

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2021.18.012

MBBR、双填料滤池、MBR 用于污水厂多期同步扩容提标

刘 影

(湖南省建筑设计院有限公司, 湖南 长沙 410012)

摘 要: 长沙某污水厂现状执行一级 A 排放标准,提标扩建总规模 $45 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,其中一期工程由现状规模 $20 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 提标扩容至 $25 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,二期提标工程规模 $10 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,三期扩建工程规模 $10 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。提标扩建后出水水质达到《湖南省城镇污水处理厂主要水污染物排放标准》(DB 43/T 1546—2018)一级标准。提标工程将一期现状 MSBR 池改造为 AAO—MBBR+澄清池,将二期现状曝气生物滤池改造为双填料滤池,实现原位提标,三期扩建工程采用 MBR+紫外消毒工艺。该工程预留有 $3 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 污水再生回用设施,尾水排放浏阳河。实际运行表明,系统出水水质完全达到了设计标准。

关键词: 提标扩建; 双填料滤池; MBBR; MBR

中图分类号: TU992.3 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2021)18-0063-07

Applications of MBBR, Double Packing Media Filter and MBR in Multi-phase Synchronous Expansion and Upgrading of Sewage Treatment Plant

LIU Ying

(Hunan Architectural Design Institute Limited Company, Changsha 410012, China)

Abstract: The current effluent discharge standard of a sewage treatment plant in Changsha is the first level A discharge standard, and the total scale will reach $45 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ after the expansion and upgrading. The phase I project is expanded from the current scale of $20 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ to $25 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, and those of the phases II and III are $10 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ and $10 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, respectively. The effluent quality needs to meet the first level criteria specified in *Discharge Standard of Major Pollutants for Municipal Wastewater Treatment Plant* (DB 43/T 1546—2018) after the expansion and upgrading. The current MSBR tank of phase I was transformed into AAO—MBBR and clarifier. The current biological aerated filter was transformed into double packing media filter in phase II to realize the in-situ upgrading. The process of MBR and UV disinfection was adopted in the expansion project of phase III. In addition, the sewage recycling facilities with scale of $3 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ were reserved, and tail water was discharged into Liuyang River. The actual operation indicated that the effluent quality of the system completely met the design standard.

Key words: expansion and upgrading; double packing media filter; MBBR; MBR

1 工程概况

长沙市某污水厂占地面积 $70\,268.95 \text{ m}^2$,规划调整后总规模 $45 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,现状处理能力 $30 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。一期工程于 2008 年 4 月建成投入运营,设计规模 $20 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,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。2017 年底完成二期扩建及一期提标改造工程的建设,新增处理规模 $10 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,出水执行一级 A 标准,出水排入浏阳河,最终受纳水体为湘江。

一期工程规模 $20 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,污水处理采用

MSBR 工艺,后续提标增加了反硝化滤池和微砂高效沉淀池。二期工程 $10 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 污水处理工艺为初沉池 + 曝气生物滤池(前置反硝化 + 硝化) + 微砂高效沉淀池(与一期共用),工艺流程见图 1。

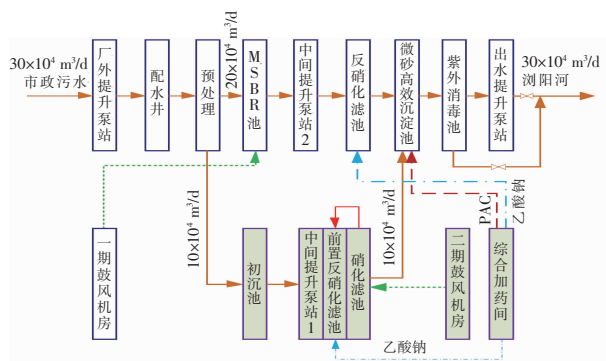


图 1 现状污水处理工艺流程

Fig. 1 Flow chart of current sewage treatment process

运行中, BOD_5/COD 范围为 0.35 ~ 0.71, 可生化性较好; 进水浓度波动较大, 因雨污分流不彻底, 进水 SS 及无机物含量较高, 雨水较多的月份进水浓度偏低; 出水水质可稳定达到一级 A 标准。

