

# 人工湿地在深圳坪山河综合整治工程中的应用

高 祯, 宋嘉美, 潘彩萍

(中国市政工程西北设计研究院有限公司 深圳分公司, 广东 深圳 518027)

**摘 要:** 深圳市坪山河干流水环境综合整治工程以水质达标为目的,采用垂直潜流人工湿地处理上洋污水处理厂尾水并回补于河道,在河道两侧建设了深圳市最大规模的人工湿地(旱季处理规模为  $12.65 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ ,雨季规模为  $16.55 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ )。采用蚝壳、沸石、粗砂等混合材料作为湿地填料,美人蕉、蜘蛛兰等兼具水处理功能和景观效果的土著植物作为湿地植物。经过近半年的试运行,湿地出水水质可稳定达到《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002)Ⅳ类标准,对坪山河干流的水质保障和景观提升具有一定的作用。该工程是污水处理厂厂外提标的典型案例,具有很好的示范作用。

**关键词:** 人工湿地; 填料; 垂直流

**中图分类号:** TU992.3      **文献标识码:** B      **文章编号:** 1000-4602(2020)02-0065-04

## Application of Constructed Wetland in Comprehensive Control Project of Shenzhen Pingshan River

GAO Zhen, SONG Jia-mei, PAN Cai-ping

(Shenzhen Branch, CSCEC AECOM Consultants Co. Ltd., Shenzhen 518027, China)

**Abstract:** In the project of comprehensive control of Pingshan River in Shenzhen, in order to meet the standard effluent quality, the vertical flow constructed wetland was used to treat the secondary effluent of Shangyang wastewater treatment plant and the effluent of the constructed wetland was discharged into Pingshan River. The largest constructed wetland in Shenzhen had been built on both sides of the river (the dry season treatment capacity was  $12.65 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ , and the capacity in rainy season was  $16.55 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ ). Oyster shells, zeolite and grit were used as filler in the constructed wetland. Canna, spider orchid and other native plants with both water treatment function and landscape effect were selected as wetland plants. The results of continuous operation in half a year showed that the effluent quality could meet the Ⅳ class standard of *Environmental Quality Standards for Surface Water* (GB 3838-2002). It was a typical case of enhancing standards outside the wastewater treatment plant, which had a certain effect on the water quality assurance and landscape improvement of Pingshan River, and had favorable demonstrative effect.

**Key words:** constructed wetland; packing; vertical flow

### 1 项目概况

坪山河属珠江水系东江的三级支流,发源于坪山区三洲田,深圳境内干流长度为13.5 km,流域面积为129.4 km<sup>2</sup>,下游流入惠州市,在淡水寮湖汇入淡水河并最终进入东江。东江承担着为惠州市、深

圳以及香港特别行政区供水的重要任务,而坪山河流域是东江的重要水源地之一,因此坪山河水质备受关注。2016年坪山河深惠交接的上洋断面水质监测为劣Ⅴ类,水质持续恶化,因此坪山河水环境问题被广东省环保厅列为十大重点环境问题之一挂牌

督办,要求2020年交接断面重金属指标达到Ⅲ类,其他指标优于Ⅳ类。在此背景下开展的坪山河水环境综合整治工程以治水提质为核心,以统筹水质达标、生态修复、防洪排涝、景观文化、智慧管理为目标,旨在构建人与自然和谐统一的生态型河流。目前,坪山河水环境综合整治工程已接近尾声,连续监测交接断面水质基本达到设计指标,其中布置于沿河两岸的人工湿地发挥了重要的作用。

## 2 工艺选择

本工程主要以河道整体水质达标为目的,并对河道景观起到提升和亮化作用。由于垂直潜流人工湿地与表面流湿地及水平潜流人工湿地相比更耐冲击负荷,且对污染物的去除能力强,可通过运行方式的控制达到稳定的脱氮除磷效果<sup>[1-2]</sup>,采用不同的植物的搭配可构造丰富多彩的景观效果,与本工程目标一致,因此工程采用垂直潜流人工湿地作为主要的处理工艺。

## 3 工程设计

### 3.1 工艺流程及主要设计参数

本工程主要利用上洋污水厂尾水,经提升泵房提升至人工湿地处理后主要指标达到《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002)中Ⅳ类水标准回补至坪山河。人工湿地旱季处理规模为 $12.65 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ ,雨季规模为 $16.55 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。上洋污水厂尾水经提升泵房提升后分配至人工湿地,经人工湿地处理后的出水进入景观水体,并最终排入坪山河。

人工湿地的设计进、出水指标见表1。

表1 设计进、出水水质

Tab.1 Design influent and effluent quality

mg · L <sup>-1</sup>						
项目	COD	BOD <sub>5</sub>	NH <sub>3</sub> -N	TP	DO	SS
进水	50	10	5	0.5	—	10
出水	30	6	1.5	0.3	5	10

参考《人工湿地设计技术规范》及小试数据,本工程采用垂直潜流人工湿地,填料层厚度为1.5 m,旱季和雨季的平均水力负荷分别为0.53、0.69  $\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ ;在设计水力负荷下,水力停留时间分别为2.83、2.17 d。

