

文章编号: 0451—0712(2006)07—0245—04

中图分类号: X172

文献标识码: B

生态土壤深度处理技术应用于高速公路附属区生活污水处理

李立新

(广东渝湛高速公路有限公司 湛江市 524005)

摘 要: 介绍将生态土壤深度处理技术应用于高速公路附属区污水处理的实例——广东渝湛高速公路附属区生活污水生态处理工程。生态土壤深度处理技术应用于高速公路附属区,取得了较好的效果,运行成本低,维护简便,景观协调,处理效果好,可中水回用,中水应用于绿化浇灌和公厕冲洗。

关键词: 生态土壤深度处理技术; 土地处理; 高速公路; 生活污水处理

土地处理系统作为一种古老的生活污水处理技术,进入 20 世纪以来,取得了较大的发展。在美国、日本、澳大利亚、西欧等国家和地区已经得到了广泛应用。我国经过“七五”、“八五”、“九五”科技攻关,已在基础和应用研究方面取得较大进展,并在不同地区建立了多个示范工程。由于土地处理技术与传统生物处理技术相比,建设运行成本低、能耗低、净化效率高、运行管理简单,近年来,该技术在分散性生活污水处理以及大流域水体富营养化防治等许多领域中备受关注,并且得到广泛的应用。最近,该技术又被应用于服务区等高速公路附属区的污水处理。

生态土壤深度处理技术是由上海交通大学环境科学与工程学院开发,具有独立知识产权的一种新型处理分散性生活污水的生态工程技术,属于土地处理的范畴。该技术在人工控制下,按一定的水力负荷将污水投配到以土壤为生态填料的工程结构中,通过土壤——微生物——植物系统的综合生态作用来达到深度处理生活污水的目的。污水中的水可作为中水回用,污水中的有机污染物经分解后作为植物的肥料,从而实现废水的资源化和无害化处理。该技术的优势是建设成本、运行成本低廉,能耗低,可获得中水以上的水质。近年来,该处理技术已成功应用在北京钓鱼台国宾馆、浙江省温州市雁荡山风景区、贵州省红枫湖风景区、上海交通大学闵行校区、上海市浦东开发区、武汉市解放公园、太湖流域农村地区等场所,共建成了数十个污水生态处理工程,至

今运行良好。

本文介绍将生态土壤深度处理技术应用于高速公路附属区生活污水处理的成功实例——广东渝湛高速公路附属区生活污水生态处理工程。在国内,土地处理技术应用于高速公路污水处理尚属首次。对高速公路附属区的生活污水进行系统的收集和生态处理,在国际上也属罕见。

1 工程介绍和工艺流程

1.1 工程介绍

广东渝湛高速公路是国家规划中的渝湛国道主干线高桥~遂溪段,位于祖国大陆的南端,属亚热带海洋性季风气候区,年平均降雨量 1 678 mm。但该地区降水年内分布不均,雨季多集中在每年的 7 月~9 月份,在雨季到来之前,通常处于干旱状态。广东渝湛高速公路附属区包括 1 个管理中心、1 个服务区、1 个集中居住区、1 个养护工区和 6 个匝道收费站,水源主要为地下水。生活污水的主要来源是各个场区的洗漱废水、厕所废水、食堂废水等,各场区生活污水的最大排放量如表 1 所示。污水的性质与一般居民区生活污水类似。

以服务区为代表的附属区一般位置偏僻,水源为地下水,取水实属不易。以横山服务区为例,左右两个分区均位于海拔较高的高地上,场区内有宿舍区、办公区、食堂、大型公共厕所等生活构筑物,用水量较大,污水产生较多;绿化面积大,由于土质较差,

表 1 附属区各场区的生活污水最大排放量

场区名称	生活污水最大排放量/(m ³ /d)
高桥居住区	100
沙坡管理中心	150
横山服务区(右)	200
横山服务区(左)	150
安铺养护工区	25
匝道收费站(×6)	12(×6)

需经常浇灌,周围为农田。生态土壤深度处理装置因地制宜地建设在场区的边缘位置,位于地下,表面栽种的草坪植物与周围景观相协调。处理装置的进水端和出水端分别设置调节池和中水池,污水经化粪池预处理后进入调节池,而后泵入表面栽种草坪的生态土壤处理装置处理,出水汇入中水池,用作绿化浇灌和公共厕所冲厕用。出水水质可达到国家《污水综合排放标准》(GB 8978—1996)城镇二级污水处理厂一级排放标准;回用的中水水质执行《污水再生利用工程设计规范》(GB 50335—2002)中生活杂用水绿化水质标准和湖泊类景观环境用水的再生水水质标准。通过中水回用可以节约用水,减少对地下水的开采,提高水资源的利用效率。

