

东阳市江滨景观带湿地公园设计案例分析

韩万玉, 魏俊, 赵梦飞, 刘伟荣

(中国电建集团华东勘测设计研究院有限公司, 浙江 杭州 311122)

摘要: 东阳市江滨景观带湿地公园以“模拟自然的河流”为设计理念,采用“生态氧化池+生态砾石床+垂直潜流湿地+水平潜流湿地+表流湿地”工艺处理污水处理厂尾水。工程将景观功能提到同等高度,成功打造了景观型尾水人工湿地,并解决了不规则湿地单元均匀配水、湿地防渗、填料设计、防堵塞设计等关键技术问题。通过发挥 EPC(设计采购施工)总承包建设模式的优势,以设计为龙头,解决了施工过程中填料清洗、分选、摊铺等关键技术问题。该工程集污水处理、景观游憩、科普教育于一体,取得了良好的社会、环境、经济效益,可以为国内类似工程的实施提供借鉴。

关键词: 尾水; 人工湿地; 强化预处理; 潜流湿地; 表流湿地; EPC

中图分类号: TU992 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4602(2019)04-0020-04

Case Study on Design of Constructed Wetland Park in Jiangbin Landscape Belt of Dongyang

HAN Wan-yu, WEI Jun, ZHAO Meng-fei, LIU Wei-rong

(PowerChina Huadong Engineering Corporation Limited, Hangzhou 311122, China)

Abstract: Based on the design concept of simulated natural rivers, the combined treatment process of “ecological oxidation tank + ecological gravel bed + vertical subsurface flow wetland + horizontal subsurface flow wetland + surface flow wetland” was used to treat the effluent from wastewater treatment plant in Dongyang. In addition, the landscape function of constructed wetland was also considered as important as treatment performance. Then, the combined CWs had been built into the wetland park. The key technical problems such as uniform distribution of water in irregular wetland units, wetland seepage control, filler design, anti-blocking design were solved in this project. Through exerting the advantages of EPC (Engineering Procurement Construction) construction mode, the key technical problems such as filler cleaning, sorting, spreading and so on had been solved by taking design as the lead factor. With the function integrates of wastewater treatment, landscape recreation and popular science education, the project achieved good social, environmental and economic benefits, which could provide reference for the implementation of similar projects in China.

Key words: terminal effluent; constructed wetland; enhanced pre-treatment; subsurface flow wetland; surface flow wetland; EPC

东阳江为钱塘江的一级支流,是东阳市的主要河流,受沿岸生活、畜禽、工业等污染,水环境质量堪忧。根据国家、浙江省的相关要求,2017 年底,东阳

江考核断面水质须达到地表水Ⅳ类标准,水质达标工作时间紧、任务重。

由于东阳市第一污水处理厂位于东阳江江畔,

尾水直接排入东阳江,并且排入口下游 600 m 处即为东阳市与义乌市的水质交界考核断面,因此污水处理厂尾水深度处理对确保考核断面水质达标、提高东阳江水环境质量具有重要意义。为此,东阳市决定实施江滨景观带湿地公园工程,通过建设景观型尾水人工湿地,进一步处理东阳第一污水处理厂尾水。该工程于 2013 年立项,2014 年实施,2015 年投入运行。

1 设计水质与水量

本工程进水为东阳市第一污水厂出水,处理规模为 $6 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。设计进水为《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)一级 B 标准,设计出水为《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002) V 类水标准。在项目实施过程中,由于污水厂进行了提标改造,设计进水提高为 GB 18918—2002 一级 A 标准,设计出水也相应提高为 GB 3838—2002 地表水 IV 类标准,具体如表 1 所示。

表 1 设计进、出水水质指标

Tab. 1 Design influent and effluent quality

		$\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$			
项 目		COD	BOD ₅	NH ₃ -N	TP
进水	一级 A 标准	50	10	5	0.5
	一级 B 标准	60	20	8	1.0
出水	地表水 IV 类标准	30	6	1.5	0.3
	地表水 V 类标准	40	10	2.0	0.4

2 总体设计

2.1 基础条件

该工程位于东阳江南侧,呈长条形,长 1 100 m,平均宽 160 m,占地 15.16 hm^2 。场地东侧为煤气站,南邻江滨南街,北侧为东阳江堤,西侧为八华南路。场地为荒地及池塘,在地貌上属于高漫滩及一级阶地,因之前开挖砂石,造成场地由南向北倾斜,并局部形成两个较大的池塘。场地内最高标高为 78.07 m,最低标高为 65.35 m,最大高差为 12.72 m。

2.2 工艺流程

基于进水水质、水量波动等因素,综合考虑后选择强化预处理组合工艺,具体工艺流程为“进水→流量计井→生态氧化池→生态砾石床→复合人工湿地→景观塘→出水”,其中,复合人工湿地的设计理念为“模拟自然的河流”,通过模拟降雨——“先垂直入渗河岸,再水平流动,最后汇集到河道”的自然净化过程,耦合串联了垂直潜流、水平潜流、表流三级湿地^[1]。

