

吉林油田固体废物一体化处理技术探讨

房斯卓¹ 程志远² 路明瑶³ 李炳睿⁴

(1. 中国石油管道公司长春输油气分公司; 2. 中国石油吉林油田勘探开发研究院; 3. 美国明尼苏达大学; 4. 美国凯斯西储大学)

摘 要 总结吉林油田的废钻井液及岩屑、油泥油土、粉煤灰和压裂返排液等废物的产生量、危害及处理技术现状, 对各油田的处理技术进行评价, 结合吉林油田固体废物处理的特点确定了一体化处理技术研究思路及技术研究重点, 对目前一体化技术研究进展进行了分析总结, 并对下一步一体化技术研究重点与应用前景进行了展望。

关键词 吉林油田; 固体废物; 一体化处理; 资源化利用

DOI: 10. 3969/j. issn. 1005-3158. 2015. 04. 005

文章编号: 1005-3158(2015)04-0015-04

0 引 言

固体废物是油田开发生产过程伴生的主要污染物, 是影响油田和周边环境及油田经济可持续发展的重大难题, 国内还没有明确的处理标准可执行, 各油田均在尝试开发固体废物处理技术, 但目前还没有成熟可靠、经济有效的技术可借鉴。针对吉林油田固体废物的特点, 吉林油田采油工艺研究院开展了固体废物一体化处理技术与试验, 在固体废物制造免烧砖、废钻井泥浆与油泥油土复合调剖堵水及微生物强化修复技术可行性研究与实验方面取得了实质性进展, 为油田固体废物处理提供了新的途径。

1 吉林油田固体废物特点及其处理现状

1.1 固体废物种类多、产生量大

吉林油田主要有废钻井液及岩屑、油泥油土、粉煤灰等固体废物和压裂返排液、洗井液等含固体废物, 这些固体废物数量庞大, 急需开发配套处理技术。

①废钻井液。通过对吉林油田 9 个采油厂进行调查, 吉林油田 2014 年钻井 725 口, 产生废钻井液 24 万 m³。2015 年计划钻井 1 360 口, 产生废钻井液约 45 万 m³。

②油泥油土。吉林油田每年产生油泥油土约 53 800 t, 清罐油泥约 3 200 m³。

③粉煤灰。2014 年预计燃煤 41.75 万 t, 因目前为半干法脱硫工艺, 产生粉煤灰 7.88 万 t、脱硫灰 5.25 万 t, 共计产生工业固废 13.13 万 t。

④压裂返排液。吉林油田多为低渗、致密油藏, 压裂工艺是油水井投产及油井增产的主要手段, 随着

水平井技术的进步, 压裂返排液的产生量逐年增加, 目前每年产生压裂返排液达 100 万 m³ 以上。如果考虑洗井液等作业产物, 这类含固体废物将更多。

1.2 固体废物成分复杂、环境危害大

①成分复杂。油田固体废物成分十分复杂。废弃钻井泥浆中的添加剂主要包括无机盐、有机物、合成聚合物和表面活性剂等 20 余种, 具有高硬度、高黏度、高稳定性等特点; 落地油泥的主要污染物是原油, 含油有机烃类和少量其它有机物, 典型样品的烃类组分包括 200~300 种不同的烃, 由于油泥油土来源广泛, 导致油泥中除泥土、沙石外, 还混有防渗布、编织袋、生活垃圾及其他固体废物; 粉煤灰颗粒细小, 密度较低, 多呈碱性; 压裂返排液及洗井液中主要含有胍胶、聚合物、表面活性剂、石油类和各种添加剂, 使压裂液返排液具有高 COD、高稳定性和高黏度等特点, 处理难度大。

②环境危害大。固体废物主要环境危害因素是原油、高 COD、酸度或碱度及粉尘等, 对环境的影响也是多方面的。由于原油的特殊性质致使绝大部分被截留在 50 cm 以上的表层土壤中, 堵塞土壤孔隙、破坏土质, 黏附在植物的根部形成一层黏膜, 使得根部的呼吸和养分的吸收受到阻碍, 引起根部腐烂, 造成植物的大面积死亡, 对农林业的生产造成严重影响; 污染地表水和地下水资源; 有机处理剂使水体 COD、BOD 增高, 影响水生生物的正常生长; 同时, 原油及表面活性剂中的许多有害物质具有致突变和致癌性, 通过直接和间接途径给人体健康带来严重损害。

房斯卓, 2014 年毕业于西南石油大学油气储运专业, 现在中国石油管道公司长春输油气分公司从事油气储运技术管理工作。通信地址: 吉林省长春市绿园区警备路 821 号中国石油管道公司长春输油分公司垂杨输油站, 130000

