

# Application of Constructed Wetland System on Wastewater Treatment

Qiaoying Zhang<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>School of Land and Resources, China West Normal University, Nanchong Sichuan

<sup>2</sup>Institute of Jialing River Basin, China West Normal University, Nanchong Sichuan

Email: qiaoyingzhang@163.com

Received: Dec. 22<sup>nd</sup>, 2017; accepted: Jan. 8<sup>th</sup>, 2018; published: Jan. 29<sup>th</sup>, 2018

---

## Abstract

Technique of wastewater treatment with constructed wetlands is currently the highlight in the field of international wastewater treatment research. This review briefly described the classification of constructed wetland, the mechanisms of cleaning wastewater, the factors affecting cleaning, the present situation of the application, and the development direction of constructed wetland application. The constructed wetland system is an integrated ecosystem. It's also a new wastewater treatment technology being developed and applied. It has such advantages as low investment, high quality effluent, good impact resistance, ecological environment improvement and beautification, increase of green land, simple performance, cheap operation fee, and so on. The constructed wetland system is a suitable technology for wastewater treatment in China, which has wide application prospects especially in rural areas and small cities.

## Keywords

Constructed Wetland, Wastewater Treatment, Treatment Technology of Wastewater

---

# 人工湿地技术在污水处理中的应用

张桥英<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>西华师范大学国土资源学院, 四川 南充

<sup>2</sup>西华师范大学嘉陵江流域研究所, 四川 南充

Email: qiaoyingzhang@163.com

收稿日期: 2017年12月22日; 录用日期: 2018年1月8日; 发布日期: 2018年1月29日

---

## 摘要

人工湿地法处理污水技术是目前国际污水处理研究领域的热点。本文主要从人工湿地的分类、净化机理、

文章引用: 张桥英. 人工湿地技术在污水处理中的应用[J]. 水污染及处理, 2018, 6(1): 82-86.

DOI: 10.12677/wpt.2018.61010

影响净化的因素、国内外应用现状和应用前景等方面对人工湿地技术进行了阐述。人工湿地系统是一个完整的生态系统,是正在不断得到研究应用和发展的污水处理实用新技术,具有投资低,出水水质好,抗冲击力强,增加绿地面积,改善和美化生态环境,操作简单,维护和运行费用低廉等优点。这项技术适合我国国情,尤其适合广大农村、中小城市的污水处理,具有极其广阔的应用前景。

## 关键词

人工湿地, 污水处理, 污水处理技术

Copyright © 2018 by author and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

水资源短缺是制约我国经济发展的重要因素,全国 660 座城市中,有 400 多座城市缺水,100 多座城市严重缺水[1]。水资源紧缺不仅仅在于水量型缺水,更重要的是污染造成的,形成日益严重的水质型缺水。强化污水处理,保护现有可用水资源,是缓解我国水资源危机的治本之策。

目前,我国城市污水处理普遍采用活性污泥法、氧化沟法、间歇性活性污泥法等。我国处理污水造价在 1000 元/m<sup>3</sup>·d 以上,运行费用在 0.13~1.12 元/t 之间[2]。随着经济发展,需处理的污水量越来越大,新环境法的实施对处理要求也越来越高。但现有的污水处理技术由于其高昂的投资和运行费用,使得各种二级、三级处理技术难以大面积推广。人工湿地技术作为一种经济有效的污水处理手段(基建投资为传统方法的 1/5 至 1/2;运行费用仅为传统二级污水厂的 1/10 至 1/5 [3]),为综合解决上述问题提供了一种新的选择。

人工湿地是指人工建造的、可控制的和工程化的湿地系统,其设计和建造是通过湿地自然生态系统中的物理、化学和生物作用的优化组合来进行废水处理。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,一般由人工基质和生长在水中的水生植物(如芦苇、香蒲等)组成,是一个独特的基质-植物-微生物组成的生态系统。当污水通过系统时,其中污染物质和营养物质被系统吸收、转化或分解,从而使水质得到净化。它利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,是一种同时具有环境效益、经济效益及社会效益的废水处理技术。

