

• 污染防治技术 •

运行方式对人工快渗系统水质净化效果的影响

邵坚¹, 孙恳¹, 杨小毛², 钟佐荣³

(1 华北水利水电学院, 河南 郑州 450008 2 北京大学深圳研究生院, 广东 深圳 518057 3 中国地质大学, 北京 100083)

摘要: 以天然砂作为主要渗滤介质, 建立污水处理人工快速渗滤系统 (CRI)。分别以洗浴污水、生活污水和受污染河水作为研究对象, 在相同的水力负荷条件下, 用两种不同的运行方式 (定期投配一定量的污水、淹水和落干交替运行) 对不同水质的污染物去除效果进行了对比研究。结果表明, 通过缩短淹水周期, 加大系统淹水和落干的频率, 可以明显改善 CRI 系统的污染物去除效果。

关键词: 污水处理; 人工快速渗滤; 运行试验; 水质净化

中图分类号: X730.1 文献标识码: B 文章编号: 1006-2009(2006)05-0031-04

The Influence of Operation Pattern on the Removal Effect of Constructed Rapid Infiltrations System

SHAO Jian¹, SUN Ken¹, YANG Xiao-mao², ZHONG Zuo-shen³

(1 North China Institute of Water Conservancy and Hydroelectric Power, Zhengzhou, Henan 450008 China;
2 Peking University Shenzhen Graduate School, Shenzhen, Guangdong 518057 China;
3 China University of Geosciences, Beijing 100083 China)

Abstract Two lab-scales and one on-site Constructed Rapid Infiltration Systems (CRI) have been designed to treat bath wastewater, domestic wastewater and polluted river by using natural sands. At a same hydraulic loading, the removal effect of the CRI system has been studied at two quite different operation pattern (flooding and drying alternate working fashion). The results show that the removal effect of CRI is improved apparently by shortening the flooding period and increasing the flooding and drying alternate working fashion.

Key words Sewage treatment; CRI; Running test; Self-purification of water

人工快速渗滤系统 (Constructed Rapid Infiltration Systems) (简称 CRI 系统) 是在传统 RI 系统基础上发展起来的一种崭新的污水处理技术。近年来, 在国外一些发达国家已建成了实用工程, 显出了良好的发展前景^[1]。在我国, CRI 系统的研究也取得了一些丰富的实验资料, 但还处于起步阶段, 许多方面还有待深入研究, 如运行方式等。

运行方式直接影响砂滤系统的复氧途径和复氧效率^[2]。不同的运行方式直接影响水在砂滤系统中的动力学行为。在相同的水力负荷条件下, 缩短淹水期, 增加污水在单位时间的投配次数, 会直接影响埋地式砂滤系统的污染物去除效果^[3]。传统的 RI 系统, 一般采用 1 d~3 d 淹水和 4 d~10 d

落干的方式运行^[4]。现以天然砂作为主要渗滤介质建立 CRI 系统, 并采取两种明显不同的运行方式 (定期投配一定量的污水、淹水和落干交替运行), 分别对洗浴污水 (室内试验)、生活污水 (室内试验) 和受污染河水 (现场试验) 进行试验, 通过对比 CRI 系统对污染物去除效果来研究 CRI 系统最佳的运行方式。

收稿日期: 2006-03-05 修订日期: 2006-07-28

基金项目: 国家重点基础研究发展规划基金资助项目 (G1999045706); 国家自然科学基金重点基金资助项目 (49832005); 深圳市宝安区科技局三项经费基金资助项目

作者简介: 邵坚 (1956-), 男, 江苏盐城人, 副教授, 大学, 主要从事水处理研究。

1 洗浴污水试验研究

1.1 试验材料和方法

1.1.1 试验装置与材料

供试污水取自中国地质大学(北京)澡堂排水。试验用砂取自北京昌平地区,其渗透系数为 29.43 m/d 不均匀系数为 2.80 有效粒径为 0.30 mm。调节沉淀池和供水箱的有效容积分别为 400 L 和 100 L。人工快渗试验柱由两根高 140 cm,内径为 20 cm 的有机玻璃柱组成,两根柱内均填以 100 cm 厚的天然砂砂层和少量其他填料,柱的底部装以 10 cm 厚的砾石层,便于排水。污水在调节沉淀池中的停留时间为 8 h~20 h。