工程自2005年8月开始建设,至2005年12月初建成,12月中旬开始启用。

1.2 工艺流程

生态土壤深度处理技术的工艺流程如图1所示。

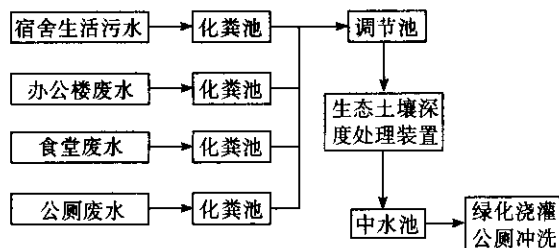


图 1 生态土壤深度处理技术工艺流程图

整个工艺具有如下特点。

(1) 针对高速公路附属区污水的特点,采用生态工程学思路,以土壤等材料为基质,人工强化的特殊好氧土壤滤床、厌氧土壤滤床结构为技术核心,揉进现代厌氧、好氧人工强化处理技术,与生态草坪组合而成的工艺。

(2) 在去除有机物的同时去除氮、磷,具有深度处理性能,有效解决传统生物处理工艺不能进行的深度脱氮除磷问题,减少周围河道富营养化的发生

压力。

(3) 实现污水资源化。处理生活污水的同时,污水中的氮、磷经转化后作为草坪的肥料被吸收利用,出水可用于绿化浇灌。

(4) 运行简单、能耗小。整个系统无须曝气,没有污泥产生,体现了生态工程技术的节能优势。维护管理方便,整个工程运行期间不需复杂的人员日常管理,运行成本小。

(5) 整个示范工程采用地下结构,装置上部可以进行生态草坪绿化,与周围景观协调。同时,无害虫、无臭气、无环境卫生上的障碍,受季节更替带来的温度变化影响小,耐冲击负荷大。

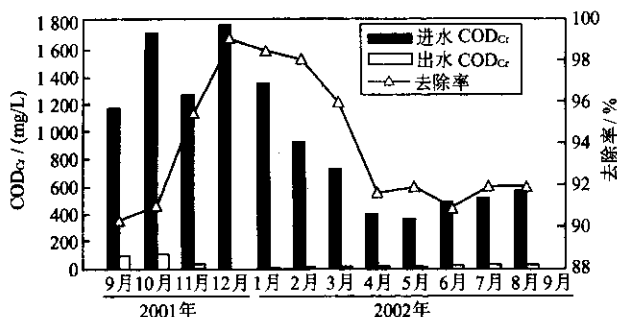
2 结果与讨论

2.1 生态土壤深度处理技术处理效果讨论

生态土壤深度处理技术曾成功应用于温州雁荡山朝阳山庄宾馆综合污水处理工程。宾馆生活污水的水质特性和水量特性与以服务区为代表的高速公路服务区生活污水相似。通过对前者处理效果的讨论可以预见后者的处理效果。

(1) 有机物处理特性。

系统进出水有机碳(COD_{Cr})的浓度及去除率月均值变化如图2所示。由于朝阳山庄污水处理系统未设流量调节池,各时段流入系统的餐饮废水、洗涤水、粪便水、洗澡水的水量变化很大,其有机碳(COD_{Cr})的变化幅度也较大,在200~1 700 mg/L之间波动,但启动期出水水质COD_{Cr}在试运行期稳定在100 mg/L左右,3个月的试运行期以后稳定在50 mg/L以下,COD_{Cr}去除率达90%以上。系统运行1年后COD_{Cr}去除率稳定在92%以上。整个系统对有机碳的去除包括过滤、吸附和生物降解等物化、生化、生态多方面的协同作用,呈现出良好、稳定的处理性能。

图 2 朝阳山庄污水处理系统进出水 COD_{Cr} 含量

(2)磷的处理特性。

系统进出水 TP 的浓度及去除率月均值变化如图 3 所示。出水 TP 在运行初期就达到 0.5 mg/L 以下, TP 去除率为 85%~92%,两个月后出水 TP 稳定在 0.3 mg/L 以下,去除率在 90%以上,系统稳定后 TP 去除率保持在 95%左右,呈现出稳定良好的除磷性能,运转近 1 年后亦无下降趋势。系统运行初期,以物理化学吸附作用为主,随着微生物生态系的稳定及土壤——植物生态系的建立,将以物理化学吸附与微生物同化、植物吸收的协同作用来达到稳定高效的脱磷效果。

