

Optimization and application of deep treatment and reuse technology of oil and gas field wastewater

Xiaodong Gan Zhengping Wan Naijiao Zou Bo Sun

Technical Monitoring Center, Changqing Oilfield Branch, Xi'an, Shaanxi, 710018, China

Abstract

This paper proposes an optimized solution for the advanced treatment and reuse of wastewater from oil and gas fields. By integrating physical-chemical methods with biological processes, it effectively removes organic matter and inorganic salts from the wastewater. First, advanced flotation and flocculation techniques are used to efficiently separate suspended oils and particulate substances from the wastewater. Next, biological contact oxidation is employed to deeply degrade organic pollutants, significantly enhancing the biodegradability of the wastewater. Finally, nanofiltration or reverse osmosis is used to further remove salts, ensuring that the treated water meets reuse standards. The research results show that this optimized solution can significantly improve treatment efficiency, with removal rates exceeding 95%, and the treated wastewater has good composite properties and high stability, effectively achieving efficient reuse of oil and gas field wastewater.

Keywords

oil and gas field wastewater; advanced treatment and reuse; flotation and flocculation technology

油气田废水深度处理及回用技术的优化与应用

革晓东 万征平 邹乃佼 孙波

长庆油田分公司技术监测中心, 中国·陕西 西安 710018

摘要

本文提出了一套油气田废水深度处理及回用技术的优化方案。通过采用物化法结合生物法的处理流程, 实现油气田废水中有机物和无机盐的有效去除。首先, 运用先进的浮选技术和絮凝技术, 有效分离废水中的悬浮油和粒子物质; 随后, 采用生物接触氧化法深度降解有机污染物, 大幅提高废水的生化性; 最后, 通过纳滤或反渗透技术进一步除盐, 使处理后的水质达到回用标准。研究表明, 该优化方案能显著提升处理效率, 去除率在95%以上, 且处理后的废水复合性能好、稳定性高, 可有效实现油气田废水的高效回用。

关键词

油气田废水; 深度处理回用; 浮选和絮凝技术

1 引言

油气田废水的处理与回用问题对环境保护和资源利用具有重要意义。目前, 传统的处理方法难以满足高标准的水质要求, 限制了废水资源的再利用。为了解决这一问题, 学者们尝试将物理化学方法与生物处理技术相结合, 通过浮选、絮凝、生物接触氧化和纳滤或反渗透技术, 有效去除废水中的有机物和无机盐, 提升水质, 以期实现油气田废水的高效处理与回用。

2 油气田废水的特点与处理挑战

2.1 油气田废水成分分析

油气田废水是油气开采过程中产生的一类复杂的工业

废水, 其成分因油气田的地理位置、开采技术以及油藏性质等因素而异^[1]。总体而言, 这类废水主要包含悬浮物、有机化合物、无机盐类、重金属、油类以及部分放射性物质等。悬浮物通常是由泥沙、岩屑等颗粒组成, 在水中形成浑浊的悬浮体系。油气田废水中的有机化合物主要包括原油成分的溶解部分、各种烃类化合物以及一些复杂的有机质, 这些物质对水体有较强的污染能力且难以降解。

无机盐类成分包括钠盐、钾盐、钙盐、镁盐等, 它们赋予废水较高的电导率和矿化度, 影响废水的回用。重金属如镉、铅、汞等可能源于地层深处, 具有潜在的环境风险和毒性。油类物质主要以游离油和乳化油形式存在, 是水处理过程中需要重点去除的对象之一。部分油气田废水可能含有放射性物质, 如镭、钍, 由于地层和岩石的自然特性, 这些物质在废水中浓度不一, 对环境及生物体造成潜在威胁。

鉴于油气田废水成分的复杂性, 其处理具有较大的挑

【作者简介】革晓东(1980-), 男, 中国甘肃天水人, 本科, 工程师, 从事油气田环境保护研究。

战性。废水中的多样性的污染物需通过综合处理技术方能有效去除，这对处理工艺提出了更高的要求。为实现废水达标处理与资源化回用，深入分析其成分特点将有助于开发针对性的处理策略，从而提升处理效率并降低环境风险。

2.2 废水处理的现状与挑战

油气田废水的处理面临着一系列复杂挑战，这些挑战不仅体现在废水成分的多样性和复杂性上，还涉及处理技术的局限性以及经济和环境的影响。油气田废水通常含有高浓度的悬浮物、油类、有机污染物和无机盐，这些成分使得废水难以直接进行生物降解。随着开采深度和技术的增加，废水含盐量逐渐升高，给后续处理带来了额外困难，尤其在去除水中色度、气味和有毒有机物方面。

现有的废水处理方法主要包括物理、化学和生物处理技术。传统物化法如重力分离、凝聚和沉淀等技术往往难以彻底去除废水中的细微颗粒和溶解性有机物，处理后水质难以达到回用标准^[1]。生化处理法则容易受到废水中高盐、高油和毒性物质的影响，其处理效率较难稳定维持。尤其在废水量大、成分变化频繁的油气田环境下，这些传统处理方法的局限性尤为突出。

