

南通市某污水处理厂改扩建工程设计要点探讨

蔡建坤

[上海市政工程设计研究总院(集团)有限公司, 上海市 200092]

摘要:南通市某污水处理厂扩建工程将设计规模由4.8万 m^3/d 扩建至9.6万 m^3/d ,设计出水水质执行江苏省新地标《城镇污水处理厂污染物排放标准》(DB 32/4440—2022)中的B标准。工程处理难点主要为:出水水质指标要求高,现状构筑物土建框架固化,改扩建过程不能影响污水处理厂的正常运行。为此,主体工艺考虑采用改良式Bardenpho工艺,并扩增二级处理设施的处理能力,以达到以新代旧的目的。此外,通过对现状设施的深度研究,采用灵活割接的施工工艺,确保在改扩建工程中对污水处理厂运行的影响降至最低。最终确定的扩建主体工艺为:预处理+改良Bardenpho生物反应池+辐流式二沉池+高效沉淀池+滤布滤池+紫外结合加氯消毒。工程根据现状设施对于新出水标准的达标情况来确定工艺的思路,可以为同类工程提供设计借鉴。

关键词:污水处理厂;改扩建;改良Bardenpho;工程设计

中图分类号:X703

文献标志码:A

文章编号:1009-7716(2024)06-0178-05

0 引言

南通市某污水处理厂一期工程于2017年建成运行,建设规模为4.8万 m^3/d 。近年来,由于污水处理厂长期处于处理水量高负荷运行状态,亟需扩建。根据水量预测以及地区2035年污水规划,污水处理厂需扩建至9.6万 m^3/d 。此外,江苏省新地标《城镇污水处理厂污染物排放标准》(DB 32/4440—2022)(以下简称江苏省新地标)已发布,本次改扩建工程需要同步考虑一期出水达标问题,以新代旧。考虑到是对现状污水处理厂进行改扩建,本次设计原则为:充分利用现状设施,最大程度地降低对污水处理厂运行的影响,并尽量维持总平面布局的协调统一^[1]。本文重点讨论二期改扩建工程的设计方案。

1 污水处理厂一期现状及新出水标准达标分析

1.1 污水处理厂一期现状

南通市某污水处理厂一期工程于2017年建成运行。一期工程建设规模为4.8万 m^3/d ,规划总规模为19.2万 m^3/d 。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A标准”。

一期工程主体处理工艺采用AAO生物处理工

艺,污泥采用化学调理+板框压滤;现状进水量已达4.71万 m^3/d ,其中最高日污水处理量甚至达到6.9万 m^3/d ,基本满负荷运行。现有处理规模已无法满足服务范围内的排污需求,且随着当地出水标准的日益严苛,需尽快进行二期改扩建。

1.2 污水处理厂新出水标准达标分析

随着江苏省新地标的发布,其中对于现有城镇污水处理厂,排污口位于重点保护区域的执行新地标B标准。关于新地标与现状出水水质指标——化学需氧量 COD_{cr} 、5日生化需氧量 BOD_5 、固体悬浮物 SS 、总氮 TN 、氨氮 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、总磷 TP 等的对比见表1。

由表1可知,新地标B标准中 COD_{cr} 、 TN 、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 及 TP 均严于国标一级A排放标准。该污水处理厂近2年一期出水水质指标统计结果见表2。

由表2可知,在近2年内,污水处理厂出水 COD_{cr} 、 BOD_5 、 SS 及 $\text{NH}_3\text{-N}$ 的最大值均小于出水水质指标,能够满足出水新地标的要求;但污水处理厂的 TN 及 TP 尚未达到江苏省新地标的排放限值要求。本次设计重点为增强污水处理厂现有 TN 和 TP 的处理能力。

1.2.1 出水TN达标分析

对于现状AAO生物反应池,考虑通过减量运行的方式来增强生化段的脱氮能力;对于新建的AAO生物反应池,考虑采用改良Bardenpho运行工艺,在第二缺氧池投加足够的碳源,进一步强化脱氮。在二

收稿日期:2023-07-17

作者简介:蔡建坤(1991—),男,硕士,工程师,从事排水设计工作。

表 1 出水水质对比表

执行标准	污染物浓度/(mg·L ⁻¹)						pH 值	粪大肠菌群数/(个·L ⁻¹)
	COD _{Cr}	BOD ₅	SS	TN	NH ₃ -N	TP		
国标一级 A	50	10	10	15	5(8)	0.5	6~9	1 000
新地标 B 标准	40	10	10	10(12)	3(5)	0.3	6~9	1 000

