

Study on the influence of total salinity of industrial wastewater in chemical industry park on the treatment cost of centralized industrial sewage treatment plant

Chongting Jin¹ Wentao Yang² Haicheng Li¹

1. Taizhou Pollution Prevention and Control Technology Center Co., Ltd., Taizhou, Zhejiang, 318000, China

2. Taidai County Environmental Monitoring Station, Taizhou, Zhejiang, 318000, China

Abstract

As a carrier of industrial agglomeration, the medical and chemical park not only drives economic growth but also faces severe environmental issues. Wastewater from the pharmaceutical and chemical industries is characterized by high salinity, strong toxicity, and complex composition, with excessive salt content being particularly prominent. This project proposes to use a combination of theoretical analysis and case studies to systematically analyze the impact mechanism of total wastewater salinity on the treatment costs of wastewater treatment plants. Based on this, combined with extensive operational data, it reveals the quantitative relationship between total salinity and process costs, analyzes the pathways of process operations, chemical consumption, equipment maintenance, and other aspects, and proposes targeted optimization strategies to reduce costs for centralized wastewater treatment in medical and chemical industrial parks, thereby achieving sustainable development.

Keywords

medical and chemical park; industrial wastewater; total salinity; centralized industrial sewage treatment plant; treatment cost

医化园区工业废水总盐度对集中工业污水厂处理成本的影响研究

金崇庭¹ 杨文涛² 李海城¹

1. 台州市污染防治技术中心有限公司, 中国·浙江 台州 318000

2. 天台县环境监测站, 中国·浙江 台州 318000

摘 要

医化园区作为产业集聚载体,在带动经济增长的同时,也面临着严峻的环境问题。医药化工行业产生的废水有含盐量高、毒性强、组分复杂等特点,其中盐度超标问题尤为突出。本项目拟采用理论分析和多案例分析相结合的方法,系统地分析了污水总盐度对污水处理厂处理成本的影响机理。在此基础上,结合大量实际运行数据,揭示总盐度与工艺成本之间的定量关系,分析工艺操作、药剂消耗、设备维修等各环节的作用路径,提出有针对性的优化策略,为医药化工产业园区集中废水治理降低成本,实现可持续发展。

关键词

医化园区;工业废水;总盐度;集中工业污水厂;处理成本

1 引言

工业污水厂作为工业园区污水集中处理的核心设施,污水总盐量对污水处理成本有很大的影响^[1]。随着环境保护标准的不断提高,园区治理成本持续攀升,已成为园区“绿色”发展的“瓶颈”,浙江省《化学工业主要水污染物排放标准》(草案)正在征求意见中,其中对于总盐排放指标限定为 10000mg/L。研究总盐度与污水处理成本之间的关系,

对于降低园区环境治理成本,提高污水处理厂运行效率具有重要意义。本项目拟以污水总盐浓度变化为切入点,采用定量分析与案例分析相结合的方法,揭示污水总盐浓度对污水处理成本的影响规律及作用机理,提出科学、高效的污水处理成本控制策略。本项目的研究成果对优化污水处理工艺、降低工业污水集中处理厂的运行成本、促进医药化工行业的可持续发展具有重要意义,同时对同类型园区高盐废水的处理也具有一定的借鉴意义。

2 医化园区工业废水总盐度特性及处理现状

2.1 医化园区工业废水来源及特点

医化园区的工业废水主要来自医药、农药、兽药的合成、

【作者简介】金崇庭(1991-),男,中国浙江台州人,本科,工程师,从事环境污染防治研究。

精制和水洗等生产过程中产生的废水。这些污水成分复杂,污染物浓度高,水质水量波动大,总盐度高。污水中含有大量的有机物、重金属离子以及生物毒性物质,同时含有氯化盐、硫酸盐、碳酸盐等盐分,有些废水的总盐度高达数万毫克每升,给污水处理带来巨大的挑战。

2.2 工业废水总盐度的定义与测量方法

总盐度是指水中各种溶解盐的总量,一般用毫克/升表示。常用的方法有重量法,电导法,离子色谱法等。称重法测定总盐度,采用蒸发水样称重的方法测定总盐度,操作简便,但受废水中高沸物的影响,准确度较低;电导法是利用溶液电导率和总盐度之间的相关关系来快速测量的,但容易受到其他离子的干扰;离子色谱法准确地确定每一种离子的浓度,从而计算出总盐度,实际应用过程应视精度要求结合使用上述方法,得到相对准确的总盐数据。

2.3 集中工业污水厂处理工艺及现状

目前,集中工业污水处理厂普遍采用物化法和生物法联合处理工艺对医化工业废水进行处理。物理、化学处理主要有混凝沉淀、中和处理、高级氧化法等,主要用于去除水中的悬浮物、胶体及部分难降解的污染物;对有机污染物的生物处理主要有活性污泥法和生物膜法。然而,高盐废水的存在极大地影响微生物的活性及处理过程的稳定性,导致处理效率降低,增加处理成本。同时,高盐环境加快设备的腐蚀,增加维护成本,现有处理工艺难以满足高盐废水的要求^[2]。

