

无锡市某污水处理厂五期工程设计方案

徐 璞¹, 张晶瑶², 叶 亮³, 汪 炯²

[1. 无锡市政公用环境检测研究院有限公司, 江苏 无锡 214000; 2. 上海市市政工程设计研究总院(集团)有限公司, 上海市 200092;
3. 无锡市水务集团有限公司, 江苏 无锡 214000]

摘 要: 根据《无锡市排水(污水)专项规划(2010—2020)》《无锡市城镇污水处理提质增效行动实施方案(2019—2021)》文件要求, 无锡某污水处理厂处理规模需于2025年达到25万m³/d, 即扩建3万m³/d。由于五期工程项目边界条件复杂, 用地极其紧张, 需对厂内现有处理构筑物进行计算分析并加以充分利用, 因地制宜, 在受限条件下进行挖潜改造。本工程建成投运至今, 出水水质稳定达标。通过介绍污水处理工艺AAO+MBR及主要构筑物的设计思路及参数, 总结工程特点, 为其他类似工程提供借鉴。

关键词: 污水处理厂; 扩建; AAO+MBR工艺

中图分类号: TU99

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2024)03-0123-04

1 污水处理厂概况

无锡市某污水处理厂位于无锡市广瑞路, 厂区总占地面积241.2 hm²。目前已建成一、二、三、四期工程, 总设计处理能力22万m³/d, 来水主要为生活污水, 出水水质执行GB 18918—2002一级A标准。根据2018年5月江苏省环保厅发布的地方标准《太湖地区城镇污水处理厂及重点工业行业主要水污染排放限值》(DB 32/1072—2018)^[1], 目前此厂提标改造工程正在实施中。在此基础上, 根据《无锡市排水(污水)专项规划(2010—2020)》、《无锡市城镇污水处理提质增效行动实施方案(2019—2021)》及文件要求, 此厂处理规模需达到25万m³/d, 即扩建3万m³/d。同时扩建项目实施后, 有利于逐步开展提标改造工程中停产施工部分内容。因此, 五期扩建项目势在必行。

2 无锡某厂现状设施概况

本厂于2018年针对现状一、二、三、四期工程进行了提标改造, 主要流程如下:

主体工艺: 一期工程规模为7万m³/d, 采用AAOAO工艺+平流式二沉池; 二期氧化沟表曝改为底曝, 规模维持5万m³/d; 三期氧化沟表曝改为底曝, 规模降至4万m³/d; 四期5万m³/d MBR池增加

缺氧交替段, 四期续建2万m³/d MBR池更换膜。深度处理: 采用一、四期新建13万m³/d设计规模气浮池; 二、三期新建12万m³/d(预留3万m³/d规模)反硝化滤池+气浮池; 最后合并至25万m³/d规模消毒池排放。

3 扩建工程方案分析

3.1 设计进出水水质

五期工程设计进出水水质见表1。

表1 地勘土体参数						单位: mg/L
水质指标	COD _{Cr}	BOD ₅	SS	NH ₃ -N	TN	TP
进水水质	500	200	280	40	50	8
出水水质	40	10	10	3(5)	10(12)	0.3

3.2 五期工程用地条件与边界条件分析

3.2.1 用地条件

原厂区内东南角区域的预留用地已用于污水处理厂提标改造深度处理工程的建设, 目前厂区内已无可利用空地。

二期工程设计时, 鉴于本污水处理厂收集范围内印染企业较多, 为防止印染企业因事故排放未经预处理水对运行造成不良影响, 对一期、二期工程各增设了5万m³/d的厌氧水解污水预处理工艺。二期工程于2006年6月全面竣工, 由于产业调整, 污水基本为生活污水, 水解酸化池亦一直闲置。现有水解酸化池2座。

现状水解酸化池北侧为现状CNG加气站(净距

收稿日期: 2023-11-30

作者简介: 徐璞(1973—), 女, 本科, 高级工程师, 主要从事污水处理及检测工作。

约 14m),东侧为现状厂房(净距约 12 m),南侧为污水处理厂主变站,西侧为三、四期进水泵房。

3.2.2 边界条件分析

原厂内 DN1800 钢筋混凝土进水总管为顶管施工,埋深较深,接近 8 m;使用年限较久,存在很大腐烂隐患。经与施工单位沟通,若新建五期进水泵房,需采用大开挖施工,复杂的地下情况会较大概率增加施工风险,延长施工周期,影响提标改造工程的进度。

