

人工湿地在处理污水中的应用

丁疆华¹, 舒强²

(1. 中山大学环境科学系, 广州 510275; 2. 江西省环境保护科学研究所, 南昌 330029)

摘要: 介绍了人工湿地的构成和特点, 阐述了人工湿地的净化机理和应用及对废水中的污染物质氮、磷、有机物的去除过程, 提出人工湿地这种处理污水的方法具有良好的实用价值和应用前景。

关键词: 人工湿地; 污水处理; 污染物去除

中图分类号: X703 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-0267(2000)05-0320-02

1 人工湿地

人工湿地 (Constructed wetland) 是为处理污水而人为设计建造的, 是本世纪七八十年代发展起来的新型废水处理工艺。它根据自然湿地生态系统中物理、化学、生化反应的协同作用来处理废水, 一般由人工基质 (一般为碎石) 和生长在其上的水生植物 (如芦苇、茭苳等) 组成, 是一个独特的土壤-植物-微生物生态系统。人工湿地可以促进废水中植物营养素的循环, 使废水中所含的有用物质以作物生产形式再利用, 能绿化土地, 改善区域气候, 促进生态环境的良性循环。简而言之, 具有“一高三低一不”的特点, 即高效率、低投资、低运转费用、低维持技术, 用地少和基本不耗电。

根据废水流经的方式, 人工湿地可分为表面流湿地 (SFW)、潜流湿地 (SSFW)、立式流湿地 (VFW)。表面流湿地与自然湿地最为接近, 废水在填料表面漫流, 绝大部分有机物的降解由位于植物水下茎秆上的生物膜来完成, 但这种类型未能充分发挥填料和丰富的植物根系的作用, 卫生条件也不好; 潜流湿地是水在填料表面下潜流, 充分利用整个系统的协同作用, 且卫生条件较好, 占地小, 处理效果较好; 立式流湿地水流情况综合了表面流湿地和潜流湿地的特点, 但其建造要求高, 又易孳生蚊虫。故人工湿地大部分采用潜流式湿地系统。

2 净化机理及应用

2.1 净化机制

人工湿地对废水的处理有十分复杂的净化机理, 现在仍未完全弄清楚。一般认为人工湿地成熟以后, 填料表面吸附了许多微生物形成的大量生物膜, 植物根系分布于池中, 于自然生态系统中通过物理、化学及生化反应三重协同作用净化污水。

物理作用, 主要是过滤、沉积作用。土壤-植物是一个活的过滤器, 污水进入湿地, 经过基质层及密集的植物茎叶和根系, 可以过滤、截留污水中的悬浮物, 并沉积在基质中。

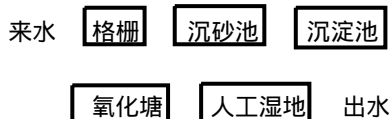
化学反应, 由于植物、土壤-无机胶体复合体、土壤微生物区系及酶的多样性, 人工湿地中可以发生各种化学反应过程如化学沉淀、吸附、离子交换、拮抗、氧化还原反应等, 这些化

学反应的发生主要取决于所选择的基质类型。一般而言, 含有有机质丰富的基质有助于吸附各种污染物; 含 CaCO_3 较多的石灰石有助于磷的去除。

生化反应, 对于去除有机污染物主要依赖于系统中的生物。首先, 所有人工湿地都类似于附着生物膜的反应器, 有机物质被填料吸附后, 可以通过生物的同化吸收和异化分解去除。其次, 根据德国学者 Kickuth R. 1977 年提出的根区法理论, 由于生长在湿地中的挺水植物对氧的运输、释放、扩散作用, 将空气中的氧转运到根部, 再经过植物根部的扩散, 在植物根须周围微环境中依次出现好氧区、兼氧区和厌氧区, 有利于硝化、反硝化反应和微生物对磷的过量积累作用, 达到除氮、磷效果, 另一方面通过在厌氧条件下有机物的降解、或开环、或断键成简单分子、小分子, 提高对生物难降解有机物的去除效果。因而生化反应对净化污水起重要作用。

2.2 人工湿地的应用

人工湿地处理系统设计为确保人工湿地生态系统的稳定性, 增加湿地处理寿命及处理能力, 一般都要增加预处理及后处理设施。预处理可以防止污水在贮存、输送过程中发生臭气, 防止未经处理的污水污染土壤及地下水或污染植物。这些处理设施与人工湿地可以有不同的组合以达到不同的去除目的。预处理部分包括格栅、沉砂池、沉淀池、稳定塘等。人工湿地系统一般工艺流程如下:



植物是人工湿地的重要组成部分, 人工湿地系统中植物代替曝气机输氧, 同时也为碎石等基质内微生物群落创造了有利的活动场所。张甲耀等人的试验表明^[1], 有植物系统的人工湿地总氮 (TN) 的去除率明显高于无植物系统的。设计中多选择高等水生维管植物作人工湿地的植物, 一般要求耐污能力强、根系发达、茎叶茂密、抗病虫害能力强且有一定经济价值的植物。我国第一个人工湿地污水处理工程——深圳白泥坑人工湿

收稿日期: 1999-11-23

地污水处理工程栽种的是芦苇、茭苳、灯心草、蒲草、水葱等。

人工湿地基质中土壤的选择也十分重要,研究表明^[2],土壤在处理营养元素和有机污染物过程中发挥着重要作用。TN、TOC、TP 排除植物因子的作用,去除率可达 70%以上。

