

孙勇, 刘德民, 刘凯. “两级气浮+水解酸化+两级 AO+高级氧化+BAF”组合工艺在肠衣废水处理提标改造中的应用[J]. 净水技术, 2025, 44(8): 109–115.

SUN Y, LIU D M, LIU K. Application of combined processes of “two-stage air flotation + hydrolytic acidification + two-stage AO + AOP + BAF” in upgrading and reconstruction of casing wastewater treatment [J]. Water Purification Technology, 2025, 44(8): 109–115.

“两级气浮+水解酸化+两级 AO+高级氧化+BAF”组合工艺在肠衣废水处理提标改造中的应用

孙 勇, 刘德民*, 刘 凯

(青岛思普润水处理股份有限公司, 山东青岛 266510)

摘 要 【目的】 安徽某工业园废水厂设计规模为 2 000 m³/d, 主要收水范围为 5 家肠衣-肝素钠加工企业, 该类废水突出表现为高 COD、高盐、高氯化物、高氨氮和易腐臭等特点, 处理难度大, 原处理工艺长期不达标, 直接影响了园区肠衣企业的正常生产, 急需改造。【方法】 2022 年初对原工艺流程进行改造, 通过改进气浮除油设施, 强化水解酸化作用, 优化生物池水力条件, 增加厌、缺氧工艺段, 恢复高级氧化设施与优化曝气生物滤 (BAF) 池, 形成“两级气浮+水解酸化+两级厌氧/好氧 (AO)+高级氧化+BAF”组合工艺, 排放标准达到《污水排入城镇下水道水质标准》(GB/T 31962—2015) A 级标准。【结果】 工程自 2022 年 10 月投产以来, 各单元运行状态良好, 出水稳定达标, 出水 COD、氨氮、TN、TP 均值分别为 60.3、1.9、17.7、2.4 mg/L, 优于设计标准。【结论】 在“双碳”目标背景下, 该组合工艺具备良好的工程应用效果, 可为高油、高盐、高 COD 废水处理工程提供一定参考。

关键词 气浮 水解酸化 两级 AO 高级氧化 肠衣废水 工程应用

中图分类号: TU992 文献标志码: B 文章编号: 1009-0177(2025)08-0109-07

DOI: 10.15890/j.cnki.jsjs.2025.08.014

Application of Combined Processes of “Two-Stage Air Flotation + Hydrolytic Acidification + Two-Stage AO + AOP + BAF” in Upgrading and Reconstruction of Casing Wastewater Treatment

SUN Yong, LIU Demin*, LIU Kai

(Qingdao Spring Water Treatment Co., Ltd., Qingdao 266510, China)

Abstract [Objective] The wastewater treatment plant in an industrial park in Anhui has a designed capacity of 2 000 m³/d, the primary wastewater collection scope covers five sausage casing and heparin sodium processing enterprises. Characterized by high COD, high-salt, high chlorides, high ammonia nitrogen, and a tendency to rot and emit foul odors, this wastewater poses significant treatment challenges. The original treatment process has long been failing to meet discharge standards and urgently requires upgrading. [Methods] In early 2022, the original technological process was transformed. By improving the oil removal facilities through air flotation, strengthening hydrolysis acidification, optimizing the hydraulic conditions of the biological reactor, adding anaerobic and anoxic process sections, restoring advanced oxidation facilities, and optimizing the biological aerated filter (BAF) tank. This formed a combined process of “two-stage air flotation + hydrolysis acidification + two-stage anaerobic/oxic (AO) + advanced oxidation + BAF”, with emission standard meeting the grade A standard of *Wastewater Quality Standards for Discharge to Municipal Sewers* (GB/T 31962—2015). [Results] Since the project was put into operation in October 2022, all units had been operating well, with stable and compliant effluent quality. The average values of COD, ammonia nitrogen, TN, and TP in the effluent were 60.3, 1.9, 17.7 mg/L, and 2.4 mg/L, respectively, which were better than the design standards. [Conclusion] Against the background of the “dual carbon” goals, this combined process demonstrates good engineering application effects and can provide a certain reference for

[收稿日期] 2024-02-22

[基金项目] 青岛市科技惠民示范引导专项(22-3-7-CSPZ-10-nsh)

[作者简介] 孙勇(1978—), 男, 高级工程师, 研究方向为高含盐污水处理, E-mail: sunyong31@163.com。

[通信作者] 刘德民(1989—), 男, 高级工程师, 主要从事废水深度处理技术与产品开发等工作, E-mail: ldm273507@163.com。

the treatment of high-oil, high-salt, and high-COD wastewater.

