

DOI:10.16799/j.cnki.csdqyfh.2023.09.051

江苏某乡镇污水处理厂提标扩建工艺设计总结

王瑞^{1,2}, 张云霞^{1,2}, 赖参森^{1,2}

(1.天津市市政工程设计研究总院有限公司, 天津市 300392; 2.天津市基础设施耐久性企业重点实验室, 天津市 300392)

摘要:江苏某乡镇污水处理厂处理规模由5 000 m³/d提高到2万 m³/d,出水水质主要针对TN和NH₃-N由《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)一级A标准提高到《太湖地区城镇污水处理厂及重点工业行业主要水污染物排放限值》(DB32/1072—2018)太湖地区其他地区排放限值。由于用地限制、脱氮标准提高及扩建,生化段新建和改造采用多模式AAO工艺,并将现状三沟氧化沟改造为AAO,实现扩容目标;深度处理段采用混合、波形板絮凝、侧向流斜板沉淀池、纤维转盘滤池,实现TP和SS达标。该工艺土地利用率高、运行稳定、处理成本低、运行管理简单,适用于乡镇级别污水处理厂。

关键词:提标扩建;多模式AAO;波形板絮凝;侧向流斜板沉淀;纤维转盘滤池

中图分类号: TU992.1

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2023)09-0216-04

0 引言

为响应《太湖地区城镇污水处理厂及重点工业行业主要水污染物排放限值》(DB32/1072—2018)标准,江苏省某乡镇污水处理厂启动提标工作,该污水厂目前的出水标准为《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)一级A标,此次提标要求TN和NH₃-N达到地标的太湖地区其他地区标准。而且该乡镇正在提升污水接管率,处理量会增加,因此扩建和提标同时进行。

1 工程概况

江苏某乡镇污水处理厂总设计规模为20 000 m³/d,现状处理规模为5 000 m³/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A标准。主体采用“厌氧池+新型三槽式氧化沟+活性砂滤池+紫外线消毒”工艺,污泥采用“污泥浓缩+带式浓缩脱水+污泥外运”工艺。

1.1 污水处理厂现状

粗格栅及进水泵房、细格栅及旋流沉砂池、污泥脱水机房的土建均按2万 m³/d规模建成,设备安装1万 m³/d规模;已建三槽式氧化沟处理能力为5 000 m³/d,正常运行;活性砂滤池堵塞严重,运行效果不佳;出水主要污染物指标除SS外,COD、TN、TP和NH₃-N等基本满足一级A标准。

收稿日期: 2022-11-09

作者简介: 王瑞(1980—),女,硕士,高级工程师,从事市政给排水设计工作。

1.2 提标扩建面临的难点

土地制约:工程要求在规划红线内进行,处理能力达到目前的4倍,该污水处理厂占地面积约2.79 hm²,而预留用地面积紧张,仅约9 500 m²。如何解决用地紧张与扩容之间的矛盾是面对的首要问题,必须考虑现有设施的扩容。

现有设施的利用:要充分考虑现有设施的处理特点和利用价值,挖掘处理潜力,尽量使新老设施形成良性有机整体^[1]。

水量分配:在污水处理厂改扩建过程中,根据不同工艺流程和系列进行准确合理配水十分重要。本项目为节省投资,预处理单元不进行改造,总图管线尽量利用现状,而新建设施和现有设施无法实现对称布置,导致两个系列的各单体之间水头损失不一致。设计时要根据具体情况选取管道配水、闸门配水、堰配水或者水泵配水等^[2]。

工艺选择:综合分析现状运行出现的问题,结合提标扩建目标,保障生化处理段的脱氮能力,强化深度处理段的除磷、除SS。因此提标工艺的选取要在统筹考虑现有设施处理潜力的基础上,选择土地利用率高、运行稳定、处理效果好、管理简单、减少工程投资及运行成本的工艺。

2 设计进出水水质

污水厂现状进水全部为生活污水,预测远期工业废水量约占16%。生活污水水质参照近年实际水质数据,工业废水须经企业预处理达到《污水排入城镇

下水道水质标准》(GB/T 31962—2015)才能排放;设计进水水质采用加权平均方法确定。

出水水质同时执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)一级 A 标和《太湖地区城镇污水处理厂及重点工业行业主要水污染物排放限值》(DB32/1072—2018)中的表 2 标准。本工程设计进出水水质见表 1。

表 1 设计进出水水质						单位:mg/L
项目	COD	BOD ₅	SS	TN	NH ₃ -N	TP
设计进水	300	150	200	40	30	5.5
设计出水	50	10	10	12(15)	4(6)	0.5
去除率/%	83.3	93.3	95	70	86.7	90.9