随着纳污范围的扩大、收集管网的完善, 污水厂收水量不断增加。从近两年的进水数据来看, 6 月、7 月、8 月三个月日均进水量超过 $30 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 的天数占总天数的 70%。近年来, 长沙市扎实推进“一江六河”保护和治理, 制定了《浏阳河流域综合治理“三年行动计划”(2018—2020 年)》, 要求浏阳河流域城区污水厂出水达到《湖南省城镇污水处理厂主要水污染物排放标准》(DB 43/T 1546—2018) 一级标准, 为此, 启动提标和扩建 $15 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 的工程建设, 提标扩建后总规模达 $45 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。

2 总体设计

2.1 设计进、出水水质

提标扩建后要求出水 COD 、 $\text{NH}_3 - \text{N}$ 、 TN 、 TP 执行《湖南省城镇污水处理厂主要水污染物排放标准》(DB 43/T 1546—2018) 一级标准, 其他指标执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002) 一级 A 标准, 设计进、出水水质见表 1。

表 1 设计进、出水水质

Tab. 1 Design influent and effluent quality

mg · L ⁻¹						
项目	COD	BOD ₅	SS	NH ₃ - N	TN	TP
进水	290	110	240	24	28	3.5
出水	30	10	10	1.5(3)	10	0.3

2.2 扩建工程用地情况

污水厂现状仅余西南角少量空地可用(见图 2), 将该区域内现状篮球场、出水提升泵站、配电间、机修车库仓库及化验室拆除, 可以整合释放约 $8\,400 \text{ m}^2$ 土地用于扩建工程。



图 2 污水厂现状平面布置

Fig. 2 Plane layout of current sewage treatment plant

2.3 提标扩建总体方案

厂区空余用地经整合后面积约 $8\,400 \text{ m}^2$, 因水处理构筑物基坑支护需占用一定空间, 管线迁改亦需规划新的管位, 用于扩建工程的实际净用地面积仅 $6\,400 \text{ m}^2$ 左右。三期扩建需从平面布置、工艺优化和竖向布置三个方面充分考虑节地。平面布置节地的关键在于流程简捷、单元组团采用共壁结构; 工艺节地的途径在于增加生化反应池的生物量和提高高生物量状态下的泥水分离效率, MBR 在这两个方面均表现优异; 竖向节地则主要通过深池型叠加结构实现, 因场地紧靠浏阳河, 为防止施工时发生管涌, 池深不宜过大, 竖向强化节地空间不大。MBR 工艺可有效提高处理效率, 具有占地面积小、出水水质好等优点。三期扩建最终选用 MBR 工艺, 扩建规模为 $10 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 水处理功能区用地指标 $0.064 \text{ m}^2/(\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1})$ 。

现有用地基本能满足扩建 $10 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 的要求, 尚有 $5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 的缺口需充分利用现有设施挖潜改造, 就地实现提标和扩容。考虑到二期工程污水处理工艺采用曝气生物滤池, 挖潜扩容改造能力极为有限, 经综合评估, 拟对一期工程同步实施扩容提标改造, 处理能力由 $20 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 提高到 $25 \times$

$10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 二期工程 $10 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 仅做提标改造。

2.4 一期提标扩容工程改造思路^[1]

经核算,现有 MSBR 池处理能力无法满足扩容提标的要求,需对其进行改造。现状 MSBR 池按一级 B 标准设计,一级 A 提标工程未对其进行改造,而是通过增设反硝化生物滤池和微砂高效沉淀池来实现提标。现状 MSBR 池存在的主要问题:一是池容偏小,不能满足提标和扩容的双重需要;二是 1#、7#序批池沉淀效果一般、易积泥、适应超负荷能力较差,是 MSBR 挖潜扩容的最大瓶颈。

分析 MSBR 池沉淀单元抗冲击负荷能力较差的原因主要有以下几点:一是 1#、7#序批池的平底结构不利于排泥,兼之排泥采用潜水排污泵点状抽吸,且污泥的流动性较差,易产生排泥不均,空气堰下易于积泥;二是空气堰出水溢流率较高,出水上升流速偏大,高泥位沉泥易被带起流失;三是沉淀单元水力负荷较高;四是污泥浓缩效果一般。

MSBR 池后续反硝化生物滤池水力负荷提升的空间极其有限,反硝化能力可通过改用双填料得以提升,可以消化因出水水质标准提高所带来的氮负荷增加。微砂高效沉淀池水力负荷有一定的提升空间,经复核可以满足扩容的需求。

