

环保型水处理化学品与水处理技术探讨

杜粉娟¹ 张波²

1. 宁夏宁东泰畅水务有限责任公司 宁夏 银川 750000

2. 广西来宾雅居乐节能环保科技有限公司 宁夏 银川 750000

摘要: 本文聚焦环保型水处理化学品与五类水处理技术, 阐述前者低毒、易降解特性及缓蚀、阻垢等功能与多场景应用, 分析反渗透、膜分离等技术原理、场景及优劣势。研究表明, 二者协同可提升处理效率、减少环境影响, 推动行业向“绿色高效”转型, 为水资源可持续利用提供支撑, 对缓解水资源短缺、保障水环境安全意义重大。

关键词: 环保型; 水处理化学品; 水处理技术

引言

工业化推进与人口增长加剧水资源污染和供需矛盾, 传统水处理方式因化学品残留、效率低难满足需求。环保型水处理化学品具环境友好性, 新型水处理技术突破传统局限。本文系统梳理化学品特性与应用, 探讨主流技术原理及价值, 以明晰行业现状, 为技术优化与应用拓展提供方向, 助力水处理领域绿色转型。

1 环保型水处理化学品概述

环保型水处理化学品是实现水质净化的关键药剂, 核心优势在于兼顾高效处理能力与环境友好性: 不仅低毒无害, 不会危害生态系统生物, 还能在自然环境中快速降解, 全程无二次污染。相较传统化学品易残留、可能威胁生态与人体健康的问题, 其从处理源头大幅降低了环境负面影响。

从功能维度, 这类化学品可分为多类实用药剂: 环保型缓蚀剂通过在金属表面形成稳定防护层, 阻断腐蚀性离子与金属接触, 抑制腐蚀反应以延长设备寿命; 阻垢剂借助螯合、分散作用, 抑制水体中钙、镁离子形成水垢, 避免设备换热效率下降; 絮凝剂依靠吸附性与电荷中和能力, 吸附悬浮物并促使其聚集成絮体, 为固液分离提供便利, 提升水质清澈度; 另有杀菌消毒与脱色除味药剂, 前者破坏微生物细胞结构或遗传物质以杀灭病菌, 后者吸附或分解有色与异味物质, 解决不同水污染问题。

当前, 该类化学品研发持续突破, 性能不断优化, 既能适配工业废水、生活污水、饮用水等不同场景的水质需求, 又通过成分改良与工艺升级减轻环境负担, 已成为推动水处理行业从“达标处理”向“绿色高效”转型的重要基础, 为水资源可持续利用提供关键^[1]。

2 环保型水处理化学品在水处理中的应用

2.1 工业废水处理

在工业废水处理中, 不同类型的环保型水处理化学品依据废水特性发挥针对性作用。针对含乳化油污的工业废水, 丙烯酸乳液污水破乳剂可破坏油水分散体系的稳定性, 使乳化油滴聚集分离, 实现油污与水的有效脱离, 为后续处理创造条件。对于高硬度工业废水, HEDP (羟基乙叉二膦酸) 这类环保型阻垢剂能与水中钙、镁离子结合, 阻止其形成难溶性盐类沉淀附着在设备表面, 避免管道与换热设备结垢, 保障系统稳定运行。而 PESA (聚环氧琥珀酸) 作为无磷阻垢缓蚀剂, 在处理具有腐蚀性的工业废水时, 既能抑制水垢生成, 又能在金属设备表面形成保护膜, 减少腐蚀性离子对设备的侵蚀。通过这些化学品的协同应用, 可有效去除工业废水中的污染物, 控制设备结垢与腐蚀问题, 推动工业废水实现达标排放, 部分处理后的废水还能满足循环利用要求, 提升水资源利用效率。

2.2 生活污水处理

生活污水处理中, 环保型絮凝剂是预处理阶段的关键药剂。能吸附水中的悬浮物、胶体颗粒, 促使其聚集成较大絮体, 通过沉淀或过滤实现分离, 降低污水浊度。在消毒环节, 环保型消毒剂可破坏生活污水中病菌、病毒的细胞结构或遗传物质, 实现杀菌消毒效果, 避免污水排放后对水体与土壤造成生物污染。针对可能存在的高硬度问题, 环保型软化剂能通过离子交换或螯合作用, 降低水中钙、镁离子含量, 减少后续处理设备结垢风险, 同时避免硬水排放对环境的潜在影响。通过这些化学品的应用, 污水中的主要污染物得到有效去除, 杀菌效果与水质软化目标得以实现, 保障污水排放符合要求, 减少对生态环境与人体健康的不利影响^[2]。