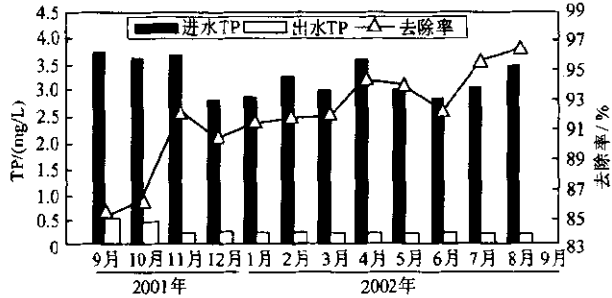


图 3 朝阳山庄污水处理系统 TP 变化情况

(3)氮的处理特性。

系统进出水 TN、NH₄⁺-N 浓度及去除率月均值变化如图 4、图 5 所示。NH₄⁺-N 的去除率初期为 60%左右,逐渐上升,3 个月后达到 90%左右,逐步稳定,出水 NH₄⁺-N 浓度小于 2 mg/L。TN 的去除率初期为 80%左右,在第二、三个月一度下降至 70%左右,3 个月后 TN 的去除率又提高并稳定在 80%~85%,出水 TN 浓度小于 5 mg/L。与有机碳和磷的处理特性相比,氮的去除率从启动初期到稳定期呈现明显的不同特点,启动周期较长(约 3 个月)。其原因与氮的循环转化有关:污水中的有机氮经过化粪池的厌氧过程后转变成氨态氮,在土壤中被物理化学吸附后由硝化菌作用转化成硝态氮(硝化过程),而硝化菌在土壤的微生物生态系中增长和稳定过程相对较长,需 2~3 个月。

(4)SS 处理特性。

系统进出水的 SS 浓度及去除率月均值变化如图 6 所示。进水的 SS 浓度较高,在 400~900 mg/L 之间,系统运行 3 周后出水中出现絮状生物膜,SS 浓度较高,在 40~100 mg/L 间波动,第二个月开始基本稳定在 10 mg/L 以下,SS 去除率稳定在 98%以上。系统出水带有轻微土腥味,水清澈透明,无

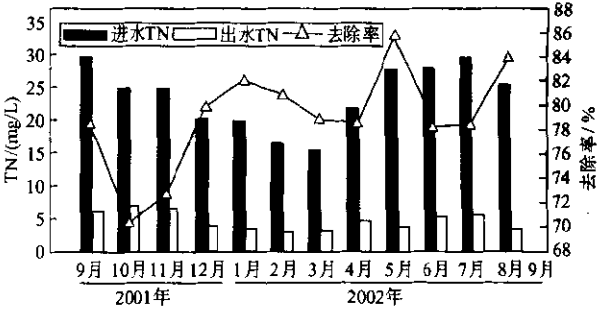


图 4 朝阳山庄污水处理系统 TN 变化情况

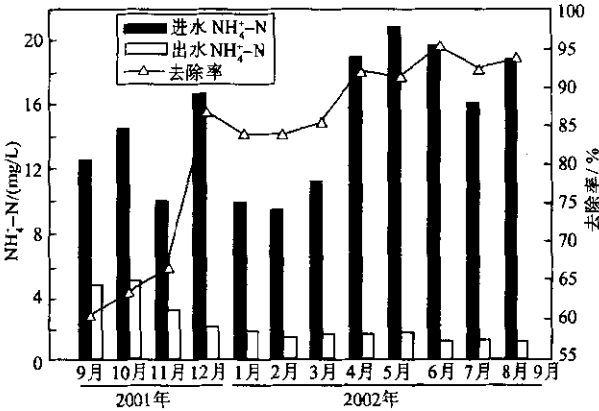


图 5 朝阳山庄污水处理系统 NH₄⁺-N 变化

色,无沉淀物,无臭,表现出良好的感官特性。

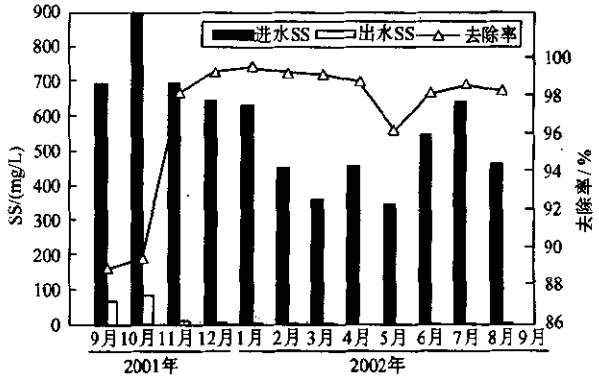


图 6 朝阳山庄污水处理系统 SS 变化情况

2.2 渝湛高速公路(粤境段)生活污水生态处理装置运行效果分析

2006 年 3 月 8 日广东渝湛高速公路公司将横山服务区左右区、高桥居住区、安铺养护工区和沙坡管理中心等处生态装置进出水水样送至湛江市环境保护检测站进行了检测。

