

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2021.14.013

MBBR 工艺用于南昌市某污水处理厂提标改造工程

彭江喜, 李益飞, 肖涛, 许文斌, 吴 晗
(南昌市城市规划设计研究总院, 江西 南昌 330038)

摘 要: 南昌市某污水处理厂处理规模为 $20 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 采用卡鲁塞尔氧化沟工艺, 出水水质执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002) 一级 B 标准, 需提标至一级 A 标准。为解决现状生物池缺氧区停留时间不足和好氧区硝化不彻底的问题, 改造工程采用强化生物处理和增设深度处理工艺的措施, 即氧化沟 MBBR 改造 + 高效混凝沉淀 + 回转式过滤 + 次氯酸钠消毒提标改造工艺。实际运行表明, 处理效果较好, 出水水质稳定优于设计值。提标改造工程设计总投资 2.08 亿元, 污水处理总成本及经营成本分别为 0.651、0.497 元/ m^3 。

关键词: 提标改造; 一级 A 标准; MBBR

中图分类号: TU992.3 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2021)14-0085-05

Application of MBBR Process in an Upgrading and Reconstruction Project of a Sewage Treatment Plant in Nanchang

PENG Jiang-xi, LI Yi-fei, XIAO Tao, XU Wen-bin, WU Han
(Nanchang Urban Planning & Design Institute, Nanchang 330038, China)

Abstract: Treatment capacity of a sewage treatment plant in Nanchang is $20 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, and the main process is Carrousel oxidation ditch. The original effluent quality needs to reach the national first level B discharge standard, and now it requires to upgrade to first level A limitation of *Discharge Standard of Pollutants for Municipal Wastewater Treatment Plant* (GB 18918-2002). In order to solve the problem of short residence time in anoxic zone and incomplete nitrification in aerobic zone, measures of enhanced biological treatment and adding advanced treatment technology were adopted in the upgrading project, that was oxidation ditch modified by MBBR process, high efficiency coagulation sedimentation, rotary filtration and sodium hypochlorite disinfection. Actual operation showed the treatment performance was good, and the effluent quality was stable and better than the design value. The total investment of the upgrading project was about 208 million yuan, and the total unit cost and operational cost were 0.651 yuan/ m^3 and 0.497 yuan/ m^3 , respectively.

Key words: upgrading and reconstruction; first level A standard; MBBR

1 工程概况

南昌市某污水处理厂于 2006 年建成投产, 设计规模为 $20 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 分为两组并联的 $10 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 处理构筑物, 设计出水水质执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002) 中的一级 B 标准。

污水处理采用以卡鲁塞尔氧化沟为核心的工艺流程, 曝气方式采用转碟机曝气, 最后采用液氯消毒。

污水处理厂提标改造前运行稳定, 进、出水水质见表 1, 出水水质达到一级 B 标准。2015 年, 国务院正式发布《水污染防治行动计划》, 为改善城市环

境,保护赣江及其下游鄱阳湖的水质,对该污水厂实施一级 A 提标改造。

表 1 提标前进、出水水质

Tab. 1 Influent and effluent quality before upgrading

项 目	COD	BOD ₅	SS	NH ₃ -N	TN	TP
设计进水	250	130	200	20	35	4
实际出水	25 ~ 50	5 ~ 15	10 ~ 20	0.5 ~ 10.5	8 ~ 12.5	0.3 ~ 1.0

2 提标改造工程设计

2.1 设计进、出水水质

提标改造工程设计进、出水水质见表 2。

表 2 设计进、出水水质

Tab. 2 Design influent and effluent quality

项 目	COD	BOD ₅	SS	NH ₃ -N	TN	TP
设计进水	250	130	200	20	35	4
设计出水	50	10	10	5	15	0.5

2.2 现状工艺分析

现状污水处理厂出水 TP 一级 A 达标率仅有 45%,SS 一级 A 达标率仅 16%。

现状主体处理构筑物为氧化沟,共有两座,总停留时间为 9.1 h,其中厌氧段、缺氧段、好氧段停留时间分别为 0.9、1.8、6.4 h。

按照一级 A 标准进行复核,氧化沟厌氧池停留时间略显紧张,设计一般取 1 ~ 2 h。缺氧池停留时间明显不足,设计需达到 4.12 h。好氧池停留时间满足要求。

对于厌氧池,其停留时间略显不足,但考虑扩容改造将破坏现状进水管、污泥回流管、雨水管及现状道路,同时考虑后期深度处理工艺可进一步除磷,能保证出水水质,故设计保持厌氧池现状。

