

A/O+MBBR 工艺分段进水改造研究

王伊林 马凌雪 李春向 胡珍珍

河北建投衡水水务有限公司, 中国·河北 衡水 053000

摘要: AO+MBBR 工艺属于活性污泥和生物膜组合的污水处理工艺, 利用悬浮物生长的活性污泥和附着生长的生物膜构成一个综合处理污水的微生物体系, 此工艺丰富了微生物类型和数量, 处理效果较好, 尤其是在污水厂提标改造工程中较为常见。2020 年衡水市某污水厂在进行提标改造工程时, 将原有速分池改造成 MBBR 池, 与原 AO 池串联, 形成 AO+AO (MBBR) 工艺, 为使 MBBR 工艺发挥更大的作用, 污水厂进行分段进水改造, 通过不同分配比例将原水输送至各级缺氧池前端, 重新分配负荷, 最大限度激发生物膜法+活性污泥法工艺的优越性, 提高整个系统的抗冲击能力, 提高污水厂稳定运行; 同时可以实现原水中的碳源最大化利用, 降低运行成本。

关键词: A/O; MBBR; 分段进水

Research on Segmented Water Inlet Transformation of A/O+MBBR Process

Yilin Wang Lingxue Ma Chunxiang Li Zhenzhen Hu

Hebei Construction Investment Hengshui Water Co., Ltd., Hengshui, Hebei, 053000, China

Abstract: AO+MBBR process is a sewage treatment process that combines activated sludge and biofilm. It uses suspended solids grown activated sludge and attached biofilm to form a comprehensive microbial system for sewage treatment. This process enriches the types and quantities of microorganisms, and has good treatment effects, especially in sewage plant upgrading and renovation projects. In 2020, during the upgrading and renovation project of a sewage treatment plant in Hengshui City, the original rapid separation tank was transformed into an MBBR tank, which was connected in series with the original AO tank to form the AO+AO (MBBR) process. In order to make the MBBR process play a greater role, the sewage treatment plant underwent segmented water inlet transformation, and the raw water was transported to the front end of each anoxic tank through different distribution ratios to redistribute the load and maximize the superiority of the biofilm and activated sludge processes, improve the impact resistance of the entire system, and enhance the stable operation of the sewage treatment plant; At the same time, it can maximize the utilization of carbon sources in raw water and reduce operating costs.

Keywords: A/O; MBBR; segmented water inflow

0 前言

20 世纪 90 年代, 国外开始广泛采用分段进水工艺用于新建和改造污水处理厂。中国学者也在持续关注这一工艺, 在近十年时间里, 中国部分高校和设计院开展了深入研究, 并逐步从理论试验发展到实际工程, 目前中国已建有数座分段进水多级 A/O 反应池。分段进水可将原污水流量按比例分配并输送到各级缺氧池前端, 实现原水中的碳源最大化利用, 同时具有抗冲击负荷的能力^[1]。分段进水工艺不仅可以达到较高的 TN 去除率, 而且可以省去硝化液的内回流, 所需的反应池容积以及 HRT 比传统生物脱氮除磷工艺均明显降低, 尤其适用于处理低 C/N 比值污水。

衡水市某污水处理厂于 2002 年竣工投产, 设计处理规模 10 万 m³/d, 主要处理主城区生活污水, 2020 年进行提标改造, 出水水质标准执行 DB13/2796—2018《子牙河流域水污染物排放标准》及 DB13/2797—2018《黑龙港及运东流域水污染物排放标准》重点控制区标准。提标改造完成后, 虽然出水水质能够达标, 但大部分污染物在一级 AO 段已经被

去除, 如 COD 去除率为 90% 左右, NO₃-N 去除率为 60% 左右, NH₃-N 去除率为 90% 左右, TN 去除率为 65% 左右, MBBR 池长期处于低负荷运行状态。

这种串联的 AO+MBBR 工艺, 原水直接进入一级 AO, 一方面导致两个生物池负荷不均衡, MBBR 池负荷长期处于较低状态, 不利于微生物的正常驯化, 没有达到应有的处理效果; 另一方面, 原水中的碳源全部经过一级 AO 消耗, 需要在二级生化段补充大量的外加碳源, 不利于节能降耗。进行分段进水改造后, 将一部分原水跨越一级 A/O 直接进入 MBBR 系统, 以达到进一步均衡两级 A/O 系统的负荷分配目的, 实现原水中的碳源最大化利用, 减少补充碳源投加量, 降低运行成本; 同时能够最大限度激发 MBBR 池能力, 具有应对水力冲击负荷等不利因素的能力^[2], 保障污水处理厂安全稳定运行。

