

文章编号:1673-9469(2009)02-0045-03

## 秋冬季节复合人工湿地系统对污水净化效果研究

白峰青,李冲,朱文敏,陈娅鑫  
(河北工程大学 资源学院,河北 邯郸 056038)

**摘要:**利用构建的复合人工湿地系统,对邯郸市城市污水进行了长期净化试验,探讨了秋冬季节系统对污水的净化效果。试验结果表明,秋季系统对COD、TN、TP、SS的去除率分别为65%、86%、80%和91%,冬季下降为25%、27%、65%和89%。经过二级子系统串联后,净化效果明显提高且系统稳定性增强。

**关键词:**复合人工湿地系统;秋冬季节;净化效果;影响因子  
**中图分类号:** X703 **文献标识码:** A

### Purification effect of sewage by composite constructed wetland system in autumn and winter

BAI Feng-qing, LI Chong, ZHU Wen-min, CHEN Ya-xin  
(College of Nature Resource, Hebei University of Engineering, Handan 056038, China)

**Abstract:** The test on treating urban sewage in Handan has been continuing for a long-term by using the composite constructed wetland system, and the purification effect were discussed in autumn and winter. The results show that the removal rates of COD, TN, TP, SS are 65%, 84%, 80%, 91%, in winter drop off to 25%, 27%, 65%, 89% in autumn. The purification effect and stability of system have been raised during the serial secondary sub-series.

**Key words:** composite constructed wetland system; autumn and winter; purification effect; impact factor

邯郸市位于河北省南部,属于典型的北方气候,季节变化差异较大。大量的研究表明,湿地植物在污水净化过程中是不可缺少的主要组成部分<sup>[1]</sup>,植物的生长状况直接决定了系统的净化效果,而植物的生长与季节有关,尤其是北方的冬季,植物地上部分全部干枯,将直接影响系统的净化效果。因此,探讨在低温季节人工湿地生态系统的净化效果和系统的稳定性,对于在北方广大地区推广该处理技术具有指导意义。

## 1 系统构成

### 1.1 人工湿地系统构建

试验场地位于邯郸市西污水处理厂二期预留地上,构建的复合人工湿地处理系统包括:1个预处理单元和10个处理单元,总面积约160m<sup>2</sup>,由表

层流和水平潜流串联组合而成,进水系统由潜污泵和沉淀池组成。其中1、4、6、8单元为第一级表层流处理系统,其余处理单元为第二级水平潜流系统(图1)。潜流单元底层铺设直径4cm~8cm碎石15cm,中部铺设直径0.1cm~0.4cm砂砾40cm,上部铺土壤15cm;表层流单元铺设碎石和粗砂共计30cm~40cm。

### 1.2 湿地植物配置

湿地植物主要以生物量大、耐污能力强和具有一定的景观效果为原则进行配置,各处理单元植物配置情况参见表1。湿地植物主要包括:芦苇(*Phragmites communis*)、香蒲(*Typha orientalis*)、水葱(*Scirpus validus*)、千屈菜(*Lythrum salicaria*)和风车草(*Cyperus alternifolius*),大部分从白洋淀和衡水湖移植,少量取自当地。

收稿日期:2009-03-27

基金项目:河北省自然科学基金(D2005000462)

特约专稿

作者简介:白峰青(1963-),男,河北青县人,博士,教授,从事水环境方面的教学与研究。

表 1 植物种植情况  
Tab. 1 The circs of vegetation planting

结构配置	处理单元编号									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
植物	水葱 风车草	香蒲	千屈菜	风车草	水葱	水葱 香蒲	空	水葱	芦苇	千屈菜
行距(m)	0.5	0.5	0.7	0.5	0.5	0.5		0.5	0.5	0.7
株距(m)	0.2	0.2	0.3	0.2	0.2	0.2		0.2	0.2	0.3

