

# Optimization of Oil-bearing Sludge Harmless Treatment Technology and Ecological Risk Assessment in Oilfield Development

Liu Yang<sup>1</sup> Dean Wang<sup>2</sup>

1. Guojian Testing Holdings Group Xinjiang Co., Ltd., Urumqi, Xinjiang, 830001, China

2. China Petroleum Xinjiang Oilfield Branch Zhudong Oil Production Plant, Fukang, Xinjiang, 831511, China

## Abstract

The oily sludge generated during oilfield development contains complex components and exhibits high toxicity. Improper treatment may cause severe pollution to soil, water bodies, and atmospheric environments, posing threats to ecosystem stability and human health. This study focuses on optimizing harmless treatment technologies for oily sludge and evaluating ecological risks. It analyzes current treatment technologies and identifies shortcomings in risk assessment, proposing corresponding improvement measures. The research aims to enhance the harmless treatment, reduction, and resource utilization of oily sludge, mitigate environmental and ecological risks, and provide technical support and theoretical foundations for sustainable green oilfield development. These efforts hold significant practical implications for ecological conservation in the petroleum industry and the achievement of carbon peaking and carbon neutrality goals.

## Keywords

oilfield development process; oil-bearing sludge harmless treatment; treatment technology optimization; ecological risk assessment

# 油田开发过程中含油污泥无害化处理技术优化与生态风险评估

杨柳<sup>1</sup> 王德安<sup>2</sup>

1. 国检测试控股集团新疆有限公司, 中国·新疆 乌鲁木齐 830001

2. 中国石油新疆油田分公司准东采油厂, 中国·新疆 阜康 831511

## 摘要

油田开发过程中所形成的含油污泥成分复杂、毒性较大, 如果处理不善就会对土壤、水体和大气环境造成严重污染, 威胁到生态系统的稳定和人体健康。本文以含油污泥无害化处理技术优化及生态风险评估为研究对象, 对目前的处理技术现状和生态风险评估的不足进行分析, 并提出相应的改进措施。研究的目的是提高含油污泥处理的无害化、减量化与资源化水平, 降低含油污泥的环境生态风险, 为油田绿色可持续开发提供技术支撑和理论依据, 对石油行业生态环境保护、践行“双碳”目标有重要的现实意义。

## 关键词

油田开发过程; 含油污泥无害化; 处理技术优化; 生态风险评估

## 1 引言

石油是重要的能源支柱, 在石油的开采开发过程中会产生大量的含油污泥, 这些污泥中含有原油、重金属、难降解有机物等有害物质, 是石油行业主要的危险废弃物之一。油田进入开发的中后期之后含油污泥的产量逐渐增加, 传统处理方式效率低、成本高、二次污染问题严重, 生态风险评估的方法也不够完善, 不能对环境风险进行全方面的精准控

制。在这种情况下, 进行含油污泥无害化处理技术优化研究, 创建起科学有效的生态风险评估体系, 就成了解决油田环保难题, 推动行业绿色转型的关键手段, 对于保证生态环境安全, 推进石油行业持续健康发展有着重大的现实意义。

## 2 油田含油污泥无害化处理技术优化与生态风险评估的重要意义

### 2.1 保障生态环境安全的核心举措

含油污泥中石油类污染物、重金属等物质很容易通过渗透、挥发等方式进入土壤、水体和大气, 破坏土壤团粒结构造成板结化, 降低土壤肥力影响植物生长, 渗透到地下水

【作者简介】杨柳(1983-), 女, 中国四川绵阳人, 硕士, 工程师, 从事环境保护研究。

体中会污染饮用水源,威胁居民用水安全,挥发性有机物会加剧大气污染,形成雾霾等恶劣天气。这些污染物还会通过食物链富集,从低等的生物传递到高等的生物乃至人体,引起慢性中毒、基因突变等健康问题。经由技术改良加强无害化处理成效,可高效去除或者固化污染物,借助科学的生态风险评价准确找到污染隐患,从根子上杜绝污染物的扩散蔓延,最大程度减轻对生态环境的破坏,这是保证生态环境安全不可缺失的关键手段<sup>[1]</sup>。

## 2.2 推动资源循环利用的有效途径

含油污泥中含有5%到30%的原油资源,传统的填埋、焚烧等处理方式不能回收这些宝贵的资源,还会占用大量的土地、消耗能源并产生二次污染。技术优化依靠精确控制分离、热解等工艺参数,使得原油的回收效率比传统技术高10%到20%,大大提高了资源的利用率。同时处理后的污泥经检测达标后,可以作为建筑材料原料用于制砖、铺路,也可以作为土壤改良剂用于修复盐碱地、矿山废弃地,实现变废为宝。而生态风险评估可以全面检测污泥中污染物的残留情况,为污泥资源的再利用安全性提供依据,防止二次污染,推动建立资源循环利用的绿色发展模式<sup>[2]</sup>。