Keywords air flotation hydrolytic acidification two-stage AO advanced oxidation process (AOP) casing wastewater engineering application

肠衣废水含大量血污、油脂、蛋白、杂物、未消化食物、粪便和多种病原微生物等。其中,无机组分主要为氯化物,有机物则以粗蛋白、氨基酸和脂肪为主。该类废水突出表现为高 COD、高盐、高氨氮和易腐臭等特点,属于高盐、高水溶性有机物废水,含有丰富的动物蛋白等难以降解的有机物质。废水含盐量一般为 25 000~35 000 mg/L,主要为 NaCl; COD 质量浓度为 15 800~25 500 mg/L;氨氮质量浓度为 1 000~2 500 mg/L^[1]。其中,盐分对于处理单元中生化单元的影响较大,对污水处理过程中微生物的新陈代谢有严重破坏作用,造成微生物的活性低、生长缓慢、污泥絮体易解体等问题。废水处理设施启动过程中需要阶梯性逐步提高进水负荷,培养生化单元微生物的耐盐特性^[2-4]。

安徽某工业园集中 5 家主要从事肠衣、肝素钠及其附属产品生产、加工、研发和销售的企业。排放废水主要含肠衣-肝素钠加工提取废水、精品肠衣废水、车间冲洗废水、园区生活污水等,属高油脂、高盐、高 COD、高氨氮难处理废水。

1 改造前设计及运行分析

园区配套一座规模为 3 000 m³/d 污水处理厂,预处理工艺为调节池+隔油池+气浮。生化段工艺:水解酸化+一段曝气池+一沉池+二段曝气池+二沉池。深度处理工艺:气浮+O₃+曝气生物滤(BAF)池。排放标准为一级 A。

该污水厂自建成以来,历经多次改造,仍无法运行达标。2019 年 12 月—2020 年 4 月水质均值如表 1 所示,除出水氨氮外,其他指标均远高于排放标准。

表 1 改造前进出水水质
Tab. 1 Water Quality of Influent and Effluent before Reconstruction

项目	COD/ (mg·L ⁻¹)	氨氮/ (mg·L ⁻¹)	TN/ (mg·L ⁻¹)	TP/ (mg·L ⁻¹)
进水	1 327.3	217.9	237.9	42.7
出水	160.3	1.4	89.9	31.7

改造前主要存在的问题。

(1)隔油和气浮处理效果差,尤其冬季隔油池内油脂极易凝结在池表,系统运行困难。

(2)水解酸化停留时间为 41 h,但未安装填料,

未设计污泥回流,无法实现水解酸化功能。

(3)工艺流程好氧池合计 65 h,溶解氧(DO)质量浓度为 2~4 mg/L,硝化效果良好,氨氮去除率为 99.4%。

(4)未设计缺氧池,TN 去除率仅 62.2%。此外,水中存在较多难生物降解有机氮。

(5)虽然设计了三级固液分离,且前后两处投加大量除磷剂,但 TP 仅去除 11.0 mg/L,去除率只有 25.8%。从 C/P 推断 TP 的去除主要通过微生物合成去除,化学除磷效果不佳。经水质检测,来水正磷酸盐占 53%,其他磷元素占 47%。

(6)肠衣废水氯离子高,COD 测试不准确,应改进水质测试方法。

(7)O₃ 设备因洪水故障停机,无法运行,BAF 池水力条件不合理,易板结。

2 改造工程项目目标

改造工程需解决以下问题:(1)故障设备更换,确保系统正常运行;(2)TN 指标较高,现状反硝化效果极差,需重新划分生化池,强化缺氧反硝化;(3)有机磷含量高,需将有机转化为正磷酸盐以提高除磷效果;(4)废水处理后排至下游城镇污水厂,两厂协同处理,在该工程满足达标排放前提下,应尽量控制难降解污染物含量,减轻下游城镇水厂负担;(5)投资、运营成本要合理,为企业经营减负。

3 改造工程设计方案

3.1 设计规模和水质

结合前期运营及企业生产规划,肠衣生产废水与污水厂区内其他污废水混合后进入水处理系统,改造设计规模调减为 2 000 m³/d。

根据 2019 年 12 月—2020 年 4 月进水水质,按次高值(约 90%保证率)确定进水水质标准。排水水质结合行业排放标准《屠宰及肉类加工工业水污染物排放标准》(GB 13457—2019)和《污水排入城镇下水道水质标准》(GB/T 31962—2015)的 A 级标准确定,出水达标后排入下游城镇污水厂与生活污水协同处理后按一级 A 标准排放。改造工程设计水质如表 2 所示。

