

周雪丽, 张宛君, 谭泽腾, 等. “五段式 Bardenpho+MBR”工艺实现原位扩容及不停产改造设计[J]. 净水技术, 2025, 44(2): 181-188,197.
ZHOU X L, ZHANG W J, TAN Z T, et al. Design of in-situ expansion and non-stop operation reconstruction for a WWTP with "five-stage Bardenpho + MBR" processes[J]. Water Purification Technology, 2025, 44(2): 181-188,197.

“五段式 Bardenpho+MBR”工艺实现原位扩容及不停产改造设计

周雪丽*, 张宛君, 谭泽腾, 凌 微

(中国市政工程中南设计研究总院有限公司, 湖北武汉 430000)

摘 要 【目的】 东莞市某污水处理厂一期设计规模为 5 万 m³/d, 一期提标工程规模为 5 万 m³/d, 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) 一级 A 标准, 其中氨氮质量浓度不超过 1.5 mg/L, 总磷质量浓度不超过 0.3 mg/L。设计规模已不满足现状来水量的需求, 在无法新增用地的情况下, 选择合适的节地工艺进行扩容改造成为此项目的重难点。【方法】 通过采用“五段式 Bardenpho+膜生物反应器(MBR)”工艺成功实现原位扩容及不停产改造。【结果】 扩容后总规模达到 9.5 万 m³/d, 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) 一级 A 标准。【结论】 该工程作为东莞市首个采用原位扩容项目, 通过对一期现有构筑物的潜能进行充分挖掘, 改造后产能几乎翻倍, 这在国内原位扩容案例中均属于少见。此外, 该项目改造期间, 不允许污水外溢, 这给现状池体改造及管道接驳等施工带来了较大的挑战, 也为类似扩容案例提供了借鉴经验。

关键词 污水处理厂 Bardenpho 膜生物反应器(MBR) 原位扩容 不停产改造

中图分类号: X703 文献标志码: B 文章编号: 1009-0177(2025)02-0181-09

DOI: 10.15890/j.cnki.jsjs.2025.02.021

Design of In-Situ Expansion and Non-Stop Operation Reconstruction for a WWTP with "Five-Stage Bardenpho + MBR" Processes

ZHOU Xueli*, ZHANG Wanjuan, TAN Zeteng, LING Wei

(Central & Southern China Municipal Engineering Design and Research Institute Co., Ltd., Wuhan 430000, China)

Abstract [Objective] The designed capacity of the first phase of the wastewater treatment plant (WWTP) and the first-stage bid raising project in Dongguan is 5×10^4 m³/d. The designed effluent quality carry ait Discharge Standard of *Pollutants for Municipal Wastewater Treatment Plant* (GB 18918—2002) first grade A discharge standard, and the mass concentration of ammonia nitrogen do not exceed 1.5 mg/L, the total phosphorus do not exceed 0.3 mg/L. The original design capacity of the WWTP can not meet the current water demand. In absence of new land, selecting an appropriate land-saving expansion process for upgrading has become the key points of the project. [Methods] Under the condition that the limited land occupation can be used, the five paragraphs Bardenpho and membrane bioreactor(MBR) is applied in the non-stop production renovation. [Results] The project after expansion is 9.5×10^4 m³/d, and the effluent quality is required to meet first grade A of *Pollutants for Municipal Wastewater Treatment Plant* (GB 18918—2002). [Conclusion] As the first in-situ expansion project in Dongguan by fully digging the potential of the existed treatment units, the output capacity nearly soars by 2 times, which is rare in domestic expansion cases. In addition, the overflow wastewater into river is not allowed in the period of reconstruction, bringing a great challenge to the construction and pipeline connection of the project which will provide experiences for similar upgrading and expansion of WWTPs.

Keywords wastewater treatment plant(WWTP) Bardenpho membrane bioreactor(MBR) in-situ expansion non-stop operation reconstruction

[收稿日期] 2024-03-19

[通信作者] 周雪丽(1992—), 女, 硕士, 研究方向为水污染治理, E-mail: 373435923@qq.com

污水处理厂是城镇基础设施的重要组成部分,国家及人民对环境质量日益重视,随着雨污分流系统的完善,污水处理厂扩容及提标改造迫在眉睫。与此同时,污水厂扩容及提标改造过程中又面临着厂内预留用地有限或被其他项目侵占,且周边无预留用地,新增用地难,改造期间不允许停产等问题。选择合适的处理工艺以满足扩容改造的需求,已经成为当前污水处理的热点及难点^[1-2]。传统的污水厂扩容项目,主要新建一组工艺流程实现项目的扩容,比如采用改良氧化沟厌氧/缺氧/好氧(AAO)-膜生物反应器(MBR)、多级缺氧/好氧(AO)+MBR,倒置AAO-MBR等节地工艺。然而本项目已建成超过15年,周边为建成区,无法新增用地,且扩建部分用地被其他项目占用。因此,可利用土地紧张且分散在各处,无法新建一组流程,只能采用原位扩容工艺。本工程作为东莞市首个采用原位扩容项目,采用“五段式 Bardenpho+MBR”工艺,通过对一期现有构筑物的潜能进行充分挖掘,改造后产能几乎翻倍。本工程在实际案例上,采用原位扩容和不停产改造均具有一定的创新性和借鉴意义。

1 项目背景

目前,东莞的治污工作正在有条不紊地实施,从截污次支管网建设,到现在正在开展的雨污分流项目,旨在建设雨污2套管网,让雨水、污水有各自的归处。这是东莞落实三部委《城镇污水处理厂提质增效三年行动方案》的重要举措。随着污水管网的不断完善,茶山镇的污水收集率将持续提高,随之带来的是污水收集量的增加。目前,现状污水厂的处理能力已无法匹配污水量的需求,已超产按照6.5万 m^3/d 运行。预测未来5年茶山镇的污水收集量随着管网的不断完善,仍会继续增加,因此东莞市某污水处理厂扩容及提标改造势在必行。