对于缺氧池,停留时间明显不足,反硝化能力不足,提标改造过程中需要采取相关措施强化现状生物池的硝化反硝化脱氮作用。

二级处理系统出水总磷一般很难满足一级 A 标准的要求,因此化学辅助除磷成为城镇污水处理厂三级处理的标准配置^[1]。

现状采用液氯消毒工艺,业主提出液氯消毒工艺存在安全风险因素,建议改为次氯酸钠消毒工艺。

2.3 工艺选择

首先,根据已建氧化沟处理能力,对氧化沟进行改造,将部分好氧区改造为缺氧区,好氧区不足部分

投加 MBBR 进行改造,强化现状生物池的硝化反硝化脱氮能力。其次,采用深度处理工艺进行提标改造:方案为高效混凝沉淀 + 回转式精密过滤器过滤 + 次氯酸钠消毒,采用后置沉淀化学除磷,将药剂投加于高效沉淀池中,然后经混凝、沉淀、消毒后达标排放。

提标改造工艺流程见图 1。

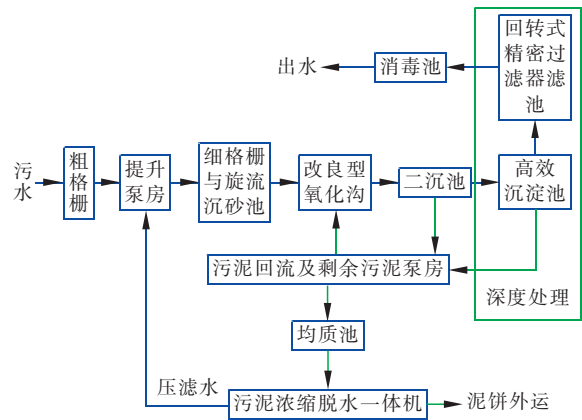


图 1 提标改造工程工艺流程

Fig. 1 Process flow chart of upgrading and reconstruction project

移动床生物膜法 (MBBR) 以悬浮填料为微生物提供生长载体,通过悬浮填料的充分流化,实现污水的高效处理。MBBR 工艺与活性污泥工艺耦合将有效实现对城镇污水的强化处理,提高污水处理工艺的功效^[2]。

同时,现状氧化沟采用转碟曝气机曝气,存在供氧不均、底部及远离曝气机处易形成缺氧环境、池底沉积的问题。提标改造工程选用好氧 MBBR 工艺,将现有表面曝气系统设备停运,新增底部曝气系统,整体提高氧化沟生物池系统的硝化反硝化脱氮功能,保证出水稳定达标,且改造后运行费用明显降低,节能降耗作用显著。

化学除磷药剂选用碱式氯化铝 (PAC),并投加阴离子聚丙烯酰胺 (PAM) 作为助凝剂。

2.4 工艺设计

2.4.1 污水处理厂总图平面布置

按照功能的不同,将整个厂区分分为生活及辅助生产区、污水处理区和污泥处理区。污水处理区分为预处理区、生物处理区、深度处理区以及消毒出水区。

污水厂总平面布置见图 2。

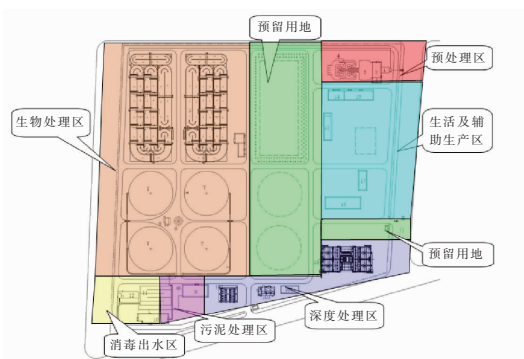


图 2 污水厂总平面布置

Fig. 2 Plane layout of sewage treatment plant

2.4.2 氧化沟改造

设计考虑对好氧段采用 MBBR 改造,将部分好氧区改造为缺氧区,好氧区不足部分投加 MBBR 填料,以维持其生物量,保证其硝化能力。同时,为保证填料流化效果,拟拆除所有表曝机,改用底部鼓风机曝气工艺。