表 2 设计进出水水质
Tab. 2 Designed Water Quality of Influent and Effluent

项目	COD/(mg·L ⁻¹)	氨氮/(mg·L ⁻¹)	TN/(mg·L ⁻¹)	TP/(mg·L ⁻¹)	溶解性总固体/(mg·L ⁻¹)	氯离子/(mg·L ⁻¹)
进水	2 000	260	300	50	10 000	6 100
出水	≤200	≤25	≤35	≤3.0	≤10 000	≤6 100

3.2 改造方案

3.2.1 工艺流程的确定

为了减少工程投资成本,本工程充分利用现有工艺流程进行优化,通过工艺优化解决现有流程除油效果差,水解酸化功能缺失,无反硝化工艺段的问题,如图 1 所示。同时,利用既有 O₃ 装置与 H₂O₂ 投加装置共同形成高级氧化工艺段,通过高级氧化工艺段强化有机磷及难生物降解有机物的去除。对 BAF 池进行优化改造,提高滤速,解决高盐废水易造成 BAF 池板结的问题,同时使 BAF 池实现硝化、反硝化或同步硝化反硝化的多种模式灵活运行。

3.2.2 改造方案

(1)调节池原池改造

考虑到进水水质波动大,调节池设计停留时间为 13 h,确保系统水质、水量稳定。将原曝气搅拌系统拆除,改造为潜水搅拌机,控制优质碳源消耗以利后端反硝化脱氮。

(2)新增气浮单元

混凝-气浮对肠衣、肝素钠废水处理效果较稳定,对废水 COD 去除率可维持在 60%^[5]。在生物处理前对肠衣-肝素钠废水进行混凝-气浮预处理,通

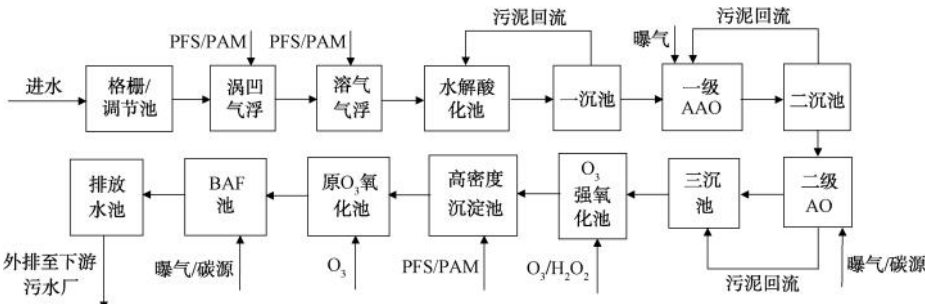
过去除油脂,SS 可显著降低废水 COD,改善废水可生化性,同时可降低废水的冲击负荷^[6-7]。

改造工程拆除原有室外气浮设备,新增一台涡凹气浮机、一台溶气气浮机,串联安装。为降低冬季低温不利影响,2 台气浮设备安装于新建厂房内。

(3)水解酸化池改造扩容

水解酸化等厌氧工艺可使废水中难降解有机物及大分子物质生成易降解小分子物质,并水解部分污泥,减少污泥产量。山东某肠衣废水处理工程,水解酸化 COD、BOD₅、氨氮去除率分别为 35%、20%、26%,且生物需氧量/化学需氧量(B/C)从 45.0%提升至 55.3%^[8]。水解后产生聚磷菌厌氧释磷时易吸收的挥发性有机酸,利于好氧过量吸磷,且水解可促进有机磷转化从而利于化学除磷。

改造工程拆除原隔油、气浮设备后,改造为水解酸化池。原水解酸化池改造成水解酸化、一沉、厌氧、缺氧池。水解酸化出水至一沉池,泥水分离后污水进入后续生物处理单元,30%污泥回流至水解酸化池前端。改造后水解酸化池水力停留时间为 23.3 h,污泥质量浓度为 4 000 mg/L;一沉池负荷为 0.83 m³/(m²·h)。



注:PFS—聚合硫酸铁;PAM—聚丙烯酰胺;AAO—厌氧-缺氧-好氧工艺;AO—缺氧-好氧工艺。

图 1 肠衣废水处理改造后工艺流程

Fig. 1 Process Flow of Casing Wastewater Treatment after Reconstruction

(4)两级生化改造

原两级生化池无缺氧段,且池型易发生短流,池容利用率低,需分隔出缺氧池,并增加导流墙。

将原一段曝气池改造成缺氧池和好氧池,并与

前端改造为厌氧的部分原水解酸化池组成一级 AAO,水力停留时间分别为 2.8、32.7、36.1 h。一级 AAO 池混合液悬浮固体(MLSS)质量浓度为 2 800 mg/L,设计负荷为 0.090、0.046、0.037 kg 氨氮/(kg MLSS·d),硝化液回流比为 200%~600%。二沉池

