水基钻井废物处理工艺研究与试验*

贾 悦 李慧敏 周龙涛 安 静 张栌丹 孙福泰 张 莉

（中国石油新疆油田公司工程技术研究院）

摘 要 水基钻井废物含化学添加剂、含油物质、盐类及岩屑等，化学组分种类繁多，处理难度大。采用“微波辅助破胶-旋流振动-压制脱水-微生物处置”工艺对水基钻井废物进行多元协同处理研究与试验，随钻连续处理了 3 口井的三开段组分相对复杂的水基钻井废物，按照 DB65/T 3997—2017 规定的检测方法，全过程动态跟踪检测分析。结果表明：该工艺对主要污染因子 COD、苯并(a)芘及含油率分步去除效果明显，随钻处理可满足现场生产要求，处理后的固废各项指标均满足 DB65/T 3997—2017《油气田钻井固体废物综合利用污染控制要求》，与固化处置相比，固废量可减少 85%以上，大幅减少了井场固废堆存量。

关键词 水基；钻井废物；随钻处理；试验

DOI：10.3969/j.issn.1005-3158.2021.04.005 **文章编号：** 1005-3158(2021)04-0022-04

Research and Experiment on Water-based Drilling Waste Disposal Technology

Jia Yue Li Huimin Zhou Longtao An Jing Zhang Ludan Sun Futai Zhang Li

(CNPC Engineering Technology Research Institute of Xinjiang Oilfield Company)

ABSTRACT Water-based drilling waste contains chemical additives, oil-bearing substances, salts and cuttings, etc., which has a wide variety of chemical components and is difficult to be dealt with. A combined process composed of “microwave-assisted rubber breaking, cyclone vibration, dewatering, microbial disposal” was used to study and experiment the multi-component cooperative treatment of water-based drilling wastes. Drilling wastes with complex components in three open sections from three wells were disposed while drilling. The whole process of dynamic tracking and detection were carried out according standard testing method. Results showed that the process has a significant step-by-step removal effect on the main pollution factors such as COD, benzo (a) pyrene and oil content, meeting the requirements of on-site production. After treatment, all the indicators of solid waste meet the DB65/T 3997—2017 “*Pollution Control Requirements for Comprehensive Utilization of Drilling Solid Waste in Oil and Gas Fields*”. Compared with solidification disposal, the amount of solid waste can be reduced by more than 85%, which greatly reduced the amount of solid waste at the well site and had a remarkable environmental protection effect.

KEY WORDS water-based; drilling waste; processing while drilling; field test

0 引 言

油田钻井时需要在钻井液中加入必要的化学处理剂，在钻井过程中，钻井液从地下带出岩屑，岩屑将地层中的重金属等带入钻井液中，随着地层情况的变化，需要添加多种具有特殊性能的化学处理剂以保持钻井液性能的稳定，其中部分化学处理剂本身就对环境有污染。此外，钻井液中含有黏土、加重材料、化学处理剂、污油及岩屑等，其中聚合物、重金属离子、盐类和沥青等改性物质对环境影响较大[1-2]。目前油田水基钻井废物处理主要采用固化混拌技术，该技术一般以水泥为主材料、辅之以各种添加剂，将钻井废物中的有害成分通过物理和化学变化进行束缚、稳定或包容，以减小废物的毒性、可迁移性和溶解性[3]。处理后固废总量会成倍增加，造成堆存量大，占地面积

* 基金项目：国家科技重大专项“准噶尔盆地致密油开发示范工程”(2017ZX05070)。

贾悦，2009 年毕业于中国石油大学(华东)环境工程专业，现在中国石油新疆油田公司工程技术研究院从事油田环境治理方面的研究工作。通信地址：新疆克拉玛依胜利路 87 号(工程技术研究院)，834000。E-mail：154478134@qq.com。

大,处理后的固废还需拉运至集中存放点,添加剂中的材料性能不稳定或失效后,包裹的污染物易被水浸泡渗出,增加了环境风险。油田需要结合生产实际,研究钻井废物多元协同处理新技术。

1　油田水基钻井废物现状

新疆油田水基钻井废物随着油田上产呈递增趋势,水基钻井废物理化性质分析结果表明,COD、苯并(a)芘及含油率超标较高,为主要污染因子。其中,各类聚合物是造成钻井废物 COD 高的一个主要原因,钻井废物必须进行处理。