五期项目施工过程中存在的最大障碍为厂内高压电塔。两个高压电塔均位于五期工程较为核心的位置,对允许施工作业面的范围产生了较大影响。高压电塔定位如图 1 所示。

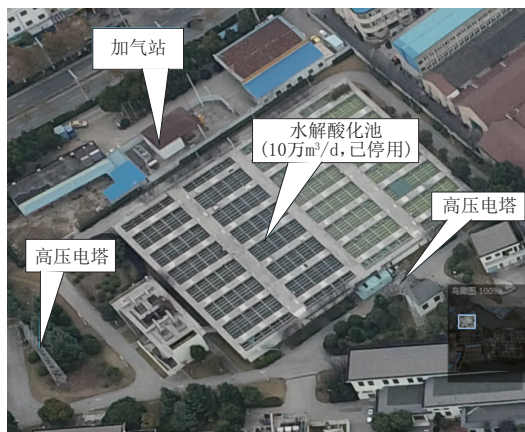


图 1 现状水解酸化池鸟瞰图

本污水处理厂西北侧为华润燃气加气站,结合本项目对周边环境的影响主要是火灾,故需避免施工过程中可能产生明火的施工措施。

结合以上分析,本项目设计需从尽量减少土建工程量、缩小施工面影响范围、缩短施工周期、避免施工过程中明火及高压电安全隐患角度进行综合考虑,谨慎选择改造方案。

3.3 污水处理工艺选择

此厂进水水质 $BOD_5/COD_{Cr}=0.40$,属于可生物降解范畴; $BOD_5/TN=4.0$,碳源较为充足; $BOD_5/TP=25$,可选用生物脱氮除磷工艺;达到高于一级 A 的除磷效果,须考虑生物除磷和化学除磷联合使用。

3.3.1 二级处理工艺

二级处理工艺应充分结合厂内现状采用的活性污泥法,秉承用地节省的原则,选取有成熟应用的工艺路线。MBR 膜池可利用膜对反应池内含泥污水进行过滤,实现泥水分离^[2],同时强化系统生化功能。结合本工程实际情况,用地极其紧张,改造限制条件较多,将 MBR 工艺作为 AAO 工艺后端的超滤设施,可

以较大提高 AAO 系统的污泥浓度,减少整个生化系统的体积,从而大大减少占地,强化脱氮除磷效果^[3]。本工程新建生物反应池选用 AAO+MBR 工艺。

3.3.2 深度处理工艺

本次扩建项目 MBR 出水进入深度处理,一方面 TN 由反硝化滤池进一步保障,另一方面 MBR 出水 TP 及 SS 相对较低,结合二、三期氧化沟二沉池出水,综合降低进入深度处理的 TP 及 SS 负荷,提高气浮池的保障性。