### 3.2 人工湿地平面布置

坪山河水环境综合整治工程沿坪山河两岸共布置9处人工湿地,用以处理上洋污水处理厂的尾水,每处人工湿地由若干个湿地池组成,每个湿地池的

面积在1 100 ~ 1 500  $\text{m}^2$ 不等,分布情况见图1。



图1 人工湿地分布

Fig.1 Distribution of constructed wetland

湿地池总有效面积为23.65  $\text{hm}^2$ ,各人工湿地有效面积及处理规模见表2。

表2 人工湿地处理规模

Tab.2 Treatment scale of constructed wetland

项 目	湿地池有效面积/ $10^4 \text{ m}^2$	处理规模/ $(10^4 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1})$
南布人工湿地	1.60	0.85 ~ 1.10
墩子河人工湿地	1.84	1.00 ~ 1.30
赤坳人工湿地	3.13	1.70 ~ 2.20
望牛A区人工湿地	0.90	0.45 ~ 0.60
望牛B区人工湿地	3.49	1.85 ~ 2.45
石井人工湿地	3.62	1.95 ~ 2.55
吓山A区人工湿地	6.36	3.40 ~ 4.45
吓山B区人工湿地	0.67	0.35 ~ 0.45
黄果场人工湿地	2.03	1.10 ~ 1.45
合计	23.65	12.65 ~ 16.55

### 3.3 人工湿地填料选择

研究发现,混合填料在人工湿地污水处理中的去除效果大多优于单一填料。徐丽花等<sup>[3]</sup>研究发现,沸石和石灰石填料有协同作用,对TN河TP的去除效果好于单一填料的使用。沸石和石灰石混合作为填料,不仅不会降低沸石吸附氨氮的能力,而且可促使难溶性P的释放,使石灰石吸附P被植物和微生物吸收利用,长期保持除磷功能。蚝壳的主要成分是石灰石,而且其特殊的三层结构形式含有大量微孔,具有一定的吸附、交换、催化的能力,对有机物的降解可以达到理想的效果。蚝壳在沿海城区一般作为固体废弃物处理,将其加工后作为湿地填料,可以达到以废制废的效果。

参照本地区的应用及小试效果,本工程采用粗砂、沸石和蚝壳混合填料替代传统的人工湿地填料,其混合比例为2:1:1。





入填料区,形成一个周期,随即开始下一轮布水。

#### 4 运行效果及维护要点

坪山河水环境综合整治工程于2016年12月开工,截至2019年5月已有7处人工湿地投入试运行,试运行期间对人工湿地出水的水质监测结果表明,其出水水质均达到设计指标(见表4),对整个坪山河干流的水质提升起到了一定的保障作用。

表4 人工湿地出水水质

Tab.4 Effluent quality of constructed wetland

项 目	COD	BOD <sub>5</sub>	NH <sub>3</sub> -N	TP	DO	SS
赤坳人工湿地	8.96	2.65	0.59	0.22	6.23	5.68
墩子河人工湿地	6.73	2.84	1.09	0.18	7.23	5.69
南布人工湿地	18.87	4.26	1.20	0.26	6.01	6.33
平均值	11.52	3.25	0.96	0.22	6.49	5.90

mg · L<sup>-1</sup>

该工程9处人工湿地总投资约4.02亿元,单位水量建设投资为3 127.6元/m<sup>3</sup>。运行成本主要包含电费及人工费,年运行成本约为930.5万元,折合单位水量运行成本为0.21元/m<sup>3</sup>。

人工湿地运行照片见图5。



图5 人工湿地运行照片

Fig.5 Photos of constructed wetland operation

建设湿地位于南方地区,气候条件适宜湿地植物的生长,通过合理的运行维护可以达到理想的处理效果。在湿地的调试初期应注意通过调整集水井内的活接控制湿地池内的液位在较低的状态以刺激根系向下生长,植物成长后也需保证池体的放空频率以保证填料层内有足够的氧气进入。湿地池正常运行过程中应注意对植物的养护,做到适时适量收割,同时采取措施控制池内杂草的生长,以保证处理效果和景观效果。对湿地池的进出水系统应定期检查,确保进出水通畅,特别需要注意保护布置在填料层表面的布水管,以免受外力破坏导致布水不均,影

响湿地的处理效果。

#### 5 结语

在城市河流综合整治工程中采用垂直潜流人工湿地处理城市污水处理厂尾水并回补于河道,能够稳定地将出水水质提升至《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002)Ⅳ类,是污水处理厂厂外提标的典型案例,对城市河流的水质保障和景观提升具有一定的作用,具有很好的示范效应。

#### 参考文献:

- [1] 王硕,刘恋,熊茂. 表面流—垂直流人工湿地用于某受污染河道水质净化[J]. 中国给水排水, 2017, 33(24): 95-98, 103.  
Wang Shuo, Liu Lian, Xiong Ji. Surface flow - vertical flow constructed wetland for purification of a polluted river water[J]. China Water & Wastewater, 2017, 33(24): 95-98, 103(in Chinese).
- [2] 宿军勇. 湿地组合工艺处理污水处理厂尾水的性能研究[D]. 济南: 山东大学, 2017.  
Su Junyong. Study on the Performance of Wetland Combined Treatment of Tail Water from Sewage Treatment Plant [D]. Jinan: Shandong University, 2017 (in Chinese).
- [3] 徐丽花,周琪. 不同填料人工湿地处理系统的净化能力研究[J]. 上海环境科学, 2002, 21(10): 603-605.  
Xu Lihua, Zhou Qi. Study on purification ability of artificial wetlands with different fillers [J]. Shanghai Environmental Sciences, 2002, 21(10): 603-605 (in Chinese).



作者简介:高祯(1988—),男,山东济南人,硕士,工程师,注册环保工程师,主要从事水污染控制研究与设计工作。

E-mail: gaozhen007@126.com

收稿日期:2019-03-16