

Analysis on Measures of Soil Pollution in Onshore Oil and Gas Exploitation

Xiaodi Liang

China Petrochemical Company Limited Northwest Oilfield Branch, Korla, Xinjiang, 841000, China

Abstract

In order to protect the soil environmental quality in the oil field production area, based on the analysis of the soil characteristics of the oil and gas industry, this paper proposes to prevent soil pollution through the investigation, investigation, repair and process control of soil pollution hidden dangers, so as to implement the relevant policies and regulations of the state and autonomous region on soil environmental protection and ensure the high-quality development of the oil field.

Keywords

soil; oil field; preventing and controlling pollution

浅析陆上石油天然气开采业土壤污染防治措施

梁小迪

中国石油化工股份有限公司西北油田分公司, 中国·新疆 库尔勒 841000

摘要

为保护油田开采区土壤环境质量, 论文在分析石油天然气行业土壤特征的基础上, 提出从土壤污染隐患排查、调查、修复及过程管控等途径, 预防土壤污染, 以落实国家及自治区土壤环境保护相关政策法规, 保障油田高质量发展。

关键词

土壤; 油田; 污染防治

1 引言

为贯彻落实《中华人民共和国土壤污染防治法》《工矿用地土壤环境管理办法(试行)》, 近年来, 国家及地方出台了一系列土壤污染防治相关法律法规、指南及技术规范文件等, 如《中共中央国务院关于深入打好污染防治攻坚战的意见》《国务院关于印发土壤污染防治行动计划的通知(国发[2016]31号)》《重点监管单位土壤污染隐患排查指南(试行)》。油田的开发建设, 都不可避免地会对作业区内局部范围的土壤产生一定程度的石油污染。在油田勘探、开采过程中, 均能造成一定数量的原油泄漏。如油井溅泄、管道溢漏及难以避免的井喷等临时性事故, 均能将大量原油喷洒到地面, 这些主要发生在油田开发期。进入稳产后, 油田生产过程中的“跑、冒、滴、漏”和早期油污坑的处置不当, 同样也会使油田区域地表形成大面积落地原油和油水混合物。落地原油及油水混合物对水环境、土壤及植被生长都会造成污染和危害^[1]。可见, 随着土壤污染防治的工作深入, 根据

陆上石油天然气开采行业土壤污染特征, 结合国家及地方土壤污染防治政策、规范等要求, 研究陆上石油天然气开采业土壤污染防治措施, 对保障油田高质量发展, 具有积极意义。

2 石油天然气行业产污特征

石油天然气开采是一项包含地下、地上等多种工艺的系统工程。主要包括勘探、钻井、井下作业、油气开采、油气集输和处理、储运, 以及辅助配套工程, 如供排水、供电、供热、自动控制等。油气勘探开发对环境的污染体现在整个开采工程中, 主要表现在勘探、钻井、采油气、集输和井下作业施工等环节。

地震勘探阶段环境污染源主要是放炮震源和噪声源; 钻井阶段的污染源主要来自钻井设备和钻井施工现场以及钻井活动对地下水层穿越的污染隐患。废气主要来自柴油机排出的废气和烟尘; 废水主要由柴油机冷却水、钻井废水、洗井废水及生活污水组成; 废渣主要有钻井岩屑、废弃钻井液及钻井污水处理后的污泥。

井下作业过程中, 由于其工艺复杂、施工类型多, 故其形成的污染源也较为复杂。在压裂施工中, 会产生返排出井管的大量压裂液; 地面高压泵组会产生噪声和振动。在酸

【作者简介】梁小迪(1988-), 男, 中国山东潍坊人, 本科, 工程师, 从事油田环境管理、安全环保方面研究。

化施工中,酸化液与硫化物积垢作用后可产生 H_2S ,造成大气污染;在洗井作业中会产生洗井污水;注水泵组会产生较强的噪声。此外,井下作业施工中的车辆排出的废气也是不可忽视的大气污染源。

在采油气过程中,主要污染源和污染物是原油一同产出的含油污水,另外在油气集输过程中还会有一定量的烃类气体释放和落地原油产生。

在油气集输和储运过程中,主要废水污染是原油脱出的含油污水。主要废气污染为集输过程中损耗烃类气体,还有加热炉、锅炉等产生的燃烧尾气。主要的固体废弃物有从各设备排水时及管线跑、冒、滴、漏排出的油污;脱水沉降罐、油罐、油罐车、含油污水处理厂等设施排出的油砂、油泥、滤料等固体泥状废物。主要噪声源有机泵、电机、加热炉、压缩机等。

