国内外含油污泥处理现状与建议

任硕仪[1] 管 硕[2] 史 军[3] 王 劲[1]

(1. 中国石油国际勘探开发有限公司海外 HSSE 技术支持中心;2. 中国石油国际勘探开发有限公司健康安全环保部;3. 中石油煤层气有限责任公司勘探开发事业部)

摘 要 针对含油污泥污染和处理问题依然严峻的现状,简述含油污泥来源、危害,以及国内外含油污泥污染现状,介绍了美国、加拿大、部分欧洲国家对含油污泥的处理要求及土壤中油含量限值,分析了我国含油污泥管理的国家政策及相应法律法规。指出含油污泥处理处置主要面临历史遗留的含油污泥数量大、部分含油污泥处理难度较大、国内含油污泥处理标准不明确、国外含油污泥问题复杂等问题与挑战,并针对性地提出了含油污泥资源化、历史含油污泥减量化、新增含油污泥减量化、加强合规管理等对策与建议。

关键词 含油污泥; 危险废物; 处理处置

DOI:10.3969/j.issn.1005-3158.2019.04.002 **文章编号:** 1005-3158(2019)04-0004-04

0 引 言

含油污泥是指在油田开采、石油炼制、运输、使用、贮存等过程中产生的,或因事故、操作不当、设备陈旧、破损、腐蚀等原因造成原油、成品油“跑、冒、滴、漏”所产生的油、土、水等的混合物,其处理处置困难,是石油石化行业的主要污染物之一。含油污泥若不及时进行妥善处理,不但占用土地,还可能造成土壤酶活性降低、植被破坏、水体污染等,带来相应环境风险和生态问题。随着各国环保法律法规越发严格,对油气行业环保工作带来更大的挑战。含油污泥的风险评价和污染土壤的修复,已成为环境领域研究的重要课题之一。本文通过分析含油污泥处理的现状及其处理过程中所面临的问题,从管理方面提出对策。

1 含油污泥的来源、危害及现状

1.1 来 源

原油在开采和加工等过程中不可避免地产生含油污泥。常规油气开发作业会产生含有含油岩屑、废钻井液等的常规含油污泥;在操作不规范的情况下,如未考虑原油回收、防渗不到位等,则会导致原油直接落地而产生落地油泥。在油气集输和炼油过程中产生的含油污泥主要来自油罐、沉降罐、隔油池等的浮渣、底泥以及污水处理过程中产生的剩余活性污泥(俗称“三泥”)。此外,井喷、集输管线或储罐泄漏等事故状态下因大量的原油或成品油泄漏也会产生含油污泥。

1.2 危 害

尽管含油污泥的产生方式不同、特性不同,但是其所含的石油、盐及重金属离子等都将对环境产生危害。主要表现为:①含油污泥所含的易挥发组分进入空气,影响大气环境质量。②石油污染物通过直接或间接方式进入土壤,影响土壤的理化性质和土壤功能。如果污染物在进入地表土壤前已经被固体物质所吸附或夹带(如含油岩屑),在进入环境时,其污染范围和严重程度主要取决于含油固体的扩散特性。对于落地原油而言,其首先在重力作用下发生沿土壤深度方向的迁移,并在毛细力作用下发生平面扩散。由于含油污泥所含污染物黏度大,黏滞性强,在短时间内会形成小范围、高浓度的污染。当石油浓度远超过土壤颗粒的吸附量时,过多的石油存在于土壤空隙中,经雨水冲刷后一部分石油会在入渗水流的作用下加快入渗速度,可能会对地下水造成污染,同时在地下水中进行水平扩散,进一步扩大污染范围;一部分将随径流泥沙进入地表径流,造成水中的 COD 和石油类物质超标。③含油污泥中含有大量的环烷烃、烷烃、芳香烃、烯烃等化合物,同时还含有苯系物、酚类、蒽、芘等有毒物质,这些毒性物质可以被鱼类、贝类等富集,通过食物链危害人体健康。