2 原厂概况

东莞市某污水处理厂选址于茶山镇内环城路西北端的坑口埔,沙涌附近,围墙内占地面积为36800 m^2 ,一期工程于2009年投产,采用改良AAO+二沉池工艺,尾水水质执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)中的一级B标准。一期提标工程于2020年投产,工艺采用缺氧段-MBR膜池工艺,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)一级A标准,其中氨

氮 $\leq 1.5\text{ mg/L}$ 、总磷(TP) $\leq 0.3\text{ mg/L}$ 。污泥处理工艺采用重力浓缩+板框脱水使得污泥含水率 $< 60\%$ 后外运处置。其中一期工程处理流程如图1所示,一期提标工程处理流程如图2所示。

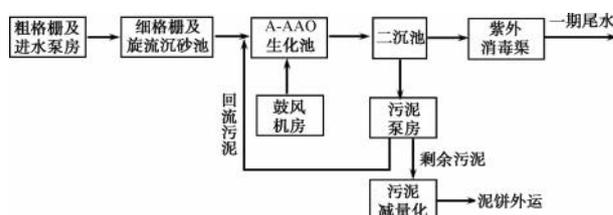


图1 一期工程处理流程

Fig. 1 Process Flow of Phase One Project

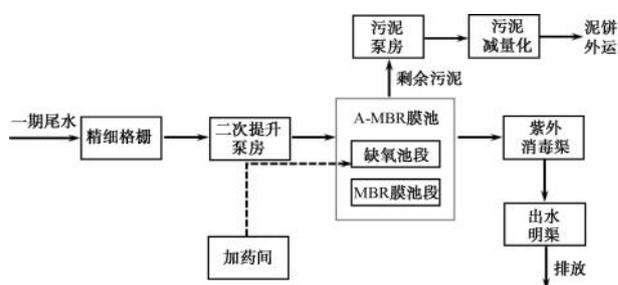


图2 一期提标工程处理流程

Fig. 2 Process Flow of Phase One Upgrading Project

2.1 一期工程现有构筑物简介

粗格栅及进水泵房土建按10万 m^3/d 设计,其中粗格栅渠道总数为3条,渠宽(B)=1.5 m,栅条间隙(b)=20 mm,已安装2台钢丝绳牵引式格栅除污机,进水泵房配备6台泵位,现状已安装3台,1大2小,均为潜污泵。

细格栅及旋流沉砂池合建,按处理规模为5.0万 m^3/d 设计,其中细格栅共设置2条渠道, $B=1.6\text{ m}$, $b=6\text{ mm}$,已安装2台循环式齿耙清污机,旋流沉砂池共设置2座,单池内径为4.2 m。

A-AAO生化池按5万 m^3/d 设计,共2座,设计水力停留时间(HRT)为10.5 h,其中选择区HRT为0.5 h,厌氧区HRT为1.5 h,缺氧区HRT为2.0 h,好氧区HRT为6.5 h,有效水深为5.9 m。

二沉池按处理规模为5万 m^3/d 设计,共设置2座,单池内径为38 m,峰值表面负荷为1.27 $\text{m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{h})$,沉淀时间为2.5 h,有效水深为3.17 m。

紫外消毒渠按处理规模为5万 m^3/d 设计,共设置2条渠道,一条为超越渠,单渠 B 为1.02 m。

鼓风机房及变配电间土建按照处理规模为10

万 m³/d 设计,共设置 4 台机位,已安装 2 台空气悬浮鼓风机。

污泥浓缩脱水车间按照处理规模为 5 万 m³/d 设计,内置 2 台离心浓缩脱水机,已闲置。此外,脱水车间门外空地安装了一台板框压滤机,过滤面积为 200 m²。脱水车间北侧新建了众源污泥减量化项目,共设置 2 台板框压滤机,单台过滤面积为 200 m²,出泥含水率<60%。

2.2 一期提标工程现有构筑物复核

精细格栅按 5 万 m³/d 设计,渠道分为 3 条,其中包括 2 条格栅渠和 1 条事故渠, B = 1.5 m, b = 1 mm,已安装 2 台孔板格栅除污机。

二级提升泵房按处理规模为 5 万 m³/d 设计,

表 1 污水处理厂一期及提标工程设计进出水水质(单位:mg/L)

Tab. 1 Design Influent and Effluent Quality of Phase One Project of WWTPs(Unit:mg/L)

项目	化学需氧量 (COD _{Cr})	五日生化需氧量 (BOD ₅)	悬浮物(SS)	氨氮	总氮(TN)	TP
一期工程进水水质	250	120	150	28	35	4
一期工程出水水质	≤60	≤20	≤20	≤8	≤20	≤1.0
提标工程出水水质	≤40	≤10	≤10	≤1.5	≤15	≤0.3

该项目设计出水水质执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)一级 A 标准,同时满足广东省地方标准《水污染物排放限值》

采用潜水泵,共 4 台,3 用 1 备。

缺氧段-MBR 池,按处理规模为 5 万 m³/d 设计,共 5 组,每组 9 个膜组位(剩余 1 个空位),共安装 45 个膜组件,产水能力为 46~63 m³/h,膜平均运行通量为 27.3 L/(m²·h)。

