北极地区钻井岩屑和钻井废液无害化处理实践

管 硕 黄文辉 汪培树

（中油国际（亚马尔）公司）

摘 要 北极地区生态环境脆弱，环保要求苛刻，尤其需要重视对于钻井岩屑和钻井废液的无害化处理工作。采用热解析处理的方式代替传统的钻井液池，经过进料、处理、分离三个单元，充分回收矿物油、水、不凝气体等各类资源，结合最小程度的固化填埋从源头减少污染物的排放，避免了二次污染。在力保环保合规性的基础上，将此工艺的环境经济效益实现最大化，从而推动整个项目的环境友好和可持续发展。

关键词 北极；钻井岩屑；处理；油基钻井液；环保

DOI：10.3969/j.issn.1005-3158.2018.02.001 **文章编号：** 1005-3158(2018)02-0001-03

0 引 言

北极生态系统的主要的特征是脆弱性和较弱的自我修复及调节能力，因此对于环境保护的要求十分严苛。为有效处理钻井过程中使用油基钻井液所产生的钻井岩屑和钻井废液，应用基于热解析技术的无害化处理工艺，在取得环境经济效益的同时，树立良好的企业形象，满足项目自身环保合规性与可持续发展的迫切需要。

1 北极地区环保要求

北极地区自然条件恶劣，生态资源匮乏，人口承载力低，在受到外界干扰时，极易发生环境和生态变化，甚至失去生物再生能力[1]。北极的苔原植被处于极为不利的生态条件下，冬季漫长而寒冷，夏季短促而低温，最暖月的平均温度只有 10 ℃或略高，最低温度则达－56 ℃。苔原南界的植物每年生长期约90 d，北界的生长期仅仅 20 d。在生长期里，植物的根只能在地表大约仅 50 cm 的深度内自由伸展，50 cm 以下则是永久性冻土层。近年来北极地区气候变暖的速度大约是世界上其他区域的两倍，出现了冰川和海冰大面积融化、永冻层解冻等现象。因此，强调环境保护是开发北极的基本原则，对于油气项目的污染减排、生态保护和可持续发展均提出了极高的要求。1984 年 3 月 24 日，“爱克森·瓦尔迪兹”号油轮撞在阿拉斯加海域的布赖礁上，4.126 万 m^3 原油喷涌而出，全部倾泻在威廉王子海峡的洋面上，到处是漂浮的油污和因油污死去的海鸟。北极圈沿岸的白鲸生活区和海鸟繁殖地受到严重侵害，贝类和海獭大部分死亡。这一灾难性事故给北极生态发出预警信号：北极生态系统极其敏感和脆弱。北极圈内的生态系统已经面临危机，而未来可能进一步影响环境与生态的因素还有很多。

作为北极理事会的成员国之一，俄罗斯表示北极地区生态系统脆弱，俄在北极区内实施的工业项目都将遵循最严格的环保标准；保护环境、维持经济活动和人类生存之间的平衡是开发北极的基本原则和优先任务[2]。俄罗斯环境保护法按照对环境造成的破坏程度将工程项目分为 4 类，其中对环境有明显负面影响的工业项目为第一类，一般石油工业类项目均属于此类。该法特别强调，实施环境保护措施和支付环境损害赔偿不能免除经营主体的责任。同时，环境保护法中明确要求：为减小对环境的破坏，企业必须使用最佳工艺；并且，从 2020 年 1 月 1 日起，关于不再给那些对环境有破坏作用的企业发放许可的条款将正式生效。此外，由于北极的特殊性和敏感性，常常还会受到环保、生态、资源、公益等各类非政府组织及其他相关方的高度关注，采用 IFC（国际金融公司）等国际通行标准来监督项目的开发[3]。

2 北极地区钻井作业的环境保护最佳实践

钻井过程中产生的岩屑和废弃钻井液是一种相当稳定的胶态悬浮体系，具有高色度、高石油类、高 COD、高悬浮物、高矿化度等特性，是石油勘探开发过程中产生的主要污染物之一[4]。通常采取的处理方法包括传统的就地填埋固化技术、LRET 回用技术、甩干-离心回用技术、机械法＋生物处理技术和热解

管硕，2012 年毕业于清华大学环境学院市政工程专业（一级学科土木工程），现在中油国际（亚马尔）公司任联合公司 HSE 经理、中方 HSE 部副经理，从事联合公司及中方的 HSE 综合管理工作，特别是联合公司的环保与可持续发展工作。通信地址：北京市西城区阜成门北大街 6 号-1，100034

