

The SBR Method of Treatment of Domestic Sewage Engineering Reconstruction and Operation Optimization Examples

Weican Lu

Guangdong Sichuang Environmental Engineering Co., Ltd., Guangzhou, Guangdong, 510220, China

Abstract

Sequencing Batch Reactor Activated Sludge Process (SBR), as an efficient wastewater treatment technology, discusses the implementation effect and operation problems of SBR process in the removal of organic matter and nitrogen and phosphorus removal. The research results indicate that the SBR process has excellent treatment effects on COD, ammonia nitrogen, and total phosphorus in domestic wastewater. The average removal rate of CODCr is 91.2%, the average removal rate of ammonia nitrogen is 95.1%, and the average removal rate of total phosphorus is 84.7%. The effluent meets the first level standard of the second period of the Guangdong Province local standard Water Pollutant Discharge Limits (DB44/26-2001). By optimizing the SBR process operation of the modified case, the process operation cycle was shortened, the overall energy consumption of the sewage treatment system was reduced by about 9.4%, and the stability of nitrogen and phosphorus removal in the sewage treatment system was improved.

Keywords

sequencing batch reactor activated sludge process; nitrogen and phosphorus removal; engineering example; sewage treatment; process optimization

SBR 法处理生活污水工程改造及运行优化实例

卢伟灿

广东思创环境工程有限公司, 中国 · 广东 广州 510220

摘要

序批式活性污泥法 (SBR) 作为一种高效的污水处理技术, 本研究通过对某实际工程实例的详细分析, 探讨了 SBR 工艺在去除有机物及脱氮除磷的实施效果和运行问题。研究表明, SBR 工艺处理生活污水的 COD、氨氮和总磷均有优异的处理效果。COD_{Cr} 平均去除率为 91.2%, 氨氮平均去除率为 95.1%, 总磷平均去除率为 84.7%, 出水达到广东省地方标准 DB44/26—2001《水污染物排放限值》第二时段一级标准。通过对该案例的 SBR 工艺运行的优化, 缩短了工艺运行周期, 降低了整体污水处理系统能耗约 9.4%, 提升了污水处理系统脱氮除磷的稳定性。

关键词

序批式活性污泥法; 脱氮除磷; 工程实例; 污水处理; 工艺优化

1 引言

序批式活性污泥法 (SBR) 是一种常用的废水处理技术, 通过连续进行反应、沉淀和排放等步骤, 有效地实现了废水脱氮和除磷的目标。本研究旨在探讨 SBR 工艺在污水处理中的应用, 通过对污水处理系统的优化和运行参数的调整, 实现了高效的有机物降解和脱氮除磷效果。通过系统的实验研究和数据分析, 期望能够为实际工程应用提供科学依据和技术支持。

2 工程实例背景

2.1 序批式活性污泥法 (SBR) 简介

序批式活性污泥法 (Sequencing Batch Reactor, SBR) 是一种间歇式的废水处理工艺, 其基本原理是通过时间上的分段操作, 实现废水的生物处理。SBR 工艺的运行周期通常包括进水、反应、沉淀、排水和闲置五个阶段。通过这种方式, SBR 能够在一个反应器内完成传统活性污泥法所需的多个处理单元操作, 从而简化了工艺流程, 降低了占地面积和建设成本。

在脱氮除磷方面, SBR 工艺具有显著的优势。其一, SBR 工艺通过时间上的分段操作, 可以灵活地调整反应条件, 满足不同阶段对溶解氧、碳源和营养物质的需求, 从而实现高效的脱氮除磷效果。其二, SBR 工艺的间歇式操作

【作者简介】卢伟灿 (1986—), 男, 中国广东广州人, 本科, 工程师, 从事污水处理及废气治理工程技术研究。

模式，有助于形成良好的厌氧、缺氧和好氧环境，促进硝化、反硝化和生物除磷过程的顺利进行。

然而，尽管 SBR 工艺具有诸多优点，但在实际应用中仍面临一些挑战。例如，SBR 工艺的间歇式操作模式，可能导致处理效率的波动。此外，SBR 工艺的运行管理相对复杂，需要精确控制各个阶段的操作参数，以确保系统的稳定运行

