

改良AAO+深床反硝化滤池工艺用于污水处理厂提标改造

岳崇峰¹, 李桂姣², 许江城¹

(1.中国电建集团成都勘测设计研究院有限公司,四川 成都 611130;

2.中国市政工程西北设计研究院有限公司成都分公司,四川 成都 610031)

摘要:成都平原某镇地处岷江流域水质重点控制区域,按照《四川省岷江、沱江流域水污染物排放标准》(DB 51/2311—2016),需对该地现状2座污水处理厂进行提标技术改造。技改主体工艺是将原CASS池改良为AAO+深床反硝化滤池+高密度沉淀池,建成运行2a后发现,该工艺安全可靠,全流程出水稳定达标,处理吨水成本1.56元/m³,优于大部分污水处理厂。

关键词:改良AAO;深床反硝化滤池;污水处理厂;提标改造

中图分类号:X703

文献标志码:B

文章编号:1009-7716(2024)06-0163-06

0 引言

传统活性污泥法中AAO工艺是一种典型的同步除磷脱氮工艺,其生物反应池由Anaerobic(厌氧)、Ano×IC(缺氧)和O×IC(好氧)3段组成。由于厌氧区居前,回流污泥中的硝酸盐将对厌氧区产生不利影响^[1]。改良AAO工艺是在传统AAO基础上增设缺氧调节池^[2]。来自二沉池的回流污泥和10%左右的进水进入调节池,停留时间为20~30 min,微生物利用约10%进水中的有机物去除回流硝态氮,消除硝态氮对厌氧池的不利影响,从而保证厌氧池的稳定性,保证除磷效果^[3]。如北湖污水处理厂(处理规模40×10⁴ m³/d)技术改造采用高浓度改良AAO+MBR工艺,脱氮效率稳定在73%,最高可达93%^[4];河北某污水处理厂技术改造工程(处理规模5×10⁴ m³/d)采用改良AAO+高效沉淀池+深床反硝化+高级氧化深度处理工艺,污水处理厂出水水质由一级A标准提升至地表水IV类水体标准(总氮TN≤15 mg/L)^[5];新江净水二厂技术改造(处理规模7.5×10⁴ m³/d)采用水解酸化+改良AAO+MBBR+磁混凝高级沉淀池+深床反硝化来处理高浓度进水,其出水水质优于一级A标准^[6]。本文以西南地区某污水处理厂技改提标为案例,将现

状CASS池改为改良AAO工艺,并在后续新建高密度沉淀池、深床反硝化滤池,2a运行结果显示其满足提标后出水水质要求。

1 工程概况及现存问题

1.1 工程概况

成都平原某镇地处岷江流域水质重点控制区域,现状2座污水处理厂总处理规模3.4×10⁴ m³/d。其中污水处理一厂(以下简称一厂)一期2010年投产,规模为0.7×10⁴ m³/d,一厂二期2015年投产,处理规模为1.5×10⁴ m³/d,共计2.2×10⁴ m³/d;污水处理二厂(以下简称二厂)2008年建成投产,处理规模为1.2×10⁴ m³/d。出水水质均按照《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)一级标准的A标准排放。

污水处理厂具体流程如下:

(1)一厂一期:粗格栅+污水提升泵房+细格栅及旋流沉砂池+调节池+厌氧选择池+Orbal氧化沟+二沉池+转盘滤池+接触消毒池外排。污泥处理与处置:机械浓缩脱水(板框)后外运处置。

(2)一厂二期:格栅+污水提升泵房+细格栅及旋流沉砂池+CASS生化池+絮凝反应池+转盘滤池+紫外线消毒渠外排。污泥处理与处置:机械浓缩脱水(离心机)后外运处置。

(3)二厂:粗格栅+污水提升泵房+细格栅及旋流沉砂池+调节池+生物流化床与生物滤池复合式

收稿日期:2023-06-10

作者简介:岳崇峰(1984—),男,硕士,高级工程师,从事给排水工程设计研究工作。

污水处理反应器+清水池+紫外消毒+景观生态鱼塘。
污泥处理与处置:机械浓缩脱水(带式)后外运处置。

2017年颁布的《四川省岷江、沱江流域水污染物排放标准》(DB 51/2311—2016)对重点控制区域已建水厂要求2020年1月前实现技术改造以满足排放要求,而现状该镇污水处理厂出水水质按照《城镇污水处理厂污染物排放标准》一级标准的A标准排放,不满足最新地方标准。因此,需对该镇2座污水处理厂进行技术提标改造。

