

人工湿地在景区生活污水处理中的应用

王 卫红, 覃建雄
(成都理工大学 地球科学学院, 成都 610059)

摘 要: 在中国旅游业迅速发展的同时, 景区内天然河流污染日益严重, 成为影响中国旅游业发展的亟待解决的问题。通过对人工湿地生态系统的构造及对生活污水中悬浮物质、有机物、氮、磷等去除机理的研究, 表明人工湿地生态系统作为处理景区生活污水新技术既与周围环境相协调, 又具有投资少、运行费用低、运行维护方便、管理简单等优势, 具有广泛的应用前景。
关键词: 人工湿地生态系统; 生活污水; 去除机理
中图分类号: X703 **文献标识码:** A **文章编号:** 1005-3409(2007)06-0094-02

Application of Artificial Wetland in Decontaminating
Scenic Area Sanitary Sewage

WANG Wei-hong, QIN Jian-xiong
(College of Earth Sciences, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China)

Abstract: With the rapid development of tourism in China, the river's pollution in scenic area is becoming more and more serious, which becomes a key problem affecting China's tourism development. By studying the structure of artificial wetland ecosystem and the mechanism of decontaminating aerosol matter, organic matter, nitrogen, phosphorus, and so on, from the scenic area sanitary sewage, it points out that the artificial wetland ecosystem as a new method of decontaminating sanitary sewage has many superiorities, such as coordination with the environment, less investment, low operating cost, convenient maintenance, easy management, which has widespread application prospect.
Key words: artificial wetland ecosystem; sanitary sewage; mechanism of decontamination

随着中国旅游业的迅速发展, 景区的环境压力与日俱增, 水体、大气、植被、土壤皆不同程度受到污染, 其中水体污染最为明显、最为直接。目前, 各景区对生活污水的处理多为任其流入湖泊、河流, 造成高质量水域的污染, 加剧了水资源利用的压力。对于生活污水的处理可有多种方式, 如: 物化处理法即建立污水处理厂、有氧沙水过滤法和人工湿地生态系统污水处理技术等。然而, 针对风景区这一特殊的自然资源, 景区污水处理必须采用经济、高效、简便易行的方法, 并且必须和周边环境相协调。因此, 在景区内建立污水处理厂显然是不相适宜, 另外, 污水处理厂的建厂成本及后期运行成本较高; 而人工湿地生态系统污水处理技术则被认为是天然的污水净化器, 与常规的污水处理系统相比, 湿地技术更廉价、更易操作和更能长久维持, 而且几乎不需要消耗化学燃料和化学药品^[1]。人工湿地生态系统是具有污水处理和资源恢复功能的一种生态污水处理技术。

1 景区生活污水水质

目前我国各景区的生活污水多数是直接排入周边的天然河流, 加之近年旅游业发展迅速, 各景区的生活区不断扩大, 接待游客量急剧上升, 产生大量的生活污水, 大大超过了河流的自身净化功能, 造成了天然河流这一高质水体的污染。风景区生活污水主要来自餐饮业和宾馆, 含有大量浮油、食物残渣和粪便等大量的污染物质, 其主要成份是有机

物质、悬浮物质 SS、氮、磷及各种细菌等。

2 人工湿地及其净化机理

人工湿地是指根据自然湿地模拟的、由人工建造的、可控制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、化学和微生物作用的优化组合来进行污水处理^[2]。

人工湿地生态系统污水处理技术是 20 世纪 70 代发展起来的一种生态污水处理技术。人工湿地的作用是多方面的。它能够保持水分, 使潜水位保持一定高度和相对的稳定; 可以减缓洪涝程度; 也是野生动物的重要栖息场所; 另外, 湿地的水生植物还可带来美学上的享受^[3]。因此, 采用人工湿地处理景区生活污水是非常适宜的。

人工湿地具有独特而复杂的净化机理, 它利用基质、微生物和植物这个复杂的生态系统, 综合物理、化学、生物三重作用, 通过过滤、吸附、共沉淀、离子交换、植物吸收和微生物分解来实现对污水中有害物质的去除, 同时通过营养物质和水分的循环, 实现污水的资源化和无害化^[4]。