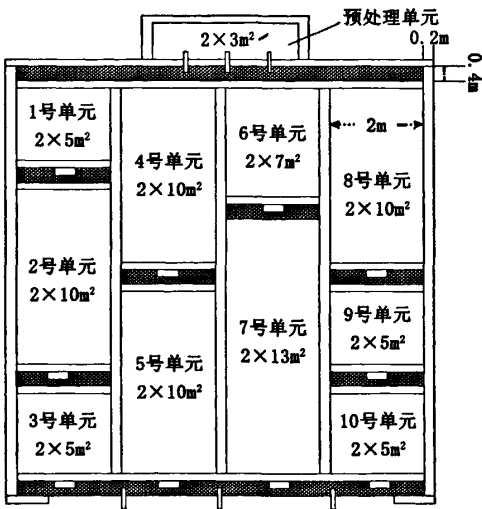


图1 人工湿地系统示意图

Fig.1 The sketch of constructed wetland system

1.3 系统运行与采样

人工湿地系统进水与邯郸市西污水处理厂相同,为51%生活污水和49%的工业污水混合水,但污水浓度随时间变化而改变。湿地植物移植驯化20d后进行全年运行,进水负荷为80m³/d,停留时间为22h~24h左右,其中表层流子系统停留时间为18h,潜流子系统停留时间为4h~6h。采取间断进水,每1~2周采样一次,取样当天上午8:30左右,将第一排单元池(1、4、6、8号单元)的阀门打开,关闭最后一排的阀门,每单元各取1个水样。下午2:30,将最后一排阀门打开,取剩余各单元中的水样,随后将全部水样送实验室进行实验测试。

表 2 测试指标初始浓度

Tab.2 The initial concentration of test index

测试指标	COD	TN	TP	SS
初始浓度 (mg/L)	115~270	23.34~28.5	2.65~4.72	170~192

测试指标包括:COD、TN、TP、SS,各项指标初始浓度见表2,分析方法参照《水和废水监测分析方法》进行。

2 结果与讨论

常年运行结果表明,在植物生长旺盛的夏秋季节,整个系统对污水具有较高的净化效果,在植物地上部分死亡的冬季,系统净化效果明显下降,但仍具有一定的净化效果,在植物地上部分大部分死亡和植物开始生长初期(秋末和春初),系统净化效果介于夏秋和冬季之间,针对实验取样情况,对表层流子系统 and 复合系统的秋冬季净化效果进行对比,其结果参见表3。

表 3 秋冬季节复合人工湿地系统净化效果

Tab.3 The Purification effect of composite artificial wetland system in autumn and winter

测试项目	表层流子系统去除率(%)		复合系统去除率(%)	
	秋季	冬季	秋季	冬季
COD	35%	17%	65%	25%
TN	79.7%	25%	86.2%	27%
TP	65%	40%	80%	65%
SS	86%	83%	91%	89%

2.1 COD 去除效果分析

试验结果表明,在植物生长比较旺盛的秋季,通过第一级表层流处理单元后,对污水中COD的去除率为35%,经过第二级潜流单元后,去除率提高到65%,且出水水质稳定。进入到冬季后,随着植物地表部分的衰亡,系统对COD去除效果明显下降。经过第一级子系统去除率仅为17%,经过第二级后仅提高到25%。

基质中含有大量种类繁多的微生物,它们能

对被过滤、截留在基质孔隙间的悬浮有机物和溶解有机物进行生物降解,并合成微生物新细胞,这些众多的微生物成为有机物的消费者,有利于对COD的去除。另一个重要的净化场所是来自其根际微生物,虽然目前对根际微生物生态系统的综合作用的化学过程还不很清楚,但可以肯定的是,这些过程都是有利于污水净化<sup>[2]</sup>的,尤其在植物生长旺季,根际微生物的降解作用更加强烈。随着冬季植物地表部分的枯萎,致使根际微生物增殖活性减低,微生物的数量明显下降,从而降低了微生物对有机物的降解能力。但由于基质的吸附、过滤等作用以及潜流子系统中植物根系微生物的共同作用,整个系统仍然对有机物有一定的去除效果。