1.2 现存问题

(1)一厂一期污水处理能力不足。一厂一期粗格栅、旋流沉砂池已无法运行;氧化沟采用的曝气转跌转碟年久失修、设备耗能高、氧转移效率低,造成好氧区和缺氧区DO值差别较小、反硝化效果较差,出水总氮不达标。一期实际污水处理能力仅为 $0.5\times 10^4\text{ m}^3/\text{d}$ 。

(2)一厂自动化水平低。一厂一期建成于2010年、二期建成于2015年,受当时投资额度限制,未做全厂在线监测和自动运行设备。很多设备需要手动处理,如鼓风机房开停、污泥外运、加药浓度调节和进料搬运等。

(3)未设置除臭设施。受当时规范和政策的要求,原设计未设置除臭装置,臭气外溢对周边环境影
响较大,周边居民时有投诉。

(4)二厂建成于2008年,采用的生物流化床与生物滤池复合工艺为专利技术。现状设备老化、工艺不具备提标改造条件,用地为临时征地,存在土地问题。

(5)2个污水处理厂絮凝反应池的斜管上滋生了青苔、藻类,暂未找到彻底清理的办法,出水固体悬浮物SS浓度较高,处理效果不理想。

2 提标改造重难点

2.1 用地紧张

提标改造项目由于要在现有厂区内实现处理规模扩容和出水标准提高的要求,一般都面临用地紧张的情况。二厂原定义为临时处理设施,厂地为临时租用,且其周边卫生防护距离范围内存在大量民居,不满足最新环保要求,规划要求废除二厂,将二厂污水提升至一厂统一处理。原一厂一期、二期共用1座粗格栅和提升泵房,但各自采用不同的处理工艺,有2套不同的污水处理流程。技改需要在一厂原场地的有限场地内整合扩大原处理规模,并一次完成总处

理规模 $3.4\times 10^4\text{ m}^3/\text{d}$ 的污水提标改造。

2.2 设计进水水质变化较大,出水水质指标提高

污水处理厂处理的主要是生活污水。根据2018年6月至2019年6月的水质报表,对一厂实测进水数据进行整理统计。考虑到偶然因素致使进水化学需氧量(COD_{cr})超过500 mg/L,结合长期运行经验和类似污水处理厂的水质数据所确定的污水处理厂进水、出水水质指标——化学需氧量(COD_{cr})、5日生化需氧量(BOD₅)、固体悬浮物(SS)、氨氮(NH₃-N)、总氮(TN)、总磷(TP)见表1。

表1 设计进水、出水水质表						单位:mg/L
水质情况	COD _{cr}	BOD ₅	SS	NH ₃ -N	TN	TP
进水	500	240	400	45	60	8.0
实际进水90%保证率	560	271	480	46.8	60.7	13.8
实际进水95%保证率	660	334	552	48.9	65.3	18.5
实际出水	35~40	8~12	8	6~10	12~16	0.4~0.6
提标前标准	50	10	10	6(8)	15	0.5
提标后标准	30	6	10	1.5(3)	10	0.3
提标后去除率/%	94	97.5	97.5	96.67	83.33	96.25

由表1得知:各项监测指标显示实际进水COD_{cr}、BOD₅、SS、TN、NH₃-N和TP指标均超过设计进水质标准;提标后,出水指标TN提高了30%,TP提高了40%,COD_{cr}、BOD₅提高了40%,SS不变。

2.3 处理难点分析

(1)提标后TN去除率高。本项目中进水TN值为65.3 mg/L、提标后出水TN值为10 mg/L,去除率为83.33%。TN去除率 $\eta=r/(r+1)$,当总回流比 $r=4$ (即 $\eta=80\%$)时,TN去除率将难于提升,生化池将趋于完全混合式,活性污泥处理整体效率降低。因此本次提标需要增加深度处理功能,以提高TN去除率。

