

# 人工湿地中生物修复污水的应用与研究进展

庄 凯

金埔园林股份有限公司 江苏 南京 211103

**【摘要】**人工湿地是模拟自然湿地人工建设而成的用于深度处理污水的生态系统,按照结构特点有表面流人工湿地、水平潜流人工湿地、垂直潜流人工湿地三种常见类型,借助于植物、微生物、动物的修复作用,可有效净化污水,值得在污水治理中广泛应用。

**【关键词】**人工湿地;生物修复;污水;应用;研究进展

近年来,随着工业化建设进程的推进,我国水土环境污染问题日益严峻,水体、土壤中重金属、有机物含量严重超标,农业面源污染问题突出,水土环境恶化,导致生物平衡被打破,生物多样性降低。据调查统计,目前我国农业源的化学需氧量(COD)、全氮(TN)、全磷(TP)排放量已经超过了工业源和生活源,成为首要污染源。面源污染中的主要污染物为氮、磷,建设人工湿地处理污水,可实现对于上述元素的循环利用,在减少环境污染的同时,为农作物生长提供养分,形成生态治理与农业发展共赢局面。

## 1 人工湿地概述

人工湿地是模拟自然湿地人工建设而成的用于深度处理污水的生态系统,是一种由土壤、基质填料按照一定比例组成而成的填料床,填料床上面种植着一些生命力强盛、水质净化性能优良的水生高等植物,还生活着多种功能的维生素,借助于土壤、人工介质、植物、微生物的物理、化学、生物三重协同作用,通过过滤、滞留、吸附、沉淀、氧化分解、微生物转化分解、养分吸收等方式,能够有效去除污水中的有机物、重金属、悬浮物、营养素及病原体,污水净化效果优良<sup>[1]</sup>。

按照结构特点,常见的人工湿地有以下三种:①表面流人工湿地(FWS)。这是一种借助于基质、植物根茎的拦截作用及微生物降解作用,净化基质层表面流动污水的人工湿地,水深通常低于4m,与自然湿地相似,具有经济性好、运维管理方便的优点,但运行过程中易产生异味、滋生蚊虫;②水平潜流人工湿地(HSSF)。这是一种借助于基质拦截作用、植物根部及生物膜降解作用,净化流经填料床下方污水的人工湿地,相较于表面流人工湿地,水力负荷及污染负荷大,能够有效清除重金属离子、化学需氧量(COD)、悬浮物(SS)、BOD<sub>5</sub>等污染物,出水水质好,无异味,不滋生蚊虫,受外界气候干扰小,但是管理

起来较为复杂;③垂直潜流人工湿地(VSSF)。在这种人工湿地中,污水从湿地表面垂直下行流经基质,或从湿地底部垂直上行流经基质,水质得到净化,湿地基质处于不饱和状态,氧经由大气扩散、植物传输的方式进入湿地系统,使得系统具有较强的消化能力,脱氮除磷效果佳,常用于处理氨氮含量高的污水,不过,垂直流去除有机物的能力步入水平流人工湿地,运行控制程序较为复杂<sup>[2]</sup>。

## 2 人工湿地中生物修复污水的应用与研究进展

### 2.1 人工湿地生物修复污水的现状

发达国家对于人工湿地污水处理系统的研究与应用起步较早,目前已获得显著成效。人工湿地具有成本低、污水净化效果好、操作管理简单的优点,能够有效去除肺水肿重金属、有机物、悬浮物等多种污染物,是当前最受欢迎的一种污水处理技术。Gill等依托高速公路建设人工湿地,展开了长达9年的研究,结果表明人工湿地对于个Zn、Cu、Pd、Cd的去除率分别达到86%、60%、31%、5%;Chen等建设人工湿地,进行工业废水治理,试验结果表明人工湿地对于SS、COD、TP、NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N的去除率分别达到81%、61%、56%、35%;Yang等利用人工湿地净化农业径流,以防富营养化农业径流流入河流湖泊污染水体环境,取得良好效果;Nahlik等在热带地区用水生植物构建的湿地处理污水,发现人工湿地能够有效处理造纸厂、垃圾填埋地、乳牛场、乳品加工厂排出的废水,降低废水中营养素水平。

### 2.2 人工湿地生物修复污水的机制

#### 2.2.1 植物修复作用

在人工湿地中,利用植物转移、容纳、转化水体污染物,降低或消除水体污染,修复环境的机制,称之为植物修复作用。植物生长时,根系伸长、植株长高、生物量积累等生理生态过程中都伴随着营养物

