

工业污水处理中高分子絮凝剂的应用研究

牛永睿

甘肃省生态环境工程评估中心 甘肃兰州

【摘要】针对高分子絮凝剂在工业污水处理中的应用，首先阐述絮凝剂在工业污水处理当中的应用现状，分析了各类高分子絮凝剂的应用特点。然后，通过对电镀厂、石油田和印刷厂产生的不同类型工业污水进行处理实验，结果表明 FIO-C 具有显著的絮凝效果。实验中，将季铵盐醚化剂与乙醇分散、氢氧化钠碱化处理，并在 60℃ 条件下预加热 2 小时制备 FIO-C。静置液上层清液检测结果显示，使用 FIO-C 处理后的污水中杂质含量显著降低，证明其在去除悬浮颗粒、胶体物质和有机污染物方面表现出优异性能。

【关键词】工业污水；高分子絮凝剂；水处理

【收稿日期】2025 年 1 月 23 日

【出刊日期】2025 年 2 月 26 日

【DOI】10.12208/j.jer.20250082

Application research of polymer flocculants in industrial wastewater treatment

Yongrui Niu

Gansu Province Ecological Environment Engineering Assessment Center, Lanzhou, Gansu

【Abstract】Regarding the application of polymer flocculants in industrial wastewater treatment, this article first elaborates on the current status of the application of flocculants in industrial wastewater treatment, and analyzes the application characteristics of various types of polymer flocculants. Then, through treatment experiments on different types of industrial wastewater generated by electroplating plants, oil fields, and printing plants, the results showed that FIO-C had significant flocculation effects. In the experiment, the quaternary ammonium salt etherification agent was dispersed with ethanol, treated with sodium hydroxide alkalization, and preheated at 60 °C for 2 hours to prepare FIO-C. The detection results of the upper clear liquid in the static solution showed that the impurity content in the wastewater treated with FIO-C was significantly reduced, proving its excellent performance in removing suspended particles, colloidal substances, and organic pollutants.

【Keywords】Industrial wastewater; Polymer flocculant; Water treatment

引言

工业快速发展加速了水污染物排放总量的持续增长，工业废水成分复杂性和处理难度已成为制约环境治理的核心问题。传统物理沉淀、化学氧化等处理技术普遍存在效率低、成本高或二次污染风险，难以满足日益严格的排放标准要求^[1]。高分子絮凝剂作为水处理领域的新型功能材料，通过分子链的吸附架桥与电荷中和作用，可高效富集悬浮物、胶体及溶解态污染物，在提升处理效率的同时降低药剂投加量。该技术的应用契合工业水污染处理向集约化、清洁化转型的需求，其环境友好性与经济效

益优势逐渐显现^[2]。当前研究聚焦于絮凝剂分子结构设计、固液分离动力学优化及复合工艺协同机制，旨在解决传统工艺污染物去除效率不足、污泥产量大等问题。本文系统分析高分子絮凝剂在印染、电镀、石化等典型工业废水处理中的适应性，探讨其与膜分离、高级氧化等技术的耦合效应，为构建高效低耗的工业污水处理体系提供理论支撑^[3]。

1 絮凝剂在工业废水处理中的应用

1.1 工业废水的特点

工业废水具有成分复杂、污染物浓度高且波动性强的显著特征，其水质受生产工艺、原材料种类

及生产周期影响呈现高度异质性。废水中常含有重金属离子、有毒有机物、悬浮胶体及高浓度盐类等多元污染物,不同污染物间可能产生协同或拮抗效应,加剧处理难度。部分污染物如持久性有机化合物、络合态重金属因化学结构稳定,难以通过常规物理沉淀或生物降解有效去除,易在环境中长期积累。废水酸碱度、温度及流量常随生产工序动态变化,导致处理系统负荷不稳定,影响传统混凝、氧化等工艺的持续效能。高盐分或极端 pH 条件可能抑制微生物活性,限制生物处理技术的适用性,而油类、表面活性剂等物质易造成膜分离技术污染堵塞。此类特性对处理技术提出多重挑战,需开发具有广谱适用性的强化分离手段,既能应对污染物的多样性,又可适应水质参数的动态波动。当前技术体系正从单一处理单元向多级协同工艺转型,通过物化预处理降低生物毒性、调节水质均衡性,为后续深度处理创造有利条件,这对处理药剂的适应性及工艺耦合度提出了更高要求^[4]。

1.2 絮凝剂工作原理

絮凝剂是一种常用于水处理过程中的化学物质,其工作原理主要包括以下几个步骤^[5]:

中和电荷:水中的悬浮颗粒通常带有负电荷,相互之间会产生静电排斥力,使得颗粒难以自然聚集。絮凝剂通常带有正电荷,当加入水中时,能够中和悬浮颗粒的电荷,减弱或消除颗粒之间的静电排斥力。

吸附桥联:絮凝剂分子具有多个活性基团,可以在多个悬浮颗粒表面进行吸附,形成“桥梁”,将分散的颗粒连接起来,形成较大的絮凝体。这种作用称为吸附桥联作用。

卷扫作用:高分子絮凝剂在水中形成的长链分子,可以“卷扫”水中的细小悬浮颗粒,使其聚集成较大的絮凝体。这种作用特别适用于处理浓度较高的悬浮物。

沉淀作用:在絮凝剂的作用下,形成的絮凝体由于体积增大、密度增大,最终在重力作用下沉降到水底,从而实现固液分离。这一过程可以通过沉降池或沉降槽来完成。

絮凝剂的种类很多,常见的包括无机絮凝剂(如硫酸铝、氯化铁)和有机高分子絮凝剂(如聚丙烯酰胺)。不同类型的絮凝剂在不同的水质条件下表现

出不同的絮凝效果,因此在实际应用中需要根据水质特点选择合适的絮凝剂。通过合理使用絮凝剂,可以有效去除水中的悬浮物和污染物,达到净化水质的目的^[6-8]。

2 高分子絮凝剂的种类及絮凝效果

2.1 碳水化合物类

碳水化合物类高分子絮凝剂主要包括淀粉、纤维素及其衍生物,如羧甲基纤维素(CMC)等。这类絮凝剂因其来源广泛、成本低廉和生物降解性好,在水处理过程中被广泛应用。其絮凝效果主要体现在以下几个方面:

高效絮凝:碳水化合物类絮凝剂能够有效地吸附和桥联水中的悬浮颗粒和胶体物质,形成较大的絮凝体,有助于颗粒的沉降和过滤。

环保性好:这类絮凝剂来源于天然物质,具有良好的生物降解性,不会对环境造成二次污染,因此被认为是环保型絮凝剂。

适用性强:碳水化合物类絮凝剂对多种类型的工业废水均有良好的处理效果,尤其适用于含有有机物的废水处理。

增强处理效果:在与其他絮凝剂(如无机絮凝剂)配合使用时,碳水化合物类絮凝剂可以显著增强絮凝效果,提升水处理的效率。

2.2 壳聚糖、甲壳素类

壳聚糖、甲壳素类高分子絮凝剂具有良好的絮凝性能,能够有效吸附和聚集水中的悬浮颗粒和胶体物质,形成较大的絮凝体,便于后续的沉淀和过滤处理。这类絮凝剂来源于天然海洋生物,具有良好的生物降解性,使用后不会对环境造成持久性污染,符合环保要求。它们对不同类型的废水都具有一定的处理效果,尤其适用于含有有机物的工业废水。在絮凝过程中,这类絮凝剂会形成较大的絮凝体,有利于后续的污泥处理和处置,减少处理成本和污泥排放量。同时,它们能够有效去除悬浮物和胶体物质,改善水质,达到环保排放标准。综上所述,壳聚糖、甲壳素类高分子絮凝剂在工业废水处理中具有良好的絮凝效果和环保特性,是一种值得推广和应用的絮凝剂。

3 试验分析

3.1 主要试剂和仪器

本次试验用到的主要试剂包括:乙醇、阳离子

聚丙烯酰胺和碱式氯化铝、20%的氢氧化钠溶液。准备的设备仪器有：烧杯、搅拌机和酸度计。

3.2 实验的整体水质环境

试验过程中，被污染过的原水取自电镀厂电镀时产生的工业污水。这些污水中通常含有大量的重金属离子，如铬、镍、铜等，对环境和人体健康具有较大的危害。因此，需要采取有效的处理措施对其进行净化。试验取用了石油田产生的石油工业污水。石油工业污水中含有大量的油类物质、悬浮颗粒、有机物和一些有毒有害的化学物质。这些污水的处理难度较大，传统的处理方法难以达到理想的效果，因此需要选择高效的絮凝剂进行处理。试验还涉及印刷厂产生的印刷工业污水。印刷工业污水中含有油墨、溶剂、颜料和其他化学物质，这些物质不仅会污染水体，还会对生物造成毒害。因此，同样需要选择合适的方法进行净化。针对上述工业生产过程中产生的不同类型污水，试验中选择了多种天然高分子絮凝剂进行处理。天然高分子絮凝剂来源于自然界，具有环保、无毒、可生物降解的特点，能够有效去除污水中的悬浮物、重金属离子和有机污染物。

