

化学絮凝技术在水处理工程中的研究与应用

徐曙华

ID:321088197904271832 上海 201800

摘 要： 化学絮凝技术在水处理工程中具有悠久的历史 and 广泛地应用。早在 20 世纪初，人们就开始研究化学絮凝技术并应用于水处理工程中。随着科学技术的不断发展和水处理需求的不断提高，化学絮凝技术也不断得到改进和完善。本文从化学絮凝技术的原理和分类出发，分析了其在水处理工程中的具体应用，以期提高水处理的效率。

关 键 词： 化学絮凝技术；水处理；应用

Research and Application of Chemical Flocculation Technology in Water Treatment Engineering

Xu Shuhua

ID:321088197904271832 Shanghai 201800

Abstract： Chemical flocculation technology has a long history and wide application in water treatment engineering. As early as the beginning of the 20th century, people began to study chemical flocculation technology and apply it in water treatment engineering. With the continuous development of science and technology and the continuous improvement of water treatment demand, chemical flocculation technology has been improved and perfected. This paper analyzes the specific application of chemical flocculation technology in water treatment engineering from the principle and classification of chemical flocculation technology, hoping it can improve the efficiency of water treatment.

Key words： chemical flocculation technology; water treatment; application

引言

水是人类社会发展的基础资源，随着城市化进程的加速和工业规模的扩大，水污染问题日益严重。因此，水处理工程成为保障水资源可持续利用的关键领域。化学絮凝技术作为一种传统的水处理方法，通过向水中投加化学药剂，使悬浮物、胶体等杂质凝聚成大颗粒，沉降分离后达到净化水质的目的^[1]。在过去的几十年里，化学絮凝技术在水处理领域得到了广泛的应用和研究，为解决水污染问题发挥了重要作用。

一、化学絮凝技术

（一）基本原理

表 1：化学絮凝技术的基本原理

基本原理	含义	成因
悬浮物凝聚	絮凝剂通过化学絮凝剂的作用，使污水中的悬浮物形成大颗粒絮凝物并沉降下来的过程。即通过电荷中和、吸附桥接等作用，使悬浮物失去稳定性，进而凝聚成大颗粒絮凝物 ^[2] 。	依赖于絮凝剂与悬浮物之间的相互作用，以及絮凝剂与水分子之间的相互作用。
胶体脱稳	通过化学絮凝剂的作用，使污水中的胶体失去稳定性，形成大颗粒絮凝物并沉降下来的过程。	依赖于絮凝剂与胶体之间的相互作用，以及絮凝剂与水分子之间的相互作用。
表面吸附	絮凝剂通过吸附污水中的杂质颗粒，使它们形成大颗粒絮凝物的过程。絮凝剂的分子结构中具有多个官能团，可以与杂质颗粒表面发生吸附作用，进而使它们形成大颗粒絮凝物。	依赖于絮凝剂与杂质颗粒之间的相互作用，以及水分子之间的相互作用。
桥联作用	絮凝剂通过自身的官能团与悬浮物和胶体之间的相互作用，将它们连接起来形成大颗粒絮凝物的过程 ^[3] 。	依赖于絮凝剂与悬浮物和胶体之间的相互作用，以及水分子之间的相互作用。
化学反应	絮凝剂与污水中的杂质发生化学反应，使它们形成大颗粒絮凝物的过程。絮凝剂在与杂质发生化学反应后，可以生成新的物质，这些物质可以与悬浮物和胶体颗粒发生吸附作用，进而使它们形成大颗粒絮凝物。	依赖于絮凝剂与杂质之间的化学反应，以及絮凝剂与悬浮物和胶体之间的相互作用。

（二）分类

凝剂包括铝盐、铁盐等。

1. 无机絮凝剂

无机絮凝剂主要利用离子交换和中和作用，使污水中的悬浮物、胶体等杂质在其作用下凝聚成大颗粒絮凝物。常见的无机絮

2. 有机絮凝剂

有机絮凝剂主要通过吸附和桥接作用，使污水中的杂质在其作用下凝聚成大颗粒絮凝物。常见的有机絮凝剂包括聚丙烯酰

胺、聚环氧琥珀酸等^[4]。

（三）生物絮凝剂

生物絮凝剂主要由微生物产生，通过微生物的代谢活动使污水中的杂质凝聚成大颗粒絮凝物。生物絮凝剂具有环保、无害等优点^[5,6]，但同时也存在处理效果不稳定、生产成本高等缺点^[7]。

