

油田含油污水处理技术现状与研究

周毓江

克拉玛依市三达新技术股份有限公司, 新疆 克拉玛依 834000

[摘要]石油行业的蓬勃发展导致了油田含油污水排放量的急剧上升,已成为全球环境保护领域亟需解决的重大问题。石油开采、运输及精炼过程中,产生的污水若未经有效处理,直接排放将对水体、土壤以及空气带来严重污染,进而危害生态平衡和人类健康。应对这一难题,如何开发出高效且经济的污水处理技术成为了当今科研的核心议题。近年来,电化学法、膜技术以及多种技术结合的创新方法在油田污水处理领域取得了显著进展,展现出广阔的应用前景。文章将综合当前研究成果,回顾油田含油污水处理技术的发展历程,分析其优缺点,探索未来技术发展的方向。

[关键词]油田含油污水;处理技术;环境保护

DOI: 10.33142/ucp.v2i1.15608

中图分类号: X741

文献标识码: A

Current Status and Research on Oilfield Oil containing Wastewater Treatment Technology

ZHOU Yujang

Karamay Sanda New Technology Co., Ltd., Karamay, Xinjiang, 834000, China

Abstract: The booming development of the petroleum industry has led to a sharp increase in the discharge of oily wastewater from oil fields, which has become a major issue that urgently needs to be addressed in the global environmental protection field. If the wastewater generated during the process of oil extraction, transportation, and refining is not effectively treated and directly discharged, it will cause serious pollution to water bodies, soil, and air, thereby endangering ecological balance and human health. How to develop efficient and economical sewage treatment technologies to address this challenge has become a core issue in current scientific research. In recent years, innovative methods such as electrochemical methods, membrane technology, and the combination of multiple technologies have made significant progress in the field of oilfield wastewater treatment, demonstrating broad application prospects. The article will comprehensively review the current research results, review the development process of oilfield oily wastewater treatment technology, analyze its advantages and disadvantages, and explore the direction of future technological development.

Keywords: oilfield oily wastewater; processing technology; environmental protection

引言

油田含油污水的来源复杂,涵盖了石油开采的各个环节。除了开采过程中的油水混合物外,油气运输、设备清洗以及注水等环节也会产生大量污水。污水中除了石油烃类物质外,还可能包含有害重金属、毒性化学物质及高浓度的盐类,这使得污水的处理过程更加复杂。传统的物理法与化学法在低油浓度污水处理上有所成效,但面对高浓度、成分复杂的污水时,处理效果通常不尽如人意。因此,迫切需要开发新型、更加高效且环境友好的处理技术,以满足日益严格的排放标准。

1 油田含油污水的来源与性质

1.1 油田含油污水的来源

油田含油污水的生成来源复杂多样,涉及石油开采、运输、精炼等多个环节。每一环节产生的废水,包括采油过程中产生的废水、油气运输过程产生的废水、生产设施清洗过程中产生的废水以及辅助作业中排放的废水。在采油过程中,油水混合物从地下提取并进行分离,尽管经过初步的油水分离,水中依然残留着大量油分。特别是在开采初期,废水中的油浓度较高,这些含油污水若未得到有

效处理,将对环境造成极大污染。特别是在老旧油田,开采年限较长时,随着采油过程的持续,污水的处理难度逐渐增大,污染物的积累问题愈发突出。油气在运输过程中的泄漏也成为油田污水的一个重要来源。管道老化、破损或者维护不当,常常导致石油泄漏,进一步污染水体。此外,油气管道的清洗废水也往往富含石油及其他有害化学物质,进一步增加了污水的处理难度。油田生产设备的清洗过程中,所使用的化学溶剂与油污发生反应,生成的废水通常含有大量的有害物质。在设备清洗中使用的高压水流与化学试剂混合后,所产生的废水成分更加复杂,重金属、氯化物等有毒物质的存在加大了处理的挑战。除了上述来源外,油田的辅助作业同样会排放含油废水^[1]。在提高采油率时,油田常采用注水技术。注水过程中,注入的水与油层中的石油和天然气混合,导致水中含有大量油分。尽管此类废水的油浓度较低,但由于其成分多样,仍然增加了处理难度。

