

节水与回用

## 生物膜/SBR工艺用于小区回用水工程

刘琳<sup>1</sup>, 曲涛<sup>2</sup>, 曾丁松<sup>3</sup>, 张湘鄂<sup>3</sup>, 魏志文<sup>3</sup>

(1. 湖南城建职业技术学院 设备工程系, 湖南 湘潭 411101; 2. 深圳市星河房地产有限公司, 广东 深圳 518000; 3. 深圳市国祯环保科技股份有限公司, 广东 深圳 518034)

**摘要:** 介绍了组合式生物膜 SBR 工艺在深圳市星河·丹堤生活小区回用水工程中的设计与运行情况, 运行结果表明, 该工艺处理效果好、运行稳定、占地省、对周边环境影响小, 适用于建筑面积  $>10 \times 10^4 \text{ m}^2$  的小区污水再生回用工程。

**关键词:** 小区中水回用; 组合式生物膜 SBR 工艺; 设计

**中图分类号:** X703.1 **文献标识码:** C **文章编号:** 1000-4602(2009)12-0072-04

### Application of Combined Biofilm SBR Process in Reuse Project of Reclaimed Water in Residential Area

LIU Lin<sup>1</sup>, QU Tao<sup>2</sup>, ZENG Ding-song<sup>3</sup>, ZHANG Xiang-e<sup>3</sup>, WEI Zhi-wen<sup>3</sup>

(1. Department of Equipment Engineering, Hunan Urban Construction College, Xiangtan 411101, China; 2. Shenzhen Xinghe Real Estate Co. Ltd., Shenzhen 518000, China; 3. Shenzhen Guozhen Environmental Protection Science and Technology Co. Ltd., Shenzhen 518034, China)

**Abstract:** The design and operation of combined biofilm SBR process in reuse project of reclaimed water in Xinghe Dandi residential area are presented. The results show that the combined process has the advantages of good treatment effect, steady operation, small occupation of land and less effect on the surrounding environment. It is suitable for the sewage reuse project in residential area with building area of larger than  $10 \times 10^4 \text{ m}^2$ .

**Key words:** reclaimed water reuse in residential area; combined biofilm SBR process; design

深圳星河·丹堤生活小区位于深圳市福田区与宝安区交界的梅林二线关口内, 西面为已建成使用的丰泽湖一期项目, 2005年5月经有关部门批准, 丰泽湖山庄有限公司投资新建了星河·丹堤中水回用项目, 该项目设计处理水量为  $4\,800 \text{ m}^3/\text{d}$ , 其中  $2\,000 \text{ m}^3/\text{d}$  的水量回用, 多余水量外排至小区雨水总管, 总投资额约为 1 000 万元。该项目于 2005 年 5 月正式开工, 2006 年 4 月中旬试运行, 目前处理水量为  $800 \sim 1\,500 \text{ m}^3/\text{d}$  (因星河·丹堤生活小区二期别墅及高层区尚未竣工, 处理水量尚未达到设计值), 出水全部回用于丰泽湖一期绿化, 道路、车辆

冲洗, 景观水补水、换水, 同时为星河·丹堤二期项目提供施工用水及公共厕所冲洗用水。

#### 1 处理水量及设计水质

星河·丹堤生活小区项目共有住房 6 000 套, 按每套 3.5 人计算, 小区居住人口为 21 000 人, 生活用水量标准按  $0.26 \text{ m}^3/(\text{d} \cdot \text{人})$  计, 生活污水量取生活用水量的 90%, 则该项目排污水量为  $4\,914 \text{ m}^3/\text{d}$ , 取为  $4\,800 \text{ m}^3/\text{d}$ 。

本处理站进水为小区生活污水, 参考《环境工程手册·水污染防治卷》中的典型生活污水水质, 结合前期污水水质监测数据, 并考虑到工艺流程中

设有调节池,可对水质进行调节,从而确定了进水质(见表1)。出水用于绿化,道路、车辆冲洗,景观水补水、换水及公共厕所冲洗,水质要求较高,执行《城市污水再生利用 景观环境用水水质》(GB/T 18921—2002)和《城市污水再生利用 城市杂用水水质》标准(GB/T 18920—2002),具体见表1。

表1 设计进、出水水质

Tab. 1 Design influent and effluent quality

项目	进水	出水
浊度/NTU		≤10
BOD <sub>5</sub> /(mg·L <sup>-1</sup> )	200	10
COD/(mg·L <sup>-1</sup> )	450	50
SS/(mg·L <sup>-1</sup> )	220	10
NH <sub>3</sub> -N/(mg·L <sup>-1</sup> )	35	≤10
TP/(mg·L <sup>-1</sup> )	7	≤1.0
色度/倍		≤30
pH	6~9	6.5~9
总大肠菌群/(个·L <sup>-1</sup> )		≤3

