

改良 SBR+深度处理工艺在广东某污水处理厂二期工程中的应用设计

郑浩

南京市市政设计研究院有限责任公司

DOI: 10.12238/ems.v7i3.12172

[摘要] 广东某污水处理厂位于粤东地区, 主要收集和處理上游镇区范围内生活污水和少量工业污水, 一期建成规模为 1.5 万吨每天, 本次扩建 2.0 万 m³/d, 建成后总处理规模 3.5 万 m³/d。本次二期工程采用预处理+改良 SBR+高密度沉淀池+接触消毒工艺, 设计出水水质标准执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002) 一级 A 标准和广东省地方标准《水污染物排放限值》(DB44/26-2001) 第二时段一级标准较严者。

[关键词] 污水厂; 改良 SBR; 一级 A

1 工程背景

随着经济快速发展, 广东省粤东地区生态环境压力也与日俱增, 环境问题已成为制约经济社会发展的最大问题。在城市建设中, 市政给排水系统的污水处理关键技术, 属于十分重要的环节^[1]。该污水厂现状规模为 1.5 万 m³/d, 污水处理厂已满负荷运营。随着人口的增长和经济社会发展, 污水排放量的也日益增加; 同时, 污水处理厂服务范围内污水收集管网日益完善, 污水收集效能进一步提升, 其现状处理能力已不能满足发展的需要, 因此亟需扩大污水处理厂处理能力,

防止污水入河, 污染环境。

2 污水处理厂现状

2.1 进出水水质分析

为了准确分析和把握本工程污水厂的水质变化情况, 对污水处理厂近三年的实际进出水水质总体情况进行了统计和分析, 结果如下: 如表 1-1 及表 1-2 所示。

设计出水水质执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002) 一级 A 标准和广东省地方标准《水污染物排放限值(DB44/26-2001)》第二时段一级标准两者中较严者。

表 1-1 近三年进水水质总体情况分析表 单位: mg/L

序号	指标	COD _{Cr}	BOD ₅	氨氮	TN	TP	SS
一	最小值	28.48	5.80	2.25	4.42	0.20	12.00
二	平均值	85.98	25.64	9.47	12.51	0.98	81.41
三	95%保证率	169.00	50.96	17.85	20.43	2.45	272.00
四	最大值	310.00	89.90	35.65	37.04	4.72	486.00
五	设计值	250.00	130.00	25.00	30.00	4.00	150.00

表 1-2 近三年出水水质总体情况分析表 单位: mg/L

序号	指标	COD _{Cr}	BOD ₅	氨氮	TN	TP	SS
一	最大值	39.00	9.90	4.75	14.73	0.49	10.00
二	设计标准	40.00	10.00	5.00	15.00	0.50	10.00

由此可知, 该污水厂实际进水水质在 95%保证率下, 除 SS 外, 均在设计值以内, SS 值偏高, 经分析可知, 是由于部分雨水合流管, 初期雨水中 SS 含量增加, 随着近年来雨污分流工作的有效开展, 雨水进入污水管网的情况得到有效缓解, 并在逐步改善。实际出水水质能稳定达到设计出水水质标准。

2.2 污水处理工艺分析

根据污水处理厂进水、出水水质指标, 其要求达到的处理程度如下表所示, 可以看出, 本工程污水处理工艺主要以去除有机污染物为主, 同时应具有脱氮除磷的功能。为达到既定的污水出水水质目标, 须采用生化法进行二级处理、高效沉淀及消毒等深度处理工艺。如下表 2-1 所示:

表 2-1 某污水处理厂二期工程污水处理程度表 单位: mg/L

污染物名称	BOD ₅	COD _{Cr}	SS	TN	NH ₃ -N	TP
设计进水水质	130	250	150	30	25	4
设计出水水质	10	40	10	15	5	0.5
去除率 (%)	92.30	84.00	93.33	50.00	80.00	87.5

由上表可以看出, 常规二级处理工艺基本能有效去除 BOD₅ 和 COD_{Cr}, 但对氮和磷的去除是有一定限度的, 仅从剩余污泥中排除氮和磷, 氮的去除率约为 10~20%, 磷的去除率约为 12~19%, 达不到本次氮和磷去除率的要求。因此, 必需采用污水脱氮除磷工艺。同时, 生物脱氮除磷技术成本低、可持续性好, 被广泛用于污水处理中^[3]。