2017 年实施的 DB65/T 3997—2017《油气田钻井固体废物综合利用污染控制要求》,提高了对油气田水基钻井废物的环保管控要求,该标准明确钻井废物中主要污染指标是:pH 值、COD、含油率、苯并(a)芘、铜、锌、镍、铅、镉、砷、六价铬、含水率 12 项。某区块钻井废物中污染因子检测结果见表 1。由表 1 可知,该区块钻井废物中 COD 等指标存在不同程度超标现象。

表 1　某区块钻井废物中污染因子数值

项目	标准值*	1# 样	2# 样	3# 样
COD/(mg·L^{-1})	150	6 472	3 210	9 244
苯并(a)芘/(mg·kg^{-1})	0.7	3.058 9	0.303	1.826 4
砷/(mg·kg^{-1})	80	2.28	53.9	2.96
含油率/%	2	0.39	4.47	0.77
pH 值	2.0～12.5	8.54	6.71	9.87
含水率/%	60	57.44	53.9	19.09
六价铬/(mg·kg^{-1})	13	未检出	<2.0	未检出

注:* DB65/T 3997—2017《油气田钻井固体废物综合利用污染控制要求》。

2　处理工艺研究

2.1　工艺选择

钻井废物来源于钻井过程中的钻井液及其携带到地面的岩屑等,性质较为稳定。目前水基钻井废物处理技术主要有回收再利用技术[3]、泥浆池就地固化(或无害化)[4-6]、生物处理技术[7-10]、固液分离法、化学法等,其技术发展总体上趋于将多种单一技术有机协同组合。工艺上考虑首先对其进行破胶脱稳,使大分子污染物断键成为小分子易处理的污染物,同时对悬浊液状的固废加水进行均质化,尽量使固体中的污染物溶进液相,针对液相使用成熟的水处理工艺,达到对钻井固废多元协同处置的目的,由此设计了“微波辅助破胶+旋流振动+压制脱水+微生物处置”多模块组合工艺,以期达到催化断键、高效反应、固废浓缩和深度降解的效果。

2.2　工艺流程

三开段待处理钻井废物从废物存储地罐提升到破胶反应单元,加水稀释到废物浓度为 35%左右后,加入破胶剂联合微波进行氧化断链反应,去除一部分环状、长链物质。随后进入旋流振动分离单元,处理后得到大固体颗粒和液相悬浮液。大固体颗粒直接进入集中堆存区,液相悬浮液进入加药反应单元,依次加入一定配比的絮凝剂、助沉剂及净化剂,充分搅拌反应。下层沉淀的泥状固体颗粒进入压泥机脱水后进入集中堆存区,上层清液进整套设备循环使用。如遇钻井复杂情况,钻井废物成分变化较大,加药反应单元出泥指标若达不到 DB65/T 3997—2017《油气田钻井固体废物综合利用污染控制要求》,再采用微生物进行深度降解至所有指标达到该标准要求。

钻井废物处理工艺流程见图 1。

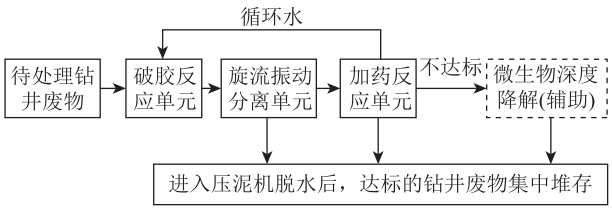

图 1　钻井废物处理工艺流程

3　现场试验情况

在新疆油田某区块选择了不同区域钾钙基聚氨有机盐钻井液体系的开发井,针对成分较为复杂的三开段开展了水基钻井废物处理试验,试验期间设备连续随钻运行,共处置钻井废物约 1 000～1 200 m^3,可满足现场生产要求。主要考察和验证水基钻井废物中含油率、苯并(a)芘以及 COD 3 个特征污染指标的处理效果,试验过程中全程动态对处理后的固体废物连续取样检测,证实经多元协同技术处理后的指标满足 DB65/T 3997—2017《油气田钻井固体废物综合利用污染控制要求》,部分检测结果见图 2、图 3、图 4。

3.1　药剂洗脱处理

在加药反应单元,按照前期实验室药剂正交实验复配浓度值,分别加入絮凝剂、助沉剂和净化剂进行药剂洗脱处理后,绝大部分含油率和 COD 特征污染物指标可达到 DB65/T 3997—2017《油气田钻井固体

废物综合利用污染控制要求》。

1)含油率指标:采用 CJ/T 221—2005《城市污水处理厂污泥检验方法》检测方法,对 9 个样品的含油率进行检测分析,处理前原样均值约 3.5%,处理后指标小于标准值 2%,去除效果明显,最终可达到 0.1%左右,优于 DB65/T 3997—2017《油气田钻井固体废物综合利用污染控制要求》,去除率约 97%,证明复配药剂对钻井废物的含油率有较好的去除效果。钻井废物处理前后含油率指标数值见图 2。

