

燃煤电厂脱硫废水零排放工艺的预处理技术研究

段安娜

国家能源集团华北电力有限公司廊坊热电厂 河北 廊坊 065000

摘要：随着环保要求的日益严格，燃煤电厂脱硫废水的处理与排放成为了关注的焦点。基于此，本文简要介绍了燃煤电厂脱硫废水的来源，分析了脱硫废水处理工艺情况，并针对燃煤电厂脱硫废水零排放工艺的预处理技术进行了讨论，包括化学沉淀、凝聚沉淀、物理过滤、高效反渗透技术、结晶固化技术等方面，以期为电厂废水处理提供有效的技术支持和参考。

关键词：燃煤电厂；脱硫废水；零排放工艺；预处理技术

引言

燃煤电厂作为能源供应的重要组成部分，其排放的脱硫废水含有大量重金属、悬浮物、有机物等污染物，对环境和人类健康构成严重威胁。因此，如何实现脱硫废水的零排放成为了燃煤电厂亟待解决的问题。预处理技术作为脱硫废水处理流程中的重要环节，其效果直接影响到后续处理工艺的选择和废水排放的质量。

1 燃煤电厂脱硫废水的来源

石灰石-石膏湿法脱硫工艺，是中国国内燃煤电站中比较普遍的脱硫工艺。石灰石-石膏的脱硫工艺原理很简单，石灰石-石膏湿法脱硫工艺能够脱去锅炉烟尘中的二氧化硫，同时也可以很有效的减少浆液中粉尘粒子的含量，为保证装置内物料的稳定，还需要排出相应的废气。这些废气包括了土壤中重金属和有害物质，是最重要的空气污染物，对环境的影响十分巨大，所以需要对此问题加以有效解决。首先，吸收塔是石灰石-石膏湿法脱硫过程中的核心设备，其主要作用是通过喷洒石灰石浆液与烟气中的二氧化硫进行反应，从而将其脱除。在反应过程中，石灰石浆液中的钙离子与二氧化硫反应生成亚硫酸钙，随后进一步氧化为硫酸钙（石膏）。随着反应的进行，吸收塔内的浆液会逐渐饱和，形成大量的石膏等固体产物。其次，在石膏形成和分离过程中，需要对其进行脱水和清洗，以去除其中的杂质和水分。石膏脱水通常采用真空过滤或压滤机进行，通过物理方法将石膏中的水分去除。在脱水过程中，石膏颗粒表面会附着一些细小的杂质和盐分，这些杂质需要通过清洗来去除。清洗过程中会产生大量的废水，这些废水中含有大量的石膏颗粒、杂质和盐分。这些废水同样需要进行处理，以去除其中的污染物并降低其排放浓度。最后，除了上述两个主要来源外，燃煤电厂中的其他辅助系统也可能产生一定量的脱硫废水。例如，废水处理系统需

要对电厂内产生的各种废水进行集中处理，其中就包括脱硫废水，循环水系统在使用过程中也会因为水质变化和磨蚀等原因产生废水。

2 脱硫废水处理工艺情况分析

(1) 去除重金属。重金属是脱硫废水中常见的污染物之一，它们对人体和环境都有极大的危害，为了去除这些重金属，通常需要使用碱性试剂，如氢氧化钠或氢氧化钙。这些碱性试剂能够与废水中的重金属离子发生化学反应，生成不溶于水的重金属氢氧化物沉淀。通过这一步骤，大部分重金属都可以被有效去除。同时，由于碱性试剂的加入，废水的pH值也会得到提升，为后续的处理步骤创造了有利条件。(2) 中和废水。在去除重金属之后，下一步是中和废水，这一步骤的目的是将废水的pH值调整到一个适宜的范围，以便进行后续的处理。通常，将石灰和碱性化学药剂加入混合池中，与废水进行混合。通过这一步骤，废水中的酸性物质被中和，氟原子等有害物质也被去除。此时，废水的pH值通常会被调整到8.0-9.0之间，这是后续处理步骤的最佳条件^[1]。(3) 絮凝处理。在中和废水之后，需要进行絮凝处理，这一方法的主要目的是通过添加絮凝剂，使污水中的悬浮物和胶状颗粒产生较大的絮凝体积，从而有利于后续的分选与澄清。常用的絮凝剂包括聚合氯化铝（PAC）、聚丙烯酰胺（PAM）等。这种絮凝剂可以与污水中的悬浮物和胶状颗粒进行相互吸收和架桥作用，从而产生巨大的絮凝体，而这种絮凝体在静置状态中也可以慢慢沉降在混合池的底层。(4) 分离澄清。当混合池中的絮凝体沉淀到底部后，就可以进行分离澄清操作了。该步骤的目的是将固体和液体进行分离，得到干净的水。通常，使用压滤机对固垢进行压滤，将固体和液体分离，分离出来的固体废物会被运送到指定的地方进行处理或处置，而分离出来的干净水则会通过澄清器的

