

人工湿地在城镇污水处理中的应用研究

尹振文

长沙奥体新城投资建设有限公司

DOI: 10.12238/jpm.v4i8.6185

[摘要] 在城乡一体化的大背景下,我国城镇化建设的速度和水平得到了极大的提高。同时,在城市化进程中,工业生产和生活污水的产生得到了同步的增长。目前,我国正处于城镇化建设和高质量发展的时期,为有效治理此类污水,人工湿地因其造价低廉、易于运行与维护等优点,已被广泛应用于城市污水处理、水体富营养化治理以及河流生态修复等领域。本文对人工湿地的概念、构成和功能进行了分析,并对其主要类型进行了介绍,着重对其除污机理和发展趋势进行了探讨。

[关键词] 人工湿地; 城镇污水; 污水处理

Research on the application of constructed wetland in urban sewage treatment

Zhen-wen Yin

Changsha Olympic Sports New City Investment and Construction Co., LTD. Hunan Changsha 410000

[Abstract] Under the background of urban-rural integration, the speed and level of China's urbanization construction have been greatly improved. At the same time, in the process of urbanization, industrial production and the production of domestic sewage have been synchronous growth. At present, China is in the period of urbanization construction and high-quality development. In order to effectively treat such sewage, the constructed wetland has been widely used in urban sewage treatment, water eutrophication treatment and river ecological restoration due to its advantages of low cost, easy operation and maintenance. In this paper, we analyze the concept, composition and function of constructed wetlands, and introduce its main types, and discuss the mechanism and development trend of sewage removal.

[Key words] constructed wetland; urban sewage; sewage treatment

1 概述

进入“十四五”建设阶段,国家突出了高质量发展的主题,从城市污水处理的实践来看,一方面,在生态文明理念的指导下,环境工程建设得到了广泛的推广,在环境管理实践中,主要是通过环境影响评价法和环保竣工验收法来落实。

另一方面,结合“双碳”目标,利用生态化治理技术,提高城市污水处理的综合效益,减少碳源投入和挥发性污染物的碳排放。近几年来,根据城市污水处理的实际需要,人工湿地生态处理技术在城市污水处理中的应用越来越广泛。

2 城镇污水的特点

我国中小城镇水污染主要来自四个方面:生活污水,乡镇企业污水,畜牧养殖废水,农业面源污染。概括起来,我国小城镇的生活污水有以下特点:

- (1) 城镇人口不多,污水排放分散,收集困难;
- (2) 污染物的种类较多,主要是人类和动物的排泄物,其次是洗衣粉、杀虫剂和各种生活垃圾的渗滤液;
- (3) 污水量增加迅速;随着城镇常住人口,特别是旅游业

的快速增长,城镇生活污水量迅速增加;

(4) 处理效率不高,小城镇的污水大部分都是未经处理的,或者只有一小部分直接排放到了农田和河里。总之,小城镇污水治理是一个迫切需要解决的问题。

3 人工湿地

3.1 人工湿地的概念

湿地公约 1971 年对湿地进行了定义:“湿地系指不论其为天然或人工、长久或暂时的沼泽地、泥炭地或水域地带,带有或静止或流动,或淡水、半咸水或咸水水体者,包括低潮时水深不超过 6 m 的水域”。人工湿地,顾名思义,是一种经过人为建设和调控的湿地。污水有组织的运送到人工湿地上,在人工湿地上流动,通过湿地中基质的物理、化学和生物作用,对污水中的污染物进行去除的一种生态系统[2]。

3.2 人工湿地的构造

人工湿地是由污水、底泥、植物、微生物等组成的系统。污水以水平流或垂直流形式进入人工湿地;基体主要由土、石块、砂砾和炉渣组成;植物以水生植物为主;微生物主要包括

了细菌、真菌和放线菌,细菌在微生物中占有很大的比重,包括了好氧菌(如硝化菌)、厌氧菌(如反硝化菌)、兼性厌氧菌(如聚磷菌)等。

3.3 人工湿地的类型

3.3.1 表面流人工湿地该技术类型

以天然湿地为参照物,两者相似程度很高。作为人工湿地技术的一种,需要建设者以自然河道、洼地、沼泽等为治理对象,在保留其原有生态系统功能的前提下,改造成能够处理污水的人工湿地。建成后,生活污水通过人工湿地缓慢流过表层,通过人工湿地种植植物和综合治理技术对生活污水进行净化,实现生活污水的高效处理。该技术因其成本低,生态效益好,被广泛应用于土地资源丰富,水质优良的小城镇。

3.3.2 水平潜流人工湿地

相对于表面流人工湿地,水平潜流人工湿地因其在污水处理床上的应用而变得更加复杂。具体来说,就是将一座或多座填料床连接在一起,构建出一座大型填料床,然后利用填料床内的污水在床内横向流动,形成人工湿地。从实际经验来看,这种技术类型使用时的水力负荷作用比较大,在处理污水中的重金属方面有明显的优势,并且可以减少蚊虫的滋生。

