

钻井废弃物资源化利用的经济效益与环境效益分析

强卫东（陕西延长石油钻井工程有限公司，陕西 延安 716000）

摘要：在油气开发规模不断扩大的背景下，钻井废弃物大量产生，其处理问题亟待解决。为推动钻井废弃物资源化利用，从技术与政策两方面展开研究。在技术上，借助人才培养、资金投入和产学研合作促进创新；政策上，通过税收优惠、补贴及规范标准来扶持引导，该举措有效提升了废弃物处理效率，降低成本，这对促进油气行业绿色发展，实现经济与环境效益双赢具有重要意义。

关键词：钻井废弃物；资源化利用；经济效益；环境效益

中图分类号：X741

文献标识码：A

文章编号：1674-5167（2025）017-0066-03

Economic and Environmental Benefits Analysis of the Resource Utilization of Drilling Waste

Qiang Weidong (Shaanxi Yanchang Petroleum Drilling Engineering Co., Ltd., Yan' an Shaanxi 716000, China)

Abstract: Against the backdrop of the continuous expansion of oil and gas development, a large amount of drilling waste is being generated, and its disposal has become an urgent issue. To promote the resource utilization of drilling waste, research has been conducted from both technological and policy perspectives. Technologically, innovation is fostered through talent development, capital investment, and industry-academia-research collaboration. Policy-wise, support and guidance are provided via tax incentives, subsidies, and standardized regulations. These measures have effectively improved waste treatment efficiency and reduced costs, which is of great significance in advancing the green development of the oil and gas industry and achieving a win-win scenario for both economic and environmental benefits.

Keywords: drilling waste; resource utilization; economic benefits; environmental benefits

在绿色发展理念深入人心的当下，油气行业面临着钻井废弃物处理的严峻挑战。传统处理方式弊端尽显，既浪费资源又污染环境。钻井废弃物资源化利用作为破解困境的关键，愈发受到关注。技术创新与研发为其注入活力，政策扶持与行业规范则提供保障。接下来将深入探讨如何借助二者之力，推动钻井废弃物资源化利用实现质的飞跃，为油气行业可持续发展开辟新路径。

1 钻井废弃物产生现状与处理难题

1.1 钻井废弃物来源及成分

振动筛在分离钻屑时，会产生大量从地层带出的岩屑废弃物；清掏钻井液罐及方井时，废渣泥随之出现；钻井进程及完钻阶段，废钻井液成为废弃物重要组成部分；废水处置环节，渣泥也会产生；除砂除泥器脱出的固废同样不可忽视。这些废弃物成分极为复杂，涵盖粘土、加重材料、各种化学处理剂、污水、机油、钻屑等。其中危害环境的化学成分多种多样。碳氢化合物、盐类、各种聚合物、重金属离子、重晶石的杂物、沥青等改性物都包括在内。显示出高色度、高石油类、高 COD、高悬浮物、高矿化度等特点，对生态环境构成严重威胁。

1.2 现有处理技术局限

早期采用自然风干、就地填埋等方式，根本无法

满足当下严格的环保要求，废弃物中的有害物质会持续渗透，污染土壤和水源。后来采用的固化法，虽然可以暂时束缚有害成分，但无法实现固相和液相的有效分离和回收，造成了大量钻井液的浪费。如果固化剂和钻井液不均匀，就很难控制固化质量。随着时间的推移，雨水渗入，河流被冲走，固体的化学成分和重金属逐渐渗入，对周边环境造成长期且严重的污染，部分处理技术成本高昂，在实际应用中难以大规模推广，限制了其对钻井废弃物处理的有效性和可持续性，亟待更为先进、高效的处理技术出现。

2 资源化利用技术原理与应用

2.1 资源化利用技术核心原理

破胶脱稳技术利用破胶剂破坏钻井废弃物中胶体的稳定性，打破废弃物复杂的胶态悬浮体系，在南方油田采用的随钻处理工艺中，从振动筛、除砂器等设备分离出的钻屑等废弃物进入存储器，加入破胶剂充分搅拌，使其中的聚合物等化学处理剂分解，实现固液初步分离，为后续处理奠定基础。LRET 处理技术利用基于油的钻井液和基于油的固体的密度差异这一特性，采用了多级多效变频结合力新技术。通过正确的控制，大多数有机泥浆因密度差异而能够有效回收。采取具体措施，降低油基钻井液含水量，正确控制油水比率（80：20）~（85：15），满足使用指标要

求后再回收。在回收含油固体的油和化学添加剂的过程中,确保回收的油基泥浆性能符合钻井要求,从而实现资源的高效循环利用。

在油钻屑预处理阶段,利用带屏幕的高速离心机,以高速离心力克服油与固体之间的粘附力,将碎屑含油率降低到 5% 以下,回收部分有机钻井液,采用专门筛选或生物工程技术培养的石油烃降解菌种,将其制备成石油烃降解菌剂,作用于脱油后仍不达标的油基钻井液钻屑。