利旧原一沉池,负荷为 $0.69 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$,污泥回流至一级 AAO,回流比为 75%~150%。

将原二段曝气池改造成缺氧池和好氧池,形成二级 AO 工艺。缺氧水力停留时间为 17.7 h、好氧水力停留时间为 22.6 h。二级 AO 池 MLSS 为 2 800 mg/L,设计负荷为 $0.062 \text{ kg COD}/(\text{kg MLSS} \cdot \text{h})$ 、 $0.044 \text{ kg TN}/(\text{kg MLSS} \cdot \text{h})$ 、 $0.029 \text{ kg 氨氮}/(\text{kg MLSS} \cdot \text{d})$,硝化液回流比为 200%~400%。二级 AO 出水进入三沉池,污泥回流到二级生化缺氧池;回流比为 75%~150%。

(5) O_3 氧化改造为两级 $\text{O}_3/\text{H}_2\text{O}_2$ 高级氧化

在高盐废水处理中, $\text{O}_3/\text{H}_2\text{O}_2$ +生化组合工艺较 O_3 +生化组合工艺 COD 去除率提高 5%~10%。且 $\text{O}_3/\text{H}_2\text{O}_2$ 氧化可将难降解含氮有机物分解为无机氮,并主要以硝酸盐氮的形式积累,这有利于强化生化过程中氮的去除^[9-10]。此外,污水处理厂末端有机磷以难生物利用组分为主,研究表明, O_3 最佳投加量为 30 mg/L 时,生化有机磷去除率高达 79.1%,从而利于物化除磷^[11]。

将原有 O_3 设备恢复,利用厂区现有 H_2O_2 存储与投加装置,形成 $\text{O}_3/\text{H}_2\text{O}_2$ 高级氧化体系。将原深度处理气浮池改造为一级 $\text{O}_3/\text{H}_2\text{O}_2$ 高级氧化池(水力停留时间为 2 h)和高密度沉淀池。高密池混凝段投加 PFS、PAM,水力停留时间为 24 min,沉淀段负荷为 $1.3 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ 。利旧原 O_3 氧化池形成二级 $\text{O}_3/\text{H}_2\text{O}_2$ 高级氧化池(水力停留时间为 3.5 h)。两级高级氧化池 O_3 总投加量为 0~60 mg/L, H_2O_2 总投加量为 0~20 mg/L。

(6) BAF 池改造

原 BAF 池容约为 720 m^3 ,设计滤速为 1.0 m/h。将原池隔出反应区及反洗风机设备间,改造后设计滤速为 2.65 m/h,水洗强度为 $10 \text{ L}/(\text{s} \cdot \text{m}^2)$,气洗强度为 $10 \text{ L}/(\text{s} \cdot \text{m}^2)$ 。在传统曝气生物滤池基础上,对进水分配、碳源投加、出水回流、曝气系统进行优化,运行时合理调控 DO,BAF 池可实现硝化、反硝化或同步硝化反硝化的多种模式灵活运行,对水质波动适应性强,可作为控制 COD、SS、氨氮及 TN 等指标的末端把关措施,该工艺具有较好的深度处理效果^[12-13]。

4 工程应用效果

改造工程 2022 年 10 月启动工艺调试,2023 年 4 月正式投产稳定运行。投产以来,处理水量为

$1\,500 \sim 1\,900 \text{ m}^3/\text{d}$,出水水质显著优于下游协同处理污水厂接管要求。下文通过 2023 年 4 月—7 月连续 4 个月的运行数据进行工艺效果分析。

4.1 总体工艺效果

(1) COD 指标

如图 2 所示,进水 COD 质量浓度为 $1\,449.7 \sim 2\,450.0 \text{ mg/L}$,均值为 $1\,879.7 \text{ mg/L}$,出水 COD 质量浓度为 $44.8 \sim 119.8 \text{ mg/L}$,均值为 60.3 mg/L ,随运行时间延长系统 COD 去除率从 93.3%左右提高到 97.0%左右,并趋于稳定。这说明经活性污泥培养、驯化,系统中已形成适应该废水的专性异养菌种,且耐盐性良好。运营发现,调节池对于稳定来水水质、减小生化冲击作用明显,推荐该类工程调节池水力停留时间不宜小于 12 h。