1.1.2 试验工艺流程

试验工艺流程见图 1。

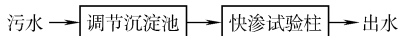


图 1 试验工艺流程

1.1.3 试验方法

试验开始前两周为微生物培养期,菌种取自澡堂下水道污泥。在试验正常运行时,澡堂污水在调节沉淀池静沉 8 h~20 h 后,用泵将其提升到供水箱,然后自上而下以自流的方式通过试验土柱。1#柱采取每天投配污水 10 次的方式运行,2#柱采取 2 d 淹水和 4 d 落干的方式运行,但始终保持两柱在基本相同的水力负荷(1.5 m/d~2.0 m/d)条件下运行。

1.2 试验结果与讨论

洗浴污水试验共进行了 7 个月,在此期间对系统的进水和出水中 COD、BOD 和 LAS 质量浓度值进行了系统的分析,其进水和出水水质及其去除率分别见表 1 表 2 表 3 及图 2 图 3 所示。

表 1 1#柱和 2#柱进、出水 COD 质量浓度 mg/L

项目	1#柱	2#柱
范围(进水)	57.98~101.10	57.98~101.10
平均值(进水)	81.82	81.82
范围(出水)	8.74~28.05	14.68~41.83
平均值(出水)	16.09	24.40
平均去除率/%	80.33	70.18

由表 1 表 2 表 3 及图 2 图 3 可见,1#柱和 2#柱具有明显不同的水质净化效果,1#柱出水水质明

显优于 2#柱,说明通过缩短淹水周期运行,有利于改善 CRI 系统对洗浴污水的净化效果。

表 2 1#柱和 2#柱进、出水 BOD 质量浓度 mg/L

项目	1#柱	2#柱
范围(进水)	19.00~59.06	19.00~59.06
平均值(进水)	34.62	34.62
范围(出水)	1.00~11.56	9.00~24.00
平均值(出水)	6.08	15.33
平均去除率/%	82.44	55.72

表 3 1#柱和 2#柱进、出水 LAS 质量浓度 mg/L

项目	1#柱	2#柱
范围(进水)	1.73~2.13	1.73~2.13
平均值(进水)	1.97	1.97
范围(出水)	0.04~0.56	0.05~0.97
平均值(出水)	0.18	0.29
平均去除率/%	90.86	85.28

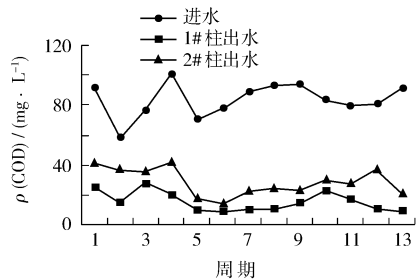


图 2 1#柱和 2#柱进、出水 COD 质量浓度

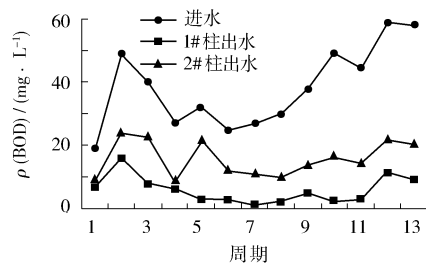


图 3 1#柱和 2#柱进、出水 BOD 质量浓度

2 生活污水试验研究

2.1 试验设计

为进一步研究运行方式对 CRI 系统污染物去除效果的影响,设计了 3 根试验柱,试验污水取自中国地质大学(北京)生活污水西排放口,试验用砂与上述洗浴污水试验用砂相同;与洗浴污水试验

不同的是在试验工艺流程中增加了石英砂过滤; 试验调节沉淀池和供水箱的有效容积分别为 400 L 和 100 L。

试验开始前两周为微生物培养期, 菌种取自下水道污泥。在试验正常运行过程中, 取自污水管道污水首先在室内静置预沉 8 h~ 20 h, 然后用泵将污水提升到供水箱, 污水先经石英砂快速过滤, 然后自上而下以自流的方式通过冲积砂加上人工石英砂试验土柱。

在试验过程中, 3#柱采取每 3 h 投配一次污水, 每次投配时间为 4 min~ 5 min 的方式运行, 4#、5#柱则分别采取 1 d 淹水、2 d 落干和 2 d 淹水、4 d 落干的方式运行。

2.2 试验结果与讨论

在相同的水力负荷条件下, 生活污水试验进行了近 6 个月, 因进水水质差别较大, 将试验分为二个阶段, 第一阶段近 3 个月, 第二阶段 3 个月, 对系统进水和出水 COD 和 BOD 质量浓度进行了 12 次系统监测^[5, 6], 其结果见表 4 和表 5。

