

文章编号:1006-7329(2002)04-0045-04

# 一种处理受污染城市景观水体的简易技术探索

郭兴芳, 肖海文, 邓荣森, 王涛  
李伟民, 张景波, 郎建

(重庆大学 城市建设与环境工程学院, 重庆 400045)

**摘要:**生物滤沟是一种处理受污染城市景观水体的简易技术,能很好地去除受污染溪渠的COD、SS、浊度及营养物质等。分析了它的各组成段去除污染物的特点以及它在经济、生态景观方面的特点。

**关键词:**生物滤沟; 受污染景观水体; 特点

**中图分类号:**X703.1

**文献标识码:**A

城市水体是城市生态系统的重要组成部分。随着城市化进程的加快,污染负荷的不断增大,城市景观水体的整治与改善问题日益受到人们的关注。目前处理受污染城市景观水体的技术有常规生物处理技术(但国内未见使用)和污水处理生态技术。本文介绍的生物滤沟是一种处理受污染城市景观水体的新型工艺,它经济有效,又合乎城市生态要求,有自己独到的特点。

## 1 工艺流程

试验在成都市城北污水处理厂附近场地进行,工艺流程如图1所示,原水(受污染的南门河河水)经过带格栅的吸水井除去大的漂浮物后,通过水泵提升,在1.8 m高程处经三级跌水盘跌水充氧后由跌水槽进入生物滤沟好氧段。生物滤沟好氧段根据填料的不同又分为卵石段和碳渣段,之后是植物床和凤眼莲净化沟,出水流入清水槽,最后排入南门河。凤眼莲净化沟与清水槽之间设置500 mm厚细卵石隔墙,以防止浮萍进入清水槽。另外在卵石段和碳渣段之间、碳渣段与植物床之间各设置了1.0 m长未填填料的间隔段。整个沟长24 m,宽0.4 m,深0.5 m,工艺安排力求简便易行,进水流量 $20.5 \text{ m}^3/\text{d}$ 。

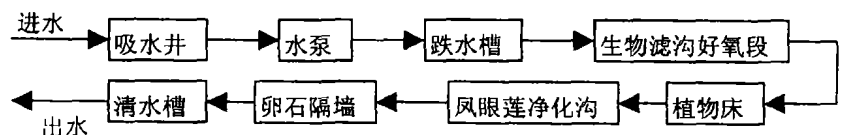


图1 试验流程示意图

## 2 进出水水质及污染物去除情况

本试验从4月18日启动开始,直至8月18日。从6月起,生物滤沟运行较稳定,污染物去除情况波动较小,出水也较稳定,这试验期间平均水温为 $10 \text{ }^\circ\text{C} \sim 25 \text{ }^\circ\text{C}$ ,每天对进水、好氧段出水、植物床段出水及出水进行COD等化学指标、色度等物理指标的测试,每天测试一次。

\* 收稿日期:2002-03-25

作者简介:郭兴芳(1974-),女,山东临邑人,硕士生,主要从事水污染控制工程方面的研究。

表 1 进出水水质情况

指 标	进 水	生物滤沟好氧段出水	植物床段出水	出 水
COD <sub>Cr</sub> (mg/l)	50.81	31.78	20.08	19.87
BOD <sub>5</sub> (mg/l)	13.70	8.50	5.90	5.20
SS(mg/l)	59.00	21.00	12.00	12.00
NH <sub>3</sub> -N(mg/l)	5.20	3.80	3.40	3.40
TP(mg/l)	0.41	0.33	0.22	0.21
浊度(°)	34	18	9	9
嗅阈值	85	65	54	58
色度(°)	26	23	20	18

表 2 污染物去除情况

指 标	好氧段 去除率(%)	植物床段 去除率(%)	总去除率(%)	好氧段占总去 除率的百分比(%)	植物床段占总去 除率的百分比(%)
COD <sub>Cr</sub>	37.45	36.82	60.89	61.51	37.80
BOD <sub>5</sub>	37.23	32.65	62.04	60.00	32.94
SS	64.41	42.68	79.66	80.85	19.15
NH <sub>3</sub> -N	26.92	7.89	32.69	82.35	17.65
TP	19.51	33.33	48.78	40.00	60.00
浊度	47.06	38.87	67.65	69.57	30.43

### 3 特点分析

#### 3.1 生物滤沟各段特点

##### 3.1.1 好氧段

由表 2 知,生物滤沟好氧段是整个生物滤沟起净化作用的主要沟段,能去除总去除量中的绝大部分的 SS、大部分的氨氮、浊度、有机物和小部分磷。它主要依靠生物膜净化机理对有机污染物以及氨氮进行去除,其功能相当于好氧生物滤池。污水在流经载体表面的过程中,附着在载体表面的生物膜通过对底物的吸附、氧向膜内的扩散以及在膜中所发生的生物氧化等作用,对有机污染物进行分解。由图 2 可看出,在生物膜反应器中,污染物、溶解氧及各种必须营养物首先要经过液相扩散到生物膜表面,进而到生物膜内部。只有扩散到生物膜表面或内部的污染物才能有机会被生物膜微生物所分解转化,最终形成各种代谢产物(CO<sub>2</sub>、H<sub>2</sub>O 等)。在生物膜的最外层形成的是以好氧微生物为主体的生物膜层,而在好氧层的深部,由于扩散作用制约了溶解氧的渗透而往往形成缺氧区或厌氧区。此外,在生物膜反应器中,由于微生物被固着在载体上,所以微生物在反应器内的停留时间与污水的水力停留时间没有直接的影响关系,因此增殖速度慢的微生物也能在生物膜上生长繁殖,例如硝化菌等,故生物滤沟好氧段表现出了一定的氨氮去除率。

