

油气田钻井含油固废热馏处理技术及应用*

周素林^{1,2}

(1. 中石化江汉石油工程有限公司环保技术服务公司; 2. 中石化江汉石油工程有限公司拜城环保分公司)

摘 要 针对危险废物废油基钻井液及钻屑等含油固废需采用合适方法进行无害化处理的问题, 通过微波技术、除油剂化学热洗技术、LRET 技术、生物降解技术、热馏技术等现有工艺技术的比较, 重点分析了含油固废热馏处理技术的优势, 及该技术在西南和西北工区的应用情况, 含油固废处理量和相关处理指标达到要求。

关键词 含油固废; 工艺技术; 热馏技术; 现场利用

DOI: 10. 3969/j. issn. 1005-3158. 2021. 02. 009

文章编号: 1005-3158(2021)02-0040-04

Thermal Distillation Treatment Technology and Application of Oil-bearing Solid Waste in Oil and Gas Field Drilling

Zhou Sulin^{1,2}

(1. Sinopec Jianghan Petroleum Engineering Co., Ltd. Environmental Protection Technology Service Company;

2. Baicheng Environmental Protection Branch of Sinopec Jianghan Petroleum Engineering Co., Ltd)

ABSTRACT This study focused on developing suitable harmless treatment method of hazardous waste, waste oil base drilling fluid, drilling cuttings and other oily solid waste. Based on the comparing of the existing technologies, thermal distillation technology had shown advantages in performance and stability. This technology had been successfully applied in Southwest and Northwest work areas. The Oily solid waste treatment capacity and related treatment indicators met the requirements. Besides, this technology shown several advantages: high processing efficiency, Long continuous operating time, processing products could be resource utilization, and significant environmental protection effect.

KEY WORDS oily solid waste; process technology; thermal distillation technology; field application

0 引 言

油基钻井液以矿物油为连续相配制, 具有抗高温、抗盐钙侵蚀、有利于井壁稳定、润滑性好、对油气层损害小等优点, 广泛应用在各类钻井工程, 特别是页岩气、天然气的勘探开发中。油基钻井液使用后产生废油基钻井液及钻屑等含油固废, 属于《国家危险废物名录》HW08 废矿物油与含矿物油废物, 是油气田勘探开发必须解决的环保问题。

随着公众对于土壤环保问题的日益重视以及“土十条”的发布, 含油固废的有效处理技术, 不仅是践行国家大政方针的具体体现, 也是遵守国家环保法律法规的必然要求。含油固废的有效处理是企业必须履

行的社会责任。

1 含油固废主要处理技术

含油固废安全回注、固化、填埋、干化、焚烧、超重力离心等处理技术已不能满足环保要求^[1], 目前对油基钻屑处理技术的研究主要集中在微波技术、除油剂化学热洗技术、常温深度脱附技术(LRET 技术, Liquid of Oil-based Mud Reuse for Environmental Technology)、生物降解技术、热馏技术等, 这些主流技术中还有部分技术处于中试阶段。其中, 经过多年的研究与试验, 热馏技术已成功应用于现场实践。

1.1 微波技术

微波技术处理含油固废的理论源于微波的热效

* 基金项目: 国家重大专项“深层页岩气开发关键装备与工具应用”(编号 2016ZX05038-006)。

周素林, 2015 年毕业于西南石油大学应用化学专业, 现在中石化江汉石油工程有限公司环保技术服务公司从事油气田环保技术研究工作。通信地址: 湖北省潜江市江汉石油管理局五七大道建设路 1 号 G1, 433124。E-mail: 13687267256@163.com。

应,是一种全新的加热方式,依靠微波穿透物料内部,极性分子之间相互作用转化为热能,使物料整体同时获得热量而升温。微波加热是一种“冷热源”,它通过电磁能与物体产生作用,通过能量的转化形成热效应。而物体的温升主要是由于极性分子在微波场中发生激烈的振动,由于物质内部存在分子的无规则热运动和分子间作用力,分子之间产生相互碰撞和摩擦,即表现为物体的温度升高^[2]。

微波技术体现出的优势与劣势很明显,优势:加热均匀,穿透性好,热惯性小,易于控制。劣势:1)选择性加热,只有极性分子吸收微波,加热速度慢,耗时长,处理效率不高;2)对含氧量的控制极高,危险系数增加;3)对物料的要求高,含油固废杂质过多,一旦混入放电物质,设备运行极不安全^[3]。微波基本控制界面示意图1。

