

工程实例

新型复合式人工湿地处理农业园区污水

何 强, 李进丰, 翟 俊

(重庆大学 三峡库区生态环境教育部重点实验室, 重庆 400045)

摘 要: 结合重庆市某花卉园区污水厂工程的设计,介绍了新型复合式人工湿地处理工艺的特点、主要设计参数、技术经济指标及运行结果。该工艺具有投资少、除污效果好、运行成本低及管理方便等优点。

关键词: 人工湿地; 生活污水; 工艺设计

中图分类号: X703 **文献标识码:** C **文章编号:** 1000 - 4602(2009)08 - 0052 - 03

New-type Compound Constructed Wetland for Treatment of Agricultural Park Wastewater

HE Qiang, LI Jin-feng, ZHA JJun

(Key Lab of Three Gorges Reservoir Region's Eco-Environment <Ministry of Education>, Chongqing University, Chongqing 400045, China)

Abstract: Combined with the project design of the WWTP of Flower Garden Zone in Chongqing, the characteristics, design parameters, techno-economic index and operation results of the new-type compound constructed wetland treatment process are introduced. The process has advantages of low investment, high pollutant removal efficiency, low operation cost and convenient management.

Key words: constructed wetland; domestic sewage; process design

人工湿地 (Constructed Wetland) 系统是一种新型生活污水处理工艺,这种湿地由土壤和砾石等混合结构填料床组成,水流可以在床体的填料缝隙中流动,形成一个独特的动、植物生态环境。作为典型的生态处理技术,人工湿地具有处理效率高、投资及能耗低、维护简单等特点,可以适应去除低浓度污染物的要求,能够最大限度地削减受纳水体的污染物负荷,同时具有良好的环境生态效应^[1,2]。将人工湿地作为常规生物处理工艺的补充,其出水可以满足不同的回用水水质要求,可作为受污染水体修复的补充水源,能够产生良好的环境、经济效益^[3,4]。

针对现有人工湿地占地面积大、容易堵塞等问题,提出一种新型复合式人工湿地:折流湿地滤池/侧向潜流湿地床污水处理系统,通过设计全新的处

于厌氧环境的竖向折流湿地滤池和处于兼(好)氧环境的侧向潜流湿地床组合,设置内回流系统(进水浓度高时选用)、自然复氧区和不同级配碎石填料,在稳定塘预处理单元的辅助下,达到系统内溶解氧合理分区,打破传统人工湿地系统氧传递能力的局限;优化了污水流态,提高了池容利用率,降低了占地面积,减少了堵塞,并避免设置复杂的布水装置,降低了造价。

1 项目概况

白市驿花卉园区是现代都市农业示范园区,也是国家级现代农业示范项目和市政府推进百万亩花卉产业化工程重点项目。花卉园区引进了德馨香料、陶然居、贝迪等 20 余户较大业主落户园区,花木种植面积达 533 hm²。农业展览中心、贝迪颐园等

远离市区,无法纳入市政污水管网,根据项目要求,需对污水进行处理,实现重庆市花卉园区生活污水达标排放或循环利用目标。项目近期设计规模为 $500 \text{ m}^3/\text{d}$,远期为 $1\,000 \text{ m}^3/\text{d}$ 。

2 处理工艺

结合园区的地理、经济、气候条件,采用了折流湿地滤池 侧向潜流湿地床污水处理系统(专利号: ZL2005 1 0057047. 2)。工艺流程见图 1。

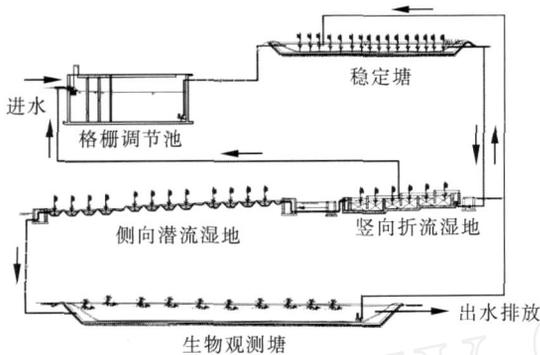


图 1 污水厂工艺流程

Fig 1 Flow chart of wastewater treatment process

折流湿地由多级渗滤型湿地床组成,湿地底部用混凝土密封,并在每一湿地内设置竖向的挡流墙,底部留过水通道。污水以上下折流的方式在湿地中推流穿行。湿地的填料表面形成厌氧生物膜,污水在厌氧微生物的作用下发生厌氧反应,并通过水生植物的叶、茎和根向湿地中部传送溶解氧,形成好氧微环境,去除有机物和氮、磷。湿地中放置厚度为 $0.5 \sim 1 \text{ m}$ 的砾石填料,并在表面栽种水生植物。