3 工程设计

3.1 设计进出水水质

该项目设计进水水质按照不低于一期实际进水 95%覆盖值的原则,同时结合东莞市其他城镇污水处理厂的调研情况,并考虑茶山镇雨污分流工程和污水提质增效工作的持续推进带来进水污染物浓度提高的实际情况,污水处理厂一期及提标工程设计进出水水质如表 1 所示。

(DB44/ 26—2001)第二时段的一级标准中的较严值,如表 2 所示。

表 2 污水处理厂改扩建项目设计进出水水质

Tab. 2 Design Influent and Effluent Quality of Expansion and Upgrading Project of WWTPs

项目	COD _{Cr} / (mg·L ⁻¹)	BOD ₅ / (mg·L ⁻¹)	TN/ (mg·L ⁻¹)	氨氮/ (mg·L ⁻¹)	TP/ (mg·L ⁻¹)	SS/ (mg·L ⁻¹)	pH 值
设计进水水质	≤260	≤130	≤40	≤30	≤4.0	≤150	6~9
设计出水水质	≤40	≤10	≤15	≤5(8)	≤0.5	≤10	6~9

注:括号外数值为水温>12℃时的控制指标,括号内数值为水温≤12℃时的控制指标。

3.2 设计工艺流程

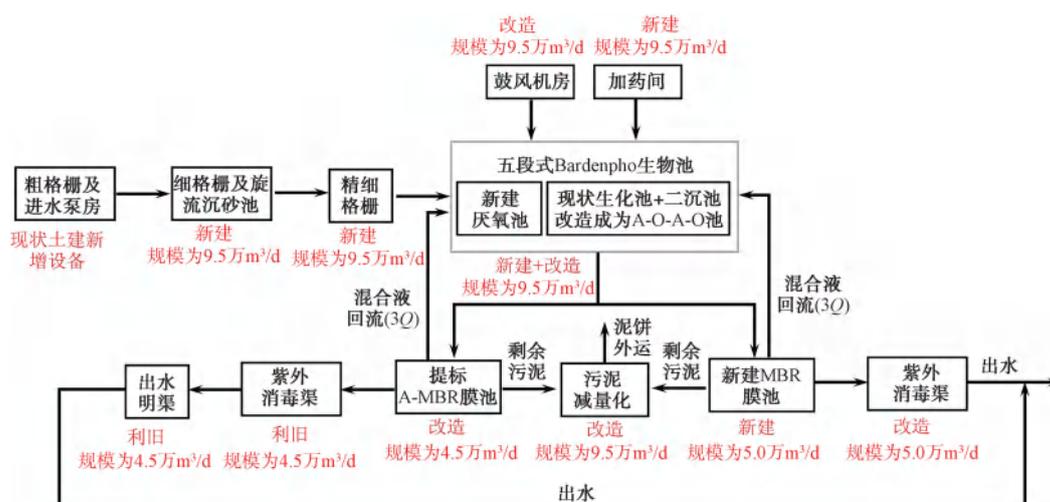
城市污水处理厂的扩容改造受用地面积、设计进出水水质、处理水量、现状污水厂工程的工艺流程及运行情况等各方面的影响和限制,确定合适的工艺方案可以使城市污水处理厂扩容过程中与原有工程衔接并充分利用原有工程的构筑物,减少用地和投资费用,并能在尽量少拆除原有构筑物及新建构筑物的基础上对原有构筑物进行改造来实现增大处理规模。因此,在改造扩容的工程设计中必须依据相关标准并遵循相关原则,结合污水厂原有工艺及构筑物的特点及用地状况,进行合理的工艺选择,选择建设内容少、用地节约、运行稳定、维护方便的处

理工艺,确保设计方案合理可行。

考虑到该项目扩建用地极为紧张且不规整,按常规处理工艺(改良 AAO 生化池+二沉池+深度处理)进行扩容是布置不下的。因此本项目设计应节约用地,并充分利用现有池体构筑物,此外,还需考虑与现有处理工程的衔接顺畅。由于 MBR 工艺在国内已有大规模的应用^[3-5],且占地面积省,出水可稳定达标,经过多次现场调研和多方沟通,本项目设计采用“五段式 Bardenpho+MBR”工艺,改造工艺流程如图 3 所示。

3.3 改造方案

污水处理厂改造后的平面布置如图 4 所示。



注:3Q 表示混合液回流量为设计污水量的 3 倍。

图 3 项目改造工艺流程

Fig. 3 Process Flow of Project Reconstruction

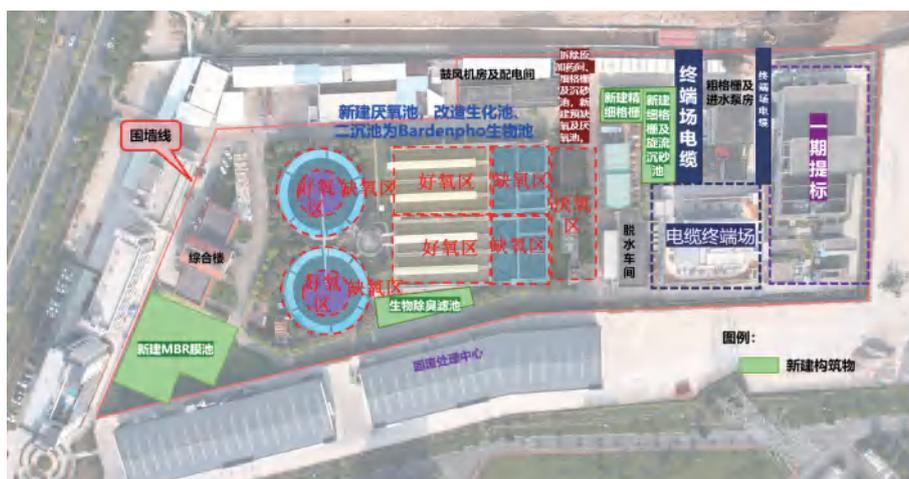


图 4 污水处理厂改造后平面布置

Fig. 4 Layout of WWTP after Reconstruction

(1) 预处理段

本项目的预处理段主要包括粗格栅及进水泵房、细格栅及旋流沉砂池和精细格栅。粗格栅及进水泵房利用现状土建,新增粗格栅、潜污泵等设备达到扩容后规模,粗格栅采用钢丝绳牵引式格栅除污机, b 为 20 mm,与现状保持一致。细格栅及旋流沉砂池和精细格栅均为新建,细格栅采用孔径为 5 mm 的内进流孔板式格栅除污机,精细格栅采用孔径为 1 mm 的内进流孔板式格栅除污机。