(2)TP出水指标要求高。《四川省岷江、沱江流域水污染物排放标准》要求出水TP值不大于0.3 mg/L,经常规二级生化处理不能保证出水TP值达标,需在二级处理的基础上增加化学除磷。

(3)SS出水指标要求高。《四川省岷江、沱江流域水污染物排放标准》要求出水SS值不大于10 mg/L,为达到该标准,需在常规二级生化处理基础上增加深度处理功能。

(4)进水COD_{cr}值存在较大波动。根据前期检测调查发现,污水处理厂进水COD_{cr}值范围为100~600 mg/L。本项目的进水由生活污水、小型皮革印染废水、啤酒酒厂废水和非正常流入的地下水及河水

组成。工业废水中存在难降解的 COD_{cr} ,可生化性差,对生化池冲击性强。本项目预留碳源投加点,增加预缺氧池,以增加污水的可生化性。

(5) $\text{NH}_3\text{-N}$ 、 BOD_5 达标问题。常规 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、 BOD_5 处理需要充分曝气、完全消化,在氧化池停留时间足够长。因此,本项目设计考虑增加水力停留时间。

针对以上情况,本次将 TN 、 TP 、 COD_{cr} 、 SS 这4个指标作为重点处理项目; $\text{NH}_3\text{-N}$ 、 BOD_5 这2个指标作为重点关注项目。

3 工艺流程及提标方案

3.1 工艺流程

根据最新四川地标——《四川省岷江、沱江流域水污染物排放标准》,对95%保证率情况下的进水水质和出水水质指标进行分析。在进水水质指标中, BOD_5 与 COD_{cr} 的比值为 $0.50>0.3$,可生化性好;

BOD_5 与 TN 的比值为5.1,满足生物脱氮的基本要求; BOD_5 与 TP 的比值为18,可以生物除磷。出水水质达标难度由高到底分别为 TN 、 TP 、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、 COD_{cr} 、 BOD_5 、 SS 、粪大肠杆菌;其中 COD_{cr} 、 BOD_5 、 SS 、粪大肠杆菌经过常规的二级生化处理就能基本满足要求,而 TN 、 TP 、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 需在二级处理工艺上增加深度处理功能才能达标。

在二级处理工艺选择上,同步脱碳除磷的生物处理工艺主要有Bardenpho工艺、改良AAO工艺、AAO-MBR工艺、UCT工艺等。本次二级处理工艺选用具有脱氮除磷效果好,投资省、运行管理方便、能耗较低等优点的改良AAO工艺;深度处理采用高密度沉淀池+深床反硝化+紫外线消毒工艺。污水处理厂提标改造后的工艺流程见图1。

3.2 总体改造思路

污水处理厂提标改造后的平面布置图见图2。

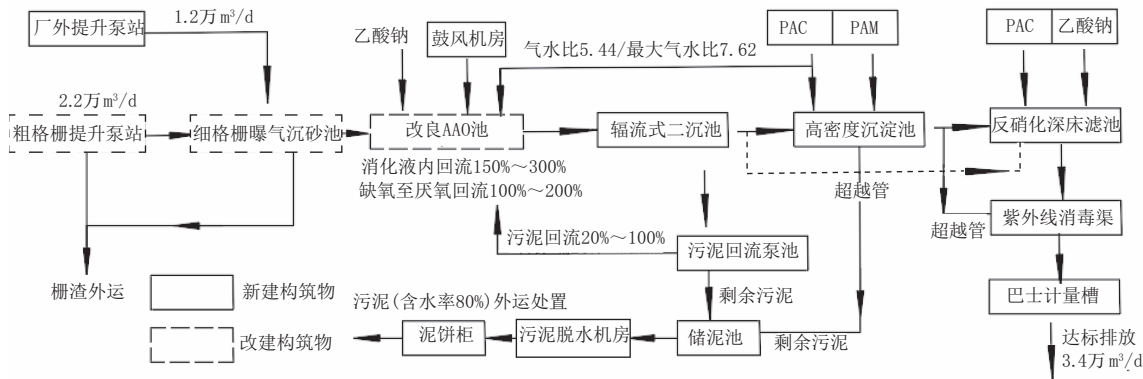


图1 污水处理厂提标改造后的工艺流程图



图2 污水处理厂提标改造后平面布置图

由于污水处理一厂不具备不停产改造的条件,本次设计考虑在厂外临时新建应急处理厂。设计将2座污水处理厂污水集中处理并对其进行合并改造,

合并改造后总处理规模为 $3.4\times 10^4\text{ m}^3/\text{d}$ 。保留现有一厂内粗格栅和提升泵房,对内部设备进行更新和管路改造,维持现有 $2.2\times 10^4\text{ m}^3/\text{d}$ 的提升能力;厂外

