

浮船植物污水净化床的实验设计

谭超毅, 刘建龙, 唐芬南

(湖南工业大学, 湖南 株洲 412008)

摘要: 介绍了浮船植物污水净化床的结构及2种实验设计——静态实验设计和动态仿真实验设计, 根据实验结果评价指标的不同, 分别采用多指标、单指标正交实验数据处理和分析方法进行数据处理与分析。

关键词: 浮船植物污水净化床; 人工湿地; 污水处理; 动态仿真实验

中图分类号: X703

文献标识码: A

文章编号: 1673-9833(2008)06-0039-03

Experimental Design of Sewage Purification Bed for Floating Boat Plant

Tan Chaoyi, Liu Jianlong, Tang Fennan

(Hunan University of Technology, Zhuzhou Hunan 412008, China)

Abstract: The sewage purification bed structure and two experimental methods, which are the static and dynamic simulation experiment, are mainly introduced. And the experimental data is also processed according to different experimental result of appraisalment index, in which multitude index and single index of orthogonal experiment data and analysis method are respectively adopted.

Key words: sewage purification bed for floating boat plant; man-made wet land; sewage disposal; dynamic simulation experiment

0 引言

目前, 国内大部分城市的污水处理厂均采用传统的二级活性污泥法工艺进行污水处理, 这种工艺存在工程投资高、能耗高、运转管理要求高以及污水处理效果不稳定的不足^[1]。采用二级活性污泥法处理的污水排入江河、湖泊还要依靠江河、湖泊的自净能力进一步地净化, 才能达到制造饮用水的取水标准。人工湿地系统是仿真湿地生态系统, 是一项污水处理新技术^[2-3]。它具有运转维护费低、处理量灵活、能耗低、效率高等优点, 但也存在许多不足, 如与农业争地、基建投资大、易堵塞等。污水流经有限面积的人工湿地后, 还不能直接用于制造饮用水, 需要排入江河、湖泊, 依靠江河、湖泊的自净能力进一步地净化。即使将植物种植在江河、湖泊中, 由于根系不是直接接触污水, 处理污水的速度和能力也相对较差。随着城市

化的发展, 排入江河、湖泊的污、废水越来越多, 超出了它自身的净化能力, 致使部分江河河段或湖泊成了臭水沟, 严重影响了下游或沿岸人民的生活质量和生活环境。

浮船植物污水净化床技术是继人工湿地后污水处理的一种新技术, 它的显著特点是不与农业争地, 也不会使湖泊、江河水容量变小而影响江河的防洪泄洪。本文探讨了经生物或人工湿地处理后尚未达饮用水标准的城市污水低成本继续治理, 加快江河、湖泊的自净能力, 使污水尽快转化为可饮用水, 实现污水资源化的浮船植物污水净化床新技术。

1 浮船植物污水净化床技术

1.1 浮船植物污水净化床技术简介

浮船植物污水净化床技术是人工湿地技术的扩展

收稿日期: 2008-04-10

基金项目: 湖南省教育厅科研基金资助项目(07C239)

作者简介: 谭超毅(1956-), 男, 湖南邵阳人, 湖南工业大学教授, 硕士, 主要从事建筑节能技术与水处理技术方面的研究。

与延伸。浮船植物污水净化床采用钢丝绳固定于江河、湖泊两岸，植物采用无土栽培技术，通过特殊方法固定在浮船上生长，植物根系延伸并分布于污水中。分布于污水中的植物根系起到了拦截、过滤水中悬浮物的作用，在其表面由于大量微生物的生长而形成生物膜。废水流经生物膜时，大量的悬浮固体被植物根系阻挡截留，不溶性有机物通过根系的过滤作用，可以被微生物利用；废水中可溶性有机物则可通过植物根系生物膜的吸附、吸收及生物代谢降解过程而被分解去除^[4]，废水中的氮、磷可以被植物和微生物作为营养成分直接吸收。有些植物（如芦苇）能吸附、富集重金属和一些有毒有害物质，最后通过栽种植物的收割使污染物去除^[5]。由于浮船植物床是沿江河或湖泊两岸设置并浮于水面，有效地利用了江河或湖泊面积，不会与农业生产争地；由于它浮于水面，能水涨船高，不会使湖泊、江河水容量变小，因而不影响江河防洪泄洪。因此，它适合于湖泊、江河污水处理和净化。是一种具有广阔应用前景的污水处理新技术。