复合流人工湿地设计构思见图 1。



图 1 复合流人工湿地设计构思

Fig. 1 Design concept of composite flow wetland

2.3 总平面设计

以东阳市传统民俗活动板凳龙灯的舞动为景观设计构思,根据工程场地狭长型的特点,将场地分为三个区域。由于东阳市污水处理厂位于场地东侧 600 m 处,因此东侧设置为预处理区,包括生态氧化池、生态砾石床、鼓风机房等,方便进水;场地南北两侧,对称布置潜流湿地,并将南北两侧各设计为两级台地,依次布置垂直潜流湿地、水平潜流湿地,便于水重力自流,同时便于形成错落有致的湿地景观;场地中部,布置表流湿地,贯穿场地东西向,形成景观水轴,将潜流湿地出水导入场地西侧景观塘,再排入东阳江。

3 工程设计

3.1 工艺设计

3.1.1 预处理区

① 生态氧化池

1 座,面积为 4 500 m^2 ,水深为 3.5 m,有效停留时间为 6 h,池内布置纤维浮床 2 500 m^2 ,底部采用管膜式曝气机,数量 1 344 套。

② 生态砾石床

1 座,面积为 1 600 m^2 ,有效容积 5 000 m^3 ;采用水平流方式,设置四级卵石填料,粒径依次为 120、80、60、40 mm。

③ 鼓风机房

1 座,面积为 120 m^2 ,设空气离心悬浮式风机 3 台(单台风机功率为 75 kW),2 用 1 备。

④ 提升泵井

1 座,面积为 290 m^2 ,设潜污泵 4 台(单泵扬程为 100 kPa、功率为 75 kW),2 用 2 备。

3.1.2 潜流湿地区

① 垂直潜流湿地

面积为4.48 hm²,划分为16个单元,床体深度为1.2 m,布置4级滤料,采用穿孔管配水,各单元的布水方式为DN400干管→DN350支干管→DN150支管→DN75毛管,底部采用DN200穿孔管进行集水。

② 水平潜流湿地

湿地面积为4.28 hm²,划分为9个单元,床体深度为1 m,采用两级滤料,进水端采用两级配水方式,第一级采用堰配水,第二级采用穿孔墙配水,出水端采用DN200~DN300穿孔管进行集水。

3.1.3 表流湿地

表流湿地占地为1.2 hm²,全长为870 m,在场地中部形成景观水轴,表流湿地两岸种植挺水植物,中心水深控制在1.5 m以下,种植沉水植物。

3.2 景观设计

传统的水处理型人工湿地一般不太注重景观功能,为有利于水处理效果,湿地单元往往设计为规则的方形,为有利于管理而不太注重微地形塑造和景观变化等。根据东阳市城市总体规划和绿地系统规划,项目位于东阳市江滨景观带上,周边用地为居住用地,因此,工程除具备水处理功能外,还应充分重视其景观效果,并发挥工程的科普教育功能。在工程景观设计过程中,以水处理工艺及水力流程为设计基底,对湿地单元进行了艺术化设计,并融入东阳市传统民俗文化元素,设置了望江台、悦湖亭、溪滨小道、听水台、立交盒、林荫广场、缤纷花海、入口广场、科普广场等多个景点节点,对功能性建筑进行了景观立面设计等。工程景观平面布置见图2。

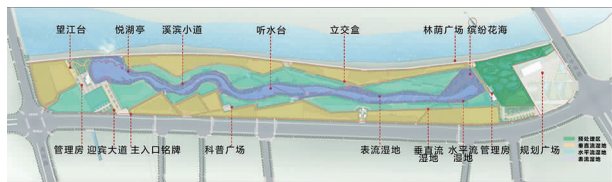


图2 景观总体布置

Fig. 2 Landscape layout

3.3 专项设计

3.3.1 防渗设计

工程场地为砂质土壤,渗透系数较高,为避免尾水渗漏污染地下水,同时,防止洪水期间东阳江水顶托,必须对场地进行防渗处理,根据场地特点,对各功能性构筑物采用不同的防渗方式。

① 生态氧化池。底部采用防渗混凝土底板、

沥青勾缝处理,边坡采用浆砌块石砌筑,用水泥砂浆抹平,并铺设土工布保护层和1 mm厚的HDPE土工膜。

② 潜流湿地。采用软性防渗结构,自下而上依次采用素土夯实、100 mm细砂找平、600 g/m²土工布保护层、1.0 mm的HDPE膜、200 g/m²的膜上土工布隔离层。

③ 表流湿地。自下而上采用30 cm粘土、GCL膨润土毯、40 cm耕植土。

3.3.2 防堵塞设计

堵塞是潜流湿地发挥长效处理功能需要解决的最为关键的问题,工程中采用以下措施:

① 设置了生态氧化池、生态砾石床等强化预处理单元,进一步去除进水中的悬浮物,并提前充氧,减小后端湿地的堵塞;

② 优化填料级配,减小堵塞风险;

③ 湿地单元采用并联间歇运行的方式,保证各单元可以定期停床休作;

④ 创新景观型湿地单元的集配水系统设计,保证均匀配水;

