

# 水处理中的混凝技术与混凝剂研究

满化林

中煤科工集团南京设计研究院有限公司 江苏南京 210031

**摘要：**本文对水处理领域中的混凝技术与混凝剂的研究进行了综述和分析。混凝技术是一种国内外普遍采用的经济、简便的水处理方法，广泛应用于污水处理、给水处理及水体富营养化等领域。通过投加适量的混凝剂，能够有效地去除水中的悬浮颗粒、胶体物质和部分溶解有机物等污染物。本文主要涵盖了混凝技术的基本原理、混凝剂的种类和性能评价等方面的内容，并对混凝技术在水处理中的应用进行了综述和评价。

**关键词：**水处理；混凝技术；混凝剂

## 引言：

混凝技术因其处理效率高、操作简便、成本相对较低而被广泛应用于水处理领域。通过添加混凝剂，促使水中细小的悬浮颗粒物凝聚成较大的颗粒，进而实现固液分离，显著提高了水质。本篇论文旨在综述混凝技术的原理、应用和发展趋势，探讨其在当前水处理领域的优势与局限，以期对未来该技术的研究与优化提供参考。

## 1. 混凝技术的基本原理

混凝技术是水处理过程中去除水中悬浮固体，胶体和部分溶解物质的过程，其核心原理是通过加入混凝剂，使水中粒子由分散状态转化为聚集状态，促使微小的颗粒聚合成较大的颗粒（絮体），进而通过沉降、浮选或过滤等物理方法将其去除。混凝剂包括无机混凝剂（如铝盐、铁盐）和有机高分子混凝剂。

### 1.1 混凝作用机理

混凝主要通过压缩双电层、电中和、吸附架桥及网捕等多种机理协同作用。

压缩双电层是指带相反电荷的絮凝剂将扩散层及吸附层的反粒子浓度增大，从而引起 $\zeta$ 电位下降和电层厚度被压缩，从而降低静电排斥。电中和作用同压缩双电层原理相似。吸附架桥主要指高分子链对胶粒的吸附，形成“胶粒-高分子-胶粒”絮凝体，使胶体脱稳。网捕主要指混凝剂投加量较大时，水解形成大量沉淀物，可以网捕、卷扫水中胶粒一并产生沉淀分离。

### 1.2 混凝物理化学过程

混凝物理化学过程是由多个连续步骤组成的复杂过程，主要包括：

- 配制混凝剂溶液，以适当的浓度投加到水中；
- 快速混合，以确保混凝剂迅速均匀地分散到水中并开始与颗粒发生反应；
- 慢速混合（絮凝），在较低剪切力下促进絮体的形成和生长，形成大的矾花；

在整个过程中还需要对pH值、温度和其他化学参数进行调整，以最大化混凝的效率。

### 1.3 影响混凝效果的因素

混凝效果可以受到众多因素的影响，包括：

- 混凝剂的类型与剂量，不同种类和使用量的混凝剂适用于不同的水处理需求；
- 水体的pH值，pH值影响混凝剂的荷电状态和水中颗粒的稳定性；
- 水的温度，温度较低时混凝速度可能减慢，同时影响

絮体的形成；水温过高时，形成的絮体细小，不易分离。

-水中悬浮颗粒和胶体物的浓度、种类和特性，不同的颗粒特性可能需要不同的处理策略；

-原水中含有的其他化学物质，如盐类、有机物等，它们可以影响混凝效果；

-搅拌速度和时间，快速混合和慢速混合过程中的搅拌速度和停留时间对混凝效果有着重要影响。

透过对以上因素的严格控制和优化，可以实现高效的混凝效果。

## 2. 混凝剂的种类与性能评价

### 2.1 无机混凝剂

无机混凝剂是水处理中常用的一类混凝剂，具有高效、适应性强、无毒价廉等优点。常见的有铁系和铝系，它们具有不同的特性和适用范围。

#### 2.1.1 铁系混凝剂

铁系混凝剂包括氯化铁、硫酸亚铁和聚合氯化铁等。铁系混凝剂的主要优点是处理效果好，尤其对于重金属离子和硅酸盐等污染物有良好的去除效果。同时，铁系混凝剂还具有较低的成本和操作简便的优点。然而，铁系混凝剂也存在一些不足之处。例如，使用氯化铁会增加水中的氯离子含量，可能对环境造成一定的影响。此外，铁系混凝剂的使用还受到水质的影响，对于含有碱性物质的水体处理效果较差，投加过量易导致出水感官性状差。