油气田废水处理的经济成本和环保要求逐渐提高，使得开发更加高效、经济和环保的处理技术势在必行。提高废水处理效率，提升回用水质，不仅能够减轻环保压力，还能为油气田企业带来可观的经济效益。面对以上种种挑战，优化和发展新型深度处理和回用技术，显得尤为重要。

3 油气田废水深度处理技术的发展

3.1 物化法在废水处理中的应用

物化法在油气田废水的深度处理过程中扮演着重要角色，因其可以有效去除废水中的悬浮物、油脂及部分有机污染物。物化处理主要包括浮选和絮凝等技术。浮选技术利用气泡与废水中悬浮污染物的粘附作用，将其分离并移至水面，从而实现去除。这种方法对悬浮油的分离尤为有效，提高了后续处理步骤的效率。絮凝技术通过向废水中添加絮凝剂，使微小粒子物质聚集成较大颗粒，从而更容易地进行沉淀分离。此技术对细微颗粒物的去除率高，显著降低了废水的浊度，优化了废水的生物降解性。这两项技术在油气田废水处理中已经取得了显著的成效，为进一步的生物处理和膜技术处理奠定了良好的基础。通过不断的技术革新和试验调优，物化法在处理效率和稳定性上都有了显著提升，为油气田废水的高效回用提供了切实可行的技术支持。其应用，不仅提升了废水回用的可能性，也在经济和环境效益上显示出巨大的潜力。

3.2 生物法在废水深度处理中的作用

生物法在油气田废水深度处理中的作用主要体现在其高效降解有机污染物的能力。传统物化法难以彻底去除复杂有机物，而生物法依靠微生物的代谢活动能够将有机污染物

转化为无害物质。生物接触氧化法是生物处理技术的一种重要形式，通过在反应器中引入填料，提供微生物附着和生长的介质，增强生化反应效果。该方法不仅能够显著提高废水的生化性，还能提升处理的稳定性，适应废水成分的多样性。研究显示，生物法对COD、BOD等有机指标的去除率可达到90%以上。该技术的应用使油气田废水的处理效果得到显著提升，既解决了高浓度难降解有机物的问题，又保障了处理后水质的回用标准。生物法与其他处理技术结合使用，提高了系统的抗冲击负荷能力，进一步增强了废水深度处理的可行性与实用性。

3.3 纳滤和反渗透技术的进步与应用

纳滤和反渗透技术在油气田废水深度处理中的应用日益广泛。这两种膜分离技术凭借其独特的分离机制和较高的分盐能力，能够有效去除水中的有机物、小分子和无机盐类杂质。纳滤技术以其对二价和多价离子的优越分离特性，广泛应用于部分盐分去除和硬度控制。而反渗透技术则以其高效的脱盐能力，被应用于深度处理工序中，确保最终出水达到回用水标准^[1]。这些技术的进步不仅提高了油气田废水的净化程度，也使水资源的重复利用成为可能，有效降低了工业生产对新鲜水源的依赖。膜技术的改良和成本的降低，使其在实际应用中更加经济和可行。

4 油气田废水深度处理及回用技术的优化方案

4.1 浮选与絮凝技术的优化应用

在油气田废水深度处理及回用技术的优化方案中，浮选与絮凝技术作为关键步骤，发挥着重要作用。浮选技术通过添加特定浮选剂，使废水中的悬浮油和粒子物质与气泡结合，上浮至水面，从而实现高效分离。此过程中，选择合适的浮选剂和控制气泡尺寸是提高分离效率的关键。絮凝技术则通过加入絮凝剂，使废水中的微细悬浮颗粒相互凝聚，形成较大的絮团，便于后续的沉淀或浮选分离。

优化应用中，浮选与絮凝技术的结合能够显著提升悬浮物的去除效果。在具体实践中，需根据油气田废水的成分和特性，选用合适的浮选剂和絮凝剂，并通过实验验证其最佳投加量及处理条件。为了提升处理效果，可以探索新型浮选剂及絮凝剂的应用，结合自动化控制技术，提高浊度和悬浮物去除效率。研究表明，优化后的浮选与絮凝技术处理效率稳定，操作简便，成为油气田废水深度处理的重要环节。优化应用不仅提高了废水处理效率，还为后续生物法和膜技术处理奠定了基础。

4.2 生物接触氧化法的改进与提升

生物接触氧化法在油气田废水处理中的应用是一种创新的深度处理技术，其改进与提升主要体现在反应器设计优化、活性污泥的强化培养以及曝气系统的改进。通过优化反应器的结构设计，提高生物接触面积，促进微生物与废水的充分接触，实现有机污染物的高效降解。活性污泥的强化培