综上,系统扩容提标的关键在于解决生化池池容不足和沉淀单元效果较差的问题。对于 TN 的去除,应充分利用好污水自身碳源,优先挖掘常规二级处理的潜力,将二级处理出水控制在 $\text{TN} \leq 10 \text{ mg/L}$ 的水平,尽量不用后置反硝化滤池的反硝化功能,而将其作为把关工艺。

为解决现状 MSBR 池容偏小的问题,可以考虑投加悬浮填料,将其改造为 AAO-MBBR 工艺,取消污泥浓缩池,将污泥回流比由 30%~50% 提高至 100%,重新调整功能分区,按新标准充分保证厌氧池、缺氧池容积,好氧区容积不够的部分通过投加悬浮填料补足。针对沉淀效果较差的问题,一是将 1#、7#序批池由间歇交替沉淀方式改为两格连续并联运行的模式,降低水力负荷;二是将其改造为专用的斜板沉淀池,优化排泥。为防止污泥在斜板上淤积,斜板底部设自动空气冲洗系统。1#、7#池取消序批模式后,带来的问题是好氧区容积在被调减用作增补厌氧区、缺氧区的基础上进一步缩减,但通过增加填料投加量可以弥补,经复核,填料填充率增加不多,可满足要求。MSBR 池改造前、后的流程见图 3。

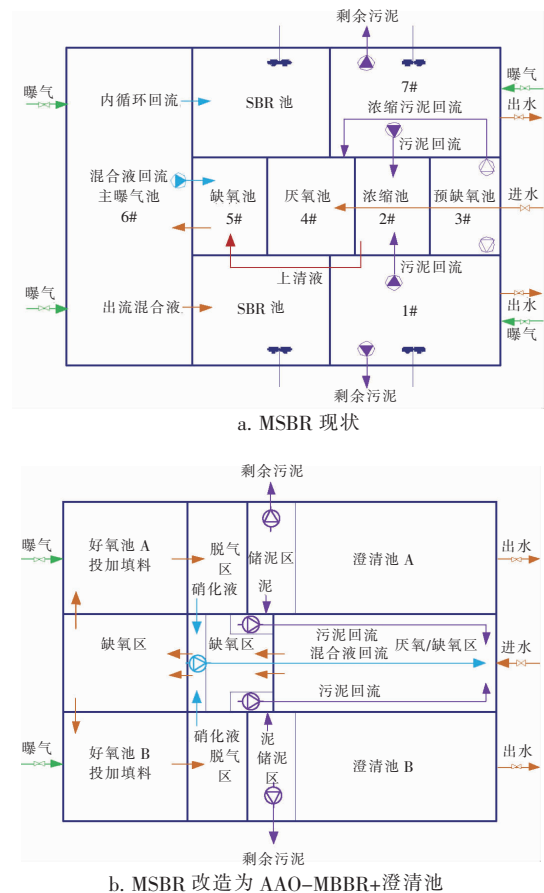


图 3 MSBR 池改造前、后流程

Fig. 3 Flow chart before and after MSBR reconstruction

2.5 二期提标工程改造思路^[2-3]

二期工程规模 $10 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 主体工艺仅做提标改造,而深度处理所采用的微砂高效沉淀池与一期共用,需挖潜扩容至 $35 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。

现状曝气生物滤池均采用淹没式上向流生物滤池,上游来水通过配水堰均匀地分配到各个滤池的进水中,然后通过竖井重力流入滤池底部的配水渠,由配水渠均匀配水至整个滤池。

硝化型滤池和反硝化型滤池现状均采用 BIOSTYRENE 轻质悬浮球形滤料。

双填料生物滤池是一种将 MBBR 工艺特性融入传统生物滤池的新一代工艺,通过在传统生物滤池滤床下部预留的反冲洗膨胀空间内装填一定量的 MBBR 填料(见图 4),来增加生物膜载体的数量,从而降低污染物负荷,不改变滤池任何结构。因 MBBR 填料密度接近 1 g/cm^3 且略大于生物滤池滤料,在过滤过程中会被压缩在生物滤池滤床下部,反冲洗时其仍维持在膨胀的滤床下部,既不影响原生