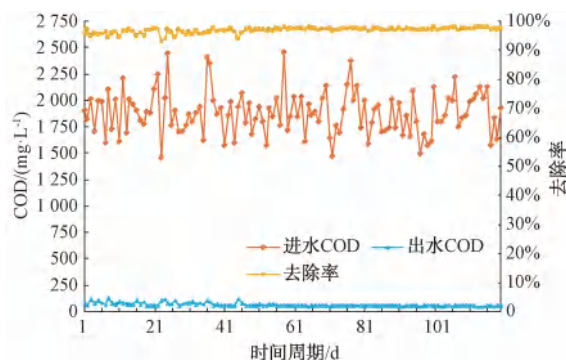


图 2 COD 去除效果分析

Fig. 2 Effect Analysis of COD Removal

(2) 氨氮指标

如图 3 所示,进水氨氮质量浓度为 $106.2 \sim 412.7 \text{ mg/L}$,均值为 249.4 mg/L ,出水氨氮质量浓度为 $0.3 \sim 8.0 \text{ mg/L}$,均值为 1.9 mg/L ,去除率高达 99.2%。这说明两级 AO 分段设定可从浓度空间上形成梯度性负荷,生化系统已培养出丰富的耐盐硝

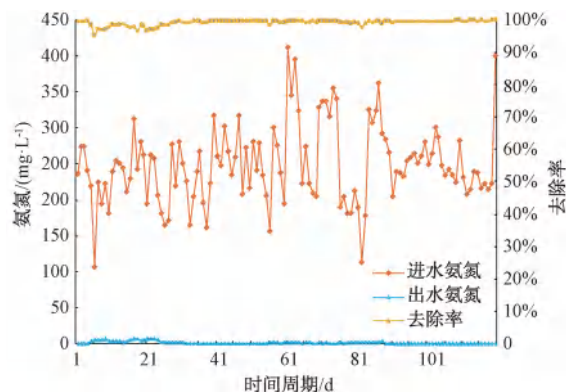


图 3 氨氮去除效果分析

Fig. 3 Effect Analysis of Ammonia Nitrogen Removal

化细菌,在合理 DO 控制条件下可起到良好硝化效果。通过回流系统设计,良好的硝化效果也为反硝化进行提供了有利条件。

(3) TN 指标

如图 4 所示,进水 TN 质量浓度为 121.1~438.4 mg/L,均值为 281.3 mg/L,出水 TN 质量浓度为 2.8~28.8 mg/L,平均值为 17.7 mg/L, TN 平均去除率为 93.7%。两级 AO 从浓度空间上形成梯度性负荷,可通过设定各级 AO 池 MLSS、DO、回流比等工艺参数强化系统调控性,并可通过分段进水调控一、二级反硝化负荷,达到最优碳源利用效率和反硝化效率。

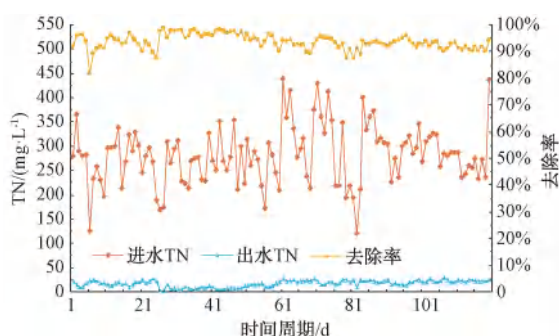


图 4 TN 去除效果分析

Fig. 4 Effect Analysis of TN Removal

(4) TP 指标

如图 5 所示,进水 TP 质量浓度为 32.4~88.7 mg/L,平均质量浓度为 64.6 mg/L, TP 波动较大。经一、二级气浮预处理和两级 AO 生物合成除磷及后续氧化强化混凝化学除磷,出水 TP 质量浓度为 0.8~8.0 mg/L,均值为 3.9 mg/L,平均去除率为 94.0%。组合工艺综合药剂投加量 PFS 质量浓度约为 100 mg/L, PAM 质量浓度约为 3 mg/L, O_3 投加量约为 30 mg/L。

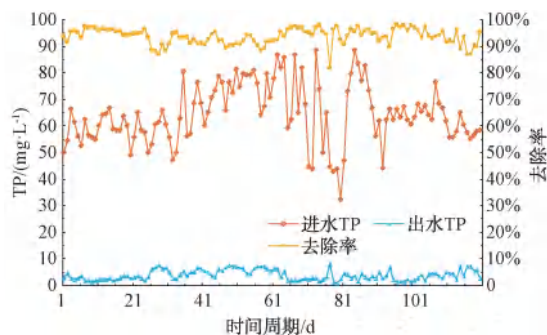


图 5 TP 去除效果分析

Fig. 5 Effect Analysis of TP Removal

运行结果表明,改造工程采用水解酸化、两级生

化、氧化强化脱碳除磷工艺流程具有良好应用效果, COD、氨氮、TN、TP 去除率均 90% 以上。同时,调节池、两级气浮等预处理工艺对于提高系统稳定性作用显著。

4.2 污染物沿程去除效果

通过污染物沿程去除效果与工艺运行状态分析,可确认污染物降解机理和作用边界,并为后期运行工艺调控提供依据。取样点设置为进水、气浮、生化、深度处理工段,分别对 COD、动植物油、氨氮、TN、TP 进行沿程分析(图 6)。