3 总盐度对集中工业污水厂处理成本的影响机制

3.1 对处理工艺运行的影响

3.1.1 微生物活性抑制

高盐环境下,微生物受到渗透压胁迫,细胞内部水分平衡被打破,细胞失水和酶活下降,从而抑制微生物的生长、代谢和繁殖。研究发现,在总盐浓度大于10000mg/L时,微生物降解效率降低30%~40%,需要延长处理时间或增加处理规模,导致能源消耗及设备、土建投资增加。

3.1.2 污泥性质改变

总盐度的增加对污泥的沉降及脱水性能有一定的影响。在高盐环境中,污泥的表面电荷性质发生变化,絮团结构变松,沉降速率变慢。同时,盐分会增加污泥的粘度,增加污泥脱水的难度,需要添加更多的调理剂、絮凝剂,增加处理费用。研究表明,在总盐度5000~20000mg/L的条件下,污泥调理剂的投加量需要提高50%~80%^[3]。

3.1.3 膜处理技术的影响

高盐废水的存在会增加膜表面的渗透压,增加操作压力,增加能耗。同时,盐分及污染物在膜面上容易形成污垢,降低膜的使用寿命,增加膜的更换与维护费用。研究表明高盐废水会导致无机盐在MBR表面结晶、堵塞的问题,影响了MBR膜工艺在工业污水集中处理中的应用^[4]。

3.2 对药剂消耗的影响

3.2.1 中和调节药剂

针对医化园区工业废水pH值较高的特点,需要在废水

中加入酸碱调节剂来中和。高盐废水中碱度成分会与中和剂发生作用,从而影响中和剂的中和效果,需要加大投加量以获得适宜的pH值。试验结果表明,在处理含盐浓度为15000mg/L,总碱度为1900mg/L废水时,盐酸的投加量较低盐无碱度废水提高30%~50%;

3.2.2 混凝沉淀药剂

高盐环境改变胶体粒子的表面电荷及水化层厚度,从而降低混凝剂的絮凝效果。为达到较好的混凝沉降效果,需要增加混凝剂用量和加入助凝剂,增加药剂费用。结果表明,在处理含盐浓度为20000mg/L的废水中,混凝剂投加量较5000mg/L时提高40%~60%^[4];

3.2.3 污泥调理药剂

高盐废水对污泥脱水性能的影响较大,需要添加较多的污泥调理剂以提高其脱水效果。随着总盐度的增加,调理剂的投加量也会随之增加,从而进一步提高污泥的处理成本。

3.2.4 对高级氧化药剂的投加量的影响

医化工业污水集中处理厂常用芬顿、臭氧氧化等高级氧化处理工艺,由于废水中的高盐所含还原性物质,如氯离子、溴离子等,氧化剂在氧化目标有机污染物的过程中,当高级氧化中间产物的还原电位比废水中氯离子、溴离子还原电位低,氧化剂会优先氧化废水中氯离子、溴离子,从而导致氧化剂利用率低,导致处理成本升高。

3.2.5 生化池采用耐盐菌种对处理成本的影响

当医化园区综合工业废水所含总盐分大于12000mg/L,氯离子含量大于5000mg/L,常规生化细菌活性基本完全抑制,此时需引入耐盐特种菌对废水进行处理,引入的耐盐特种菌种在调试初期一次性投加,将大幅提高工业污水集中处理长调试费用,此外,在日常运维过程中,受水质盐分波动,需补投加耐盐菌种,导致运营费用增加。

3.3 对设备维护的影响

高盐废水中氯离子等强腐蚀性离子对污水处理设备的腐蚀起到加速作用。工业污水厂里厂设备设施常选用不锈钢316L材质,316L一般要求过流废水氯离子含量小于1500mg/L。

在高盐环境中,金属零部件会发生电化学、化学腐蚀,造成设备表面的腐蚀和穿孔,从而缩短其使用寿命。为提高设备的防腐性能,必须使用防腐材料或防腐处理,这样会增加设备的投资费用。以某污水处理厂为例,处理总盐度为25000mg/L的废水,其设备维护费用较低盐废水高达80%。

4 案例研究

4.1 案例园区A概况

案例区A坐落于东海岸,由15家制药和农药企业组成,年产生约80万吨的工业废水,含盐量在5000~30000毫克/升。园区集中式污水处理厂采用混凝沉淀、中和调控、A/O生物处理和反渗透膜深度处理的“预处理+生物处理+深度处理”工艺。

4.2 案例园区 A 总盐度与处理成本关系分析

分析园区 A 污水处理厂 2020~2023 年的运行数据,绘制出总盐度-处理费用曲线;结果表明:总盐度由 5000 毫克/升提高到 15000 毫克/升会使处理费用增加 32%;当升至 30000 毫克/升时,成本比 5000 毫克/升提高 75%。从能量消耗角度看,在生物处理阶段,由于微生物活性受到抑制,增加曝气及污泥回流的能耗;膜处理阶段的操作压力由 1.2MPa 提高到 1.8MPa,能耗增加 28%;在药剂费用方面,中和调整剂用量分别为 42%、38% 和 53%。设备维修费用大幅增加,由一年三次增加到八次,维护费用上升 65%,管道维修费用上升 55%。