## 2. 人工湿地的分类

根据湿地中主要水流形式人工湿地可分为以下 3 类:表面流湿地(SFW, Surface Flow Wetland)、潜流人工湿地(SSFW, Subsurface Flow Wetland)和垂直流人工湿地(VFW, Vertical Flow Wetland) [4] [5]。

### 2.1. 表面流人工湿地

表面流湿地也称为自由水面系统,这种系统与值日湿地最为接近。此系统中污水在湿地的表面流动,水深较浅(一般在 0.1~0.6 m),氧通过自由扩散补给,进水中所含的溶解性和颗粒性污染物与系统介质和植物根系接触,绝大部分有机污染物的降解由浸没在污水中的植物茎基部生物膜上的微生物完成。常用的植物包括香蒲、芦苇、慈姑、莎草等。其优点是投资省,缺点是负荷低,对 N、P 的去除率偏低[6],北方地区冬季表面会结冰,夏季会滋生蚊蝇、散发臭味,该类型在美国、加拿大、新西兰、瑞典等国有

较多分布，但目前已较少采用。

## 2.2. 潜流人工湿地

潜流人工湿地是由滤料层与植物共同构造的系统，是一个由填料、植物与微生物共同组成的生态系统，系统中污水在湿地床的内部流动。污水经配水系统均匀分配并缓慢流过填料床植物根系并被其中的植物与微生物处理。介质通常选用水力传导性良好的材料，从进口经由砂石等系统介质，污水在系统表面以下以近水平流方式流向出口。常用的植物包括芦苇、香蒲、美人蕉等。其优点是，由于此系统可以充分利用填料表面生长的生物膜、丰富的根系及表土层和填料的截留作用，处理效率得到了提高；另外，由于水流在地表以下流动，具有较好的保温性，从而受气候影响小、卫生条件好。缺点是占地面积较大。

## 2.3. 垂直流人工湿地

垂直流人工湿地综合了地表流湿地系统和潜流湿地系统的特性，水流在填料床中基本上由上向下垂直流动，水流流经床体后被铺设在出水端底部的集水管收集而排出处理系统。垂直流人工湿地分单向垂直流型人工湿地和复合垂直流型人工湿地两种。单向垂直流型人工湿地一般采用间歇进水运行方式，复合垂直流型人工湿地一般采用连续进水运行方式。其优点是处理效率高、受气候影响小、卫生条件好，并且占地也有所减少。

## 3. 人工湿地的净化原理

人工湿地对污水的净化是填料、水生植物和微生物共同作用的结果。人工湿地正常运行后，填料表面和植物根系中生长出大量的微生物，污水流经时，悬浮物被填料及根系阻挡截留，有机物通过生物膜的吸附及同化、异化作用而得以去除。湿地床层中因植物根系对氧的传递释放，使其周围的微环境中依次呈现出好氧、缺氧和厌氧状态，保证了废水中的氮、磷不仅能被植物及微生物作为营养成分直接吸收，还可以通过硝化、反硝化作用及微生物对磷的过量积累作用从废水中去除。最后通过湿地填料的定期更换或收割使污染物质最终从系统中去除。

### 3.1. 人工湿地去除有机污染物的机理

对有机物有较强的降解能力是人工湿地的显著特点之一。对有机物的去除作用，湿地床是通过物理的截留沉淀和生物的吸收降解的共同作用而实现。通过湿地的沉淀、过滤作用，系统中的微生物可以很快截留和利用污水中的不溶性有机物，而生物膜和植物根系的吸附、生物代谢降解等过程，又可以很快地分解去除污水出水中的可溶性有机物。资料表明：在进水浓度较低条件下，人工湿地对 BOD<sub>5</sub> 的去除率可达 85%~95%，对 COD 的去除率可达 80% 以上[5]。

### 3.2. 人工湿地对氮的去除

对氮的去除作用，人工湿地处理系统包括氨挥发，基质的吸附、过滤、沉淀，微生物硝化和反硝化作用，植物吸收等。有机氮在植物土壤系统中，在微生物的作用下首先被截留沉淀下来，然后转化为氨态氮。氨离子很容易被土壤颗粒吸附(土壤颗粒带有负电荷)，通过硝化作用，土壤微生物将氨离子转化为 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>。作为植物生长过程中不可缺少的物质，NO<sub>3</sub><sup>-</sup> 可以被植物直接摄取，合成植物蛋白质等有机氮，通过收割植物，从而将氮从湿地系统中去除[7]。