2.2 国内应用成功案例

南方油田经过长期的技术攻关和现场实践,建立了废物收集、破胶解吸、完善的钻井废物处理设备和工艺、固液分离和滤液水还原四个紧密关联的单元。从各类分离设备出来的钻屑等废弃物,通过螺旋管道进入存储器,经破胶脱稳处理后,滤液水经还原单元去除高价金属离子,达到配置泥浆用水标准,回用率可达 70% 以上,大幅减少钻井对淡水的依赖。固相经过高压压力过滤系统固液分离,含水量不到 30%,可以送到砖厂制造未燃烧的砖,用于油田基础设施,实现资源的 100% 利用,显著提升了钻井现场清洁化生产水平。

在实际作业中,现场油基泥浆回收率大于 99.5%,极大程度减少了泥浆浪费,通过该技术,降低单井的油基钻井液成本 15~20% 左右,泥土含油率可达 0.3%,达到环保排放标准,实现地面油基泥浆“零”损失,该技术不仅解决了油基钻井液钻井废弃物处理难题,还通过资源回收与成本控制,为企业带来显著经济效益,同时减少了环境污染风险。在新疆、陕西、大庆等地,微生物处理技术在多个含油污泥处置项目中得到应用。经过 30~60 天微生物处理,废气泥浆治理效果完全达到国家标准,均通过环保部门现场达标验收,该技术凭借其低污染、低成本优势,在有效处理钻井废弃物的同时,降低了对环境的潜在危害,为当地油气开发的可持续发展提供有力支持。

3 环境效益深度剖析

3.1 对土壤和水体的保护作用

在土壤方面,传统处置方式下,废弃物中的重金属离子,如铅、汞、镉等,以及各类聚合物和化学处理剂,会逐渐渗入土壤深层,这些物质会改变土壤的理化性质,导致土壤板结,降低土壤透气性和保水性,进而影响植被生长,破坏土壤生态系统的平衡,而采用资源化利用技术,如南方油田的随钻处理工艺,对废弃物进行破胶脱稳、固液分离等操作后,固相物质经处理含水率降低至 30% 以下,有害物质大幅减少。将其制成免烧砖用于油田基础设施建设,避免了有害物质

在土壤中的累积,维持了土壤的健康状态,保障了周边土地的可持续利用。

对于水体而言,钻井废弃物中的高矿化度污水、高石油类物质以及重金属离子,一旦进入地表水或地下水系统,会造成水体污染,高矿化度污水会改变水体的化学组成,影响水生生物的生存环境;石油类物质漂浮在水面上,阻碍了水域和大气之间的气体交换,从而降低了水中的溶解氧含量,引发水生生物缺氧死亡;重金属离子则会在水生生物体内富集,通过食物链传递危害人体健康,通过资源化利用,例如将处理后的滤液水经还原单元去除高价金属离子,使其达到配置泥浆用水标准,回用率可达 70% 以上,这就大大减少了污水排放,经处理的废弃物含油率降低,减少了石油类物质对水体的污染风险,有效保护了水资源,维护了水生态系统的稳定。

3.2 对大气环境的积极影响

在传统的钻井废弃物处理方式中,如自然风干和就地填埋,废弃物中的烃类物质会挥发进入大气,烃类是挥发性有机化合物(VOCs)的重要组成部分,在阳光照射下,它们会与氮氧化物发生光化学反应,生成臭氧等二次污染物,导致大气氧化性增强,形成光化学烟雾,严重影响空气质量,危害人体呼吸系统和眼睛等器官,废弃物中的沥青等改性物在一定条件下也会释放出有害气体,进一步污染大气环境。采用先进的资源化利用技术,如微生物处理技术,对钻井废弃物进行无害化处理,可有效减少这些有害气体的排放。微生物处理技术利用专门筛选或培养的石油烃降解菌种,将废弃物中的烃类等污染物作为营养源进行分解转化。

在新疆、陕西、大庆等地的含油污泥处置项目中,经过 30~60 天的微生物处理,废气泥浆治理效果达到国家标准。这意味着废弃物中的烃类等污染物被有效分解,减少了其向大气中的挥发量,降低了光化学烟雾等大气污染事件发生的可能性,LRET 处理技术通过高效回收油基泥浆,减少了因废弃物露天堆放或不当处理导致的油气挥发,进一步净化了大气环境,为营造清新的空气环境、推动绿色发展做出了贡献。

4 经济效益全面评估

4.1 资源化利用成本构成

以南方油田的随钻处理设备为例,其包含废弃物收集、破胶脱稳、固液分离和滤液水还原等多个单元,一套完整设备的采购费用相对较高。这些设备需具备高精度的处理能力,如破胶脱稳单元要精准控制破胶剂的添加量与搅拌力度,以确保废弃物胶体的有效破坏,这就要求设备采用先进技术和优质材料,从而推