1.2 油田含油污水的水质特点

油田污水具有一系列独特的物理化学特性,除石油烃外,污水中通常还含有重金属、盐分、悬浮物等污染物,这些成分对环境造成了严重的威胁。采油过程中的废水中,

油分的含量常常达到数千毫克每升,尤其是在油田开采初期,油水比例较高。水面油膜的出现,进一步阻碍了水中氧气的溶解,导致水体中的氧气含量下降,严重影响水生生物的存活与生态系统的健康。除了石油烃外,还可能包含重金属、氯化物、氮化物、硫化物等有害物质。重金属污染物通过水体进入食物链,对水生生物及人类健康构成潜在威胁。而氮化物、硫化物的存在,则可能导致水体酸化,进一步恶化水质,增加治理难度。由于其成分复杂,这类污水的处理常常需要采用多种方法联合使用,单一技术无法有效应对。部分油田位于盐碱地区,开采过程中带出的地下水往往含有较高浓度的溶解盐分。特别是在海水注入型油田,盐分浓度更为显著。高盐度的废水在处理过程中往往对膜过滤、化学絮凝等传统技术产生不利影响,并可能加速处理设备的腐蚀,降低处理效果。油田污水中的悬浮物和有机物含量较高,使得水体的生物需氧量(BOD)和化学需氧量(COD)显著提高。水中有机物的降解过程将消耗大量溶解氧,导致水体氧气含量下降,进一步破坏生态平衡。悬浮物不仅增加了污水的污染负荷,还可能对水体中的微生物造成抑制作用,使得水体自净能力下降。

2 油田含油污水处理技术

油田含油污水处理涉及多种技术方法,涵盖多个步骤,不同处理手段的结合对达到有效处理目标至关重要。随着油田开采技术的持续进步,油田污水的水质也愈加复杂化。传统的污水处理技术已难以满足现代油田生产对处理效果的需求,因此,油田污水处理技术的创新与优化已成为当前油田环保领域的研究热点。由于各种污水类型(如高盐水、聚合物污水、压裂返排液等)具有不同的特点,每种污水的处理都需要采用特定的技术。为应对这些挑战,科研人员提出了包括膜技术、电化学法、化学法及生物法等多种新型处理技术,且在这些领域中取得了显著进展。

2.1 物理法

物理法广泛应用于油田含油污水的处理过程中,主要通过物理手段去除水中的油分。常见的物理方法包括油水分离、吸附以及过滤等技术。油水分离通常通过离心、重力沉降或气浮等手段实现,设备如气浮装置、离心分离器等可根据污水的物理状态进行油水分离。尽管物理法能够较为有效地分离油水,但对于低浓度油污水的处理效果有限,且其效率受到油水比例、温度、压力等多种因素的影响。除了油水分离,吸附法也是一种常用的物理处理技术。该方法通过活性炭、膨润土、沸石等吸附材料将水中的油污及其他有害物质去除。吸附剂通过与水中油污的物理吸附作用,将其从水中去除^[2]。尽管吸附法在油污去除方面表现出较好的效果,但在处理高浓度油污水时,吸附剂更换频率较高,处理成本也较为昂贵。

2.2 化学法

化学法作为油田含油污水处理的重要技术之一,通过添加化学药剂以去除水中的油污及其他污染物。常见的化

学法包括絮凝法、氧化法与沉淀法等。絮凝法通过加入絮凝剂,将水中的油污和悬浮物聚集成较大的颗粒,从而便于去除。常用的絮凝剂包括无机絮凝剂(如氯化铁、铝盐)及有机絮凝剂(如聚丙烯酰胺)。根据污水的特性,选择适当的絮凝剂及调节絮凝条件,对于提高处理效率具有重要意义。氧化法使用强氧化剂去氧化水中的油污及有机污染物。常见的氧化剂有氯、臭氧以及高级氧化技术(如Fenton反应)。该方法在油污去除方面具有显著优势,特别适用于处理含有有毒物质的污水,能够有效降解多种污染物。然而,氧化法在高盐水的处理效果较为有限,且可能带来二次污染。化学法的优势在于处理速度较快,特别适合高浓度油污水的处理。但药剂的选择、处理后副产物的处置等问题仍需解决。对于高盐废水或化学驱污水(如三元复合驱、泡沫驱等),化学法的处理效果会受到盐度、油水复杂性等因素的影响,处理难度较大。因此,化学法通常与其他技术相结合,以提高整体处理效果。

