

燃煤电厂含煤废水处理工艺研究

吴长青¹, 王 维¹, 李永胜¹, 李祥坤²

¹国能神皖安庆发电有限责任公司, 安徽 安庆

²国能(南京)水务环保科技有限公司, 江苏 南京

收稿日期: 2024年7月4日; 录用日期: 2024年8月4日; 发布日期: 2024年8月13日

摘 要

燃煤电厂含煤废水悬浮物含量高、浊度高、水质水量情况变化较大, 不宜与其他废水混合处理。文章根据含煤废水水质特点, 对化学混凝、电絮凝、磁混凝工艺进行研究, 分析了各工艺的发展应用状况与其优势、不足, 提出燃煤电厂含煤废水处理工艺须根据废水水质水量情况与发电厂环境、经济等情况, 选择最适用的方法和装置进行高效处理与循环利用。

关键词

燃煤电厂, 含煤废水, 处理工艺

Study on Treatment Technology of Coal-Bearing Wastewater from Coal-Fired Power Plants

Changqing Wu¹, Wei Wang¹, Yongsheng Li¹, Xiangkun Li²

¹National Energy Shen Anhui Anqing Power Generation Co., LTD., Anqing Anhui

²National Energy (Nanjing) Water Environmental Protection Technology Co., LTD., Nanjing Jiangsu

Received: Jul. 4th, 2024; accepted: Aug. 4th, 2024; published: Aug. 13th, 2024

Abstract

The coal-bearing wastewater of coal-fired power plants is not suitable for mixed treatment with other wastewater because of its high content of suspended matter, high turbidity and great variation of water quality and quantity. According to the water quality characteristics of coal-bearing wastewater, this paper studies the chemical coagulation, electric flocculation and magnetic coagulation processes, analyzes the development and application status of each process and its ad-

vantages and disadvantages, and proposes that the coal-bearing wastewater treatment process of coal-fired power plants should be based on the quality and quantity of wastewater and the environment and economy of the power plant, and select the most suitable methods and devices for efficient treatment and recycling.

Keywords

Coal-Fired Power Plants, Coal-Bearing Wastewater, Treatment Technology

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

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



Open Access

1. 引言

燃煤电厂的含煤废水主要来源于输煤系统的湿式除尘排水(相比于真空抽取除尘更方便所以更多用)、煤场降尘的喷淋水、输煤栈桥和输煤楼地面的冲洗污水、煤场区雨水等,其中含有尺寸较大的煤粉颗粒、较高的悬浮物含量及浊度,且水质水量受雨水影响较大,其传统处理工艺存在处理效率低、出水指标不稳定等问题[1]。

随着国家对环保和治污要求提高以及地方排污许可证和环评批复要求更加严格,燃煤电厂含煤废水需要进行处理系统技术升级改造,以实现回用与综合利用,达到零排放,减少对水资源的消耗与污染。本文通过对化学混凝、电絮凝、磁混凝工艺进行研究分析,比较各处理工艺的优缺点,为燃煤电厂含煤废水的零排放处理提供多种选择。

2. 含煤废水的特性及处理难点

含煤废水中的主要污染物是 SS (悬浮固体颗粒)。含煤废水中含有大量的煤粉颗粒,经过预沉池的沉淀后,直径较大的煤粉颗粒由于重力作用能够沉淀下来,而粒径小于 0.1 mm 的煤粉颗粒则会因为表面携带的电荷发生相斥等原因,在水中保持相对稳定的分散状态,沉降速度慢,导致含煤废水的浊度和色度较高。经过预沉池后,含煤废水中 SS 的质量浓度可达 200~300 mg/L,浊度可达 150~300 NTU [2]。

传统化学混凝沉淀工艺对细小悬浮固体的处理效果不佳,且要消耗大量人力和药剂[3]。同时,遇上雨量大的情况,含煤废水水量增大,处理系统进水的 SS 浓度降低,易导致系统运行效果不佳[2]。因此,如何高效去除含煤废水中的细小悬浮固体,同时适应雨水带来的含煤废水水质水量波动,成为燃煤电厂含煤废水处理难点。

3. 燃煤电厂含煤废水处理工艺

3.1. 化学混凝

化学混凝利用凝聚剂、絮凝剂,改变废水中钙镁等离子溶解度,形成碳酸钙与氢氧化镁沉淀或其他絮状物,以去除水中硬度,后经沉淀与澄清,得到软化出水。常见的化学混凝药剂有石灰、铝盐、铁盐等,沉淀池有斜板式、平流式和辐射式等,澄清池有机械加速式和水力循环式等[4]。化学混凝应用广泛,工艺成熟,并逐渐在此基础上衍生出很多改良装置,以提高软化效果与稳定性。化学混凝典型工艺流程见图 1。