侧向潜流湿地由多级梯度向下的侧向潜流湿地床、自然复氧区交替组成;每一侧向潜流湿地床内设置有平行交错的分隔板,将床内空间分隔成 S 形的水流沟道,在沟道中放置砾石填料(深度为 $0.2 \sim 0.5 \text{ m}$),并栽种水生植物;上一级湿地床与下一级湿地床之间由自然复氧区相连。污水以 S 形在湿地床中潜流推行,在水生植物的作用下,湿地床内基本处于兼氧条件;污水经湿地床之间的自然复氧区复氧,提高后续湿地中含氧量,反复经过多级的潜流湿地床 自然复氧区 潜流湿地床,循环进行多级好氧 缺氧 好氧生物反应,去除有机物和氮、磷^[5]。

3 设计进、出水水质及主要构筑物

3.1 设计进、出水水质

进水水质按普通城镇生活污水设计,出水水质达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB

18918—2002)的一级 B 标准,具体见表 1。

表 1 花卉园区污水厂设计进、出水水质

Tab 1 Influent and effluent quality of WWTP

水质指标	$\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$					
	COD	BOD ₅	SS	TP	NH ₃ -N	TN
进水	350	200	250	3.8	35	60
出水	60	20	20	1	8(15)	20

3.2 主要构筑物设计参数

预处理池/调节池

污水首先进入预处理池。在预处理池前段设置网兜去除漂浮物、悬浮物,在预处理池之后设置调节池调节水量、均衡水质,调节池与预处理池合建。预处理池容积为 134 m^3 ,HRT 为 5 h ;调节池容积为 252 m^3 ,HRT 为 7.6 h 。

稳定塘

稳定塘设于折流湿地前,塘中种植芦竹、水浮莲、香蒲、菖蒲等植物,通过沉淀、截滤、植物吸收、微生物反应等作用去除污水中的一些固体颗粒和部分溶解态的有机污染物,为污水进入后续的湿地作好准备。为节约投资,稳定塘采用素土夯实结构,侧面及底部铺一层 HDPE 防渗膜。稳定塘尺寸 ($L \times B \times H$) 为 $25 \text{ m} \times 16 \text{ m} \times 1.5 \text{ m}$ 。

折流湿地

折流湿地剖面示意图 2。

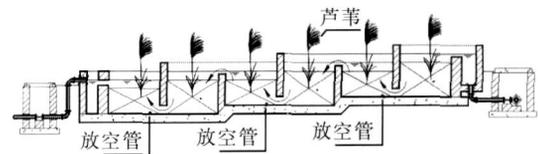


图 2 折流湿地剖面示意

Fig 2 Section drawing of baffle wetland

折流湿地主要以过滤、厌氧生物反应和植物吸收去除污染物质,能去除部分有机物,对磷也有一定的去除效果。折流湿地采用砖砌结构,平行布置 12 组,每组共分 2 格,每格又被导流墙分成两段,使得水流能够在湿地池中上下折流通过,形成“翻滚”态的水流,可避免死水区。单格平面尺寸 ($L \times B \times H$) 为 $4.0 \text{ m} \times 3.6 \text{ m} \times 1.5 \text{ m}$,HRT 为 10.8 h ,表面负荷为 $0.12 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$,有机负荷为 $0.35 \text{ kgBOD}_5/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ 。填料为 $\text{O}8 \sim 30 \text{ mm}$ 的砾石,粒径逐级减小,高度为 1 m 。填料顶部栽种风车草。

侧向潜流湿地

侧向潜流湿地(见图 3)比折流湿地浅,处于自

然复氧状态,通过砾石过滤、生物反应及植物根系吸收等作用去除有机污染物。植物对氮的去除率达 60%。为节约造价,侧向潜流湿地采用素土夯实结构,共设 4 组,每组又分成 4 小段,小段之间由自然复氧区相连,每小段分成 4 格,每格尺寸 ($L \times B \times H$) 为 7.0 m \times 1.8 m \times 0.6 m, HRT 为 15.5 h, 表面负荷为 0.05 m³ / (m² · h), 有机负荷为 0.045 kgBOD₅ / (m² · d)。