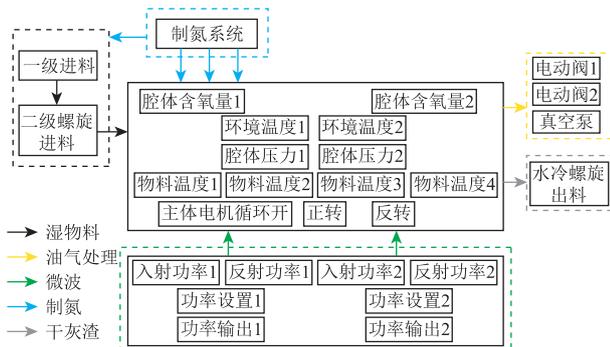


图1 微波基本控制界面示意

1.2 除油剂化学热洗技术

除油剂化学热洗技术的处理效果完全取决于除油剂,除油剂为表面活性剂,一般由几种物质协同作用,主要是利用它较强的乳化、增溶、洗涤特性等,在适合的温度、时间条件下破坏体系的稳定性,使其中的油聚集并析出。经过破乳、絮凝,含油固废分为油、水、固三相,通过物理强效分离设备,可以较好地实现固液分离^[4]。

除油剂化学热洗技术主要工艺流程见图2。该技术具有设备简单、能耗低、反应条件易达到的优点。但除油化学剂针对性很强,一般均需根据不同地层、不同配方含油固废的特性,研制合适的除油剂,并与辅助处理剂协调作用,因此,不具有普适性;对分离设备的性能要求较高,一般分离设备不能达到分离效果;数据显示,即使除油剂的除油效果达90%以上,处理后的含油率指标也很难达到<2%或<0.3%的要求。

1.3 LRET技术

LRET技术^[5]是一种常温深度脱附技术,利用了

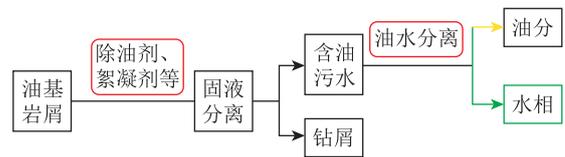


图2 除油剂化学热洗技术主要工艺流程

油基钻井液与油基固体废物的密度差,采用多级多效变频耦合离心技术,在针对油基钻井液废物粒径分布、黏度等特性研究的基础上,优化设计离心力场,有效实现大部分油基钻井液的回收;经高效离心分离处理后形成的油基固体废物含油率在5%~10%,为中间产品,须进行后端深度脱附处理。采用高效处理剂,在常温常压下,快速实现钻井液添加剂、油基钻井液、岩屑等各类物质之间的高效混合和分离。回收油基固体废物中的油,并控制最终泥土固相中含油率小于0.3%的要求。

LRET技术更注重油基钻井液的循环再利用,其加工工艺和处理环节比较复杂,主要工艺流程见图3。根据现场调研,回收的油基钻井液因成分不均匀,并不能大量直接利用,需根据不同批次,进行复配,满足钻井需求后才能回用。新疆地区某环保站使用LRET技术回收了大量的油基钻井液,但大部分都就地储存,利用率较低。

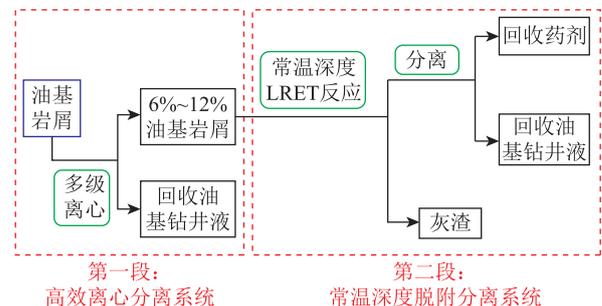


图3 LRET技术主要工艺流程

1.4 生物降解技术

生物降解技术被认为是最经济和最具有永续利用价值的环保型技术,生物降解技术主要工艺流程见图4。利用微生物对含油固废进行土壤可耕作式功能修复和改善,并将含油固废中的石油烃类降解为无害成分。据有关资料显示,生物降解法要求筛选降解能力强的菌种,处理过程中需要控制温度、湿度等环境条件,还要定期施加营养物质,存在环境风险;周期长(约30d一个周期),降解场占地面积大,大多用于陆地处理,针对性强;施工操作难度大,对操作人员的专业化要求也很高,使这项技术的现场应用受到了极大的限制^[6]。