#### 2.1.2 铝系混凝剂

铝系混凝剂主要包括硫酸铝、聚合氯化铝和氯化铝等。铝系混凝剂的主要优点是具有较强的混凝能力和较宽的适用范围。它们可以适应不同类型的水质，并在不同的处理工艺中使用。此外，铝系混凝剂在去除有机物和颜色等方面也表现出良好的效果。然而，铝系混凝剂在一些特定情况下可能产生铝沉淀物，对水体造成二次污染。此外，铝离子的投加量过高也会导致水体中残留的铝含量超过安全标准，对人体健康产生潜在风险。

### 2.2 有机混凝剂

有机混凝剂是水处理中的另一类重要混凝剂，常见的有聚合物类有机混凝剂和表面活性剂。它们具有优异的混凝能力和适应性。聚合物类有机混凝剂是一类高分子化合物，例如聚丙烯酰胺（PAM）、聚乙烯亚胺（PEI）和聚丙烯酸钠（PAA）等。这些有机混凝剂能够形成大分子量

的络合物，增加悬浮颗粒的凝聚性，使其更易于沉淀。有机混凝剂的优点包括悬浮颗粒的快速聚集速度、处理效果稳定和适用范围广等。此外，它们还具有良好的可控性，通过调整投加剂量和分子结构，可以满足不同质量水体的处理需求。然而，在使用有机混凝剂时，需要重点考虑其降解性和处理后产生的污泥处理问题。有机混凝剂的分子结构相对复杂，降解速度较慢，可能会对环境产生潜在影响。

### 2.3 天然混凝剂

天然混凝剂是一类来自于自然界的有机物质，如淀粉、木质素和藻酸等。这些天然混凝剂具有良好的凝聚能力，能够有效去除水中的胶体物质和有机污染物。天然混凝剂的优点是具有较强的环境友好性和生物降解性，不会对水体和土壤等环境产生二次污染。此外，天然混凝剂在某些特殊情况下，如处理含油废水和海水淡化等方面也具有独特的应用优势。然而，天然混凝剂在稳定性和经济性方面存在一定的局限性。相对于合成混凝剂，天然混凝剂的性能相对较差，不同来源和批次的天然混凝剂之间质量差异较大，并且价格较高。

### 2.4 混凝剂的性能评价指标

混凝剂的性能评价指标是衡量其混凝效果和适用性的重要参考。常见的混凝剂性能评价指标包括：

2.4.1 混凝效果：即混凝剂对水体中悬浮颗粒、胶体物质和溶解有机物等污染物去除的效果。可以通过浊度、悬浮物质和污染物去除率等指标进行评价。

2.4.2 沉降速度：即混凝剂与悬浮颗粒结合后絮体的沉降速度。有助于判断混凝剂的凝聚性和沉淀效果。

2.4.3 耗药量：即达到一定处理效果所需的混凝剂投加量。通过比较不同混凝剂的耗药量，可以评估混凝剂的经济性和成本效益。

2.4.4 残留物质：即处理后水体中混凝剂残留的量。混凝剂残留物质的含量应符合国家和地方环境保护标准。

2.4.5 操作便捷性：即混凝剂的溶解性和稳定性，以及投加和搅拌的操作要求和难度。

## 3. 混凝技术的优缺点

混凝技术是给水与废水处理中常用的一种方法，它在去除水中的悬浮颗粒、胶体和某些溶解有机物方面有着重要作用。然而，混凝技术如同其他工艺一样，既有优点

也存在缺点。优点包括操作简便、成本相对较低，以及可以迅速有效地减少水中的浊度和悬浮颗粒物。混凝剂的使用可以大幅降低微生物和病原体的含量，增强随后的消毒步骤的效果。此外，混凝可以去除某些重金属和有机污染物，提升其他污水处理工艺的处理效果。不过，混凝技术的缺点也不容忽视。使用无机混凝剂可能会导致水中残留铝或铁等金属离子，对人体健康和环境均有潜在影响。混凝过程产生的污泥量较大，其处理和处置可能会引起其他环境问题，并增加处理成本。同时，某些混凝剂可能对某些特定的有机物或有毒物质去除效果有限，需要结合其他工艺共同使用。