2.3 生物法

生物法通过微生物降解水中的有机污染物,尤其是石油烃类污染物,从而去除水中的油污。这是一种环保且成本较低的处理方法,尤其适用于低浓度污水。微生物通过代谢作用将有机污染物转化为无害物质,并在污水中繁殖,从而保持处理过程的连续性。然而,生物法在某些情况下也存在一定的局限性。例如,对于高浓度油污水或含有有毒化学物质的污水,微生物的降解能力有限,导致处理效果不理想。生物法对环境条件(如温度、pH值、溶解氧等)有较高的要求,因此需要进行精确的控制。此外,生物法的处理速度较慢,通常需要较长的处理周期。为了提高生物法的效率,近年来的研究提出了优化微生物种群结构及应用高效生物反应器等方法。

2.4 电化学法

电化学法是近年来逐渐受到关注的一项处理技术,它通过电极反应所产生的氧化还原反应来分解污水中的污染物。该方法具有高效、快速的特点,尤其适用于含有重金属、毒性化学物质及高浓度油分的废水。电化学法通过电解反应生成氢氧根离子、氯离子等还原性较强的物质,能够有效去除油污、悬浮物以及溶解性有机污染物。在处理油田污水时,电化学法已取得显著效果,尤其是在处理含有复杂污染物的污水时,展现出传统方法无法比拟的优势。尽管如此,电化学法也存在一些限制,比如设备对水质变化的敏感性较高、电极腐蚀问题以及能耗较大等。电化学法的初期投资较高,成为其广泛应用的一大障碍。

2.5 膜技术

膜技术通过膜的筛分作用去除水中的污染物,常见的膜技术有微滤、超滤、纳滤和反渗透等。膜技术具有高效、节能、无二次污染等优点,特别适用于低浓度油污水的处理。然而,膜技术在处理高盐或高浓度油污水时也存在一定的挑战。膜污染、膜堵塞问题较为严重,需要定期清洗

或更换膜材料。此外,膜技术的运行成本较高,膜材料的选择与性能优化仍需解决^[3]。为应对这些问题,研究者们不断改进膜材料,开发具有抗污染性的新型膜,并优化膜过滤工艺,以提高膜技术的处理效率与经济性。

3 油田含油污水处理技术的研究进展

3.1 化学驱污水的处理

在提高采收率过程中,化学驱技术(如三元复合驱、泡沫驱、降粘剂驱等)产生了大量复杂的污水,这些污水通常含有较高浓度的油分及化学药剂,传统的处理方法无法满足其处理需求。因此,近年来,研究人员致力于开发适用于化学驱污水的处理技术。药剂配比应根据水质特征进行调整。例如,聚合氯化铝的使用量应为50~100mg/L,过硫酸钠的用量为30~50mg/L。选择合适的絮凝剂与降解剂,可以显著提高化学驱污水的处理效果。在实际应用中,水质监测至关重要,以确保处理后的水质符合相关标准。同时,膜技术与电化学法的结合(如电流密度为10~20mA/cm²,处理时间为30分钟等条件)能进一步提高处理效率。针对泡沫驱产生的废水,采用表面活性剂与药剂联用方案,使表面活性剂浓度控制在0.05%~0.1%,配合聚氧乙烯醚脱稳剂使用,油水分离效率提高至95%以上,泡沫生成量降低约40%。在实施过程中,定期评估水质指标,确保处理效果符合环保要求。

3.2 高盐水及压裂返排液的处理

高盐水及压裂返排液是油田开采中常见的废水类型,传统的膜过滤及化学处理方法在这些废水的处理上效果较差。近年来,研究者们通过联合应用多级反渗透与电化学法,取得了较好的脱盐效果。同时,针对高盐废水,开发了新型抗污染膜材料,显著提升了处理效率,并延长了膜材料的使用寿命。