## 2.2 TN 去除效果分析

秋季复合处理系统对TN的去除率保持较高的水平,最大去除率可达86.2%,伴随冬季的来临,TN去除率骤然下降,降至27%左右。上述变化表明,北方温度的变化对TN去除效果影响明显。大量的研究显示,人工湿地系统对TN的去除主要通过植物的吸收以及细菌的硝化和反硝化作用<sup>[3]</sup>,植物的吸收只占一小部分<sup>[4]</sup>,但湿地植物的生长状况对TN的去除具有决定作用。湿地系统具有明显的缺氧环境,湿地植物发达的通气组织有利于氧在其体内的传输并能传递到根区,不仅满足了植物在缺氧环境的呼吸作用,而且还可以促进根区的氧化还原反应与好氧微生物的活动<sup>[2]</sup>。将光合作用产生的氧传递到根区,在根区还原态的介质中形成氧化态的微环境,形成根区有氧区域与缺氧区域共同存在的环境,为根区的好氧、兼氧和厌氧微生物提供了各自的生存环境,使不同微生物都能发挥各自的作用<sup>[5]</sup>,而这种环境更有利于对污水中总氮的去除。

## 2.3 TP 去除效果分析

人工湿地系统对TP的去除作用主要包括基质的物理作用、化学作用和微生物的同化作用以及植物的摄取作用,其中基质的吸附作用占主导地位<sup>[6]</sup>。试验结果表明,在试验系统的运行期间,湿地系统中两级处理单元对TP均有一定的去除

效果。秋季表层流子系统对TP的去除率在35%~65%之间,经过第二级潜流子系统后,TP去除率提高到60%~80%之间。冬季整个系统对TP的去除率为65%左右。试验过程中,由于进水浓度和季节的变化,TP的去除率有一定的波动性,但受季节的影响较小。

## 2.4 SS 去除效果分析

在试验运行期间,秋冬季节人工湿地系统对污水中SS的去除效果都很明显,均在80%以上,最高可达到91%。试验结果表明,季节变化对SS的去除效果基本没有影响,主要与基质结构有关。

## 3 结论

北方地区利用人工湿地系统净化高浓度污水常年有效,尤其对污水中的TP和SS常年具有较高的去除率。季节的变化是影响系统对污水中COD、TN的去除效果的主导因子。复合人工湿地系统对污水的处理效果高于单一系统,表层流和潜流相结合的串联模式,可以适当的减小季节对处理效果的影响,增强系统处理效果的稳定性。

## 参考文献:

- [1] 卢兰萍,梁晓珍,白峰青.水污染控制的人工湿地技术[J].河北建筑科技学院学报,2005,22(2):4-6.
- [2] GUNTENSPERGEN G R. Wetland vegetation [A]. In: Hammer, D.A(ed). Constructed Wetlands for Wastewater Treatment: Municipal Industrial and Agricultural [C]. Chelsea, MI: Lewis publishers, 1989.
- [3] 安树青.湿地生态工程[M].北京:化学工业出版社,2003.
- [4] DRIZO A. Phosphate and ammonium removal by constructed wetlands with horizontal subsurface flow, using shale as a substrate[J]. Water Science and Technology, 1997, 35(5): 95-102.
- [5] FENNESSY M S, GONK J K, MITSCH W J. Macrophyte productivity and community development in created freshwater wetlands under experimental hydrological conditions [J]. Eco. Eng, 1994, 3(4): 469-484.
- [6] COOPER P A. Review of the design and performance of vertical-flow and hybrid reed bed treatment systems[J]. Water Science and Technology, 1999, 40(3): 1-9.

(责任编辑 闫纯有)

# 秋冬季节复合人工湿地系统对污水净化效果研究

作者: [白峰青](#), [李冲](#), [朱文敏](#), [陈娅鑫](#), [BAI Feng-qing](#), [LI Chong](#), [ZHU Wen-min](#), [CHEN Ya-xin](#)  
作者单位: [河北工程大学资源学院, 河北, 邯郸, 056038](#)  
刊名: [河北工程大学学报\(自然科学版\)](#) [ISTIC](#)  
英文刊名: [JOURNAL OF HEBEI UNIVERSITY OF ENGINEERING \(NATURAL SCIENCE EDITION\)](#)  
年, 卷(期): 2009, 26 (2)  
被引用次数: 6次