#### 4. 混凝技术在水处理中的应用

##### 4.1 综合性水厂中的混凝处理

在综合性水厂中，混凝处理是去除原水中悬浮颗粒、胶体和部分溶解有机物的关键步骤。混凝操作通常包括快速混合、慢速混合（絮凝）、沉淀或浮选步骤。快速混合环节中，混凝剂迅速与水混合，与水中颗粒或胶体发生反应，生成絮体。随后的慢速混合促进微小絮体的碰撞和粘连，形成较大的絮体，这些絮体在沉淀或浮选过程中更易于被移除。综合性水厂混凝处理不仅关注去污效率，也注重运营成本控制、操作的可持续性和环保要求。此外，跟踪最新的技术动态，如高效混凝剂、智能化控制系统的应用，也是水厂管理者的重点。

##### 4.2 工业废水处理中的混凝技术

在工业废水处理领域，混凝技术发挥着特别重要的作用。不同于市政污水，工业废水往往包含多样而复杂的污染物，如油脂、重金属、染料、有机溶剂等，要求混凝技术具备高度的适应性和去除效率。混凝剂的选择必须针对性强，能对特定工业过程产生的废水中的污染物形成有效的絮凝，减少对后续处理工艺的压力，如生物处理、过

滤、吸附等。为了优化操作，经常需要通过实验室试验来确定最佳的混凝剂类型、用量和工艺参数。这不仅保障了废水处理的技术要求，同时，通过降低处理成本、提升资源回收率、减少污泥量等途径，助力实现工业废水处理的环境可持续性。

##### 4.3 供水工程中的混凝技术

供水工程中，混凝技术是保证自来水安全、清洁和符合饮用标准的关键环节。传统混凝工艺常用的铝盐或铁盐混凝剂，目前也越来越多地与有机聚合混凝剂结合使用。这种组合有助于提高处理效率，减少混凝剂用量，从而减少水中的残余混凝剂成分。此外，在供水工程中使用混凝技术，特别关注对消毒过程中可能形成的消毒副产物（如三氯甲烷）进行控制。优化供水系统中的混凝过程通过精准控制混凝剂量、混合时间和强度来提高水质，并减少对环境的影响。随着人们对水质要求的提高和环保意识的增强，供水工程越发重视混凝处理的技术升级和优化。

##### 4.4 混凝技术的新进展与趋势

混凝技术的新进展涉及材料创新、过程控制和环保赋能方面。在材料开发方面，智能响应型混凝剂、绿色生物基混凝剂和高效复合混凝剂等新型材料正在研究中，旨在达到高效率去除污染物质和减少对环境的负面影响。过程自控方面，结合物联网（IoT）和人工智能（AI）技术，实现混凝过程的在线监测、自适应调控，提高运营效率和系统稳定性。环保赋能方面，混凝后产生的污泥资源化利用逐步受到重视。例如，污泥作为生物燃料的潜力、作为土壤改良剂或在建筑材料中的利用等，都是混凝技术未来发展的方向。综上所述，混凝技术正逐步向集成化、智能化和绿色可持续化的方向发展，以满足日益严格的环保标准和水质要求。

#### 结束语

综上所述，混凝技术作为水和废水处理的重要手段，其在去除悬浮颗粒物和其他污染物方面具有显著的效果，为保障水质安全和环境保护做出了不可忽视的贡献。然而，面对环境保护的新需求和水处理行业的挑战，混凝技术仍需不断地优化和改进。

#### 参考文献

- [1]周叶,高峰,戚雷强.混凝水处理法应用现状及强化措施探讨[J].净水技术,2021,40(S1):9-14.
- [2]李和平,于衍真,谭娟.几种新型混凝法在废水处理中的应用[J].中国资源综合利用,2016,34(01):41-45.
- [3]徐晓军,曲久辉,彭永臻等.水处理科学与技术:典藏

版08[J].科学出版社,2017.1: 72-119.

[4] 王东升, 刘海龙, 晏明全. 强化混凝与优化混凝:必要性、研究进展和发展方向[J].环境科学学

报,2006.26(4):544-551.

[5] 刘丽病, 王希, 杨成刚等. 铝系混凝剂优势形态分析及其混凝特性[J].环境科学学报,2020.40(12):4249-4262.

---

#### 作者简介

满化林(1990-05), 男, 汉族, 山东济南, 硕士研究生, 中级工程师, 现主要从事的工作或研究的方向: 污水处理。