## 2 工艺流程

污水处理工艺流程见图1。

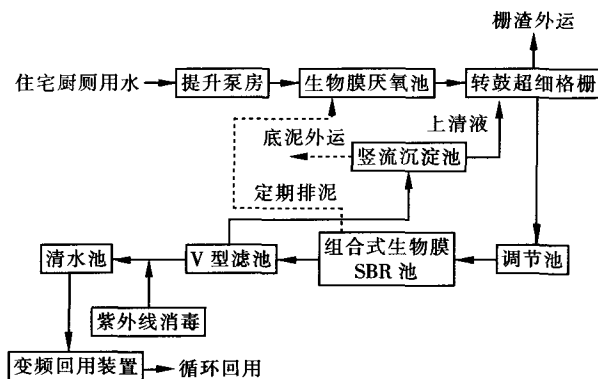


图1 污水处理回用工艺流程

Fig. 1 Flow chart of wastewater treatment process

小区共设四个污水提升泵站,在总进水管上设置管道破碎机,将毛巾、塑料袋等易堵塞提升泵的杂物破碎后,污水经提升泵送入生物膜厌氧池(厌氧池中安装弹性立体填料),然后自流入污水处理中心,经转鼓式超细格栅(栅距为1 mm)去除较小悬浮物后自流入调节池,调节池内的提升泵根据组合式生物膜 SBR 工艺的要求控制运行状况。组合式生物膜 SBR 池分接触氧化段和 SBR 段两大部分,其运行过程分进水曝气、沉淀、滗水、闲置四个阶段,出水滗入 V 型滤池,并在滤池进水口处投加聚合氯化铝(PAC)强化除磷效果,过滤水经紫外线消毒后流

入清水池,通过变频回用装置提升输送至各中水回用点,多余水量自清水池溢流管外排至小区雨水管。

V 型滤池累计运行 24~48 h 后进行反冲洗,反冲洗排水重力流入竖流沉淀池,上清液排入调节池,底泥用 20 kg 塑料桶桶装密封后外运至污水处理厂处理。组合式 SBR 池的剩余污泥通过循环泵定期排入生物膜厌氧池,利用厌氧工艺对污泥进行减量消化,少量剩余污泥一部分随转鼓超细格栅的栅渣排出系统,另一部分随反冲洗水进入竖流沉淀池,最后用塑料桶密封后外运。

### ① 转鼓式超细格栅

采用全不锈钢加长型 GL3-600 转鼓式楔型筛网细格栅,栅距为 1 mm,转筒直径为 600 mm,选用两台(1 用 1 备),进水流量较大时,两用互备。单台格栅机处理水量为 126 m<sup>3</sup>/h,栅渣自动收集后集中外运。

### ② 调节池

池内设潜水搅拌器。调节池为地下钢混结构,单格尺寸为 19 m×5 m×5 m,设两格,有效水深为 4.5 m,有效容积为 855 m<sup>3</sup>,设计水力停留时间为 4.3 h。调节池内设 2 台潜污泵,库房备用 1 台,共 3 台潜水泵。潜污泵参数:Q=400 m<sup>3</sup>/h,H=100 kPa。

### ③ 接触氧化池

接触氧化池为地下钢混结构,设计成独立的 2 组,每组分为 4 格,单格净尺寸为 4 m×3.675 m×5 m,有效水深为 4.5 m,总有效容积为 530 m<sup>3</sup>,水力停留时间为 2.65 h,容积负荷为 0.452 kgBOD<sub>5</sub>/(m<sup>3</sup>·d)。接触氧化池内安装弹性立体填料。曝气系统采用下弯式穿孔管曝气装置,可根据工艺要求及水质特点,将第 2 格或第 3 格曝气阀关闭形成缺氧段。设 3 台罗茨鼓风机为接触氧化池供氧(2 用 1 备),配 1 台变频器。鼓风机参数:Q=8.7 m<sup>3</sup>/min,H=49 kPa。

### ④ SBR 池

SBR 池为地下钢混结构,该池前端与接触氧化池末端相连,设计成独立的 2 组,每组分为 5 格,单格净尺寸为 5 m×7.65 m×5 m,有效水深为 4.5 m,总有效容积为 1 721 m<sup>3</sup>,水力停留时间为 8.6 h,容积负荷为 0.279 kgBOD<sub>5</sub>/(m<sup>3</sup>·d),SBR 池内前三格安装弹性立体填料,后两格安装新型矿物滤料(SVA 滤料)。曝气系统采用下弯式穿孔管曝气装置,设 3 台罗茨鼓风机为接触氧化池供氧(2 用 1 备)。配