图 6(a)、图 6(b)表明,进水 COD 平均值为 1 879.7 mg/L,动植物油为 158.7 mg/L,经过气浮工艺段后, COD 下降至 1 200.6 mg/L,去除率为 36.1%,动植物油降低至 46.7 mg/L,去除率为 70.6%,为后续生化处理创造良好条件^[8]。气浮出水进入水解酸化池,经酸化菌作用蛋白质和长链有机物分解为小分子有机物,废水可生化性改善,与此同时,微生物同化与异化促使 COD 降低约 21.9%。经两级生化处理后,出水 COD 为 134.5 mg/L,综合去除率为 92.8%。最后,经 O_3/H_2O_2 氧化改善废水可生化性及 BAF 池组合深度处理,出水为 COD 质量浓度为 60.3 mg/L。再结合图 6(e), O_3/H_2O_2 氧化去除 COD 并促进有机磷转化为无机磷,从而利于后端化学除磷,起到强化混凝效果^[5]。

进水氨氮、TN 均值分别约为 249.4、281.3 mg/L,图 6(c)和图 6(d)反映了组合工艺良好的硝化、反硝化效果。一级 AAO 氨氮、TN 负荷分别为 0.055 kg 氨氮/(kg MLSS·d)、0.046 kg TN/(kg MLSS·d);二级 AO 氨氮、TN 负荷分别为 0.025 kg 氨氮/(kg MLSS·d)、0.062 kg TN/(kg MLSS·d)(暂按照水量为 1 800 m³/d, MLSS 为 2 000 mg/L 计算)。两级生化后氨氮、TN 去除率合计 99.1%、89.3%,其中一级 AAO 对氨氮、TN 去除率贡献分别为 75.9%、50.5%;二级 AO 对氨氮、TN 去除率贡献分别为 21.6%、37.0%。后续可通过降低好氧池 DO 来强化反硝化脱氮效果。类似工程设计中,缺氧池和好氧池间可设置 AO 可调池,以提高系统总体污染物去除效率。

深度处理段, O_3/H_2O_2 氧化将生化残余难降解有机物氧化为生化可利用碳源,曝气生物滤池通过 DO 控制形成硝化、反硝化效果进一步促进 TN 去除,贡献约 4.4% 的 TN 去除率,最终出水氨氮、TN

