

文章编号: 1672 - 058X(2011)02 - 0195 - 04

# 人工湿地用于三峡库区小城镇生活污水处理的研究\*

王晓雪<sup>1</sup>, 李杰<sup>2</sup>, 钟成华<sup>1\*\*</sup>, 陈龙<sup>1</sup>, 张文东<sup>1</sup>

(1. 重庆工商大学环境与生物工程学院, 重庆 400067;

2. 重庆市南岸区环境监测站, 重庆 400060)

**摘要:** 三峡库区蓄水后, 水体自净能力减弱, 部分支流呈现富营养化趋势。为防止水体富营养化, 需要对三峡库区小城镇居民生活污水进行处理。人工湿地处理生活污水建设运行成本低, 出水水质好, 管理简单, 可实现污水资源化。利用库区山地地形特点建造人工湿地, 不占用耕地, 还具有固坡防沙减少水土流失的生态作用。

**关键词:** 人工湿地; 三峡库区; 生活污水处理; 小城镇

**中图分类号:** X52

**文献标志码:** A

## 1 三峡库区小城镇生活污水处理现状

三峡蓄水位达 175 m 后, 三峡库区将形成 600 多 km 长、蓄水量 400 亿 km<sup>3</sup>、水域面积 1 000 平 km<sup>2</sup> 的巨大水库, 水库回水末端抵达重庆市主城区。长江水流速度由建库前的 2.66 m/s 降至 0.38 m/s, 江水稀释自净能力将大为减弱, 水环境容量降低。同时库区水体营养物质负荷过大, 特别是氮、磷物质, 它们的浓度与国内已发生富营养化现象水库的氮、磷浓度相近, 甚至偏高, 水体可能富营养化<sup>[1]</sup>。在 2003 年 9 月到 2004 年 3 月, 包括大宁河、朱衣河、神女溪、梅溪河等次级河流都观测到部分河段藻类活动旺盛的迹象, 营养状态出现异常<sup>[2]</sup>。因此为确保库区水质, 对库区进行水环境治理是当务之急。

随着三峡库区产业结构调整 and 污染治理, 工业污染源与城市居民生活污水得到了很好的处理与控制, 而小城镇污水大部分处于无序排放状态。据环保部门调查, 沿江城镇 2004 年有近 5 亿 t 生活污水直接排江, 含有化学需氧量、氨氮、总磷分别为 99 647、8 281.76、1 442.11 t, 影响不容忽视<sup>[3]</sup>。

在这些中小城镇修建传统的二级污水处理厂是不切实际的。原因: (1) 库区多数小城镇人口在 3 000 ~ 5 000 人左右, 居住分散, 且库区多为山地, 污水收集困难且昂贵; (2) 库区是全国八大片贫困区域之一, 居民收入低, 即使国家投资修建污水处理厂, 地方也承担不起昂贵的运行费用; (3) 由于受处理工艺的限值, 传统污水处理厂氮、磷去除效果差, 在库区已运行的多数污水厂出水水质中氮、磷都超标<sup>[4]</sup>。因此, 研究一种能够降低投资成本和运行费用, 除氮、磷能力强的污水处理技术十分必要, 如人工湿地技术。

## 2 人工湿地简介及应用现状

人工湿地(constructed wetlands): 是为了人类利用和利益, 通过模拟自然湿地, 人为设计与建造的由饱和基质、挺水与沉水植物、动物和水体组成的复合体<sup>[5]</sup>。其构造可简述为: 在一定长宽比及底面坡降的浅池内或低洼地上, 按一定的坡度填充选定的填料, 在填料表层土壤中种植一些处理性能好、成活率高、生长周期长、根系发达、美观且具有经济价值的植物, 构成一个湿地生态系统。人工湿地利用生态系统中基质-水生

收稿日期: 2010 - 10 - 18; 修回日期: 2010 - 11 - 20.

\* 项目基金: 重庆市科技攻关计划项目资助(CSTC 2009 AD7204) .

作者简介: 王晓雪(1984 -), 女, 河北张家口人, 硕士研究生, 从事水污染控制研究.

\*\* 通讯作者: 钟成华(1960 -), 男, 博士, 教授级高工, 从事环境水力学和水污染控制研究.