⑤ 施工中重视填料质量,保证填料的清洁度。

3.3.3 填料设计

填料作为微生物生长载体,是砾石床、潜流湿地等单元的重要组成部分,工程根据需要设计了8种规格、总量约为10.3×10⁴ m³的填料(见表2)。

表2 选用的填料类型

Tab. 2 Kinds of filler used in CWs

粒径/mm	用量/ 10 ⁴ m ³	材料	功能	放置区域
8~16	0.9	砾石	排水层	垂直潜流湿地
5~10	3.6	砾石+沸石	滤料层	
8~16	0.9	砾石	覆盖层	
3~5	0.9	瓜子石	覆盖层	水平潜流湿地
40~80	0.006	砾石	进水区、出水区	
20~30	3.6	砾石	中间区域	
120	0.094	砾石	防浮泥、过滤	砾石床
80	0.094	砾石		
60	0.094	砾石		
40	0.094	砾石		

3.3.4 植物设计

水生植物是人工湿地构成的三要素之一,对确保污染物去除效果、景观效果、湿地的生态功能等均具有重要意义。工程中尽可能选择便于运输、易于

存活的本地植物,主要配置了芦苇、香蒲、菖蒲、水葱、芦竹、西伯利亚鸢尾、水生美人蕉、香根草、纸莎草、再力花、雨久花、梭鱼草、水芹、旱伞草、姜花、千屈菜以及苦草、菹草等。

4 工程特色与创新

工程总投资为1.0亿元,建成后直接运行费用合计502万元/a,折合运行成本为0.23元/m³。工程于2015年开始试运行,出水水质主要指标优于地表水Ⅳ类水标准,运行效果良好。

4.1 创新设计理念

首次将湿地的水处理功能与景观功能提到同等高度。以“模拟自然的河流”为设计理念,设计了复合流人工湿地,形成了“好氧-缺氧”环境,强化了系统脱氮除磷效果。在确保湿地水处理功能的基础上,为充分打造景观,创新了湿地单元设计手法,将湿地单元设计为不规则形状,解决了不规则湿地单元的集配水问题,形成台地高差,通过微地形塑造形成变化的多样性景观。

4.2 采用生态手法

为打造和谐生态的湿地景观,采用生态工法对各建构筑物进行建造,包括采用隐约的手法,对生态氧化池边坡进行软化处理,表面覆盖纤维浮动湿地,使构筑物在发挥水处理功能的同时,完全融入湿地景观;对功能性建筑,采用木贴面和生态材质等,对景观廊架、景观亭、栏杆等景观小品,按照仿生学进行造型构建等。

4.3 应用新型材料

为确保工程效果,在设计、建造过程中使用了以下几种新型材料:

① 沸石填料。为强化系统的脱氮效果,通过对沸石试验研究,在工程中应用了5~10mm的沸石 $1 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。

② 复合纤维浮动湿地。在生态氧化池构建过程中,利用纤维湿地覆盖池体表面,减小曝气带来的不利影响,并使池体融入湿地景观。

③ 碳素纤维草填料。该填料具有很大的比表面积($1000 \text{ m}^2/\text{g}$),设计在纤维湿地下方悬挂,以促进生物膜生长,强化系统水质净化效果。

4.4 引领工程实施

采用设计采购施工(EPC)总承包的建设模式,在建设过程中,设计人员作为总承包项目管理人员全程驻点,及时解决项目建设过程中的难题,充分发

挥了EPC模式以设计为龙头的项目管理优势。

建设过程中,如何保证在紧张的工期内,提供满足设计要求的8种级配、共计 $10.3 \times 10^4 \text{ m}^3$ 的洁净的砾石填料,是核心技术难题。设计人员常驻现场,不断优化砾石厂分选、清洗流程,通过优化水量配置、优化喷头形式、加强泥水分离等,保障了按时、保质、足量供应砾石。此外,大规模填料的摊铺实施经验少,施工中对三类主要的机械设备挖掘机、起重机、装载机进行了组合工序比选试验,最终确定采用“装载车二次搬运+挖掘机三次搬运+人工平整”的作业方式。通过铺设工艺的改进,填料日铺设效率显著提高,解决了工期紧张的问题。

5 结语

通过创新设计理念,采取了众多创新性设计手法,最终打造为具有污水处理、景观游憩、科普教育等多功能为一体的国内最大的景观型尾水人工湿地,取得了良好的社会、环境、经济效益,该工程的成功实施为国内类似工程提供了宝贵的经验。

参考文献:

- [1] 魏俊,王银龙,陶如钧,等. 重庆市清水溪高滩岩生态修复一期工程设计[J]. 中国给水排水,2013,29(2): 30-33.
- Wei Jun, Wang Yinlong, Tao Rujun, et al. Design of first-phase project for ecological rehabilitation of Qingshui Creek Gaotanyan in Chongqing [J]. China Water & Wastewater, 2013, 29 (2): 30 - 33 (in Chinese).



作者简介:韩万玉(1983-),男,河南南阳人,硕士,高级工程师,从事水处理、水环境综合整治技术研究和设计以及工程项目管理等工作。

E-mail:han_wy@ecidi.com

收稿日期:2018-09-03