尽管如此，SBR 工艺在污水处理中的应用前景依然广阔。通过不断的技术创新和工艺优化，可以进一步提高 SBR 工艺的处理效率和稳定性，降低运行成本和能耗，实现更高效的污水处理效果。在当前环保政策日益严格的背景下，SBR 工艺作为一种高效、灵活的污水处理技术，具有重要的应用价值。

综上所述，序批式活性污泥法（SBR）作为一种间歇式的废水处理工艺，具有显著的脱氮除磷优势和灵活的操作模式。

2.2 改造工程实例背景

该工程实例是广州市南沙区某企业的污水处理系统改造项目，设计处理规模为 1600 吨 / 天，主要处理来自厂区的生活污水，出水水质要求执行广东省地方标准 DB44/26—2001《水污染物排放限值》第二时段一级标准，见表 1。

表 1 污水排放执行排放标准
(pH 值无量纲，其他污染物浓度单位为 mg/L)

污染物	COD _{Cr}	BOD ₅	SS	pH	氨氮	总磷	动植物油
浓度	90	20	60	6~9	10	0.5	10

污水站主要采用 SBR 法生化处理 + 化学除磷工艺。采用了 3 个 SBR 池并联运行、分时段交替进水的运行方式，污水经提升后进入其中一个 SBR 池生化处理，SBR 池出水再进行化学除磷沉淀处理，除磷剂的投加利用在线监测设备自动操作，根据 SBR 池出水的总磷浓度自动计算加药量并投加除磷剂，确保总磷达标后外排。污水处理工艺流程见图 1。

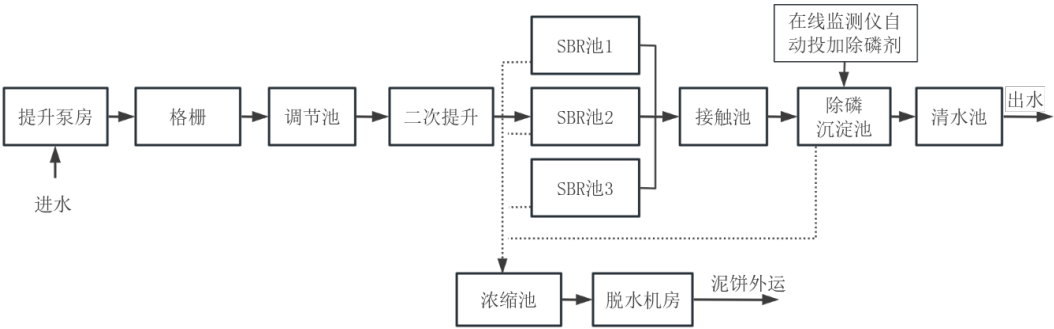


图 1 污水处理工艺流程

污水处理站已运行多年，部分设施老化，因此需要实施改造。改造前主要存在以下问题：

① SBR 池采用穿孔管曝气，管网存在破损漏气、堵塞等问题，曝气不均匀，部分区域长期溶解氧低于 1.0mg/L，污泥活性低，出水水质不稳定，氨氮超标。

②部分区域由于得不到有效的曝气搅拌，造成污泥沉积。

③ SBR 出水设有化学除磷工序，工艺设计需要待前一个 SBR 池的出水处理完毕后才能进行下一池排水，由于运行方式不够合理，经常出现 SBR 池沉淀时间过长。污水长时间在池内静置过程中，部分总磷重新释放，加剧了出水总磷的偏高。从而导致后续除磷剂投加量加大，增加了运行成本。

④化学除磷沉淀池采用钢结构一体化设备处理，设备防腐层破损，池体腐蚀严重，需要更换。

污水站改造措施如下：

①清理 SBR 池。SBR 水池底部部分区域污泥淤积厚度达 50cm。池体排空后需将沉积于底部的泥沙清理干净，清

理方式主要采用特种清洗清污车。

②将原破损的穿孔曝气管更换为微孔曝气系统，将曝气方式由穿孔曝气更改为微孔曝气。改造前的曝气系统采用穿孔曝气方式，氧利用率低，曝气管堵塞、破损后，溶解氧持续偏低。有机物分解速率慢，导致生化反应时间延长，溶解氧偏低还使得硝化反应受阻，这是造成氨氮超标的主要原因。改造后，在保留使用原有罗茨鼓风机的情况下，溶解氧量得到明显的提升。有机物分解速率和硝化反应的效率都得到了有效的改善。