1.2 浮船植物污水净化床的构造

浮船植物污水净化床一般采用玻璃钢或钢丝网混凝土、金属作浮体材料，浮船结构形式设计成椭圆救生圈形状，内嵌多层不锈钢丝网（上疏下密）作固定植物根系用。浮船四周设计一圈可升降的固定环，用于固定拉丝，拉丝作固定挺长植物的上部之用。为提高浮船的抗洪能力，减轻浮船之间的碰撞，在船体周围安装胎式橡胶圈。考虑到操作人员在船上行走和操作的方便，将船的上部设计成平面形式。若要将浮船的吃水深度设计成可调式，可在其上附加进（排）水电磁阀和进（排）气阀。当需要使浮船的吃水深度增加时，打开进水电磁阀和充气阀，让水进入浮体；如果要减小浮船吃水深度，则打开排水电磁阀和进气阀，并充气，让水排出浮体。浮船植物污水净化床构造示意如图1所示。

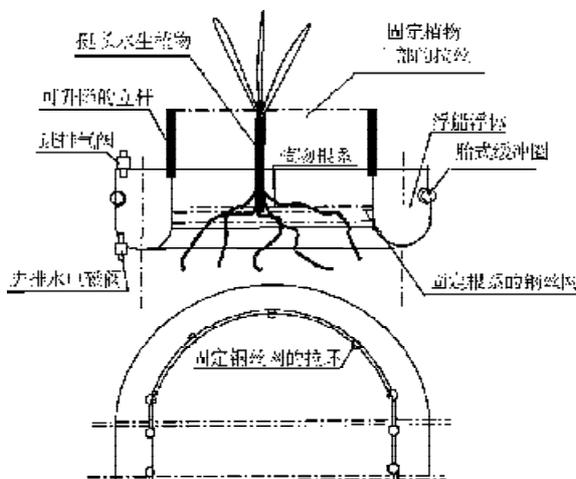


图1 浮船植物污水净化床构造示意图

Fig.1 The structure diagram of the sewage purification bed of flofling boat plant

2 浮船植物污水净化床净化污水的实验设计

2.1 实验内容

在实验池中进行不同水生植物及其组合对污水净化时间和净化效果的对比实验，通过实验找出影响污水净化时间和净化效果的主要因素。

2.2 实验设备和材料

实验设备为：防雨并透阳光的实验棚；可计量并且具备补水装置的污水净化池；浮船或可在池内供水生植物生长的植物床；水质分析仪器等。

实验材料为：在浮船或植物床中培育并生长良好的水生植物，如芦苇、香根草、风车草、水葫芦、香蒲、水葱、灯心草、茭草、水葱、池杉、两栖榕等。

2.3 静态实验设计

在可透阳光的实验棚内建多个污水净化池，将池中充入定量的待净化污水，把植物生长良好的浮船植物床置于污水中进行净化实验。实验按单种植物和多种植物混合分别进行。实验测试项目有：污水成分与浓度、净化时间、净化度及季节等。

$$\text{净化度 } \eta \text{ 来用公式表示为: } \eta = 1 - \frac{\phi'}{\phi}, \quad (1)$$

式中： ϕ 为实验开始时测量污水中有害物质的体积分

$$\text{数, } \phi = \sum_{i=1}^n \phi_i, \quad (2)$$

ϕ_i 为实验开始时测量污水中某种有害物质的体积分

$$\text{分数; } \phi' \text{ 为经净化一定时间后污水中有害物质的体积分} \\ \text{分数(实验开始时 } \phi' = \phi), \phi' = \sum_{i=1}^n \phi'_i; \quad (3)$$

ϕ'_i 为经净化一定时间后河水中某种有害物质的体积分

数。由于实验时间较长，污水中的水分会不断蒸发而减少，应在实验池中做好标记，并及时补充蒸发掉的水分。补水时应均匀地将水喷洒到池中，每天定时在补水4~5 h后，测量污水有害物质的体积分数的变化，并做好记录。

2.4 动态仿真实验设计

动态仿真实验与静态实验测试的项目基本相同，所用的设备及材料也基本一样，所不同的是，污水的浓度是不断变化的。这是因为在现实生活中污水排入河流后，沿河岸流动的过程中，其浓度会不断变化。所以，动态仿真实验必须在实验池中增设不间断自动喷洒补水系统，其自动补水量是在静态实验的基础上准确计算出来的。

随着河水的流动，河水中的污水浓度不断变化，河水中某有害物质的浓度变化率可由下式表示：

$$G = \frac{\phi_1 - \phi_2}{\frac{l}{V}} = \frac{V(\phi_1 - \phi_2)}{l}, \quad (4)$$