注:国标括号外数值为水温大于 12℃时的控制指标,括号内数值为水温小于 12℃时的控制指标;新地标每年 12 月 1 日至次年 3 月 31 日执行括号内排放限值。

表 2 污水处理厂近 2 年出水水质指标统计表 单位:mg/L

统计项目	COD _{Cr}	BOD ₅	SS	TN	NH ₃ -N	TP
平均值	11.58	1.2	4.28	10.24	0.27	0.08
最大值	28	1.8	9	14.8	2.64	0.42
最小值	4	0.8	4	2.74	0.04	0.01

级处理工艺中进行总氮的去除是相对经济合理的方案^[2]。

1.2.2 出水 TP 达标分析

针对出水总磷超过出水新地标的现状,可通过在高效沉淀池调整混凝剂投加量来实现出水总磷达标。

2 二期改扩建难点分析及应对措施

2.1 二期改扩建工程存在的难点分析

2.1.1 出水标准要求高

二期改扩建工程出水水质要全面达到江苏省新地标中的 B 标准,并且要稳定可靠地运行。经上述分析,TN 及 TP 的去除是本次工艺选择的核心点。故选择合理、有针对性的二级处理工艺是本次工程设计的關鍵,特别是对于碳源的合理利用以及脱氮的强化作用。

2.1.2 现有处理工艺框架固化,无法进行大范围改造

一期建设时,全厂已按远期规划 19.2 万 m³/d 进行了统一布置,污水、污泥处理工艺选择和总平面功能区划已基本固化,一期设施目前运行情况良好。因此,考虑到全厂运行管理的便利性和远期总平面布置的合理性,本次扩建工程宜延续现状总体工艺路线和总平面功能分区,不应进行大范围的工艺调整。根据原工艺路线设置,未考虑后置反硝化,因此对于氮的去除需在二级处理段予以完成,其关键在于生物反应池设计。

2.1.3 对现状设施的影响要最小化

厂区内现已建成一期工程,建(构)筑物多,各类地下管线更是错综复杂。由于扩建用地紧张,本工程新建建(构)筑物与厂内现有建(构)筑物及道路的距

离均较近,这就带来了工程实施较大的不确定性和复杂性,新建建(构)筑物实施时,必须要考虑对现有设施的避让和保护。另外,新建建(构)筑物与现有建(构)筑物的衔接和水量调配也是本工程较为复杂的方面。而且,新建设施和管道必须与已建的管网连接,必须采取合理的施工顺序和割接方案,才能在不影响污水处理厂正常生产的前提下,完成工程施工。

2.2 总变化系数的确定

根据 2021 年 10 月 1 日起开始实施的《室外排水设计标准》(GB 50014—2021),对于平均日流量大于 1 000 L/s 的污水处理厂,其综合生活污水量变化系数按 1.5 确定;分流制污水管道应按旱季设计流量设计,并在雨季设计流量下校核。改建、扩建项目可根据实际条件,经实际流量分析后确定总变化系数,可按新规定执行,也可以结合地区整体改造分期扩建,逐步提高。按照上述标准要求,从以下几个方面进行分析,进而确定本工程设计总变化系数。

首先,根据现状污水处理厂土建预留情况进行分析。预处理及深度处理段均按照 1.3 的变化系数进行预留,若本次扩建变化系数调整为 1.5,则需对厂区预处理及深度处理设施进行扩容。但扩建相关设施的规模较小,经济性较差,不利于运行管理,宜结合远期进行扩建。其次,根据配套管网规模及调蓄功能进行分析。污水处理厂现状厂外管网总长约 6.2 km,管径为 DN600~DN2 000。若按管道充满度 0.75 复核,则厂外干管可输送污水总规模约 24 万 m³/d。本次扩建完成后总规模为 9.6 万 m³/d,余量空间较大,故近期厂外管网已具备一定的雨季调蓄功能。

综上,本次二期工程的污水量变化系数仍维持 1.3;在远期扩建工程中,将污水处理厂总变化系数择机调整为 1.5。

2.3 总平面布置

污水处理厂目前已建成一期规模为 4.8 万 m³/d,征地约 11.03 hm²,本次新征用地约 1.78 hm²,在一期生物反应池西侧。污水处理厂分为 7 个功能区,依次为厂前生产管理区、预处理区、污水二级处理区、深