③为尽可能缩短调试的周期，采用了投加干污泥和葡萄糖重新培养菌种的方式进行调试。调试过程为：投放部分生活污水至 SBR 池内，再使用其他仍在运行的 SBR 池出水将水池充满，往池内投加干污泥及葡萄糖进行闷曝培养，连续 2 天后，开始逐日提高生活污水进水量，经过 10 天左右的培养调试后，出水指标基本稳定。

④为确保改造期间的生活污水仍可得到有效处理，本次采用了逐池改造方式，每次只清理一个 SBR 池，且待 SBR 池调试完成，运行正常出水达标后再启动下一个池的

改造工作。

⑤拆除原钢结构一体化除磷沉淀池，安装新的除磷沉淀池。

⑥3个SBR池均改造完成后，启动联动调试，并持续对调试期间的各项运行数据及出水水质数据的采集分析，针对性采用各项优化措施，调整SBR工艺的运行周期和反应时间，优化微生物群落结构，提高系统的稳定性和处理效果，尽可能降低SBR池出水总磷，减少后续除磷剂用量，降低运行成本。

3 分析方法与数据收集

分析方法与数据收集主要采用以下两种方法相结合的

表 2 SBR 工艺系统对 COD_{Cr}、氨氮、总磷的去除效果监测数据（mg/L）

指标	运行天数	15d	20d	25d	30d	35d	平均
COD _{Cr}	进水	396	383	283	415	365	368.4
	SBR 出水	38	36	26	33	29	32.4
	去除效率	90.4%	90.6%	90.8%	92.0%	92.1%	91.2%
氨氮	进水	40.3	38.2	39.6	32.5	38.7	37.86
	SBR 出水	2.3	1.6	2.1	1.9	1.3	1.84
	去除效率	94.3%	95.8%	94.7%	94.2%	96.6%	95.1%
总磷	进水	4.6	4.4	3.9	4.1	4.8	4.36
	SBR 出水	0.63	0.72	0.58	0.74	0.65	0.66
	去除效率	86.3%	83.6%	85.1%	82.0%	86.5%	84.7%

5 运行优化分析

5.1 脱氮除磷工艺的实施过程

在该工程实例中，在工艺设计方面，采用了SBR工艺的间歇式操作模式，通过时间上的分段操作，实现了高效的有机物降解和氨氮总磷去除。SBR工艺的灵活性使其能够适应不同的水质和负荷变化，提高了系统的稳定性。

设备选型是工艺实施过程中的关键环节。为了确保SBR工艺的高效运行，选用了高效的曝气设备和精密的在线监测仪器。曝气设备的选择直接影响到反应器内的溶解氧浓度，从而影响硝化和反硝化过程的效率。在线监测仪器则用于监测总磷指标，确保除磷剂投加量的精准控制。通过对设备的精心选型和合理配置，确保了SBR工艺的高效稳定运行。

在运行参数设定方面，SBR工艺的运行周期和反应时间是影响处理效果的关键因素。通过对历史运行数据的分析，优化了各阶段的运行参数。例如，在进水阶段，控制进水流量和时间，确保反应器内的有机负荷在适当范围内。在反应阶段，通过调整曝气时间和强度，优化溶解氧浓度，促进硝化和反硝化过程的顺利进行。在沉淀阶段，控制沉淀时间，确保污泥的良好沉降性能，避免污泥流失。在排水和闲

方式：①在现场使用便携性水质分析仪快速测定；②通过委托有资质的第三方检测机构进行采样分析检测。

4 运行效果

通过对SBR工艺的实际运行效果进行分析，数据表明SBR工艺对COD_{Cr}、氨氮和总磷均有优异的处理效果。平均进水COD_{Cr}为368.4mg/L，经SBR处理后平均出水COD_{Cr}为32.4mg/L，去除率为91.2%；平均进水氨氮为37.86mg/L，SBR平均出水氨氮为1.84mg/L，去除率为95.1%；平均进水总磷为4.36mg/L，SBR平均出水总磷为0.66mg/L，去除率为84.7%。具体结果见表2。