注:括号外数值为水温大于 12℃时的控制指标,括号内数值为水温不大于 12℃时控制指标。

进水 BOD₅/COD_{cr}=0.5,属于易生物降解污水;进水 BOD₅/TN=3.75,针对 DB32/1072—2018 太湖地区其他区域排放限值,出水 TN 存在一定的超标风险,需进行外部碳源投加;进水 BOD₅/TP=27.3,只采用生物除磷工艺不能够确保出水 TP≤0.5 mg/L,需要增加化学除磷。

3 技术路线

3.1 生化段工艺选择

现状生化采用三槽式氧化沟,平面尺寸 84 m×40 m,占地 3 360 m²,有效水深 3.5 m,有效容积 9 810 m³,处理能力 5 000 m³/d。三槽式氧化沟虽然具有抗冲击能力强,不需要另加沉淀池和污泥回流系统等优点,但是占地面积大,池容利用率不高等缺点不容忽视。本项目预留用地有限,不适宜采用氧化沟工艺。结合提标重点为 TN 和 NH₃-N,需要加强脱氮。在多模式 A²O 工艺中,微生物由回流污泥提供,硝态氮由回流污泥和混合液内回流提供,碳源由原污水提供,厌缺氧条件由运行工况提供,独立的功能分区能实现污染物的强化去除,具有运行稳定、灵活和可靠的保障^[3]。

综合分析已建三槽式氧化沟,具有池容大的特点,为扩容提供了条件,考虑到节省投资、挖掘潜能,可以将氧化沟改造为 A²O 工艺,处理能力能提高到 1 万 m³/d 以上,同时新建一座处理规模 1 万 m³/d 的 A²O 生化池。改造和新建规模相同,便于配水均匀及相互检修。

3.2 深度处理工艺选择

深度处理段要加强除磷和 SS,决定采用混合 +

絮凝 + 沉淀 + 过滤工艺。机械搅拌快速混合的效果好,调速电机可随水量变化而调节转速。考虑到常年运转电费及乡镇级别污水厂运行管理部门的维修能力,本工程水力絮凝池采用波形板絮凝池。沉淀段采用侧向流斜板沉淀池,首端配水,末端出水,很容易实现均匀配水和均匀出水;水在池中水平流动,完成沉淀过程之前不改变水流方向;絮凝体颗粒随水水平移动的同时进行垂直沉降,沉淀过程不受扰动,水力条件比较理想,出水水质容易得到保证。过滤段采用占地省、水头损失少、出水水质较好、处理成本低的纤维转盘滤池,作为出水前的最后一道保障措施。

3.3 工艺流程

提标扩建工艺流程见图 1。

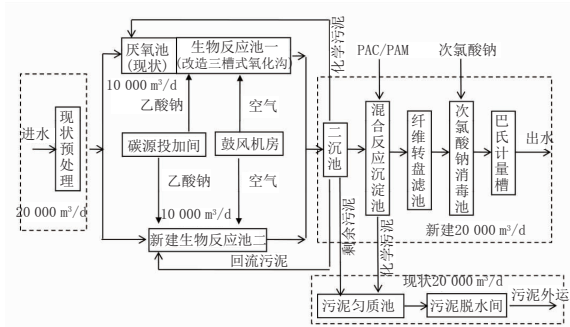


图 1 工艺流程图

4 设计方案

设计规模 2.0 万 m³/d,总变化系数 1.49,设计为两个系列。预处理和污泥处理系统土建规模已经建成,需要增加设备即可。

4.1 生化处理系统

现状预处理总出水管径 DN700,现状生化系统进水管径 DN600,设有阀门井,预留 DN600 管头。结合现状,新建和改造生化系统的设计规模相同,分别在总管和新建生化池进水管上设置流量计指导水量分配。

(1)新建生物反应池

新建一座 AAO 生物池,设计流量 1.0 万 m³/d,变化系数 1.2,L×B×H=47.1 m×29.1 m×7 m,有效水深 6 m,设计水温 12℃,污泥产率系数 1.02 kgSS/kgBOD,污泥负荷 0.065 kgBOD/kgMLSS·d,污泥浓度 MLSS=3.5 g/L,污泥龄 16.5 d,总停留时间 HRT=17.1 h;预缺氧区停留时间 0.88 h,有效容积 369 m³;厌氧区停留时间 1.5 h,有效容积 626 m³;缺氧区停留时间 5.00 h,有效容积 2 088 m³;兼氧区停留时间 0.77 h,有效容积 300 m³;好氧区停留时间 8.9 h,有效容积