4.3 案例园区 B 概况

案例区 B 位于中心地带,拥有 12 家制药企业,年产生的废水总量为 60 万吨,含盐量在 3000-25000 毫克/升。采用中和沉淀作为预处理、生物接触氧化和纳滤膜作为生物处理的生物处理和纳滤工艺。

4.4 案例园区 B 总盐度与处理成本关系分析

通过对该园区 B 型污水处理厂 2021—2023 年的运行数据分析,发现在总盐度由 3000~15000mg/L 的情况下,处理费用增加 28%;当升至 25000mg/L 时,成本比 3000mg/L 提高 68%。在能源费用方面,由于污泥特性的改变,生物处理阶段的能耗增大,膜过滤阶段的运行压力增加 25%。药剂费用方面,中和剂的投加量分别为 35%、32% 和 48%。设备维修费用增加,设备维护次数由一年两次增加到六次,维护费用提高 60%,管道维修费用增加 50%。

4.5 案例对比分析

通过对两个案例园区的比较发现,在处理工艺、废水特性等方面存在差异的情况下,总盐度与处理费用之间存在着显著的正相关关系。由于污水的总盐度较高,处理过程较为复杂,因此园区的费用增长相对较大。从成本构成来看,两园区的能源消耗与设备维修费用随总盐度的变化趋势较为相近,而药剂费用增长则因水质及处理工艺的不同而有所差别。说明总盐度对污水处理费用的影响具有一定的普遍性,但各园区应根据各自的特点制定相应的成本控制策略。

5 降低处理成本的策略与建议

5.1 优化处理工艺

优化污水处理工艺是降低污水处理成本的核心途径。在生物处理方面,要大力发展耐盐微生物处理技术,从自然界中筛选出耐盐菌株,并结合基因工程手段,构建高活性耐盐微生物菌群,提高其在高盐环境中降解有机物的能力,降低因微生物活性受到抑制而导致的处理周期长、能耗高的问题。针对这一问题,采用纳米复合技术强化膜耐盐性能,并通过优化运行参数,结合预处理降低膜表面结垢和污染,达到延长膜使用寿命和降低更换成本的目的。在此基础上,强化园区企业废水预处理过程的针对性,优先利用蒸发浓缩和

电渗析等方法对高盐废水进行降盐,并对特殊污染物废水进行特殊处理,以减轻后续处理负荷,提高总体处理效率,达到对成本进行有效控制的目的。

5.2 加强运行管理

要实现污水处理费用的精细化控制,关键在于强化操作管理。在此基础上,构建智能药剂投加系统(图 1),利用在线水质监测数据,实时感知总盐值、pH 值等指标的变化,实现投药量的自动、精确调整;在前期大量试验基础上,确

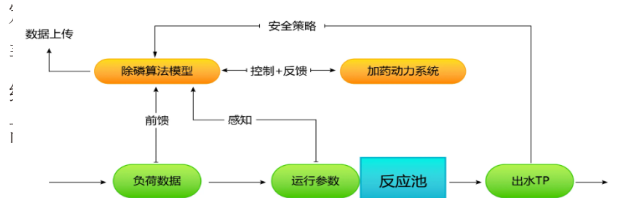


图 1 智能药剂投加系统

5.3 政策支持与技术创新

政策扶持和技术创新是降低污水处理成本的外在推动力和技术保证。政府需要更多的政策支持,设立专门的研发基金,对使用先进处理技术和设备的企业进行税收减免和财政补贴,并通过严格的环保监管,推动企业升级处理工艺,提高处理水平,降低长期成本。积极推动高校、科研院所和企业开展产学研合作,建立联合研发平台,整合各方面资源,解决高盐废水的技术难题。加快新工艺与装备的研发及转化应用,推广智能化污水处理控制系统,运用人工智能、大数据等技术对工艺过程进行智能监测和优化决策,提高工艺效率,降低运行成本,促进医化园区污水处理的绿色、可持续发展。

6 结论

综上所述,总盐浓度的升高会导致污泥中微生物的活性降低、污泥性质的改变以及对膜处理工艺的影响,从而导致能源费用、药剂费用和设备维护费用的增加。各园区由于污水特性及处理工艺的不同,其费用增长幅度也有所不同,但是总盐度与处理费用成正比是普遍现象。通过优化工艺、强化运行管理、政策支持和技术创新,是降低污水处理成本的有效途径。

参考文献

- [1] 农国猷.预处理3-HAP和THF制药废水及其出水对后续生化处理的影响研究[D].广西:广西大学,2023.
- [2] 周刚,贾中原,陶炳池,等.异相Fenton工艺处理医药化工园区工业废水中试[J].中国给水排水,2024,40(21):21-26.
- [3] 李艳卉,林静雯,孙继宸,等.沈阳某化学工业园区大气挥发性有机物污染特征分析[J].环境污染与防治,2022,44(9):1175-1181.
- [4] 叶晨昊.医药废水的催化湿式氧化-光催化-吸附三级联合处理工艺研究[D].江苏:江苏科技大学,2020.