1台变频器。鼓风机参数: $Q=24.2\text{ m}^3/\text{min}$ ,  $H=49\text{ kPa}$ 。

### ⑤ V型滤池

采用钢制一体式超高速V型滤池两座,滤池规格为 $3.1\text{ m}\times 1.9\text{ m}\times 3.5\text{ m}$ ,滤料采用石英砂和陶粒双层滤料,滤速为 $20\sim 40\text{ m/h}$ ,采用气水反冲洗方式,水洗强度为 $5\text{ L}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ ,气洗强度为 $10\text{ L}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ ,反冲洗水采用清水池出水。配置自控系统对滤池的过滤、反冲洗进行控制。

### ⑥ 静态竖流沉淀池

V型滤池反冲水经静态竖流沉淀池处理后排入调节池。为了节省占地,静态竖流沉淀池采用间歇运行方式。采用钢制一体式结构,池直径为 $2\text{ m}$ ,高为 $3\text{ m}$ 。

### ⑦ 紫外线消毒池

紫外线消毒池平面尺寸为 $4.15\text{ m}\times 0.81\text{ m}$ 。

主要设计参数:悬浮物 $<20\text{ mg/L}$ ,平均流量为 $4\ 800\text{ m}^3/\text{d}$ ,峰值系数为1,紫外穿透率为65%。

### ⑧ 除臭系统

除臭工艺可分为湿式脱臭工艺、干式脱臭工艺及湿式—干式组合脱臭工艺,本设计采用干式脱臭中的生物脱臭工艺处理恶臭气体,工艺流程见图2。

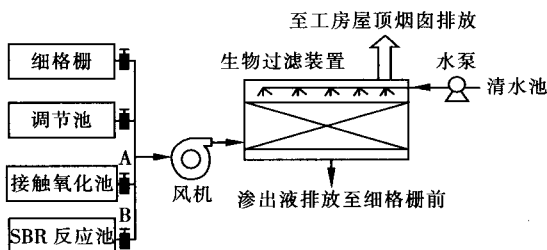


图2 生物过滤除臭系统工艺流程

Fig.2 Flow chart of bio-deodorization system

生物除臭装置分收集系统和生物过滤系统两部分,对恶臭气体产生源采用封闭式设计并对其进行抽气收集,主要将转鼓超细格栅、调节池、接触氧化池、SBR反应池等处的臭气收集后集中处理,通风机选用两台(1用1备),风机风量为 $2\ 640\text{ m}^3/\text{h}$ ,风压为 $1.61\text{ kPa}$ ,生物过滤装置采用钢制一体式,外形尺寸为 $3\text{ m}\times 2.5\text{ m}\times 4.4\text{ m}$ ,共一座,以沸石、竹片和SVA滤料作为填料,利用附着在填料上的微生物降解所吸附的恶臭气体。

## 3 工艺特点

① 该工艺采用了国内首创的新型矿物滤料及

先进的组合工艺技术,产泥量少,能耗低,并且其核心处理单元——组合式生物膜SBR工艺分为两个独立的操作单元,运行灵活,便于系统检修,能保证系统检修期间不停产。

② 对系统产生的臭味进行生物除臭处理,确保了对周边环境无不良影响。

③ 该工艺应用了管道破碎机和转鼓超细格栅等新型水处理设备,较好地解决了小区生活污水中悬浮物含量高而易堵塞的问题。

④ 在SBR工艺段应用了新型矿物滤料SVA滤料(比表面积为 $10\sim 60\text{ m}^2/\text{g}$ ),其巨大的比表面积有利于硝化细菌的生长繁殖,同时该工艺选择了 $12\text{ h}$ 的水力停留时间,工艺水力流态为完全混合式和推流式相结合,能有效强化硝化效果,从而在进水 $\text{NH}_3\text{-N}$ 较高( $45\text{ mg/L}$ )的情况下保证出水 $\text{NH}_3\text{-N}$  $<10\text{ mg/L}$ 。另外,组合式生物膜SBR工艺采用了多点布气(18个点),能在接触氧化段和SBR段形成A/O工艺,通过系统的反硝化功能去除TN,使该工艺具有良好的除氮效果。

⑤ 该处理站布置紧凑,处理构筑物、设备间、中控室呈上下三层布置,所有的处理构筑物均布置在地下(占地面积为 $913\text{ m}^2$ );所有设备均集中在第二层设备间(占地面积 $<160\text{ m}^2$ ),确保了设备检修维护不影响周边环境;中控室在第三层,占地面积仅 $55\text{ m}^2$ ,最大限度地节省了占地。