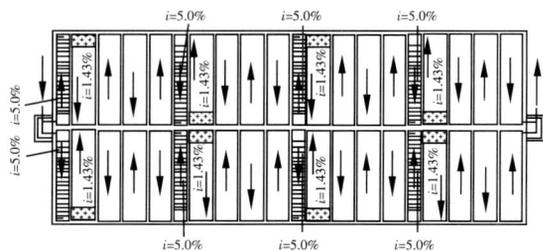


图 3 侧向潜流湿地平面示意

Fig 3 Ichnography of lateral subsurface flow wetland

侧向潜流湿地由平行交错布置的导流墙隔成 S 形水流沟道,沟道宽为 1.8 m,有效水深为 0.4 m,填料高度平均为 0.45 m,直线段长度为 7 m,设计水力坡降为 1.43%。填料采用 $\varnothing \sim 10$ mm 的砾石,粒径逐级减小,填料顶部栽种风车草。

生物观测塘

生物观测塘剖面示意图 4。

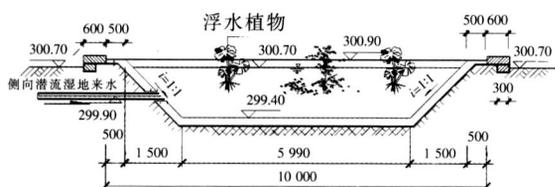


图 4 生物观测塘剖面示意

Fig 4 Cross-section of biological observation pond

生物观测塘中栽种芦竹、水浮莲、香蒲、菖蒲等植物,饲养一些鱼类(如草鱼、鲤鱼等),作为生物性指标以观测水质状况。当水质不能达标时,启动回流泵,将污水回流至人工湿地进一步处理,直至处理水质达标后排放。生物观测塘尺寸为 25 m \times 10 m \times 1.5 m。

3.3 运行效果及经济分析

经过一个月的运行调试后,污水厂运行稳定,出水水质达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)的一级 A 标准,运行结果见表 2。

表 2 污水厂运行结果

Tab 2 Operation results of WWTP

水质指标	进水	出水
COD / (mg · L ⁻¹)	256	25.8
SS / (mg · L ⁻¹)	143	7
NH ₃ - N / (mg · L ⁻¹)	34	3.3
TP / (mg · L ⁻¹)	5.13	0.27
水样表现	微浊	清亮

该项目处理水量为 500 m³ / d, 占地面积为 2 970 m², 比普通湿地节约占地近 50%; 项目总投资约为 75 万元, 吨水投资为 1 500 元 / m³。污水厂运行稳定, 暂未配置工作人员, 也无需投加药剂, 用电设备总功率为 3 kW, 经计算, 运行成本为 0.09 元 / m³。

4 结论

新型复合式人工湿地(折流湿地 侧向流湿地)工艺用于处理农业园区生活污水技术上是可行的, 污水厂运行稳定, 出水水质实际达到了《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)的一级 A 标准。

该工艺投资省、运行成本低、管理方便, 吨水投资为 1 500 元 / m³, 单位运行成本为 0.09 元 / m³。

参考文献:

- [1] Jos T A Verhoeven, Arthur F M Meuleman Wetlands for wastewater treatment Opportunities and limitations [J]. Ecol Eng, 1999, 12 (1 - 2): 5 - 12
- [2] Richard T Woodward, Wui Yong-Suhk The economic value of wetland services: A meta-analysis [J]. Ecol Econ, 2001, 37 (2): 257 - 270.
- [3] Thomas P R, Glover P, Kalatropan T. An evaluation of pollution removal from secondary treated sewage effluent using a constructed wetland system [J]. Water Sci Technol, 1995, 32 (3): 87 - 93.
- [4] 王薇, 俞燕, 王世和. 人工湿地污水处理工艺与设计 [J]. 城市环境与城市生态, 2001, 14 (1): 59 - 62
- [5] 翟俊, 何强, 肖海文, 等. 凉山州泸沽湖镇污水处理厂工程设计 [J]. 中国给水排水, 2006, 22 (2): 39 - 42

电话: (023) 65120980

E-mail: hq0980@126.com

收稿日期: 2008 - 11 - 04