水平潜流人工湿地因其占地面积小,废水处理效率高,受气候条件影响小等特点,成为城市污水处理的首选。然而,当其应用于一些欠发达地区城镇化污水处理系统时,由于建设成本过高,配套设施跟不上,易造成基体堵塞和表层滞水等问题,影响了系统的长期运行和使用。

3.3.3 垂直潜流人工湿地

这种技术方式主要是通过湿地表层的污水流向下层的填埋区,达到治理目的。具体而言,在实际应用过程中,废水通过表层湿地进入底床,由于底床的不饱和性,会与空气中的氧发生反应,从而实现废水中部分污染物的去除。

例如,近几年,国家出台了一项新的除磷脱硝标准,要求把除磷脱硝排放控制在最低限度。将该工艺应用于除磷脱氮工艺,可充分发挥其氧化作用,提高污水中氮磷的去除效率。

相对于水平流人工湿地,垂直潜流人工湿地虽然在去除效率上略有不足,且淹水周期过长,但其输氧效率高、硝化作用进行速度快的优势可以极大地提高其治理效果。目前应用的垂直潜流人工湿地因其调控过程复杂,在高污染负荷下极易出现床层饱和、基质堵塞等问题。

3.3.4 潮汐流人工湿地

该技术虽属垂直潮流人工湿地的子类,但因其模拟潮汐规律,可实现人工湿地内水的引入和排出,提高内部氧化作用,提高厌氧-好氧转换效果,故常被单独列举,并在实践中加以推广。实践经验表明,该技术类型在应用的时候,必须严格遵循进水→反应→排空→闲置四个主要流程,并在较高的氧气融合率的条件下,借助氧气的高消耗、高传输来实现高效的污水净化目标。当前应用该技术类型时,仍以基质、根系、生物膜为主要净水主体,与垂直潜流人工湿地的优势趋于一致,但投

资成本比常规技术类型稍高[1]。

4 人工湿地的应用案例

4.1 工程概况

以某镇为例,该镇位于小溪河附近,株树桥水库作为上游水源,与下游主要河流大溪河汇合。该城镇由6个村庄组成,小溪河流域总面积为47.47km²,长度为27km,由1条干流与6条支流组成,其中干流水域面积为2.11km²。因为它的水源主要来自于上游水库、流域内林地、农田汇水,所以当它受到污染的时候,会对当地的水环境、土壤环境造成关联性污染[4]。从现阶段的环境影响评价结果来看,在小溪河治理过程中,结合城镇化污水排放状况,布置了两个人工湿地来治理相关水体的污染。

4.2 设计规模

首先,在城市生活污水处理过程中,治理者根据《人工湿地污水处理工程技术规范》要求,综合分析人工湿地所处区域灌溉用水量、治污面积、设计污水量和设计水量等相关数据,确定人工湿地设计面积。

其次,通过对河流的分析,得出结论,这两条河流的集水口都有很大的水量,而且水质也很差,所以,建议将这两条河流的建设地点选在这里。

第三,在汇入口进行流量监测,结合对村民生活和生活用水的观测和计算,确定两个人工湿地的规模分别为每天300立方米和每天400立方米。为满足其人工湿地生态治理技术的应用需求,对三种人工湿地类型进行了比较分析,最终确定了两处采用人工湿地生态治理技术中的混合类型,即“水平表面流型+垂直潜流型”,计算标准以300m³/d的人工湿地计算标准为主。

4.3 设计原则

首先,对于污水处理厂后的提放水,其水质指标主要是以IV类为主要指标。其次,就处理过程而言,必须符合节能、环保、操作方便的原则;由于这两个汇流口的用地较为紧张,因此需要同时进行占用面积小的设计。第三,针对区域废水治理,基于《环境法》、《水土保持法》等相关法律、法规,对区域废水排放标准进行理顺,同时保证整体人工湿地在水质、水量等条件下的抗冲性,提高其适用范围。因此,整体上预先设定了三个基本的设计原则:标准化,生态,适用性。

4.4 进水水质

该城镇污水治理中的污水水源以农业生产与生活生产的废水为主,通过对小溪河流域主要污水水质采样与分析发现,其中水质参数中的COD、BOD、NH₃-N、SS、P相关数据如下:

(1) COD(化学需氧量)检测结果为360.0~115.0mg/L;(2) BOD(生化需氧量)检测结果为200.0~80.0mg/L;(3) NH₃-N(氨氮)检测结果为10.0~5.0mg/L;(4) SS(水质中悬浮物)检测结果为220.0~90.0mg/L;(5) P(磷)检测结果为3.5~0.8mg/L。最终确定的数据如下:COD取150.0mg/L,BOD取80.0mg/L,NH₃-N取5.0mg/L,SS取90.0mg/L,P不变。