## 2.3 促进油田绿色可持续发展的必然要求

我国的环保政策越来越严格,《土壤污染防治法》、《固体废物污染环境防治法》等法律法规对危险废弃物处理提出了更高的标准,环保督察力度也越来越大,油田企业面临严峻的环保压力和处罚风险。含油污泥无害化处理技术优化及生态风险评估工作的开展,可以有效控制油田企业的污染物排放,保证各项环保指标达标,降低环保合规成本。同时绿色环保的处理方式可以提高企业的社会形象和品牌公信力,在国内外市场中提高自身的竞争力,吸引绿色投资。此举可以促使油田开发模式从以开发为主,忽视环保的方式向开发和保护并重的方式转变,达到经济效益、社会效益和环境效益的统一,这是油田绿色可持续发展的必然要求<sup>[3]</sup>。

## 2.4 践行生态文明建设的重要体现

生态文明建设属于新时代中国特色社会主义事业重要组成部分,目的在于达成人与自然和谐共处的现代化。油田开发属于能源生产的环节之一,其生态环境保护工作同生态文明建设大局相关联。含油污泥无害化处理技术优化与生态风险评估,是石油行业践行生态文明建设要求的举措之一,也是石油行业对生态环境保护的责任担当。通过技术创新攻克环保难题,用科学的方法控制生态风险,既可以提升石油行业的生态治理水平,也可以给煤炭、化工等其他高污染行业提供可以借鉴的环保经验,起到示范引领的作用,带动全社会的生态保护意识、绿色发展理念的提高,为美丽中国建设注入强大的动力。

# 3 油田含油污泥无害化处理技术与生态风险评估现状

## 3.1 含油污泥无害化处理技术应用现状

目前油田含油污泥无害化处理技术主要有物理法、化

学法、生物法和组合处理法。物理法如热解、离心分离等,具有处理速度快的特点,但是能耗高、资源回收不完全;化学法如氧化分解、化学洗涤等,能快速降解污染物,但容易产生二次污染;生物法如微生物降解、植物修复等,环境友好、成本低,但是处理周期长、受环境条件影响大;组合处理法如微波-生物联合、化学-物理协同等,综合效果优于单一技术,但是技术集成度则有待提高<sup>[4]</sup>。

## 3.2 生态风险评估指标体系现状

目前的含油污泥生态风险评价指标大多是在污染物浓度上,如石油类物质含量、重金属(铅、镉、汞等)含量等。但是对污染物的迁移转化规律、生物有效性、生态系统敏感性等指标有所忽视,指标体系不够全面。部分指标的阈值设置不合理,没有考虑到区域环境的差别,这种情况下则容易造成评估结果和实际的生态风险有偏差。

## 3.3 处理技术存在的突出问题

目前的处理技术大多存在适应性差的问题,不能适应不同油田含油污泥成分差异大的特点,技术装备的智能化水平低,缺少对实时监测和精准控制的能力,处理效率不稳定,资源化利用率低,当前大多数技术只关注污染物去除,没有对污泥的再生资源价值进行深入挖掘,处理成本高,特别是新型技术的前期投入和运行成本较高,限制了其大规模的推广应用<sup>[5]</sup>。

# 4 油田含油污泥无害化处理技术优化与生态风险评估策略

## 4.1 无害化处理技术参数优化

针对不同的油田含油污泥成分的特性各不相同,应该个性化的进行技术参数的优化。在物理处理技术上,对于离心分离技术,根据污泥含油率、含水率以及颗粒粒径分布调整转速,从原来的3000r/min优化到4000-5000r/min;分离温度调节在40℃到60℃之间;絮凝剂投加量精准配比,使原油回收率从原来的60%-70%提高到85%以上;对热解技术进行优化,热解温度调整在500℃到650℃之间,升温速率控制在10℃到20℃每分钟,停留时间控制在30分钟到60分钟之间,既可以提高原油回收率,又可以减少有害气体排放。在化学处理技术方面,对于化学氧化法,经试验得到氧化剂(过氧化氢、臭氧)与污泥的最佳液固比为5:1-8:1,反应pH值为3-5,反应时间60-90min,以减少二次污染产生量;对于化学洗涤法,优化表面活性剂浓度0.5%-1.5%,洗涤温度45-55℃,提高污染物脱除效率。生物处理技术中调节pH值在7.0到8之间,溶解氧含量2-4mg/L、温度25-35℃,积极合理投加氮磷营养盐,从而使微生物活性提高30%以上,缩短处理时间3-5天。

