文章类型：论文|刊号（ISSN）：2630-4740 /（中图刊号）：715GL012

潮汐流人工湿地在污水厂尾水净化中的应用

吴世刚　丁逸宁　张嘉惠　周伟坚
广州华科环保工程有限公司
DOI:10.12238/eep.v6i4.1822

[摘　要] 目前我国的城镇污水处理厂出水水质普遍执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》一级 A 标准,出水后基本排入地表水,对部分水环境容量不够、水生态较差的水体造成较严重影响,因此城镇污水处理厂尾水需进一步净化。人工湿地作为一种尾水深度处理方式,具有投资成本低、运营维护简单的优势。本研究以古竹污水处理厂为例,深入分析潮汐流人工湿地在城镇污水处理厂尾水净化中的应用。
[关键词] 污水厂；潮汐流人工湿地；尾水；深度处理；净化
中图分类号：S273.5　文献标识码：A

Application of Tidal Flow Artificial Wetland in Purification of Tailwater from Sewage Treatment Plants

Shigang Wu　Yining Ding　Jiahui Zhang　Weijian Zhou
Guangzhou Huake Environmental Protection Engineering Co., Ltd

[Abstract] Currently, the effluent quality of urban sewage treatment plants in China generally follows the Class A standard of the "Pollutant Discharge Standard for Urban Sewage Treatment Plants". The effluent is basically discharged into surface water, which has a more serious impact on some water bodies with insufficient water environment capacity and poor water ecology. Therefore, the tailwater of urban sewage treatment plants needs to be further purified. Artificial wetlands, as a deep treatment method for tailwater, have the advantages of low investment cost and simple operation and maintenance. This study takes Guzhu Sewage Treatment Plant as an example to deeply analyze the application of tidal flow artificial wetlands in the purification of tail water of urban sewage treatment plants.
[Key words] sewage treatment plant; tidal flow artificial wetland; tailwater; deep processing; purify

1 项目背景

古竹污水处理厂属于城镇生活污水处理厂,处理当地产生的生活污水,处理规模为4000m³/d,处理后的水质直排元塘河。

由于该污水处理厂最终受纳水体为元塘河,根据相关要求,出水水质指标需执行《地表水环境质量标准》(GB3838-2002)中准Ⅴ类水标准,因此需要对该污水处理厂尾水进行净化,去除水体中的部分污染物,使其达到排放要求。

污水处理厂目前正常运行,尾水净化工程进水水质为污水处理厂排放水质;根据相关要求,尾水净化工程出水水质指标执行《地表水环境质量标准》(GB3838-2002)中准Ⅴ类水标准,进出水指标详见表1。

表1 进出水水质一览表　单位：mg/L

指标	BOD_5	COD	SS	氨氮	总磷
进水水质	10	40	10	5	0.5
出水水质	≤6	≤30	≤10	≤1.5	≤0.3

2 尾水处理工艺介绍

目前,我国的城镇污水处理厂出水通常执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》一级A标准[1],出水后仍含有一些污染物质,不符合部分水体的受纳标准或者回用标准；尾水处理是对城镇污水处理厂出水的进一步净化,能够去除常规生化处理中未被去除的污染物。城市尾水处理技术中常用的处理工艺有高效混凝沉淀工艺、臭氧催化氧化工艺、过滤吸附工艺、离子交换工艺、膜工艺和人工湿地工艺等,根据不同的水质要求,可以采用不同的工艺组合,如用于工业回用水、景观回用水等,可以简单采取混凝沉淀工艺或过滤吸附工艺,如用于生活杂用水、生活饮用水,则需要采用RO膜分离工艺,各种处理技术经济成本不同,需根据水质要求不同选择最合适的处理工艺。根据本研究的尾水排放要求,结合工程实际,参照国内外尾水处理研究成果及已建成的尾水处理厂的运行经验,本研究选择人工湿地工艺作为尾水净化工艺。现对曝气生物滤池、MBR(膜过滤)和人工湿地处理工艺三种方案进行论证和比较。

2.1曝气生物滤池工艺

Copyright © This work is licensed under a Commons Attibution-Non Commercial 4.0 International License.

