

· 污染防治技术 ·

# 生态塘组合工艺处理小城镇生活污水的前景及应用

卜现亭<sup>1</sup>, 府灵敏<sup>1</sup>, 周艳文<sup>2</sup>

(1. 南京市环境保护科学研究院, 江苏 南京 210013;

2. 南京林业大学森林资源与环境学院, 江苏 南京 210037)

**摘要:** 简述了小城镇战略定位及污水处理重要性和紧迫性, 指出我国小城镇污水处理的现状与压力, 分析了适宜于小城镇污水处理的生态塘组合处理工艺作为一项高效实用的环保技术的优势和发展趋势, 并通过生态塘湿地系统在南京汤泉镇污水处理中的应用实例分析, 介绍了构建生态塘系统的关键设计参数及其工艺特点, 为小城镇生态保护与建设污水处理厂提供技术支撑和示范样板。

**关键词:** 小城镇; 污水处理; 生态塘; 水生植物

**中图分类号:** X703      **文献标识码:** C      **文章编号:** 1006-2009(2008)04-0051-03

## The Prospect and Application of Ecological Pond Combined with Process for Town Sewage

BO Xian-ting<sup>1</sup>, FU Ling-ming<sup>1</sup>, ZHOU Yan-wen<sup>2</sup>

(1. Nanjing Environmental Protection Science Research Institute, Nanjing, Jiangsu 210013, China;

2. Nanjing Forestry University School of Forest Resources and the Environment, Nanjing, Jiangsu 210037, China)

**Abstract:** Importance and urgency were described for the strategic positioning and sewage treatment of small towns. The ecological pond combined with process was suitable for small town sewage treatment of small town and this technology was highly efficient and practical under the status and pressure of sewage treatment of China's small towns. Through the application of the wetland ecological system in Nanjing Tangquan town sewage treatment, the key design parameters and process characteristics of the eco-pond system were introduced to provide technical support and demonstration model for ecological protection and sewage treatment plant construction in small towns.

**Key words:** Small towns; Sewage treatment; Ecological pond; Aquatic plants

### 1 小城镇污水处理的现状

随着我国小城镇建设的迅猛发展, 小城镇建成的面积不断扩大, 乡镇企业迅速发展, 城镇人口不断集中, 城镇污水排放量也不断增加。绝大多数小城镇没有排水和污水处理设施, 造成了严重的水环境污染, 加剧了我国水资源短缺。根据 2006 年中国环境状况公报, 到 2010 年, 我国城市生活污水排放总量为 1 050 亿 m<sup>3</sup> 时, 其中村镇污水排放量可达 270 亿 m<sup>3</sup>。然而, 国家体改委的调查资料显示, 小城镇废水处理率仅为 27%, 非城关镇的小城镇废水处理率标准大大低于城市和城关镇的水平, 如果按照国际通用标准, 其废水处理率接近于零。由

于过去“重建设, 轻环保”的观念, 小城镇基础设施建设远落后于小城镇建设的发展。许多小城镇缺乏必要的污水收集系统和污水处理设施, 污水乱流, 这不仅造成资源浪费和小城镇本身的环境污染日益恶化, 严重影响了小城镇居民的生存环境, 已成为制约小城镇经济发展的瓶颈<sup>[1]</sup>。

目前, 我国东部、东南部经济较发达的农村地区自来水管网已入村入户, 城镇化进程日益加快。随着人民生活水平的提高, 农村地区用水量也随之

收稿日期: 2008-02-22; 修订日期: 2008-07-05

作者简介: 卜现亭 (1964—), 男, 山东日照人, 高级工程师, 大学, 从事环境管理和科研工作。

加大,使得生活污水的排放量也随之骤增。农村生活污水中氮磷含量较高,是导致河流和湖泊富营养化的主要因素之一。有关资料显示,太湖流域有不同规模的污水处理厂 7 家,而该流域内的小城镇就达 978 个。由于污水处理设施建设的滞后,大量没有经过处理的生活污水直接排入农村的小河道,最终进入湖泊等受纳水体。根据国家环境保护“十一五”计划,农村生活源和农业面源占我国太湖主要污染物  $\text{NH}_3 - \text{N}$  排放总量的 77%,占 TP 排放总量的 66%。

根据中国环境规划院《重点流域水污染防治“十一五”规划编制的基本思路》,到 2010 年,全国设市城市和建制镇污水处理率必须达到 60%<sup>[2]</sup>。因此,小城镇污水处理厂将会越来越多,其数量将超过大中型污水处理厂,小城镇污水治理是继大中城市污水治理之后的一个新的战略目标,有着十分重要的战略意义。