表 4 各柱第一阶段进、出水 COD 和 BOD 质量浓度及去除率

项目	$\rho(\text{COD}) / (\text{mg} \cdot \text{L}^{-1})$	平均去除率 / %	$\rho(\text{BOD}) / (\text{mg} \cdot \text{L}^{-1})$	平均去除率 / %
进水	292.3	—	169.0	—
3#柱出水	174.4	40.34	112.0	33.73
4#柱出水	38.4	86.86	9.5	94.38
5#柱出水	52.3	82.11	—	—

表 5 各柱第二阶段进、出水 COD 和 BOD 质量浓度及去除率

项目	$\rho(\text{COD}) / (\text{mg} \cdot \text{L}^{-1})$	平均去除率 / %	$\rho(\text{BOD}) / (\text{mg} \cdot \text{L}^{-1})$	平均去除率 / %
进水	472.0	—	231.0	—
3#柱出水	171.1	63.79	86.0	62.77
4#柱出水	21.2	95.51	4.0	98.27
5#柱出水	30.0	93.64	5.5	97.62

由表 4 和表 5 可见, 在试验的两个阶段中, 3#柱对 COD 和 BOD 的去除效果均不及 4#和 5#柱。而 4#与 5#柱的去除效果相比较, 4#柱好于 5#柱。由此可见, 通过缩短淹水期, 加大系统淹水和落干的频率, 可以改善 CRI 系统对生活污水的净化效果。

3 受污染的河水试验研究

3.1 试验设计

3.1.1 试验工艺流程

试验工艺流程见图 4。



图 4 试验工艺流程

3.1.2 试验设计参数

试验设置 2 个快渗池, 每个渗池的有关参数为: 渗池面积为 25.3 m²; 集水层厚度为 0.5 m; 滤层厚度为 1.9 m; 渗池保护高为 0.4 m。该试验选用河流冲积砂作为主要渗滤介质, 在每个渗池中加少量人工大理石砂。

试验从 2001 年 9 月 1 日开始运行, 至 2003 年 6 月 30 日有系统的现场运行基本结束。在此期间, 经历了雨季河水的低浓度期和旱季雨水的高浓度期及冬季低温区。在整个试验过程中, 两渗滤池在基本相同的水力负荷条件下运行, 且水力负荷不低于 1.5 m³/d。从第 13 周期 (每个周期按 7 d 计) 开始, 2#渗池仍采取 1 d 淹水和 2 d 落干的方式运行, 而 1#渗池则改为采取每天投配污水 4 次, 每 6 h 投配一次的方式运行。

3.2 试验结果与讨论

图 5 和图 6 是 1#渗池和 2#渗池进、出水的 COD 和 NH₃-N 质量浓度曲线。

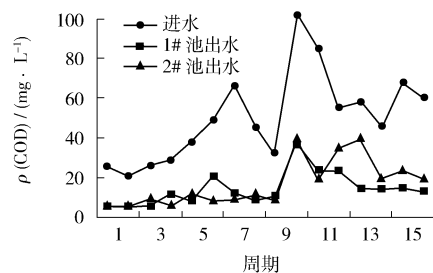


图 5 1#渗池和 2#渗池进、出水 COD 质量浓度

由图 5 和图 6 可见, 从第 1 周期到第 9 周期, 由于雨水较多 (9 月份), 河水中 COD 和 NH₃-N 质量浓度较低, 系统出水中 COD 和 NH₃-N 质量浓度值也较低; 从第 10 周期到第 12 周期, 随河水其浓度值的升高, 系统出水其浓度也升高; 但从第

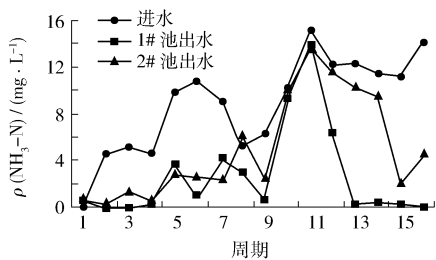


图 6 1# 渗池和 2# 渗池进、出水 NH₃-N 质量浓度

13 周期开始, 1# 渗池出水中 COD 和 NH₃-N 质量浓度值明显低于 2# 渗池, 特别是 NH₃-N 更明显, 出水浓度值低且稳定。造成这一差别的原因主要是由于从第 13 周期开始, 2# 渗池仍采取 1 d 淹水和 2 d 落干的方式运行, 而 1# 渗池则改为采取每天投配污水 4 次, 每 6 h 小时投配一次的方式运行。