2.1 油田开发废气

2.1.1 烃类气体

烃类气体为原油伴生气体,在原油开采、集输过程中很容易挥发和泄漏。主要产生于维修与事故放空、储罐呼吸、管线与设备挥发、落地原油挥发,烃类气体挥发的部位主要有油井、集油阀组间、转油站、联合站、油气管线等。烃类气体主要成分为 $C_1\sim C_5$ 的甲烷烃、非甲烷烃、少量 $C_6\sim C_{14}$ 的烷烃、不饱和烃,是油气开发建设过程中的特征大气污染物,排放方式主要为无组织挥发。

2.1.2 锅炉烟气

锅炉烟气主要来源于油气集输过程中的加热炉、掺水炉、加热缓冲装置和锅炉等。这些加热炉以伴生湿气或处理过的干气(主要是天然气)为燃料,排放的废气中的主要污染物为烟尘、 SO_2 、 NO_x 。

2.1.3 钻井废气

钻井废气主要指钻井工序中柴油机、发电机等设备产生的柴油燃烧废气。

2.1.4 扬尘

项目施工期扬尘主要来自清理土地、推土、土方的运输、装卸等过程,以及施工设备与工作人员在施工场地内的行驶与走动。

2.2 油田开发废水

2.2.1 钻井机械冲洗废水

钻井过程中需要对钻井机械定期进行冲洗,产生的机械冲洗废水包括:冲洗钻井平台、钻具、振动筛、钻井泵的废水,泥浆罐定期清洗废水,冲洗钻井岩屑的废水等。冲洗废水直接排入泥浆池,调节泥浆黏度,循环使用,不排放。冲洗废水中含钻井液高倍稀释后的产物与油类物质,组成有以下几个特征:偏碱性、悬浮物含量高、有机、无机污染物含量高,主要有 CMC、PAM、SMC、磺化酚醛树脂等。

2.2.2 洗井污水

洗井污水主要来自井下作业及注水井的定期洗井。洗

井水主要携带了井底的污染物,含有大量石油类、悬浮物、泥砂、盐、碱、有机物和一些重金属离子等,色度较深,一般呈黑褐色。一般洗井的周期为半年一次,洗井水在洗井车内密闭循环洗井,洗井后废水由罐车拉运到联合站,处理后回注。

2.2.3 作业污水

油井维护作业是油田开发的重要污染环节之一。作业污水产生量与作业频率密切相关,污染主要来自卸井口、油管起下过程,井底油污、污水、废液的返排、冒溢、滴漏等。作业产生的污水全部由井口溢流回收装置和作业污水回收装置进行回收,然后返回油气集输系统,最终进入联合站处理,不排放。

2.2.4 含油污水

采油和油气集输阶段产生的含油污水主要来自脱水站,由于这部分含油污水是随着原油从地层开采出来的,废水中不仅携带有原油,而且在高温高压的地层中还溶入了大量的盐类和气体,具有较高的矿化度。另外,由于在原油脱水过程中,需要加入各种化学添加剂进行破乳、脱蜡等,废水中还含有大量的高分子有机物质。正常情况下,油田的含油污水经处理后全部回注地下,不外排,不会对地表水环境、土壤环境和地下水环境造成一定影响。

2.3 油田开发固体废物

2.3.1 废钻井液

废钻井液主要来自钻井完成后泥浆池的残余泥浆,废钻井液是钻井过程中产生的一种液态细腻胶状物,失水后变成固态物。主要成分是黏土、CMC(羧甲基纤维素)、重晶石和少量烧碱等。

钻井过程中,各单井废弃的钻井液部分回收利用,其余大部分被清运到指定地点集中固化,不能清运的全部封存在各钻井井场的废钻井液池中,进行固化处理。

2.3.2 钻井岩屑

钻井岩屑是钻头破碎岩层产生的。一般情况下,钻屑中含低于 0.2% 的石油,15% 的普通无机物($KCCB$ 、 $Ca(OH)_2$ 、 Na_2CO_3)和 37% 的加重剂。由于一些钻屑来自于地下深层岩石,可能含有有毒有害的特殊重金属。岩屑与废钻井液一同进入泥浆池,最后集中固化或就地固化。