在常规二级处理工艺上除磷脱氮, 对 BOD₅ 的去除将进一步提高, 大量具备除磷脱氮功能的二级处理工艺工程实践也

表明对 BOD₅ 的去除可以达到 95%以上, 因此, 对 BOD₅ 而言, 具备除磷脱氮功能的二级处理工艺可以满足其去除要求; 另外, 由于要保证出水氨氮浓度要求和硝化效果, 要求生化阶段较长的曝气时间, 如此势必影响污泥的沉降性能, 从而使 SS 稳定在 10mg/L 以下有一定难度。此外, 通过深度处理, 污水中的污染物得到有效控制, 这使得处理后的水能够达到更加严格的排放或利用标准^[2]。

综上所述, 本工程污水处理工艺须以具有脱氮除磷的二

级活性污泥法或生物膜法为基础，增加深度处理，方能保证出水水质稳定达标。

原水→粗格栅及进水泵房（利旧）→细格栅及旋流沉砂

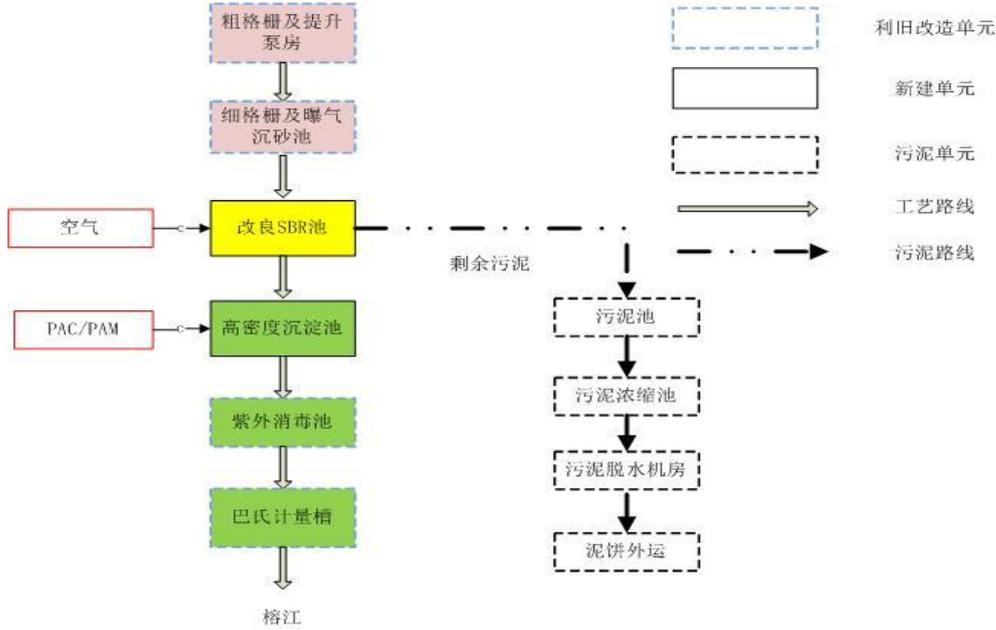


图 2-1 污水处理厂二期建设工程工艺流程

3 工程设计

3.1 粗格栅及进水泵房（改造）

本构筑物为现状构筑物，设计规模为 4.5 万 m³/d，总变化系数 1.53。设备配置为大泵两台（参数如下：Q=956.25m³/h，H=17m，N=75kW），小泵两台（参数如下：Q=312.5m³/h，H=17m，N=30kW），原运行模式为“旱季平均日开启 2 台小泵；旱季最高日开启 1 台大泵和 1 台小泵；雨季开启全部水泵”。

经校核，土建可满足本次扩建需求，仅需对水泵配置进行调整，两台大泵利旧，更换小泵，更换后两台小泵参数为 Q=502m³/h，H=17m，N=37kW，配 1 台变频，运营模式调整为“旱季平均日 1 台大泵和 1 台小泵；旱季最高日开启 2 台大泵和 1 台小泵；雨季开启全部水泵”；根据《室外排水设计标准》(GB50014-2021)，旱季总变化系数由原 1.53 调整为 1.66。

3.3 改良 SBR 生化池（新建）

(1) 工艺描述

改良 SBR 池是整个污水处理工艺的核心部分，是一种将传统工艺中厌氧池、缺氧池、好氧池、沉淀池有机优化融合而成的曝气沉淀一体化新型生化处理工艺，其集进水、反应、沉淀、排水为一体。主要功能为去除污水中 BOD₅、COD_{Cr}、氨氮、TN 及 TP 等污染物。本工程共设计改良 SBR 生化反应池 1 座分 4 组，每组可独立运营，互不干扰，设计规模 2.0 万 m³/d。

