

# 利用人工湿地处理农村生活污水的研究

应俊辉<sup>1,2</sup> (1. 华东师范大学环境科学系, 上海200062; 2. 丽水职业技术学院, 浙江丽水323000)

**摘要** 从目前农村生活污水污染特点出发, 对人工湿地技术作详细阐述, 并着重对人工湿地应用于农村生活污水处理的设计原则和工程实施步骤进行探讨。

**关键词** 农村生活污水; 人工湿地; 污水处理

中图分类号 X703 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2007)04-01104-02

## Study on Application of Artificial Wetland in Rural Sanitary Sewage Disposal

YING Junhui (Department of Environmental Sciences, East China Normal University, Shanghai 200062)

**Abstract** Through the analysis of characteristics of rural sewage pollution, this paper elaborates the technology of artificial wetland, and emphatic discusses the design principles and implementation procedures of sewage treatment.

**Key words** Rural sewage pollution; Artificial wetland; Sewage treatment

随着乡镇经济的迅速发展, 城镇化进程的不断推进, 广大农民生活水平的迅速提高及生活条件的明显改善, 农村生活污水的排放量不断增加, 预计到2010年, 中国村镇污水排放量约270亿t<sup>[1]</sup>。长期以来, 由于重视不够、治理资金短缺和对农村水体环境保护意识的淡薄, 目前, 我国农村地区的生活污水基本上未经过处理就直接排放, 成为江河湖泊水体水质下降的主要原因。

### 1 人工湿地的概念与分类

**1.1 概念** 湿地是一种类介于陆地和水域之间过渡的生态系统, 对水体生态环境的净化起着十分重要的作用。由于其独特的环境保护和生态恢复功能, 被赋予“地球之肾”的雅称。人工湿地(Constructed Wetlands, CW)污水处理系统源于对自然湿地的模拟, 它利用自然生态系统中的物理、化学和生物的重重协同作用, 来实现对污水的净化。这种湿地系统是在一定长宽比及地面坡度的洼地中, 由土壤和按一定坡度充填一定级别的填料(如砾石等)混合结构的填料床组成, 并在床体的表面种植具有处理性能好、成活率高、抗水性强、生长期长、美观且具有经济价值的植物(如芦苇、茭白、菖蒲等), 它与在水中、填料中生存的动物、微生物形成一个独特的动植物生态环境, 污水流经床体表面和床体填料缝隙时, 通过过滤、吸附、沉淀、离子交换、植物吸收和微生物分解等实现对污水的高效净化处理<sup>[2]</sup>。

**1.2 分类** 按照工程设计和水体流态的差异, 人工湿地污水处理系统主要可以分为4种类型<sup>[3]</sup>: 表面流湿地(Surface Flow Wetlands, SFW); 潜流湿地(Subsurface Flow Wetlands, SS-FW); 垂直流湿地(Vertical Flow Wetlands, VFW); 潮汐流湿地(Tidal Flow Wetlands, TFW)。表面流湿地与自然湿地最为接近, 其水流状态是污水以较慢速度在湿地表面漫流, 类似于沼泽。这种湿地具备投资少、操作简单、运行费用低等优点, 但占地大、水力负荷小、净化能力有限, 湿地中的氧来源于水面扩散与植物根系传输, 系统运行受气候影响大, 不能充分利用填料及丰富的植物根系, 夏季易孳生蚊蝇。该类型在美国、加拿大、新西兰、瑞典等国有较多分布<sup>[4]</sup>。潜流湿地是目前较多采用的人工湿地类型, 在潜流湿地系统中, 污

水在湿地床的内部流动, 一方面可以充分利用填料表面生长的生物膜、丰富的根系及表层土和填料截流等的作用, 以提高其处理效果和处理能力; 另一方面由于水流在地表以下流动, 具有保温性能好、处理效果受气候影响小、卫生条件较好的特点。这种工艺利用了植物根系的输氧作用, 对BOD、COD等有机物和重金属等去除效果好, 但控制相对复杂, 脱N、P效果欠佳, 目前在欧洲、日本应用较多。垂直流湿地综合了地表流湿地和潜流湿地的水流状况特点, 污水从湿地表面纵向流入填料床底, 床体处于不饱和状态, 氧通过大气扩散与植物根传输进入湿地, 硝化能力强, 适于处理氨氮含量高的污水, 但处理有机物能力欠佳, 控制复杂, 落干/淹水时间长, 夏季易孳生蚊蝇。垂直流湿地系统因其建造要求较高, 至今尚未广泛使用<sup>[5]</sup>。潮汐流湿地是近年由伯明翰大学提出<sup>[3]</sup>, 在这种湿地系统中, 湿地床交替地被充满水和排干, 在向床内充水的过程中空气被挤出, 床的基底材料逐渐被淹没。当湿地床完全被水所饱和以后, 水就全部被排出, 在排水过程中新鲜的空气被带入床内。伯明翰大学的最新研究成果表明, 当水被排出湿地床, 有机污染物留在基底内时是氧消耗量最大的时刻。因此, 在排水过程中进入的新鲜空气可以看作是去除污染物的氧源。通过这种交替的进水和空气运动, 氧的传质速率和消耗量大大提高, 极大地提高了湿地床的处理效果。但是, 潮汐流湿地运行一段时间后, 床体可能会被大量的生物所堵塞, 限制了水和空气在床体内的流动, 降低了处理效果。因此, 设计中增设备用床交替运行成为必要考虑, 以便利用闲置期进行生物降解。以上4种类型的湿地由于工程设计上水体流态的差异, 导致了在运行、控制等方面存在着一定的差异(表1)。