2.3.3 落地原油

落地原油主要污染物是石油类和泥浆杂质,油井产生落地原油量与单井产量和作业频率密切相关,现油田落地原油都进行 100% 回收,不会对环境产生污染。

2.3.4 油泥油砂

采油及油气集输过程中排放的固体废物主要为含油固废。含油固废主要来自油罐、污水沉降罐、三相分离器、游离水脱除器、污水回收池等装置定期清出的油砂和污水处理厂产生的污泥。含油固废中主要污染物为石油类以及其他有害成分,如酚、砷、汞、硫等。

3 石油天然气行业土壤污染特征

石油天然气行业土壤污染途径主要为特征污染物烃类、石油类等污染物通过泄漏、渗漏及大气沉降等途径进入土壤后,会引起土壤理化特性的变化,如堵塞了土壤的孔隙结构,破坏土壤结构,使土壤的透水性降低;其富含的反应基能够与土壤中的无机氮、磷结合并限制硝化作用和脱磷酸作用,从而使土壤的有效磷、氮含量减少,导致土壤有机质的碳氮比(C/N)和碳磷比(C/P)的变化,由于这些变化,一方面恶化了土壤微生物的生存环境,另一方面石油自身对土壤中微生物也具有一定的负面影响,进而导致了反映土壤活性的微生物数量减少,微生物群落和微生物区系发生变化,使得未污染的土壤环境中微生物的五大功能明显降低,土壤的活性降低甚至没有活性,对作物生长发育产生不利的影响。其主要表现为:发芽出苗率低,生育期限推迟,贪青晚熟,结实率下降,抗倒伏、抗病虫害的能力下降等,进而直接导致粮食的减产,同时通过食用生长于该土壤的植物及其产品会直接影响到人类的身体健康。石油类在作物及果实部分主要残留的毒害成分是多环芳烃,它对于人和动物的毒害最大,尤其是双环和三环为代表的多环芳烃毒性更大。多环芳烃类物质可通过呼吸、皮肤接触、饮食摄入等方式进入人和动物的体内,影响其肝、肾等器官的正常功能,甚至导致癌变。另外,石油类物质还通过地下水的污染以及污染物的转移构成对人类生存环境多个层面上的不良威胁^[2,3]。

4 土壤污染防治措施

4.1 开展土壤隐患排查

依据《重点监管单位土壤污染隐患排查指南(试行)》,针对生产经营活动中涉及有毒有害物质的场所、设施设备,

每2~3年开展一次土壤隐患排查。重点监管单位可结合行业特点和生产实际,优化调整排查频次和排查范围。对于新、改、扩建项目,应在投产后一年内开展补充排查。

4.2 开展土壤调查与风险评估

根据《工矿用地土壤环境管理办法(试行)》,重点单位新、改、扩建项目,应当在开展建设项目环境影响评价时,按照国家有关技术规范开展工矿用地土壤和地下水环境现状调查,编制调查报告,并按规定上报环境影响评价基础数据库。重点单位通过新、改、扩建项目的土壤和地下水环境现状调查,发现项目用地污染物含量超过国家或者地方有关建设用地土壤污染风险管控标准的,土地使用权人或者污染责任人应当参照污染地块土壤环境管理有关规定开展详细调查、风险评估、风险管控、治理与修复等活动。

4.3 对污染场地采取风险管控与修复措施

近年来,世界各国开始重视污染土壤的治理技术,按照处理过程中起主导修复作用的处理技术所采用的方法,可以将现有土壤污染的修复技术简单地分为三大类,即物理修复方法、化学修复方法和生物修复方法,见图1。

由于污染的条件不同,造成石油污染土壤的污染程度、污染物的性质差异较大,同时,由于各种环境条件和技术成熟程度的限制,使各种处理技术的实用性也受到了一定的限制。在某种条件下比较有效的处理技术可能在另外一种条件下不适用,在具体的应用过程中,单纯依靠一种方法或技术是难以实现污染土壤的清洁和修复,并使土壤恢复自然属性,通常需要采取物理、化学和生物及工程方法进行综合治理。因此需要根据调查与风险评估结果,确定合适的技术路线,以达到降低处理费用、缩短处理周期和提高处理效果的作用。