二、化学絮凝技术在水处理工程中的应用

（一）预处理过程的应用

1. 调整 pH 值，提高絮凝效果

水中的悬浮物和胶体物质通常带有电荷，其电荷的性质和数量取决于溶液的 pH 值。在特定的 pH 值下，这些物质可能带有正电荷或负电荷。而絮凝剂的电荷性质则与其作用对象相反，以实现有效的吸附和絮凝。因此，调整 pH 值可以帮助改变悬浮物和胶体物质的电荷性质，从而增加絮凝剂与它们的吸附结合的机会，提高絮凝效果。

调整 pH 值的方法主要有两种：酸碱调节和氧化还原调节。

（1）酸碱调节

通过向水中加入酸或碱，可以改变水的 pH 值^[8]。常用的酸有盐酸通过向水中加入酸或碱确实可以改变水的 pH 值，但同时也会给水体带来一定的酸碱负荷。对于这个问题的处理，需要考虑到不仅要保证 pH 调节的有效性，还要尽可能减少对水体的影响。一种可行的方式是使用弱酸或弱碱进行调节，如使用二氧化碳（CO₂）或氨水（NH₃）等。这些物质在水中溶解后，会部分电离出氢离子（H⁺）或氢氧根离子（OH⁻），从而改变水的 pH 值。选择这种方式可以更好地控制 pH 值的改变，并且减少了对水体生物和环境的影响。

（2）氧化还原调节

另外一种调整 pH 值的方法是利用氧化还原反应。通过向水中加入氧化剂或还原剂，可以与水中的某些物质发生氧化还原反应，从而改变水的 pH 值。例如，加入氧化剂过氧化氢（H₂O₂）可以将水中的有机物氧化分解，同时提高水的 pH 值。而加入还原剂如硫化钠（Na₂S）则可以将水中的重金属离子还原为金属单质，同时降低水的 pH 值。这种方式主要用于处理含有较高浓度的有机物或重金属离子的废水。但在使用时需要注意控制氧化还原反应的强度和速度，以防止对水体造成过大的负担。

2. 去除大颗粒悬浮物，优化絮凝条件

（1）物理法

物理法包括沉淀、过滤和气浮等。其中，沉淀是常用的方法之一，通过在水中加入絮凝剂，使大颗粒悬浮物形成矾花，沉淀到底部。过滤则是利用滤料将悬浮物拦截下来。气浮则是通过向水中充入微气泡，使悬浮物附着在气泡上浮到水面。

（2）化学法

化学法主要是通过向水中加入化学药剂，使大颗粒悬浮物凝聚成团，形成易于沉降的矾花。常用的化学药剂有聚合氯化铝（PAC）和聚合硫酸铁（PFS）等。这些药剂可以与水中的阳离子结合，形成较大的聚合物分子，从而中和悬浮物的电荷，使其聚集在一起形成较大的矾花。

（二）化学药剂的选择与添加

表2：化学药剂的选择与添加

	考虑因素	具体要求
化学药剂的选择	絮凝剂的电荷性质	根据水中悬浮物和胶体物质的电荷性质，选择具有相反电荷的絮凝剂，以实现有效地吸附和絮凝。
	絮凝剂的分子量	分子量越大，吸附桥接能力越强，絮凝效果越好 ^[9] 。
	絮凝剂得溶解性能	良好的溶解性能有助于絮凝剂在水中充分分散，发挥其作用。
	化学稳定性	选择的絮凝剂应具有较好的化学稳定性，避免在水中分解或与水中物质发生不良反应，影响处理效果。
	经济性	在满足处理效果的前提下，应选择价格合理、易于获得的化学药剂。
化学药剂的添加	合理控制药剂用量	根据水体质量、浓度和处理要求，确定适量的药剂添加量。过少会导致絮凝效果不佳，过多则可能引入不必要的化学物质，影响水质 ^[10] 。
	均匀分散	将化学药剂均匀分散到水中，确保药剂与水体充分接触，以利于发挥最佳效果。
	适当搅拌	通过适当搅拌可以增加水体的湍流程度，从而增加絮凝剂与悬浮物和胶体物质的接触机会，提高吸附效果。
	配合其他工艺	根据实际需要，可以将化学药剂与其他水处理工艺配合使用，以达到更好的处理效果。例如，可将化学药剂与氧化还原、生物过滤等工艺结合起来，提高水处理的综合效果。
	实时监测与调整	在处理过程中，应实时监测水质指标如浊度、pH 值等，根据监测结果调整药剂的种类和用量，确保最佳的处理效果。
	注意安全	在添加化学药剂的过程中，要注意安全操作，避免直接接触皮肤或吸入粉尘。同时，储存和使用化学药剂时应注意防火、防爆等安全措施。

