

环保型水处理化学品与水处理技术探讨

刘玉筝 李斌

安阳钢铁股份有限公司二炼轧作业部 河南 安阳 455004

摘要：随着社会经济的快速发展和人口的不断增长，水资源短缺和水污染问题日益严峻，对水处理提出了更高要求。环保型水处理化学品和水处理技术作为解决水环境问题的关键手段，受到了广泛关注。本文深入探讨了环保型水处理化学品的种类、特性及其在水处理中的应用优势，同时分析了当前先进的水处理技术，如膜分离技术、高级氧化技术、生物处理技术等，并研究了二者结合在水处理实践中的协同效应与发展前景。

关键词：环保型水处理化学品；水处理技术；可持续发展

1 引言

水是生命之源，是人类社会发展不可或缺的重要资源。然而，当前全球面临着严重的水资源危机，一方面是可利用淡水资源总量有限且分布不均，另一方面是工业废水、生活污水的大量排放导致水体污染加剧，进一步加剧了水资源的短缺。在这样的背景下，如何高效、环保地处理污水，使其达到回用标准或安全排放，成为亟待解决的关键问题。

2 环保型水处理化学品的种类与特性

2.1 环保型絮凝剂

2.1.1 无机环保絮凝剂

传统的无机絮凝剂如铝盐、铁盐等，在使用过程中可能会引入铝、铁等金属离子，对水体和生态环境造成一定危害。而环保型无机絮凝剂则通过改进制备工艺或采用新型原料，降低了金属离子的残留和毒性。例如，聚合氯化铝铁（PAFC）结合了铝盐和铁盐的优点，具有絮凝效果好、适用范围广、残留金属离子少等特点。它在水处理中能够快速形成较大的矾花，有效去除水中的悬浮物、胶体和部分溶解性有机物，同时对水体的酸碱度适应范围较宽，减少了因调节pH值而产生的化学药剂使用量。

2.1.2 有机环保絮凝剂

有机环保絮凝剂主要包括天然高分子絮凝剂和合成有机高分子絮凝剂。天然高分子絮凝剂如淀粉、纤维素、壳聚糖等，来源广泛、可再生且可生物降解，对环境友好。壳聚糖是一种从甲壳素中提取的天然多糖，具有良好的絮凝性能和抗菌性能。它通过电荷中和、桥联等作用机制，能够有效去除水中的浊度、色度和微生物等污染物。合成有机高分子絮凝剂如聚丙烯酰胺（PAM）及其衍生物，通过分子结构设计，开发出了具有低毒、可生物降解特性的产品。这些絮凝剂具有分子

量高、絮凝能力强、用量少等优点，在水处理中得到了广泛应用。

2.2 环保型阻垢剂

2.2.1 绿色合成阻垢剂

传统的阻垢剂如聚磷酸盐等，在使用过程中可能会导致水体富营养化，引发藻类大量繁殖，对水生态系统造成破坏。绿色合成阻垢剂采用环保原料和绿色合成工艺制备而成，具有高效阻垢、低磷或无磷等特点^[1]。例如，聚环氧琥珀酸（PESA）是一种无磷、可生物降解的绿色阻垢剂，它通过与水中的钙、镁等离子形成稳定的螯合物，阻止碳酸钙、硫酸钙等垢的沉积。PESA不仅阻垢效果好，而且对环境无污染，适用于各种水质条件下的循环冷却水系统和锅炉水系统。

2.2.2 天然高分子阻垢剂

一些天然高分子物质如单宁、木质素等也具有一定的阻垢性能。单宁是从植物中提取的一种多酚类化合物，它能够与水中的金属离子形成络合物，从而抑制垢的形成。木质素是造纸工业的副产物，经过改性处理后可以作为一种有效的阻垢剂使用。这些天然高分子阻垢剂来源丰富、成本低廉且环保，但目前其阻垢性能和稳定性还有待进一步提高，需要进一步的研究和开发。

2.3 环保型杀菌剂

2.3.1 氧化性杀菌剂

氧化性杀菌剂如二氧化氯、臭氧等具有杀菌效率高、作用速度快、不产生三卤甲烷等有害消毒副产物的优点。二氧化氯是一种强氧化剂，能够穿透细菌细胞壁，破坏细菌的酶系统和蛋白质结构，从而达到杀菌的目的。与传统的氯气消毒相比，二氧化氯消毒不会产生致癌的氯仿等物质，对水体和环境的危害更小。臭氧则通过氧化作用破坏微生物的细胞膜和核酸，实现高效杀菌。同时，臭氧还能分解水中的有机污染物，提高水