文章类型：论文|刊号（ISSN）：2630-4740 /（中图刊号）：715GL012

曝气生物滤池与给水处理的快速滤池相类似；曝气生物滤池工作时,滤池内部装有粒径小、比表面积大的粒状填料,常用的曝气生物滤池填料有陶粒、火山岩、沸石等,污水从下部自流进入池内,并通过由填料组成的滤层,水体含有的悬浮物被滤料层截留,而只让净化的水通过,当污泥累积到一定量时,需要进行气水联合反冲洗,将污泥冲洗出来,城镇污水处理厂出水经过曝气生物滤池净化后,可有效的去除悬浮物,化学需氧量、N、P等污染物,提升出水水质。

曝气生物滤池最大的特点是集缺氧、好氧氧化和固液分离于一体,节省了后续沉淀池。具有占地面积较小、投资较低的优点,但其运营维护复杂,对运营管理人员素质要求较高,能耗较高。

2.2 MBR工艺

膜-生物反应器(Membrane-Bioreactor,简称MBR)是一种将膜分离技术与传统污水生物处理工艺有机结合的新型高效处理工艺,近年来在国际水处理技术领域日益得到广泛关注。

MBR膜工艺在城镇污水处理厂尾水中的应用,是在传统的AAO工艺后增加一个MBR膜池,MBR膜淹没在污水中,由于膜的孔径很小,可完全阻止活性污泥的通过,能够将活性污泥和悬浮物全部保留在曝气池中,水通过MBR膜,达到泥水分离,无须再设置二沉池,减少了用地。

MBR膜工艺由于膜对活性污泥的隔离作用,使活性污泥的浓度大幅提升,提高了曝气池的抗负荷冲击能力,污水处理效率也得到了提高,同时大大减少了所需的曝气池容积。

MBR膜具有出水水质好、占地面积小的优势,但由于需要增加抽吸泵,增加了污水处理的能耗,而且由于MBR膜需要定期反洗、化学清洗等,也增加了运营管理难度,MBR膜使用寿命较短,中空纤维膜一般使用寿命为5年,平板膜使用寿命为10年,更换膜的成本高。

2.3人工湿地工艺

人工湿地是由人工建造和控制运行的与沼泽地类似的地面,将污水有控制的投配到经人工建造的湿地上,污水在沿一定方向流动的过程中,主要利用土壤、人工介质、植物、微生物的物理、化学、生物三重协同作用,对污水进行处理的一种技术,人工湿地污水处理技术是20世纪七八十年代发展起来的一种污水生态处理技术[2],当水通过人工湿地时,污水中的可溶性有机物通过植物根系的吸附、吸收、生物代谢降解等逐步实现有效分解和去除[3]。人工湿地常用的填料有碎石、砂砾沸石、陶粒等。人工湿地相比其他工艺,具有运行管理简单、建造成本低等优点,此外,人工湿地处理出水具有一般污水处理系统不可比拟的水质效果,其处理出水可作为回用水和水资源补水。人工湿地作为深度处理技术的已有较多的应用和成功案例,孔令为等[4]采用人工湿地处理达到一级A出水标准的城镇污水处理厂尾水,经处理后出水水质可基本达到地表水IV类水标准。

3 人工湿地介绍

人工湿地一般分为表面流人工湿地、潜流人工湿地和潮汐流人工湿地,潜流人工湿地按水流方向,可分为水平潜流人工湿地和垂直潜流人工湿地。

3.1表面流人工湿地

在外貌和功能上都与自然湿地最为相似,表面流人工湿地是在低洼地,通过人工构造土工水池,使水流从土工水池一端流向另外一端,在水池底部种植挺水植物和沉淀植物,通过植物与土壤的吸附、分解、净化,使水中污染物得到去除。