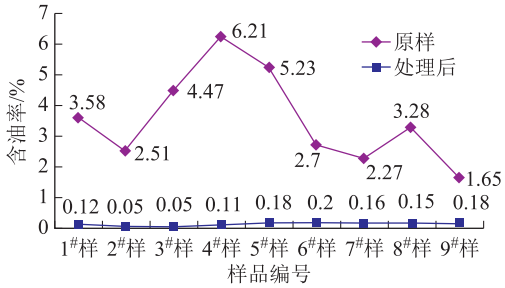

图 2 钻井废物处理前后含油率指标数值

2)COD 指标:采用 HJ/T 399—2007《水质 化学需氧量的测定 快速消解分光光度法》检测方法及 OIL-460 红外分光光度仪检测,钻井废物处理前后 COD 指标数值见图 3。由图 3 可知,钻井废物处理前 COD 原样均值约为 3 890 mg/L,微生物处理后指标小于标准值 150 mg/L,最终可达到 120 mg/L 左右,满足 DB65/T 3997—2017《油气田钻井固体废物综合利用污染控制要求》,去除率约为 20%。

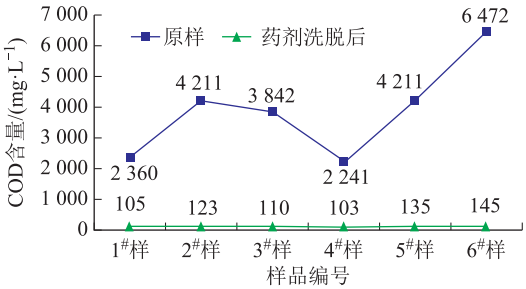

图 3 钻井废物处理前后 COD 指标数值

3.2 微生物降解

经药剂洗脱后,仍有苯并(a)芘及 COD 指标超标,则采取微生物深度降解处理,实验发现 A 菌+工程菌 C,并辅以微电解质激活后的复配效果最优,A 菌为去除烃类物质以及其他油性物质的生物制剂,C 菌为以色列高能土壤修复菌与土著菌驯化的工程菌。经微生物降解后,所有指标达到 DB65/T 3997—2017《油气田钻井固体废物综合利用污染控制要求》。在原始样、破胶后、洗脱后及微生物 4 个节点动态连续取样检测,证实各模块分步降解效果明显。

1)苯并(a)芘指标:采用 GB 5085.6—2007《危险废物鉴别标准 毒性物质含量鉴别》中苯并(a)芘测定方法及液相色谱仪检测,微生物处理后苯并(a)芘整体工艺分步处置效果见图 4。由图 4 可知,钻井废物处理前苯并(a)芘原样均值约为 5.9 mg/kg,微生物处理后指标小于标准值 0.7 mg/kg,在原始样、破胶后、洗脱后及微生物降解 4 个工艺模块节点连续取样检测,各模块分步去除效果明显,最终可达到 0.2 mg/kg 左右,优于 DB65/T 3997—2017《油气田钻井固体废物综合利用污染控制要求》,去除率约为 71%。

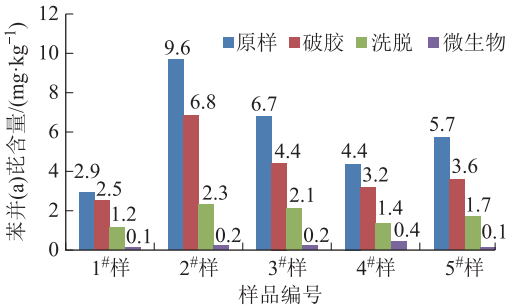

图 4 微生物处理后苯并(a)芘整体工艺分步处置效果

2)COD 指标:采用 HJ/T 399—2007《水质 化学需氧量的测定 快速消解分光光度法》中检测方法及 OIL-460 红外分光光度仪检测,微生物处理后 COD 整体工艺分步处置效果见图 5。由图 5 可以看出,钻井废物处理前 COD 原样均值约为 2 470 mg/L,微生物处理后指标小于标准值 150 mg/L,在原始样、破胶后、洗脱后及微生物降解 4 个工艺模块节点连续取样检测,各模块分步去除效果明显,最终可达到 78 mg/L 左右,优于 DB65/T 3997—2017《油气田钻井固体废物综合利用污染控制要求》,去除率约为 76%。