1.3 固体废物无害化处理难度大

目前缺少成熟的固体废物无害化处理技术,现有处理方式存在安全环保风险。

①废钻井液处理。目前吉林油田废钻井液处理方法多为原位固化法,基本为水基钻井液处理技术,对于油基钻井液还没有相应的处理技术和手段。对于水基钻井液固化技术,固化工艺本身不统一、不成熟,固化剂品种选择、添加比例参差不齐,有害物质没有充分固化,重金属流失、二次污染现象较普遍;一旦固化效果不理想,废钻井液渗出液会对周围环境产生污染;即使固化效果理想,短时间内泥浆坑也无法恢复耕地,造成一定经济损失;施工监管不到位,个别施工方偷工减料,降低固化剂使用比例,导致固化效果很差,几年内“泥浆坑”仍不能固化,出现过车辆、牛马下陷事故。

②油泥油土处理。现有处理设施满足不了生产需求,缺少成熟的适用于吉林油田特点的油土修复技术。吉林油田各采油厂对于高含油土的处理基本上均采用热洗分离工艺,可以回收一部分原油,但处理后的油土含油量仍大于3%。采用热洗工艺处理后的油土一部分用于制造型煤,但生产出来的工业型煤灰分、挥发分较高、热值较低、需要专用燃烧炉等因素制约其应用量。清罐油泥委托第三方进行处理,同时也开展了清罐油泥调剖与埋存的扩大应用实验。总体上从油泥油土处理能力及处理深度上均不能满足油田生产需求,对于低含油土缺少适用于吉林油田特点的成熟的油土修复技术。

③粉煤灰处理。正常燃烧产生的粉煤灰一般用于制造建筑用砖或铺路,脱硫灰由于其颗粒细、pH值高,没有利用价值,目前只能指定地点堆放处理。

④压裂返排液处理。目前在乾安采油厂进行了压裂返排集中处理试运行,由于其处理量小、效果不稳定、成本高,不能满足油田生产需求,各采油厂均采用间接或直接进入联合站水处理设施的处理方法,对现有水处理设施造成了很大影响。油田还开展了压裂返排液再利用及深度处理技术的尝试,尚未形成成熟可行的技术方案。为了确保油田生产的正常进行,急需开发配套的压裂返排液的处理技术及综合利用技术。

2 国内油田固体废物处理技术现状及存在问题

2.1 油田固体废物处理技术发展现状

2000年以后,随着油田开发工作的逐步深入和环境保护意识的加强,国内油田对废钻井泥浆、油土油泥、压裂返排液的处理和利用技术研究力度逐步加

大,但目前仍处于研究实验阶段,各单位都进行了一定规模的实验研究,形成了一些有价值的处理技术及工艺。但由于没有相关标准的支持,目前还没有可推广的示范工程。

①废钻井液处理技术。水基钻井液无害化处理技术目前得到应用的主要是“固化法”,中海油主要尝试“回注法”,西南油田气在固化法的基础上开发了“钻井废水减量处理技术”“水基废泥浆微生物处理技术”。目前,对于油基废钻井液还没有成熟可靠的处理技术。中石油提出的钻井废弃物不落地处理技术思路将成为下一步发展方向。

②油泥油土处理技术。目前,国内各油田石油污染土壤无害化处理技术得到应用主要有焚烧法、热化学法处理技术、催化裂解技术、调剖回注法、溶剂萃取法、微生物降解法、强化微生物修复技术、化学氧化法+微生物法修复技术等,这些技术都存在处理效果不稳定、适应性差、成本高、有次生危害或环保风险、不利于水土保持等问题。目前油泥油土处理技术发展方向为以油土修复为目的的深度处理技术。

③压裂返排液等复杂含油含固体废物处理技术。油气田油井压裂作业后的返排废液是一种复杂的多相分散体系,组成极为复杂,净化处理难度极大,已成为制约油田生产的难题之一。各油田陆续开展了压裂返排液净化处理及综合利用技术研究,进行了以絮凝、气浮、氧化、生化、膜过滤等为主的复合净化处理技术的尝试,也组建了撬装模块实验设施,但均存在处理效果不稳定、成本高、效率低、适应性差、有次生危害等问题,不能实现对压裂返排液的最终处理。目前对此类废物处理技术研究方向为再利用技术、调驱调剖技术及深度净化处理技术。

2.2 存在问题

①缺少含油固体废物处理相关国家标准及执行依据。目前我国还没有制定油土等含油固体废物排放及处理的国家标准,只有黑龙江省制定了地方标准DB23/T 1413—2010《油田含油污泥综合利用污染控制标准》,规定处理后的油土含油量小于2%可用于铺路。国家含盖土壤中石油类指标的标准有两个,一是GB 4284—1984《农用污泥中污染物控制标准》,规定矿物油为3 000 mg/kg,二是HJ 350—2007《用地土壤环境质量评价标准》,规定石油类为1 000 mg/kg,可作为含油土壤修复的目标值参考^[1]。对于废钻井液、压裂返排液等无害化处理工作,各油田均制定了相应的管理规定,但是缺少可靠的技术规范,不能有效指导具体工作。