出口流出,进入净水箱。(5)水质检测与循环处理。在得到干净水之后,还需要对其进行水质检测,检测的标准通常包括悬浮物含量、pH值、重金属含量等指标。如果水质不符合标准,则需要重新进行上述处理步骤,直到水质达到要求为止;如果水质符合标准,则可以将其用于循环使用或排放到环境中。

3 燃煤电厂脱硫废水零排放工艺的预处理技术

3.1 化学沉淀

在燃煤电厂的脱硫废水处理流程中,化学沉淀技术作为预处理技术的第一步,扮演着至关重要的角色,这一步骤的主要目标是去除废水中的钙、镁离子,以及部分重金属离子,如铬、铅等,从而降低废水的硬度,为后续的深度处理创造更有利的环境。第一,燃煤电厂的脱硫废水通常含有高浓度的钙、镁离子,这些离子不仅会增加废水的硬度,还可能导致后续处理设备的结垢和堵塞。所以,通过化学沉淀技术去除这些离子,是实现废水零排放的关键步骤之一。第二,化学沉淀技术的实施过程相对简单但高效,其一是向废水中加入适量的碳酸钠等化学药剂,这些药剂与废水中的钙、镁离子发生置换反应,生成碳酸钙、碳酸镁等不溶于水的沉淀物^[2]。这个过程中,需要注意药剂的投加量和反应时间的控制,以确保沉淀反应能够充分进行。随着反应的进行,废水中逐渐形成了大量的沉淀物。这些沉淀物通过过滤、沉淀等方式从废水中分离出来。在实际操作中,通常会采用板框压滤机、带式压滤机等设备进行固液分离,这些设备能够高效地去除废水中的沉淀物,使废水得到初步的净化。第三,化学沉淀技术不仅能够降低废水的硬度,还能够去除废水中的部分重金属离子。在脱硫废水中,重金属离子如铬、铅等的存在往往会对环境和人体健康造成潜在威胁,通过化学沉淀技术,这些重金属离子可以与药剂中的离子发生置换反应,形成不溶性的沉淀物,从而被有效地去除。第四,化学沉淀技术也存在一些挑战和限制。比如,药剂的投加量需要精确控制,以避免过量投加导致药剂浪费和废水处理成本的增加。另外,沉淀物的处理和处置也是一个需要关注的问题,大量的沉淀物如果处理不当,可能会对环境造成二次污染。因此在实际应用中,需要综合考虑这些因素,制定合理的化学沉淀方案。

3.2 凝聚沉淀

在燃煤电厂的脱硫废水处理流程中,凝聚沉淀技术作为化学沉淀之后的重要步骤,对于进一步去除废水中的悬浮物、胶体以及部分有机污染物和色度具有显著效果。这一技术的应用,不仅能够有效提升废水的净化效

果,还为后续处理工艺提供了更好的水质条件。(1)凝聚沉淀技术主要利用凝聚剂(如聚合铁、聚丙烯酰胺等)的吸附和架桥作用,将废水中的悬浮物、胶体等微小颗粒聚集成为较大的絮凝体,这些絮凝体在重力作用下逐渐沉淀至废水底部,进而通过固液分离设备实现废水和沉淀物的分离。(2)在凝聚沉淀过程中,凝聚剂的选择和投加量是影响处理效果的主要因素。聚合铁和聚丙烯酰胺等凝聚剂因其高效、易得的特点而被广泛应用,投加凝聚剂时,需要根据废水的具体水质、悬浮物浓度等因素进行精确计算和控制,以确保凝聚剂能够充分发挥作用^[3]。(3)在凝聚沉淀过程中,充分的搅拌是确保凝聚剂与悬浮物、胶体充分接触并进行反应的要点。通过搅拌,凝聚剂能够迅速分散至整个废水中,与悬浮物、胶体形成均匀的混合体系,在搅拌的同时,凝聚剂与悬浮物、胶体发生吸附和架桥反应,形成较大的絮凝体。(4)经过充分搅拌和反应后,废水中形成了大量的絮凝体,这些絮凝体在静置过程中会逐渐沉淀至废水底部。此时,可以通过固液分离设备(如沉淀池、板框压滤机等)将沉淀物从废水中分离出来,在固液分离过程中,还需要注意控制分离速度和时间,以避免沉淀物再次被搅起或废水中的污染物未被完全去除。