1.3 现 状

据统计,全世界每年约有 800 万 t 石油污染物进入环境[1],其中石油管道和地上/下的储罐泄漏是导致石油污染土壤最主要的途径。根据美国国家环保局(EPA)数据,截至目前,美国现有 242 万个地下储

任硕仪,2012 年毕业于中国石油大学(北京)环境科学专业,硕士,现在中国石油国际勘探开发有限公司从事环保管理工作。通信地址:北京市朝阳区太阳宫南街金星园 8 号昆仑大厦 A 座 1305,100028。E-mail:renshuoyi@cnpcint.com。

罐（其中在用储罐 55 万个），累计发生储罐泄漏超过 54 万次，2018 年发生泄漏 5 654 次[2]。欧洲清洁空气和水资源保护组织（CONCAWE）公布，1971—2016 年共发生泄漏事件 741 次，损失近 8 万 m^3 石油，污染了 120 万 m^2 的土地，平均每年污染土地约 2.8 万 m^2。我国勘探开发的油气田和油气藏已有 400 多个，油田区工作范围近 20 万 km^2，同样面临着严峻的石油污染土壤问题[3]。此外，加油站和地下储罐发生泄漏事故，也将造成不良影响[4]。2015 年全国土壤污染调查公报显示，调查的 13 个采油区的 494 个土壤点位中，超标点位占 23.6%，主要污染物为石油烃和多环芳烃[5]。目前，国内油田多进入开发中后期，采出液综合含水率在 85%以上，采出液中携带的固体颗粒物增多，生产过程中产生的含油污泥量也随之增加。同时，原油加工规模不断扩大，进口原油量增加，油质较差，加工过程中产生的含油污泥量也呈增长趋势。

2　含油污泥的处理要求

各国各地区在含油污泥的处理处置方面没有统一的标准，含油污泥的安全处置主要依赖于当地政策。欧美等发达国家在含油污泥处理方面的研究起步较早，目前已形成了相对成熟的处理处置技术和配套控制标准。美国出台了《资源保护和回收法令》与《危险和固体废物修正案》，并明确了《TPH 指导准则》《美国溢油清洁度等级的指导原则》《石油和天然气勘探和生产废料联邦危险废物豁免条例》。同时，各州也根据实施情况规定了污染土壤的含油量及相应的处理方法。美国要求小于 2%的总石油烃含量（TPH）是自然黏土填埋能够接受的标准，特殊情况下允许更高 TPH 的原油废物进入填埋场。加利福尼亚州允许 TPH 5%的固体废物用于铺路。加拿大制定了《关于上游石油工业油田废物管理要求》《Sask 土地填埋指导准则》。不同州和省的填埋场有不同的 TPH 标准，对于没有滤出液收集和处理系统的填埋场，其 TPH 标准为 2%～3%。此外，Alberta 能源利用委员会提出利用原油污染的砂土筑路的大纲性政策，要求 TPH 必须小于 2%～5%。欧盟国家的含油污泥管理遵循其危险废物管理体系，并于 1999 年出台固体废物填埋法令（2006 年起实施），要求所有欧洲国家用于土地填埋的固体废物中的有机物含量必须逐年递减，且严禁填埋有机物含量大于 5%的污泥；对于污泥农用也提出了严格的有机物和重金属等指标要求，以保证土壤安全。此外，瑞士则强制执行污泥的热处理方法；法国要求对于降水量较高、属于湿地的地区，土壤中含油小于 5 000 mg/kg（0.5%），旱地土壤含油小于 20 000 mg/kg（2.0%）；丹麦要求包括落地含油污泥在内的所有含油废物均需集中收集处理，土壤中油含量应小于 0.1%；荷兰针对当地的地理环境与社会特点，要求土壤中油含量小于 10 mg/L，是目前世界上最严格的标准[6]。我国将“石油开采和炼制产生的油泥和油脚”列入《国家危险废物名录》（2016 年）进行管理，并于 2018 年开始对危险废物征收环境保护税。同年还发布了 GB 15618—2018《土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准（试行）》和 GB 36600—2018《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》两项国标，后者对石油烃类污染物的风险和管制限值进行了规定：中小学用地、医疗卫生用地和社会福利设施用地以及公园绿地等第一类用地的石油烃含量小于 5 000 mg/kg，工业用地、仓储用地、商业服务设施用地、道路交通设施用地、公共设施用地、广场用地等二类用地的石油烃含量小于 9 000 mg/kg。