## 2 小城镇污水处理特点及处理工艺技术选择

### 2.1 小城镇污水处理的特点

(1)人口少,用水量标准较低,污水处理规模小,污水排放量大,为  $2\ 000\ \text{m}^3/\text{d} \sim 20\ 000\ \text{m}^3/\text{d}$ ,其中生活污水量占 50% 以上,产业结构存在区域特定差异、受雨季影响及用水量时变化系数较大等特点,因此在水量与水质上都不够均匀和稳定。

(2)小城镇的生活水平也决定了污水的组成成分,如污水中悬浮物浓度较高,有机物浓度较低,尤其是一些小城镇的排水系统不健全,雨污不分流,采用明渠(沟)排水,导致大量的雨水流入和地下水渗入,也降低了污水中的有机物浓度<sup>[3]</sup>。

(3)经济发展水平偏低,经济承受能力弱,可供选择的污水处理适用技术少。

(4)维护管理技术人员及运行管理经验严重缺乏等<sup>[4]</sup>。

### 2.2 适宜小城镇污水处理工艺技术要求

(1)处理工艺应具有较强的适应冲击负荷的能力。小城镇污水量昼夜变化大,加上含有乡镇企业的工业废水,从而水质波动较大。

(2)要求管理简单、运行稳定、维修方便。对于小城镇尤为重要,小城镇往往技术力量比较薄弱。

(3)在工艺技术选择时,不单纯按 COD、SS 等综合性污染指标作为工艺选择的根据,而必须考虑

小城镇污水处理厂进水水质特征和排水的环境安全性。

(4)投资省、运行费用省、工艺流程简单、处理效果好、运行管理简便的工艺始终是国内外污水处理界所致力于研究与寻求的方向。对于小城镇污水处理,这样的需求更加突出<sup>[5]</sup>。

## 3 生态塘组合处理工艺

### 3.1 生态塘的组成及功能

纯粹的生态塘是以太阳能为初始能源,通过在塘中种植水生作物,进行水产和水禽养殖,形成人工生态系统。在太阳能的推动下,通过生态塘中多条食物链的物质迁移、转化和能量的逐级传递、转化,将进入塘中的有机物和营养物降解和转化<sup>[3,6]</sup>。最后不仅去除污染,而且以水生作物、水产的形式作为资源回收,净化的污水也作为再生资源予以回收利用,使污水处理与利用结合起来,实现污水的资源化。大型水生植物在水污染治理中可以发挥多种作用:通过自身生长代谢可以大量吸收氮磷等水体中的营养物质,而其中一些种类还可以富集不同类型的重金属或吸收降解某些有机污染物;通过促进微生物的新陈代谢,将水中的大部分可生物降解有机物;通过抑制低等藻类的生长控制富营养化。

目前,生态塘的处理工艺正在向着正规化、系统化、资源化、生态化、美学化的方向发展<sup>[7]</sup>。筛选、培育高效水生净化植物,组合曝气、水生植物、水产养殖等多个生物处理单元的综合功能,营建生化一体化的水生动植物的复合生态体系,将成为生态塘处理工艺的发展方向<sup>[8]</sup>。

### 3.2 生态塘组合处理系统及工艺特点

(1)在生态塘工艺的基础上发展起来的组合工艺,更好地强化了稳定塘原来的优点,改进了其缺点。采用的短时快速好氧降解将有机污染物质转化为速效养分供湿地植物生长,这一组合既成倍地缩短了生化反应的水力停留时间,同时由于有效地降低了有机负荷,也成倍地减少了生态塘的面积。

(2)适合不同的处理规模,基建费用低廉。生态塘系统没有复杂的机械设备,工程十分简易,整个系统的基建费用只有常规处理方法的 1/2 或 1/3。

(3)出水水质稳定,回用领域广。生态塘组合处理系统处理的出水水质可达《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918 - 2002)一级 B 标准,

如果加强脱氮除磷的功能设计,出水水质可达《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918 - 2002)一级 A 标准。

(4)材料来源广,就近可得。生态塘系统包含的动植物绝大多数均为土著种类。

(5)运行费用低。生态塘组合处理系统仅需少量的额外动力,运行费用只有常规工艺的 10% ~ 50%。

(6)管理简单,维护容易。设计良好的小型污水生态塘组合处理系统几乎不用管理与维护。具有基建投资省,运行费用低,运行管理维护方便,运行稳定可靠等优点,是实现小城镇生态环境综合治理的有效工艺。小城镇附近如有可利用的天然养鱼塘、天然废塘等条件,可考虑采用该处理系统<sup>[9]</sup>。