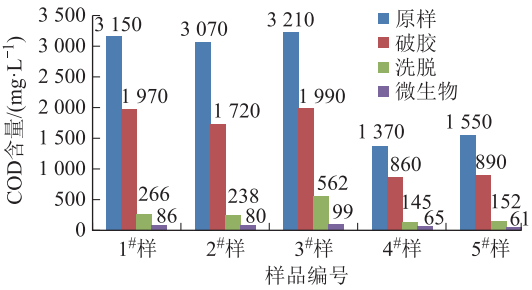

图 5 微生物处理后 COD 整体工艺分步处置效果

钻井废物无害化撬装处理装置设计处理能力为 15 m^3/h,具有流程短、占地小、效率高、操作灵活等特点。现场试验装置见图 6。采用该装置现场试验的 3

口井，通过对现场试验过程跟踪监测评价分析，显示出良好的处理效果，随钻处理后的固废已达到 DB65/T 3997—2017《油气田钻井固体废物综合利用污染控制要求》。由于破胶工艺单元需加水稀释，处理过程中的水可供整套装置自身循环使用。

图 6　现场试验装置

通过现场试验数据分析，固化技术处理后的固体废物量增加 3～4 倍，采用该多元协同技术处理后的固废含水量均值 40%左右，钻井废物处理前后含水率指标数值见图 7。现场试验处理固废对比效果见图 8。与固化处置相比，固废量可减少 85%以上，缩减了固废占地面积，减小了环境污染风险。

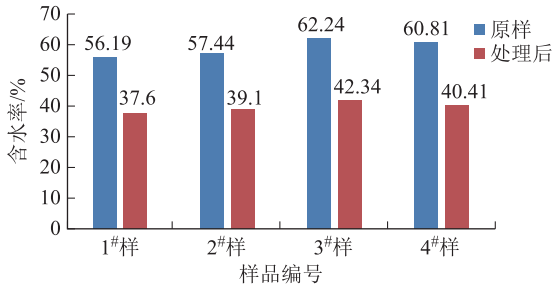

图 7　钻井废物处理前后含水率指标数值

（a）试验处理前　　（b）试验处理后

图 8　现场试验处理固废对比效果

4　结　论

1）经药剂洗脱工艺后，含油率指标最终可达到 0.1%左右，去除率约为 97%；COD 指标最终可达到 120 mg/L 左右，去除率约为 20%。

2）经微生物降解后，苯并（a）芘指标最终可达到 0.2 mg/kg 左右，去除率约为 71%；COD 指标最终可达到 78 mg/L 左右，去除率约为 48%。

3）该工艺能够实现对钻井废物随钻、连续处理，钻井固废处置后，COD、苯并（a）芘及含油率污染因子满足 DB65/T 3997—2017《油气田钻井固体废物综合利用污染控制要求》。

4）对比现有固化技术，经该多元协同技术处理后固废量大大减少，可减少钻井现场固废的堆存量和占地面积，减轻了环境污染风险。

参 考 文 献

[1]　崔永峰，李钟玮．废弃钻井泥浆无害化处理与评价方法的研究[J]．北方环境，2013，25(12)：77-78．

[2]　黎强，邹强，杨琳，等．废弃钻井液不落地达标处理技术在塔里木油田的应用[J]．环境工程，2014，32(SI)：82-84．

[3]　任屹，李佳慧，陈召洋，等．冀东油田优质钻井液回收再利用可行性探究[J]．石化技术，2015，36(7)：46．

[4]　江维泉．滚筒式固液分离装置在废弃钻井液处理中的设计研究[D]．青岛：中国石油大学(华东)，2013：1-3．

[5]　涂蓉．长庆气田钻井废液无害化技术研究与应用[D]．西安：西安石油大学，2013：5-8．

[6]　汤燕丹，许春田，王建军，等．水网地区废弃钻井液无害化处理技术[J]．钻井液与完井液，2014，31(6)：47-51．

[7]　陈立荣，黄敏，蒋学彬，等．微生物—土壤联合处理废弃钻井液渣泥技术[J]．天然气工业，2015，35(2)：100-105．

[8]　雒国霞．川渝地区天然气田钻井废弃物微生物无害化处理研究[D]．西安：西北大学，2013：6-10．

[9]　雷波，杜国勇，王福云．废弃钻井泥浆土地化研究[J]．科技创新导报，2013，10(9)：111-112．

[10]　王冀川．川东北地区钻井废弃泥浆固化法处理技术及运用[J]．科技创业月刊，2007(11)：185-187．

（收稿日期　2021-05-17）

（编辑　　王　薇）

欢迎投稿　欢迎订阅　欢迎刊登广告