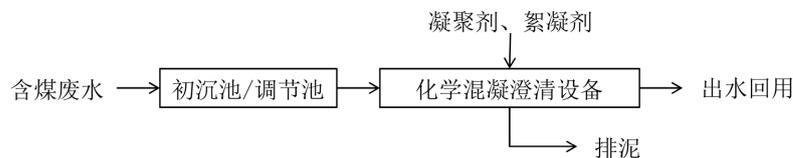


Figure 1. Typical process flow of chemical coagulation
图 1. 化学混凝典型工艺流程

高效混凝澄清器是一种新型高效澄清工艺，集成软化、混凝絮凝、斜板(斜管)沉淀、污泥循环、水力澄清等功能。由于成本低、抗冲击负荷性强、适用性广泛、出水高效等特点，高效混凝澄清器被广泛应用于污水处理领域。不过由于水质水量波动时加药会过多或过少，若过多，则残余药剂会对环境或后续处理设备造成污染破坏，若过少则出水水质变差。

一体式高效煤水净化器是针对大中型发电厂含煤废水开发的一种先进、高效的成套设备，近几年应用较广。利用直流混凝、微絮凝、旋流分离、动态过滤和压缩沉淀的原理，一体式高效煤水净化器将煤水净化中的混凝反应、重力沉降、离心分离、动态过滤、煤泥浓缩等处理技术有机组合在一起，实现在同一罐体内短时间(25 min~30 min)多级净化含煤废水[5]。微絮凝以流速快的管道取代混凝反应池，减小了混凝反应所需占地，旋流分离以离心力加速沉降，一体式高效煤水净化器相对传统化学混凝工艺，缩小了占地面积并提高了混凝沉降效率。在实际应用中，一体式高效煤水净化器搭配初沉池调节池，对含煤废水进行处理，出水进入清水池以待回用，煤泥回收或外运。

3.2. 电絮凝

电絮凝技术集成电荷凝聚、破乳化、络合等作用[6]，在各种废水处理方面都广泛应用。将直流电应用于金属阳极后，溶解性阳极产生 Fe^{2+} 和 Al^{3+} 等金属阳离子，这些金属阳离子与 OH^- 在溶液中结合形成非常活跃的絮凝团，作为絮凝剂参与絮凝反应[3]。电絮凝技术无需添加化学品，具有处理效果好、系统简单、自动化程度高、不产生二次污染和占地面积小等特点，在各领域有广阔发展前景。电絮凝典型工艺流程见图 2。

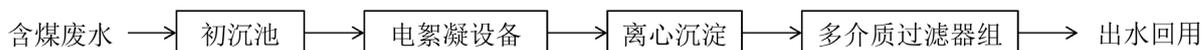


Figure 2. Typical process flow of electric flocculation
图 2. 电絮凝典型工艺流程

电子絮凝器结合初沉池、离心沉淀、多介质过滤器组等形成的水处理系统，在调节好电流大小后，能利用电荷间的相互作用使水中杂质颗粒、胶体等破稳，与电化学产生的絮凝团结合凝聚，有效去除含煤废水中的悬浮物杂质[6]。

3.3. 磁混凝

磁混凝技术是将混凝与磁分离相结合[7]，通过磁性颗粒内外力作用，使胶体破稳，加速絮体成长并快速沉降，强化混凝效果的工艺。常规磁混凝工艺模式为“混凝剂 + 磁粉 + 助凝剂”，磁粉作为磁种与磁核，依靠较大的比表面积和亲水性吸附水中微小悬浮物和胶体颗粒以及部分亲水性有机物，在混凝剂与助凝剂的帮助下快速形成絮凝团，再由磁分离设备进行絮体分离与磁粉回收。相较于传统化学混凝，磁混凝技术的絮体成长快、沉降快，水力停留时间短，对非溶解性污染物去除效果较好，工艺简单，占地面积小，在多领域得到应用[8]。磁混凝典型工艺流程见图 3。磁混凝工艺的处理效果与原水浊度、磁粉浓度、混凝剂投加量、反应 pH 等因素有关，通常需要通过烧杯试验优化工艺设计参数。

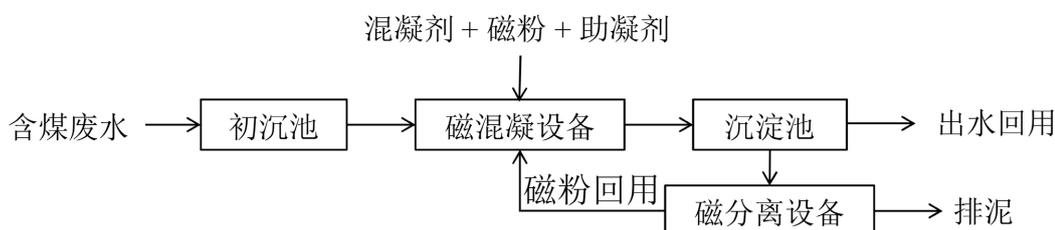


Figure 3. Typical process flow of magnetic coagulation

图 3. 磁混凝典型工艺流程

目前磁混凝技术仍在不断发展中, 开发新磁种与改性磁种, 优化磁性絮凝剂、吸附剂, 加强磁混凝技术与其他技术的耦合[8], 同时磁分离技术也在永磁分离器、电磁分离器方面进行拓展, 新型超导技术的加入为电磁分离器的研发注入新的活力[7]。