提升泵站将由原二厂处理的 $1.2 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 污水直接提升至一厂新建细格栅渠内。保留现有一厂 CASS 池,将其改造为改良生化池的曝气区(O区),另在该池西侧新建1座水池,作为改良生化池的厌氧区和缺氧区,共同组成改良 AAO 生化池。保留现有一厂内鼓风机房和变配电间、脱水机房和泥饼柜等设施,根据扩容后规模需求,新增1座鼓风机房和1座污泥脱水机房。沿用现有仪表间、中水回用泵房、综合楼。拆除现有其他工艺单元设施,按照新处理规模功能需求新建工艺处理构建筑物。

3.3 主要构筑物设计参数

3.3.1 改良 AAO 生化池 AA 段

改良 AAO 生化池 AA 段流程图见图 3。

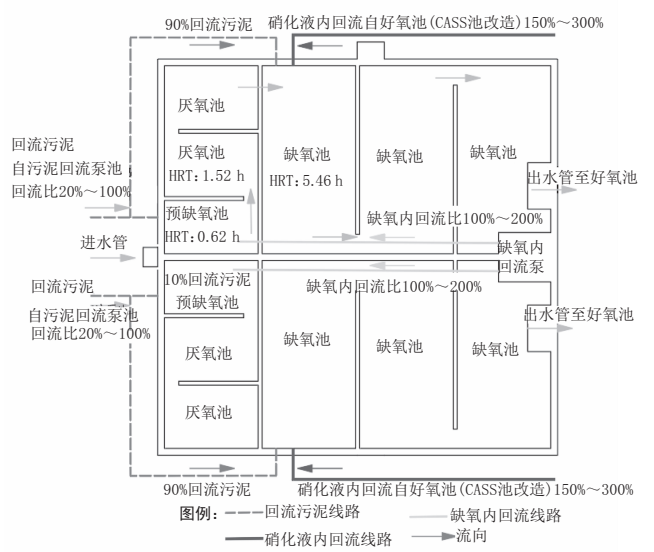


图 3 改良 AAO 生化池 AA 段流程图

新建改良生化池 AA 区尺寸为： $L \times B \times H = 40.0 \text{ m} \times 39.5 \text{ m} \times 9.10 \text{ m}$,平均水深 8.15 m,材料为钢筋混凝土,包括预缺氧区、厌氧区和缺氧区。

预缺氧区水力停留时间 HRT 为 0.62 h,厌氧区 HRT 为 1.52 h,缺氧区 HRT 为 5.46 h;设计污泥浓度 MLSS 为 4.0 g/L ;硝化液回流比 150%~300%,缺氧区至厌氧区回流比 100%~200%,污泥回流比 20%~100%。在预缺氧区、缺氧区增加碳源投加点,并增设 DO 仪、硝氮仪。

3.3.2 改良 AAO 生化池 O 段(CASS 池改造)

改良 AAO 生化池 O 段(CASS 池改造)示意图见图 4。

原 CASS 池尺寸 $L \times B \times H = 58.10 \text{ m} \times 39.40 \text{ m} \times 7.00 \text{ m}$,设计水深 3~6.5 m,分厌氧区、缺氧区和主反应区,目前使用约 4 a,设备设施状况良好。该 CASS 生化池有效容积约 $14\,000 \text{ m}^3$ 。