故本工程沿用提标改造工程已预留的反硝化滤池+气浮池工艺。

五期工程工艺流程如图 2 所示。

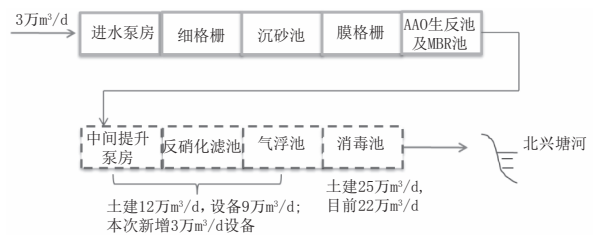


图 2 五期工程工艺流程

4 五期工程设计方案

4.1 三、四期进水泵房改造

为避免对现状进水总管的大开挖改造,充分利用现状进水管线,需对现状进水泵房的能力进行分析挖潜,复核改造利用的可能性。

现状建有一、二期进水泵房,三、四期进水泵房。其中,一、二期进水泵房原设计规模为 10 万 m^3/d ,提标改造工程换水泵后,可达到 12 万 m^3/d ,现场无空余泵位,经比选复核已无进一步扩建余地。三、四期进水泵房原设计规模为 12 万 m^3/d ,现状有 DN1650 与 DN800 两根进水管。经复核,可满足 15 万 m^3/d 规模进水要求。现状共有泵位 5 台,泵位间空间较为充裕。通过对水泵选型搭配的比选及安装条件的复核,可将原东侧仓位 3 台 1 400 m^3/h 水泵更换为 3 台 2 100 m^3/h 变频水泵,作为三、四期进水用泵。西侧仓位利用提标改造工程中新更换的 2 台 1 800 m^3/h 水泵,1 用 1 备,作为五期用泵。五期两泵新建出水管路设有切换阀门,与三、四期出水总管联通,水泵可互为备用,满足不同工况下水量的灵活调配。集水池容积经复核,可满足改造后选泵要求,故本期工程无需新建进水泵房。

4.2 现状水解池改造与新建厌氧池

结合上文中对用地条件、边界条件、施工风险、施工周期和处理工艺的分析,本工程考虑对现状水

解池进行改造。现有水解酸化池 2 座,每座尺寸为 56.0 m×33.6 m×5.0 m,每座有效容积为 56.0 m×15 m×4.5 m(水深)×2 格。本次核心单元通过深度核算分析,可结合现状水解池改造池用地进行扩建。

本次生物反应池充分利用现状水解池的有效容积,设计分为 2 部分,一部分为水解池利旧改造部分,另一部分为补充生物反应池容积部分,采用活性污泥 AAO 运行模式。池形分为厌氧区、缺氧区、好氧区。

在现状厌氧水解池前端增设 3 万 m³/d 的 AAO 生物反应池厌氧段(2 h)+ 缺氧段(2 h),将现状厌氧水解池改造为 AAO 生物反应池缺氧段(3.5h)+ 好氧段(8.5 h);新建整套 3 万 m³/d MBR 反应系统及辅助用房,并配套相应膜车间,同时配套一座 3.0 万 m³/d 的鼓风机房及提升泵房。流程如图 3 所示。

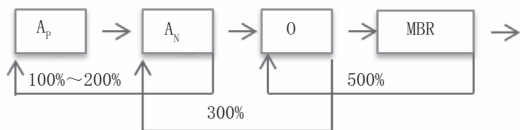


图 3 AAO+MBR 工艺流程

生物反应池主要设计参数如下：

(1) 厌氧+缺氧池（新建部分）。平面尺寸为 57.5 m(L)×10.7 m(W)×10.0 m(H),有效水深为 8.2 m,单池有效容积为 5 366 m³。停留时间为 4.0 h,其中厌氧区停留时间为 1.5 h,污泥浓度为 3.5 g/L;缺氧区停留时间为 2.5 h,污泥浓度为 6.0 g/L。

(2) 缺氧+好氧池(现状厌氧水解池改造)。平面尺寸为 70.0 m(L)×56.0 m(W)×5.0 m(H),有效水深为 4.5 m,单池有效容积为 14 985 m³。停留时间为 12.0 h。其中,缺氧区停留时间为 3.5 h,污泥浓度为 6.0 g/L。好氧区停留时间为 8.5 h(前 2 h 和后 2 h 可调为缺氧),污泥浓度为 7.5 g/L,具体布置如图 4 所示。

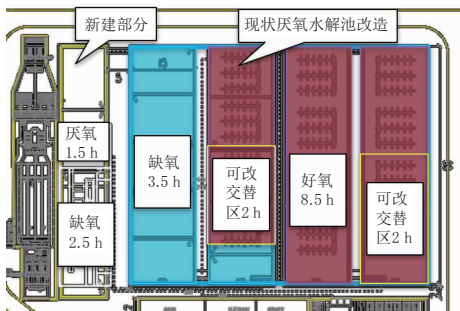


图 4 现状水解池改造及新建厌氧缺氧池示意图

综上,AAO 反应池总停留时间为 16 h,理论需氧量为 625 kgO₂/h,设计气水比为 7 : 1,污泥负荷为 0.042 kgBOD₅/kgMLSS,总污泥龄为 30 d。好氧段回