### 3.3. 人工湿地对磷的去除

人工湿地对磷的去除是由植物吸收、微生物去除及基质的物理化学作用而完成的。废水中的无机磷

在植物吸收及同化作用下,可变成植物的有机成分,通过有规律的植物收割去除。然而,也有学者指出通过植物收割从湿地系统中去除的磷是非常少的,因此湿地填料一直被认为是湿地中磷的最终归宿[5]。基质的物理化学作用主要是填料对磷的吸收、过滤和与磷酸根离子的化学反应。生物对磷的去除,包括对磷的正常同化作用和对磷的过量积累。一般二级污水处理中,当进水磷含量为 10 mg/l 时,微生物对磷的正常同化去除,仅是进水总量的 4.5%~19% [7],所以,微生物除磷主要是通过强化后对磷的过量积累来完成的。

### 3.4. 对金属的去除

湿地中金属的去除主要是依靠沉淀-吸附作用。化学沉淀作用通过湿地的代谢而得到加强。湿地对金属的去除不被认为是重要的。

## 4. 人工湿地净化的影响因素

湿地的污水净化性能主要依赖于当地的气候、湿地中水流动力学特性、植物种类、微生物类群及基质组成。依据影响因素的特征可以将其分为人工湿地自身因素和外部因素,自身因素包括湿地床结构、植物的选择和系统的供氧状况等;外部因素包括温度和污水中物质的毒性等因素。其中当地气候是主要影响因素,因为其有影响其它几项因素的作用,湿地植物种类、微生物活性和土壤中营养物质的生化循环都与气候有关。如 Hill 和 Payton 用两个串联的表面流人工湿地系统处理家禽养殖厂污水试验时发现低温对氨、硝酸盐的去除有不利影响[8]。不同的植物种类和微生物类群对污水的净化效果不同,全球湿地高等植物多达 6700 余种,但目前被用于人工湿地处理污水的不过几十种,很多植物还从未试过,选择对污水处理效果好、适应性强的植物对人工湿地的净化效果至关重要,如芦苇属和香蒲属植物是使用频率最高且比较有效的植物。基质的组成与水流过程及某些污染物的积累、释放密切相关,因此,选择合适的填料组成、设计合理的水流动力学特征参数可有效去除污染物质。最近还有研究表明,有机污染物的转化和营养物质循环与基质中的氧化、还原条件及可获电子受体量有很好的相关性。

## 5. 人工湿地污水处理在国内外的应用

1953 年德国 Kathe Seidel 博士发现芦苇对污水的净化效应,并开发出 Max-Planck Institute Process 系统。随后,1977 年 Kichath 提出了“根区法”,标志着人工湿地污水处理机理的初步萌芽。1974 年德国建成第一座人工湿地,与此同时,美国也开发了“厌氧微生物和芦苇处理污水”复合系统[9]。此后,人工湿地处理污水技术得到了迅速的发展和完善。最初人工湿地主要用于生活污水和矿山酸性废水的处理,后来也用于城市污水和各种工业废水的二级处理等,目前多用于农业面源污染、城市或公路径流等非点源污染的治理。国外人工湿地已用于各种污水的处理,如:生活污水、矿业酸性污水、农业废水、垃圾渗滤液、暴雨雨水、富营养化自然水体等[10]。人工湿地污水处理系统数量也得到长足的发展,如:在美国已有 600 多处人工湿地工程用于处理市政、工业和农业废水[11]。丹麦、德国、英国至少有 200 处人工湿地系统在运行[12]。新西兰也有 80 多处人工湿地系统投入使用[13]。在欧洲应用较多的则是地下潜流系统,特别是在一些东欧国家应用广泛。