生物滤沟好氧段对 SS 的去除主要是依靠填料及生物膜的生物过滤机理。一般来说,溪流中的悬浮固体有的可能全部由有机物质组成,例如大的有机污染颗粒、浮游动植物或细菌等,但大多数悬浮固体并不是由纯粹的有机物或无机物组成,而是无机质与有机质的复杂组合,例如被有机质和铁、锰氧化物等胶粒包裹的氧化硅、氧化铝及碳酸盐等悬浮固体。因此,被生物滤沟截留而去除的 SS 中,大多数有机组分还将进一步被微生物分解、转化,直至最终去除,而无机组分

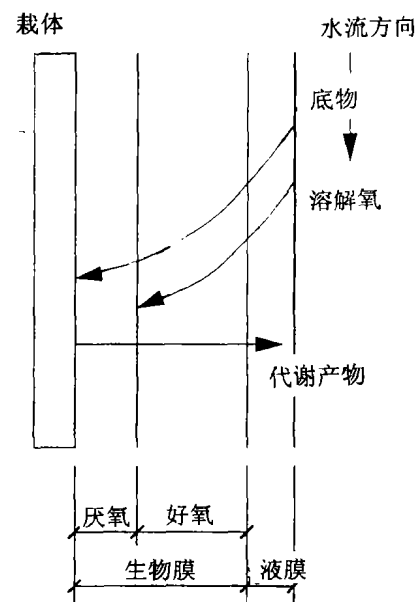


图 2 生物膜去除底物简明图示

却沉淀或截留在填料间隙。

生物滤沟好氧段对磷的去除通过两种途径,即微生物的同化作用和物理化学沉淀作用。生物膜微生物摄取可溶性磷酸盐,组成细胞有机体,成为有机磷化物,如卵磷脂、核酸以及各种糖的磷酸酯等,从而将磷从水中去除。但磷的去除主要依靠不溶性磷酸盐的截滤与可溶性磷酸盐的物理化学沉淀作用,例如含有钙质、铁质或铝质的填料能与水中可溶性磷酸盐发生反应而生成不溶性磷酸盐沉淀下来。此外,在生物膜内部,由于细菌的缺氧反硝化作用,使膜内 pH 值升高,从而导致磷从液相到矿物相的转移。

### 3.1.2 植物床段

植物床段也是整个系统中对污染物起主要去除作用的沟段,其功能相当于潜流湿地系统。在植物床中植物、微生物和床体填料在水质净化过程中起着关键性的作用。挺水植物扎根于床体填料中,水从填料间流过,床体填料支持这些挺水植物,而植物根系的生长又将增进填料床的透水性。并且,栽种的植物大都具有空心的管状根茎,有利于氧向填料内部的输送,从而为床体内的微生物提供适宜的生长环境。

植物床中,微生物的作用由于所处的微环境不同,大致可分为三类:在远离根区和气液接触面的填料上,发生的是厌氧反应,水中的溶解性有机物被厌氧细菌分解为有机酸、 $\text{CO}_2$ 、 $\text{H}_2\text{S}$ 、 $\text{CH}_4$  等产物,并合成细胞物质。在气液接触面附近的填料上,由于溶解氧较为充足,表层生物膜上发生的是好氧或缺氧反应,微生物以  $\text{O}_2$  或  $\text{NO}_2^-$  为电子受体,氧化分解水中的可溶性有机物,并发生硝化或反硝化反应,产生  $\text{CO}_2$ 、 $\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{NO}_3^-$  等产物,而在生物膜内层,由于扩散传质作用阻止了溶解氧的渗透而形成了厌氧区,厌氧菌分解扩散进来的溶解性有机物,并产生有机酸、 $\text{CO}_2$ 、 $\text{H}_2\text{S}$  等厌氧产物。在植物根区微环境中,生物膜的分层则相反,附着在根面的里层生物膜处于好氧区,发生好氧反应,而外层则形成厌氧区或缺氧区。

值得一提的是由表 2 可看出,植物床对磷表现出较好的去除效果。与生物滤沟好氧段的除磷机理相比,植物床的除磷多了植物吸收的途径。磷是植物生长必需的营养元素,植物的生长和收割是植物床除磷的一个重要途径。

总的来说,植物床对水质的净化是物理、化学和生物三种过程综合作用的结果:

- (1) 悬浮固体被床体填料或植物根系截滤,或沉积到床体底部;
- (2) 有机物质被植物根部或填料表面的微生物分解转化;
- (3) 硝酸盐可以被反硝化细菌转化为氮气,释放到大气中,或直接被植物根系吸收;
- (4) 氨氮在适宜条件下可被硝化细菌转化为硝酸盐;
- (5) 磷被植物吸收或随床体内钙、铁、铝化合物沉淀,并通过沉积作用及吸附于填料表面而被去除;
- (6) 金属及有毒化学物质等可通过氧化、沉淀以及植物的吸收被去除;
- (7) 病原体在不适宜的环境中逐渐死亡或被其它生物所摄取。另外,某些植物,如宽叶香蒲等,能分泌出抗生素物质而将水中的病原体杀死。

### 3.1.3 凤眼莲净化沟段

凤眼莲(*Pistia stratiotes*)是一种雨久花科多年生浮水生植物,其根部有多孔球状组织,长有发达的须状根系,悬浮于水中,其上长有灰白色绒状、肉眼可见的生物膜,镜检的结果发现其生物相比植物床中的更为丰富,而且,凤眼莲净化沟中还发现了可作为鱼饵的红色丝状沙虫。同植物床中的植物一样,凤眼莲也可以将光合作用产生的氧气通过其空心根茎传送到根部水体中,促进水中污染物的生物好氧分解。除了能吸收氮、磷等营养物质以外,凤眼莲还能大量吸收水中的微量金属,Reed 等人用凤眼莲来处理光学加工废水,在植物组织的分析中发现,凤眼莲中的金属浓度是水或水中沉积物中金属浓度的数百倍甚至上千倍。本试验中,凤眼莲净化沟段实际上相当于一个小型的附着生长稳定塘,在生物滤沟中起到很好的水质保证作用。

### 3.2 经济优势

生物滤沟这种工艺不同于大面积的湿地处理,它能充分依靠“自然净化系统”的作用,整个处理过程中,基本上可实现全生产过程的“自然控制”和“二次污染”的防止,减少对环境的影响。它也不象其他城市污水生态处理技术那样占地较大,它在保证处理效果的前提下,整个处理设施占地面积相当小(本试验占地  $9.6 \text{ m}^2$ ,有机负荷为  $0.1665 \text{ kg COD}_{\text{cr}}/\text{m}^3 \cdot \text{d}$ )。它简易,无需更多的设备,也无需复杂的结构处理,滤料容易获得且价格便宜,管理简便;植物也易获取、存活,而且收获的植物有一定收益。因此,其投资和运行费用低廉,经济上有优势。

### 3.3 生态景观效益

采用生物滤沟处理受污染城市景观水体,不但达到了处理目的,而且还密切结合城市周围的生态景观。将这种处理设施建于临渠公园内,考虑种植各种观赏植物和养殖观赏鱼类的可能性,曝气方式充分利用地形采用人造喷泉或跌水等,这无疑会给城市周围环境带来很大的生态景观效益。

## 4 结论

生物滤沟是一种不同于常规湿地处理受污染城市景观水体的技术,它在低能耗、占地少、进水流量  $20.5 \text{ m}^3/\text{d}$ 、水温  $10 \text{ }^\circ\text{C} \sim 25 \text{ }^\circ\text{C}$ 、水力停留时间  $8.17 \text{ h}$ 、有机负荷为  $0.1665 \text{ kg COD}_{\text{cr}}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$  的情况下,对受污染溪渠的 COD 和 SS 的去除有明显的效果,去除率分别达到  $60.89\%$  和  $79.66\%$ ,对氮、磷也有一定程度的去除,能很好的控制水中的色、嗅、味等感官性状指标,出水清澈透明。同时还具有很好的生态景观效益。因此这种处理技术为城市景观水体的整治与改善以及城市生态的修复提供了一种简易、经济、切实可行的方法,有较好的应用前景。

### 参考文献:

- [1] 王祥荣.生态与环境——城市可持续发展与生态环境调控新论[M].广州:东南大学出版社,2000.
- [2] 王占生,刘文君.微污染水源水饮用水处理[M].北京:中国建筑工业出版社,1999.
- [3] Reed, Sherwood C. and Donald S Brown. Constructed wetlands —the first generation[J]. Water Environment Research, 1992, 64(6): 776 - 781.
- [4] 邵广林.水浮莲净化富营养湖泊试验研究[J].环境与开发, 2001, 16(2): 4 - 6.
- [5] Reed, Sherwood C, Ronald WCrites and E Joe Middlebrooks. Natural system of waste management and treatment "(second edition)"[M]. McCraw Hill, New York.

## A Simple Approach for Treating Urban Polluted Landscape Water Body

GUO Xing - fang, XIAO Hai - wen, DENG Rong - sen  
WANG Tao, LI Wei - min, ZHANG Jing - bo, LAN Jian

(Faculty of Urban Construction and Environmental Engineering, Chongqing University, Chongqing 400045, China)

**Abstract:** Biological Infiltration Gallery (BIG) is a simple approach for treating urban polluted landscape water. It can effectively remove COD, SS, turbidity and nutrient in polluted water. In this paper, the characteristics of its constituent in removing the pollutant are assessed and its characteristics in economy and ecological landscape are also assessed.

**Keywords:** Biological Infiltration Gallery; polluted landscape water body; characteristic