## 4.2 新型无害化处理技术研发与应用

增加低能耗、高效率新型处理技术的研发投入和推广应用。在吸附降解技术上,研发出以石墨烯、碳纳米管为代表的新的纳米材料制成的吸附剂。采用它们具有的大比

表面积、强吸附性等优势来高效吸附含油污泥中的石油类污染物、重金属等。与传统的活性炭相比吸附效率提高了40%~60%并且可以进行脱附再循环使用降低处理成本。在等离子体处理技术上开发低温等离子体处理设备,利用高能电子、自由基等活性粒子破坏污染物分子结构,达到快速无害化处理的目的,处理时间缩短为传统技术的三分之一,能耗降低20%到30%,无二次污染产生。从油田含油污泥中分离、驯化出降解效率较高的假单胞菌、不动杆菌等高效降解菌;开发复合微生物菌剂,根据污染物的类型来调整菌剂所占比例;研究微生物和植物共同修复技术,选取紫花苜蓿、黑麦草等耐污植物;在接种相应微生物菌剂后进行深层次污染土壤的修复。加强技术集成创新,构建物理预处理、化学氧化、生物深度处理三者组合工艺,物理预处理用离心分离去除80%以上浮油和固体颗粒,化学氧化用高级氧化技术降解60%以上难降解有机物,生物深度处理用微生物菌剂把剩余污染物降解到排放标准以下,组合工艺处理效率比单一技术提高30%至50%。充分的推进处理技术装备智能化改造,使用传感器、物联网技术等实时监测温度、pH值、污染物浓度等参数并做到自动化调节提高处理过程的稳定性与可控性。

### 4.3 生态风险评估指标体系优化

创建科学、完备的系统性生态风险评价指标体系。在原有的污染物浓度指标上增加污染物迁移转化系数、生物有效性、生态系统弹性指数、人体健康风险指数等指标。污染物迁移转化系数根据土壤质地(砂质土、壤土、黏质土)、含水率、pH值等环境因素通过室内模拟试验和野外监测数据计算得出,反映污染物在土壤、水体、大气、生物间的迁移能力;生物有效性通过体外消化模型或者生物富集试验测定,评价污染物被生物吸收利用的比例,更准确地反映实际生态危害;生态系统弹性指数通过监测生态系统中物种多样性、植被覆盖度、土壤肥力等指标的变化来衡量生态系统抵抗污染和自我修复的能力;人体健康风险指数结合污染物的

暴露途径(皮肤接触、呼吸吸入、饮食摄入),计算成人和儿童的致癌风险和非致癌风险。根据不同的区域环境特征(农田、林地、水源地等)制定不同的指标阈值,比如水源地周边石油类污染物浓度阈值要比农田区域严格50%以上,生态敏感区生态系统弹性指数阈值要比一般区域高。引入层次分析法确定各指标权重,构建目标层(含油污泥生态风险评估),准则层(环境介质污染风险、生物风险、人体健康风险、生态系统风险),指标层(各类具体评估指标)的层次结构,再经由专家打分形成判断矩阵,完成一致性检验之后得出各指标权重,知晓不同指标对生态风险的影响程度,优化评估体系的科学性与合理性。

## 5 结语

综上所述,油田含油污泥无害化处理技术优化和生态风险评价,是保证生态环境安全、促进石油行业绿色可持续发展的重要工作。通过分析目前处理技术和生态风险评价现状,提出技术适配性差、评价体系不完善等问题,提出技术参数优化、新型技术研发、评估指标和方法创新等策略。以后要加强产学研合作,提高技术装备的智能化水平,完善生态风险评价体系,实现含油污泥无害化、减量化、资源化处理的目标,为油田开发和生态保护协调发展提供强有力的支撑,推动石油行业高质量发展和生态文明建设。

### 参考文献

- [1] 吴涛,单舸,陈云,等. 微生物强化曝气-抽提处理低含油污泥效能研究[J].精细石油化工,2024,41(03):72-77.
- [2] 刘钊,高建政,王学科,等. 辐照技术在污泥无害化处理中的应用研究[J].中国新技术新产品,2024,(04):117-119.
- [3] 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(01):41-43.
- [4] 张宏林,伊春海,郑文衡. 污泥无害化处理及其在烧结砖中的应用[J].砖瓦,2023,(11):40-43.
- [5] 青海省《污泥无害化处理和资源化利用实施方案》印发实施[J].给水排水,2023,59(09):95.