

Application of Two-Stage Biological Contact Oxidation Process in Reclaimed Water Reuse in Residential Subdistricts

CUI Hai-wei, SUN Ji-chao, ZHANG Yu-xi, WANG Jin-cui, ZHANG Ying, HUANG Guan-xing, LIU Jing-tao, CHEN Xi, ZHANG Yuan-jing, XIANG Xiao-ping, JING Ji-hong
(The Institute of Hydrogeology and Environmental Geology, CAGS, Shijiazhuang, China)
pangzi_cui@163.com

Abstract: Adopt two-stage biological contact oxidation process to treat the domestic sewage of some ecotype residential district in Shijiazhuang, China. Results show that this technology has the less floor space and simple operation management, and the effluent can match the requirement of “The reuse of urban recycling water-water quality standard for scenic environment use” (GB/T18921—2002)^[1] in China. And the effluent can be used for afforestation, vehicle washing and landscape water. The whole operational cost is 0.91 Yuan/m³, and the economic benefit brought by project investment is 321 thousand Yuan each year. So the benefits of social, environmental and economic are all significant.

Keywords: two-stage biological contact oxidation process; reclaimed water reuse; chlorine dioxide

二段生物接触氧化工艺在生活小区中水回用工程中的应用

崔海伟, 孙继朝, 张玉玺, 王金翠, 张英, 黄冠星, 刘景涛,
陈玺, 张媛静, 向小平, 荆继红
(中国地质科学院水文地质环境地质研究所, 石家庄 050061)
pangzi_cui@163.com

摘要: 采用二段生物接触氧化工艺对石家庄市某生态型小区的生活污水进行处理。实践表明, 该工艺占地面积小, 运行管理简单, 出水水质满足《城市污水再生利用景观环境用水水质》(GB/T18921—2002)^[1]的要求。工程投产后出水可用于绿化、车辆冲洗及景观用水, 总运行成本为 0.91 元/m³, 工程投资带来的经济效益为 32.1 万元/a, 社会、环境和经济效益均较显著。

关键词: 二段生物接触氧化工艺; 中水回用; 二氧化氯

1 工程概况

某小区规划总建筑面积为 $29.04 \times 104 \text{m}^2$, 其中住宅建筑面积为 $27.58 \times 104 \text{m}^2$, 社区会所、办公等其他配套建筑面积为 $1.46 \times 104 \text{m}^2$ 。设计居住户数为 830 户, 居住人口为 3500 余人。该小区以居民洗浴、盥洗、洗衣排水作为中水水源建立中水站, 处理出水用于小区内浇洒道路、绿化、水景、冲公厕、洗车等。

1.1 原水水量、水质

该中水回用工程的原水采用小区较清洁生活

污水, 原水中有有机物污染浓度较低, 实测 BOD₅ 在 110~150mg/L, COD 在 210~280mg/L, 属于较清洁杂排水。居民用水量标准以 200L/(人·d) 计, 则最高日用水量为 700m³/d, 根据折污系数 0.7, 最高日排水量约为 490m³/d, 确定中水站设计处理水量为 500m³/d。出水水质要满足《城市污水再生利用景观环境用水水质》(GB/T18921—2002) 中观赏性景观用水水质标准。原水及设计出水水质见表 1。

1.2 工艺特点

二段接触氧化工艺(以下简称二段法)是在活性污泥法与普通生物膜法的基础上发展起来的一

基金项目: 中国地质科学院水文地质环境地质研究所基本科研业务费专项经费资助 (SK200902)。

种新型污水生物净化技术，它兼有活性污泥法和普通生物膜法两种工艺的优点，同时克服了活性污泥

法需要污泥回流和普通生物膜法生物菌面状发育

表 1 原水及设计出水水质情况一览表

Tab 1 Water quality schedule of untreated reclaimed water and treated reclaimed water

项 目	COD(mg/L)	BOD ₅ (mg/L)	SS(mg/L)	NH ₃ -N(mg/L)	pH	TP(mg/L)
原水水质	≤280	≤150	≤150	≤30	6~9	≤3
设计出水水质		≤6	≤20	≤5	6~9	≤0.5

的缺点。二段法将传统的生物接触氧化池科学的分为两段^[2]：第一段充分利用微生物处于对数增长期的吸附特性，以低能、高负荷、快速的生物吸附和合成作用为主，称为吸附合成期；第二段在低负荷下利用微生物的氧化分解作用对污水中残留的有机物进行氧化分解以进一步改善出水水质，称为氧化分解阶段。由于进行了合理分段，可充分发挥同类微生物种群间的协同作用，克服不同种群间的拮抗作用，故处理效率大大提高。其主要特点如下：