(2) 生物处理段

本方案生物处理段采用五段式 Bardenpho 原位扩容工艺,主要基于对现状土建改造小,可实施性

强,即在 AAO 工艺基础上,利用二沉池池容,直接增设一个缺氧段和一个好氧段。硝化液自第一好氧池回流至第一缺氧池,而第二好氧池无硝化液回流,所增设的缺氧段及好氧段起强化脱氮和提高出水水质的作用。在运行过程中,由于第一缺氧池进水中含有较多的内碳源可利用,因而具有较高的反硝化速率。

经过复核,改造后生物池的停留时间不足,因此考虑拆除一期现状细格栅及旋流沉砂池、加药间,从而新建厌氧池,并利用现状生物池和二沉池进行改造,3 部分池体组成完整的生化池系统,整体分隔成 5 段,分别为厌氧区、第一缺氧区、第一好氧区、第二缺氧区、第二好氧区,如图 5 所示。

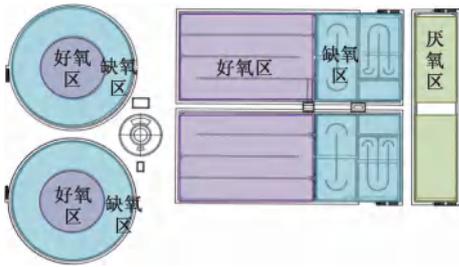


图5 该项目生物处理改造示意图

Fig. 5 Schematic Diagram of Biological Treatment after Upgrading

新建池体作为厌氧区, 现状生化池原预处理区和厌氧区均改成缺氧区, 与原缺氧区一起作为第一缺氧区, 原好氧区作为第一好氧区, 现状二沉池中间新建圆形内隔墙将二沉池分隔成2个区, 隔墙外作为第二缺氧区, 隔墙内作为第二好氧区。在好氧区设置曝气系统提供氧气制造好氧环境, 在

不需曝气的各阶段设置潜水搅拌机或推流器, 使区域内污水达到完全混合状态。

现状生化池改造内容主要是更换曝气系统、混合液回流泵(好氧-缺氧回流及缺氧-厌氧回流)、潜水推流器等, 此外, 原生化池过水孔洞无法满足扩建规模流速及水损要求, 因此需将原有孔洞扩大, 并新增出水堰墙等措施。

现状二沉池改造主要是拆除现状池体吸泥机、工作桥、出水槽及配水渠等, 并将二沉池池壁加高0.6 m。二沉池内部新建隔墙, 隔墙底新建配水孔洞, 形成第二缺氧区与第二好氧区。此外, 还需新增潜水推流器、曝气系统等, 第二好氧区通过新建出水堰渠出水, 进入后端 MBR 膜池, 二沉池改造平面图如图 6 所示。