3.3 物理过滤

物理过滤技术的主要目标是通过物理手段进一步去除废水中的细小颗粒、胶体等污染物,以确保废水在后续处理过程中能够保持较高的净化效果。一方面,物理过滤技术主要利用过滤介质的筛分、拦截等作用,将废水中的固体颗粒、胶体等污染物截留在过滤介质表面或内部,从而实现废水与污染物的分离。常用的物理过滤方法包括微滤、超滤等,这些方法可以根据废水的具体成分和处理要求进行选择。另一方面,在物理过滤过程中,过滤介质的选择至关重要,常用的过滤介质包括石英砂、活性炭、陶瓷滤板等。这些介质具有不同的孔径、比表面积和吸附性能,可以根据废水的成分和处理要求进行选择。例如,对于含有较多悬浮物的废水,可以选择孔径较大的石英砂滤料进行过滤;对于需要去除色度和有机物的废水,则可以选择活性炭作为过滤介质。此外,物理过滤可以采用重力过滤、压力过滤等方式进行。在重力过滤中,废水通过自然重力流经过滤介质,污染物被截留在介质表面或内部;在压力过滤中,则通过外部压力使废水通过过滤介质,提高过滤效率和速度。在操作过程中,需要控制过滤速度和过滤时间,以避免过滤介质堵塞和废水溢出。

3.4 高效反渗透技术

高效反渗透技术不仅是对传统反渗透技术的改良，还融合了离子交换和皂化反应等化学反应机理，以更有效地去除废水中的污染物质。在高效反渗透技术的应用中，关键在于利用特定的反渗透浓盐水来驱动处理过程。然而，这种技术通常需要借助特殊的化学药剂和复杂的操作流程，这在一定程度上限制了其应用的广泛性和实用性。为了克服这些局限性，行业内普遍采用了预处理与膜浓缩相结合的综合处理方法，这种方法首先通过预处理步骤，如调节废水的pH值、去除悬浮物等，来提高后续膜浓缩的效果。接着，通过采用多种经济高效的浓缩方法，如多级膜浓缩、热蒸发等，将废水中的盐分和有机物进一步浓缩，直到达到一个较高的TDS（总溶解固体）质量浓度。通过这种方式，不仅可以大幅度减小后续蒸发器的规模，降低建设和运营成本，还能够提高整个处理工艺的经济性和环保性。同时，高效反渗透技术还能够有效地去除废水中的各类有机污染、盐类化学物以及多种结垢物质，为废水的资源化利用和环境保护提供了有力的技术支持。

3.5 结晶固化技术

结晶固化技术主要利用蒸汽结晶和烟道蒸发两种工艺，蒸汽结晶通过加热蒸汽溶剂，使溶液在主体上形成饱和，随后通过进一步挥发，过量的碱性元素以结晶形式析出，最终通过盐水分离步骤实现盐类的分离。这一过程中，MSF、MED、MVR等技术被广泛采用，通过增加系统的效数或级数，显著提高了废水中盐的结晶分离效率。而烟道蒸发法则是一种利用排烟余热进行废物处理的技术。在烟道中，雾化的脱硫废水被充分挥发，其中的物质转变为固态结晶或盐类，随后通过除尘器收集或从烟道中直接除去，实现了脱硫废水的零排放。烟道蒸发技术分为主烟道蒸发和旁路烟道蒸发两种^[4]。主烟道

蒸发法将雾化后的脱硫废水通过气体预热器，在除尘器中间的烟道进行挥发；而旁路烟道蒸发则利用大电流烟道蒸发器，将少量高温烟气导入其中，使雾化后的脱硫废水蒸发，再将结晶盐排入除尘器前的烟道。目前，蒸发与结晶工艺在电厂等行业中得到了广泛应用，其技术已相对完善。与膜处理工艺相结合，还能够进行二级工业盐的处理。然而，这一技术也存在一些局限性，如投入时间与操作成本较高、占地面积大、对进水环境要求严格等。相比之下，烟道蒸发设备则具有操作简便、投入少、使用成本低、空间占用小等特点，且对进水环境要求相对较低。

结语

总之，本文综合分析了燃煤电厂脱硫废水零排放工艺的预处理技术，并对不同的技术方法进行了评估和比较。预处理技术在去除废水中的重金属、悬浮物、有机物等方面发挥着关键作用，是实现废水零排放目标的重要保障。随着环保要求的不断提高和技术的不断进步，未来的预处理技术将更加注重高效、环保、经济的原则，为燃煤电厂的可持续发展提供有力支撑。同时，我们也应关注预处理技术的创新和发展，不断推动废水处理技术的进步和应用。

参考文献

- [1]叶春松,罗珊,张弦等.燃煤电厂脱硫废水零排放处理工艺[J].热力发电,2020,(09):105-108.
- [2]杨建浩.燃煤电厂脱硫废水零排放工艺分析[J].科技创新与应用,2020,(31):143.
- [3]钱感,关洪银.燃煤电厂脱硫废水综合处理工艺[J].水处理技术,2021,(02):136-138.
- [4]杨跃伞,苑志华,张净瑞等.燃煤电厂脱硫废水零排放技术研究进展[J].水处理技术,2021,(06):29-33.