3 800 m³。最大内回流比 300%, 最大污泥回流比 100%, 剩余污泥量 1 450 kgSS/d。曝气设备氧利用率 20%, 最大气水比 6:1。进水点设置在预缺氧区、厌氧区和缺氧区, 外回流污泥回流至预缺氧区, 硝化液回流点设置在厌氧区和缺氧区。在根据不同进水水质, 不同季节情况下, 生物脱氮和生物除磷所需碳源的变化, 调节分配至缺氧段和厌氧段的进水比例, 反硝化作用能够得到有效保证。

(2)改造生物反应池

本次改造现状三槽式氧化沟, 改为缺氧池和好氧池, 与现状厌氧池组成 AAO 工艺。缺氧区保留原来完全混合式的池型, 好氧区为推流式。由于氧化沟的池深较浅, 采用转刷曝气会快速降低水温, 不利于冬季脱氮, 所以曝气形式宜改为底部曝气。增加混合液内回流。

设计流量 1.0 万 m³/d, 变化系数 1.2, $L \times B \times H = 81.35 \text{ m} \times 38.45 \text{ m} \times 4.0 \text{ m}$, 有效水深 3.5 m, 设计水温 12℃, 污泥产率系数 1.01 kgSS/kgBOD, 污泥负荷 0.058 kgBOD/kgMLSS·d, 污泥浓度 MLSS=3.0 g/L, 污泥龄 18.5 d, 总停留时间 HRT=22.9 h。缺氧区停留时间 6.1 h, 有效容积 2 575 m³; 兼氧区停留时间 3.4 h, 有效容积 1 420 m³; 好氧区停留时间 13.4 h, 有效容积 5 580 m³。最大内回流比 300%, 最大污泥回流比 100%, 剩余污泥量 1 550 kgSS/d, 曝气设备氧利用率 15%, 最大气水比:7.9:1。

生化池碳源不足时, 考虑投加乙酸钠补充, 需要外加碳源去除的 TN 最高为 5 mg/L。

(3)二沉池

采用圆形周进周出二沉池, 它的主要特点是克服了中心进水周边出水沉淀池由于异重流造成短路的弊病, 池容的利用率显著提高, 处理相同水量需池容较小, 从而节省占地和工程造价。

设计流量 2.0 万 m³/d, 变化系数 1.49, 2 座, 可单独运行。单座内径 28 m, 池边水深 4.25 m, 高日高时表面负荷 1.01 m³/m²·h, 均日表面负荷 0.68 m³/m²·h。

(4)二沉池配水井和污泥泵房

考虑到两座二沉池配水均匀且可相互检修, 设置二沉池配水井, 该构筑物外壁内直径 11.0 m, H=5.9 m。可通过操作二沉池配水井中的 2 套手动可调堰来调整各二沉池的进水量。

从二沉池排出的污泥进入污泥泵池, 一部分污泥回流至 AAO 反应池, 污泥回流比 50%~100%, 另一部分污泥作为剩余污泥排至污泥匀质池。回流污

泥采用非淹没堰配水分别回流至新建和改造生化池。

(5)鼓风机房

原改进型三槽式氧化沟采用转刷曝气, 没有鼓风机房。故本次新建鼓风机房一座, 土建及设备按 2.0 万 m³/d 规模, 分别为改造的生物反应池和新建的生物反应池供氧气。改造生物反应池: 选用 3 台空气悬浮鼓风机, 2 用 1 备, $Q=30 \text{ Nm}^3/\text{min}$, $P=45 \text{ kPa}$, $N=38 \text{ kW}$, 变频。新建生物反应池: 选用 2 台空气悬浮鼓风机, 1 用 1 备, $Q=50 \text{ Nm}^3/\text{min}$, $P=70 \text{ kPa}$, $N=75 \text{ kW}$ 。

4.2 深度处理系统

(1)混合反应沉淀池

设计流量 2.0 万 m³/d, 变化系数 1.49, 中间提升泵房与混合反应沉淀池合建, 提升泵选用大泵和小泵组合方式, 大泵 1 用 1 备, 小泵 2 用, 变频, 适应水量逐渐增加。大泵参数 $Q=620 \text{ m}^3/\text{h}$, $H=5.0 \text{ m}$, $N=22 \text{ kW}$, 小泵 $Q=310 \text{ m}^3/\text{h}$, $H=5.0 \text{ m}$, $N=11 \text{ kW}$ 。