度处理区、污泥处理区、再生水预留用地、远期用地。

全厂总规模按 19.2 万 m³/d 布置,本次新增污水及污泥处理规模约 4.8 万 m³/d。将改良 Bardenpho 生物反应池、二沉池及污泥泵房建于二期二级处理区的西侧。

深度处理区位于厂区用地的南部、厂前区的西部,主要构筑物包括高效沉淀池、滤布滤池、紫外线消毒渠;建筑物包括加药间等。本次新建加氯接触池 1 座。

污泥处理区位于厂区用地的西北部,主要构筑物包括配泥井、污泥浓缩池、贮泥池、污泥深度脱水车间及堆棚。本次新增 1 座污泥浓缩池。

厂区总平面布置图见图 1。

3 工程设计

3.1 设计水量

该污水处理厂设计规模为:一期设计规模为 4.8 万 m³/d;二期改扩建设计规模为 4.8 万 m³/d;完工后全厂污水处理规模为 9.6 万 m³/d,总变化系数 $K_z=1.3$ 。

3.2 设计水质

本工程设计水质为江苏省新地标的二级标准,

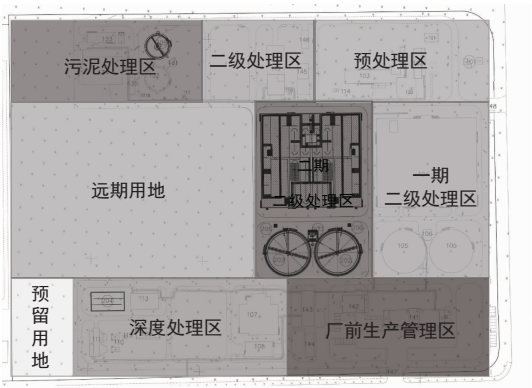


图 1 厂区总平面布置图

其中主要指标为: $\rho(\text{COD}_{\text{cr}}) \leq 40 \text{ mg/L}$; $\rho(\text{BOD}_5) \leq 10 \text{ mg/L}$; $\rho(\text{SS}) \leq 10 \text{ mg/L}$; $\rho(\text{TN}) \leq 10(12) \text{ mg/L}$, $\rho(\text{NH}_3\text{-N}) \leq 3(5) \text{ mg/L}$ (每年 12 月 1 日至次年 3 月 31 日执行括号内排放限值); $\rho(\text{TP}) \leq 0.3 \text{ mg/L}$;粪大肠菌群数不大于 10^3 个/L。

3.3 工艺流程和工程内容

本工程主要工艺方案包括:

- (1)污水处理工艺:改良 Bardenpho 生物反应池 + 高效沉淀池 + 滤布滤池 + 加氯结合紫外消毒工艺。
- (2)污泥处理工艺:化学调理 + 板框压滤。
- (3)除臭工艺:生物除臭法。

