

GE 水煤浆气化装置废水中氨氮的处理与回收技术研究

蔡 昂 张 磊

南京诚志清洁能源有限公司 江苏南京 210048

摘要: 废水中氨氮含量的增加日益引起人们的关注, GE 水煤浆气化装置作为一种新型的能源转化技术, 其废水中氨氮的处理与回收成为一个亟待解决的问题。本文通过对 GE 水煤浆气化装置废水中氨氮的处理与回收技术的研究, 可以为减少氨氮污染, 推进废水处理技术的发展提供一定的借鉴和参考。

关键词: GE 水煤浆气化装置; 氨氮处理; 回收技术

1. GE 水煤浆气化装置 废水中氨氮的环境危害

1.1 水体污染

废水中高浓度的氨氮含量会直接排放到周围的水体中, 对水环境造成污染。氨氮进入水体后会迅速转化为亚硝酸盐和硝酸盐, 引发水体富营养化问题, 导致水体中藻类过度繁殖, 从而引发水华事件。

1.2 土壤污染

若废水中的氨氮通过农田灌溉等途径进入土壤, 会造成土壤污染。氨氮的存在不仅会对土壤微生物群落产生不利影响, 还会导致土壤中氮素累积, 进而影响作物的正常生长和品质。

1.3 大气环境影响

废水中的氨氮也有可能通过气氛中的挥发过程释放到大气中, 加剧了大气污染问题。氨氮的挥发会形成氨气, 进而与大气中的其他污染物发生反应, 形成细颗粒物和臭氧等有害物质, 对空气质量产生不利影响^[1]。

2. 氨氮的排放与处理面临的问题

2.1 高氨氮浓度

GE 水煤浆气化装置废水中氨氮的含量通常较高, 超过了环境排放标准的限制要求。高浓度的氨氮排放对于水环境和生态系统造成了严重的污染和破坏。首先, 高氨氮浓度增加了水体中氮营养盐的含量, 容易导致水体富营养化, 引发藻类大量繁殖, 产生藻华现象。这会导致水中溶解氧的降低, 影响水中生物的生存和生长。其次, 氨氮还可与水中的溶解态氧结合形成亚硝酸盐和硝酸盐, 对水体中的活性生物群体造成了氨中毒和亚硝酸盐中毒的危害。此外, 氨氮的排放还可导致酸雨的形成, 加剧大气污染。

表 1 常规污染物高低浓度废水设计进水水质表

序号	污染因子	高浓度废水 (mg/L)	低浓度废水 (mg/L)
1	CODCr	≤ 6500	≤ 1000
2	SS	≤ 70	≤ 70
3	氨氮	≤ 50	≤ 35
4	总氮	≤ 70	≤ 70
5	TP	≤ 5	≤ 5
6	pH	6 ~ 9	6 ~ 9
7	石油类	≤ 20	≤ 20
8	色度	≤ 70 倍	≤ 70 倍

2.2 有机负荷高

除了高氨氮浓度外, GE 水煤浆气化装置废水还含有大量的有机物质, 导致废水的有机负荷较高。这主要来自于水煤浆气化过程中的原料碳排放以及燃烧后的碳残留。高有机负荷使得废水中的氨氮难以被快速高效地处理和回收。有机负荷高会导致废水中有机物浓度的增加, 进而影响废水处理系统中的微生物代谢和降解效率。有机物的存在还可能与氨氮产生共同影响, 使得废水中的氨氮去除效果不稳定。此外, 部分有机物还可能存在毒性和难降解性, 给废水处理过程带来更大的挑战。

2.3 综合处理难度大

GE 水煤浆气化装置废水中的氨氮污染涉及多种形态的氮化合物, 如氨氮、亚硝酸盐和硝酸盐等。这些氮化合物在处理过程中的去除和转化具有不同的难度和途径。例如, 氨氮可通过生物氧化和生物脱氮等方法进行处理, 而亚硝酸盐和硝酸盐则需要通过硝化和反硝化过程进行转化。同时, 废水中还可能存在其他污染物, 如重金属离子、苯并芘、苯酚等, 这些污染物与氨氮的处理相互影响, 增加了处理难度。此外, 废水的 pH 值、温度、溶解氧等环境参数也会对氨氮