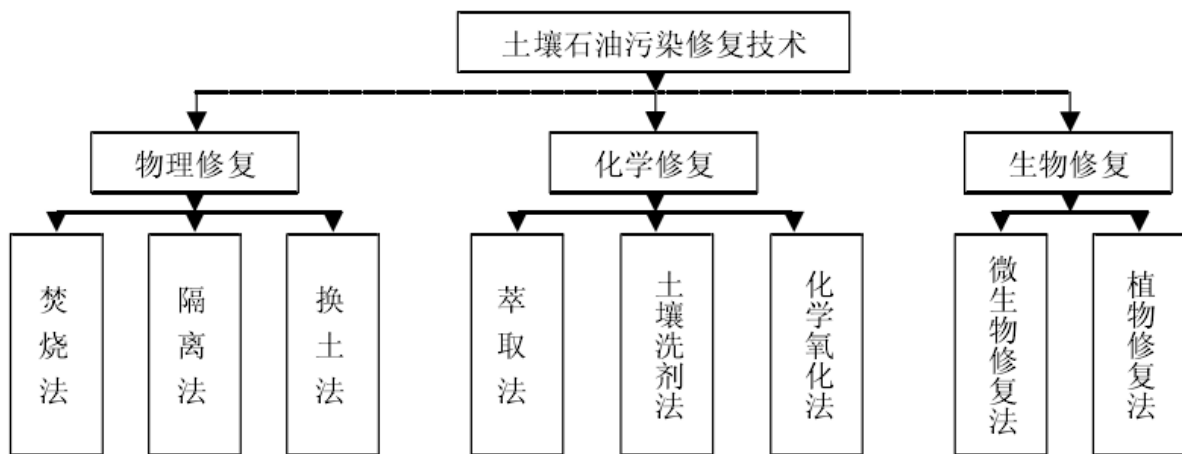


图1 土壤污染修复技术

4.4 强化土壤污染途径管控

根据 HJ964—2018《环境影响评价技术导则 土壤环境（试行）》，土壤污染途径主要包括：“大气沉降”主要指由于生产活动产生气体排放间接造成土壤环境污染的影响途径；“地面漫流”主要指由于占地范围内原有污染物质的水平扩散造成污染范围水平扩大的影响途径；“垂直入渗”主要指由于占地范围内原有污染物质的人渗迁移造成污染范围垂向扩大的影响途径。结合油气田开采工艺特征，建议采取如下措施。

4.4.1 “大气沉降”途径阻断措施

开展了 LDAR 工作。对挥发性有机物（VOCS）泄漏密封点、储罐、装卸点、敞开液面识别排查、核验的基础上，依据《挥发性有机物（VOCS）泄漏密封点识别排查核验检测台账》，开展 VOCs 泄漏密封点检测工作，为 VOCs 治理修复工作提供数据支撑。

各井场采出原油集输采取密闭集输工艺，选用先进的生产工艺及设备，在正常生产情况下尽可能地减少非甲烷总烃逸散排放。运营期，站场、井场加热炉确保达标排放。

4.4.2 地面漫流”途径阻断措施

对采出水采取密闭集输措施，处理达标后，回注地层；对重点罐区、重点设施及区域，采取设置围堰、地面硬化等措施。

4.4.3 “垂直入渗”途径阻断措施

对重点区域（天然气处理装置区、天然气处理装置区、污水治理区、储罐区、原辅材料储存区、井场、加热装置区

等重点区域）采取防渗措施；油气密闭集输。对管线刺漏造成的土壤污染进行了及时清运，治理，减少扩散范围，降低土壤污染风险。作业区产生的含油污泥、压滤泥饼、废矿物油等危险废物，第一时间进行转运处理。

4.5 开展土壤、地下水自行监测

根据 HJ819—2017《排污单位自行监测技术指南总则》、HJ964—2018《环境影响评价技术导则土壤环境》、HJ610—2016《环境影响评价技术导则 地下水环境》《在企业土壤及地下水自行监测技术指南》等相关技术规范对土壤、地下水进行跟踪监测。

5 结语

随着土壤污染防治工作的深入，企业面临更多的监管，通过油气田土壤污染特征分析，研究提出从开展土壤隐患排查、开展土壤调查与风险评估、对污染场地采取风险管控与修复措施、开展土壤、地下水自行监测等途径防治土壤污染，落实土壤污染防治政策、法规及技术规范等要求，对指导油田开展土壤环境保护工作具有积极意义。

参考文献

- [1] 兰文辉.目前新疆境内油田主要环境问题与对策[J].干旱环境监测,2002,16(2):79-81.
- [2] 任磊,黄延林.土壤的石油污染[J].农业环境保护,2000,19(6):360-363.
- [3] 陆秀君,郭书海,孙清,等.石油污染土壤的修复技术研究现状及展望[J].沈阳农业大学学报,2003,34(1):63-67.