3　面临的主要问题与挑战

3.1 历史遗留的含油污泥数量大

过去，油田在作业过程中会有部分落地原油遗留在井场，经回收后，可能仍有一些原油洒落在井场。稠油区及边远地区的油田，长期作业造成的落地原油回收更困难。部分油田油井周围 100 m 范围内所采集的土样中，都有不同程度的石油污染。有的油田长期堆存未经处理的含油污泥等[7-8]。国外部分油田的落地含油污泥堆放量同样惊人，含油泥浆坑很难处理。这类含油污泥堆放数量大、存放时间长、污染面积大、处理难度大，普遍面临较大的环保合规风险。

3.2 部分含油污泥处理难度较大

当前，各国已经高度重视含油污泥问题并开展了大量的研究。研究主要关注受石油污染土壤、有机物及环境影响分析和评估，土壤石油污染的修复技术，以及石油污染地上危害和地下微生物的宏观和微观统筹等[9]。含油污泥种类繁多、性质复杂，相应的处理技术和设备也呈现多元化趋势，主要的含油污泥处理工艺包括物理法（溶剂萃取、固化、超声等）、化学法（化学热洗、化学氧化等）、物理化学法（焚烧或掺烧、调剖回注等）和生物修复法（土壤蒸汽浸提、土壤耕作、生物反应器、植物修复）等，同时这些修复方法又分为原位修复和异位修复。但是这些方法在应用过程中，除了会受到含油污泥自身特性的影响（如落地油泥、含油岩屑、油罐底泥、生化污泥等的含油率、含

水率、含盐量、重金属浓度以及砂石等组分存在较大差异)，导致可选择的处理方法非常有限；此外，还会受到所在国和地区的许可，以及处理标准、处理量与时限、社会依托、自然环境、地质条件、人力资源等方面的限制，导致部分场地的含油污泥处理难度较大。

3.3 国内含油污泥处理标准不明确

我国出台的《国家危险废物名录》(2016 年)及其相关标准将含油污泥归类为危险固体废物，但没有对含油污泥中的含油量提出量化指标。按照危废管理规定，含油污泥处理过程中产生的残渣、灰渣等仍属于危险废物。虽然在《危险废物鉴别标准通则》中规定了满足一定条件的危险废物在混合和处理后，可不按照危险废物进行管理，但是由于含油固废被认定具有毒性和易燃性，所以不在豁免范围中。因此多数企业选择焚烧法处理处置含油污泥，不仅造成资源浪费，处置不当还会产生新的污染。如果采用其他处理方法则缺乏配套的处理标准。一些企业以 1985 年实施的 GB 4284—84《农用污泥中污染物控制标准》作为含油污泥的处理标准(矿物油≤3 000 mg/kg 干污泥)，但此标准只适用于城镇污水处理厂污泥在耕地、园地和牧草地时的污染控制，不适于工业污泥的污染控制。

3.4 国外含油污泥问题复杂

随着低碳经济、绿色发展、清洁能源成为世人共识，各国环境保护法律法规日趋严格，环保监管力度持续加强，处罚力度不断加大，民众环保意识显著增强，对环境事件也愈发敏感，导致海外项目的环境合规性风险不断增加。当前，多数国家对环境管理有明确的合规性要求，其中既包括加拿大、澳大利亚等发达国家，也包括尼日尔、南苏丹等极度不发达国家，并且不同国家之间的差异较大。同时，各国的法律法规普遍呈现出不断收紧、更新频繁、环保监管力度日益加强的趋势，越来越多的国家出现了环保政治化的苗头。例如哈萨克斯坦的环保法，在近十年数次修订，并计划在 2019 年再次修订。对于外国投资者而言，掌握具体的修订信息往往较为滞后，适应调整的窗口期也较短，企业比较被动。部分海外项目在收购前未做环境尽职调查，历史遗留废物未进行认真排查或合规处置，环保投入不足，导致面临较大的合规风险。此外，海外油气项目还存在合作伙伴掣肘、合同类型和条款差异、合资项目股权差异等问题。因此，国外含油污泥处理从污泥体积估算、处理标准确定、处理方案设计、处理资质与排放许可、处理设备与操作人员引入和管理等方面，均可能面临一系列问题。