②缺少成熟的技术。虽然各油田及科研单位均进行了大量的技术研究,目前仍缺少适应性强、成熟可靠的处理技术,现有主要油田固体废物处理技术对比见表 1^[2]。

表 1 现有油田固体废物处理技术对比

方法	适用范围	优点	缺点
固化法	水基泥浆	成本低、操作简单	处理效果不稳定,存在次生危害
热化学法	高含油土	效率高,可回收大部分原油,处理后油土均质性好	处理后油土含油高于 2%,处理过程易造成二次污染
焚烧法	难分离的高含油土	处理后的油土可达标排放	成本高,处理后油土的性质发生改变,不利于水土保持
催化裂解法	高含油土、油基泥浆	原油回收彻底	处理后油土性质改变,只能用于铺路等;操作复杂成本高,易造成次生污染
调剖回注法	钻井泥浆、含油量小的油泥油土	可实现资源化处理	处理量小,前期准备工作较复杂,操作成本较高
溶剂萃取法	高含油土、油基泥浆	原油回收彻底,处理后油土含油可达到 0.3%	萃取剂用量大,价格高
微生物法	含油 0.3%~1% 的石油污染土壤	操作较简单,成本低(300~400 元/m ³)	修复效率低,修复周期 2~3 a;修复效果差
化学氧化法+微生物法	含油 3% 以下的石油污染土壤	修复效果明显,修复周期 1 a 以上	成本高,操作复杂
微生物强化修复	含油 5% 以下的石油污染土壤	修复效率显著提高,成本低,修复周期 1 a 以上	需要配套的微生物分离培养、驯化、检测等配套设施及专业技术人员

3 吉林油田固体废物处理思路及研究进展

结合吉林油田固体废物处理现状及技术需求,针对目前一些技术的适应性差等问题,打破以往专项研究某一固体废物处理技术的思路,进行了油田固体废物一体化处理研究尝试,并开展了针对性技术的研究与试验,获得了初步进展。

3.1 油田固体废物一体化处理研究思路

油田固体废物处理技术一体化研究,既是综合考虑废钻井泥浆及岩屑、油泥油土、粉煤灰、压裂返排液及作业废水的共性及技术需求,结合其互补性,一体化开发水处理工艺、固体处理工艺及综合利用工艺,减少研发工作量,提高技术适应性及完整性。其合理性如下:

- ①在废钻井液、油泥油土、压裂返排液及作业废水处理过程中均需要配套开发水处理工艺、固废处理工艺、油泥处理工艺及无害化利用工艺,一体化研究可减少重复研究工作量。
- ②废钻井液、压裂返排液中均含有大量有机物、无机盐,具有一定的稳定性;废钻井岩屑及粉煤灰均呈碱性;油泥油土、钻井岩屑、粉煤灰主体颗粒平均粒径均在 300 μm 以下。这些共性为一体化研究奠定了基础。
- ③一体化处理可减少投资、提高技术的适应性。

3.2 油田固体废物一体化处理研究进展

2014 年重点研究了废钻井液与油泥油土复合调剖堵水技术和微生物强化修复技术,为实现钻井液不落地处理及油泥油土、粉煤灰的无害化处理提供了技术支持。

3.2.1 废钻井液与油泥油土复合调剖堵水技术

针对废钻井液稳定性好、悬浮能力强,泥浆及热洗处理后的低含油土、罐底泥等平均颗粒直径分布在 10~300 μm、符合调堵注入条件、与地层具有较好的配伍性等特点,开展了废弃钻井泥浆与油泥油土复合调剖堵水技术可行性研究工作。

针对乾安、红岗等高温地区的废钻井液与油泥油土复合调剖体系实验获得成功,可满足各采油厂低温高渗油水井调剖堵水需要。该技术是含油固体废物处理技术一体化研究的成功实例,可在废弃泥浆加入量 20%、油土加入量 15% 的条件下,实现协同作用,成胶强度可达到调剖堵水要求,可满足各采油厂低温高渗油水井调剖堵水需要,为吉林油田含油固体废物处理提供了新途径。不同温度下 20% 泥浆+15% 油土调剖体系黏度随时间变化曲线见图 1。