1 改造方案与试验方法

1.1 改造方案

项目分为两步: 一是实施分段进水改造工程, 经设计

单位设计, 铺设管道连通 A/O 池和 MBBR 池, 在 A/O 池进水端安装潜水轴流泵, 将部分污水提升至 MBBR 池, 实现分段进水, 同时在增设管道上安装阀门和流量计, 可自由切换水量分配比例, 增加运行调控灵活性, 为平稳运行增加保障。二是工程完工后, 进行调试运行, 根据进水指标和沿程主要参数实际情况, 由小到大逐步提升流量, 探索两端生物系统进水最佳分配比例, 最大限度激发 MBBR 池能力, 具有应对水力冲击负荷等不利因素的能力, 保障污水厂安全稳定运行; 同时, 实现原水中的碳源最大化利用, 减少碳源投放量, 降低运行成本。

1.2 试验方法

管道及阀门等安装完成后, 根据进水指标及在线监测各项指标参数, 由小及大进行 MBBR 分配进水试验, 分配流量数据如表 1 所示。

表 1 分段进水分配流量表

分段进水流量变化时间	进水总流量 m ³ /h	分配流量 m ³ /h
2023.12.12	3822	开启 300
2023.12.17	3650	390
2023.12.30	3906	600
2024.1.2	3613	500
2024.1.8	3493	400
2024.1.9	3800	600
2024.1.14	3421	500
2024.1.15	3456	580
		520
2024.1.17	3462	420
		520
		470
2024.1.18	3315	400
2024.1.19	3308	350
2024.1.20	3137	关闭

由于小试时处于冬季, 正是活性污泥活性较弱, 微生物硝化能力较弱, 极易发生污泥膨胀的季节, 故根据进水浓度及两段生物池的运行情况, 在保证出水达标的情况下, 仅进行了小流量分配试验。

1.3 指标分析与方法

分段进水开启后, 化验室取进水、MBBR 池出水及厂区出水进行检测, 参考《水和废水检测分析方法》(第四版)^[3]对 COD、TN、氨氮等主要指标进行重点检测, 对比不同阶段下出水水质的变化情况, 指标检测方法如表 2 所示。

表 2 指标检测方法

指标	检测方法
COD	重铬酸钾法
TN (以 N 计)	过硫酸钾氧化 紫外分光光度法
氨氮 (以 N 计)	纳氏试剂光度法

除对以上指标进行检测外, 厂区内在 A/O 和 MBBR 两池进口处均设有碳源投加点, 分别计量各池所加碳源量, 利用碳源计量数据对比开启与未开启阶段碳源用量及单耗的差别。

同时厂内中控系统设有两段生物池的鼓风机气量实时数据, 由于分段进水的开启对于氨氮的去除效果和曝气量有一定影响, 因此对比开启与未开启时段的曝气量, 可分析分段进水对于风机气量的影响情况, 总结其节能降耗的效果。

2 结果与讨论

2.1 碳源对比分析

厂区内主体工艺为 A/O+MBBR, 因此在两段生物池均设有碳源投加点, 开启分段进水后, 利用两段碳源投加总量与未开启阶段进行对比, 用量对比如表 3 所示 (表中加粗部分为开启分段进水时数据)。

表 3 碳源用量对比表

流量变化时间	A/O 碳源量 (吨)	MBBR 碳源量 (吨)	当日碳源总量 (吨)
2023.12.1	6.72	14.35	21.067
2023.12.3	5.07	12.95	18.016
2023.12.5	3.15	11.98	15.128
2023.12.7	4.6	14.12	18.719
2023.12.9	5.4	11.15	16.551
2023.12.12	4.15	14.67	18.825
2023.12.17	4.36	16.92	21.278
2023.12.30	2.82	12.87	15.693
2024.1.2	2.16	11.7	13.963
2024.1.8	1.79	9.63	11.419
2024.1.9	2.36	9.94	12.301
2024.1.14	2.47	8.46	10.928
2024.1.15	2.46	8.15	10.613
2024.1.17	2.43	8.59	11.02
2024.1.18	2.33	8.66	10.988
2024.1.19	2.39	9.74	12.132
2024.1.20	2.8	10.12	12.925
2024.1.22	2.96	10.75	13.709
2024.1.24	2.26	10.79	13.047
2024.1.26	2.32	10.77	13.091

