

次氯酸钠去除有色废水中色度的效果探讨

谢艳芳

河南神马氯碱发展有限责任公司 河南 平顶山 467000

摘要: 次氯酸钠凭借其强氧化性,能有效降解有色废水中的发色物质。本文系统分析次氯酸钠的理化特性及其脱色机制,重点探讨氧化作用对发色基团的破坏原理。研究考察废水pH值、初始色度、反应时间、投加方式等关键因素对脱色效果的影响规律。针对处理过程中可能产生的氯代有机物等副产物问题,提出工艺参数优化与联合处理等控制策略,为次氯酸钠在有色废水处理中的高效安全应用提供理论依据。

关键词: 次氯酸钠;有色废水;色度去除;作用机制

引言:有色废水排放对环境危害大,去除色度是水处理重要目标。次氯酸钠因强氧化性被用于有色废水处理,但去除效果受多种因素影响。研究其去除色度效果,明确作用机制与影响因素,优化处理工艺,对提高处理效率、降低处理成本、减少环境污染具有重要意义,故开展此次探讨。

1 次氯酸钠与有色废水色度的基础认知

1.1 次氯酸钠的理化特性

次氯酸钠是一种具有强氧化性的无机化合物,基本化学组成为 NaClO 。从分子结构层面分析,次氯酸根离子中氯原子与氧原子通过共价键连接。这种特殊结构赋予次氯酸钠较强电子获取能力,能在化学反应中引发氧化还原反应。次氯酸钠稳定性受多种因素影响。光照条件,特别是紫外线辐射,会加速其分解^[1]。环境温度升高同样促进分解反应,通常需在阴凉条件下储存,减缓分解速度,保证有效成分含量。溶液pH值是影响次氯酸钠稳定性的关键控制因素。在酸性条件,尤其是pH值低于4时,次氯酸钠会迅速分解并释放氯气。而在碱性环境,pH值大于9时,次氯酸钠相对稳定存在,利于其在水处理中的长期储存和有效应用。重金属离子存在也会对次氯酸钠的稳定性产生显著影响。例如,铁离子或铜离子等重金属离子会催化分解反应。在水溶液中,次氯酸钠的存在形态与转化规律遵循特定化学平衡。当溶于水时,次氯酸钠会发生水解生成次氯酸,次氯酸的电离程度直接受溶液pH值调控。在较低pH值时,次氯酸主要以分子形式存在,随着pH值升高,逐渐转变为次氯酸根离子。这两种形态均具氧化能力,但次氯酸分子的氧化效能显著更强,这一特性对其在水处理中的应用机制至关重要。

1.2 有色废水色度的本质与分类

有色废水的色度本质上是由水中溶解性物质或胶体

物质对特定波长可见光的选择性吸收与散射所引起的光学现象。表征色度通常从多个维度进行,包括色度强度、色调特征以及色度稳定性等。有色物质根据其化学结构特征可分为多种类型,偶氮类化合物分子结构中含有特征性偶氮基团,是工业废水中最常见的致色物质。蒽醌类化合物则具有蒽醌母核结构,通常表现出较高的色度稳定性。此外还包括三苯甲烷类、靛蓝类等多种结构类型的发色物质。色度产生的化学机制主要源于这些有机物分子结构中存在的发色基团,如偶氮基、硝基、羰基等,这些基团能够吸收可见光区的光子能量。助色基团如氨基、羟基的存在会通过电子效应改变发色团的吸光特性,从而影响最终显现的颜色。从物理机制角度分析,当光线通过水样时,这些发色物质会选择性地吸收特定波长的互补色光,使透射或反射光呈现出被吸收光的互补色。溶解性物质主要引起真色,而胶体或悬浮颗粒则可能导致表色现象。理解色度的本质与分类是后续研究氧化脱色过程的基础。

2 次氯酸钠去除色度的作用机制分析

2.1 氧化作用的核心原理

次氯酸钠在水中解离出次氯酸根离子,这些离子具备独特的氧化活性位点。活性位点上的氯元素具有较高的电负性,倾向于获取电子,从而引发氧化还原反应^[2]。在与有色物质接触时,次氯酸根离子会主动接近发色基团,通过电子转移的方式将自身氧化能力传递给发色基团。有色物质的发色基团通常包含不饱和和双键或共轭体系,这些结构赋予物质颜色。次氯酸钠的强氧化性能够直接攻击双键,促使双键发生断裂。一旦双键断裂,原本稳定的分子结构被打破,电子分布发生改变,物质吸收和反射光线的特性也随之变化,颜色逐渐变浅直至消失。对于存在共轭体系的发色基团,次氯酸钠的氧化作用会瓦解共轭结构。共轭体系被破坏后,分子内的电子