质。但氧化性杀菌剂也存在一些缺点，如二氧化氯的制备和储存相对复杂，臭氧的成本较高且稳定性较差等。

2.3.2 非氧化性杀菌剂

非氧化性杀菌剂如季铵盐类、异噻唑啉酮类等，具有杀菌谱广、使用方便、持久性好的特点。季铵盐类杀菌剂通过吸附在细菌细胞表面，改变细胞膜的通透性，使细胞内容物外泄，从而达到杀菌效果。异噻唑啉酮类杀菌剂则能够抑制细菌体内关键酶的活性，干扰细菌的正常代谢过程。这些非氧化性杀菌剂在工业循环冷却水系统、游泳池水处理等领域得到了广泛应用。然而，部分非氧化性杀菌剂可能具有一定的毒性，对环境和人体健康存在潜在风险，因此需要严格控制其使用剂量和使用范围。

3 先进的水处理技术分析

3.1 膜分离技术

3.1.1 反渗透技术

反渗透（RO）技术是一种以压力差为推动力，从溶液中分离出溶剂的膜分离过程。它能够有效地去除水中的溶解盐、胶体、微生物和有机物等杂质，产出高纯度的水。反渗透技术在海水淡化、苦咸水脱盐、电子工业超纯水制备等领域得到了广泛应用。在海水淡化过程中，反渗透技术能够将海水中的盐分和其他杂质去除，生产出符合饮用水标准的淡水，为解决沿海地区的水资源短缺问题提供了有效途径^[2]。然而，反渗透技术也存在一些缺点，如膜污染问题较为严重，需要定期进行清洗和维护；运行能耗较高，增加了处理成本。

3.1.2 超滤技术

超滤（UF）技术是一种利用孔径在0.001-0.1微米之间的超滤膜，截留水中大分子物质、胶体、细菌等，而允许小分子物质和水通过的膜分离技术。超滤技术具有操作压力低、能耗小、设备简单等优点，在水处理中常用于预处理环节，能够有效去除水中的悬浮物、胶体和部分微生物，减轻后续处理工艺的负担。在饮用水处理中，超滤技术可以作为反渗透或纳滤的前处理工艺，提高后续处理工艺的稳定性和处理效果。

3.1.3 纳滤技术

纳滤（NF）技术介于反渗透和超滤之间，其膜孔径一般在0.001-0.01微米之间。纳滤技术对一价离子（如钠离子、氯离子）的截留率相对较低，而对二价及以上离子（如钙离子、镁离子、硫酸根离子）和有机物有较高的截留率。纳滤技术在软化水、去除水中的有机污染物和重金属离子等方面具有独特优势。在工业循环冷却水处理中，纳滤技术可以去除水中的硬度离子，减少结垢现象的发

生，提高循环冷却水的使用效率。此外，纳滤技术在制药、化工等行业的水处理中也发挥着重要作用。

3.2 高级氧化技术

3.2.1 臭氧氧化技术

臭氧（O₃）是一种强氧化剂，其氧化还原电位为2.07V，能够与水中的有机物、无机物发生氧化还原反应。臭氧氧化技术具有氧化能力强、反应速度快、不产生二次污染等优点。在饮用水处理中，臭氧可以氧化分解水中的有机污染物，如农药、酚类化合物等，同时还能去除水中的色度和异味，提高水质。在工业废水中，臭氧氧化技术可用于处理含有难降解有机物的废水，如印染废水、制药废水等，通过氧化作用将有机物分解为小分子物质，提高废水的可生化性，便于后续处理。然而，臭氧氧化技术也存在臭氧制备成本较高、臭氧在水中的溶解度有限等问题，需要进一步优化和改进。

3.2.2 芬顿氧化技术

芬顿氧化技术是以过氧化氢（H₂O₂）和亚铁离子（Fe²⁺）为氧化体系，产生具有强氧化性的羟基自由基（·OH），从而氧化分解水中的有机污染物。芬顿氧化技术具有反应条件温和、氧化效率高、操作简单等优点，在处理高浓度、难降解有机废水方面具有显著效果。例如，在焦化废水、垃圾渗滤液等废水的处理中，芬顿氧化技术能够有效去除废水中的酚类、多环芳烃等有机污染物，降低废水的化学需氧量（COD）和毒性。但芬顿氧化技术也存在一些局限性，如会产生大量的铁泥，增加了后续处理难度；过氧化氢的使用量较大，处理成本较高。

3.2.3 光催化氧化技术

光催化氧化技术是利用半导体光催化剂（如二氧化钛TiO₂）在光照条件下产生电子-空穴对，进而引发一系列氧化还原反应，将水中的有机污染物氧化分解为二氧化碳和水等无害物质。光催化氧化技术具有反应条件温和、能耗低、无二次污染等优点，是一种具有广阔发展前景的绿色水处理技术。在处理低浓度有机废水、空气净化等方面，光催化氧化技术表现出了良好的应用效果^[3]。然而，目前光催化氧化技术还存在光催化剂的量子效率较低、对可见光的利用率高等问题，需要进一步开展研究和开发，提高其处理效率和应用范围。