图 4 改良 AAO 生化池 O 段(CASS 池改造)示意图

将 CASS 池进行全部整改,拆除隔墙(1)、(2)和穿孔花墙(3);拆去原 CASS 池撇水器,并全部拆除搅拌器、污泥回流系统、曝气系统。

改良生化池 O 区沿用原 CASS 池尺寸,水深改为 6.5 m,包括好氧区和消氧区;消氧区用途主要是减少回流混合液中的溶解氧浓度。

好氧区 HRT 为 9.46 h,消氧区 HRT 为 0.36 h,生化池总 HRT 为 18.42 h。好氧池污泥停留时间 SRT 为 6.98 d,生化池总 SRT 为 13.08 d;设计污泥浓度 MLSS 为 4.0 g/L 。每天污泥负荷 L_s 为 $0.143 \text{ kgBOD/kgMLSS}$ 。

好氧池需氧量为 $8\,434.3 \text{ kgO}_2/\text{d}$;供气量为 $128.54 \text{ m}^3/\text{min}$,气水比为 544;最大供气量为 $180 \text{ m}^3/\text{min}$,气水比为 7.62。

硝化液回流比 150%~300%,缺氧区至厌氧区回流比 100%~200%,污泥回流比 20%~100%;改良 AAO 生化池剩余污泥排放量 8.0 tDS/d ,污泥产率约为 2.35 t/万 m^3 污水;好氧区池顶增设反吊张拉膜结构除臭罩,以满足除臭要求;反吊张拉膜采用钢结构骨架,氟碳纤维膜材质。

3.3.3 改良 AAO 池主要技术改进

(1)二沉池污泥只有 10%回流至预缺氧池,使得后续厌氧池内污泥浓度低,厌氧池内混合污水有充足的水解反应时间。

(2)缺氧区污水生化需氧量 BOD 含量高、硝化液含量低,混合液内回流基本消除了硝态氮对厌氧环境的不利影响,使得反硝化除磷菌成为优势菌群,为厌氧区的发酵吸收 BOD 提供了最佳条件。反硝化除磷菌能快速消耗易消化有机物,实现污水“一碳两用”。研究表明,厌氧区 HRT 为 1.6 h 时, COD_{cr} 去除率可占系统去除率的 58%~78%^[7]。

(3)污泥和好氧区硝化液一同至缺氧池,缺氧池 5.46 h 的停留时间为反硝化提供了充足的时间,300%的内回流比使得氮的去除率达到 80%。

(4)运行良好的缺氧池 DO 值为 $0.2 \sim 0.5 \text{ mg/L}$,可以通过 DO 仪的精准测量对其进行人工调节,以保证缺氧池的脱氮环境。

(5)终端和氧化池的在线监测设备使得该工艺

可以适应水质和水量的冲击。当进水碳氮比较低时,可通过降低缺氧区内循环至80%来有效减少碳源投加。生化池出水TN值在10 mg/L时可在缺氧区投加碳源、11 mg/L时除投加碳源外再加大回流、12 mg/L时通过减少进水流量并增加反应时间来满足出水要求。

3.3.4 二沉池

配水井尺寸 $L \times B \times H = 5.5 \text{ m} \times 3.6 \text{ m} \times 5.75 \text{ m}$,1座,钢筋混凝土结构;二沉池尺寸 $\varphi \times H = 32.0 \text{ m} \times 5.6 \text{ m}$,2座,钢筋混凝土结构,周进周出辐流式。

设计处理规模 $Q = 3.4 \text{ 万 m}^3/\text{d}$;时变化系数 $K_z = 1.40$;平均流量水力表面负荷为 $0.88 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$,高峰流量水力表面负荷为 $1.24 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$;平均流量固体表面负荷为 $126.97 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$,高峰流量固体表面负荷为 $177.75 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$;沉淀时间为3.18 h;外回流比20%~100%。

污泥回流泵池尺寸 $L \times B \times H = 7.0 \text{ m} \times 7.0 \text{ m} \times 7.1 \text{ m}$;回流污泥潜污泵3台,2用1备,单台 $Q = 720 \text{ m}^3/\text{h}$ 、 $H = 6 \text{ m}$ 、 $N = 22 \text{ kW}$ 、变频。