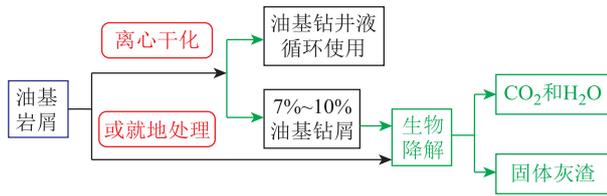


图4 生物降解技术主要工艺流程

1.5 热馏技术

热馏技术主要利用混合液体或液-固体系中各组份沸点不同的特性,采用物理蒸馏实现固液分离,混合和黏附在岩屑表面的基础油、水达到气化温度后转变为气相蒸发,吸附在岩屑内部的基础油在水蒸气、分解产物(油基钻井液调质处理剂高温下产生的)的汽提作用下,变为气相蒸发,由于水蒸气、调质处理剂分解产物的存在降低了油分子的蒸气分压,也有利于油品汽化。热馏技术以物理蒸馏为设计理念,以固相得到净化及永久性处理、油得到净化及重复利用、水得到净化并循环利用,气得到收集净化及资源化利用为宗旨,以环境保护为目标。该技术的反应条件是在绝氧气氛下加热至 500℃左右,避免了温度高可能发生热裂解或其他高温条件下的化学反应、温度高带来的能耗高等问题。设备一次性投资,无需添加处理剂,回收绝大部分基础油,可最大限度实现资源化利用,已经在重庆涪陵国家级页岩气产能建设示范区、塔里木盆地成功应用。

2 热馏技术工艺简介

2.1 热馏技术工艺流程

热馏处理工艺分三级 4 个环节,体现的是一种梯级处理理念,第一级是预处理工段,使原料满足连续生产的均匀性和一致性要求;第二级是多级离心分离工段,采用常温常压分离工艺,使含油固废中的固相和液相充分分离,回收合适油水比的稀相油基钻井液;第三级是无害化工段,将第二段分离的含油固废通过脱附处理,进一步回收岩屑中的油品,并使排放的还原土含油率低于 0.3%。

含油固废的处理分为 4 个环节,第一个环节是进料,进料方式有螺旋输送、泵送、刮板机输送几种形式,进料环节控制的要点:1)无氧输送;2)连续输送;3)可计量;4)可筛选;5)均匀分布。针对含油固废这类黏稠性较大、含油率高、性能不稳定的物料,实现有效控制是关键。

第二个环节是处理,采用固定式移动床带动颗粒物料连续流动,在均匀布料、无氧条件下,以辐射、传

导、对流传热 3 种形式,物料温度逐渐升高,在一定的停留时间下,物料以间接吸热方式,实现固液分离。

第三个环节是油气冷凝分离,处理环节产生的水蒸汽、油气等,都需进行收集、冷凝、分离、回收。油气冷凝分离主要工艺流程见图 5。在进行冷凝前,务必增加除尘环节,油气冷凝后得到油水混合物,自然分层,分别收集油相和水相。

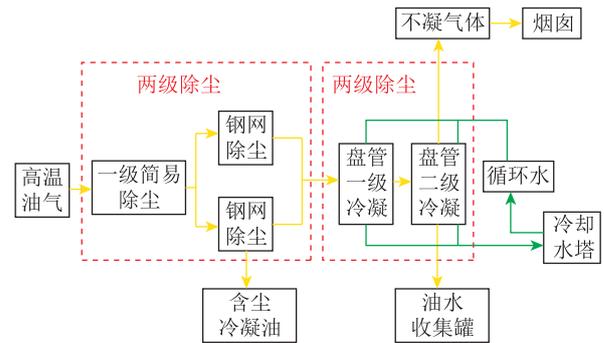


图5 油气冷凝分离主要工艺流程

第四个环节是出渣,出渣最主要的功能是实现连续输出、绝氧、降温压尘。国内使用的出渣系统,第一级密封一般在处理环节,第二级输出设备大多以螺旋输送机为主,输送机与料箱连接,起到了第二级密封,也称作料封作用,保证整个过程的无氧连续输出。

2.2 热馏技术优势

1) 达标处理。处理后的还原土含油率低于 0.3%,基础油回收率达到 99.5%以上,达到 GB 4284—2018《农用污泥污染物控制标准》、SYT 7301—2016《陆上石油天然气开采含油污泥资源化综合利用及污染控制技术要》等标准要求^[7]。