根据检测结果,发现横山服务区左区 COD_{Cr}由进水的 358 mg/L 降至 72 mg/L,总磷由 7.98 mg/L 降至 0.5 mg/L 左右,基本上达到了 GB 8978—1996 中

规定的污水一级排放标准。对于氨氮而言,由于进水浓度很高,达到了75 mg/L左右,分析认为是进入了大量的粪便废水所致,由于生态土壤系统硝化细菌的生长是一个较为长期的过程,因此在运行初期系统硝化效果不是特别良好,出水含量在60 mg/L左右。

横山服务区右区与左区情况类似。

高桥居住区生态装置运行良好,对于氨氮,由于进水中含量较低,在30 mg/L左右,出水氨氮含量降至1 mg/L以下,此外,出水中的COD_{Cr}、总磷分别低于20 mg/L、1.0 mg/L,均达到了GB 8978—1996中规定的污水一级排放标准。

安铺养护工区、沙坡管理中心生态处理装置运行良好,出水中COD_{Cr}、氨氮和总磷含量均分别小于20 mg/L、2.0 mg/L、0.1 mg/L,完全达到了GB 8978—1996中规定的污水一级排放标准。

总体而言,几个主要地段生态处理装置运行效果良好,对COD_{Cr}、氨氮和总磷都有良好的去除效果。仰塘服务区由于粪便废水量大,进水氨氮含量过高,目前装置内部生长的硝化菌数量还不足以完全完成硝化作用,相信随着运行时间的延长,硝化菌数量会逐渐增加,对氨氮的硝化效果也会越来越好。

2.3 结论

通过对成功先例处理效果的讨论,以及与渝湛高速公路(粤境段)附属区生活污水生态土壤深度处理工程建成3个多月来运行效果的比较分析,得到如下结论。

(1)生态土壤深度处理系统出水水质稳定。出水中COD_{Cr}大多在50 mg/L以下,NH₄⁺-N浓度小于3.0 mg/L,TP小于0.5 mg/L,SS小于10 mg/L。出水水质优于国家《污水综合排放标准》(GB 8978—1996)中城镇二级污水处理厂一级排放标准,中水水质能够达到《污水再生利用工程设计规范》(GB 50335—2002)中城市杂用水环境绿化水质标准和湖泊类景观环境用水的再生水水质标准。

(2)生态土壤深度处理技术不影响景观。装置上

部的草坪与周围的绿化协调,形成了怡人的绿地景观。

3 结语

生态土壤深度处理技术应用于渝湛高速公路(粤境段)附属区污水处理,是首次将生活污水生态处理技术应用于高速公路。该技术较好地结合了高速公路附属区的特点,因地制宜,生态环保,景观协调,运行成本低,维护简便,处理效果好,实现了中水回用,符合生态高速公路和循环经济的理念。工程的建成,相对于一般的二级生物处理技术,运行成本可大大降低,维护也简便;由于中水回用,进行绿化浇灌和冲厕,节约了大量的淡水资源,这对于附属区这样的特殊环境有着重大意义。因此,在高速公路附属区推广该技术很有现实意义。生态土壤深度处理技术在高速公路附属区的污水处理中有着良好的应用前景。

参考文献:

- [1] 王海丽,孔海南,等.生态草坪深度处理工艺的处理特性研究[A].第一届全国环境化学学术研讨会论文集[C].2002.
- [2] 王海丽,孔海南,等.生态土壤深度处理系统启动周期的研究[J].环境科学研究,2004,17(5).
- [3] 贾宏宇,孙铁珩,等.污水土地处理技术研究的最新进展[J].环境污染治理技术与设备,2001,2(1).
- [4] 何江涛,钟佐燊,等.污水土地处理技术与污水资源化[J].地学前缘,2001,8(1).
- [5] 张建,黄霞,等.地下渗滤处理村镇生活污水的中试[J].环境科学,2002,23(6).
- [6] 国家环境保护局科技标准司.城市污水土地处理技术指南[M].北京:中国环境科学出版社,1997.
- [7] 孙铁珩,杨翠芬,等.城市污水土地处理适宜性评价系统[J].中国环境科学,1998,18(6).
- [8] 杨丽萍,田宁宁,等.土壤毛细管渗滤污水净化绿地利用研究[J].城市环境与城市生态,1999,12(3).