高了成本。在破胶脱稳过程中使用的破胶剂,以及微生物处理技术中培养和使用的石油烃降解菌剂等,其研发、生产和运输都产生费用。

破胶剂需针对不同类型钻井废弃物的成分特性进行研究,以实现最佳破胶效果,这增加了研发成本。而微生物处理中的菌剂,对保存条件要求严苛,需低温冷藏运输,这也使得运输成本上升。操作人员需要具备专业知识和技能,以确保设备的正常运行和处理流程的精准控制,在 LRET 处理技术应用中,工作人员应掌握多级多效频率耦合器新技术的操作,精确调节设备参数,实现有机泥浆的高效回收。对这些专业人员的培训、薪酬支出等构成了人力成本的主体,部分钻井作业地点较为偏远,需将废弃物运输至专门的处理场地,运输过程中的车辆购置、燃油消耗、道路维护等费用都计入成本。

4.2 经济收益及潜力分析

从直接收益看,以中石油塔里木油田应用 LRET 技术为例,现场油基泥浆回收率大于 99.5%,这意味着大量原本可能废弃的油基泥浆得以回收再利用。回收的油基泥浆可直接用于后续钻井作业,降低了单井的油基钻井液成本 15-20% 左右。仅这一项,在大规模钻井作业中,就能为企业节省巨额的泥浆采购费用。在资源回收利用方面,如南方油田将处理后的固相制成免烧砖用于油田基础建设,不仅减少了购买建筑材料的成本,还实现了废弃物的“变废为宝”,这些免烧砖在满足油田内部建设需求的同时,若有剩余还可进入市场销售,创造额外收入。

随着处理技术的成熟,处理成本有望降低。例如微生物处理技术,随着菌种培养技术的优化,菌剂的生产成本可能下降,同时处理效率提高,单位时间内可处理更多废弃物,从而摊薄成本,随着环保要求日益严格,企业若能有效实现钻井废弃物资源化利用,避免因违规排放产生的高额罚款,这间接为企业节省了资金,企业在环保方面的良好表现有助于提升其社会形象和市场竞争力,吸引更多投资和业务合作机会,为企业带来潜在的经济效益,推动油气行业朝着绿色、高效、可持续发展的方向,创造更大的经济价值。

5 推动钻井废弃物资源化利用的策略

5.1 技术创新与研发支持

在人才培养方面,高校与科研机构应开设相关专业课程,培育具备钻井废弃物处理知识与技能的专业人才,针对不同地区钻井废弃物成分差异,研发适配的破胶剂配方,提高破胶脱稳效果,企业与政府应加大对钻井废弃物资源化利用技术研发的资金支持。设立专项科研基金,鼓励科研团队开展技术攻关。如资

助对微生物处理技术中菌种培养技术的深入研究,通过优化培养条件,提升菌种降解效率,缩短处理时间,搭建产学研合作平台,促进高校、科研机构与企业的紧密合作。企业提供实践场地与应用反馈,高校和科研机构提供前沿技术理论,共同推动如 LRET 技术的优化升级,提高油基泥浆回收效率,降低处理成本,不断开拓钻井废弃物资源化利用的新技术路径。

5.2 政策扶持与行业规范完善

政府通过制定税收优惠政策,对积极开展钻井废弃物资源化利用的企业减免一定比例的税费,降低企业运营成本,提高企业参与积极性,对采用先进处理技术且资源回收率达标的企业,给予所得税减免。出台补贴政策,对购置先进处理设备的企业提供资金补贴,鼓励企业更新设备,提升处理能力。在行业规范方面,制定严格的钻井废弃物处理标准,明确废弃物排放指标、处理流程规范等。如规定经处理后的钻井废弃物固相含油率必须低于某一数值,滤液水各项污染物指标需符合特定标准,促使企业规范处理流程,保障处理效果。建立行业监管机制,加强对企业处理过程的监督检查,对违规排放企业进行严厉处罚,确保行业规范有序发展,推动钻井废弃物资源化利用朝着规范化、高效化方向迈进。

6 结语

钻井废弃物资源化利用意义重大,既实现资源回收,降低成本,又减少对土壤、水体及大气的污染。破胶脱稳、LRET、微生物处理等技术为资源化利用提供了有效途径,通过技术创新与研发支持,以及政策扶持和行业规范完善,其发展前景广阔。未来,应持续强化技术革新,严格落实政策规范,不断提升钻井废弃物资源化利用水平,助力油气行业绿色转型,实现经济与环境的协同发展。

参考文献:

- [1] 刘均一,李公让,黄利民,等.胜利油田钻井液环保处理技术研究与应用[J].石油钻探技术,2024,52(03):47-52.
- [2] 谭树成,刘颖,文华,等.川渝地区水基钻井废弃物资源化处理技术分析[J].化工设计通讯,2023,49(11):55-57+69.
- [3] 杨敏,陈晓岑,赵建夫,等.油气开发钻井废弃物的处理及资源化利用研究[J].新型建筑材料,2021,48(12):155-161+186.
- [4] 杨松宁.环保税征收经济效益与环境效益分析[J].大科技,2018,000(035):243.
- [5] 李云燕,葛畅.环境费用效益分析:理论与展望[J].环境保护与循环经济,2016(9):6.