流至缺氧段,回流比为 300%。缺氧段回流至厌氧段,回流比为 100%~200%。剩余污泥产率根据一、二、三、四期实际运行数据及未来发展趋势,为 0.8 kgTSS/kgBOD₅/d。

生物反应池的主要设备包括潜水搅拌机、潜水轴流泵、曝气器等。

4.3 新建 MBR 膜池及设备间

本工程 MBR 出水主要水质指标 COD_{cr}、BOD₅、SS、TN、NH₃-N、TP 需达到 GB 18918—2002 一级 A 标准。

结合现状用地条件,将 MBR 膜池及设备间集约布置于现状厌氧水解池南侧,MBR 膜池域平面尺寸为 35 m(L)×20.3 m(W),有效水深为 4.8 m,膜池污泥回流比为 500%。共设置膜组器 42 组,选用中空纤维膜,平均膜通量为 17 L/(m²·h);高峰膜通量不大于 21.5 L/(m²·h),总面积约为 75 600 m²。

4.4 鼓风机的双重利用

由于本工程生物反应池好氧段为现状厌氧水解池改造,有效水深为 4.5 m;新建曝气沉砂池有效水深为 3.3 m,风压较为接近且预处理曝气所需风量较小。结合此特点,本工程从生物反应池新建曝气总管中增设一根支管并配套减压阀为曝气沉砂池供气,使曝气风机兼具生物反应池和预处理曝气的功能,可达到节省成本、节约用地的效果。

5 运行效果

本工程自 2021 年年底五期进水运行至 2022 年 8 月,运行稳定,出水水质优于 DB 32—2018 要求,数据见表 2。

表 2 出水水质						单位:mg/L
水质指标	COD _{cr}	BOD ₅	SS	NH ₃ -N	TN	TP
最高值	32.60	4.74	5.00	2.72	9.69	0.34
最低值	10.10	1.03	5.00	0.18	3.41	0.02
平均值	17.73	2.13	5.00	0.83	7.23	0.15

6 结 语

无锡市某污水处理厂五期工程于 2021 年 5 月完工,处理规模为 3 万 m³/d,至今运行稳定,出水可稳定达到 DB 32/1072—2018 标准要求。五期工程与本厂内的提标改造工程有机结合,相辅相成。提标改造的实施为五期工程创造了条件,五期扩建也可以缓解提标改造工程停水施工的压力。

五期工程特点总结如下：

(1)因地制宜、集约化设计。本厂已无空地,本次利用场地东北角停用的水解酸化池区域进行改造。该区域总占地面积约 8 000 m²。本次方案总体设计原则为充分挖潜现有构筑物使用功能,进行土建利旧,减少外部环境风险。同时,依据场地集约化设计,比国家标准节约用地 30%以上。

(2)技术路线优选先进。结合提标改造工程预留工艺路线和用地条件,本次扩建采用 MBR+ 反硝化滤池+气浮池作为总体方案,并结合项目自身特点在设计细节处创新创优。运行至今,出水稳定达标。

(3)深度协同、不停产改造。项目本底复杂,现状工艺系统改造、管线切改,电气系统改造及切换,均在几乎不停产的条件下进行。与运营单位深度沟通

扩建及改造实施方案,各专业在协同匹配建设进度的基础上优化设计。

五期工程充分分析厂内现状情况,在有限的用地条件下选择合理的工艺路线,对现有构筑物深度挖潜利用,在保障出水达标的同时也做到了循环经济、低碳节能、安全环保、用地集约化,扩建思路可供类似项目进行参考。

参考文献:

- [1] DB 32/1072—2018,江苏省太湖地区城镇污水处理厂提标技术指引[S].
- [2] 陈福泰,范正虹,黄霞.膜生物反应器在全球的市场现状与工程应用[J].中国给水排水,2008,24(8):14-18.
- [3] 邵嘉慧,何义亮,顾国维.膜生物反应器——在污水处理中的研究与应用[M].北京:化学工业出版社,2012.

《城市道桥与防洪》杂志

是您合作的伙伴,为您提供平台,携手共同发展!

欢迎新老读者订阅期刊 欢迎新老客户刊登广告

投稿网站:<http://www.csdqyfh.com> 电话:021-55008850 联系邮箱:cdq@smedi.com