3.3 生物处理技术

3.3.1 活性污泥法

活性污泥法是一种以活性污泥为主体的生物废水处理技术。活性污泥是由微生物、有机物和无机物组成的絮凝体，具有强大的吸附和氧化分解有机物的能力。在

活性污泥法中，废水与活性污泥充分混合接触，微生物通过新陈代谢作用将废水中的有机污染物分解为二氧化碳、水和无机盐等。活性污泥法具有处理效果好、运行稳定、适用范围广等优点，在城市污水处理厂中得到了广泛应用。然而，活性污泥法也存在一些缺点，如污泥产量大、处理过程中易产生泡沫和污泥膨胀等问题，需要采取相应的措施进行解决。

3.3.2 生物膜法

生物膜法是利用附着在固体载体表面的生物膜对废水中的有机物进行降解的生物处理技术。生物膜由微生物、藻类和原生动物等组成，具有丰富的生物种类和较高的生物活性。与活性污泥法相比，生物膜法具有微生物浓度高、耐冲击负荷能力强、剩余污泥产量少等优点。常见的生物膜法处理工艺有生物滤池、生物转盘、生物接触氧化池等。在工业废水处理和小型污水处理设施中，生物膜法得到了广泛应用。但生物膜法也存在载体堵塞、生物膜更新困难等问题，需要加强管理和维护。

3.3.3 厌氧生物处理技术

厌氧生物处理技术是在无氧条件下，利用厌氧微生物将废水中的有机物分解为甲烷和二氧化碳等气体的过程。厌氧生物处理技术具有能耗低、剩余污泥产量少、可回收能源（甲烷）等优点，适用于处理高浓度有机废水，如食品加工废水、屠宰废水等。常见的厌氧生物处理工艺有上流式厌氧污泥床（UASB）、厌氧滤池（AF）、厌氧膨胀颗粒污泥床（EGSB）等。UASB工艺具有结构简单、处理效率高、运行稳定等优点，在实际工程中得到了广泛应用。但厌氧生物处理技术也存在处理时间长、对温度和pH值等环境条件要求较高、出水质相对较差等问题，通常需要与好氧生物处理技术相结合，以达到更好的处理效果。

4 环保型水处理化学品与水处理技术的协同效应

4.1 提高处理效率

环保型水处理化学品与水处理技术的协同应用可以充分发挥各自的优势，提高水处理效率。例如，在膜分离技术中，使用环保型絮凝剂对原水进行预处理，可以有效去除水中的悬浮物和胶体，减少膜的污染，提高膜的通量和截留率，延长膜的使用寿命。同时，合理使用环保型阻垢剂可以防止膜表面结垢，保证膜分离过程的稳定运行^[4]。在高级氧化技术中，添加适量的环保型催化剂或助剂可以加速氧化反应的进行，提高有机污染物的去除率。例如，在芬顿氧化技术中，使用环保型的铁基催化剂可以增强·OH的产生，提高氧化效率。

4.2 降低处理成本

通过环保型水处理化学品与水处理技术的协同作用，可以降低水处理成本。一方面，环保型水处理化学品的使用量相对较少，且其高效性可以减少化学药剂的总体消耗。例如，环保型絮凝剂能够在较低剂量下达到良好的絮凝效果，相比传统絮凝剂可以降低药剂成本。另一方面，先进的水处理技术与环保型化学品的结合可以提高处理效率，减少设备运行时间和能耗。例如，在反渗透技术中，采用环保型阻垢剂和高效的预处理工艺可以降低膜的清洗频率和维护成本，同时减少高压泵的运行能耗，从而降低整体处理成本。

4.3 减少二次污染

环保型水处理化学品与水处理技术的协同应用有助于减少二次污染的产生。传统水处理过程中，化学药剂的不合理使用可能会导致二次污染问题。而环保型水处理化学品具有低毒、可生物降解等特点，在水处理过程中对环境的危害较小。同时，先进的水处理技术如膜分离技术、高级氧化技术等能够更有效地去除水中的污染物，减少处理后水体中残留的化学物质和有害物质。例如，在高级氧化技术中，通过精确控制反应条件和选择合适的环保型氧化剂，可以将有机污染物彻底分解为无害物质，避免产生二次污染。

结语

环保型水处理化学品以其环境友好、高效、安全、适应性强等优势，为水处理提供了更加可持续的解决方案；而先进的水处理技术如膜分离技术、高级氧化技术、生物处理技术等，则为去除水中的各种污染物提供了多样化的手段。二者协同应用，不仅可以提高水处理效率和质量，降低处理成本，还能减少二次污染。展望未来，随着技术创新、智能化发展、绿色化推进以及跨领域融合的不断深入，环保型水处理化学品与水处理技术将迎来更加广阔的发展前景。

参考文献

- [1]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.
- [2]刘小有.环保型水处理化学品及水处理技术研究[J].清洗世界,2024,40(02):92-94.
- [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]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.