(3) 深度处理区

该项目深度处理工艺采用 MBR 工艺, 主要基于

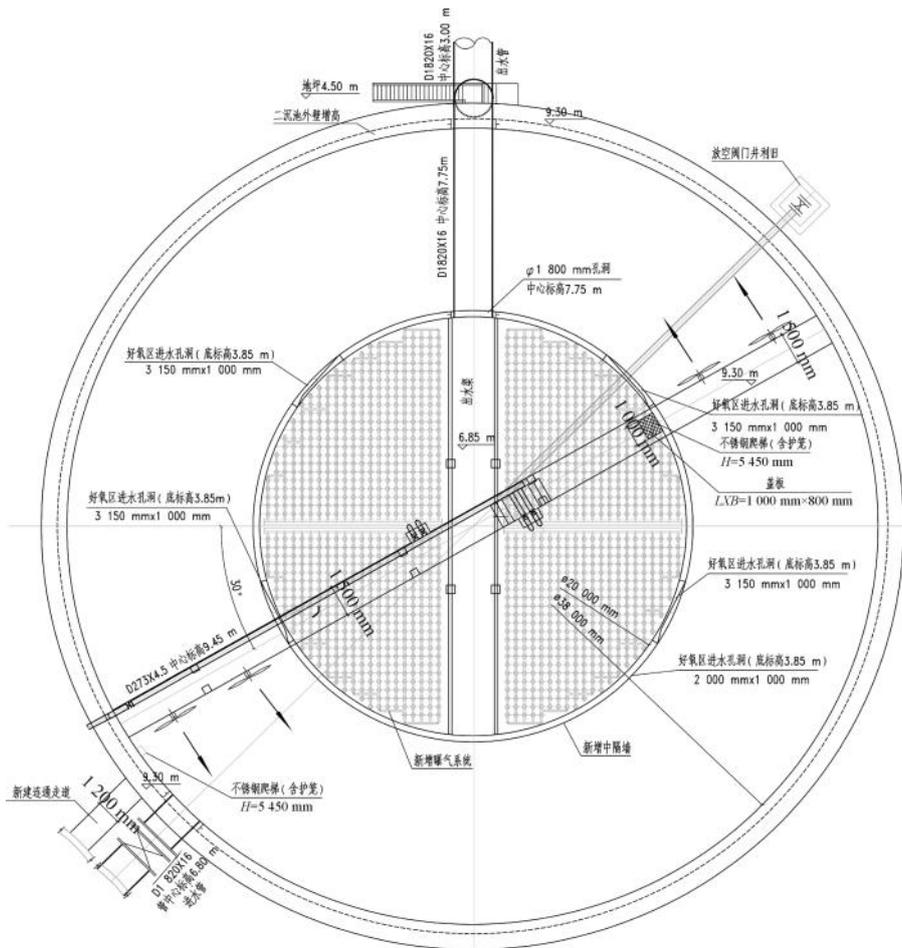


图6 二沉池改造方案

Fig. 6 Reconstruction Scheme of Secondary Sedimentation Tank

此工艺节省用地,技术成熟可靠,运转灵活,新建 MBR 膜池与现状提标项目的 MBR 膜池并联运行,共同承接来自前端五段式 Bardenpho 生物池的来水,并可根据不同的进水水质和水量调整运行参数,可最大限度地发挥处理构筑物的处理能力。

MBR 膜采用浸没式中空纤维膜,膜孔径 $\leq 0.1 \mu\text{m}$,设计平均净膜通量为 $18.0 \text{ L}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$,高峰运行通量为 $23.4 \text{ L}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ 。膜池需回流至五段式 Bardenpho 生物池第一好氧区,膜池回流液大大提高了生物池中的生物浓度和种群数量^[6],特别是像硝化菌这类不易形成菌胶团的细菌被截留,实现反应器 HRT 和污泥龄(SRT)的完全分离,运行控制灵活稳定,生物降解效率提高,实现处理水量大幅提升的目标。

4 主要构筑物设计

(1)粗格栅及进水泵房

经复核,现状粗格栅设备规模可达到 $9.5 \text{ 万 m}^3/\text{d}$,本项目新增一台钢丝绳牵引式格栅除污机,达到 2 用 1 备。

现状进水泵房按 $5 \text{ 万 m}^3/\text{d}$ 规模安装,已安装 3 台水泵(1 大 2 小),大泵 $Q=2084 \text{ m}^3/\text{h}$,扬程(H)=19 m,功率(P)=160 kW,小泵 $Q=1042 \text{ m}^3/\text{h}$, $H=19 \text{ m}$, $P=75 \text{ kW}$ 。本次扩建新增 2 台提升水泵(1 大 1 小),并对水泵出水总管进行改造,大泵 $Q=2084 \text{ m}^3/\text{h}$, $H=19 \text{ m}$, $P=185 \text{ kW}$,变频;小泵 $Q=1042 \text{ m}^3/\text{h}$, $H=19 \text{ m}$, $P=90 \text{ kW}$,变频。高峰流量时 3 用 2 备或 4 用 1 备,2 大 1 小或 1 大 3 小,备用 2 台小泵或 1 台大泵。平均流量时 2 用 3 备或 3 用 2 备,2 大或 1 大 2 小,备用 3 台小泵或 1 台大泵和 1 台小泵。

(2)细格栅及旋流沉砂池

细格栅及旋流沉砂池按照 $9.5 \text{ 万 m}^3/\text{d}$ 规模新建,新建细格栅设置 3 条渠道,栅前水深为 1.45 m,渠道宽为 2.0 m,采用 5 mm 内径流孔板式格栅除污机,每组孔板长度为 2.0 m,配套高排水型螺旋压榨机、中压冲洗泵等。旋流沉砂池分为 2 格,池径为 4.5 m,水力表面负荷为 $161.77 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$,HRT 为 40 s,设计径深比取 2.5,配套罗茨风机、砂水分离器等。

(3)精细格栅

精细格栅按照 $9.5 \text{ 万 m}^3/\text{d}$ 规模新建,新建精细格栅设置 4 条渠道,栅前水深为 1.0 m,渠道宽为

1.7 m,采用 1 mm 内径流孔板式格栅除污机,每组孔板长度为 2.5 m。本项目精细格栅设备新购置 2 套,另外 2 套利用原提标精细格栅除污机,配套高排水型螺旋压榨机、中压冲洗泵和高压冲洗泵等。

(4)五段式 Bardenpho 生物池

拆除现状细格栅及旋流沉砂池和加药间,并利用拆除后的场地,新建厌氧池,将现状生化池和二沉池分别改造为第一缺氧区、第一好氧区、第二缺氧区、第二好氧区,从而构成五段式 Bardenpho 生物池,总规模为 $9.5 \text{ 万 m}^3/\text{d}$ 。新建厌氧池平面尺寸长(L) \times 宽(B)=14.1 m \times 59.6 m,高度(H)=7.25 m。现状生化池改造包括,原预处理区更新搅拌器,原缺氧区更新推流器,拆除原内回流泵,新增缺氧区至厌氧区的混合液回流泵,新增好氧至缺氧混合液回流泵,更换好氧区的曝气系统,扩大池体原有洞口尺寸,新增出水堰,并将旧有出水堰加高。现状二沉池改造包括,拆除原吸泥机、工作桥、出水槽、配水渠及排泥管等,将原内径为 38 m 二沉池内部新建圆形钢筋砼隔墙,隔墙内径为 20 m。将二沉池分隔成 2 个区,外圈为缺氧区,新增推流器,内圈为好氧区,新增曝气系统。此外,由于改造流程后,整体运行水位升高,因此二沉池需要整体加高 0.6 m。