3.3.5 新建高密沉淀池

沉淀池尺寸 $L \times B \times H = 29.0 \text{ m} \times 18.8 \text{ m} \times 6.7 \text{ m}$,钢筋混凝土结构;设计规模为 $3.4 \text{ 万 m}^3/\text{d}$, $K_z = 1.40$;泵房型式为湿式;快速混合区停留时间2 min;絮凝区停留时间10 min;沉淀区平均流量表面负荷 $10.28 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$,沉淀区高峰流量表面负荷 $14.40 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$;斜管角度为 60° ;污泥回流比2%~5%。处理指标:出水SS值小于10 mg/L,TP值小于0.3 mg/L。

3.3.6 深床反硝化滤池

新建中间提升泵井和深床反硝化滤池1座,包括中间提升泵井、滤池、管廊间、清水池和反洗废水池(上部是反洗风机房)4部分。滤池分为6格,整体土建尺寸 $L \times B \times H = 36.2 \text{ m} \times 24.75 \text{ m} \times 11.30 \text{ m}$ 。

提升泵井尺寸 $L \times B \times H = 7.85 \text{ m} \times 5.00 \text{ m} \times 5.60 \text{ m}$,1座,钢筋混凝土结构。

混合及絮凝池尺寸 $L \times B \times H = 11.8 \text{ m} \times 5.0 \text{ m} \times 6.0 \text{ m}$,1座,钢筋混凝土结构。

滤池尺寸 $L \times B \times H = 17.40 \text{ m} \times 24.75 \text{ m} \times 6.00 \text{ m}$,1座,钢筋混凝土结构。

地下管廊间尺寸 $L \times B \times H = 6.45 \text{ m} \times 24.75 \text{ m} \times 4.30 \text{ m}$,1座,钢筋混凝土结构。

清水池尺寸 $L \times B \times H = 8.00 \text{ m} \times 12.15 \text{ m} \times 4.80 \text{ m}$,1座,钢筋混凝土结构。

废水池尺寸 $L \times B \times H = 8.0 \text{ m} \times 12.6 \text{ m} \times 4.8 \text{ m}$,1座,

钢筋混凝土结构。

地上设备间尺寸为: $L \times B \times H = 14.45 \text{ m} \times 24.75 \text{ m} \times 6.40 \text{ m}$,1座,框架结构。

总过滤面积为 280.8 m^2 ,单格过滤面积为 46.8 m^2 ;平均流量滤速为 5.05 m/h ,平均流量强制滤速为 6.06 m/h ;设计峰值滤速为 7.06 m/h ,强制滤速为 8.48 m/h 。最大过滤水头为2.5 m。反冲洗周期为24 h。

处理指标:TN去除量大于5 mg/L,出水SS值小于5 mg/L。

反冲洗历时和强度分3个阶段:(1)单独气洗,历时2 min,气洗强度 $92 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$;(2)气水反冲洗,历时10 min,气洗强度 $92 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$,水洗强度 $15 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$;(3)单水冲,历时5 min,水洗强度 $15 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ 。

去氮周期4 h,每次水冲,冲洗历时2 min,水洗强度 $15 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ 。

3.3.7 除臭系统

根据《城镇污水处理厂臭气处理技术规程》(CJJ T243—2016),污水处理厂必须进行臭气处理,污水处理厂厂界的臭气污染物需达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》中废气排放标准值二级标准。本项目由于臭气量大,采用2个臭气处理构筑物,臭气处理后需满足上述排放标准才能排放。

1#除臭站处理范围:预处理单元,包括粗格栅和污水提升泵池、细格栅和曝气沉砂池。

2#除臭站处理范围:污泥处理单元(包括贮泥池、1#污泥脱水间、2#污泥脱水间、污泥料仓);生化池(包括改良AAO生化池AA区和O区),其中改良AAO生化池(O区)由一厂二期现有CASS生化池改造而成,为满足密闭除臭要求,池顶增设张拉膜结构除臭罩。

1#除臭站尺寸 $L \times B \times H = 12 \times 5.0 \times 3.0$;设计除臭风量为 $17\,000 \text{ m}^3/\text{h}$;2#除臭站尺寸 $L \times B \times H = 14 \text{ m} \times 6 \text{ m} \times 3 \text{ m}$,设计除臭风量为 $26\,000 \text{ m}^3/\text{h}$ 。