(2) 设计参数

- 设计规模：Q 平均=833.33m³/h
- 结构类型：SS304 不锈钢结构（成套设备）
- 设计水温：最低 15oC
- 混合液浓度：6.5gMLSS /L
- 有效水深：8.2m
- BOD₅ 污泥负荷：0.06kg BOD₅/kgMLSS·d
- 汽水比：2.7：1
- 充水比：0.30

池（利旧改造）→进水井→改良 SBR 生化池→高效沉淀池→紫外消毒渠（利旧改造）→巴氏计量槽（利旧）→达标排放，具体工艺流程见下图 2-1。

进水周期：6 次/d

运行周期：4.2h，其中每个周期反应时间 2.2h，沉淀时间 1h，排水时间 1h。

(3) 尺寸

设备圆柱体：φ21.0×8.7m

设备基础：平面尺寸 95.8m×26.0m，厚度 0.7m，采用钢筋混凝土结构

(4) 主要设备

- A、均匀布水器：4 套，成套布水系统，定制加工，两侧立管法兰连接，HDPE；
- B、气动蝶阀：4 台，开关型，D641X-10Q，DN500，PN10，QT450；
- C、气动球阀：4 台，气动球阀，开关型，Q641X-10Q，DN32，PN10，QT450；
- D、立轴搅拌器：4 台，D=4000mm，N=22kW，n=30rpm，SS304，均设变频，配套工作桥，每个周期运行时间 1h，每天运营 6 个周期；
- E、气动蝶阀：4 台，开关型，D641X-10Q，DN250，PN10，QT450；
- F、集水槽：4 套，B×H=300×465mm，SS304；
- G、板条曝气器：4 套，设备成套，EPDM，成套提供，包含立管接口法兰、补气管路、固定支架、螺栓、配套冷凝水排气管；
- H、曝气切换阀门：4 套，气动蝶阀，DN200，PN10，材质需耐高温 B×H=1.4×1.5m，2 台；
- J、液位调整阀门：4 套，开关型，D641X-10Q，DN500，PN10，QT450；
- K、排泥切换阀门：4 套，开关型，D641X-10Q，DN150，PN10，QT450；
- G、钢制主体：直径 φ21.0×高 H 8.7m，主体 SS304。

3.4 高效沉淀池及中间提升泵房
该污水处理二期工程高效沉淀池与中间提升泵站合建在

一起。其中高效沉淀池设计规模 4 万 m^3/d , $Kz=1.34$ 。中间提升泵站设计规模 7 万 m^3/d , $Kz=1.34$, 同时为一、二期工程服务。

3.4 进水井及污泥泵房 (新建)

(1) 设计描述

进水井为 SBR 进水池, 配套有提升泵等设备, 污泥泵房为污泥暂存和转输提供场所。

(2) 设计参数

设计规模: 2.0 万 m^3/d

(3) 设计尺寸

平面尺寸: 16.7m \times 6.2m;

有效水深: 4.5m, 总深度 5.0m;

(4) 主要设备

A、潜污泵: 3 台, $Q=692m^3/h$, $h=14m$, $N=45kW$, 2 用 1 备, 均变频, 铸铁;

B、电动葫芦: 1 台, 起重量 2t, 提升高度 12m, $N=1.5+0.2kW$, 铸铁;

C、管道混合器: 1 套, DN500, PN10, 配套法兰连接, 设 DN32 加药接口;

D、撇渣器滑轨, 1 套;

E、排渣斗: 1 套;

F、污泥泵 (潜污泵): 2 台, 1 用 1 备, $Q=80m^3/h$, $H=7m$, $N=3.0kW$

3.5 高效沉淀池 (新建)

(1) 设计描述

本工程共设计高效沉淀池 1 座, 设计规模 2.0 万 m^3/d , 内分两组。

高效沉淀池由机械混合池、机械反应池、斜管沉淀池组成。集混合、反应、沉淀功能于一体, 具有去除 COD、SS、磷等作用。高效沉淀池内可分出 3 个主要的区域:

混合区: 安装有快速搅拌器, 投入碱式氯化铝 (PAC), 使药剂与污水充分混合后, 流入絮凝区。絮凝区: 安装慢速搅拌器, 投入絮凝剂 (PAM), 形成个体较大且易于沉淀的絮凝体。沉淀区: 设置有斜板, 池面设出水堰, 沉淀区下部是浓缩区, 安装有浓缩刮泥机, 将沉淀下来的污泥刮至池底中部, 排出池外。