植物-微生物的物理、化学和生物的三重协同作用的综合效应,包括沉淀、吸附、过滤、分解、固定、离子交换、络合反应、硝化合反硝化作用、营养元素的摄取、生物代谢活动的转化和细菌、真菌的异化作用等,来实现污水地高效净化<sup>[4]</sup>。

人工湿地污水处理系统在 20 世纪 70 年代 Kickuth 提出“根区法”理论后开始在世界各地逐渐受到重视并被运用的。据调查统计,在欧洲共有 6 000 多座处理城市污水的人工湿地,北美有 1 000 多座处理城市污水和多种工业污水的湿地系统,南美、亚洲、大洋洲等也已建成大量人工湿地以处理城市及工业污水。

在我国,早在“七五”期间就进行了人工湿地的研究工作。近年来我国人工湿地处理污水的技术取得了迅速的发展,自我国第一个人工湿地污水处理工程——深圳白泥坑人工湿地建成以来,陆续建成了一大批污水处理人工湿地,如深圳龙岗沙田人工湿地、洪湖人工湿地、上海松江五库科技农业示范区人工湿地、观澜湖高尔夫球会有限公司职工宿舍生活污水人工湿地、云南抚仙湖人工湿地、武汉二郎庙污水处理厂人工湿地、江苏盐城市的无水资源化海涂生态示范工程、沈阳满堂河生态污水处理示范厂、山东东营湿地生态污水处理厂等。现在人工湿地不但用于生活污水的处理,还用于处理酸性矿山排水、农业废水、城市暴雨、城乡景观水、石油产业废水和富营养化水体多种类型的废水。

应用实践表明,人工湿地处理污水的效果是理想的,其基建投资和运行成本都比较低廉,分别是传统二级处理的 1/5-1/2 和 1/10-1/5,而且还可以产生一定的经济效益。譬如深圳洪湖公园用净化过的水浇花草,一年中可节省上百万元<sup>[6]</sup>,北京市北郊昌平卫星城的人工湿地系统运行费为 1.18 万元/a,污水处理成本为 0.065 元/m<sup>3</sup>,收获芦苇的产值为 0.93 万元/a,具有低耗高效的优点<sup>[7]</sup>。

### 3 人工湿地在三峡库区应用的可行性分析

三峡库区地处东经 106°-111°50',北纬 29°16'-31°25',东起湖北省宜昌,西迄重庆江津市,幅员面积 5.79 km<sup>2</sup>。属湿润亚热带季风气候,具有冬暖春早,夏热伏旱,秋鱼连绵,湿度大和云雾多、风力小等特征,年平均气温 17~19℃,无霜期 300~340 d,年平均降雨量 1 140-1 200 mm,地区分布相对均匀。因此,三峡库区具有发展人工湿地技术的优越的气候条件。

在重庆永川,建立了服务人口约 2 000 人,日处理生活污水 200 t,采用污水预处理与人工湿地处理相结合的城镇生活污水处理工艺。工程运行两年期间,其对 COD<sub>Cr</sub>、BOD<sub>5</sub>、SS、NH<sub>3</sub>-N 和 TP 的去除率分别为 89.5%、92.5%、92.7%、83.7% 和 72.2%,出水优于《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002)一级 A 类标准<sup>[8]</sup>。同时通过比较,该工程用地略高于传统污水处理厂,而单位污水投资略低于传统污水处理厂,单位污水处理费用、单位污水耗电明显低于传统污水处理厂(表 1)。因此,在三峡地区用人工湿地处理生活污水,经济上与技术上都是可行的。

表 1 重庆永川人工湿地系统与其它污水处理厂的经济比较<sup>[7]</sup>

项目名称	处理工艺	单位污水 投资/(元/t)	单位污水 处理费/(元/t)	单位污水 耗电/(度/t)	单位污水 用地/(m <sup>2</sup> /t)
深圳某厂	鼓风曝气	660	>0.20	0.18	2.0
蛇口某厂	鼓风曝气	-	>0.20	0.21	1.3
珠海某厂	鼓风曝气	833	>0.20	0.64	1.0
海南某厂	氧化沟	574	0.20	0.28	1.2
重庆某厂	人工湿地	512	0.10	0.16	2.0

当然,人工湿地也有一些难以解决的问题,尤其是占地面积过大(是一般二级污水处理厂占地的 1~3 倍)是其致命的缺陷。而受水库淹没影响和移民的二次占地,三峡库区人均耕地面积从 0.073 hm<sup>2</sup> 下降到 0.06~0.067 hm<sup>2</sup>,建造人工湿地似乎将会进一步加剧人地矛盾。但是,三峡库区山地丘陵面积占 97.3%,其中大于 30 度的坡地面积占一半以上,山高坡陡,加之由风化的花岗岩、紫色岩发育的土壤在库区所占比重较大,土壤抗侵蚀性差,保水保土力弱,造成库区水土流失严重。根究三峡库区地势特点,