### 3.3 构建生态塘组合处理系统的关键技术要素

#### 3.3.1 湿地植物的筛选及应用配置

高等水生植物在生态塘组合处理系统中起着关键性作用。常用的水生植物包括挺水植物、浮叶根生植物、漂浮植物、沉水植物 4 类,通常选择人工湿地植物时考虑的因素主要包括:生态适应能力、耐污能力强、根系的发达程度、经济价值和景观效果、生态安全性等。高等水生植物的优化配置对于提高污水处理效率有重要的意义<sup>[10]</sup>,从植物类型、去污特点、群落特性、植物对养分的需求以及景观美学价值等方面合理配置水生植物群落,使得该系统具有更高的氮和磷的去除效率,避免了季节性的

功能下降或功能单一。

#### 3.3.2 提高在低温环境中植物修复效率

对比寒冷季节生长的水生植物品种去除氮磷的效果,进一步提高在低温环境中植物修复效率,从而解决植物修复的周年循环问题,是污染水体植物修复过程中必须解决的重要问题。筛选耐寒水生植物并与喜温水生植物合理搭配及镶嵌种植,从而建立一个完整的水生植物净化水体的体系,避免因季节的变化导致水质出现明显波动。

#### 3.3.3 合理优化配置不同工艺组合运行参数

根据全年进水特征,植物生长状况和单元工艺特性合理分配两段污染物负荷,调节单元工况参数,优化组合两段工艺,达到生物处理段灵活、高效性和生态处理段低耗、稳定性的最佳结合。比如在秋冬季节植物老化枯萎的情况下,通过适当延长好氧段硝化时间,可抵消水温降低对硝化造成的抑制等,进一步保障污水处理系统高效稳定运行。

## 4 生态塘组合系统应用实例分析

2006年 6月建成投产运行的江苏省南京市汤泉镇生活污水处理厂采用的就是生态塘组合处理系统,其设计处理量为 3 000 m<sup>3</sup>/d。开发了生物接触氧化 - 水生植物塘组合工艺,该工艺造价低,运行费用低,维护管理简便,并在汤泉镇生活污水处理厂得到成功应用,根据实际测算,该污水处理系统基建投资为 235元 /t,运行费用为 0.26元 /t。南京市汤泉镇污水生态塘系统工程的流程图见图 1。

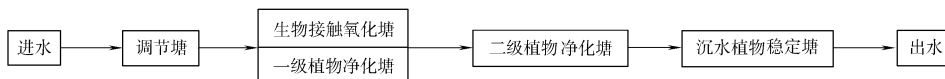


图 1 生态塘系统工程工艺流程

该系统在原有的 4 个废弃鱼塘的基础上因地制宜地稍加改造而成,主要处理设施由污水调节塘、接触氧化塘、水生植物净化塘串联而成,运用组合增效原理建立以水生植物净化为核心技术辅以人工强化的塘湿地生态净化系统。同时由于根据环境条件和群落特性,合理配置水生植物群落,使得该系统具有更高的氮和磷的去除效率,避免了季节性的功能下降或功能单一。

图 2 列出了污水处理厂进水口水质、出水口排放水质及《城镇污水处理厂污染物排放标准》

(GB 18918 - 2002)中的一级 B 标准。由图 2 可见,污水处理厂处理效率 COD 为 86.2%、SS 为 74.3%、NH<sub>3</sub> - N 为 88.1%、TP 为 99.3%,且出水口排放水质均低于相对应国家标准限值。

该系统对 COD、NH<sub>3</sub> - N 及 TP 的高去除率,表明该生态塘组合系统可促进废水中植物营养素的循环,构成一个完整的水生生态系统,是一项低投资、低能耗、低运行费、氮、磷去除率高的治理工程技术,具有较好的经济效益和生态效益,是适合于

(下转第 59 页)

的产生、数据到信息的转变、成果的提炼、综合管理等角度逐步融合传统的模式来创建管理机制和设置科室。

### 2.3 改进工作方式, 迈向规模化、专业化

在大量的环境监测例行工作中, 计算机信息技术的应用已逐步从人工采样过渡到自动连续采样; 从常规手工分析过渡到大型仪器自动分析; 仪器使用从现场值守到远程监控<sup>[4]</sup>; 数据填报也从大量人工计算填报纸质报表发展到网络系统的电子报表, 甚至是自动导入或填报; 许多例行报告可以自动生成; 许多数据的逻辑错误也可以自动判别并剔除。计算机网络的应用打破了传统的空间概念, 工作效率得到很大的提高。这就要求在工作方式上, 机构、人员组织上积极与之配合, 以适应不断发展的生产力。应当加强区域、流域的监测分工合作, 积极研究跨行政区域的监测力量和机构的整合与配置, 环境监测迈向规模化、专业化的时机逐渐成熟。