混合反应沉淀池 1 座, 分 2 格, 可单独运行; $L \times B \times H=44.35 \text{ m} \times 16.7 \text{ m} \times 6.25 \text{ m}$ 。混合池 1 座, 有效池容 22.16 m³, 停留时间 64.2 s。絮凝池总停留时间 24 min, 一级波形板絮凝池有效池容 44.1 m³, 停留时间 4.26 min, 波形板波高 50 mm, 波长 500 mm, 波峰间距 30 mm, 波谷间距 230 mm; 二级波形板絮凝池有效池容 77.4 m³, 停留时间 7.58 min, 波形板波高 50 mm, 波长 500 mm, 波峰间距 40 mm, 波谷间距 240 mm; 三级波形板絮凝池有效池容 126.2 m³, 停留时间 12.2 min, 波形板波高 50 mm, 波长 500 mm, 波峰间距 60 mm, 波谷间距 260 mm; 絮凝区底部设穿孔排泥管。斜板沉淀池表面负荷 8.62 m³/(m²·h), 沉淀池波形斜板箱 4 组, 每组长度 6 m, 垂直高度 3.3 m, 斜板倾角 60°, 斜板间距 70 mm, 沉淀区设钢丝绳牵引刮泥机; 沉淀区进水出水均设置配水花墙, 出水通过集水槽和出水堰版收集。PAC 投加量 30 mg/L, PAM 投加量 0~1 mg/L。

(2)纤维转盘滤池

拆除现状活性砂滤池, 改建纤维转盘滤池。设计流量 2.0 万 m³/d, 变化系数 1.49; 1 座, 分 2 格, 可单独运行。滤池尺寸 $L \times B \times H=12.8 \text{ m} \times 8.6 \text{ m} \times 4.7 \text{ m}$, 平均设计滤速 5.51 m³/(m²·h), 高日高时设计滤速 8.21 m³/(m²·h), 滤盘直径 3 m, 滤盘数量 12 个, 过滤网孔孔径不大于 5 μm, 平面过滤介质抗拉强度不小于 600 N/cm², 单盘有效过滤面积 12.6 m², 总有效过滤面积 151.2 m², 反冲洗水量 1%~3%。

(3)次氯酸钠消毒池
新建次氯酸钠消毒池,取代现状紫外消毒池,对出水进行加氯消毒,保证出水粪大肠杆菌菌群达标。1座,分两格,可单独运行, $L \times B \times H=23.8\text{ m} \times 12.8\text{ m} \times 4.5\text{ m}$,有效水深3.8 m,高日高时接触消毒时间37.38 min,平均日接触消毒时间55.7 min,有效氯投加量10 mg/L。

5 运行效果

工程建成后 2021 年的运行数据见表 2。

表 2 实际进出水水质		单位:mg/L			
项目	指标	COD	TP	TN	NH ₃ -N
进水	最高值	308	3.28	33	28
	最低值	128	1.70	18	16
	平均值	219	2.52	25	22
	设计值	300	5.5	40	30
出水	最高值	30	0.17	10	1
	最低值	17	0.02	4.45	0.05
	平均值	24	0.10	6.35	0.28
	设计值	50	0.5	12(15)	4(6)

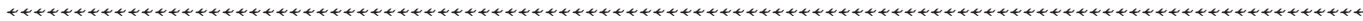
运行数据表明,进水指标在设计范围内,出水指标均达到了《城镇污水处理厂污染物排放标准》

(GB 18918—2002)一级 A 标准和《太湖地区城镇污水处理厂及重点工业行业主要水污染物排放限值》(DB32/1072—2018)太湖地区其他地区限值,其中 TN 和 NH₃-N 出水值明显优于设计值,总体运行情况良好,出水水质稳定。

6 结 语

针对乡镇级别污水处理厂的提标扩建,本工程克服用地紧张的不利条件,采用多模式 AAO 的生化工艺加强脱氮,深度处理段采用混合 / 波形板絮凝 / 侧向流斜板沉淀 / 纤维转盘过滤保证 TP 和 SS 的去除,出水采用次氯酸钠消毒。整个工艺流程土地利用率高、运行稳定、运行成本低、适合乡镇级管理维护,可供类似项目参考。

参考文献:
[1] 刘东征,王正雄,杨涛.乡镇污水处理厂升级改造工程设计与经验总结[J].给水排水,2019,45(10):47-50.
[2] 蔡璇.污水处理厂改扩建过程中的新老衔接设计与思考[J].净水技术,2022,41(s1):290-295.
[3] 周雹.活性污泥工艺简明原理及设计计算[M].北京:中国建筑工业出版社,2005.



《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