表面流人工湿地特点：建造相对简单,投资较小,负荷较低,但占地较大。温度较高时易滋生蚊蝇。

3.2水平潜流人工湿地

通过各种布水方式,使污水在湿地填料层表面以下流动,以水平方式在填料空隙中流动,污染物在微生物、填料和植物的共同作用下,通过一系列物理、物化和生物作用得以去除。

特点：水力负荷相对较高,对化学需氧量、氨氮等污染物的去除效果较好,且无恶臭和蚊蝇滋生,但对N、P的去除效果不如垂直潜流人工湿地。

3.3垂直潜流人工湿地

垂直潜流人工湿地是指污水通过各种布水管道,在湿地表面均匀布水,污水垂直通过池体中填料层,在池体底部通过集水管或集水渠收集排放,污水水流由表面垂直流至池底,在填料和植物的双重作用下,达到净化污水的目的。

特点：污水垂直流向,短流可能性小,占地面积相比其他类型湿地较小,处理效果较高。但由于污水流干时间长,夏季易滋生蚊蝇。

3.4潮汐流人工湿地

潮汐流人工湿地在结构上与垂直潜流人工湿地类似,但配水方式不同,垂直潜流人工湿地为连续进水、连续出水,潮汐流人工湿地在垂直潜流人工湿地的基础上优化配水方式,采用间断进水,间断排水的方式在湿地进水完成后,一次性将湿地的水排出去,这样做的特点是：(1)避免湿地布水不均匀,传统的垂直潜流人工湿地通过布水管道均匀布水,但不可避免存在布水死角,严重的甚至会导致湿地短流,影响湿地的处理效果,但潮汐流人工湿地通过一次性快速排水,排水完成后再蓄水的方式,有效避免湿地存在布水死角；(2)避免湿地堵塞,潮汐流人工湿地快速的排水,能够带走水中的悬浮物及填料基质脱落的生物膜；(3)避免湿地厌氧,潮汐流人工湿地通过快速排水,空气进入湿地内部,给填料基质的生物膜供氧,提升湿地处理效果。

4 工程设计

潮汐流人工湿地主要由池体、布水管道、集水渠、排水渠、填料、湿地植物组成。

4.1平面设计

本潮汐流人工湿地有效面积3829㎡,湿地水力负荷1.03$m^3/m^2 \cdot d$,根据现场用地情况,湿地分为5组。

4.2立面设计

潮汐流人工湿地高度1.3m,填料高度1.1m,湿地上部通过丰字形管道布水,布水管道交叉开孔,孔径大小6mm,孔径间距0.5m,

Copyright © This work is licensed under a Commons Attibution-Non Commercial 4.0 International License.

湿地底部设有300x300㎜集水渠，水通过集水渠收集后排入排水渠，在集水渠末端设电动阀门，控制湿地的排水时间；湿地从高到低坡度为0.3%，湿地立面设计详见图1。

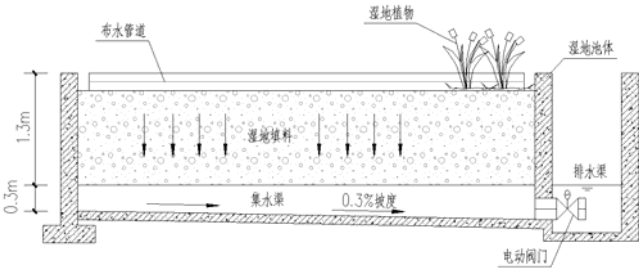

图1 立面布置示意图

4.3填料设计

潮汐流人工湿地填料分5层，最上层为耕作层，由25㎜厚粗砂构成，耕作层下为高效复合生态净水滤料，厚度为30㎜，再下面为过渡层，由10㎜厚细砂构成，过渡层下面为对流换气层，由15㎜厚碎石构成，碎石粒径为10~20㎜；最下层为透水出水层，由30㎜厚碎石构成，碎石粒径为20~40㎜。具体结构详见图2。