（三）混合过程的技术应用

1. 混合设备的选择与操作方法

根据实际需要，选择合适的混合设备如机械搅拌、水力搅拌等，并掌握正确的操作方法。这些设备可以通过调节转速、流量等参数来控制混合强度，确保絮凝剂与水中的悬浮物、胶体等物质充分接触^[11]。

2. 混合强度的控制

混合强度对絮凝效果具有重要影响。过强的混合会导致悬浮物和胶体物质过度打碎，产生更多表面积，反而降低絮凝效果。因此，需要根据实际情况选择合适的混合强度，确保絮凝剂与目标物质有效结合^[12,13]。

3. 混合时间的把握

混合时间也是影响絮凝效果的重要因素。过短的混合时间会导致絮凝剂与目标物质接触不充分，影响吸附效果。而长时间的混合则可能导致悬浮物和胶体物质过度打碎，产生更多表面积。因此，需要选择合适的混合时间，确保絮凝剂与目标物质充分结合。

4. 考虑水质特性和处理要求

不同的水质特性和处理要求需要采用不同的混合策略。例如，对于高浊度水，可能需要采用更强的混合条件来促进悬浮物和胶体物质的快速沉淀。而对于低浊度水，则可以适当降低混合强度，避免过度打碎悬浮物和胶体物质。

（四）固液分离与后处理技术

1. 固液分离技术

固液分离是水处理过程中重要的技术之一，其目的是将水中

的悬浮物和沉淀物进行有效去除。化学絮凝技术在此过程中发挥着重要作用。固液分离技术主要涉及以下几个部分：

（1）沉淀池

利用重力作用使悬浮物和絮凝体在水中沉降，从而实现固液分离。沉淀池的设计应考虑停留时间、池深、池型等因素，以确保沉淀效果。

（2）过滤池

通过滤料层的过滤作用，截留悬浮物和沉淀物，进一步去除水中的杂质。过滤池的设计应考虑滤料的选择与级配、滤速等因素，以保证过滤效果和出水水质。

（3）离心分离

利用离心力作用将悬浮物和沉淀物从水中分离出来。离心分离设备可选择旋流器、离心机等，根据实际情况选择合适的设备参数和操作条件。

（4）气浮池

通过向水中充入微气泡，使悬浮物附着在气泡上浮到水面，从而实现固液分离。气浮池的设计应考虑气浮时间、气浮方式、曝气装置等因素，以确保气浮效果。

2. 后处理技术

后处理技术是对经过固液分离的水体进行进一步的处理，以满足出水水质要求。常用的后处理技术如活性炭吸附、氧化还原、膜过滤、生物过滤等等^[14]。

（1）消毒

通过向水中投加消毒剂，杀灭水中的细菌、病毒等有害微生物，保障出水水质安全。常用的消毒剂有氯气、二氧化氯、臭氧等。

（2）活性炭吸附

利用活性炭的吸附作用，去除水中的有机物、重金属离子、余氯等有害物质。活性炭的吸附效果与活性炭的种类、粒径、接触时间等因素有关。

（3）氧化还原

通过向水中投加氧化剂或还原剂，氧化或还原水中的有机物、重金属离子等有害物质，提高水质。常用的氧化剂有臭氧、过氧化氢等，常用的还原剂有硫酸亚铁、亚硫酸氢钠等。

（4）膜过滤

利用膜的过滤作用，将水中的悬浮物、细菌、病毒等物质截留下来，提高水质。常用的膜过滤技术有超滤、纳滤、反渗透等^[15]。

（5）生物过滤

利用微生物的作用，将水中的有机物分解为无机物，提高水质。常用的生物过滤技术有生物转盘、生物滤塔等。

三、化学絮凝技术的效果评估

（一）悬浮物去除率

悬浮物去除率是化学絮凝技术的重要评估指标之一。悬浮物是指水中不可沉降的固体物质，包括泥沙、有机物、矿物质等。化学絮凝技术通过投加絮凝剂，使悬浮物凝聚成大颗粒，进而沉降分离，达到去除悬浮物的目的。评估悬浮物去除率时，首先，要选取原水样本，记录悬浮物的初始浓度。然后记录沉降后的加入絮凝剂的水的悬浮物浓度，再根据（初始浓度 - 沉降后浓度）/