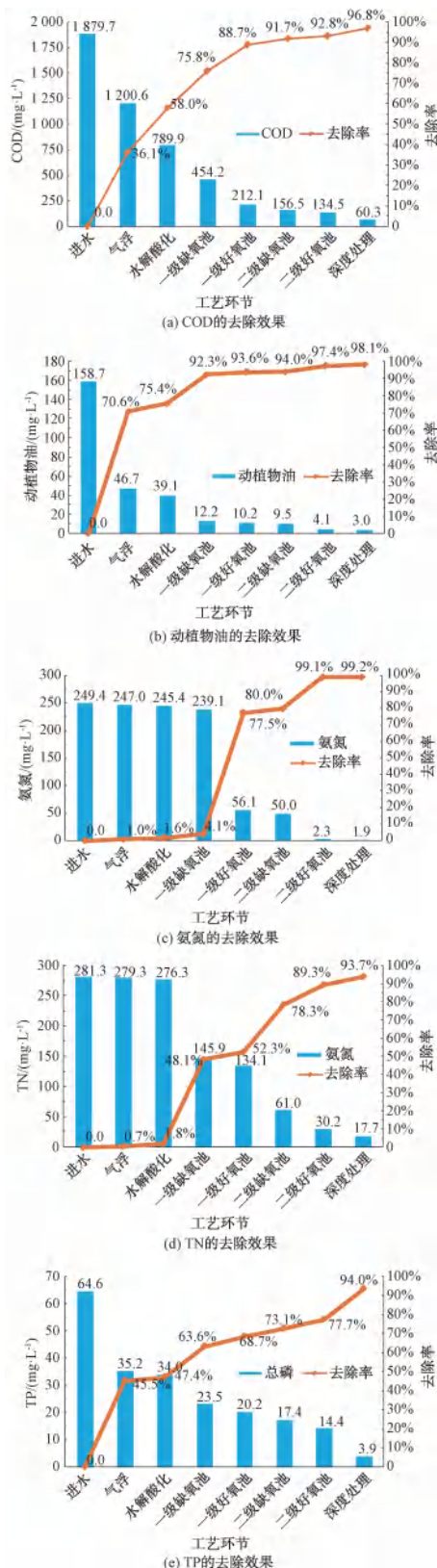


图 6 不同工艺段污染物指标的去除效果

Fig. 6 Removal Effects of Pollutant Indices in Different Process Sections

质量浓度为 1.9、17.7 mg/L,深度处理有效保障了工程出水效果。

图 6(e)表明,组合工艺对 TP 控制效果良好,气浮段通过去除夹带有机磷成分的 SS 颗粒实现约 45.5% 的 TP 去除效果。一、二级生化通过生物合成 TP 去除率分别约为 34.7%、9.0%,二级生化出水 TP 质量浓度约为 14.4 mg/L。生化出水经 O_3/H_2O_2 氧化后促进残余有机磷成分向正磷酸盐转化,并结合后续化学处理,实现最终出水 TP 质量浓度约为 3.9 mg/L,出水效果优于设计值。

5 结论与建议

(1)该组合工艺中各工艺段运行良好,两级气浮对动植物油、有机负荷平均去除率分别约为 70.6%、36.1%,有效改善了后端生化处理效果,强化了系统稳定性。经过 120 d 的数据监测,进水 COD、氨氮、TN、TP 均值分别为 1 879.7、249.4、281.3、64.6 mg/L,接近设计值;出水均值分别为 60.3、1.9、17.7、3.9 mg/L,去除率分别约为 96.8%、99.2%、93.7%、94.0%,优于设计标准。

(2)肠衣废水污染物浓度高,为兼顾污染物控制、系统稳定性及运行费用,推荐采用多级生化处理工艺,设置高、低污染物负荷,在生化池设置 AO 可调池容,便于系统对氨氮、TN 指标控制。针对有机磷含量较高的问题,应通过前端水解酸化强化有机磷在生化段利用;同时,可考虑末端通过 O_3 、 O_3/H_2O_2 等氧化工艺强化有机磷向正磷酸盐转化,从而利于化学除磷。

(3)通过对运行成本的统计,本工程吨水处理成本为 7.2~8.3 元。其中:电费占比约为 35.03%,人员工资及福利占比约为 7.44%,药剂费占比约为 25.17%,污泥处置费用占比约为 24.08%,设备维护维修占比约为 7.83%,其他综合占比为 0.45%,运营成本相对较低。该组合工艺对高含油、高盐、高 COD 废水具有较好的工程推广价值。

(4)该类型废水调试过程中,需要针对水质特征制订调试方案。重点应关注以下 2 点:一是初次投加污泥类型的选择,建议优选同类水质的剩余污泥,可快速启动生化调试,缩短调试周期;二是菌种驯化过程中对水量和水质的控制,水质和水量应阶梯式提升,有利于耐盐菌种的筛选,建议提升比例设计水量的 20% 梯度,每梯度周期为一周,同时监

控水质指标和生物镜检的变化,按需调整。运营生产阶段,重点把控水质冲击的影响:一是可利用调节池的调蓄作用,均匀水质水量,二是利用两级 AO 的池容和沉淀设置,遇到冲击时,利用系统内部循环作用,降低水质冲击的不利影响。

(5)高盐废水水质检测应重视水样预处理,并就检测方法与当地监管部门确认。COD 指标检测,推荐水样不稀释,过量硫酸汞屏蔽氯离子后,采用《水质 化学需氧量的测定 重铬酸盐法》(HJ 828—2017)高浓度重铬酸钾氧化法进行测试^[14]。

(6)该类型污水含盐量高,且主要为 NaCl,对系统设备和管道具有较强的腐蚀性。因此,在进行设备与管材选型时,应优先选用耐腐蚀性较强的材质。如:管道与阀门可选用化工级硬质聚氯乙烯(UPVC)材质或 316L 材质;水泵可以考虑采用化工泵,尽量减少潜水泵的使用;水下设备,应优先选用外衬防腐或者 316 材质的设备等。