3.2.2 含油固体废物微生物强化降解技术

土壤微生物降解烷烃化合物是烷烃污染物从土壤中消失的基本机制,为了提高烷烃降解速度,可以

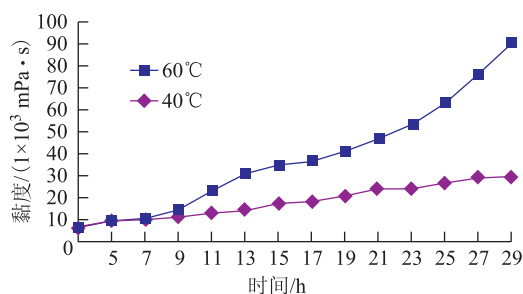


图1 不同温度下调剖体系黏度随时间变化曲线

通过提高土壤中微生物的数量,继而提高烷烃的降解速度,而且降解速度的提高远远高于单独加入某种营养成分所提高的速度^[3-7]。因此,结合吉林油田气候特征及资源情况设计了堆肥法强化微生物降解方案,并获得良好的实验效果。

为了提高石油降解效率,控制操作成本,利用当地丰富的桔杆、花生壳、生物垃圾等易得资源,设计了堆肥法微生物强化降解实验方案。经室内实验,该方法能较好地降低固体废物中的石油烃含量。石油降解效率与固体废物中微生物的含量保持一致,实验组(微生物堆肥法)微生物从堆肥最初的 5.23×10^3 个/g 增加至 3.60×10^5 个/g,之后稳定在一定水平。石油烃降解率随微生物活性的增强而增强,在微生物活性增加至最大时达到最高水平。石油类降解率随时间变化数据见表2。

表2 石油类降解率随时间变化数据 %

组别	0 d	7 d	14 d	21 d	28 d
空白组	0	1.1	3.4	4.2	4.8
对照组	0	8.2	14.7	20.2	24.1
实验组	0	11.5	21.4	42.6	58.0

由表2可见:空白组(自然降解法)经过28 d自然降解,降解率为4.8%;对照组(微生物法)经过28 d自然降解,降解率为24.1%;实验组(微生物堆肥法)经过

28 d自然降解,降解率为58%,是对照处理的2.4倍。

4 结束语

油田固体废物一体化处理研究思路为提高技术适应性、减少重复科研工作量、实现对固体废物的资源化利用提供了有益的尝试。建议在总结前期固体废物一体化处理研究成果的基础上,进一步深入开展以下技术研究,为吉林油田实现污染物零排放提供技术支持:①油田固体废物减排技术研究;②废钻井液与压裂返排液及油泥油土复合调堵技术研究;③废钻井液、压裂返排液及作业废水复合净化技术研究;④油田固体废物工厂化处理技术可行性研究。

参考文献

- [1] 常银环,任红宇.油田含油泥砂的处理[J].油气田地面工程,1996,15(2):33-34.
- [2] 张刚,李留仁,郝瑞芬,等.含油泥砂资源化处理方法研究及存的问题[J].石油地质与工程,2008,22(1):104-106.
- [3] 魏小芳,张忠智,郭绍辉,等.外源微生物强化修复石油污染土壤的研究[J].石油化工高等学校学报,2007,20(2):1-4.
- [4] 李凤梅,郭书海,牛之欣,等.稠油降解菌的筛选及其对胶质和沥青质生物降解[J].土壤通报,2006,37(4):764-767.
- [5] 余萃,廖先清,刘子国,等.石油污染土壤的微生物修复研究进展[J].湖北农业科学,2009,48(5):1260-1263.
- [6] 王大威,刘永建,林忠平,等.一株产生脂肽的枯草芽孢杆菌的分离鉴定及脂肽对原油的作用[J].微生物学报,2008,48(3):304-311.
- [7] Wang Zhenyu, Xu Ying, Wang Haoyun, et al. Biodegradation of Crude Oil in Contaminated Soils by Free and Immobilized Microorganisms [J]. Pedosphere, 2012, 22(5):717-725.

(收稿日期 2014-12-09)

(编辑 石津铭)

冀东油田成功排除 10 余起疑似污染事件

人的指纹独一无二,终身不变。不同产地的油品也有独一无二的“油指纹”。从2011年起,冀东油田设立科研课题,对如何创建原油“指纹”库展开攻关。技术人员综合利用气质联用色谱分析、荧光光谱分析、微量金属元素原子光谱分析等技术,精准分析和提取“油指纹”。

“原油‘指纹’信息对地质勘探和污染源排查有非常重要的意义。利用原油‘指纹’中的生物标记化合物,可有效开展油源对比、沉积环境确定、原油成熟度计算以及生物降解、自然风化甄别。地质研究人员能够从中得到急需的原油组分信息用于地化研究,环保人员则可以快速准确地认定油污属性,追查污染源。”冀东油田开发技术公司化验中心主任冉照宽介绍。

截至目前,冀东油田利用原油“指纹”检测技术,已成功排查10多起污染源,为企业铸就了一面科技、绿色、和谐发展的盾牌。

(摘编自 中国石油网 2015-07-14)