2.3 饮用水处理

饮用水处理中, 高锰酸盐复合药剂 (PPC) 作为环保型预氧化剂应用广泛, 通过氧化作用去除原水中的铁

锰离子、藻类及异味物质,同时生成的中间产物能促进絮体成长,兼具助凝效果。与传统高锰酸钾相比,其投加量更易控制,色度影响小且无需严苛的危险品管理流程。在南方多地水厂的实际应用中,与PAC联用使锰去除率达85%以上,浊度降低效果显著。活性炭吸附剂则凭借较大的比表面积与丰富的孔隙结构,吸附饮用水中的微量有机污染物、余氯及残留异味物质,进一步提升水质。在处理过程中,化学品的使用需严格控制用量与反应条件,确保处理后的饮用水符合健康饮用标准,保障人体摄入安全。

2.4 特殊水质处理

针对高盐度水,专用的环保型脱盐剂(如改性阳离子交换树脂)可通过离子交换作用,降低水中盐类物质含量,使水质满足工业生产或农业灌溉等使用要求,避免高盐水质对土壤、作物或设备造成危害。

对于高氟水质,环保型除氟剂主要分为三类:一是聚合氯化铝(PAC)、聚合硫酸铁(PFS)等无机高分子混凝剂,通过水解产物的吸附与网捕作用去除氟离子;二是活性氧化铝这类吸附材料,凭借多孔结构选择性吸附氟离子;三是镧系稀土除氟剂,利用稀土元素对氟的强螯合能力实现深度除氟,适用于饮用水深度处理。

在高铁锰水质处理中,Ferrosorb(亚铁吸附复合滤料)复合滤料是典型环保药剂,通过吸附-氧化-催化的协同作用,无需预曝气即可将二价铁锰氧化为高价态氧化物,经沉淀过滤分离,处理后水质锰含量可降至国标限值以下。此外,高锰酸盐复合药剂也可直接氧化高铁锰离子,与常规净水工艺联用即可实现高效去除,在水库水源水厂的改造中应用成熟。

3 环保型水处理技术探讨

3.1 膜分离水处理技术

膜分离水处理技术包含渗析、电渗析、反渗透、超滤等多个分支,不同技术依据膜的孔径大小与分离机制,适配不同水质处理需求。渗析技术利用膜两侧溶质浓度差实现物质分离,常用于特定污染物的提取与去除;电渗析通过电场作用促使离子透过离子交换膜,实现水质脱盐与纯化;超滤技术则借助膜的筛分作用,截留水中悬浮物、胶体颗粒与大分子有机物,保留小分子物质与水分子。在工业废水处理中,超滤等膜分离技术可有效分离废水中的悬浮物与大分子污染物,为后续深度处理奠定基础;在医药与食品行业,反渗透与超滤技术结合可制备高纯度的超纯水,满足生产过程中对水质的严苛要求。技术的核心要点在于膜材料性能与膜组件设计,优质的膜材料需具备高渗透性、高选择性与良

好的抗污染能力,合理的膜组件设计则能提升处理效率与系统稳定性。其优势在于无需添加大量化学药剂、分离效率高、处理后水质稳定,且设备占地面积小、易于自动化控制。未来,膜分离技术的发展将聚焦于新型膜材料研发、膜污染控制技术优化及系统集成创新,进一步拓展应用范围,降低运行成本。

(1)反渗透水处理技术的核心是在压力的驱动下,让原水中的水分子顺利过膜,而水中的盐类离子、有机污染物、微生物等大分子被截留,在压力作用下打破自然渗透平衡,迫使水分子向浓度更低的一侧移动,从而实现高效分离。(2)在实际应用中,该技术在海水淡化领域应用广泛。对于含盐量极高的海水,通过反渗透处理,能有效去除其中的氯化钠等盐类物质,将其转化为符合生活、生产使用要求的淡水,为沿海地区以及淡水资源匮乏的干旱、半干旱区域开辟了新的淡水获取渠道,缓解了这些地区的水资源供需矛盾。同时,在高盐废水处理中,反渗透技术也发挥着重要作用,它能去除废水中的盐类成分,处理后的水可重新用于工业循环冷却、清洗等环节,实现高盐废水的资源化利用,减少水资源浪费。(3)从解决水资源短缺问题的价值来看,反渗透技术突破了地理条件与天然淡水资源分布的限制,让以往难以利用的海水、高盐废水成为可开发的水资源,大幅拓宽了淡水来源。不过,该技术也存在明显局限性:一方面,对进水水质有严格要求,若原水中含有过多悬浮物、胶体物质等,会直接影响膜的性能,因此必须进行预处理;另一方面,运行过程中膜组件易受污染、结垢,需要定期清洗、维护,增加了操作成本;同时,设备初期投资金额较高,运行时的能耗也相对较大,这些因素在一定程度上制约了其大规模推广与普及^[1]。

3.2 短流程水处理技术

短流程水处理技术是通过整合工艺单元、削减冗余环节实现高效净化的技术体系,核心类型包括预氧化-强化混凝-过滤一体化工艺与短流程生物反硝化工艺等。其原理是基于原水水质精准匹配核心单元:对于微污染地表水,采用“高锰酸盐复合药剂预氧化+PAC混凝+滤池过滤”的三段式流程,省去传统工艺中的沉淀池或澄清池;对于含氮废水,则通过生物膜载体优化,在单一反应器内完成硝化与反硝化反应,缩短脱氮流程。