3.3 聚合物污水的处理

聚合物污水主要来源于化学驱油与聚合物注入作业。近年来,通过优化药剂配方及添加降解剂,聚合物污水的处理效果显著提高。特别是在聚合物注入废水的处理中,絮凝剂的种类与添加量的改进,带来了明显的处理效果。例如,聚合氯化铝(PAC)作为絮凝剂,其推荐用量为80~150mg/L,聚丙烯酰胺(PAM)的浓度范围为0.1%~0.3%。过氧化氢(H₂O₂)作为降解剂的使用,浓度设定在20~40mg/L,这种组合有效增强了污水的净化能力。此外,加入石灰(Ca(OH)₂)或活性炭等辅助药剂,进一步提高了油水分离效率,优化了整体处理效果。

4 油田含油污水处理技术的未来发展方向

4.1 多技术联合应用

随着油田污水水质的复杂性增加,单一技术往往难以满足所有的处理需求。因此,未来的发展趋势将是多种技术的联合应用。通过结合物理法、化学法、电化学法及生物法等技术,可以弥补单一技术的不足,提升整体处理效率。例如,将物理法与化学法结合,先通过物理分离去除大颗粒油污,再利用化学药剂进行深度处理,以实现更加

彻底的净化。膜技术与电化学法的结合,也能够通过先膜分离去除污染物,再通过电化学法降解残余有害物质,从而显著提高污水处理效率,降低能耗及成本。

4.2 新型膜材料的开发

膜技术在油田污水处理中具有重要应用潜力,但膜污染、膜积垢以及处理效率下降等问题依然是挑战。因此,开发新型膜材料将是未来技术发展的重点。近年来,研究人员已开发出一些抗污染性强且能够有效去除油污的膜材料,如纳米材料及复合材料,使膜具有更强的抗污染性及耐高温、高压特性^[4]。同时,具有自清洁功能的膜材料(如超疏水膜、亲水膜等)能够减少膜污染,延长使用寿命,提高过滤效率。随着材料科学的进步,未来将涌现更多高性能膜材料,为油田污水处理提供更优解决方案。

4.3 绿色环保技术的应用

随着环保政策的日益严格,油田污水处理将转向绿色环保技术。未来,绿色技术将在油田污水处理中发挥核心作用,不仅要求减少二次污染,还需降低能源消耗。绿色化学法、绿色催化法以及基于自然资源的处理技术将成为研究的热点领域。

5 结语

随着石油开采规模的扩大及技术的不断发展,污水的种类和水质日益复杂。尽管传统的物理法、化学法等处理技术在一定程度上缓解了油田污水排放的问题,但单一技术难以应对日益多样化的污水处理需求。为提升处理效果,未来油田污水处理将更多依赖于多种技术的联合应用,此外,新型膜材料的研发、绿色环保技术的应用以及智能化监控与管理将成为关键创新手段。随着环保法规的逐步严格,油田污水处理技术的进步,将更加注重环境保护以及资源化利用。通过持续的技术创新与改进,油田污水处理的能力与效果必将得到显著提升,为石油行业的可持续发展与环保事业作出更大贡献。同时,油田污水处理技术的突破,不仅将为全球水资源保护与循环利用提供重要支持,还将推动社会各界朝着绿色、可持续的未来不断迈进。

【参考文献】

- [1] 柴德民,岑媛媛,穆晓斌,等.应用谐振技术处理油田含聚污水试验评价[J].化学工程与装备,2022(1):231-232.
- [2] 姜安,含油污水新型处理技术创新及在渤海油田的首次应用[Z].天津市,中海石油(中国)有限公司天津分公司,2022-06-02.
- [3] 徐鑫.海上油田含油污水处理及回用技术分析[J].中国石油和化工标准与质量,2023,43(20):175-177.
- [4] 马跃.大型油田含油污泥无害化处理技术及其应用研究[J].化工设计通讯,2024,50(1):41-43.

作者简介:周毓江(1993.11—),毕业院校:中国石油大学胜利学院,所学专业:石油工程,单位名称:克拉玛依市三达新技术股份有限公司,就职单位职务:技术员,职称级别:助理工程师。