4 对策与建议

4.1 含油污泥资源化

含油污泥的含油率约为 10%～60%，根据我国 HJ 607—2011《废矿物油回收利用污染控制技术规范》有关废矿物油收集、运输、储运、利用和处置过程中的污染控制技术及环境管理要求：含油率大于 5% 的含油污泥、油泥砂应进行再生利用；油泥砂经油砂分离后含油率应小于 2%；含油岩屑经油屑分离后含油率应小于 5%。因此资源化是含油污泥处理的必然趋势。此外，黑龙江省地方标准 DB23/T 1413—2010《油田含油污泥综合利用污染控制标准》更是明确了含油污泥处理处置后可用于农用、铺设油田井场和通井道路，并制定了相应的污染控制指标。因此，在当地法律法规允许的条件下，应将含油污泥处理作为原油生产过程中的一个环节，实现含油污泥资源化。

4.2 历史含油污泥减量化

快速减量化是规避未来产生新的法律风险的关键之一。对于现场已经堆放了大量含油污泥的企业，应及时清理、回收井场的落地油，管线“跑、冒、滴、漏”产生的落地含油污泥，集输站和中心处理站的含油污泥等。应尽快对堆放的含油污泥进行处理或让承包商拉走，避免其被雨水冲刷，扩大污染范围。对于未启动含油污泥处理的企业，应尽快摸清污染数量、分布、油品特征、土壤和地下水性质等，制定含油污泥的整改计划并积极落实整改措施。在考虑自建处理厂之前，还应做好场地调研，摸清自建场地的法律风险，如处理资质、排放许可、排放税和处理后污染物的去向等问题。委托承包商处理时要特别注意跟踪承包商的处理结果是否达到要求并跟踪污染物的去向。新合同签订时应明确双方责任，要求承包商提供政府对最终处理效果的认可文件，同时明确排放税或环保税的缴纳责任。

4.3 新增含油污泥减量化

规范作业流程、加强预防性维护是从根本上解决大量落地含油污泥产生的措施。油气生产企业应执行严格的作业管理程序，尤其要加强承包商作业的环境管理工作，要求生产、作业，特别是清罐环节尽量不产生落地油，一旦产生须马上清理。对钻、修井作业设备设施、罐区、暂存池、油泥池等做好防渗措施，作业配备污油回收罐，防止原油落地。对员工进行环保意识教育和培训，养成良好的作业习惯。此外，对老旧设施与腐蚀严重的管线制定更换计划，加强运维管理，从根本上解决“跑、冒、滴、漏”的问题。

4.4 加强合规管理

面对各国环保法律法规趋严的形势，各企业应注重环境合规管理，在并购、进入新项目之前，开展环境尽职调查工作，厘清土壤和地下水污染的历史责任。项目运行中，严格落实属地责任，加强对承包商的源头与过程监控，遏制承包商环境违规事件。一方面要严格考核，强化承包商监督管理机制；另一方面应建立健全正向激励政策，提高承包商对环境保护的主观能动性。与此同时，企业还应做好油田现场土壤、地下水、废水等的监测工作和环保承包商污染物处理处置的跟踪工作，保存好监测数据和记录作为环境维权的重要证据。此外，作为合规管理的重要部分，应认真分析与政府签订的合同、协议中的环保责任，梳理法律法规和许可要求，厘清企业的环保责任和义务；配备合格的环境管理人员，专门负责合规性管理和环境隐患治理工作；强化合规性评价和 HSE 内审，将合同中的环保条款、环评报告和环境管理计划等的环境管理要求作为重要依据进行评价与审核，确保在项目的设计、施工和运行等全周期内满足合规要求。

参 考 文 献

[1] 岳冰冰，李鑫，任芳菲，等．石油污染地土壤微生物群落的碳源利用特性[J]．应用生态学报，2011，22(12)：3259-3264．

[2] EPA. Semiannual report Of UST performance measures end of fiscal year 2018 [R/OL]．(2018-11-30)[2019-03-08]．https://www.epa.gov/sites/production/files/2018-11/documents/ca-18-34.pdf.2018-11-1.