2) 连续运行时间长、处理效率高。采用热馏技术的成套设备已在重庆涪陵、新疆连续运行 30~45 d,单套设备处理量 100~250 t/d,可提供多井同时产出含油固废的钻后治理配套服务,更适应市场需求。

3) 资源化利用自成闭环思路。热馏技术的第一、二级处理过程产生的稀相油基钻井液,回用于掺配油基钻井液;第三级处理后的回收油、水、不凝气、还原土的资源化利用自成闭环。油气冷凝后产生的回收油,经检测,柴油品质较好,净化后,可用于配制油基钻井液或作为优质的工业原料;处理中产生的不凝气,进入回收利用装置,净化后作为燃料气重复利用;冷却循环水处理后,继续作为循环水使用或用于冷却降尘;处理后的土渣,可以用于铺设服务油田生产的各种内部道路、铺垫井场、固废场封场覆土及作为自然坑洼填充材料、做水泥基材等。

3 热馏技术现场应用情况

3.1 西南工区工程应用情况

为了攻克页岩气国产化开发中的环保瓶颈,2015年初,热馏技术研发成功,并应用于重庆涪陵国家级页岩气产能建设示范区,建设了一座油基岩屑回收利用中心。第一套装置设计处理能力为100 t/d,实际运行80 t/d;第二套装置技术升级后,实际运行处理能力为120 t/d,处理能力提升50%。目前已建设处理装置3套,年处理能力7万t。在涪陵国家级页岩气产能建设示范区,市场占有率达90%以上,截至目前,已累计处置油基岩屑20万t,为国家级页岩气产能建设示范区提供了有力的环保支撑。

3.2 西北工区工程应用情况

随着国产化热馏技术逐步发展成熟,公司在西气东输的气源地建设了一座油基岩屑处理站,将热馏技术运用于某油田超深、超高温井天然气勘探开发,为该油田油气产能建设突破3000万t油气当量提供了钻后治理环保技术支撑,随着热馏技术的升级换代,装置普适性较强,可处置液相占比5%~40%,固相占比50%~90%的含油固废,装置具备自动化程度高、连续运行时间长、安全环保等优势。按照当地对油气田钻井废物综合利用污染控制要求,处置后产生的还原土含油率、各项重金属指标均可达到DB 65/T 3997—2017《油气田钻井固体废物综合利用污染控制要求》,有效减小了油气田钻井废物的环境污染,该技术有较好的市场发展前景。

4 结 论

1)热馏技术处理油气田钻井含油固废具有处理效果达标、安全性高、适应性强的特点。其核心技术

为适温下的物理分离,对环境影响小,资源回收利用率大。目前开发的第4代产品,处理能力达4~6 t/h,连续工作时间30~45 d,年处理能力3~5万t。处理后的产物采取相应的资源化利用途径,最大的优势是回收的油、不凝气经净化处理后可直接供给热馏装置的运行,或作为优质工业原料,达到安全环保节能降耗要求。

2)目前油气田钻井含油固废的处理技术中,微波技术、除油剂化学热洗技术、生物降解技术、LRET技术等,均表现出相应的优劣势。随着环保要求越来越高,在今后的创新技术发展上,应更加注重节能环保、清洁产业的发展要求,才能为油气田绿色探勘开发做更大贡献。

参 考 文 献

- [1] 李志勇,韦火云,马洪涛,等.一种新型除油机理及含油钻屑除油技术[J].钻井工程,2017,37(2):77-83.
- [2] 王万福,李果,雍兴跃,等.油泥微波程序升温热转化[J].化工进展,2011,30(10):2310-2316.
- [3] 侯影飞,齐升东,游海鹏,等.微波处理含油固废脱油效果及特性研究[J].石油学报(石油加工),2017,33(6):1113-1119.
- [4] 邓皓,谢水祥,王蓉沙,等.含油钻屑高效除油剂及除油机理研究[J].环境工程学报,2013,7(9):3607-3612.
- [5] 朱冬昌,付永强,马杰,等.长宁、威远页岩气开发国家示范区含油固废处理实践分析[J].石油与天然气化工,2016,45(2):62-66.
- [6] 黄敏,李辉,李盛林,等.废弃钻井液微生物降解菌室内筛选研究[J].油气田环境保护,2011,21(6)35-36.
- [7] 王仙鹤,张庆冬,乔茹霞.国内外含油污泥处置标准现状与建议[J].环保科技,2019,25(4):53-59.

(收稿日期 2020-04-18)

(编辑 王薇)

欢迎投稿

欢迎订阅

欢迎刊登广告