污水处理工艺流程图见图 2。

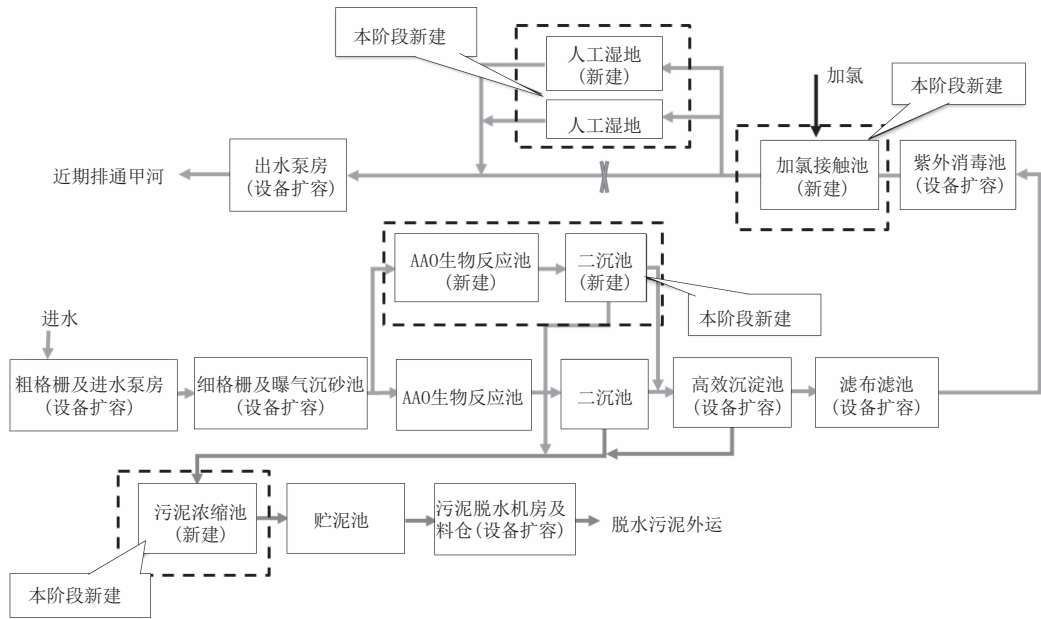


图 2 污水处理工艺流程图

9.6 万 m³/d 的污水经粗格栅及进水泵房提升后,经过改造的细格栅和曝气沉砂池后配水,一期生物反应池进水 4.2 万 m³/d,二期生物反应池进水 5.4 万 m³/d,利用生化池的活性悬浮污泥去除水中的污染物后,各自进入一二期二沉池。将生物反应池的活性污泥混合液进行固液分离后,合并进入高效沉

淀池及滤布滤池进行处理,处理完成后进入紫外线消毒池及加氯接触池进行消毒处理。最后进入人工湿地及出水泵房,处理后的尾水统一排放至水体。

3.4 与现状设施的衔接

本工程与现状管线的衔接主要分为进水泵房至细格栅及曝气沉砂池、曝气沉砂池至生物反应池、二

期新建二沉池至高效沉淀池、紫外线消毒池至出水闸门井、出水泵房出水管路改造这5处。

3.4.1 二期新建二沉池至高效沉淀池工艺管线衔接方案

现状二沉池至高效沉淀池通过DN800~DN1600工艺管道连接,并已预留3个接口,供二期二沉池以及二期高效沉淀池的接入。为确保本次新建工艺管道的实施不会影响厂区的正常运行,考虑在现状工艺管道的北侧新建1根DN1000工艺管道直接接入二期高效沉淀池的进水口。该根管道直接与二期二沉池出水管连接,并在现状工艺管道预留的四通接口西侧新建1座阀门井,与本次新建工艺管道联通。以上实施完成后,待二期AAO生物反应池、二沉池及高效沉淀池通水后关闭阀门,之后实施现状一期及二期工艺管道的连管。

3.4.2 紫外线消毒池至出水闸门井工艺管线衔接方案

由于新建加氯接触池,所以需对紫外消毒渠至出水闸门井间的厂区管道进行改造。现状滤布滤池至紫外线消毒池通过DN1600工艺管道连接,并在紫外消毒渠东南侧预留远期接口。本次拟考虑新建1根DN1600临时排放管,从该接口接出,接至南侧出水闸门井东侧,并在管道间新建阀门井1座。新建临时排放管与现状工艺管的连接需要污水处理厂短暂停水,而现状预留三通接口为法兰盲板,

临时排放管与其采用法兰快速连接。该根管道接好后,可对紫外消毒渠至出水闸门井的工艺管线进行不断水改造。

3.4.3 出水泵房水泵出水管与尾水管线衔接方案

出水泵房本次拟考虑新增3台提升泵,并安装对应的DN700出水管路。水泵的出水管至尾水管道的连接,需要在尾水管道上进行切割,并安装2个三通(另外1个三通已于一期预留),安装完成后连接水泵出水管。但由于污水处理厂现状仅有1根DN1400尾水管道,本次也不考虑新增1路,所以为确保水泵出水管与尾水管道的连接,需要污水处理厂配合进行断水。

3.5 改良Bardenpho生物反应池设计

为进一步确保出水水质稳定达标,在常规AAO工艺基础上进行改良,在生物反应池的好氧池出水段增设消氧池,以降低缺氧池氧化还原电位,强化反硝化效果。对于出水水质提升,除适当延长生物反应池停留时间外,在进水TN浓度较高,碳源不足等来水条件下,改良Bardenpho模式可有效地进行脱氮,根据实际进水碳源情况,在Bardenpho第二缺氧池投加碳源,进一步强化生物脱氮。生物反应池总停留时间为20.0h。为考虑生物反应池的强化脱氮功能,二期生物反应池仅考虑改良Bardenpho运行模式。改良Bardenpho生物反应池运行模式见图3。