根据设计水质和《室外排水设计规范》(GB 50014—2006)相关公式计算,本污水厂每天需处理 $2\,193.6\text{ kg NH}_3 - \text{N}$,现状氧化沟好氧区实际硝化能力为 $888.9\text{ kg NH}_3 - \text{N/d}$,剩余 $1\,304.7\text{ kg NH}_3 - \text{N/d}$ 需要投加好氧悬浮型 MBBR 填料处理。MBBR 填料硝化表面负荷取 $0.5\text{ g NH}_3 - \text{N}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$,填料有效比表面积 $620\text{ m}^2/\text{m}^3$,填充率 45%,需要填料区容积 $9\,352.5\text{ m}^3$,即在部分好氧区内投加 MBBR 填料,以弥补硝化能力的不足。

填料采用一种新型移动生物膜轻质填料,为内部有多个支撑面的空心圆柱体,其外表面为凹凸面、波纹状或带竖条面等多种样式。填料材料由聚丙烯和聚乙烯构成,具有良好耐磨性且使用寿命长。填料密度 $<1\text{ g/cm}^3$,易在污水中流动^[3]。

为保证填料不流失,在填料区末端设置了拦截筛网;为保证流化效果,设置了底部鼓风机曝气系统和水下推流器。

填料见图 3,曝气管道见图 4。

改造后的池体空间布局为:将好氧区改为推流型反应池,在原好氧区前段增加隔墙,改造成缺氧区;原好氧区中段增加隔墙、拦截筛网及填料,形成好氧 MBBR 区;原好氧区末端增加隔墙及内回流泵,取消原氧化沟大循环特点,将其改为类似于 AAO 工艺的推流型反应池。氧化沟改造空间布局见图 5。



图 3 生物填料

Fig. 3 Biological carrier



图 4 曝气管道

Fig. 4 Aeration pipe

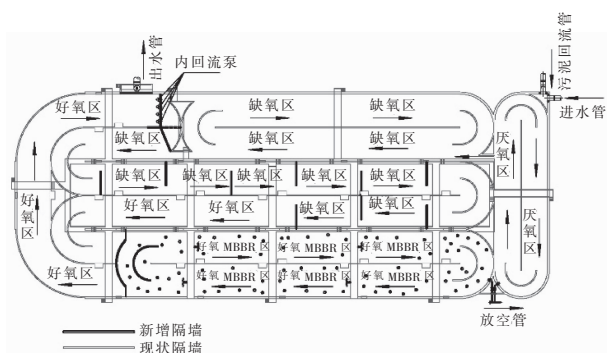


图 5 氧化沟改造空间布局

Fig. 5 Plane layout of oxidation ditch reconstruction

氧化沟改造主要工程量如下:新增导流隔墙 212 m;新增缺氧区推流器 2 台,单台功率 3 kW;废除转碟曝气机 46 台(单台功率 30 kW);新增填料区专用推流器 8 台,单台功率 7.5 kW;新增内回流污泥泵 8 台, $N = 22\text{ kW}$;新增拦截筛网 4 套;新增 MBBR 填料 $8\,186\text{ m}^3$;新增微孔曝气器($\varnothing 215\text{ mm}$, 单个曝气量 $2.2\text{ m}^3/\text{h}$) 20 696 个;新增曝气管系统两套;新建曝气管槽、管桥各 168 m;新增 6 台多级

离心式鼓风机(4用2备),单台风量 $187.5\text{ m}^3/\text{min}$,风压 75 kPa , $N=315\text{ kW}$;新建鼓风机房1座,建筑面积为 322 m^2 。

2.4.3 高效混凝沉淀工艺

高效沉淀池具有水力负荷高、占地面积小、投药量少、有机物去除效率高等优点,故提标改造工程采用高效沉淀池,其平面布置见图6。

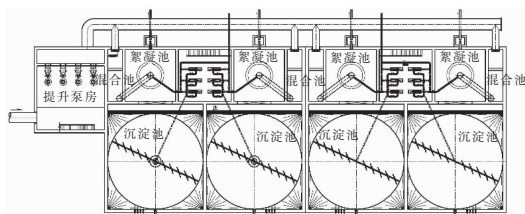


图6 高效沉淀池平面布置

Fig. 6 Plane layout of high efficiency sedimentation tank

新建高效沉淀池1座4组,中途提升泵站与高效沉淀池合建。高效沉淀池由提升泵房、混合池、絮凝池、斜管沉淀池、污泥浓缩池、污泥回流和剩余污泥系统组成。混合池有效水深 5.0 m ,混合时间 90 s 。絮凝池有效水深 5.55 m ,絮凝时间 12.20 min 。斜管沉淀池设计表面负荷为 $12.7\text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ 。污泥回流量为处理水量的 2% 。