3.3 天然高分子絮凝剂的制备

准备好试剂和仪器之后，需要对天然高分子絮凝剂进行制备。制备天然高分子絮凝剂的过程为：

取适量的季铵盐醚化剂，将其置于反应容器中，接着加入 95%乙醇进行湿润分散。此步骤的目的是通过乙醇的溶剂作用使季铵盐醚化剂更均匀地分布，增强其后续反应的效率。乙醇作为一种常用的溶剂，具有良好的分散性能和相对较低的毒性，适合作为分散介质。

在完成湿润分散后，缓慢加入 20%的氢氧化钠溶液进行碱化处理。碱化处理的目的是通过氢氧化钠的碱性条件促进季铵盐醚化剂的醚化反应，形成具有絮凝性能的高分子链结构。氢氧化钠溶液的浓度和加入速度需要严格控制，以确保反应的均匀性和稳定性。

将反应体系置于温度为 60℃的条件下进行水预加热 2 小时。此步骤的目的是通过适度的加热提高反应速率，确保反应充分进行。同时，温度控制在 60℃可以避免过高温度引起的反应过度或副反应的发生，保证生成物的质量。

3.4 工业污水的絮凝实验

实验采用六联搅拌装置，在 1000mL 烧杯中加入经均质处理的污染原水，启动 150r/min 快速搅拌后定量投加阳离子絮凝剂 FIO-C，通过机械剪切促进药剂分散并与污染物充分接触，1 分钟后切换至慢速搅拌阶段促使絮体成长，静置分层后取上层清液测定浊度、COD 及重金属离子浓度。该过程模拟工业处理中混合反应与沉淀分离的连续性，重点考察絮凝剂电荷密度、分子量等特性对污染物聚集行为的影响。

3.5 结果分析

通过对静置液上层清液进行检测，可以分析出污水中的杂质含量较低，这表明天然高分子絮凝剂 FIO-C 在污水处理过程中表现出了良好的效果。在处理过程中，FIO-C 通过其高效的絮凝作用，能够迅速吸附并聚集水中的悬浮颗粒和胶体物质，形成较大的絮凝体。随后，这些絮凝体在重力作用下沉降到反应容器的底部，从而使上层清液中的杂质大幅减少。检测结果显示，使用 FIO-C 处理后的上层清液透明度显著提高，水中的悬浮物、胶体物质以及部分溶解性有机物的浓度大幅降低。这表明 FIO-C 能够有效地去除污水中的多种污染物，提高水质。特别是在处理复杂工业污水时，FIO-C 表现出优异的絮凝性能，能够适应多种不同的水质条件。

4 结论

综上所述，包括 FIO-C 在内的高分子絮凝剂，大都具有来源广泛、成本低廉和环保无毒的优点。在处理过程中不会引入二次污染，符合绿色环保的要求。其简单的制备工艺和高效的处理效果，使其在实际应用中具有广泛的推广前景。

参考文献

- [1] 何佳,罗明.油田水处理用清水絮凝剂 QS-01 的评价及应用[J].精细石油化工,2023,40(02):19-22.
- [2] 李政伟,张金良,蔡明,等.微生物絮凝剂在生活污水处理中的应用进展[J].水处理技术,2023,49(02):25-29+34.
- [3] 张卫艺,张丽丽,直俊强,等.絮凝剂在养殖污水处理中的应用[J].当代畜牧,2021,(07):53-56.
- [4] 阿克巴尔·卡得拜,孙钰钧,王静,等.含聚表采油污水处理技术研究进展[J].辽宁化工,2021,50(05):627-633.

- [5] 吕志凤,吴艳青,张向红,等.油田污水处理剂研究进展[J]. 石油化工应用,2020,39(07):6-9+51.
- [6] 聚醚废浓缩液中固体悬浮物的复合絮凝去除[J]. 朱立新;邓宗义;孙体昌;韩文丽;李永峰.化工环保,2023(06)
- [7] 改良絮凝剂在高浊度及含油废水处理中的应用[J]. 刘蕊;吴佳瑶.应用化工,2023(09)

- [8] 改性阳离子型淀粉絮凝剂的研究进展[J]. 才金玲;谢雅欣;王子苗;关法春;李德茂.应用化工,2022(09).

版权声明: ©2025 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