该技术在水厂改造中应用显著:南方某微污染水厂采用“PPC预氧化替代高锰酸钾-臭氧联用”的短流程改造后,在TOC去除率相当的前提下,制水成本降低0.016元/立方米,且简化了设备运维流程;嵩明盟源水厂针对水库水锰超标问题,采用“高锰酸盐复合药剂预氧化+常

规过滤”的短流工艺，相比传统多段处理，锰去除率提升至85%以上，处理周期缩短20%。其优势在于流程简洁、占地小、能耗低，新建水厂可减少30%以上的设备投资，旧厂改造则能在现有设施基础上提升20%-30%的处理能力^[4]。

3.3 高级氧化技术

高级氧化技术通过特定方式激活氧化剂，产生具有强氧化性的自由基（如羟基自由基），这些自由基能无选择性地与水中污染物发生反应，将大分子有机污染物分解为小分子物质，最终氧化为二氧化碳与水，实现污染物的彻底去除。在处理高浓度难降解有机废水时，如化工、制药行业产生的废水，这类废水成分复杂、生物降解性差，高级氧化技术可通过强氧化作用破坏污染物结构，提升废水可生化性，或直接实现污染物降解。典型的芬顿试剂是 Fe^{2+} 与 H_2O_2 的组合，主要是利用在 Fe^{2+} 的催化作用下， H_2O_2 的分解活化能较低产生大量的中间态活性物种羟基自由基 $\cdot\text{OH}$ ，羟基自由基具有很高的氧化还原电位(2.20V)，能使许多难生物降解或者是一般化学氧化法难以氧化的有机物质氧化分解。除 F_2 外， $\cdot\text{OH}$ 高于其它常见氧化剂的标准电极电位，能够有效地分解常规方法所无法分解的有机物RH，能无选择地与废水中的污染物反应。由于芬顿体系在使用过程中具有试剂没有毒性，均相体系没有质量传输的阻碍，而且操作简单，相对投资小等优点，所以一直广泛地用于有毒有害废水的处理上。芬顿体系设备简单，反应条件温和，操作方便，氧化速率高。但是也存在着应用pH值范围窄、过氧化氢过量、渣量大等问题对于污染严重的水域，该技术可用于水体修复，去除水中积累的有机污染物，改善水体生态环境。高级氧化技术的优势在于氧化能力强、处理效果彻底，能处理传统技术难以降解的污染物，且无二次污染风险。但该技术也存在高成本问题：一方面，氧化剂制备与激活过程需消耗较多能源或化学药剂；另一方面，部分高级氧化技术的反应条件较为严苛，设备投资与运行维护成本较高，限制了其在大规模常规水处理中的应用。

3.4 微污染水处理技术

微污染水处理技术以强化混凝与过滤为核心，整合多种处理手段，针对微污染水中的微量有机物、氨氮、藻类等污染物进行高效去除。其原理是通过优化混凝剂投加量与反应条件，提升混凝效果，增强对胶体颗粒与微量有机物的吸附去除能力；同时改进过滤工艺，选用高效过滤介质，进一步截留水中残留的污染物。该技术能有效去除水中的微量有机污染物，降低对人体健康的潜在风险；通过强化氨氮去除，避免水体富营养化，改善水质。相较于传统水处理技术，微污染水处理技术弥补了传统工艺对微量污染物去除能力不足的缺陷，完善了水处理技术体系。从应用前景来看，随着水源地微污染问题日益突出，微污染水处理技术的需求将不断增加。未来，该技术将进一步与吸附、氧化等技术融合，优化工艺参数，提升处理效率与稳定性，为保障饮用水安全与水环境质量提供更可靠的技术支撑^[5]。

结语

环保型水处理化学品凭环境友好与功能适配性，在多个场景发挥关键作用；反渗透等五类技术从不同维度实现水质净化与资源循环，各有优劣。二者协同推动水处理行业突破瓶颈，向绿色高效迈进。未来需加强二者融合创新，降低成本、提升性能，为水资源可持续利用与生态环境保护提供保障，助力解决全球水资源挑战。

参考文献

- [1]吴立涛,冉小杨.高效环保型水处理剂工艺优化研究[J].当代化工研究,2020(22):91-93.
- [2]屠征波.环保型水处理化学品及水处理技术分析[J].清洗世界,2020,36(09):19-20.
- [3]李龙.环保型水处理化学品和水处理技术探讨[J].造纸装备及材料,2023,52(06):191-193.
- [4]崔华杰.环保型水处理化学品和水处理技术探讨[J].工程建设与设计,2024,(22):73-75.
- [5]张浩,武贵远.基于膜生物反应技术处理环境工程污水[J].工程建设与设计,2024,(20):67-69.