[3] 刘五星，骆永明，腾应，等．我国部分油田土壤及油泥的石油污染初步研究[J]．土壤，2007，39(2)：247-251．

[4] 马健波．深层石油污染土壤微生物修复技术研究[D]．西安：西安石油大学，2017：1-54．

[5] 环境保护部，国土资源部．全国土壤污染状况调查公报[R/OL]．(2014-04-17)[2019-03-17]．http://www.gov.cn/foot/site1/20140417/782bcb88840814ba158d01.pdf.

[6] 赵敏，张海玲，杨琴．国内外含油污泥处理处置的标准研究：中国环境科学学会学术年会论文集[C]．北京：中国环境出版社，2014．

[7] 宋莉晖，金文彪，李秀珍．油气田地面溢油污染及治理措施[J]．油气田地面工程，1996，15(6)：16-23．

[8] 骆永明．中国土壤环境污染态势及预防控制和修复策略[J]．环境污染与防治，2009，31(12)：27-31．

[9] 李志琳，解宇峰，蒋静艳，等．基于 web of science 数据库近 30 年土壤石油污染研究的文献计量分析[J]．土壤通报，2018，49(4)：1001-1008．

（收稿日期　2019-04-08）
（编辑　王 薇）

（上接第 3 页）

[2] 王眉山，郑毅．中国废弃钻井液处理技术发展趋势[J]．钻井液与完井液，2009，26(6)：77-79．

[3] 赵广宇，白鹤，曹兴涛，等．海上钻井废弃物集中处置技术及工程化应用[J]．环境工程，2016，34(12)：129-132．

[4] 国家海洋环境监测中心．海洋石油勘探开发污染物排放浓度限值：GB 4914—2008[S]．北京：中国标准出版社，2008．

[5] 苏勤，何青水，张辉，等．国外陆上钻井废弃物处理技术[J]．石油钻探技术，2010，38(5)：106-110．

[6] 黄晓东，张晓兰．对钻井废物污染的全过程控制[J]．油气田环境保护，1994(4)：24-27．

[7] 程玉生，张立权，莫天明，等．北部湾水基钻井液固相控制与重复利用技术[J]．钻井液与完井液，2016，33(2)：60-63．

[8] 赵雄虎，王风春．废弃钻井液处理研究进展[J]．钻井液与完井液，2004，21(2)：43-48．

[9] 史贤志，靳明三，郝贺朋．冀东油田废钻井液固化处理技术[J]．钻井液与完井液，2003，20(5)：43-45．

[10] 安文忠，陈建兵，牟小军，等．钻屑回注技术及其在国内油田的首次应用[J]．石油钻探技术，2003，31(1)：22-25．

[11] 张羽臣，岳明，陈毅，等．渤海油田钻井废物处置技术适用性研究[J]．油气田环境保护，2019，29(1)：26-28．

[12] 薛玉志，马云谦，李公让，等．海上废弃钻井液处理研究[J]．石油钻探技术，2008，36(5)：12-16．

[13] 黎金明，陈在君，陈磊，等．苏里格气田废弃钻井液固液分离及回用研究[J]．钻采工艺，2018(4)：89-91．

[14] 赵宏波，李新宝，王冲，等．废弃钻井液固液分离—化学处理技术在长北气田的应用[J]．石油钻探技术，2017，45(3)：48-56．

[15] 李学庆，杨金荣，尹志亮，等．油基钻井液含油钻屑无害化处理工艺技术[J]．钻井液与完井液，2013，30(4)：81-83．

[16] 国家环保局．海洋石油勘探开发污染物排放浓度限值：GB 16297—1996[S]．北京：中国标准出版社，1997．

（收稿日期　2019-02-14）
（编辑　王 薇）