(2) 设计参数

设计规模: 2.0 万 m^3/d , $Q_{ave}=833.3m^3/h$

总变化系数: $Kz=1.66$

表面水力负荷: $7.94m^3/m^2 \cdot h$

混合时间: 120s

絮凝时间: 15min

污泥回流: 3%~6%

阴离子 PAM 投加量: 1.0mg/L, 浓度 0.1%

PAC 投加量: 30mg/L 投加浓度 10%, 投加液体 PAC

(3) 平面尺寸

平面尺寸 21.80m \times 6.2m, 池高 6.00m, 设推拉式遮阳帘

池数: 2 座

(4) 主要设备

A、混合搅拌机: 2 台, 浆叶直径 $D=1300mm$, $N=3.0kW$, S30408 不锈钢, 配套 1.2m 钢平台 (自带栏杆), 额定转速: 48r/min, 变频;

B、絮凝搅拌机: 2 台, 配导流筒导流筒直径 2000mm, $N=4.0kW$, S30408 不锈钢, 变频;

C、中心传动刮泥机: 2 台, $D=9m$, $n=0.2\sim 0.1rpm$, $N=0.55kW$, 水下不锈钢, 带过载保护装置, 变频;

D、污泥回流泵: 2 台, $Q=25m^3/h$, $H=5m$, $N=2.2kW$, 变频;

E、剩余污泥泵: 2 台, $Q=25m^3/h$, $H=10m$, $N=3.0kW$;

F、备用污泥泵: 2 台, $Q=25m^3/h$, $H=10m$, $N=3.0kW$;

G、潜水排污泵: 2 台, 1 用 1 库备, $Q=10m^3/h$, $H=5m$, $N=0.75kW$, 集水坑排空用;

H、叠梁闸门: 2 套, $B\times H=1000\times 1650mm$, S30408;

J、斜管填料: 105 平方米, 斜长约 1.0m, 安装角度 60 度, 斜管内径 $\varnothing 80$

K、集水槽: 28 套, $B\times H=300\times 230mm$, $L=4.0m$, $\delta=4mm$, SS304

L、三角出水堰: 56 套, $H=200$, $L=3.75m$, $\delta=4mm$

M、电动葫芦: 1 台, CD10.5-9, $N=0.8+0.2kW$

N、轴流风机: 2 台, $Q=3500m^3/h$, $N=0.37kW$

P、排渣管: 2 套, DN200, 手动可调节, 配套支架

4 工程运行效果分析

该自建成投入运营以来, 运行效果良好, 各项污染物出水稳定, 出水达到《城市污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002) 的一级 A 标准和广东省地方标准《水污染物排放限值》(DB44/26-2001) 第二时段一级标准较严者。对本工程主要污染指标进行整理和分析, 结果显示出水水质稳定达到甚至优于设计出水标准。具体数据如下:

表 4.2-2 污水处理厂出水水质 (mg/L)

污染物指标	COD (mg/L)	BOD5 (mg/L)	NH3-N (mg/L)	T-N (mg/L)	T-P (mg/L)	SS (mg/L)
95%概率下出水浓度	32.11	1.64	5.6	14.33	0.35	9.51
90%概率下出水浓度	29.54	1.43	5.4	13.65	0.29	8.88
85%概率下出水浓度	28.13	1.35	5.3	12.11	0.25	8.41
均值	29.93	1.47	5.43	13.36	0.30	8.93
一级 A 标准	40	10	5	15	0.5	10

5 结论

1、该污水厂主要收集和广东省粤东地区某经济区内生活污水, 采用预处理+改良 SBR+深度处理工艺, 设计出水水质标准执行《城市污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002) 的一级 A 标准和广东省地方标准《水污染物排放限值》(DB44/26-2001) 第二时段一级标准较严者;

2、本工程自建成以来, 能稳定达标, 且全部指标在 95% 保证率下, 均能稳定优于设计出水标准。

【参考文献】

- [1] 蒲嘉懿. 市政给排水设计中污水处理关键技术相关思考 [J]. 城市建设理论研究 (电子版), 2025, (01): 190-192.
 [2] 孙萌萌. 城市生活污水处理中深度处理工艺的应用研究 [J]. 皮革制作与环保科技, 2024, (17): 148-150.
 [3] 操泽贤. 反硝化除磷脱氮机理及其工艺研究进展 [J]. 水处理技术, 2024, (08): 7-13.