3 污染物的去除

人工湿地去除污染物的范围广泛,包括 N、P、SS、有机物、微量元素、病原体等。

3.1 氮的去除

人工湿地处理系统对氮的去除作用包括基质的吸附、过滤、沉淀以及氮的挥发、植物的吸收和微生物硝化和反硝化作用。氮是植物生长的必需元素,废水中的无机氮包括 $\text{NH}_3\text{-N}$ 和 $\text{NO}_3\text{-N}$,均可以被人工湿地中的植物吸收,合成植物蛋白质,最后通过植物的收割形式从人工湿地的废水中去除。一部分 $\text{NH}_3\text{-N}$ 可转化成 NH_3 后,以气态的形式挥发到大气中。

微生物的硝化、反硝化作用对氮的去除起重要作用。根据根区法理论,人工湿地植物中根毛的输氧,根区附近湿地土壤中连续出现好氧、缺氧、厌氧状态,为自养型好氧微生物亚硝酸菌、硝酸菌和异养型微生物反硝化细菌大量的存在提供了条件,使要求好氧条件的硝化反应和要求厌氧的反硝化反应可以同时完成。另外,对硝化反应有抑制作用的是 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、重金属、氰化物及有机物,人工湿地对这些物质也有一定的去除作用。因此人工湿地比一般污水处理系统具有较强的氮处理效率。根据试验实测结果^[1],人工湿地中氨化细菌、亚硝化菌、硝化菌、反硝化菌数量都处于较高水平,因此人工湿地具硝化、反硝化、脱氮的良好基础和潜力。

3.2 磷的去除

磷和氮一样是生物的必需元素,但水体中磷又是富营养化的限制性元素,含量过高时又可造成藻类过度繁殖而成富营养化状态。废水中磷的存在形态取决于废水中磷的类型,最常见的是磷酸盐(包括 H_2PO_4^- 、 HPO_4^{2-} 、 PO_4^{3-})、聚磷酸盐和有机磷酸盐。人工湿地对磷的去除作用包括基质的吸收和过滤、植物吸收、微生物去除及物理化学作用。基质中的吸收和过滤对无机磷的去除作用,因填料不同而存在差异,若土壤中含有较多的铁、铝氧化物,有利于生成溶解度很低的磷酸铁或磷酸铝,使土壤固磷能力大大增加;若以砾石为填料的湿地,砾石中的钙可以生成不溶性磷酸钙而从废水中沉淀。植物吸收无机磷和吸收无机氮一样,都是在吸收同化作用下,将无机磷变成植物体的组成部分,最后通过植物收割去除。

微生物对磷去除包括对磷的正常吸收和对磷的过量积累,由于人工湿地根区附近土壤中不同的含氧状态而相当于许多 A - A - O 处理单元,使某些细菌种类在厌氧条件下吸收低分子的有机物(如脂肪酸),同时将细胞原生质中聚合磷酸盐染料粒的磷释放出来,提供必需的能量,又在好氧条件下,氧化所吸收的有机物,并提供能量,同时从废水中吸收超过其生长所需的磷,并以聚磷酸盐的形式成为微生物细胞的内含物而被贮存起来,因此人工湿地有较高的除磷效果。

3.3 有机物的去除

人工湿地对有机物有较强的降解能力,废水中的不溶性有机物通过湿地沉淀、过滤作用,从废水中截留下来而被微生物利用;可溶性有机物则通过植物根系生物膜的吸附、吸收和生物代谢降解过程被去除。有关研究结果表明,在进水浓度较低条件下,人工湿地对 BOD_5 的去除率可达 85%~95%, COD 去除率达 80%以上,处理出水中 BOD_5 的浓度在 10 mg/L 左右,SS 小于 20 mg/L^[3]。废水中大部分有机物作为异养微生物的有机养分,最终被转化为微生物体及 CO_2 、 H_2O 。

4 结束语

人工湿地是一个综合的生态系统,具有缓冲容量大、处理效果好、工艺简单、投资省、耗电低、运行费用低等特点,它应用生态系统中物种共生、物质循环再生原理,结构与功能协调原则,在促进废水中污染物质良性循环的前提下,充分发挥资源的生产潜力,防止环境的再污染,获得污水处理与资源化的最佳效益。它具有环境效益、经济效益及社会效益,是一种较好的废水处理方式,比较适合于处理水量不大、水质变化不很大,管理水平不很高的城镇污水,如我国农村中、小城镇的污水处理。人工湿地作为一种处理污水的新技术有待于广大环境工作者结合各个地区的实际情况,积累设计经验,制定出一定的设计规范,以促进它的推广和应用。

参考文献:

- [1] 张甲耀,等. 潜流型人工湿地污水处理系统氮去除及氮转化细菌的研究[J]. 环境科学学报, 1999, 19(3): 323 - 327.
- [2] 陈博谦,等. 湿地土壤因素对污水处理作用的模拟研究[J]. 城市环境与城市生态, 1999, 12(1): 19 - 21.
- [3] 沈耀良,等. 新型废水处理技术 - 人工湿地[J]. 污染防治技术, 1996, 9(1-2): 1 - 8.

作者简介:

丁疆华(1972 -)女,硕士研究生。研究方向为区域环境与可持续发展,已公开发表论文 2 篇。

Application of Constructed Wetlands for Wastewater Treatment

DING Jiang - hua¹, SHU Qiang²

(1. The Department of Environmental Sciences, Zhongshan University, Guangzhou, 510275;

2. The Research Institute of Environmental Protection Science of Jiangxi Province, Nanchang 330029)

Abstract: This paper briefly introduces the composing and character of the constructed wetland, and introduces the mechanism and application of the wetland in purification of wastewater. In addition, it also describes the removal procedures of nitrogen, phosphorus and organism in constructed wetland. It may be concluded that the constructed wetlands will have wide applicable prospects, because of its advantages.

Key words: constructed wetlands; wastewater treatment; contamination removal