物滤池的过滤,也不影响其反冲洗,更不会造成堵塞。

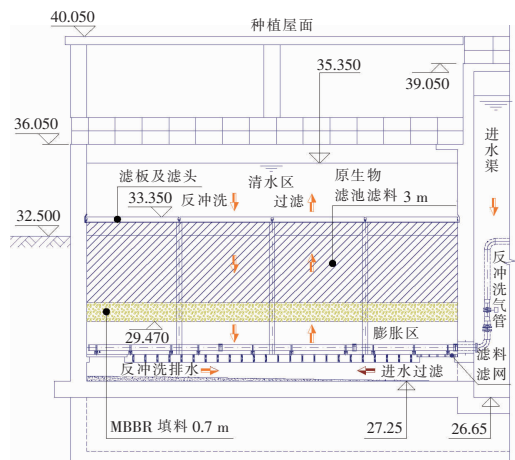


图 4 生物滤池改造为双滤料滤池

Fig. 4 Double packing media filter transformed from biological filter

二期现状生物滤池系统包含 6 格 113 m^2 的前置反硝化生物滤池和 6 格 173 m^2 的硝化生物滤池,均按一级 A 标准设计。经核算,现状处理能力无法满足新标准对 TN 和氨氮的去除要求。对前置反硝化段进行强化改造,在其下层投加 MBBR 填料,将其改造为双填料滤池,增加滤床厚度,以达到增加生物量和延长有效停留时间的效果,可解决 TN 指标问题。同时,在反硝化段投加 MBBR 填料,可解决反硝化区域投加外加碳源可能存在的板结问题。针对硝化生物滤池段处理能力不足的问题,同样需要改造为双填料滤池,可满足氨氮去除要求。

硝化型和反硝化型滤池改造所投加的 MBBR 填料均采用 AnnoxTM K5 型,填料直径 25 mm,密度 $(0.95 \pm 0.02) \text{ g/cm}^3$,比表面积 $800 \text{ m}^2/\text{m}^3 \pm 1\%$,材质采用 HDPE。投加 AnnoxTM K5 型填料后,反冲洗水强度仍维持原设计值不变,即反硝化型滤池为 $70 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$,硝化型滤池为 $65 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$;反冲洗气强度两型滤池均由改造前的 $12 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ 提高到 $20 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ 。反冲洗程序亦需做小的调整,加入了气水同时反冲洗,具体如下:预水洗→预气洗→气水同时反冲洗→水洗→气洗→重复气水同时反冲洗、水洗、气洗(直至滤池堵塞率降至初始值)→最终水洗结束。

2.6 三期扩建工程设计思路^[4-6]

因用地受限,扩建工程选用 MBR + 紫外消毒工

艺。预处理叠置于 AAO - MBR 厌氧池之上,鼓风机房、加药间置于缺氧池上方,配电间设于膜池设备间上方。对现状除臭系统 1 和 2 实施迁改,与三期新增除臭系统一并置于厌氧池上方,以释放用地。一、二期除臭系统 1 和 2 迁改后腾出的空间用以建设拆除另建的机修仓库,以便物品进出运输。

为节省用地,三期紫外消毒池、出水提升泵站、再生水接触消毒池、再生水泵站采用组合模式,紧贴 AAO - MBR 膜池建设,采用双墙结构。三期紫外消毒池置于再生水接触消毒池上方。