提升泵为4台潜污泵(3用1备): $Q=3\,650\text{ m}^3/\text{h}$, $H=85\text{ kPa}$, $N=160\text{ kW}$ 。配混合搅拌器8台、絮凝搅拌器4台、中心传动浓缩刮泥机4台。沉淀池内安装斜管,污泥泵房内设置剩余污泥泵及回流污泥泵共12台(8用4备)。

同时,在混合池、絮凝池分别投加混凝剂碱式氯化铝(PAC)和助凝剂聚丙烯酰胺(PAM)。

污水处理厂二级出水总磷为 1 mg/L ,深度处理要求出水总磷 $\leq 0.5\text{ mg/L}$,为保证出水水质,需加药去除总磷 0.5 mg/L 。二级处理出水呈中性,投加量按 2 mol/molP 考虑,PAC投加量 16.435 mg/L ,日用药量 $3\,287\text{ kg/d}$ 。

助凝剂PAM投加量 1.5 mg/L ,日用药量 300 kg/d ,以 0.2% 浓度投加。

2.4.4 过滤工艺

新建1座回转式精密过滤器滤池,按 $20 \times 10^4\text{ m}^3/\text{d}$ 规模建设,变化系数为 1.3 。共设回转式过滤器12套(10用2备),单台 $N=3.0\text{ kW}$ 。过滤孔径 $10 \sim 100\text{ }\mu\text{m}$,反冲洗水量为 $0.3\% \sim 0.5\%$ 过滤水量。

设计进水 $\text{SS} \leq 20\text{ mg/L}$,出水 $\text{SS} \leq 10\text{ mg/L}$ 。污水依次通过进水管—配水渠—回转式精密过滤器—出水渠排出。

回转式精密过滤器(见图7)是去除悬浮固体的过滤装置。该装置由主体、核心过滤系统、反冲洗系统、动力驱动系统、自动控制系统等组成。

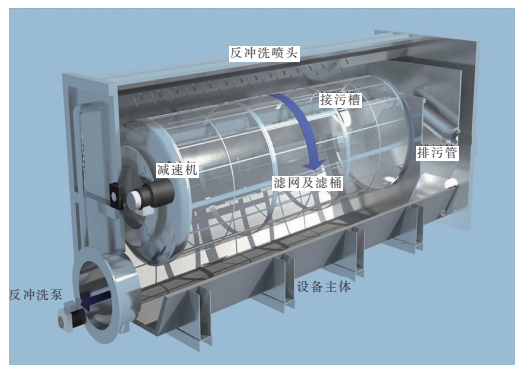


图7 回转式精密过滤器

Fig. 7 Rotary precision filter

2.4.5 尾水消毒

根据甲方和环评提出的安全性要求,将原液氯接触消毒改为次氯酸钠消毒,将原加氯间改造为次氯酸钠加药间,现有接触消毒池予以利用。

次氯酸钠(有效氯)最大投加量: 10 mg/L ,投加浓度 10% 。污水厂规模为 $20 \times 10^4\text{ m}^3/\text{d}$,每天 NaClO 最大需求量 $26\,000\text{ kg/d}$,溶液体积 $26\text{ m}^3/\text{d}$,按储存 7 d 次氯酸钠消毒剂用量考虑,需 NaClO 溶液 182 m^3 。

由于 NaClO 具有腐蚀性,次氯酸钠储药间配备2套防护装置。

3 运行效果

提标改造工程于2020年初建成运行,主要进、出水水质如表3所示,可见,出水水质稳定达到或优于一级A标准。

表3 实际进、出水水质

Tab. 3 Actual influent and effluent quality

	$\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$					
项 目	COD	BOD ₅	SS	TP	NH ₃ -N	TN
实际进水	156.42	57.14	138.55	3.17	14.90	18.23
实际出水	20.14	5.11	6.26	0.13	0.77	8.69

4 技术经济指标

该污水处理厂提标改造工程总投资约2.08亿元,单位污水处理总成本及经营成本分别为 0.651 、
(下转第92页)