## 参考文献(6条)

1. [卢兰萍;梁晓珍;白峰青](#) [水污染控制的人工湿地技术](#)[期刊论文]-[河北建筑科技学院学报](#) 2005(02)
2. [GUNTENSPERGEN G R](#) [Wetland vegetation](#) 1989
3. [安树青](#) [湿地生态工程](#) 2003
4. [DRIZO A](#) [Phosphate and ammonium removal by wetlands with horizontal subsurface flow, using shale as a substrate](#)[外文期刊] 1997(05)
5. [FENNESSY M S;GONK J K;MITSCH W J](#) [Macrophyte productivity and community development in created freshwater wetlands under experimental hydrological conditions](#) 1994(04)
6. [COOPER P A](#) [Review of the design and performance of vertical-flow and hybrid reed bed treatment systems](#)[外文期刊] 1999(03)

## 本文读者也读过(10条)

1. [杨新萍.周立祥.戴媛媛.崔春红](#).[YANG Xin-ping.ZHOU Li-xiang.DAI Yuan-yuan.CUI Chun-hong](#) [潜法人工湿地处理微污染河道水中有机物和氮的净化效率及沿程变化](#)[期刊论文]-[环境科学](#)2008, 29(8)
2. [于玲红.赵钱柱.陈岩峰](#) [西北某县污水处理及回用工程的可行性研究](#)[期刊论文]-[环境科学与技术](#)2004, 27(2)
3. [青藏高原地区首座生化工艺污水处理工程投入运营](#)[期刊论文]-[西南交通大学学报](#)2002, 37(1)
4. [侯世全.李德生.栗健.HOU Shi-quan.LI De-sheng.LI Jian](#) [青藏铁路低温生活污水处理试验研究](#)[期刊论文]-[中国铁道科学](#)2005, 26(3)
5. [徐增林.吴金福.许春风](#) (用)直水乡古镇河道水质改善中人工湿地的应用[期刊论文]-[江苏水利](#)2010(1)
6. [韦红钢.周仲魁.王晓东.WEI Hong-gang.ZHOU Zhong-kui.WANG Xiao-dong](#) [高原炼油厂废水处理系统存在的问题及改造](#)[期刊论文]-[石油工程建设](#)2007, 33(2)
7. [张晓红](#) [亚热带人工湿地污水处理过程稳定性研究](#)[学位论文]2007
8. [凌玉梅.白云庆.LING Yu-mei.BAI Yun-qing](#) [人工湿地在温榆河生态治污中的实践与应用](#)[期刊论文]-[北京水务](#) 2006(4)
9. [潘震.张勇.黄民生.何岩.程庆霖.Pan Zhen.Zhang Yong.Huang Minsheng.He Yan.Cheng QingLin](#) [生物栅-复合人工湿地系统对黑臭河水的中试处理](#)[期刊论文]-[净水技术](#)2011, 30(2)
10. [吴荣华.张承虎.孙德兴.任南琪](#) [严寒地区城市污水冷热源对污水生化处理影响研究](#)[会议论文]-2006

## 引证文献(6条)

1. [童宁.邓风](#) [强化低温域人工湿地脱氮除磷进展研究](#)[期刊论文]-[工业安全与环保](#) 2013(9)
2. [李思敏.王俊.宋晓娟](#) [不同混凝剂除磷效果的研究](#)[期刊论文]-[河北工程大学学报\(自然科学版\)](#) 2010(1)
3. [白峰青.李冲.杨萌萌.郑建](#) [滏阳河污染控制及生态恢复技术集成体系研究](#)[期刊论文]-[河北工程大学学报\(自然科学版\)](#) 2009(4)
4. [张文艺.姚立荣.王立岩.赵婷婷.李定龙](#) [植物浮岛湿地处理太湖流域农村生活污水效果](#)[期刊论文]-[农业工程学报](#)

2010(8)

5. [陈永华](#), [吴晓芙](#), [张珍妮](#), [蒋丽娟](#), [李科林](#), [柳俊](#) [人工湿地不同季节与单元之间根际微生物多样性](#)[期刊论文]-[生态学报](#) 2012(22)
6. [陈永华](#), [吴晓芙](#), [张珍妮](#), [蒋丽娟](#), [李科林](#), [柳俊](#) [人工湿地不同季节与单元之间根际微生物多样性](#)[期刊论文]-[生态学报](#) 2012(22)

本文链接: [http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical\\_hbjzkjxyxb200902013.aspx](http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical_hbjzkjxyxb200902013.aspx)