2.7 提标改扩建工艺流程

综合分析,一、二、三期污水处理提标改扩建工程工艺流程见图 5。

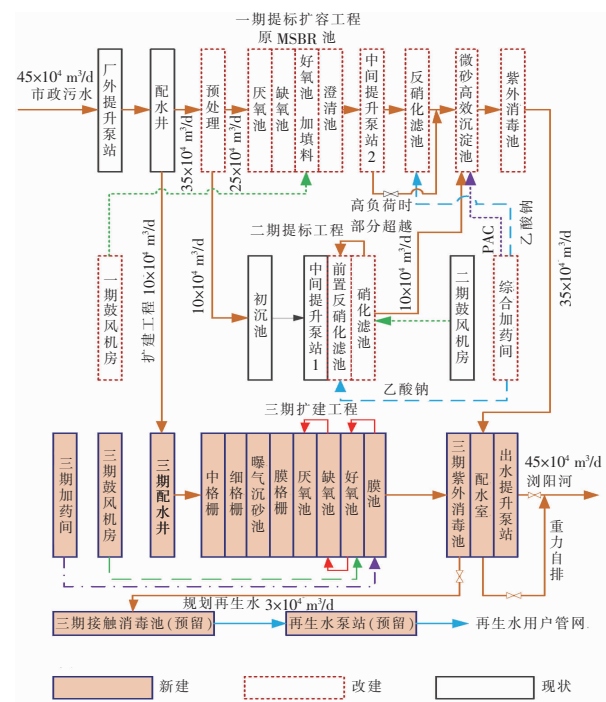


图 5 提标扩建污水处理工艺流程

Fig. 5 Sewage treatment process flow after upgrading and expansion

3 工程设计

3.1 一期工程主要构(建)筑物设计

3.1.1 MSBR 池($25 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$)

MSBR 池 4 座,现状情况:单座处理能力 $5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,平面尺寸 $88 \text{ m} \times 50 \text{ m}$,总容积 $27\,917 \text{ m}^3$ 。

主要改造内容如下:

① 取消序批池,增设专用澄清池。为改善二级处理出水效果,1#、7#池不再进行 SBR/澄清池的交替切换,均改为澄清池连续并联运行,并在澄清池

设置斜板,以降低水力负荷(见图6)。为防止污泥在斜板上淤积,斜板下方设有在线自动空气冲洗系统,定期自动冲洗,同时在走道板上方设有人工压力水冲洗系统。斜板下方空气冲洗管管径 DN65,吹洗孔 60°斜向上方和斜板平行,孔径 3 mm,间距 100 mm,交错开孔,冲洗空气压力 70 kPa,接自一期鼓风机曝气系统。

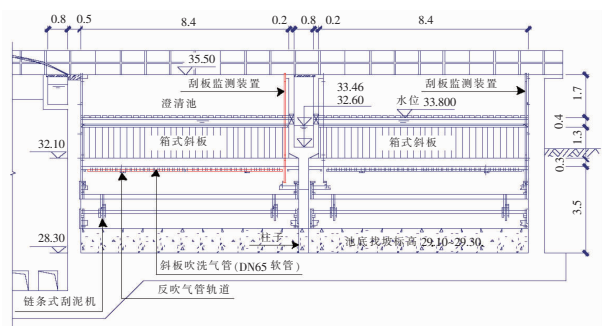


图6 MSBR池1#、7#池改澄清池结构示意图

Fig. 6 Structure diagram of clarifier transformed from MSBR 1#, 7# unit

② 增大缺氧区容积,提高反硝化处理效果,充分利用原水中 BOD_5 ,节省外加碳源。将6#池中间部分曝气区改为缺氧区,和2#~5#池共同构成缺氧区和缺氧区。反硝化反应充分利用原水 BOD_5 ,可以不加或少量投加外加碳源,不但大大降低运行费用,而且采用前置反硝化+好氧的处理工艺,可以有效避免因外加碳源过量投加而造成出水 BOD_5 升高甚至超标。如果前置反硝化处理效果差,后置反硝化生物滤池可以作为把关工艺,确保出水 TN 达标。

③ 在好氧区 6#池中投加填料,增加生物量,提高硝化能力。根据核算,剩余好氧池的池容无法满足新的水量及水质的要求,投加填料后,可以强化生物池对有机物和氨氮的去除效果,满足新的出水水质及水量的要求。

④ 管式曝气器更换为易于维修的可提升管式曝气器。添加填料后,如遇检修、更换曝气器,需要将填料清空。因填料填充量大,在实际运行中将填料清空较为麻烦。因此,为了减少后期维护难度,建议对 MSBR 池现有曝气器进行更换,选用使用寿命长且易于维护的可提升管式曝气器。

提标改造主要设计参数:缺氧区 1、缺氧区 2、缺氧区 3 水力停留时间分别为 1.32、0.54、0.98 h,缺氧区总水力停留时间为 2.84 h,好氧池 A、B 水力停留时间均为 1.32 h,缺氧池与好氧池总水力停留时