①生物活性高。曝气装置设在填料下面，不仅供氧充足，而且对生物膜起到了扰动作用，加速了生物膜的更新，使生物膜活性提高。

②容积负荷高，处理时间短，占地面积少。本工艺污泥浓度可高达 10~20g/l，因此大大提高了容积负荷，使污水处理工艺更趋高效，节约了投资和占地面积。

③抗负荷冲击能力强。本工艺有很好的抗冲击负荷能力，对 COD 负荷变化适应能力非常强，在接近 2 倍最大负荷的原水冲击下，出水 COD 仍然达标^[3]。

④动力消耗低。由于接触氧化池填充了填料，增加了氧、微生物、有机质的传质效率，从而降低

能耗。

⑤无污泥膨胀现象。好氧池中通常生长一定量丝状菌，它具有氧化分解有机物能力强而沉淀性能差的特点。在活性污泥工艺中，丝状菌的大量繁殖，可导致污泥膨胀，对系统处理效果影响较大，甚至使处理系统遭到破坏。而生物接触氧化工艺中微生物是固着生长的，从而避免了丝状菌随水流失和污泥膨胀现象，并充分利用丝状菌较强的氧化能力，提高了系统处理效率。

⑥污泥产量低。针对本工艺，笔者认为污泥产量少的原因主要有以下几点：污泥浓度高，生物量大，参与净化反应的微生物多样化；生物的食物链长且复杂，生物种类繁多，能够存活世代时间较长的微生物，优势种属微生物的功能得到充分发挥；生物活性高，传质效率高；溶解氧浓度较高，强化内源分解。

⑦运行维护简单。本工艺本身需要的设备较少，且生化池主要设备及管阀全部设置在管廊中，在方便集中管理的同时又方便检修维护。

1.3 工艺流程

根据原水水质和出水水质标准，采用如下处理工艺，见图 1。

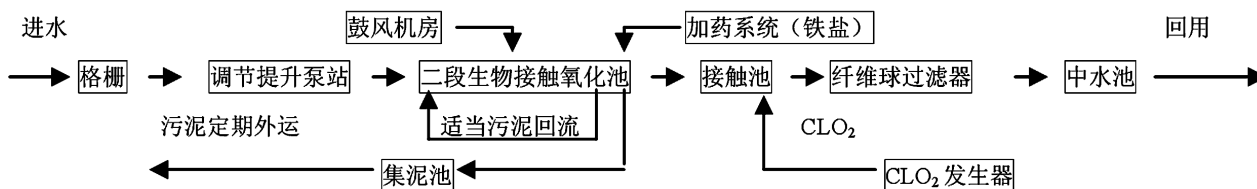


图 1 污水及污泥处理工艺流程
Fig 1 The Process of Treat Wastewater and Sludge

主要构筑物采用地下式钢筋混凝土结构，所有设备及控制系统放在管廊中。

①格栅。洗浴、盥洗及洗衣污水中较大的悬浮

物或漂浮物较少，但毛发较多。为防止堵塞填料，选用 1 台栅条间距为 4mm 的机械格栅(安装倾角为 60°)，以去除进厂污水中较大体积的杂质和毛发，

保证进水泵和后续处理单元安全稳定运行。

②调节提升泵站。设计 HRT 为 8.0h, 设计有效调节容积为 170.0m³。

③组合式二段生物接触氧化池(简称组合池)。组合池采用的是一氧、一沉、二氧、二沉的四池联壁式组合结构, 既节省了占地和建设费用, 又便于操作管理和运行维护、还能减小水头损失, 使处理站布局紧凑、工艺流程流畅。此外, 在一氧池、二氧池之间的一沉池内装填有 0.5 m 厚的级配石英砂滤料, 既能截留污水中脱落的生物膜等悬浮物质, 又能将一氧池、二氧池完全分开, 使其各自独立地充分发挥效能。具体设计参数如下, 接触氧化池中添加 3.0m 生物填料, 接触沉淀池中添加 0.5m 生物滤料。一氧池尺寸为 4.5m×3.6m×6.0m, 采用穿孔管间歇曝气, 控制溶解氧<0.5mg/L^[4]; 二氧池尺寸为 4.5m×9.3m×6.0m, 采用穿孔管连续曝气, 控制溶解氧>3.0mg/L^[4]。在二氧池内设置污泥回流系统, 部分经硝化后的污水及污泥回流进一氧池, 进行反硝化处理, 混合液回流比为 50~150%; 接触沉淀池尺寸为 4.5m×4.2m×6.0m, 水力停留时间为 4.5h, 表面负荷为 1.1m³/(m²·h)。为提高有机物去除率并促进化学除磷, 根据水质情况投加铁盐混凝剂, 投量为 10~30mg/L。