离域现象减弱,分子能级发生改变,导致物质对特定波长光线的吸收能力大幅下降,进而实现脱色效果。

2.2 辅助作用机制探讨

在有色废水中,部分有色物质以胶体态存在,粒径通常在1至100纳米之间。次氯酸钠的氧化作用能够改变胶体颗粒表面的电荷性质。原本胶体颗粒因带有相同电荷(通常为负电荷)而相互排斥,保持稳定分散状态,排斥力大小与颗粒表面电荷密度相关。次氯酸钠氧化后,胶体颗粒表面电荷减少或改变,排斥力减弱,使得胶体颗粒容易相互聚集,形成较大的絮体,絮体粒径可达100至1000微米。这种脱稳作用有助于胶体态有色物质从水中分离出来,进一步增强脱色效果。次氯酸钠氧化有色物质后会产生一些氧化产物。这些氧化产物在特定条件下会发生后续转化。部分氧化产物会与水中的其他离子或物质发生反应,生成难溶于水的沉淀物。例如,氧化产物中的某些金属离子与氢氧根离子结合生成氢氧化物沉淀,沉淀物粒径通常在1至10微米之间。随着沉淀物的形成和沉降,有色物质被携带至水体底部,从而实现从水中的去除,达到净化水质、降低色度的目的。

3 次氯酸钠去除色度效果的影响因素

3.1 废水自身特性因素

废水pH值是影响次氯酸钠脱色效率的关键参数。pH环境直接决定了次氯酸钠在水解平衡中的存在形态分布。酸性条件下次氯酸分子占主导地位,其氧化电位显著高于碱性条件下的次氯酸根离子。这种形态差异导致对染料分子中发色基团的攻击能力产生明显变化。废水初始色度水平决定了所需氧化剂的基准投加量^[3]。高色度废水意味着发色物质浓度较高,需要更多次氯酸钠才能保证充分反应。但过高的初始色度可能对光线产生屏蔽效应,反而影响反应效率。共存杂质的干扰效应不容忽视,水中还原性有机物会竞争消耗次氯酸钠,降低其用于脱色的有效浓度。金属离子可能通过催化作用加速次氯酸钠分解,或与染料形成更难降解的络合物。废水温度变化直接影响反应速率,温度升高通常能加快分子运动速度,促进氧化反应进行。但过高的温度会加速次氯酸钠的自身分解,造成有效成分损失。浊度主要影响传质效率,悬浮颗粒可能包裹发色物质或遮蔽反应界面,需要根据浊度水平调整混合条件。

3.2 次氯酸钠投加相关因素

投加方式对反应效率产生显著影响。一次性投加可能导致局部浓度过高,引起次氯酸钠无效分解。分批投加或梯度投加可使氧化剂浓度维持在更适宜范围,提高利用效率。连续滴加方式能够保持反应体系中活性氯浓

度的相对稳定,有利于控制反应进程,尤其适用于连续流处理系统。投加顺序对处理效果具有重要影响。先调节pH后投加氧化剂的顺序可确保次氯酸钠处于最佳反应形态。若水中存在多种污染物,投加顺序的差异可能导致不同的反应路径。反应体系混合程度决定物质传质效率,充分混合能够保证次氯酸钠与发色物质的充分接触。混合不足会造成反应死区,延长达到相同脱色效果所需的时间。混合强度需要优化平衡,过度混合可能打碎已形成的絮体,影响后续分离过程。混合条件的选择应与废水特性相匹配,高粘度或高悬浮物含量的废水通常需要更强的混合强度。

3.3 反应工艺条件因素

反应时间的调控需要遵循氧化反应动力学规律。足够长的反应时间是确保次氯酸钠与发色物质充分作用的必要条件。反应时间不足会导致氧化不完全,可能生成仍有颜色的中间产物。过长的反应时间不仅降低处理效率,还可能促进副反应发生。优化反应时间需综合考虑脱色效果与运行成本,寻找最佳平衡点。反应体系搅拌强度影响相间传质速率和反应均匀性。适当提高搅拌强度可减小液膜厚度,促进次氯酸钠向反应界面的传递。过强的搅拌可能引入过多空气,导致次氯酸钠因曝气而损失。搅拌强度的选择还需考虑能耗因素,在保证反应效果的前提下尽量降低动力消耗。反应器的结构设计对搅拌效果有重要影响,合理的反应器构型可改善流体流动状态,避免短流和死区现象。温度对反应速率的影响也需纳入工艺条件考量,在低温环境下可能需要延长反应时间或增加药剂投加量。各工艺参数间存在交互作用,需要进行系统优化才能获得最佳处理效果。