⑥ 污水处理站采用二级分布式计算机控制管理系统。全站的控制系統均采用自动控制、遥控和就地控制三种控制方式,自动化程度很高。

## 4 组合式生物膜SBR工艺的运行效果

### 4.1 组合式生物膜SBR工艺的启动

组合式生物膜SBR工艺的启动,采用引入附近城市污水处理厂脱水污泥进行接种培养的方式,接种污泥量按污水量的0.5%~1%投加,开启接触氧化池和SBR池风机进行曝气,控制接触氧化池和SBR池DO为 $2\sim 4\text{ mg/L}$ ,启动循环泵使污水在接触氧化池和SBR池之间形成水力循环,加快污泥培养速度;曝气一段时间后,停止曝气而静沉,取SBR池上清液进行水质分析,当 $\text{COD}<50\text{ mg/L}$ 时,开启滗水泵进行滗水,再开启调节池泵将接触氧化池和SBR池进满水,重新曝气培养污泥,如此重复循环,直至接触氧化池和SBR池污泥挂膜培养成熟。星河·丹堤中水回用项目于2006年4月15日进水培

养污泥,至2006年4月25日SBR池出水稳定达到设计值,从开始进水至污泥培养成熟,耗时10d左右。

#### 4.2 运行管理及处理效果

##### ① 设计运行方式

组合式生物膜SBR工艺的运行过程分进水曝气、沉淀、滗水、闲置四个阶段,一般满负荷运行时循环周期为4h,其中进水曝气1h、沉淀1h、滗水闲置2h,每天可进行6次循环。当组合式SBR工艺处于闲置后期时,调节池内提升泵启动将污水提升至组合式SBR工艺的SBR段(接触氧化段水位恒定),组合式SBR工艺的风机运行曝气,同时循环泵启动使组合式SBR池中的混合液形成水力循环,从而使污水、空气、生物膜三相充分接触反应,并可根据工艺需要通过控制接触氧化段和SBR段某格的曝气量形成A/O工艺的推流流态,从而使工艺单元具有碳化、硝化、反硝化生物反应过程。当组合式SBR工艺处于沉淀阶段时,风机、循环泵停运,SBR工艺段进行固液分离;当组合式SBR工艺处于滗水阶段时,滗水泵运行将SBR段上清液滗入V型滤池过滤。

##### ② 现阶段运行方式

因星河·丹堤生活小区二期别墅及高层区尚未竣工,故现阶段处理水量为800~1500m<sup>3</sup>/d,处理水量尚未达到设计值,为此采取了以下运行措施:

a. 两组SBR池只运行一组,另一组暂闲置。

b. 适当延长SBR池循环周期至8h。运行过程仍分进水曝气、沉淀、滗水、闲置四个阶段,依次为进水曝气0.5h、沉淀2h、再曝气0.5h、沉淀2h、滗水闲置3h,每天循环3次。

##### ③ 现阶段运行结果

现阶段运行结果见表2。

表2 运行结果

Tab.2 Operation results

项目	COD/ (mg·L <sup>-1</sup> )	BOD <sub>5</sub> / (mg·L <sup>-1</sup> )	SS/ (mg·L <sup>-1</sup> )	pH	NH <sub>3</sub> -N/ (mg·L <sup>-1</sup> )	TP/ (mg·L <sup>-1</sup> )	
进水	320	156	301	7.1	35.5	5.2	
出水	平均值	23	3.6	6	6.9	2.1	0.7
	最大值	43	5.4	9	7.5	5.7	0.9
	最小值	5	1.4	3	6.6	0.5	0.3

从表2可见,组合式生物膜SBR工艺运行稳定,出水水质可达到设计标准,特别是对NH<sub>3</sub>-N的去除效果良好。

#### 5 结论

组合式生物膜SBR工艺用于小区生活污水处理回用,处理效果好、运行稳定、占地省、对周边环境影响小,适用于建筑面积>10×10<sup>4</sup>m<sup>2</sup>的小区污水处理回用工程。

#### 参考文献:

- [1] 沈光范,徐强. 积极稳妥地开展中水回用工作[J]. 中国给水排水,2001,17(4):31-32.
- [2] 张统. SBR及其变法污水处理与回用技术[M]. 北京:化学工业出版社,2003.
- [3] 李艳芬,张传义,张雁秋,等. 不同工况下膜-SBR工艺的除污效能研究[J]. 中国给水排水,2008,24(13):14-17.

E-mail:lin3417@163.com

收稿日期:2009-01-09

#### · 工程信息 ·

### 山东省阳谷县污水深度处理及回用水一期工程

该工程建设处理污水规模为4×10<sup>4</sup>m<sup>3</sup>/d,深度处理回用水为2×10<sup>4</sup>m<sup>3</sup>/d,管网总长度为30km。主要建设集水池、折板絮凝沉淀池及附属设施,厂址选在城区西北部,占地为5.33hm<sup>2</sup>。建设内容包括污水处理系统、回用水系统、污泥处理系统及辅助设施、厂外配套管网等。一期工程投资为8700万元,其中污水处理及回用水工程为5018万元,管网工程为3682万元;建设单位:山东阳谷县环境保护局;建设周期:2009年1月—2009年12月。

(武云甫 任晓艳 供稿)