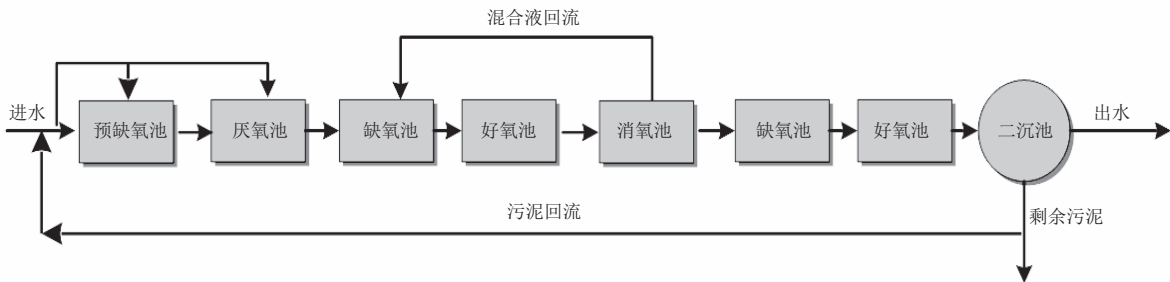


图3 改良Bardenpho生物反应池运行模式

改良Bardenpho工艺有以下特点:

- (1)在厌氧池前设置预缺氧池,保证回流污泥中的硝态氮浓度处于一个较低水平,消除硝态氮对厌氧释磷的影响。
- (2)在第一段好氧池后增设消氧池,该功能区主要功能是降低内回流混合液的溶解氧,减少溶解氧对缺氧池的反硝化效果。
- (3)第二段缺氧池是为了提供额外的反硝化作用,利用好氧段所产硝酸盐作为电子受体,利用内源有机碳作为电子供体。
- (4)第二段好氧池是用以吹脱剩余的氮气,并尽

量减少在二次沉淀池中磷的释放。

改良Bardenpho生物反应池设计的规模定为5.4万m³/d,分成2组,每组污水处理规模2.7万m³/d,可单独运行,水深为7.0m。根据计算,改良Bardenpho生物反应池设计参数见表3。

3.6 现状AAO生物反应池提标方案

现状一期生物反应池设计规模为4.8万m³/d,停留时间为17.5h,按江苏省新地标出水标准进行复核,发现现状指标中,COD_{cr}、TN、NH₃-N及TP均需提高去除率。本次考虑将部分一期生物反应池的处理水量转输至二期生物反应池进行处理,现状一期

表 3 改良 Bardenpho 生物反应池设计参数

设计参数	参数值
MLSS	3.5 g/L
MLVSS	2.45 g/L
产泥率	0.7 kgDs/kgBOD ₅
污泥负荷	0.048 kgBOD ₅ /kgMLSS
系统泥龄	23 d
单组预缺氧区体积	650 m ³
预缺氧区停留时间	0.5 h
单组厌氧区体积	1 823 m ³
厌氧区停留时间	1.5 h
单组缺氧区 1 体积	7 552 m ³
缺氧区 1 停留时间	6.0 h
单组好氧区 1 体积	103 04 m ³
好氧区 1 停留时间	9.0 h
单组消氧池体积	650 m ³
消氧池停留时间	0.5 h
单组缺氧区 2 体积	1 940 m ³
缺氧区 2 停留时间	1.5 h
单组好氧区 2 体积	1 344 m ³
好氧区 2 停留时间	1.0 h
总水力停留时间	20.0 h
气水比	6.1 : 1
内回流污泥	100%~300%
外回流污泥	50%~100%

生物反应池折减水量至 4.2 万 m³/d。二期新建生物反应池的规模按 5.4 万 m³/d 进行建设。

4 结 语

(1)该污水处理厂改扩建工程是在一期已有建(构)筑物、设备的基础上进行统一设计,统筹考虑,并最终达到同步达标排放。

(2)设计时充分考虑了新建二级处理设施和现有设施的衔接,在不影响污水处理厂正常生产的前提下,完成本工程。

(3)由于江苏省新地标已发布,为确保各出水标准能稳定达标,本次核心二级处理工艺为改良 Bardenpho 生物处理工艺。

(4)为确保一期处理条线同样达到江苏省新地标出水标准,本次考虑对一期生物反应池及二沉池处理水量由原 4.8 万 m³/d 折减至 4.2 万 m³/d,二期生物反应池及二沉池设计规模为 5.4 万 m³/d。

参考文献:

[1] 张辰.城镇污水处理厂升级改造工程要点[J].给水排水,2008,34(5): 1-2.
[2] 陈秀成.嘉兴联合污水处理厂提标改造工程设计及经验总结[J].中国给水排水,2020,36(4):47-52.

《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

投稿邮箱:cdq@smedi.com