的转化和去除产生影响,需要进行精细的控制和调节^[2]。

3. GE水煤浆气化装置废水中氨氮的处理与回收技术研究

3.1 化学沉淀法

该方法通过使用化学试剂与废水中的氨氮发生反应,形成沉淀物或沉淀络合物,以将氨氮从废水中去除并进行回收。下面将详细介绍化学沉淀法在处理与回收GE水煤浆气化装置废水中氨氮方面的研究。化学沉淀法中所选用的化学试剂通常包括氢氧化钙、氯化铁等。这些试剂与废水中的氨氮反应,生成沉淀物形式的氨化物或以络合物的形式稳定存在。具体的反应机制包括在碱性条件下,氢氧化钙与氨氮发生中和反应生成氨化钙沉淀,而氯化铁主要通过与氨氮形成络合物使其沉淀,从而将氨氮从废水中分离出来,化学沉淀法的关键是确定适当的试剂用量和最佳的pH值。试剂用量是影响沉淀效果的关键因素之一,过少的试剂用量会导致氨氮去除不彻底,而过多的试剂用量则会增加处理成本和固体废物产生。因此,通过实验和优化过程,确定适当的试剂用量是必要的。另外,pH值对化学沉淀法的影响也非常重要。pH值的选择要根据化学反应的性质来确定。一般而言,碱性条件下氨氮与化学试剂反应较为有效,因此通常将废水的pH调至碱性条件。然而,过高的pH值可能导致试剂的过度使用和钙离子的沉淀,对环境产生不良影响。因此,在研究中需要找到适当的pH范围,以实现氨氮的高效去除和回收。化学沉淀法在处理与回收GE水煤浆气化装置废水中氨氮方面具有一定的优势。首先,该方法操作简便,处理效果稳定可靠。其次,化学试剂成本相对较低,能够有效降低运行成本。此外,处理后的沉淀物中富集了氨氮,可以进行后续的资源化利用。然而,化学沉淀法在实际应用中也存在一些问题,如试剂用量的调控、产生的固体废物处理等,需要进一步的优化和改进。

3.2 生物处理法

生物处理法是一种运用微生物代谢来降解废水中有机物和排放的氮、磷等污染物的处理方法,对于GE水煤浆气化装置废水中的氨氮,生物处理法是一种具有广阔应用前景的技术。该方法主要包括曝气生物法、异养脱氮法、同化脱氮法、厌氧生物反应器法等。曝气生物法是将含氨废水在浸过活性污泥床的曝气塔中通过曝气,使氨氮通过金属陶瓷填料和活性污泥的协同作用转化成硝酸盐氮的一种高效的生物处理策略,适用于氨氮浓度较低的废水处理。异养脱氮法

通过在曝气池和缺氧池中分别使用好氧和厌氧菌群,将废水中的氨态氮和有机碳转化为N₂气体。同化脱氮法则是通过一定菌群的代谢过程,将废水中的氨氮转化为非氨态氮物质。厌氧生物反应器法则可将废水有机质和氨氮通过微生物代谢转化为甲烷等可燃气体。虽生物处理方法处理废水的效率高,而且有利于资源利用,但受气温、水质及微生物的生长繁殖等因素的影响比较大,需要精细控制,且对操作技术要求比较高。此外,生物方法处理氨氮具有时间较长、处理周期较长、氨氮去除效率不高等缺点,仅作为废水处理的一部分,单一使用效果不佳。因此应结合其他处理方法进行应用,进一步提高氨氮的处理和回收效果^[3]。

3.3 吸附法

吸附法通过采用吸附材料将废水中的氨氮吸附在材料表面,达到去除废水中氨氮的目的。吸附法通常采用活性炭、离子交换树脂和各种吸附剂等材料进行。这些材料的吸附基团与氨氮形成氢键、静电作用或化学键结合,并在一定条件下将氨氮吸附在材料表面上。材料的选择将直接影响吸附效果,不能使用后会对环境产生影响的活性材料。研究表明,吸附效果的主要影响因素包括吸附材料的种类和形态、废水的氨氮浓度、废水的pH值、处理时间和温度等。此外,吸附材料表面的积垢物会影响吸附效果,因此需要定期对吸附材料进行再生,以提高吸附效率。对于吸附法的改进与优化,主要包括以下几个方面:(1)优化吸附材料的性能和结构,以提高吸附能力和选择性;(2)研究废水中氨氮的当前状态、存在形态和浓度等指标,进一步提高吸附效果;(3)探究最佳操作条件,包括pH值、温度、浸泡时间等;(4)再生吸附材料以降低成本,并实现对吸附物质的回收利用,如对重金属氨基酸等进行高值化利用。吸附法在处理与回收GE水煤浆气化装置废水中氨氮方面具有许多优点。相比于其他技术,吸附法具有操作简便、处理周期短、去除效率高、回收利用好等优点。此外,吸附材料种类多,可针对不同条件的处理需求进行选择,是一种较为灵活多变的处理方式。

3.4 膜分离法

膜分离法是利用半透膜将化学成分不同的物质分开的方法。对于废水中氨氮的回收,由于膜的选择性,可以用膜分离法来实现对不同组分的分离和回收。常用的膜分离法包括反渗透法、超滤法、纳滤法以及气体分离膜。其中,反渗透法是一种高效回收氨氮的技术。通过反渗透膜的选择性渗