式中: ϕ_1 为实验测量的起点处河水中某有害物质的体积分数;

ϕ_2 为流经距离为 l 以后河水中某有害物质的体积分数;

l 为两测量点的距离;

V 为河水的流动速度。

计算出了河水中某有害物质的体积分数单位时间的变化率后, 就可以计算仿真实验系统的补水流量 ΔH 。

设实验池污水中某有害物质的体积分数为 ϕ_1 , 污水体积为 H , 实验池污水中单位时间某有害物质的体积分数变化率 G_1 可用下式表示:

$$G_1 = \phi_1 - \frac{H\phi_1}{H + \Delta H}. \quad (5)$$

令式(4)等于式(5)有:

$$G = \bar{G} = \phi - \frac{H\phi}{H + \Delta H}, \quad (6)$$

由式(6)得:

$$\Delta H - H \left(\frac{\phi}{\phi_1 - G} - 1 \right), \quad (7)$$

$$\text{或 } \Delta H = H \left[\frac{L\phi}{\phi_1(L - V) + V\phi_2} - 1 \right]. \quad (8)$$

3 实验数据处理和分析方法

浮船植物床净化污水的实验目的是为了了解不同的植物对不同污水的净化效果, 了解不同的植物对不同污水的净化所需的时间。因此, 必须根据这 2 个目的来对实验数据进行处理和分析。

3.1 根据实验数据进行曲线拟合

以净化效果为纵轴和净化时间为横轴建立坐标系, 将实验结果以坐标点的形式标注在坐标图上, 根据实验点的分布进行曲线拟合。拟合的曲线有直线型、指数型、对数型等。通过拟合的曲线, 可以知道净化效果与净化时间的函数关系, 判断出达到某一净化效果需要的时间。

3.2 单指标和多指标正交分析方法

若认为净化效果必须达到理想状态, 则可以用净化时间指标来进行评价, 这时可用单指标正交方法对实验数据进行处理和分析; 若需同时对净化效果和

净化时间 2 个指标进行评价, 则可用多指标正交方法来对实验数据进行处理和分析。通过对不同水平和因素的正交数据分析, 找出主要影响因素。例如: 若把每个季节作为一个水平, 分析不同季节植物对污水的净化能力, 可以用四水平四因素(单种植物、不同植物搭配组合、污水成分、污水浓度)正交表进行实验与数据分析, 找出最佳的植物搭配; 若将不同的污水浓度作为水平, 可以根据需要, 选择几个有代表性的污水浓度作为水平, 季节, 单种植物、不同植物搭配组合、污水成分等为因素, 进行正交实验, 通过数据分析与处理, 找出最佳的植物搭配。

4 结语

浮船植物污水净化床技术是在人工湿地后污水处理技术的基础上发展的一种技术。它与人工地潜流系统较相似, 植物根系直接与污水接触, 能较快地吸收污水中的营养物质和其它重金属, 它克服了人工湿地潜流系统易堵塞的缺陷, 同时, 它悬浮于水面, 不与农业争地, 也不会使湖泊、江河水量变小及影响江河的防洪泄洪, 还能起到绿化江河、湖泊两岸的作用, 为鱼类等水生动物提供隐蔽的栖身场所, 促进鱼类的发展。不过, 对此项技术的研究, 才刚刚起步, 没有相关的研究报告, 技术上远没有成熟, 离真正应用还有不少的距离, 有待我们去研究, 特别是研究、实验出适合不同污水, 不同地域的植物搭配。本文对这项技术的实验设计介绍, 仅仅提出了实验研究的一种方法, 供广大研究者参考。

参考文献:

- [1] 文武, 贾丽艳, 刘洪波, 等. 城市污水处理技术与工艺研究进展综述[J]. 环境保护科学, 2007, 33(6): 53-55.
- [2] 张燕燕, 郑少奎, 杨志峰, 等. 浮水植物型表面流人工湿地低温除硝氮研究[J]. 环境科学与技术, 2006, 29(9): 9-10, 28.
- [3] 张智, 张显忠, 杨骏骅. 植物床对双龙湖水体有机污染物的去除效果分析[J]. 生态环境, 2006, 15(4): 708-713.
- [4] 潘科, 杨顺生, 陈钰. 人工湿地污水处理技术在我国的发展研究[J]. 四川环境, 2005, 24(2): 71-75.
- [5] 王全金, 陈栋. 芦苇人工湿地处理技术研究进展[J]. 华东交通大学学报, 2004, 21(4): 1-5.

(责任编辑: 张亦静)