由表 1 和 3 可看出, 开启不同分配流量的分段进水, 对于 MBBR 池碳源投加量暂未起到重要影响, 碳源用量在开启与未开启阶段相差无几。

污水厂根据实际情况, 每日进水量不同, 为减去进水量对于碳源用量的影响, 对碳源单耗进行对比分析, 碳源日单耗对比如表 4 所示 (表中加粗部分为开启分段进水时数据)。

表 4 碳源日单耗对比表

流量变化时间	碳源日单耗 (kg/m ³)
2023.12.1	218.5
2023.12.3	215.4
2023.12.5	160
2023.12.7	206.2
2023.12.9	176.3
2023.12.12	204.4
2023.12.17	238.2
2023.12.30	177.4
2024.1.2	165.1
2024.1.8	132.8
2024.1.9	143
2024.1.14	134.9
2024.1.15	131.6
2024.1.17	137.7
2024.1.18	140.5
2024.1.19	155.5
2024.1.20	173.1
2024.1.22	184.9
2024.1.24	172.8
2024.1.26	172.7

由表 4 可以看出,在开启分段进水后,碳源单耗明显降低,由此可证明分段进水的改造,可实现 MBBR 池内微生物对于原水中碳源的最大化利用,降低碳源药剂单耗,减少运行成本。

2.2 出水水质对比分析

分段进水改造的主要目的在于节省碳源,减少运行成本,而碳源的主要影响指标为总氮,因此在小试实验后对出水总氮进行了对比,对比表如表 5 所示(表中加粗部分为开启分段进水时数据)。

表 5 总氮去除率对比表

流量变化时间	进水总氮 (mg/L)	出水总氮 (mg/L)	总氮去除率
2023.12.1	78.67	10.523	0.87
2023.12.3	74.43	10.472	0.86
2023.12.5	71.62	11.688	0.84
2023.12.7	74.25	9.648	0.87
2023.12.9	70.98	9.651	0.86

续表 5

流量变化时间	进水总氮 (mg/L)	出水总氮 (mg/L)	总氮去除率
2023.12.12	73.72	10.338	0.86
2023.12.17	72.37	8.744	0.88
2023.12.30	74.73	8.786	0.88
2024.1.2	76.12	9.14	0.88
2024.1.8	76.87	9.107	0.88
2024.1.9	73.5	8.597	0.88
2024.1.14	73.35	9.942	0.86
2024.1.15	72.97	9.183	0.87
2024.1.17	72.07	8.752	0.88
2024.1.18	73.12	9.428	0.87
2024.1.19	73.68	9.957	0.86
2024.1.20	76.95	10.538	0.86
2024.1.22	75.97	8.186	0.89
2024.1.24	75.45	9.845	0.87
2024.1.26	64.72	10.911	0.83

对比分段进水开启与未开启阶段,总氮的去除率相差无几。但开启分段进水后,部分原水直接进入 MBBR 池进行反硝化,由此可说明在开启分段进水后,MBBR 池内填料附着微生物对污染物的处理能力增强,提高了 MBBR 池的抗冲击负荷能力。

3 结语

分段进水改造完成后,由于小试阶段处于冬季,正是活性污泥中微生物活性较差,硝化能力较弱,考虑出水达标,仅进行小流量分配,相较于污水厂的设计处理能力 10 万吨,分配流量过小,无法起到设计中减少 MBBR 池碳源用量的目的。尽管碳源用量在开启阶段与未开启阶段未有明显差别,但碳源单耗降低,总氮去除率较未开启前无明显差别,AO 段风机气量明显下降,可见分段进水改造后对节能降耗、增强 MBBR 的抗冲击负荷能力起到一定效果,后续运行期间,如有合适机会,进行大流量分配实验,再次验证分段进水的必要性。

参考文献:

- [1] 王拓.分段进水多级AO应用于高出水标准市政污水处理厂工程及运行分析[J].城市道桥与防洪,2024,3(12):120-122.
- [2] 周家中,韩文杰,吴迪,等.MBBR工艺应用于市政污水处理的系列解决方案探讨[J].中国给水排水,2023,39(12):1-12.
- [3] 国家环境保护总局水和废水监测分析方法编委会[M].水和废水监测分析方法(第四版),2002.

作者简介:王伊林(1996-),女,中国河北衡水人,硕士,从事污水处理研究。