2.1 人工湿地除污的处理工艺

人工湿地生态系统除污的处理工艺流程图如图 1 所示。在整个工艺流程中, 格栅的主要作用是将污水中的大块污物拦截, 以免对后续处理单元产生影响。沉砂池的功能是利用

*收稿日期: 2006-11-18
作者简介: 王 卫红(1980-), 女, 河北定州人, 硕士研究生, 主要从事生态环境保护研究。

物理原理去除污水中比重较大的无机颗粒,主要包括无机性的砂粒、砾石和少量的有机物质。厌氧沉淀池是对沉淀的污泥进行厌氧水解、酸化和甲烷发酵气化以减少污泥的排放,同时也可去除部分污染物质以减轻人工湿地的负荷。兼氧沉淀池是指在其上层藻类光合作用比较旺盛,溶解氧较为充足,呈好氧状态,中层缺氧状态,而底层为沉淀污泥呈厌氧状态,兼厌氧、兼氧和好氧反应为一体进一步除污以减轻人工湿地负荷的工艺。人工湿地是整个系统中最重要的除污环节,其基质通常是碎石、沸石、沙、黏土等,主要是使之保持良好的水渗透性和使植物根系充分伸展,在湿地底部,可铺设一层塑料以防止污水渗入地下而污染地下水;人工湿地的植物为水生维管束类植物,可根据污水水质及当地气候选择不同的植物,以达到较好的净水目的。

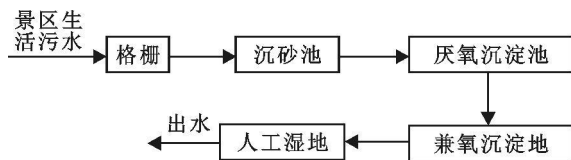


图 1 人工湿地生态系统除污工艺流程

2.2 去污机理

人工湿地生态系统净化污水主要以沉降、过滤、吸附等物理作用,以及沉淀、吸附、分解为主的化学作用相结合,并以生长水生植物提供微生物栖息场所,发挥微生物的生物代谢(细菌代谢和植物代谢)和吸附作用为主要特征。根据近年来的文献资料,湿地系统去除污染物的机理可归纳为以下各过程:

2.2.1 悬浮物质 SS 的去除机理

污水中的悬浮物质 SS 的去除主要是通过湿地系统的物理过滤和沉降来去除。湿地系统中水流缓慢、水浅,加之填料和植物的阻挡作用,可沉降的 SS 具有很好的去除效果。胶体状的 SS 主要通过微生物作用及填料的吸附、离子交换作用去除。

2.2.2 有机物的去除机理

景区生活污水中含有大量的可溶有机物及不溶有机物。不溶性的有机物通过沉淀过滤吸附作用很快被截留,然后被微小生物利用;可溶性有机物通过生物膜的吸附和微生物的代谢被除去。在湿地中,氧气主要是通过植物的传输获得,根据离根区的远近可分为好氧区、缺氧区和厌氧区。在好氧区,有机物被好氧菌分解为二氧化碳和水;在厌氧区,有机物被厌氧菌通过发酵作用分解为二氧化碳和甲烷^[5]。

2.2.3 氮的去除机理

在未处理的原污水中,氮素主要存在的形式:有机氮(主要有蛋白质、氨基酸、尿素、胺类、氰化物、硝基化合物等)和无机氮(主要为氨氮 $\text{NH}_3 + \text{NH}_4^+$)。由于在自然界中存在着氮素的循环,如图 2 所示^[6]。因此,只要采用相应的有效方式即可将氮素去除。其中有机态氮通过氨化作用可以转化为氨氮,其反应方程式如式 1 所示。因此只需要研究氨氮的去除机理即可。



氮是植物生长必不可少的元素之一,其中污水中的一部分氨氮可以被湿地中的植物吸收,合成植物蛋白质,最终通过植物的收割从湿地中去除。在 pH 值 > 8 的条件下氨氮可

以向大气中挥发。另外,人工湿地中的填料也可以通过吸收、吸附、过滤及离子交换等除去一部分。但总体上氮氮的去除主要还是在微生物的作用下通过硝化反硝化去除。首先,在离植物根部较近的好氧环境下氮氮转化为 NO_3^- , 其反应方程式如 2 所示。在远离植物根部的区域床体成厌氧、缺氧状态,反硝化菌利用有机碳(主要为 CH_3OH)作为电子供体将 NO_3^- 还原成 N_2 , 其反应方程式如 3 所示。在这一过程中,不仅使氮化合物被还原,而且还可使有机碳底物得到分解。因此,反硝化反应同时起到去碳脱氮的效果。