析技术等[5]。其中，热解析工艺技术是指在约 300 ℃环境温度下将钻井岩屑中的绝大部分液相取出，经冷凝后回收利用。剩余固体渣升温至较高温度，确保其含油率小于 1%，达到渣土做免烧砖的要求。当下主流的热解析技术有燃料加热和电加热两种方式。其中燃料加热方式适合建设固定站，其设备体积相对较大，燃料燃烧的烟气也需要较妥善处理，目前国内的技术水平很难将燃料加热方式撬装化。电加热方式相对体积较小，容易撬装化，目前加热技术中适用于现场的为电磁加热技术。

在北极地区引进最新的环保设备热研磨机，采用热解析处理的方式代替传统的钻井液池，用于处理难度最大的油基钻井液废物，充分回收资源，同时结合最小程度的固化填埋从源头减少污染物的排放，可以实现良好的环境效益。但由于一次性投资的成本较高，技术应用的时间不长，所以此类工艺组合在国内油气田和海外油气业务中只在小范围内尝试。油基钻井废物处理工艺对比见表 1。

表 1 油基钻井废物处理工艺对比

项目	LRET	甩干＋离心	机械法＋生物处理	热解析
适用条件	油基钻井液及岩屑处理	油基钻井液及岩屑处理	油基钻井液、岩屑或其他油污固废	油基钻井液、岩屑或其他油污固废
优点	可回收油基钻井液	可回收油基钻井液	可回收油基钻井液，后续处理成本相对较低	可回收油基钻井液、污油回收；出渣含油率稳定，无二次污染
缺点	处理后溶剂脱附处理流程长，溶剂挥发产生二次污染	残渣含油高，有固相油泥，需二次处理	生物处理部分运行条件需要现场人员根据经验而定，人为因素大	物料易堆积堵塞，需充分考虑不凝气处理
技术成熟性	现场应用	现场应用	现场示范阶段	现场示范到应用过渡阶段
操作及维护	全自动控制，可长期稳定运行	全自动控制，可长期稳定运行	生物处理部分需要有经验的人员进行现场操作	全自动控制，可长期稳定运行
治理效果	含油＜1%	含油 6%～8%	含油＜2%	含油＜1%
工艺流程复杂度	流程较长，工艺较复杂	流程短，工艺简单	流程短，工艺简单	流程较长，工艺较复杂
占地面积	占地大	占地小	占地大	占地较小
投资规模	中等	中等	低	较高

在钻井废物的无害化处理实践中，将水基钻井液和油基钻井液井段的废物分开拉运，水基钻井液的废物直接拉运到钻井岩屑储存池中进行贮存，并对贮满后的储存池进行生物性恢复；油基钻井液废物拉运到处理厂做无害化处理，分离出来的矿物油部分，回收作为钻井钻井液的润滑油使用，分离出的清洁岩屑回用为建筑材料使用，可用于填土、铺路。此外，在作业期间和作业完成后，还可使用无污水坑技术，最大限度地重复利用在邻井使用过的钻井液、前置液、替浆和其他液体。井场提前设置钻井岩屑和钻井液废液的拉运车辆停车场，并有硬质基础，钻井岩屑从传输槽直接进入运输车辆，并拉运到钻井岩屑储存池和钻井岩屑处理厂。对用于封井、压井、试油的工业用水和盐水，以及稳定气体凝析液都应进行妥善保存，防止污染环境。对于井场内收集的生活和生产污水，可交由环保承包商运至相关净化设施进行处理。所有的承包商在签订合同时都应有明确的 HSE 条款，尤其需要重点防控钻井作业中涉及的环境和生态风险，包括岩屑储存池、丛式井井场的生态恢复等，承包商均必须遵照合同约定的条款严格执行。

在生态保护与社会责任方面，可采取的最佳实践还包括：编制生物多样性保护行动计划（BAP），开展原住民调查进展并编制原住民发展计划（IPDP）等。

3 钻井废物无害化处理工艺

钻井废物热解析处理工艺主要用于处理油基钻井液中的钻井岩屑和钻井液废液，主要的工艺流程包括进料、处理、分离 3 个单元以及配套设施。热解析工艺性能参数见表 2。

表 2　热解析工艺性能参数参考

项目	性能水平	最佳记录
处理后岩屑含油量	<1	0.02%
回收的矿物油中的固体含量	<1	<0.5 mg/L
回收水中的含油量	<1 000	<50 mg/L

