桥河黑臭水体整治效果表示“非常满意”和“满意”的比例达到98%,经专家验收会认定,项目整治效果达标。

8.2 水质检测结果

由第三方水质检测单位对新桥河布点检测,按照《城市黑臭水体整治工作指南》要求,共设置了8处监测点进行了持续检测,整治前、后指标数据见表1。可以看出,水质指标均满足不黑不臭要求,达到了《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002)Ⅴ类水标准,实现了工程目标。

表1 水质监测指标

Tab.1 Water quality monitoring indicators

项 目	整治前	整治后
透明度/cm	6~11	30~37
溶解氧/(mg·L ⁻¹)	0.8~1.8	4.5~6
氨氮/(mg·L ⁻¹)	16~26	1.2~1.8
氧化还原电位/mV	25~80	250~350

8.3 社会效益

工程实现了城市河道的多功能性,既满足城市河道防洪排涝、滨水的传统功能要求,又为市民提供了众多的舒适、休闲、娱乐场地。工程实景见图6。



图6 工程实景

Fig.6 Project scene

9 结论与建议

① 新桥河黑臭水体经综合治理后,水质指标达到了《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002)Ⅴ类水标准,4项考核指标(透明度、溶解氧、氨氮、氧

化还原电位)均满足黑臭水体考核要求,实现了工程目标。

② 河道黑臭水体综合治理应从水安全、水环境、水资源、水景观、水生态等方面做系统综合治理,治理方案应因地制宜,注重水体良性生态的恢复及水体自净能力的提升。

③ 滨海地区的水环境治理,做好截污系统防潮水倒灌设计是截污纳管控源、增质提效的关键因素之一。

④ 黑臭水体治理后,必须加强后期运行维护管理,建立长效管理机制,确保水环境长制久清。

参考文献:

- [1] 徐敏,姚瑞华,宋玲玲,等. 我国城市水体黑臭治理的基本思路研究[J]. 中国环境管理,2015,7(2):74-78.
- Xu Min, Yao Ruihua, Song Lingling, *et al.* Primary exploration of general plan of the urban black-odor river treatment in China[J]. Chinese Journal of Environmental Management, 2015, 7(2): 74-78 (in Chinese).
- [2] 宁梓洁,王鑫. 黑臭水体治理技术研究进展[J]. 环境

工程,2018,36(8):26-29,73.

Ning Zijie, Wang Xin. Overview of the black odorous waters treatment technologies in China [J]. Environmental Engineering, 2018, 36(8): 26-29, 73 (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、环境卫生工程设计工作。

E-mail:178076493@qq.com

收稿日期:2020-02-03

(上接第94页)

tanks in urban drainage system [J]. China Water & Wastewater, 2012, 28(10): 45-47 (in Chinese).

- [4] 朱理铭,李钊. 广州市雨水调蓄池规划技术研究[J]. 中国给水排水,2010,26(18):46-50.
- Zhu Liming, Li Chuan. Study on planning technology of rainwater storage tank in Guangzhou [J]. China Water & Wastewater, 2010, 26(18): 46-50 (in Chinese).
- [5] 周传庭. 合肥市老城区全地下雨水调蓄池工程设计[J]. 中国给水排水,2019,35(14):63-66.
- Zhou Chuanting. Project design of the full underground stormwater detention tank for old urban area of Hefei City [J]. China Water & Wastewater, 2019, 35(14): 63-66 (in Chinese).
- [6] 刘剑. 布置于河床下的全地下式调蓄池的设计要点[J]. 中国给水排水,2019,35(16):73-76.
- Liu Jian. Design key points of underground storage tank located under riverbed [J]. China Water & Wastewater, 2019, 35(16): 73-76 (in Chinese).



作者简介:周传庭(1980-),男,辽宁辽阳人,工学硕士,工程博士在读,高级工程师,国家注册公用设备工程师(给排水),研究方向为市政污水处理及初期雨水处理。

E-mail:13482299753@139.com

收稿日期:2020-02-14