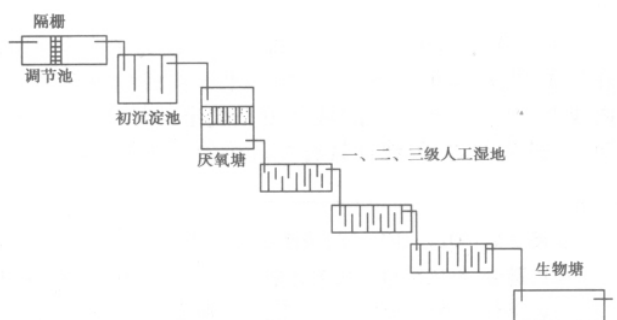


图 1 人工山地湿地污水处理工艺流程

近几年,有人开始<sup>[9,10]</sup>提出一种针对山地和丘陵地带城市污水的处理工艺——人工山地湿地污水处理系统(图1)。系统采用厌氧消化池-三级波式流人工湿地-生物塘组合工艺处理养殖废水和生活污水,出水可以达到再生水回用于农业用水农田灌溉标准或污水综合排放国家二级标准。

工艺的特点有:(1)各级单元塘之间具有较强的互助和互补性,使得其具有更高的氮、磷的去除率;(2)我国的《水土保持法》第14条规定“禁止在25°以上陡坡地开垦种植农作物”,因此利用山地建造湿地不用占用耕地面积;(3)所建的钢筋混凝土构筑物和湿地植物可以起到固坡和景观的作用;(4)采用跌水曝气的曝气方式,无能耗,不需投加化学药剂,处理成本低廉;(5)操作维护简单,抗冲击能力强,不产生污泥,无二次污染问题;(6)能够提供一部分经济植物和鱼虾等产品。

在三峡地区用人工湿地处理生活污水,不但经济和技术上可行,更可以化弊为利,把人工湿地占地面积大的缺点转化为固坡防沙的优点。另外,人工湿地规模可大可小,工艺灵活多变。其污水处理范围,大到一个城镇,小到一条街道甚至单户家庭。因此在居民居住集中的区域,可以修建大型的人工湿地生态系统,而在居民分散的村落,可以以户为单位修建分散式人工湿地污水处理池。

要实现库区人工湿地的大规模的应用,还需要社会各界的共同努力。如国土部门应该对人工湿地的建造予以规划、管理与审批;财政部门应该对建造人工湿地对个人或企业给与一定的财政上的鼓励;一些企业,如钢铁企业、电力企业应该免费或廉价的提供钢渣、粉煤灰等湿地基质以降低人工湿地建造成本;环保部门应该给与一定的技术上的指导,研发一些适用的工艺及具有经济价值的湿地植物,如瓜果蔬菜、草本植物与林木等,使人工湿地不但是污水处理系统,更是人们创收的“聚宝盆”。

## 4 结 论

人工湿地技术处理生活污水具有基建投资少、运行成本低、管理维护简单、去除营养物质效果好、实现污水资源化等优点。而其应用于三峡库区小城镇生活污水处理还具不占用耕地、固坡防沙减少水土流失等独特的生态作用。因此,人工湿地生态系统在三峡库区具有广阔的发展前景。根据居住人口和生活污水量的不同修建不同规模的人工湿地。在居民居住集中的小城镇,可以修建大型的人工湿地生态系统,而在居民分散的村落,可以修建分散式人工湿地污水处理池。我国是一个多山的国家,人工山地湿地不但在三峡库区具有良好的运用价值,而且在全国山地丘陵地区都有参考价值。同时它还给予启示,人工湿地技术的应用应该因地制宜,化弊为利。