间 5.48 h; 好氧区污泥浓度 4 g/L; 经活性污泥法硝化后, 剩余需硝化的氨氮量为 1 117 kg/d, 好氧区填料负荷 0.47 gNH₃ - N/(m² · d); 好氧区填料总表面积 2 376 000 m², 投加填料 3 600 m³ (660 m²/m³), 填充率 47%; 安装柱状不锈钢筛网 16 个, 直径 900 mm, 长 1.5 m, 过水速率 50 ~ 80 m/h (峰值流量); 好氧区单位面积气量 12 ~ 14 m³/h; 污泥回流比 100%, 硝化液回流比 100%; 斜板澄清池平均时液面负荷 1.75 m³/(m² · h), 斜板间距 80 mm。

3.1.2 后置反硝化生物滤池($25 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$)

滤池 6 格,单格面积 143 m^2 ,滤床下部加填 0.7 m 厚 MBBR 填料,改造为双填料滤池,并设进水分流超越管,当滤池水力负荷过大时,多余水量超越至微砂高效池。改造后主要参数:总过滤面积 858 m^2 ,滤料层厚度 3.50 m ,采用 BIOSTYRENE 轻质悬浮球形滤料,滤料粒径 $(4.5 \pm 0.25) \text{ mm}$,滤料密度 $(50 \pm 5) \text{ kg/m}^3$,有效粒径 $>3.55 \text{ mm}$,不均匀系数 <1.25 ,滤料等级为 III,平均滤速 12.11 m/h ,强制滤速 14.56 m/h 。MBBR 填料采用 AnnoxTM K5 型,填料直径 25 mm ,密度 $(0.95 \pm 0.02) \text{ g/cm}^3$,比表面积 $800 \text{ m}^2/\text{m}^3 \pm 1\%$,材质 HDPE。反冲洗水冲强度 $70 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$,气冲强度 $20 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ 。

3.2 二期主要构筑物设计

3.2.1 前置反硝化生物滤池

将原有 50% 硝化液回流比增加至 100%, 同时在滤床下部反冲洗膨胀空间内增加 0.7 m 厚 MBBR 填料, 改造为双填料滤池。

提标改造主要设计参数:总过滤面积 678 m²,硝化液回流比 0 ~ 100%,滤料层厚度 3 m,采用 BIOSTYRENE 轻质悬浮球形滤料,滤料粒径 (4.5 ± 0.25) mm,滤料密度 (50 ± 5) kg/m³,有效粒径 > 3.55 mm,不均匀系数 < 1.25,滤料等级为Ⅲ,平均滤速 11.30 m/h,峰值滤速 13.10 m/h。MBBR 填料采用 Annox™ K5 型,参数同前。反冲洗水冲强度 70 m³/(m² · h),气冲强度 20 m³/(m² · h)。

3.2.2 硝化生物滤池

滤床下部装填 0.7 m 厚填料,改造为双填料滤池。改造后参数:总过滤面积 1 038 m²,滤料层厚度 3.50 m,采用 BIOSTYRENE 轻质悬浮球形滤料,滤料粒径(4±0.24) mm,滤料密度(50±5) kg/m³,有效粒径>3.2 mm,不均匀系数<1.25,滤料等级为Ⅱ,平均滤速 7.20 m/h,峰值滤速 8.40 m/h。

MBBR 填料采用 Annox™ K5 型,参数同前。反冲洗水冲强度 $65 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$,气冲强度 $20 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ 。

3.3 扩建工程主要构(建)筑物设计

MBR 综合池由西侧组合池和东侧组合池 2 部分构成,采用双池墙的结构型式,可拆开施工。西侧组合池包括三期紫外消毒池、新建出水提升泵站、再生水接触消毒池和再生水泵站,其中接触池及再生水泵站仅土建预留;东侧组合池系 MBR 综合池主体部分,包括预处理、厌氧池、缺氧池、好氧池、MBR 膜池、鼓风机房、变配电间、综合加药间及除臭系统等,其平面布置见图 7。

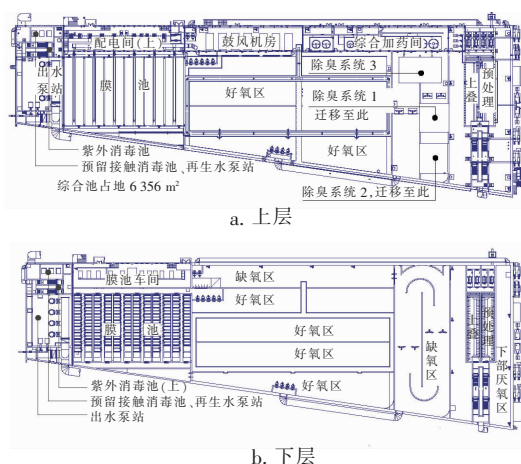


图7 东侧 MBR 综合池平面布置

Fig.7 Plane layout of east integrated MBR tank

3.3.1 预处理($10 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$)