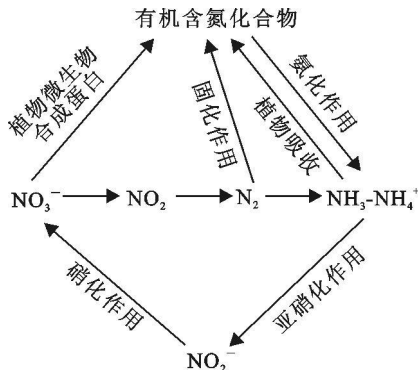
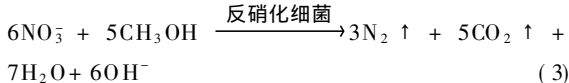
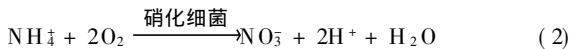


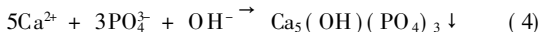
图2 氮素循环



2.2.4 磷的去除机理

在人工湿地中,磷的存在形式主要是无机磷(可溶性磷酸盐和不可溶性磷酸盐)和有机磷。有机磷化合物主要存在于微生物和植物体内,不可溶性磷酸盐是磷的主要存在形式,可溶性磷酸盐是惟一能够被微生物和植物利用的形式。

人工湿地对磷的去除是通过植物吸收、微生物除磷及物理化学作用。可溶性磷在植物吸收及同化作用下,被植物转化为自身的有机成分(如 DNA, RNA, ATP 等),最终通过植物的收割得以去除。另外,可溶性无机磷酸盐在介质(土壤或填料)中的金属离子 Ca^{2+} , Fe^{3+} , Al^{3+} 作用下,通过吸附或离子交换而去除。其中,与土壤中的 Ca^{2+} 在碱性条件下易于发生沉降反应生成羟基磷灰石,其反应方程式如 4 所示。一般认为,磷酸根离子主要通过配位体交换而被吸附到 Fe^{3+} 和 Al^{3+} 的表面,所以,采用含钙质填料或膨胀黏土有助于磷的去除^[2]。



微生物除磷的关键是依靠多种微生物的除磷活性。磷作为微生物正常代谢所需,能被微生物同化吸收为生物体必需的成份,其中,聚磷菌能在好氧条件下摄取磷并以聚磷脂的形式储存,在厌氧条件下又把聚磷脂分解从而释放磷,由于磷的释放使局部磷浓度较高有利于介质对磷的吸收^[5]。

2.2.5 细菌的去除机理

出水细菌及寄生虫卵的含量是一项很重要的卫生指标, 景区生活污水中的寄生虫卵在通过基质时发生沉降而被截留, 因此水力负荷和水力停留时间对其去除影响很大。细菌可因沉淀、紫外线照射、化学反应、自然死亡和浮游生物的捕

表 6 泥石流风险度值及风险性评价

沟名	金华沟	扯索沟	三叉沟	田家沟	羊儿沟	涨水沟	磨子沟	磨河沟
$H_{\text{单}}$	0.65	0.66	0.52	0.57	0.55	0.49	0.71	0.77
$V_{\text{单}}$	0.70	0.74	0.68	0.70	0.68	0.67	0.75	0.76
$R_{\text{单}}$	0.45	0.49	0.35	0.43	0.37	0.33	0.54	0.59
风险评价	高风险	高风险	中等风险	高风险	高风险	中等风险	高风险	高风险

沟名	干 沟	黄坭沟	挖脚沟	麻沙坡沟	落石沟	孙家沟	木厂沟	羊圈沟	加都沟
$H_{\text{单}}$	0.52	0.55	0.50	0.54	0.47	0.61	0.54	0.66	0.72
$V_{\text{单}}$	0.70	0.72	0.71	0.68	0.67	0.74	0.70	0.75	0.77
$R_{\text{单}}$	0.37	0.39	0.36	0.37	0.31	0.45	0.38	0.49	0.56
风险评价	高风险	高风险	高风险	高风险	中等风险	高风险	高风险	高风险	高风险

根据泥石流风险度 5 级分级标准,得到 14 条泥石流沟现属高风险,分别是金华沟、扯索沟、田家沟、羊儿沟等泥石流沟,经统计现受这 14 条泥石流沟影响的居民一共有 218 户 910 人。其余 3 条泥石流沟属中等风险,分别是三叉沟、涨水沟、落石沟,受这 3 条泥石流沟影响的居民有 31 户 104 人。