4.5 出水水质

污水处理后的尾水是由小溪河流入的河道,按照《地表水环境质量标准》中第IV类水质的要求,要满足要求,必须把它控制在以下范围内: COD30.0 mg/L、BOD6.0 mg/L、氨氮1.5 mg/L、SS30.0 mg/L、磷0.3 mg/L。

4.6 结构设计

(1)供水系统以穿孔管式和三角形堰式为主,以保证供水均匀性的要求。在具体的安装过程中,进水口必须比人工湿地的床面要高,在此项设计中,进水口的高度为0.5 m。在出水系统的布置上,按照对床面水位的实际要求,将穿孔的集水管布置在出水沟的一端,也就是砾石填充层的底部。为调整床层的出水量,配有一个带有控制阀的回转弯头。

(2)关于填充物或基质的布置,共设两处人工湿地,在地表流沼床上,以表层土和砾石层为主,对填充物的控制以表层土和砾石层的厚度为0.4m,砾石层的厚度为0.2m,因为两层间有0.1m的交叠,所以总的厚度为0.5m。在潜流湿地床方面,则采用三层设置方案,在表层、中层、下层分别选择0.4 m的土层、0.5 m的砾石层、0.3 m的碎石层,总厚度为1.2 m。

因为地表流沼泽和垂直潜流沼泽的填充物相同,所以土层主要是石英沙,它们的厚度和粒径(6~2 mm)是一样的,而中层是砾石层,它们的厚度和粒径(8~5 mm)是一样的。将砾石铺放于垂向潜流沼泽的底部,其粒度一般在10~8毫米之间。通过取样分析各种填充物或基材中的钙含量,测定出,每100公斤填充物中的钙含量为2.5~2.0公斤[7]。

(3)在自流跌水曝气沟的设置上,设计者将其位置置于两个人工湿地之间,落差在1.2~0.8 m,剖面为梯形。为保证其美感,在沟槽中采用抛石来造景,并采用C15混凝土现浇的方式进行沟槽的浇筑,这对水生动物的繁殖环境等都是有利的。

4.7 水生植物配置

以沉水型、浮叶型和直水型三种水生植被为研究对象,将其划分为三种类型。黑藻和眼子菜是沉水植物的优势类群;浮叶植物主要有王莲和睡莲;挺水植物有灯心草、芭蕉叶、芦苇等。

挺水植物对废水中的氮和有机物具有良好的脱除效果[8],并且在基质的选择上,可利用炉渣、石灰等促进污染物

的吸收。具体操作的时候,可以在表面流型人工湿地和垂直潜流型人工湿地之间进行植被的搭配,并进行相应的调整。

5 人工湿地在我国的应用前景

虽然存在着诸多缺陷,但它在中小城市生活污水的处理上有着广泛的应用前景。首先,它具有常规废水处理所不能达到的环境与经济效益。与常规的污水处理厂相比,人工湿地具有较高的成本和较低的能源消耗。其次,中、小型城市用地较为充裕,可较好地解决人工湿地的“死穴”问题。在小城镇中,由于生活污水的分布较为分散,因此,在小城镇中,可以根据小城镇的特点,在小城镇中建立人工湿地。

6 结束语

人工湿地是一个生物量高的生态系统,从理论上讲,它可以通过底物、植物、水生动物和微生物等手段来去除废水中的常见污染物。为提高其净化效能,应从总体上对其进行优化,并在后期加强管理。因此,在中小城市中,大力推进人工湿地的建设,将会是解决这些问题的一条有效途径。

[参考文献]

- [1]张丽,韩乔,司马卫平.人工湿地污水处理技术综述[J].山西建筑,2007.
- [2]高侃,范旭.人工湿地污水处理技术的应用现状与前景展望[J].吉林林业科技,2014.
- [3]曲姗.基于城市污水处理的人工湿地规划设计初探——以南昌菱湖活水公园方案设计为例[J].智能城市,2017.
- [4]马翠欣.芦潮港地区城市化的生态影响及保护对策研究[J].上海师范大学,2004.
- [5]赵亚芳,白华清,孙政.人工湿地在污水处理中的应用案例及常见问题探讨[J].净水技术,2022(5):53-61.
- [6]王翠娜.关于人工湿地污水处理技术在城市建设的应用探讨[J].中华建设,2022(9):99-100.
- [7]周克成,梁敏,饶利军.人工湿地污水处理技术及其发展应用[J].皮革制作与环保科技,2022(15):32-34.
- [8]张小玲.人工湿地对污水厂尾水处理净化效果的探讨[J].皮革制作与环保科技,2022(8):131-133.
- [9]张红涛.人工湿地在我国农村生活污水处理中的应用研究进展[J].广东化工,2022(20):157-158.