置阶段，通过合理的时间控制，确保系统的稳定运行和高效处理。

5.2 工艺运行优化探讨

SBR工艺的运行周期包括进水、反应、沉淀、排水和闲置五个阶段，每个阶段在时间上相互独立且连续进行。通过对各阶段的优化控制，可实现在一个池体同时进行分解有机物和脱氮除磷的优异效果。本项目调试阶段，通过对改造前后的运行数据进行对比分析，并采取了相应的优化改进措施：

①缩短曝气反应时间，降低运行能耗，提高污水系统的稳定性。

项目改造前的运行周期为进水1h，反应时间7h，沉淀时间2h，排水时间1h，平均每个SBR池每天运行一个周期。改造后，由于新微孔曝气系统曝气效率的提升，通过对运行数据的分析，发现4~5h的反应时间即可将有机物有效降解。将曝气反应时间缩短为5h，在保证出水水质的情况下，能够缩短运行周期，提高整体污水处理系统的处理效率。减少鼓风机的运行时间，整体污水处理系统能耗降低约9.4%，有效降低了系统能耗和运行成本，提高污水系统的稳定性。图2为不同曝气反应时间的COD和溶解氧数据变化。

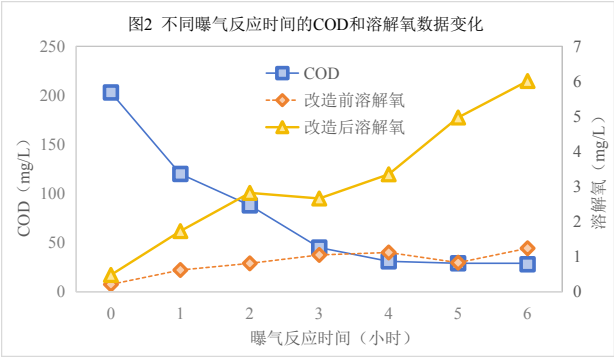


图 2 不同曝气反应时间的 COD 和溶解氧数据变化

②加强系统的运行管理工作，协调好 3 个 SBR 池之间的运行协作，严格控制曝气反应后的沉淀时间。

系统调试运行过程中，发现 SBR 出水总磷指标偏高，且有较大的波动，沉淀时间较长的出水总磷指标普遍较高。通过对沉淀时间 2h 与 6h 后的 SBR 池进行采样分析，发现沉淀 6h 的总磷指标均有不同程度的升高，见表 3。

表 3 不同沉淀时间的 SBR 池总磷指标对比

	第 1 组	第 2 组	第 3 组	第 4 组	第 5 组
沉淀 2 小时	0.37	0.28	0.31	0.29	0.53
沉淀 6 小时	1.34	0.64	0.96	1.01	0.98

上述数据表明，在沉淀阶段，过长的停留时间会导致已经沉淀的污泥中的磷重新释放到水中。在厌氧环境中，聚

磷菌无法进行磷酸盐的同化作用，会将之前在好氧条件下过量吸收的磷重新释放出来，以维持细胞内的电荷平衡。

通过对沉淀时间的优化，将沉淀时间控制在 2h，避免过长的沉淀导致磷的重新释放，可有效减少后续化学除磷的加药量，降低药剂使用成本，提高系统稳定性。

6 结语

① SBR 工艺对生活污水的 COD、氨氮和总磷均有优异的处理效果。COD_{Cr} 平均去除率为 91.2%，氨氮平均去除率为 95.1%，总磷平均去除率为 84.7%。

②通过对 SBR 池运行参数的分析，优化曝气反应时间的控制，减少鼓风机的运行时间，使整体污水处理系统能耗降低约 9.4%。

③通过对沉淀时间的优化，将沉淀时间控制在 2h，可避免过长的沉淀时间导致的磷的重新释放，降低总磷出水指标，提高污水处理系统的稳定性。

参考文献

- [1] 韩健,刁法林,李美玲.SBR法在污水处理中心化学污水处理工程中的应用[J].化学工程师,2024,38(10):48-52.
- [2] 曹宇浩,张跃,杨永刚,等.赵楼煤矿生活污水站改扩建设计[J].绿色科技,2024,26(12):87-92.
- [3] 王兴斌.污水处理厂扩建工程设计及运行实例[J].城市道桥与防洪,2024(1).
- [4] 李燕.污水处理脱氮除磷工艺的研究进展[J].中国资源综合利用,2020,38(6):105-107.