质的累积,再加上植物根系能够沉淀、吸收水体中的污染物,环境修复效果还是比较强的。目前,人工湿地植物种类繁多,水体净化能力较强的有芦苇、风车草、美人蕉、再生花、水葱等,净化能力中等的有香蒲、菖蒲、芦竹、梭鱼草等,净化能力较弱的有野芋、鸢尾、灯芯草、泽泻、花菖蒲等,人们可根据当地气候、土壤条件及污水处理需求,选择合适种类的植物。有研究表明,利用大藻属、浮萍属等漂浮型水生植物构建人工湿地系统,处理乳品厂废水,悬浮物总体去除效率达到 86%,对于 73%至 97% TN 含量及 63%至 99% TP 含量废水去除率可达到 50%至 60%。有学者将宽叶香蒲、水蓼种植在砂砾基质上,构建人工湿地,发现宽叶香蒲对于 BOD<sub>5</sub>、PO<sub>4</sub>-P、TSS、TN、TDS 的去除率分别达到 88%、72%、70%、65%、60%,而水蓼对于 BOD<sub>5</sub>、PO<sub>4</sub>-P、TSS、TN、TDS 的去除率分别达到 79%、60%、53%、53%、50%,这两种植物均可有效降低废水电导率及酸碱度,而且,其根系可吸附金属元素,试验结果表明,宽叶香蒲对于 Zn、Cu、Pd、Cr 的富集量分别达到了 40.44μg/g、39.24μg/g、37.78μg/g、19.95μg/g,水蓼对于 Zn、Cu、Pd、Cr 的富集量分别达到了 17.85μg/g、33.43μg/g、36.19μg/g、9.67μg/g<sup>[3]</sup>。

### 2.2.2 微生物修复作用

植物除了能够吸收、吸附、富集污水中的有害物质外,还能够形成有利于微生物生长繁殖的根际区域。微生物是人工湿地生物修复污水过程中不可忽视的一部分,它们可以有效转化污水中的有毒有害物质。有学者对比研究了微生物修复、植物修复文具厂废水的效果,结果表明微生物修复有着更强的二甘醇清除效果,而植物修复则有着更强的化学需氧量清除效果。研究表明,建设“土壤-植物”人工湿地,8d 即可全面清除二甘醇,14d 即可将化学需氧

量降低至 110mg/L,如果在人工湿地中增添微生物,二甘醇清除时间可缩短至 5d,化学需氧量降低至同等水平只需 11d。微生物能够利用 NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N、NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N、氨基酸等多种氮化合物,将其转化或者降解,同时也能够有效吸附、降解、转化 Pb、Cr 等重金属物质,还可以修复污水中的石油类污染物,污水净化功能强大<sup>[4]</sup>。

### 2.3 动物修复作用

水生动物是人工湿地系统中除了水生植物、微生物之外可发挥修复作用的生物,常见的有滤食性动物及腐食性动物。张喜勤等研究发现,草食性水蚤能够净化富营养湖水中的 COD、BOD、TN、TP 等;项黎新等研究发现,三角帆蚌可在 12d 将废水中 Cr、Pb、Cd 的含量降低 83%、78%、72%;徐永健等研究发现,将双齿围沙蚕投入养殖水体中,可将水体中 TN 含量降低 9.59%至 10.47%,TP 含量降低 7.11%至 8.18%,当这种底栖动物放养密度为 22.5kg/hm<sup>2</sup> 时,能够达到最佳的养殖效益及修复效果。

## 3 结束语

如果说,森林是地球的“肺”,那湿地就是地球的“肾”,湿地具有强大的蓄水功能,能够调节河川径流,补给地下水,维持区域水平衡,而且湿地生态系统中,动植物资源丰富,生物多样性高,是自然生态系统中的重要组成部分。当前,我国水土环境污染日益严重,构建人工湿地污水处理系统,可有效净化区域内的空气、水体,改善水土环境,同时,人工湿地污水处理系统投资费用低,节能环保,管理维护简单,建设起来后无需耗费大量人力即可持续运行,有着极高的推广应用价值。

## 【参考文献】

- [1]陈涛,王翔,朱召军,孔德芳,于鲁冀.垂直流湿地用于产业集聚区污水厂尾水脱氮处理[J].工业水处理,2019,39(11):101-103.
- [2]刘璐,孙利利,陈建,马金,柯凡.多介质膜生物反应器-复合人工湿地组合工艺处理农村生活污水中试试验[J].安徽农业科学,2019,47(21):77-81.
- [3]高续涛,李振灵,丁彦礼,王敦球,王荣华,白少元.不同结构的人工湿地系统对溶解性有机物去除效率的研究[J].环境科学学报,2019,39(10):3449-3457.
- [4]吕露遥,杨永哲,张雷,苏光曦,邹俊轶,彭娟.多级垂直潮汐流人工湿地厌氧氨氧化脱氮研究[J].水处理技术,2019,45(10):114-120.