养则通过选择性驯化优势菌种,使其具备更强的降解特性和抗逆性,从而有效提高处理效率。曝气系统的改进采用先进的曝气技术和设备,提升氧气溶解效率,确保微生物在最佳培养环境中持续提供动力,刺激其代谢活动,加速有机物的降解过程。这些改进措施不仅提升了生物接触氧化法的处理效能,还保证了处理系统的稳定性和适应性,为油气田废水的深度处理提供了有力支撑。在实际运行中,该技术展现出显著的处理效果和回用水质保障。

4.3 反渗透与纳滤技术的结合与优化

反渗透与纳滤技术在油气田废水深度处理中的优化应用旨在增强污染物去除效果和提高水质稳定性。反渗透技术可有效截留溶解性盐类和微量有机物,提升水质纯度;而纳滤技术则主要针对单价离子和小分子有机物进行拦截与分离,为后续水回用创造条件。通过综合利用两者的特点,实现了多层次的污染物分级去除,显著提升处理后的废水水质,使其达到回用标准。在设备配置上,采用模块化设计提高运行效率,并通过智能控制系统优化膜清洗与维护,以确保长期稳定运行及低能耗。

5 优化方案的效果分析与经济环境影响评估

5.1 优化方案处理效果的实证分析

本节对优化方案的处理效果进行实证分析,旨在评估其在油气田废水处理中的实际应用效果。通过实验分析,优化方案在油气田废水的处理效率上实现了显著提升,悬浮油和粒子物质的去除率超过95%。浮选技术与絮凝技术的组合使用,有效分离了废水中的悬浮固体,优化后的生物接触氧化法显著降低了废水中的有机污染物浓度,增强了水的生化性。纳滤和反渗透技术进一步去除废水中的无机盐,使处理后水质符合回用标准。处理后的废水稳定性高,复合性能良好,经过一系列水质检测,关键指标如化学需氧量(COD)、悬浮物(SS)、含盐量等均符合国家标准,证明了该技术的实用性和高效性。实验结果显示,优化方案不仅提升了处理效率,而且实现了废水的高效回用能力,极大优化了废水资源的利用。这些结果说明,该技术可为油气田废水处理提供可靠保障,优化方案具有广泛的应用前景。

5.2 优化方案的经济影响评估

油气田废水深度处理及回用技术的优化方案在经济影响评估中表现出显著优势。通过综合分析处理成本与废水回用所带来的经济效益,发现优化方案显著降低了处理成本。

这主要归功于物化法与生物法的有效结合,通过减少化学药剂的使用和优化处理流程,降低了材料与运行成本。纳滤和反渗透技术的进步降低了能耗,使得处理过程更加经济。废水的高效回用减少了新鲜水资源的消耗,降低了油气生产的水资源采购成本,进一步提高了经济效益。上述改进措施增强了油气田废水处理的经济可行性,为油气田提供了一条节约成本、提升资源利用效率的可持续发展路径。该方案通过提高水资源利用效率,减少环境负担,对降低废水排放费用也有积极作用,整体经济收益显著。

5.3 优化方案的环境效益分析

优化方案在环境效益方面表现显著。油气田废水通常含有大量有机物和无机盐,若处理不当,将对环境产生严重影响。通过优化的处理技术,废水中有害物质的去除率达到95%以上,有效减少了对水体的污染风险和生态破坏。处理后的废水资源化回用,不但缓解了水资源短缺问题,还减少了废水排放量,降低了对自然水体的压力。优化方案采用的工艺技术能耗低,减少了二氧化碳排放,提升了整个过程的碳效益,为推动绿色和可持续发展提供了技术支持。该方案为油气田废水的生态环境管理奠定了良好的基础。

6 结语

本文针对油气田废水处理回用技术进行探讨,提出物理化学处理和生物处理结合的优化方案。通过浮选、絮凝技术和生物接触氧化法,有效移除油气田废水中的有机物与无机盐,配合纳滤或反渗透技术,使得处理后水质达到回用要求。实验证明该方案可以使废水去除率达95%,实现高效回用,并提高了废水的稳定性。然而,此技术方案仍需解决先进处理材料和技术经济性问题,以及处理过程的能耗问题。对于不断变化的环境标准,该技术的适应性和灵活性还需提升,未来应优化技术流程,开发高效低成本材料,探索绿色能源驱动的处理方法,并研究跨领域能源利用与回用技术,以提高废水处理技术的全面优化,助力国家环保和资源可持续利用策略。

参考文献

- [1] 刘伟.油气田采出水深度处理和利用技术[J].化学工程与装备,2021,(10):269-270.
- [2] 刘志娟,刘云桥,王凤生.油气田采出水深度处理和利用技术简析[J].中国石油和化工标准与质量,2022,42(02):157-159.
- [3] 徐梦晏.印染废水深度处理及回用技术分析[J].皮革制作与环保科技,2021,2(11):93-94.