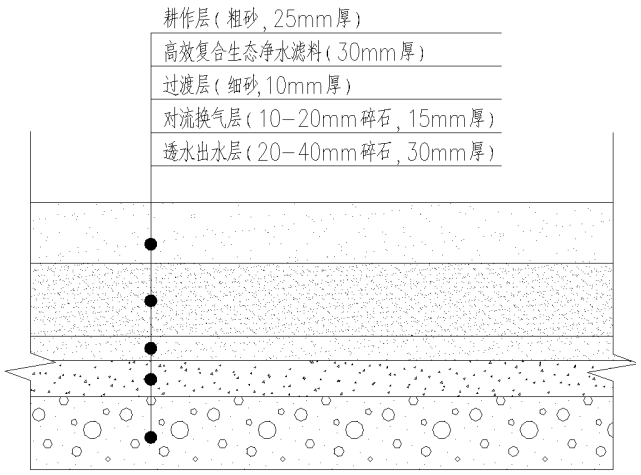

图2 湿地填料设计示意图

4.4植物设计

人工湿地常用的植物有芦苇、花叶芦竹、香蒲、花菖蒲、石菖蒲、风车草、美人蕉等挺水植物，本湿地结合广东省气候特点，种植风车草、美人蕉和芦苇，种植密度均为9株/㎡，共种植风车草14013株、美人蕉13248株、芦苇6624株。

5 运行管理

5.1湿地植物的维护与管理

人工湿地种植植物的最佳时间是秋季或早春，夏末或初秋种植也可，植物系统建立后，必须由污水连续提供养分和水，保证植物多年的生长和繁殖；每季度应收割一次湿地植物及杂草，保证人工湿地的良性循环。

5.2湿地填料的维护与管理

湿地运行的最大问题是堵塞，而堵塞的主要原因是湿地中的微生物大量生长，在水位不变的情况下，微生物会附着在填料表面，长时间下来会导致大量的污泥（微生物）结块，甚至板结，最终导致堵塞。本湿地类型为潮汐流湿地，潮汐流湿地运行模式是采用每天定期排空，使死掉的微生物脱落、排出，避免填料中微生物的积累，从而大大延长堵塞出现的时间；同时在设计时候考虑将湿地挡墙设计高度高于地面0.2m，外界泥水无法进入湿地。在后期运营过程中，还需要注意：

（1）及时清理藏在填料或植物间的植物残体、塑料袋、垃圾等杂物，避免堵塞填料。

（2）当发现湿地堵塞严重，处理效果下降，局部清洗或更换人工湿地填料，保证出水水质。

6 主要经济指标

本工程总投资约600万元，折算成吨水投资1500元/吨，湿地总面积4000㎡，折算成面积投资1500元/㎡，本湿地的运行无需药剂，只需要人工定期清理杂草和收割植物，运行管理成本很低。

7 结语

本项目采用人工湿地处理城镇污水处理厂尾水，相比于物理、化学处理技术、生物处理技术、膜技术等其他尾水处理技术，具有运行管理简单、投资成本低的优点；人工湿地又分为表面流湿地、水平潜流湿地、垂直潜流湿地、潮汐流湿地，综合考虑几种湿地的特点，选择潮汐流湿地处理污水处理厂尾水，能够有效避免湿地易堵塞、布水不均匀、供养不足的缺点。

[参考文献]

[1]张鹤清,朱帅,吴振军.城镇污水处理厂“准 Ⅳ 类”标准提标改造技术简介[J].环境工程,2019,37(06):26-30.

[2]钟铮.沿河城镇污水处理厂尾水污染及其深度净化处理[J].环江苏科技信息,2018,21(07):37-39.

[3]韦蒙蒙.人工湿地处理农村污水研究进展[J].城镇建设,2020,3(04):21-22.

[4]孔令为,邵卫伟,梅荣武.浙江省城镇污水处理厂尾水人工湿地深度提标研究[J].中国给水排水,2019,35(02):39-43.

作者简介：

吴世刚(1991--),男,汉族,湖南衡阳人,学士,中级,就职于广州华科环保工程有限公司,研究方向：水污染防治。

Copyright © This work is licensed under a Commons Attibution-Non Commercial 4.0 International License.