4. 工艺对比

含煤废水上述三种水处理工艺对比见表 1。化学混凝的工艺最为成熟, 应对不同水处理场景有多种设备及耦合方式可供选择。磁混凝在絮体沉降、占地面积和出水水质上优于化学混凝, 但磁混凝剂的制备会带来较高的药剂成本, 磁粉回收的能耗同样不小。电絮凝在自动化程度和处理效果及应对水质水量变化的处理稳定性优于化学混凝和磁混凝, 并且无需加药, 节约药剂成本的同时不产生二次污染, 兼具消毒漂白等功效, 不过投资和能耗方面处于劣势。

Table 1. Comparison of coal wastewater treatment technology

表 1. 含煤废水处理工艺比较

处理工艺	化学混凝	电絮凝	磁混凝
优势	1) 处理效果较好 2) 投资成本较低 3) 工艺成熟, 适用场景广泛	1) 操作和维护简单, 自动化程度高, 节省人力 2) 无需加药, 不产生二次污染, 兼具消毒功能	1) 出水水质好 2) 占地面积小 3) 絮体沉降性好, 水力停留时间短
劣势	1) 易产生对环境有害的产物 2) 药剂和人力成本较高 3) 占地面积相对较大	1) 投资成本较高 2) 耗电量较大 3) 电极会损耗或钝化	1) 投资成本较高 2) 磁混凝剂的制备成本较高 3) 磁粉回收造成额外电耗

5. 结论

文章针对化学混凝、电絮凝、磁混凝 3 类处理技术进行了对比分析, 总结各技术的相对优势与劣势, 同时对各技术本身的改进发展做出纵向比较。传统化学混凝针对细小颗粒和水质水量变化, 衍生出一体式高效煤水净化器等适应含煤废水处理的改进设备。电絮凝是近年来广受讨论的工艺, 在含煤废水处理领域已有一套广泛适用的系统。而磁混凝作为较新的水处理技术, 目前主要应用于去除重金属离子和难降解有机物领域[8], 在含煤废水处理领域少有讨论, 但其絮体成长速度和处理速度优势明显, 未来磁粉和磁性絮凝剂工艺改进成本降低后, 值得大力推广。

燃煤电厂含煤废水水质水量情况变化较大, 不宜与其他废水混合处理, 针对其水质悬浮物含量高、浊度高等特点, 主要采用混凝、沉淀和过滤处理。燃煤电厂含煤废水处理方法的实现形式也有较多类型, 化学混凝、电絮凝、磁混凝以及其耦合其他技术形成的工艺都有其适用性, 应根据水量、水质等参数选择合适的方法和装置, 单独处理后在原系统内循环利用。

在含煤废水处理过程中应兼顾产水水质、处理效率及装置稳定性，优化处理工艺流程，降低运行成本；同时根据燃煤电厂含煤废水中煤粉杂质的特点，研发高性能混凝药剂或工艺以及抗污染过滤材料，开发煤泥的处理回用途径，促进燃煤电厂含煤废水的高效处理和循环利用。

参考文献

- [1] 张茜, 胡署根. 电厂煤场雨污分流改造及含煤废水处理工艺[J]. 中国资源综合利用, 2019, 37(12): 39-41.
- [2] 李清, 吴元元, 胡少斌. 含煤废水处理研究及其在燃煤电厂应用进展[J]. 水处理技术, 2021, 47(5): 18-23.
- [3] 张俞, 陈旭. 含煤废水电絮凝处理系统运行问题及应对措施[J]. 智能城市, 2021, 7(3): 87-88.
- [4] 郭超, 刘怀英, 马兆瑞, 等. 煤矿废水处理工艺及应用分析[J]. 煤炭工程, 2015, 47(5): 79-82.
- [5] 孔柱文, 胡淼. 高效煤水净化器在火力发电厂含煤废水处理中的应用[J]. 广东化工, 2010, 37(4): 155-156+160.
- [6] 曹雪松, 徐享南, 杨宝森. 某新型含煤废水处理系统在火电厂的应用分析[J]. 华电技术, 2018, 40(8): 61-65.
- [7] 王东升, 张明, 肖峰. 磁混凝在水与废水处理领域的应用[J]. 环境工程学报, 2012, 6(3): 705-713.
- [8] 孙志涛, 李军, 王秀杰, 等. 磁混凝技术在水处理领域中的研究与应用进展[J]. 水处理技术, 2023, 49(7): 7-12.