参考文献

- [1] 马彦峰. 肝素钠废水水质解析[J]. 科技创新与应用, 2015(15): 61-62.
MA Y F. Analysis of heparin sodium wastewater quality [J]. Technology Innovation and Application, 2015(15): 61-62.
- [2] ZHANG L F, FU G K, ZHANG Z. High-efficiency salt, sulfate and nitrogen removal and microbial community in biocathode microbial desalination cell for mustard tuber wastewater treatment [J]. Bioresource Technology, 2019, 289: 121630. DOI: 10.1016/j.biortech.2019.121630.
- [3] KARGI F. Enhanced biological treatment of saline wastewater by using halophilic bacteria[J]. Biotechnology Letters, 2002(24): 1569-1572.
- [4] 高爽, 刘慧敏, 王美慧, 等. 高盐废水处理新工艺研究进展[J]. 现代化工, 2022, 42(2): 68-71.
GAO S, LIU H M, WANG M H, et al. Research progress in new treatment technology for high-salinity wastewater [J]. Modern Chemical Industry, 2022, 42(2): 68-71.
- [5] 邱信欣, 刘锋, 郭德华, 等. 气浮-2 级 A/O+MBR 处理高盐肝素钠废水研究[J]. 水处理技术, 2019, 45(9): 89-93.
QIU X X, LIU F, GUO D H, et al. Study on the treatment of high-salinity sodium heparin wastewater by air flotation-two stage A/O+MBR [J]. Technology of Water Treatment, 2019, 45(9): 89-93.
- [6] 刘彦涛, 董迎春, 马建, 等. 高盐含油废水的生物强化处理与污泥特性[J]. 净水技术, 2023, 42(7): 119-125, 133.
LIU Y T, DONG Y C, MA J, et al. Enhanced biological treatment and sludge characteristics of high-saline oily wastewater [J]. Water Purification Technology, 2023, 42(7): 119-125, 133.
- [7] 魏垒垒, 郭晶晶, 仲奔腾. 突发性油类进水对污水厂运行的影响与调控措施[J]. 净水技术, 2017, 36(4): 100-102, 106.
WEI L L, GUO J J, ZHONG B T. Influence and control countermeasures of unexpected oils Inflow on operation in wastewater treatment plant [J]. Water Purification Technology, 2017, 36(4): 100-102, 106.
- [8] 高廷东, 卢继承, 林贞贤. 水解酸化/CASS 工艺处理肠衣废水[J]. 中国给水排水, 2009, 25(4): 65-66, 70.
GAO T D, LU J C, LIN Z X. Hydrolysis acidification/ CASS process for treatment of casing wastewater [J]. China Water & Wastewater, 2009, 25(4): 65-66, 70.
- [9] 刘德民, 李军, 王晴, 等. O₃/H₂O₂-MBBR-O₃/H₂O₂/UV 组合工艺处理制革生化尾水研究[J]. 皮革科学与工程, 2022, 32(5): 19-23, 34.
LIU D M, LI J, WANG Q, et al. Study on advanced treatment in tannery secondary effluent by the combination process of O₃/H₂O₂-MBBR-O₃/H₂O₂/UV [J]. Leather Science and Engineering, 2022, 32(5): 19-23, 34.
- [10] 赵红兵, 余琴芳, 许江军, 等. 臭氧高级氧化对某工业园区污水处理厂生化出水处理试验[J]. 净水技术, 2022, 41(6): 96-102.
ZHAO H B, YU Q F, XU J J, et al. Experiment of ozone advanced oxidation process for biochemical effluent treatment of a WWTP in an industrial park [J]. Water Purification Technology, 2022, 41(6): 96-102.
- [11] 王小东, 王子文, 陈明飞, 等. 污水处理厂出水有机磷污染特征及强化去除[J]. 环境科学, 2019, 40(6): 2800-2806.
WANG X D, WANG Z W, CHEN M F, et al. Pollution characteristics and enhanced removal of organic phosphorus in effluent from a wastewater treatment plant [J]. Environmental Science, 2019, 40(6): 2800-2806.
- [12] 齐亚玲, 狄剑英, 林甲, 等. 曝气生物滤池多模式运行用于城镇污水厂深度处理[J]. 中国给水排水, 2022, 38(20): 85-89.
QI Y L, DI J L, LIN J, et al. Application of biological aerated filter with multi-mode operation in advanced treatment of WWTP [J]. China Water & Wastewater, 2022, 38(20): 85-89.
- [13] 邱迪, 陈卓, 李茜, 等. 水解酸化+AAO+混凝沉淀+臭氧-BAF 工艺在综合产业园废水处理中的应用[J]. 净水技术, 2023, 42(1): 107-114, 145.
QIU D, CHEN Z, LI Q, et al. Application of hydrolytic acidification + AAO + coagulation and sedimentation + O₃-BAF processes in comprehensive industrial zone wastewater treatment [J]. Water Purification Technology, 2023, 42(1): 107-114, 145.
- [14] 姚桂莹. 测定高氯废水 COD_{Cr} 的方法探讨——硫酸汞添加法[J]. 环境科学与管理, 2011, 36(3): 94-99.
YAO G Y. Study on the determination of COD_{Cr} with HgSO₄——Addition method in producing wastewater with high chlorine [J]. Environmental Science and Management, 2011, 36(3): 94-99.