### 参考文献:

- [1] 张晟,吕平毓.三峡库区成库初期营养盐及浮游植物分布特性[J].重庆环境科学,2005,27(1-2):13-16
- [2] 李永健.库区富营养化研究报告.重庆市环境科学研究院
- [3] 成水平.人工湿地废水处理系统的生物学基础研究进展[J].湖泊科学,1996,8(3):268-272
- [4] 长江三峡工程生态与环境监测系统污染源(工业和生活污染)监测重点站2004年度报告.重庆市环境监测中心
- [5] HAMMER D A. ConstrUctedwetlandsforwastewatertreatineni [J]. MunieiPal Industrialand Aghcultural: LewisPublishersIne, 1989 (5):20
- [6] 崔凤山.关于运用人工湿地处理城市污水的思考[J].环境导报,2003(3):40
- [7] 杨敦,周琪.人工湿地脱氮技术的机理及应用[J].中国给水排水,2003,19(1):23-24
- [8] 黎莉莉,张晟.人工湿地在处理小城镇生活污水中的应用[J].2005,27(1-2):54-56
- [9] 吴俊明,钟成华.浅谈复合式山地湿地污水处理系统在三峡库区的应用[J].安全与环境工程,2006(3):76-78
- [10] 李杰,钟成华,邓春光.厌氧池+人工湿地+生物唐系统处理奶牛养殖场废水[J].中国给水排水,2008,24(9):83-85

## Study on Sewage Treatment of Small Towns in Three Gorges Reservoir Area by Constructed Wetlands

WANG Xiao-xue<sup>1</sup>, LI Jie<sup>2</sup>,  
ZHONG Cheng-hua<sup>1</sup>, CHEN Long<sup>1</sup>, ZHANG Wen-dong<sup>1</sup>

(1. School of Environmental and Biological Engineering, Chongqing  
Technology and Business University, Chongqing 400067, China;

## 2. Environmental Protection Bureau of Nan'an District ,Chongqing 400060 ,China)

**Abstract:** Because self-purification ability is decreasing while the water level of the Three Gorges Reservoir is rising to 175 meters , there is a eutrophication trend in Yangtze River branches. In order to prevent water eutrophication ,sewage treatment in small towns is necessary. Constructed wetland is an effective , cheap and simple method for sewage treatment and can realize sewage recovery. The constructed wetland in the Three Gorges Reservoir area is constructed by taking advantage of the characteristics of the hills and will not occupy arable land and can have ecological effect on preventing hill slide ,water and soil erosion.

**Key words:** constructed wetland; Three Gorges Reservoir area; sewage treatment; small town

责任编辑:田 静

(上接第 185 页)

参考文献:

- [1] 杨叔子 杨克冲. 机械工程控制基础 [M]. 武汉: 华中科技大学出版社 2000
- [2] 董渝涛. 配电变压器节能措施的研究 [J]. 重庆工商大学学报 2009 26(2): 186-189
- [3] 叶杭冶. 风力发电机组的控制技术 [M]. 北京: 机械工业出版社 2006
- [4] 王成元 夏加宽 杨俊友, 等. 电机现代控制技术 [M]. 北京: 机械工业出版社 2006
- [5] 于汀 胡林献 姜志勇, 多端直流系统接线和控制方式对暂态稳定性的影响 [J]. 电网技术 2010 34(2): 87-89
- [6] 王 俊 蔡兴国. 基于差分进化算法的动态可用输电能力计算研究 [J]. 电力系统保护与控制 2010 38(4): 39-44
- [7] 韩绪鹏, 李志民, 孙 勇, 等. 基于反馈线性化的 TCSC 滑模控制 [J]. 控制工程 2010 17(1): 51-54
- [8] 孙 闻 房大中 袁世强, 等. 基于轨迹灵敏度的暂态稳定预防控制方法 [J]. 天津大学学报 2010 43(2): 109-114
- [9] 林 俐, 杨以涵. 基于绕线式异步发电机的风电场并网暂态稳定机理分析 [J]. 电力系统自动化 2010 34(5): 102-106
- [10] 王维俭 王祥珩 王赞, 大型发电机变压器内部故障分析与继电保护 [M]. 北京: 中国电力出版社
- [11] 武建文 李德成. 电机现代测试技术 [M]. 北京: 机械工业出版社 2006

## Research into Wind Power Generation System Based on DFIG( Doubly Fed Induction Generator)

**MA Yu-juan<sup>1</sup> , LI Hai-feng<sup>1</sup> , YAN Xue-shu<sup>1 2</sup>**

- (1. School of Mechanical Engineering ,Chongqing Technology and Business University ,Chongqing 400067 , China;
2. Engineering Research Center for Waste Oil Resources Technology and Equipment  
of Education Ministry ,Chongqing Technology and Business University ,Chongqing 400067 , China)

**Abstract:** A kind of model for wind power generation system is set up based on DFIG to study the transient voltage characteristics of wind power generation system and dynamic characteristics of a generator under the operating condition of constant power factor and constant voltage of a wind power generator when the system is heavily disturbed.

**Key words:** DFIG ( doubly fed induction generator) ; wind power generation system; modeling and simulation

责任编辑:田 静