3.3.8 污泥处理

污泥脱水间尺寸 $L \times B \times H = 15.00 \text{ m} \times 6.00 \text{ m} \times 7.21 \text{ m}$;脱水机类型为离心式脱水机,数量为2套;处理量为 $30 \text{ m}^3/\text{h}$;进泥含水率为99.2%;絮凝剂采用PAM。污泥浓缩脱水后送至片区污泥处理厂进行无害化处置。

4 运行效果

该污水处理厂于2020年底完成技术升级改造,

2021年1月至2022年12月平均处理污水规模为3.2万m³/d,最高日处理污水规模达3.6万m³/d。污水处理厂占地面积约23335m²。污水处理厂实际进水、出水水质指标见表2。

表2 污水处理厂实际进水和出水水质指标 单位:mg/L							
指标	进水			出水			平均去除率/%
	范围值	平均值	设计值	范围值	平均值	设计值	
COD _{Cr}	220~80	350	500	12~25	18	30	94.84
NH ₃ -H	15.3~40	25	45	0.3~1.145	0.6	1.5(3)	97.6
TN	28~55	38	60	1.16~13	6.85	10	81.9
TP	5.3~11	7	8	0.03~0.35	0.15	0.3	97.8

由表2可见:污水经过处理后,出水水质基本优于排放标准,归结为改良AAO前期去除BOD₅和同步脱氮、除磷效果稳定,局部运行时段可以超越深床反硝化滤池。

改造前污水直接运行成本为2.6元/t,改造后直接经营成本为1.56元/t,运行成本大幅度降低。

5 结 语

(1)该工艺采用前置反硝化区的特殊设计,有效改进了传统AAO工艺的弊端,进一步增强了脱氮除磷效果,为后续进一步脱氮、除磷提供了稳定支撑。

通过优化的设计和操作,该工艺可以在较大范围内适应水量和水质的波动,抗冲击负荷能力较强。后续高密度沉淀池、深床反硝化滤池对TP、TN、NH₃-N的去除效果稳定,去除率高。

(2)本项目将CASS池改为改良AAO中的O池,在不增加占地的基础上完成了将处理规模从2.2×10⁴m³/d提升至3.4×10⁴m³/d的污水处理厂工艺提标改造。提标改造后,污水处理厂占地指标仅为0.68m²/(m³·d),主要得益于改良AAO生化池脱氮效率高、水深较深(生化池深7m、二沉池深5.6m),后续高密度沉淀池、深床反硝化滤池集约化设计。

参考文献:

[1]何胜杰,周利,朱佳,等.低B/C污水对AAO工艺的冲击仿真模拟[J].环境工程,2022,40(3):81-88.

[2]陈亚松,赵铮.改良型AAO+A/O工艺的脱氮诊断和优化调控策略[J].中国给水排水,2022,38(21):64-71.

[3]崔涛,李胜,田敏,等.氧化沟型AAO工艺脱氮除磷性能评价[J].中国给水排水,2022,38(7):75-79.

[4]孙巍.北湖污水厂改良AAO膜生物池混合液回流系统优化[J].中国给水排水,2022,38(10):70-73.

[5]李士松,朱春风,温汝青,等.改良A₂O+深度处理工艺用于污水厂类Ⅳ类标准提标[J].中国给水排水,2021,37(22):63-67.

[6]周传庭,唐建国,王寅.改良AAO+MBBR为主体的污水厂工艺设计及运行[J].中国给水排水,2021,37(6):76-80.

[7]宋文哲,林甲,刘杰,等.缺氧混合液回流对改良UCT工艺影响研究[J].给水排水,2022,48(6):56-61,75.

(上接第157页)

设施的影响、对防汛抢险、工程管理等来分析;建设项目施工期则从临防安全、对水利设施影响、对行洪除涝影响及施工监测要求等来分析。

本文通过分析惠南特大桥对大治河的涉河影响分析,为其他跨河建设项目在涉河影响分析中提供

参考。

参考文献:

[1]GB 50286—2013,堤防工程设计规范[S].

[2]DGJ 08-11—2018,地基基础设计标准[S].

[3]顾晓强,吴瑞拓,梁发云,等.上海土体小应变硬化模型整套参数取值方法及工程验证[J].岩土力学,2021,42(3):833-845.