4 次氯酸钠处理工艺的优化方向与注意事项

4.1 工艺参数优化思路

工艺参数优化需系统考虑多因素耦合作用下的参数匹配原则。次氯酸钠投加量、反应时间、pH值和搅拌强度等关键参数并非独立作用,而是相互关联相互制约。高浓度废水需要相应提高次氯酸钠投加量,但同时需延长反应时间以确保充分氧化^[4]。pH值调节不仅影响次氯酸钠的形态分布,还会改变有色物质的存在状态,需要找到最佳匹配区间。搅拌强度需与反应器结构和水力条件相协调,形成适宜的湍流状态。基于水质特性的动态参数调整策略是提升处理效果的重要途径。面对水质波动较大的工业废水,固定参数运行模式难以保证稳定效果。建立水质在线监测与反馈控制系统,根据进水色度、COD等指标实时调整次氯酸钠投加量。根据水温变化自动调节反应时间或混合强度,确保在不同季节都能

维持良好处理效果。这种动态调整策略能够有效应对水质变化挑战,提高工艺适应性和稳定性。

4.2 处理过程中的潜在问题与应对

副产物的生成机制与控制方法是工艺优化需要重点关注的问题。次氯酸钠与有机物反应可能生成氯代有机物,这些副产物往往具有更高环境风险。控制副产物生成的关键在于优化反应条件,避免次氯酸钠过量投加和过长反应时间。采用分级投加方式控制反应激烈程度,减少副产物生成机会。适当调节pH值可改变反应路径,抑制某些有害副产物的形成。后续处理单元如活性炭吸附可有效去除已生成的副产物。次氯酸钠过量投加会产生一系列负面影响,不仅增加处理成本,还会导致出水余氯超标。过量次氯酸钠可能将部分有机物过度氧化为小分子羧酸,反而增加废水可生化性,但同时会增加处理难度和成本。余氯过高会影响后续生物处理单元的正常运行,对水生环境造成潜在危害,余氯浓度超过0.1毫克/升可能抑制微生物活性。建立精确的投加控制系统,根据氧化还原电位实时调控投加量,可有效避免过量投加问题,将氧化还原电位控制在200至400毫伏之间。设置脱氯工序作为保障措施,确保出水水质安全,可采用硫代硫酸钠等脱氯剂进行脱氯处理。

4.3 联合处理工艺的协同效应

与混凝、吸附等技术的组合应用可发挥协同增效作用。混凝预处理可去除水中胶体态有色物质和悬浮物,降低后续氧化负荷。次氯酸钠氧化破坏溶解性发色物质的分子结构,提高废水可生化性。活性炭吸附作为后处理单元,可去除氧化副产物和残余色度。这种组合工艺形成了物理化学协同处理链条,各单元扬长避短。联合工艺中需要明确次氯酸钠的作用定位与参数协调。当作为预处理单元时,次氯酸钠主要起破链断键作用,投加

量以部分氧化为目标。作为深度处理单元时,则需要保证充分氧化,彻底去除色度。与生物处理组合时,需严格控制余氯浓度,避免对微生物产生抑制。各单元之间的参数协调至关重要,前序单元的处理效果直接影响后续单元的运行参数^[5]。建立全流程优化模型,统筹调整各单元操作条件,实现整体处理效果最优化。这种系统化思维方式是提高次氯酸钠处理工艺经济性和有效性的关键。

结束语

次氯酸钠通过氧化破坏发色基因实现有色废水脱色,其处理效果受pH值、反应时间等多因素影响。控制副产物生成需要优化工艺参数,采用联合处理工艺可提升整体处理效能。明确次氯酸钠在组合工艺中的定位,加强各单元参数协调,是实现高效经济运行的关键。未来应继续深入研究反应机理,开发更精准的过程控制策略,推动次氯酸钠在废水处理领域的规范化应用。

参考文献

- [1]吕世利,盛婷.次氯酸钠废水除磷工艺问题探讨[J].中国氯碱,2023(1):43-46,51.
- [2]马文强,张计武,康维刚,等.次氯酸钠去除废水中氨氮的研究[J].科学技术创新,2023(15):31-34.
- [3]焦欣伟,陈学明,陈毅平,等.次氯酸钠废水结晶盐回用对盐水质量影响程度的探讨[J].聚氯乙烯,2023,51(8):35-38.
- [4]毋浪鹏,许海亮,郑元武,等.次氯酸钠氧化法处理含镍电镀废水的应用研究[J].电镀与涂饰,2024,43(1):144-149.
- [5]谢立成,梅悦懿,吴珍,等.超声波-次氯酸钠联合降解氨氮废水及其机制研究[J].化纤与纺织技术,2023,52(12):26-28.