五段式 Bardenpho 生物池总 HRT 为 9.13 h,其中厌氧区为 1.02 h,第一缺氧区为 2.05 h,第一好氧区为 3.39 h,第二缺氧区为 1.92 h,第二好氧区为 0.75 h;设计膜池污泥质量浓度(MLSS)为 8.0 g/L ,好氧池 MLSS 为 6.0 g/L ,缺氧池 MLSS 为 4.0 g/L ;设计膜池至第一好氧区回流比为 300%,第一好氧区至第一缺氧区回流比为 300%,第一缺氧区至厌氧区回流比为 200%;污泥负荷为 $0.059 \text{ kg BOD}_5/(\text{kg MLSS} \cdot \text{d})$,反硝化速率(K_{de})(20℃)取值 $0.04 \text{ 氨氮}/(\text{kg MLSS} \cdot \text{d})$ 。

(5)新建 MBR 膜池及配套设备间

本项目新建 MBR 膜池 1 座,规模为 $5.0 \text{ 万 m}^3/\text{d}$,与提标 A-MBR 膜池共同承接生物池来水,2 座 MBR 膜池并联运行。新建 MBR 膜池设计有效容积为 1795 m^3 ,共设置 11 个廊道,单个廊道可安装 9 套膜组器(本次安装 8 套,预留 1 个空位),共安装 88 套膜组器。单个廊道尺寸 $L \times B = 15.5 \text{ m} \times 2.85 \text{ m}$, $H = 5.7 \text{ m}$ 。新建 MBR 膜采用中空纤维膜,平均膜孔径 $\leq 0.1 \mu\text{m}$,每套膜组器膜面积为 1620 m^2 ,运行周期为产 9 min,停 1 min,设计膜名

义通量为 $14.61 \text{ L}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$, 运行通量为 $16.24 \text{ L}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$, 峰值通量为 $17.86 \text{ L}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$, 强制通量为 $17.86 \text{ L}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ 。

膜池设备间与膜池风机房及加药间合建, 设备间配套产水泵、反洗泵等, 膜池风机房配套吹扫磁悬浮风机、空压机和冷干机等, 设计气水比 $4.5:1$, 膜池加药间配套柠檬酸、碱液、次氯酸钠储罐及加药泵等。

(6) 提标 A-MBR 膜池

考虑到提标项目 A-MBR 膜池原设计通量较高, 检修或恢复性清洗膜组器时产水量下降等问题, 考虑本次提标项目将膜池剩余空位安装上膜组器, 共安装 5 个膜组器, 增大产水能力(增加 $10\% \sim 15\%$), 提标 MBR 膜池改造后, 设计规模为 $4.5 \text{ 万 m}^3/\text{d}$ 。提标 A 池需增加进水管开孔, 现状构筑物孔洞改造, 并新增曝气系统将 A 池改造成好氧区。拆除原回流泵 2 台, 新增混合液回流泵 3 台, 2 用 1 冷备。

(7) 紫外消毒渠

本次更新现状 1 套紫外消毒设备, 更新紫外设备按 $5 \text{ 万 m}^3/\text{d}$ 规模设计, 承接新建 MBR 膜池出水消毒。选用 8 根灯管为 1 个模块, 共 17 个模块, 132 支灯管, 总 P 为 42.24 kW 。

(8) 鼓风机房及变配电间

现状鼓风机房共设置了 4 台机位, 已安装了 2 台空浮风机, 单台风量为 $135 \text{ m}^3/\text{min}$, 风压为 80 kPa , $P=185 \text{ kW}$ 。本次拟新增 2 台磁悬浮离心鼓风机, 单台风机参数: $Q=125 \text{ m}^3/\text{min}$, 风压 = 80 kPa , $P=200 \text{ kW}$ 。平均日流量时, 风机配置运行情况为 3 用 1 备, 最大设计流量时, 风机配置运行情况为 4 用。

(9) 污泥浓缩脱水车间

现状已有 3 台板框压滤机, 单台过滤面积为 200 m^2 , 出泥含水率 $<60\%$ 。

考虑到本厂区用地紧张, 本项目需拆除现状离心脱水机后, 新增板框脱水设备, 且本项目无空余用地设置污泥浓缩池, 因此新增板框脱水前端采用机械浓缩。本项目新增隔膜板框压滤机 1 台, 过滤面积为 400 m^2 , 24 h 运行可处理绝干污泥约为 9.6, 设计过滤压力 $\leq 1.2 \text{ MPa}$, 压榨压力 $\leq 2.0 \text{ MPa}$, 配套压滤机进料螺杆泵、污泥切割机。

(10) 加药间

该项目考虑拆除一期现状加药间, 新建厌氧池。

因此, 加药系统需另找位置建设。结合厂区用地现状, 考虑将加药系统放置于新建厌氧池上部, 新建加药间内置聚合氯化铝(PAC)、乙酸钠加药系统。PAC 除磷药剂分别加在 2 组生化池第一段 O 池进水端, 第二段好氧池的出水端。乙酸钠药剂分别加在 2 组生物池两段缺氧区进水端。

(11) 生物除臭滤池

该项目将污水厂臭气处理划分为 I、II、III 3 个区域, 工艺流程为: 臭气-预洗池-生物除臭滤池-离心风机-净化气体排放。A 区除臭风量为 $16000 \text{ m}^3/\text{h}$, 处理区域为粗格栅及提升泵房、细格栅及曝气沉砂池、精细格栅、北侧五段式生物池(厌氧区、缺氧区)。B 区除臭风量为 $18000 \text{ m}^3/\text{h}$, 处理区域为南侧五段式生物池(厌氧区、缺氧区)、污泥脱水机房及储泥池。C 区除臭风量为 $14000 \text{ m}^3/\text{h}$, 处理区域为新建 MBR 膜池。