进料单元:钻井废物过筛后进入混合料斗中进行混合、稳定,然后经传送装置送入进料斗,最后通过双缸式活塞泵将进料斗中的物料打入处理单元。

处理单元:包括核心工艺热研磨机及其配套的驱动装置。热研磨机内的加工铣床为滚筒形状,长度与直径均为 1 m,带有一组锤臂的旋转轴,使固体颗粒摩擦生热。在系统启动前,操作员向滚筒内加入沙子,并给旋转轴通电,锤头迫使颗粒紧靠滚筒内壁,使其摩擦生热。在沙子被加热至 250～350 ℃后,注入钻井钻屑和钻井废液。废物经过充分的研磨、破碎、加热,流体部分会在高温下迅速蒸发,随后进入分离单元进行回收。热解析工艺技术利用热力处理被油基钻井液包裹的钻井岩屑固体,可使钻井岩屑上的油涂层蒸发,而不会破坏钻井液的有机馏分,同时实现油基钻井液与钻屑的分离,最终完成分类回收,大大降低了钻井废物对环境可能造成的影响。

分离单元:处理单元产生的蒸汽首先进入旋风分离器实现气固分离,固相部分与处理单元产生的洁净岩屑汇入螺旋传送带,回收作为建筑材料使用;气相部分先后进入油料冷凝器、蒸汽冷凝器和油水分离器,进一步使气相中的油、水和不凝气体完成分离,并分别回收,避免了二次污染。

4　环境效益与工艺特点

钻井废物无害化处理工艺可通过油、沙的回收产生直接经济效益,通过节约资源费及钻井液坑建设和恢复费用产生间接经济效益。通过对于核心工艺热研磨机和处理后用于回填土的建筑材料所进行的专家评估,认为应用该工艺可以降低 80%的钻井液池建设和恢复需求,同时减少因负面环境影响而产生的赔偿和费用达 40%左右。其工艺特点可进一步概括为如下 5 点:

①高效性。采用热研磨机的形式,实现废物快速破碎与蒸发,无需附加热油、蒸汽等单独的点火、加热或传热系统,大幅提升了热解析的效率,且对操作人员的数量要求少。②清洁性。处理后的固相岩屑十分洁净,总石油烃含量不到 1%;气相部分可直接进入旋风分离器等一系列分离单元实现彻底的分离、回收,运行噪声小,并避免了二次污染。③经济性。减少了钻井液坑的建设、恢复和向政府相应支付的资源费,减少了总占地面积,所回收的各类资源可实现再利用,其环境经济效益得到了联合公司和各股东方的认可。④安全性。核心工艺通过了欧洲 ATEX 防爆指令的认证,以及欧盟的 CE 指令认证,具有较高的防爆等级,确保人员和生产安全,满足了欧洲有关 QHSE 和消费者保护等一系列要求。⑤可推广性。可根据实际需求考虑小规模的撬装化生产,广泛适用于不同环境条件下的陆上钻井作业;同时也可用于罐底油泥、海上钻井平台等不同的生产场所。

5　结　论

基于在环境与生态敏感的北极地区作业的环境与社会责任,采用热解析处理的方式代替传统的钻井液池用于油基钻井液的钻井废物无害化处理工艺,满足了环保合规性与可持续发展的迫切需要,体现出高效性、清洁性、经济性、安全性和可推广性等显著特点,既获得了可观的环境经济效益,又树立了环境友好的企业形象。在北极地区所开展的一系列钻井作业的环境保护最佳实践,对于在环境或生态敏感区域、发达地区或国家的油气项目,具有较强的借鉴意义。

参 考 文 献

[1]　高金泉.北极生态安全法律制度研究[D].中国海洋大学,2014:35-37.

[2]　唐国强.北极问题与中国的政策[J].国际问题研究,2013(1):15-25.

[3]　管硕,韩冰,郭俊广,等.赤道原则下的海外油气项目融资环境与社会风险管理[J].国际石油经济,2016(11):51-55.

[4]　李俊.分析海外钻井岩屑处理技术及应用[J].中国石油和化工标准与质量,2014(7):66.

[5]　张博廉,操卫平,赵继伟,等.油基钻井岩屑处理技术展望[J].当代化工,2014(12):2603-2605.

(收稿日期　2017-11-22)

(编辑　李 娟)