④接触池。选用高效复合二氧化氯发生器以氯酸钠和盐酸为原料现场制备二氧化氯, 投加有效氯为 6mg/L, 可确保出水总大肠菌群≤2 个/mL, 并起到进一步净化水质的目的, 尺寸为 4.5m×0.8m×6.0m。

⑤纤维球过滤器。深度处理采用纤维球过滤器, 处理能力 80.0m³/h, 出水进入中水池, 滤液回流入调节提升泵站, 进入系统继续处理。

⑥中水池。设计有效调节容积为 120.0m³。

2 调试及运行情况

2.1 调试过程

污泥的培养驯化采用接种培养法, 接种污泥取自本市综合污水处理厂二沉池的活性污泥, 接种量为 12m³, 加入生活污水进行闷曝 24h。然后连续进水、连续运行 5d。挂膜期间要通过镜检观察填料表面生物膜微生物相的变化, 同时进行进、出水水质及 DO 的测量。随着培养时间的增加, 检测出水指标达到标准后说明膜表面已形成具有吸附降解能力的凝胶层, 本构筑物已完成污泥接种及驯化。此时取样观察, 填料上生物膜较厚, 呈灰白色, 膜上的

生物主要以累枝虫、独缩虫为主, 后生动物以团胶轮虫为主。至此, 可以认为挂膜成功, 第一阶段调试工作完成。最后将系统调至自控程序, 连续运行 21d 后检测出水水质, 达到预期要求, 说明本系统已达到设计负荷。

2.2 运营效果

出水各项指标均优于《城市污水再生利用景观环境用水水质》(GB/T18921—2002)中观赏性景观用水水景类标准。

3 效益分析

项目总投资为 104 万元, 总运行成本由人工成本、电耗成本、药剂成本、维修成本、折旧成本及管理成本组成^[5], 总运行成本为 0.91 元/m³, 仅为自来水价格的 1/4 左右(石家庄市的水价为 3.14 元/m³), 如运行 300d/a, 实际处理优质杂排水 480m³/d, 则可节约水费约 32.1 万元/a, 节约自来水约 14.4×104m³/a。生活污水经处理后用于绿化、洗车、景观等, 一方面缓解了北方水资源紧缺的矛盾, 另一方面减少了污水排放量, 大量削减污染物, 环境效益明显。

4 结语

①二段生物接触氧化工艺占地面积小, 运行管理简单, 产泥量少, 其出水再经过滤、消毒处理后完全满足《城市污水再生利用景观环境用水水质》(GB/T18921—2002)中观赏性景观用水水景类标准。

②该项目实际处理优质杂排水 480m³/d, 总运行费用为 0.91 元/m³, 投产后节省自来水 14.4×104m³/a, 按当地水价 3.14 元/m³计算, 工程投资带来的经济效益为 32.1 万元/a, 项目投资回收期为 3.2a。

③除磷功能太低。本工艺除磷效果不太明显, 需要加入药品进行除磷。同时本工艺大部分排泥是周期性或阶段性的, 这就造成了接触沉淀池污泥的缺氧或厌氧环境, 因此部分污泥在沉淀池内可能会产生释磷现象, 进一步降低本工艺除磷能力。今后应加强生物膜法除磷能力的研究, 解决本工艺周期性或阶段性排泥问题。

References (参考文献)

- [1] State Environmental Protection Administration. The reuse of urban recycling water-water quality standard for scenic environment use, GB/T18921-2002.
国家环保总局.城市污水再生利用景观环境用水水质,

- GB/T18921—2002.
- [2] ZHAO Li-jun, WANG Huai-jian, LIU Jun-liang. Two Stage Biological Attached Treatment Process the Dirty Critique of Water of the Method Processing City [J]China Water and Wastewater,2002,18(12): 28-29.
赵立军, 王怀建, 刘俊良.二段生物接触氧化法处理城市污水评析[J].中国给水排水, 2002, 18(12): 28-29.
- [3] CUI Hai-wei, Wu Chang-cheng, YANG hong-mei. Character study for two stage biological attached treatment process in reclaimed water reuse.Chinese Journal of Environmental Engineering[J], 2009, 1(3): 123-126.
崔海炜, 武长城, 杨红梅.二段生物接触氧化工艺在中水会用中的特性研究.环境工程学报, 2009, 1(3): 123~126
- [4] ZHANG Zi-jie. Standard handbook of environmental engineering(water pollution control)[M]. Beijing: Higher Education Press, 1996 (in Chinese).
张自杰.环境工程手册(水污染防治卷)[M].北京:高等教育出版社, 1996
- [5] Shanghai Municipal Engineering Design General Institute. Water and Waste Water Design Volume 10[M]. Beijing:China Architectural Industry Press, 2000 (in Chinese)
上海市政工程设计研究院.给水排水设计手册[M], 第10册, 技术经济.北京:中国建筑工业出版社, 2000.