5 工程重点、难点分析

(1) 用地紧张, 集约高效

该项目污水处理厂已建成超过 15 年, 周边为建成区, 无法新增用地, 且扩建部分用地被其他项目占用。因此, 可利用土地紧张(仅 4033 m^2)且分散在各处, 以上因素给该项目工艺选择和平面布局带来了很大的挑战和局限。因此, 需要选择一种工艺流程短, 容积负荷率高, 高度集约的改造工艺。

(2) 不停产改造, 改造难度较高

根据茶山镇污水系统布局, 全镇大部分区域内的污水均进入东莞市某污水厂进行处理, 且没有其他污水厂可以联动调配。因此, 本项目改扩建期间, 要尽量避免现状污水厂停产, 确需停产或减产时需考虑临时应急处理措施, 减少污水溢流事故对环境造成影响。

(3) 跨区域调度污水

考虑到该项目改造期间不允许污水外溢, 按照单组生化池改造时, 处理水量将下降至 $4.0 \text{ 万 m}^3/\text{d}$ 。因此, 生化池改造期间, 需将部分污水通过新建的临时连通管, 调度至余屋泵站, 调度污水规模为 $2.5 \text{ 万 m}^3/\text{d}$ 。

(4) 曝气水深不一致

该项目改造后第一段好氧区水深为 6.125 m , 第二段好氧区 4.9 m 。由于该项目为改扩建项目, 现状的鼓风机房机位有限, 整个项目生化池只能共

用一套鼓风机系统。因此,鼓风机风压需要按最大需要风压计算,导致设计的鼓风机风压比第二段好氧区所需要风压高出许多。因此,第二段好氧区曝气需要先进行减压,以保障整个曝气系统稳定运行,该项目采用自力式压力调节阀减压至 70 kPa 后,再通过曝气支管流量控制碟阀准确控制曝气量。

6 改造流程及时序安排

本项目通过合理安排新建单体和改造单体的建设时序,分阶段改造,并利用现有构筑物的

能力进行分阶段、分组作业等办法。此外,还需新建临时连通管,将部分污水外调,从而实现不停产改造。

该项目建设期间主要分为以下几个时序。

1) 新建细格栅及旋流沉砂池、精细格栅、MBR 膜池。

2) 接通提升泵房与新建的细格栅,并将新建旋流沉砂池与原生化池的进水管进行临时接驳,进水泵房与细格栅接驳平面如图 7 所示。

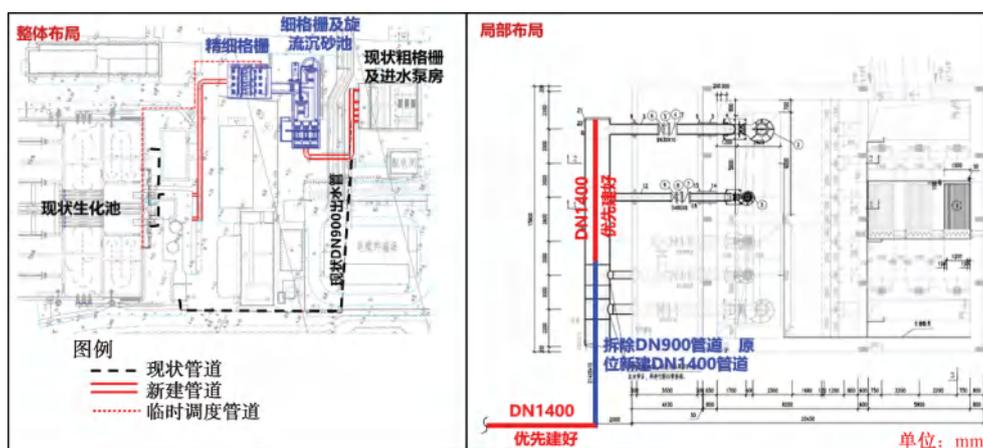


图 7 进水泵房与细格栅接驳平面

Fig. 7 Pipe Connection on the Plane of Intake Pump Room and Fine Screens

主要接驳流程包含以下几步。

(1) 粗格栅及进水泵房改造

由于粗格栅前后均有闸门,因此首先要抽水并检测闸门的止水效果,若闸门止水效果不好,可考虑前后采用沙包对孔洞进行封堵。阀门止水效果好,直接关闭闸门即可,随后进行粗格栅安装。其次,由于进水泵房两边无闸门控制,因此需采用特制的异性气囊,对配水槽孔洞进行封堵,封堵后,对一侧泵房地底进行抽水并清淤,清淤后安装水泵、阀门及配套管件等。

(2) 进水泵房与细格栅接驳

首先将部分 DN1400 管道建好,随后拆除原进水泵房 DN900 出水管,原位新建 DN1400 管道,并与已建好 DN1400 管道接驳。接驳需在夜间低流量时段施工,接驳时需要将泵房污水进行导排,导排时间暂定 24 h,导排泵房污水进入原细格栅。

(3) 细格栅与旋流沉砂池与生化池临时接驳。

3) 新建旋流沉砂池与生化池进水管接通后,分组改造生化池。

4) 拆除现状细格栅及旋流池及加药间后,新建厌氧池,并新建配套工艺管线。

5) 生化池改造完成后,新建临时连通管接通生化池与 MBR 膜池,并接通新建 MBR 膜池与紫外消毒渠进水管。

6) 改造 2 组二沉池、提标膜池、鼓风机房、脱水车间,新建膜池侧工艺管等,新建除臭滤池等。

7 结论

(1) 该项目在充分评估已建构筑物、用地条件以及现状进出水水质的基础上,进行工艺论证,通过充分利用现状构筑物潜能,将现状生化池及二沉池改造为五段式 Bardenpho 生物池,并采用高度集约的 MBR 工艺,提高了生化池污泥浓度,缩短工艺流程,扩建后总规模达到 9.5 万 m^3/d 规模,出水可达到一级 A 标准。