试验结果表明, 增加单位时间内投配污水的次数, 减少了每次投配的污水水量, 降低了介质吸附饱和并产生污染物穿透的几率^[3]; 通过加大系统淹水和落干的频率, CRI 系统对污染河水 COD 和 NH₃-N 的去除效果有了明显改善。

4 结论与建议

(1) CR 系统采用缩短淹水周期, 加大系统淹水和落干频率的运行方式适用于洗浴水、生活污水、污染河水, 对其的水质净化效果都表现出了明

显改善的优势。

(2) 室内试验和现场试验运行结果均表明, 通过改变运行方式, 缩短淹水周期, 增加单位时间内污水投配次数, 减少每次投配污水水量, 可以明显改善 CRI 系统的污染物去除效果。

(3) 在不降低水力负荷的前提下, 改善 CRI 系统的运行方式, 对水质净化效果、增强其实用性, 具有重要的理论意义和现实意义。缩短淹水周期为何能改善 CRI 系统的污染物去除效果, 此问题有待于进一步研究。

[参考文献]

[1] 张金炳, 汤鸣皋, 钟佐燊. 人工快渗系统处理洗浴污水的试验研究 [J]. 岩石矿物学杂志, 2001, 20 (4): 539-543.

[2] PAUEL S, MARKUS B. On site wastewater treatment with intermittent buried filters [J]. Wat Sci Tech., 1990 22(3/4): 93-100

[3] M BOLLER, A SCHWAGER, JEUGSTER, et al. Dynamic behavior of intermittent buried filters [J]. Wat Sci Tech., 1993, 28(10): 99-103

[4] 汪民, 吴永锋, 钟佐燊, 等. 污水快速渗滤土地处理 [M]. 北京: 地质出版社, 1993: 74-82

[5] 刁凤鸣, 徐建平. 重铬酸钾分光光度法测定 COD 的改进 [J]. 环境监测管理与技术, 2003 15(3): 31.

[6] 国家环境保护总局《水和废水监测分析方法》编委会. 水和废水监测分析方法 [M]. 4 版. 北京: 中国环境科学出版社, 2002

本栏目责任编辑 李文峻

(上接第 26 页)

表 1 实际样品测定与加标回收试验结果 (n = 6)

样品	该方法测定值 ρ/(mg·L ⁻¹)	RSD %	4-氨基安替比林法测定值 ρ/(mg·L ⁻¹)	加标量 ρ/(mg·L ⁻¹)	回收率 %
1	9.32	1.8	9.57	5.0	103
2	18.4	2.1	18.4	5.0	98.3
3	158	3.1	157	5.0	97.6

3 结论

利用苯酚对高碘酸钾氧化靛红的催化作用, 建立了测定废水中苯酚的新方法。该方法准确度和精度均较好, 测定结果令人满意, 具有实际应用意义。

[参考文献]

[1] 郭滨华, 逢振杰. 工业污水中酚的光度测定方法研究概况

[J]. 山东环境, 1999(4): 33-34.

[2] 国家环境保护总局《水和废水监测分析方法》编委会. 水和废水监测分析方法 [M]. 4 版. 北京: 中国环境科学出版社, 2002

[3] 卢昌范. 用蒸馏水代替无酚水测定挥发酚 [J]. 环境监测管理与技术, 2004 16(6): 39

[4] 张鸾. 紫外分光光度法检测污水中的酚 [J]. 嘉兴学院学报, 2002 14(6): 30-31

[5] 倪翠芳, 王建华. 单扫描极谱法测定水中痕量苯酚 [J]. 分析实验室, 1999 18(6): 75-78.

[6] 李俊峰, 张凤君, 党智敏, 等. 在线预浓集流动注射测定苯酚 [J]. 分析化学, 1996 24(3): 312-314

[7] 杨景芝, 孙衍华, 周杰, 等. 催化动力学光度法测定痕量苯酚 [J]. 分析科学学报, 1997(13): 151-153

[8] 《环境污染分析方法》科研协作组. 环境污染分析方法: 第二卷 有机物分析 [M]. 2 版. 北京: 科学出版社, 1987: 190-194.