4 结 论

本文通过分析泸定—得妥段 17 条泥石流沟的发育背景环境包括地形地貌、地质构造、地层岩性、水文气象及地震等因素,并结合泥石流沟空间分布特征,利用泥石流风险评价公式,分别对其进行危险性和易损性评价,最后根据公式 $R_{\text{单}}=H_{\text{单}}\times V_{\text{单}}$,即风险度等于危险度和易损度的乘积,得到现属高风险泥石流沟 14 条,中等风险的 3 条。这些泥石流沟都有明显的形成区、流通区和堆积区,都处在地质构造复杂的地带,岩性破碎,松散物丰富。另外经统计,居住于高风险区沟段的居民有 218 户 910 人,中等风险区沟段的居民有 31 户 104 人。可以预测,一旦发生泥石流,将对生活在这些泥石流沟段的居民生命产生直接的威胁。因此从所评价的结果来看,并结合这些沟所处的地理位置,认为必须加强对这些沟的防灾减灾规划,特别是影响泸定县城的 3 条泥石流沟,在经济及技术可行的情况下,应尽快采取治理措施,从被动防灾到主动减灾,从而减少对当地居民造成的生命财产损失。

参考文献:

[1] Unite Nations, Department of Humanitarian Affairs. Internationally Agreed Glossary of Basic Terms Related to Disaster Management, DNA/93/36, Geneva, 1992.

[2] Unite Nations, Department of Humanitarian Affairs. Mitigating Natural Disters: Phenomena, Effects and Options: A Manual for Policy Makers and Planners [M]. New York: Unite Nations, 1991.

[3] 中国社会科学语言研究所词典编辑室. 现代汉语词典 [M]. 北京: 商务印书馆, 1979.

[4] 刘希林,唐川. 泥石流危险性评价[M]. 北京: 科技出版社, 1995: 35– 61.

[5] 刘希林,莫多闻. 泥石流风险评价[M]. 成都: 四川科技出版社, 2002: 18– 26.

[6] Ayala I A. Geomorphology, natural hazards, vulnerability and prevention of natural disasters in developing countries[J]. Geomorphology, 2002, 47: 107– 124.

[7] Weichselgartner J. Disater mitigation: the concept of vulnerability revised[J]. Disaster Prevention and Management, 2001, 2: 85– 91.

(上接第 95 页)

食或者由于对湿地环境不适应而死亡,另外,植物根系的某些分泌物对它们亦有灭活作用。病毒可被土壤和有机碎片吸附或失活。

3 结 论

人工湿地生态系统作为处理景区生活污水新技术具有以下特点:

- (1) 投资少、运行费用低、运行维护方便、管理简单;
- (2) 需要的构筑物较少,可与周围自然景观相协调;
- (3) 为野生生物提供良好的栖息场所;
- (4) 处理效果稳定,抗冲击效果强;
- (5) 形成稳定的植物和微生物系统需要一定的周期;
- (6) 处理效果受水文、气候等因素影响;
- (7) 人工湿地生态系统除污机理复杂,目前还处于初期阶段,这方面还有待利用生物学、化学、生态学等学科的进一步研究、深入,使之得到更广泛更有效地应用。

参考文献:

[1] Kivaisi A K. The potential for constructed wetlands for wastewater treatment and reuse in developing countries: a review[J]. Ecological Engineering, 2001, 16: 545– 560.

[2] 王宝贞,王琳. 水污染治理新技术[M]. 北京: 科学出版社, 2004: 208.

[3] Thomas M L, Ralph W K. 遥感与图像解译, (4 版) [M]. 彭望 录, 余先川, 周涛, 等译. 北京: 电子工业出版社, 2003: 180.

[4] 赵素芬,周仲魁,胡小英. 复合床人工湿地处理生活污水的实验研究[J]. 武汉科技大学学报: 自然科学版, 2006(4): 172– 175.

[5] 李向心,武周虎,孔德玉,等. 人工湿地污水处理研究与进展[J]. 青岛建筑工程学院学报, 2004(4): 57– 60.

[6] 吴婉娥,葛红光,张克峰. 废水生物处理技术[M]. 北京: 化学工业出版社, 2003: 168– 169.