透、阻滞、分离等原理，将废水中的氨氮从其他物质中分离出来，获得高纯度的氨氮产品，同时将处理后的废水直接排放。反渗透法具有氨氮回收比较高、操作简便、不需要添加其他药剂和化学品等优点。超滤法则是将污水通过一种中空滤膜，污水中的杂质、色度、悬浮物等被截留在膜的一侧，透过膜的是可回用的纯净水。该方法可根据氨氮离子在介电常数上与其他离子有所不同，实现氨氮的选择性分离和回收。纳滤法在选择性除去尺寸较小的杂质，将氨氮和其混合离子分离出来。虽然膜分离法回收氨氮技术先进且效率较高，但也存在一定的问题。首先，反渗透法需要大量的能源和设备投入，操作成本较高；其次，膜组件易受废水中的杂质和颗粒物的堆积和沉积等因素的影响，存在容易堵塞、清洗难度大等问题；最后，膜组件易老化，需要高质量的控制和维护。因此，在实际工程应用中，需要结合其他技术手段，对氨氮处理与回收工艺进行集成与优化，进一步提高回收效率和降低成本。

3.5 氧化技术

氧化技术方法利用氧化剂，在废水中引发氨氮与氧化剂之间的反应，转化为无氮或低氮物质，以达到去除氨氮的目的。下面将详细介绍氧化技术在处理与回收 GE 水煤浆气化装置废水中氨氮方面的研究。氧化技术中所采用的氧化剂包括高锰酸钾、过酸化氢、臭氧等。这些氧化剂在一定条件下与氨氮发生反应，将氨氮转化为硝态氮成分或水中的氮，从而达到去除氨氮的目的。在具体的氧化反应过程中，将氨氮与强氧化剂接触后，氨气和氧化剂反应生成颜色过渡的中间产物，在随后的反应过程中，中间产物经过氧化还原反应继续分解，形成无害物质的析氮和水。氧化技术的操作条件包括氧化剂的类型、用量、反应时间、酸碱度等。其中，氧化剂的选择将直接影响氨氮的转化效率。过酸化氢在酸性条件下是一种较为适宜的氧化剂，高锰酸钾和臭氧需要较长的反应时间以达到理想的氨氮转化效率。此外，反应 pH 值、温度等条件也会影响氨氮去除的效率和反应速率。为提高氧

化技术的氨氮去除效率，需要对氧化剂的使用状态和操作条件进行优化。此外，利用气浮、压滤与膜分离等工艺将气-液界面上的氧化剂去除，进一步提高处理过程的效率，减少处理成本^[4]。

4. GE 水煤浆气化装置废水中氨氮处理与回收技术优化措施

4.1 综合运用多种技术手段

氨氮的处理与回收可以综合运用多种技术手段，如生物法、膜分离法、离子交换法、吸附法等。不同的技术手段有不同的优缺点，可以针对废水中氨氮浓度、有机负荷等特点进行选择 and 组合应用。例如，可以将反渗透膜和离子交换法相结合，既实现了氨氮的分离和回收，又去除了废水中多余的离子和杂质。

4.2 提高废水处理流程的稳定性和可控性

废水处理流程的稳定性和可控性是实现氨氮回收的关键。可以采用调节废水处理系统的 pH、温度、溶解氧等环境参数，控制处理过程中微生物的代谢和降解效率，提高处理流程的稳定性。同时，可以采用自动化控制技术，监测和调节废水处理系统的运行状况，实现对处理流程的实时监控与调节。

4.3 根据废水的水质特征进行生物处理条件的优化

生物法是一种常见的处理氨氮的技术，可以通过调节反应器的水质、菌种、pH、温度等条件，实现废水高效转化和降解。在处理 GE 水煤浆气化装置废水中氨氮的过程中，可以针对不同的废水水质特性，优化废水生物处理条件，如调节反应器的通气量、曝气方式等，优化反应器的操作参数，实现废水的高效稳定处理。

4.4 探索新的废水处理技术

随着科技的进步，氨氮的处理与回收技术也在不断更新和改进。可以对新型的技术进行探索和应用，如电化学法、光催化法等新型技术，尤其是结合废水的水质特性，对新技术进行改进和优化，实现氨氮回收的优化和提升。

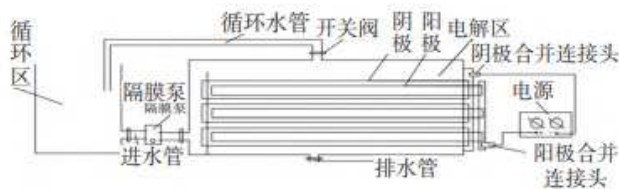


图1 电化学氧化实验装置图

5. 结语

本文研究了 GE 水煤浆气化装置废水中氨氮的处理与回收技术,通过综合运用多种技术手段,包括化学法、生物法、物理法等,实现了废水中氨氮的高效处理和回收。本研究为相关领域的工程实践提供了一定的科学依据和技术支持,具有一定的实际应用价值。在未来的工作中,有必要进一步拓展样本数量,深入研究,以实现更好的废水处理效果和资源回收利用效果。

参考文献

- [1] 李慧. 氨氮废水处理技术研究进展 [J]. 中国资源综合利用, 2022, 40 (09): 87-89.
- [2] 谢小亮. 水煤浆气化装置灰水氨浓度预测及控制 [J]. 煤化工, 2022, 50 (03): 17-21+25.
- [3] 何小芬; 谌戡; 李聪; 罗代才; 田志强. 湿法回收钒高氨氮废水处理工程实例 [J]. 给水排水, 2021, 57 (10): 73-76.