(2) 通过合理安排新建单体和改造单体的建设时序,分阶段改造,并采用临时调度措施,将部分污水调度至邻近污水厂,成功实现该项目不停产改造。

(下转第 197 页)

- 工业废水处理厂的设计应用[J]. 净水技术, 2023, 42(3): 120-126.
- ZHAO H B, CHEN L M, ZHAN J, et al. Design and application of hydrolytic acidification/improved Fenton technology in printing and dyeing WWTP [J]. Water Purification Technology, 2023, 42(3): 120-126.
- [2] 陈燕波, 张锋, 淦方茂. 高效沉淀池在污水深度处理工程的应用优化[J]. 给水排水, 2022, 48(7): 46-50, 56.
- CHEN Y B, ZHANG F, GAN F M. Application optimization of high efficiency settling tank in wastewater advanced treatment project [J]. Water & Wastewater Engineering, 2022, 48(7): 46-50, 56.
- [3] 李慧, 李涛, 王文. 高效沉淀池的工艺设计与应用案例[J]. 净水技术, 2012, 31(2): 84-87.
- LI H, LI T, WANG W. Design and application cases of technological processes for high-efficiency sedimentation tank [J]. Water Purification Technology, 2012, 31(2): 84-87.
- [4] 崔朋, 万年红, 吴瑜红, 等. 污水处理厂上向流反硝化滤池极限脱氮效能研究[J]. 给水排水, 2022, 48(s1): 196-201.
- CUI P, WAN N H, WU Y H, et al. Study on the maximum nitrogen removal efficiency of upflow denitrification filter in wastewater treatment plant [J]. Water & Wastewater Engineering, 2022, 48(s1): 196-201.
- [5] 陈龙, 刘忠生, 王竞, 等. 某经济开发区污水处理厂工程设计案例分析[J]. 净水技术, 2019, 38(9): 33-38, 53.
- CHEN L, LIU Z S, WANG J, et al. Case study of engineering design for wastewater treatment plant in an economic development zone[J]. Water Purification Technology, 2019, 38(9): 33-38, 53.
- [6] 彭信子, 刘志刚, 周思琦, 等. 市政污泥中磷的释放研究进展综述[J]. 净水技术, 2017, 36(1): 27-32.
- PENG X Z, LIU Z G, ZHOU S Q, et al. Review of research and progress on phosphorus release from urban sewage sludge [J]. Water Purification Technology, 2017, 36(1): 27-32.

(上接第 188 页)

(3)该工程改造难度虽然较大,MBR 工艺相比传统“改良 AAO+二沉池”工艺,维护工作及能耗更大,但该工程改造效益十分明显,仅仅利用厂区 4 033 m² 空地,在总投资为 17 646.75 万元情况下,实现了 4.5 万 m³/d 规模的污水扩容,该工程可为类似极限用地条件下污水厂的扩容改造提供借鉴经验。

参 考 文 献

- [1] 蒙小俊. 城镇污水处理厂升级改造分析[J]. 环境污染与防治, 2021, 43(11): 1439-1445.
- MENG X J. Analysis of upgrading and reconstruction of urban sewage treatment plants[J]. Environmental Pollution & Control, 2021, 43(11): 1439-1445.
- [2] 姚亮, 张强, 李鹏. 多级 AO+MBR 工艺在污水处理厂高排放标准提标改造中的应用[J]. 净水技术, 2023, 42(3): 164-173.
- YAO L, ZHANG Q, LI P. Application of multistage AO + MBR processes in upgrading and reconstruction of stricter discharge standard of WWTP [J]. Water Purification Technology, 2023, 42(3): 164-173.
- [3] 都雪晨, 黄华玲, 靳斌斌, 等. MBBR 和 MBR 工艺在南方某用地受限污水处理厂扩建及提标改造中的应用[J]. 净水技术, 2023, 42(5): 164-171.
- DU X C, HUANG H L, JIN B B, et al. Application of MBBR and MBR processes in extension and upgrading project of a southern WWTP under limited land use [J]. Water Purification Technology, 2023, 42(5): 164-171.
- [4] 李一龙, 包宇. UCT-MBR 工艺在北京市某污水处理厂提标扩容改造中的设计及运行[J]. 净水技术, 2022, 41(1): 147-152.
- LI Y L, BAO Y. Design and operation of UCT-MBR process in upgrading and expansion project of a WWTP in Beijing city [J]. Water Purification Technology, 2022, 41(1): 147-152.
- [5] 李亮, 汪德金, 等. 大型污水处理厂采用 MBR 工艺不停产扩能提标改造[J]. 中国给水排水, 2019, 35(14): 52-58.
- LI L, WANG D J. Practice of reconstruction without shutdown with MBR for capacity expansion and standard upgrading in large-scale sewage treatment plant [J]. China Water & Wastewater, 2019, 35(14): 52-58.
- [6] 杨磊, 赵健, 郭瑜, 等. MBR 在更严格排放标准污水处理厂不停产提标扩能改造中的应用[J]. 净水技术, 2023, 42(10): 166-172.
- YANG L, ZHAO J, GUO Y. Application of MBR in upgrading and reconstruction of stricter discharge standard WWTP under non-stop operation [J]. Water Purification Technology, 2023, 42(10): 166-172.