### 2.4 坚定信心、持续推进信息化建设

信息化建设是一个长期的发展过程, 不是信息技术的简单应用, 需要有持续改进和完善过程。在管理机制、岗位、流程的完善过程中, 会有传统习惯和观念方面的阻力, 甚至会牵涉到部门、个人权力和利益的再分配。另外, 在员工素质的提高、岗位技能的转型、工作习惯的改变、装备技术水平的提升、数据共享与公开等诸多方面都有大量的工作要做, 有很多难题有待破解。

#### [参考文献]

- [1] 沈艺. 环境监测实验室信息管理系统的构建与实施 [J]. 环境监测管理与技术, 2006, 18(4): 4 - 6.
- [2] 孙杰. 环境空气自动监测子站委托管理的质量监控 [J]. 环境监测管理与技术, 2007, 19(6): 4 - 8.
- [3] 张保森, 肖红, 慎辅健, 等. 构建环境监测业务管理网络化管理系统的思考 [J]. 中国环境监测, 2006, 22(5): 6 - 9.
- [4] 陈建江. 对我国环境自动监测发展的思考 [J]. 环境监测管理与技术, 2007, 19(1): 1 - 3.

(上接第 53 页)

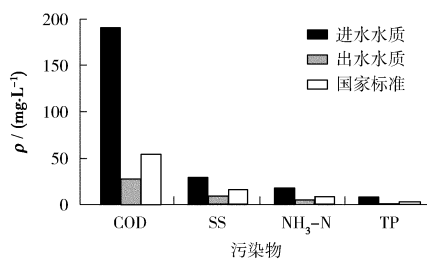


图 2 进、出水口水质与排放标准对比

小城镇的污水处理有效工艺, 具有广阔的应用前景。

### 5 结语

我国进入“十一五”以来, 把环境保护和生态治理工作作为一项长期的战略任务放在突出重要的位置, 而在广大的农村地区小城镇及分散村落的污水处理工作还处在起步阶段, 污水处理工作日趋重要和紧迫, 污水处理工艺技术的选择是污水处理厂建设的关键, 处理工艺技术选择是否得当, 不仅影响处理厂的处理效果, 整个处理工程的基建投资多少、处理工艺运行的可靠程度、运行费用高低、管理操作的复杂程度等, 而且还影响我国城镇化健康发展的进程。采用生态塘组合处理工艺适合我国

农村和小城镇的自然分布状况和经济发展水平, 符合当前我国国情, 因此具有广阔的应用前景。

#### [参考文献]

- [1] 孙炳彦, 胡涛. 关于小城镇环保工作的若干思考 [J]. 环境保护, 2000(4): 31 - 34.
- [2] 于晓东. “十一五”期间中国城镇污水处理设施建设发展概况 [J]. 世界环境, 2006(2): 23 - 26.
- [3] 杨鲁豫, 王琳, 王宝贞. 适宜中小城镇的水污染控制技术 [J]. 中国给水排水, 2001, 17(1): 23 - 25.
- [4] 杭世君. 小城镇污水处理工程设计的反思与建议 [J]. 给水排水, 2004, 30(10): 17 - 21.
- [5] 国家环境保护局科技标准司. 城市污水稳定塘处理技术指南 [M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1997.
- [6] 黄梅, 李小兵. 我国生态塘污水处理工艺的研究与应用 [J]. 企业技术开发, 2004(12): 19 - 21.
- [7] 张瑞兴. 生态塘处理中小城市污水的现状 & 前景 [J]. 甘肃科技, 2006, 22(7): 94 - 96.
- [8] 种云霄, 胡洪营, 钱易. 大型水生植物在水污染治理中的应用研究进展 [J]. 环境污染治理技术与设备, 2003, 23(2): 36 - 40.
- [9] 鄢恒珍, 陈向阳, 何于坤. 小城镇污水处理实用技术分析 [J]. 安全与环境工程, 2003, 10(3): 31 - 34.
- [10] 王文林, 马婷, 李强, 等. 水生高等植物季相交替群落对富营养化水体净化效果调查 [J]. 环境监测管理与技术, 2006, 18(1): 16 - 19.

本栏目责任编辑 李文峻