初始浓度 × 100% 计算悬浮物的去除率。

（二）浊度降低程度

浊度是衡量水中悬浮物和胶体物质含量的指标，低浊度水透明度高，视觉上给人以清洁的感觉。化学絮凝技术通过去除悬浮物和胶体物质，可以有效降低水的浊度。评估浊度降低程度时，首先，要记录水的初始浊度值，再测量加入絮凝剂沉降后水的浊度值，根据（初始浊度 - 沉降后浊度）/ 初始浊度 × 100% 计算浊度降低程度。

（三）有毒有害物质的去除效率

化学絮凝技术不仅可以去除悬浮物和胶体物质，还可以有效去除水中的有毒有害物质。这些物质包括重金属离子、有机污染物、氨氮、亚硝酸盐等。在评估有毒有害物质的去除效率时，同样，先检测水中原有有毒有害物质的初始浓度，充分反应后，再检测加入絮凝剂沉降后的有毒有害物质浓度，根据（初始浓度 - 沉降后浓度）/ 初始浓度 × 100% 计算有毒有害物质的去除效率。

四、结语

展望未来，随着科学技术的不断发展和水处理需求的不断提高，化学絮凝技术将不断得到改进和完善。未来的研究将更加注重开发高效低毒的絮凝剂，减少对环境的影响；提高设备的自动化程度，降低人工操作成本；加强废水中有益物质的回收和利用，实现资源化利用；同时，还将更加注重研究新的化学絮凝技术，如电化学絮凝技术、光化学絮凝技术等，为水资源的可持续利用提供更加有效的技术支持和创新引领。

参考文献

- [1] 李福勤，豆硕超，高珊珊等. 多重混凝沉淀处理高悬浮物矿井水试验及应用[J]. 煤炭工程，2023,55(04):102-106.
- [2] 李霞. 先进水处理药剂去除工业废水中污染物效果的评估[J]. 皮革制作与环保科技，2023,4(16):13-15.
- [3] 姜金国. 高效有机絮凝剂合成机理及其水处理中的应用研究[J]. 山东化工，2023,52(14):253-255.
- [4] 何敏，郁静蕾，周婧等. 天然有机高分子絮凝剂的改性及其在水处理中的应用[J]. 化工技术与开发，2023,52(09):45-49+77.
- [5] 杜兴峰，马嘉浩，张乙宸等. 生物絮凝技术在海洋循环水养殖除氮中的应用的可行性探究[J]. 科技风，2021(07):116-118.
- [6] 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.
- [7] 王悦. 絮凝剂在矿井水处理中的应用分析[J]. 山西冶金，2022,45(02):104-105+196.
- [8] 李立欣，刘婉萌，马放. 复合型微生物絮凝剂研究进展[J]. 化工学报，2018,69(10):4139-4147.
- [9] 李莎莎. 我国选煤厂煤泥水处理技术现状与发展方向[J]. 内蒙古煤炭经济，2022(23):121-123.
- [10] 吕彤. 絮凝剂在超滤膜饮用水处理中的运用[J]. 化工管理，2021,(15):117-118.
- [11] 熊汝琴，吉春林，余平莲等. 聚铁类高分子絮凝剂在生活污水处理中的应用研究[J]. 广东化工，2021,48(22):174-175+163.
- [12] 任秋慧，邹广彬，史吉平等. 高浓度养牛废水化学絮凝预处理技术[J]. 江苏农业科学，2019,47(17):309-312+346.
- [13] 李海静. 絮凝剂处理污水的现状 & 对策研究[J]. 环境保护与循环经济，2012,32(06):53-56.
- [14] 王磊. “两级 AO+ 混凝沉淀”工艺在养猪场沼液废水中的工程应用[J]. 山东工业技术，2014(10):47-48.
- [15] 王浩，刘国梁，常江等. 化学絮凝 - 过滤技术对碳源物质富集效果的研究[J]. 给水排水，2020,56(S1):476-480.