包括中格栅、细格栅、曝气沉砂池和膜格栅。中、细格栅均设 2 道,并联运行。中格栅采用回转式孔板格栅,孔径 8 mm,渠宽 1.6 m。细格栅采用回转式孔板格栅,孔径 3 mm,渠宽 1.6 m。

曝气沉砂池设 2 组,平均时停留时间 6.77 min,水平流速 0.05 m/s ;最高时停留时间 5.21 min,水平流速 0.06 m/s 。采用鼓风机曝气,选用 3 台罗茨风机(2 用 1 备),单台流量 $7 \text{ m}^3/\text{min}$,风压 50 kPa,功率 15 kW。

膜格栅设 4 组(3 用 1 备),并联运行,采用内进流孔板格栅,孔径 1 mm,渠宽 1.8 m。

3.3.2 AAO-MBR 池($10 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$)

厌氧区有效容积停留时间 1.62 h,有效水深 8.8 m,污泥浓度 2857 mg/L ;缺氧区停留时间 2.52 h,有效水深 8.6 m,污泥浓度 5714 mg/L ,至厌氧区混合液回流比 100%;好氧区停留时间 3.96 h,有效水

深 7.7 m;污泥浓度 8000 mg/L ,至缺氧区混合液回流比 250%;膜池采用中空纤维膜,停留时间 0.52 h,污泥浓度 10000 mg/L ,至好氧区污泥回流比 400%;单格膜池共安装 17 个膜组器,预留 3 个安装位置,备用率 15%,平均膜通量 $22.85 \text{ L}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$,设计膜通量 $24.72 \text{ L}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$,峰值膜通量 $34.81 \text{ L}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ 。

4 施工次序

为保证施工期间污水厂不减量、不停产,需妥善周密考虑施工次序^[7]。

① 完成 MBR 综合池西侧池体的建设及扩建场地内所有需迁改管线的异位新管线的施工。西侧组合池与东侧综合池主体部分采用双池墙结构,可分开施工。

② 拆除扩建场地内现状篮球场、紫外消毒池、出水提升泵站及配电间、仓库等,快速完成管线迁改接驳,场地清理后完成 MBR 综合池东侧主体部分的建设。

③ 利用新建 AAO-MBR 分流或错开 6 月—8 月水力负荷高峰期,分组将 MSBR 池改造为 AAO-MBBR 和澄清池。

④ 将生物滤池改造为双填料生物滤池。

5 运行效果及工程投资

MBR 综合池东侧膜池部分因紧靠接纳水体,基坑支护、防渗工程难度极大,兼之地下管线复杂,施工进度较为缓慢,目前仅完成桩基工程,生物滤池改造随之延后。2021 年 1 月初完成一组 MSBR 池扩容提标改造工程,并通水试运行。2021 年 2 月—3 月上旬该池澄清单元出水水质见表 2。出水再经其后端一、二期共用微砂高效沉淀池深度处理后,出水水质将进一步提升。由表 2 结合深度处理效能可知,MSBR 池扩容提标改造后出水各项指标均可稳定达到设计排放标准。

表2 实际出水水质(未经深度处理)

Tab.2 Actual effluent quality (without advanced treatment)

$\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$

项目	COD	BOD ₅	SS	NH ₃ -N	TN	TP
最大值	31.00	7.50	10	2.78	9.68	0.68
最小值	7.00	3.21	2	0.15	3.08	0.08
平均值	15.80	5.25	5	0.77	5.69	0.36

工程费总计 56 664.41 万元,其中一期原位提标扩容工程 20 952.01 万元(项目所有共有设施的

改造费用均计入一期),二期提标工程3 363.68万元,三期扩建工程32 348.72万元。

6 结语

长沙某污水厂提标扩建工程在现有用地极其有限的情况下,首先通过迁改现状设施整合用地,释放扩建空间,扩建工程采用节地、处理效果明显的MBR工艺($10 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$);然后将一期工程MSBR池改造为AAO-MBBR工艺和澄清池相结合的综合池,完成原位提标并同步扩容 $5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$;二期工程在传统曝气生物滤池工艺中引入MBBR理念,将生物滤池前置反硝化段和硝化段均改造为新型双填料生物滤池,实现原位提标。