### 2 人工湿地应用于农村生活污水处理的设计原则

**2.1 工艺简单** 农村地区的污水处理具有缺乏专业技术管理人员和要求运行费用低廉这2个特点, 人工湿地系统最大的优势就在于其简单性。通过预处理、曝气、回流以及其他机械方法来改善湿地性能, 将在一定程度上失去湿地技术简单性的优势。所以在工程设计中, 理想的人工湿地系统是充填砾状介质、没有移动颗粒及只需要太阳能和简单的管理。较大的湿地系统可以考虑一些辅助设备, 只有针对特殊水质要求时, 才值得考虑附加设置曝气池等处理工艺的复杂湿地系统。

**作者简介** 应俊辉(1976-), 男, 浙江缙云人, 在读硕士, 讲师, 从事污水生化处理研究。

收稿日期 2006-10-07

表1 4种人工湿地类型的比较

湿地类型	工艺特征	运行控制	氧源	水力负荷	处理能力	卫生条件
	慢速表面漫流	简单,受气候影响大	源于水面扩散与植物根系传输	较低	一般	夏季易孳生蚊蝇
	湿地床内部流动	相对复杂	源于植物根传输	较高	对COD、COD、SS及重金属等处理效果好	少有恶臭与蚊蝇现象
	湿地表面纵向流入填料床底	相对复杂	大气扩散与植物根传输	较高	适于处理氨氮含量高的污水	夏季易孳生蚊蝇
	交替的进水和空气流动	最为复杂	间隔空气留入	较高	处理效果好	良好

**2.2 大系统分区** 较大的人工湿地应该分区,分成几个平行的单元,这样可以利于流量分配,同时利于植物管理和植物病虫害防治。另外,床体的长宽比影响BOD,TSS和氨的去除效果,较大的长宽比较好,一般可采用4:1。

**2.3 植物选种乡土性** 充分重视乡土品种的生态特性,不宜在未考虑当地生态环境条件下盲目引进外来物种。通过对当地植物在人工湿地系统中的应用研究,了解植物对水力、营养及其他因素的物种特性,并加以充分利用来提高人工湿地的净化效率。同时,也应关注湿地的生物多样性。

### 3 人工湿地污水处理系统的工艺流程

人工湿地污水处理系统由预处理单元和湿地单元组成,通过合理设计可将COD、BOD、SS、原生动物、金属离子和其他物质处理达到二级甚至三级水平。预处理单元的目的主要是减少悬浮物,防止湿地填料堵塞,确保人工湿地系统的稳定性,增加湿地处理寿命,处理能力设施包括格栅、沉砂池、沉淀池、稳定塘等。人工湿地系统工艺流程如图1<sup>[6]</sup>。



图1 人工湿地污水处理系统的工艺流程

### 4 人工湿地技术的工程实施步骤

**4.1 实地调查** 确定生活污水的排放量及水质,主要指

标:水温、pH值、浊度、TN、TP、氨氮、COD、BOD、重金属等。

获取现场的地理、地质、水力、气象条件(包括近3年气温、降雨量、蒸发量等)等资料。地形勘测(如可用的土地面积和沟渠),为生活污水的沟渠收集系统设计和场地选择提供依据。根据相应的法规确立净化的目标。

**4.2 工艺流程设计** 依据实地调查数据资料,选择适宜的工艺系统。进行湿地物种挑选试验,为了考核物种对当地的生态环境的适应性及对污水的净化程度。对所挑选的物种要进行2个试验:一是试验室模拟试验。考察植物在特定的环境中的适应性、生存能力;分析植物对污染物的吸附能力和最佳吸附时间。二是现场试验。考察内容与上一环节类似,并为工程的具体实施提供基本工艺参数。特别注意植物在当地是否有生物侵害的现象。

**4.3 实际工程设计** 通过“工艺流程设计”阶段验证该工艺在技术和经济上的可行性,便可开始具体的工程设计,包括沟渠收集系统设计、湿地系统主体工艺设计、工艺布局设计、生态景观设计等。

### 5 结语

人工湿地技术在农村的应用首先要结合农村自身的特点,坚持因地制宜的原则,同时更要注重应用过程中的技术创新,让人工湿地这一人工生态系统真正融入农村自身的生态系统中,在确保生态安全的同时实现污水处理效果的最佳状态。另外,人工湿地技术是一项新兴技术,应用中还存在不少问题,如占地问题、处理效率受限问题、孳生蚊虫问题以及对污染物的降解动力学研究问题等,只有更深入地展开试验研究,才能让这一具有生态效益、经济效益和观赏价集于一身的新技术发挥更大的作用。

### 参考文献

- [1] 沈东升,贺永华,冯华军.农村生活污水埋地式无动力厌氧处理技术研究[J].农业工程学报,2005,21(7):111-115.
- [2] 梁继东,周启星,孙铁珩.人工湿地污水处理系统研究及性能改进分析[J].生态学杂志,2003,22(2):49-55.
- [3] 许春华,周琪,宋乐平.人工湿地在农业面源污染控制方面的应用[J].重庆环境科学,2001,23(3):70-72.
- [4] 刘自莲,施永生,李鹏.人工湿地在污水处理中的应用[J].云南化工,2005,23(6):61-63.
- [5] 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的发展现状与前景[J].地理科学进展,2004,23(1):22-29.
- [6] 顾传辉.人工湿地处理系统概述[J].中山大学研究生学刊:自然科学版,2001,22(2):34-40.