我国对湿地处理系统的研究起步较晚,在“七五”期间才开始人工湿地的研究工作。首例采用人工湿地处理污水的工程是 1987 年由天津市环保研究所建成的 1400 m<sup>3</sup>/d 芦苇湿地污水处理工程。之后,1989 年建成了北京昌平 500 m<sup>3</sup>/d 自由水面人工湿地污水处理工程、1990 年建成了深圳白泥坑人工湿污水处理工程、1993 年建成的大冶铁矿炸药车间人工湿地污水处理工程、1999 年建成的漳州市天宝造纸厂人工湿地污水处理工程、2002 年将成的江苏省泗洪县人工湿地污水处理工程、2003 年月建成的石岩人工湿地污

水处理工程、2003年建成的澄江县马料河人工湿地污水处理工程、2004年月建成的江川县渔村大河人工湿地污水处理工程、2008年月建成的江川人工湿地实验工程、2008年月建成的玉溪市九溪人工湿地污水处理工程、2008年月建成的昆明市体育城人工湿地污水处理景观工程、2009年月建成的萍乡市芦溪县南坑人工湿地污水处理工程等湿地项目都是我国应用人工湿地处理污水的成功实例。此外,我国在人工湿地的机理研究方面也取得了很多成果。

## 6. 人工湿地在我国的应用前景

人工湿地污水处理系统能够有效地去除有机污染物,吸收氮和磷,防止环境受到再次污染,充分发挥了资源的生产潜力,能够获得污水资源化处理的最佳效益,因此是一种较好的废水处理方式。并且,人工湿地污水处理系统是一种集环境效益、经济效益及社会效益为一体的污水处理方式。其投资和日常运行费用仅为常规二级污水处理厂的1/10~1/2和1/5~1/3,具有高效率、低投资、低运转费用、低维持费用和基本不耗电的特点。利用人工湿地技术进行污水处理,符合人类与水生生物协调发展的客观要求,有利于促进良性生态环境的建设,有显著的社会、环境和经济效益。这种方式尤其适合在中小城市和乡村缺少具有一定操作管理和技术水平的人员的条件下使用,具有极其广阔的应用前景。

鉴于人工湿地占地面积大、废弃后难恢复、受气候及系统中植物影响较大等因素,我们在应用人工湿地时应当做到:尽量节约土地,选择荒废的地段;结合当地实际情况选择合适的湿地系统和合适的植物;多与其他国家进行合作,交流思想,以便使湿地系统更好地服务于我国的污水处理事业。

## 参考文献 (References)

- [1] 王成新,王格芳. 江苏省城市污水处理存在问题及对策分析[J]. 国土与自然资源研究, 2005(2): 51-52.
- [2] 贾滨洋,刘宜. 人工湿地处理污水的机理与其应用前景[J]. 四川环境, 2008, 27(1): 81-86.
- [3] 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.
- [4] 沈耀良,王宝贞. 废水生物处理新技术[M]. 北京:中国环境科学出版社, 2000.
- [5] 程杰. 人工湿地污水处理技术及其在我国的应用前景[J]. 山西建筑, 2012, 38(1): 140-141.
- [6] Kadlec, R.H. and Knight, R.L. (1996) Treatment Wetlands. CRC Lewis Publishers, New York.
- [7] 敖咏芳. 人工湿地污水处理系统应用研究[J]. 技术与市场, 2013(4): 88-89.
- [8] 卢晓岩,梁莹. 浅谈人工湿地技术在城镇污水资源化中的适用性[J]. 甘肃科技, 2003, 19(9): 72-73.
- [9] 于少鹏,王海霞,万忠娟,等. 人工湿地污水处理技术及其在我国发展的现状与前景[J]. 地理科学进展, 2004, 23(1): 22-29.
- [10] 范旭红. 人工湿地污水处理系统及其应用[D]: [硕士学位论文]. 南京:东南大学, 2006.
- [11] U.S. EPA (2000) Guiding Principles for Constructed Treatment Wetlands: Providing for Water Quality and Wildlife Habit. U.S. EPA, Office of Wetlands, Oceans and Watershed, Washington DC.
- [12] 白晓慧,王宝贞,余敏,等. 人工湿地污水处理技术及其发展应用[J]. 哈尔滨建筑大学学报, 1999(6): 88-92.
- [13] 吴亚英. 人工湿地在新西兰的应用[J]. 江苏环境科技, 2000, 13(3): 32-33.