该工程在不新增用地的情况下,出水水质由一级A提高到湖南省地标一级标准,并增加处理规模 $15 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。工程占地 $70\,268.95 \text{ m}^2$,总规模 $45 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,用地指标仅 $0.156 \text{ m}^2/(\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1})$,环境、社会、经济效益俱佳。但工程设计运行中还存在以下问题:

① MSBR工艺改造为AAO-MBBR工艺,提标潜力较大,但受限于1#、7#序批池泥水分离效果,原位挖潜扩容能力较差;

② MSBR池改造为AAO-MBBR和澄清池相结合的组合池,提标潜力、原位扩容能力均较大,但斜板沉淀池维护工作量相对较大;

③ 双填料生物滤池仅在传统生物滤池滤床下部预留的反冲洗膨胀空间内装填MBBR填料,而不改变滤池的任何结构,为曝气生物滤池的提标改造提供了易于实施的可行途径,但潜力有限;

④ MBR工艺在节地方面优势明显,尤其在高排放标准条件下,因流程短捷,无需二沉池和复杂的深度处理,占地优势更为突出,但能耗相对较高。

参考文献:

- [1] 吕伟,黎洪元. MSBR池曝气系统的优化[J]. 中国给水排水,2011,27(20):91-93.
LÜ Wei, LI Hongyuan. Optimization of aeration system in MSBR tank[J]. China Water & Wastewater, 2011, 27(20):91-93(in Chinese).
- [2] 刘建威,叶昌明. 后置反硝化生物滤池用于某市政污水厂提标改造[J]. 中国给水排水,2018,34(8):76-79.

- LIU Jianwei, YE Changming. Application of post denitrification biofilter for the upgrade of a municipal wastewater treatment plant[J]. China Water & Wastewater, 2018, 34(8):76-79(in Chinese).
- [3] 周永刚. 反硝化生物滤池在污水厂升级改造中的应用[J]. 中国给水排水,2014,30(24):49-52.
ZHOU Yonggang. Application of denitrification biofilter in upgrading of sewage treatment plants[J]. China Water & Wastewater, 2014, 30(24):49-52(in Chinese).
- [4] 孟涛,刘杰,杨超,等. MBBR工艺用于青岛李村河污水处理厂升级改造[J]. 中国给水排水,2013,29(2):59-61.
MENG Tao, LIU Jie, YANG Chao, et al. Application of MBBR process in upgrading and reconstruction of Licunhe WWTP in Qingdao City[J]. China Water & Wastewater, 2013, 29(2):59-61(in Chinese).
- [5] 高飞亚,李金河. Bardenpho+MBR工艺用于污水处理厂的升级改造[J]. 中国给水排水,2019,35(6):99-101.
GAO Feiya, LI Jinhe. Application of Bardenpho and MBR process in the upgrading and reconstruction of a WWTP[J]. China Water & Wastewater, 2019, 35(6):99-101(in Chinese).
- [6] 陈建平,毛云飞. 传统污水处理厂类IV类水提标改造工程实践[J]. 中国给水排水,2017,33(24):87-91.
CHEN Jianping, MAO Yunfei. Renovation of traditional wastewater treatment plant for the effluent quality similar to the fourth class[J]. China Water & Wastewater, 2017, 33(24):87-91(in Chinese).
- [7] 秦栽根,闫萍. 某污水厂不停水不扩地提标改造及扩建工程设计[J]. 中国给水排水,2020,36(14):113-117.
QIN Zaigen, YAN Ping. Design of upgrading reconstruction and expansion project of a wastewater treatment plant without wastewater stoppage and expansion of area[J]. China Water & Wastewater, 2020, 36(14):113-117(in Chinese).

作者简介:刘影(1976-),男,湖南岳阳人,大学本科,高级工程师,市政院副总工程师,主要研究方向为城镇供水和城镇污水处理。

E-mail:329899068@qq.com

收稿日期:2020-12-18

修回日期:2021-01-06

(编辑:孔红春)