

国外油气勘探开发新进展丛书

GUOWAIYOUQIKANTANKAIFAXINJINZHANCONGSHU



石油工程环境保护

Environmental control in petroleum engineering

[美] 约翰 C. 赖斯 著

中国石油大学(北京)石油工程学院海外研究中心 译



石油工业出版社

国外油气勘探开发新进展丛书(八)

石油工程环境保护

[美] 约翰 C. 赖斯 著
中国石油大学(北京) 石油工程学院海外研究中心 译

石油工业出版社

内 容 提 要

本书针对钻井和采油过程中的废弃物对环境产生不良影响的现状,对污染的防治提出了具体的预防措施和处理方法。其内容包括钻井与采油的过程简介,污染物的分类和性质,污染物的运输、处理,污染区的补救以及对环境保护规划的建议。

本书适合于石油钻井和采油的管理者、员工,石油和环境保护领域的工作者、研究者阅读。

图书在版编目(CIP)数据

石油工程环境保护 / (美) 赖斯著; 中国石油大学
(北京) 石油工程学院海外研究中心译. —北京: 石油
工业出版社, 2011. 3

(国外油气勘探开发新进展丛书)

书名原文: Environmental Control in Petroleum Engineering

ISBN 978 - 7 - 5021 - 8092 - 8

I. ①石… II. ①赖… ②中… III. ①石油工程—环
境保护 IV. ①X322

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 009326 号

Copyright © 1996 by Gulf Publishing Company, Houston, Texas. All rights reserved.
Printed in the United States of America. This book, or parts thereof, may not be reproduced
in any form without permission of the publisher.

本书经 Gulf Publishing Company 授权翻译出版, 中文版权归石油工业出版社所有, 侵权必究。
著作权合同登记号图字: 01 - 2008 - 1474。

出版发行: 石油工业出版社

(北京安定门外安华里 2 区 1 号 100011)

网 址: www.petropub.com.cn

编辑部: (010) 64523562 发行部: (010) 64523620

经 销: 全国新华书店

印 刷: 石油工业出版社印刷厂

2011 年 3 月第 1 版 2011 年 3 月第 1 次印刷

787 × 1092 毫米 开本: 1/16 印张: 10.25

字数: 242 千字

定价: 38.00 元

(如出现印装质量问题, 我社发行部负责调换)

版权所有, 翻印必究

《国外油气勘探开发新进展丛书（八）》

编 委 会

主 任：赵政璋

副 主 任：赵文智 张卫国

编 委：（按姓氏笔画排序）

马 纪 王平双 刘德来

何保生 何顺利 冷鹏华

张仲宏 张烈辉 周家尧

顾岱鸿 章卫兵

序

为了及时学习国外油气勘探开发新理论、新技术和新工艺，推动中国石油上游业务技术进步，本着先进、实用、有效的原则，中国石油勘探与生产分公司和石油工业出版社组织多方力量，对国外著名出版社和知名学者最新出版的、代表最先进理论和技术水平的著作进行了引进，并翻译和出版。

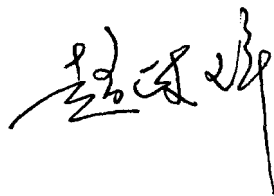
从2001年起，在跟踪国外油气勘探、开发最新理论新技术发展和最新出版动态基础上，从生产需求出发，通过优中选优已经翻译出版了7辑40多本专著。在这套系列丛书中，有些代表了某一专业的最先进理论和技术水平，有些非常具有实用性，也是生产中所亟需。这些译著发行后，得到了企业和科研院校广大生产管理、科技人员的欢迎，并在实用中发挥了重要作用，达到了促进生产、更新知识、提高业务水平的目的。部分石油单位统一购买并配发到了相关的技术人员手中，例如中国石油勘探开发研究院最近就购买了部分实用手册类图书配发给技术骨干人员。同时中国石油总部也筛选了部分适合基层员工学习参考的图书，列入“千万图书送基层，百万员工品书香”活动的书目，配发到中国石油所属的基层队站。该套系列丛书也获得了我国出版界的认可，三次获得了中国出版工作者协会的“引进版科技类优秀图书奖”，产生了很好的社会效益。

2010年在前7辑出版的基础上，经过多次调研、筛选，又推选出了国外最新出版的6本专著，即《海上井喷与井控》、《天然气传输与处理手册》、《石油（第六版）》、《气藏工程》、《石油工程环境保护》、《现代石油技术（卷一：上游）（第六版）》，以飨读者。

在本套丛书的引进、翻译和出版过程中，中国石油勘探与生产分公司和石油工业出版社组织了一批著名专家、教授和有丰富实践经验的工程技术人员担任翻译和审校人员，使得该套丛书能以较高的质量和效率翻译出版，并和广大读者见面。

希望该套丛书在相关企业、科研单位、院校的生产和科研中发挥应有的作用。

中国石油天然气股份有限公司副总裁



目 录

1 概述	(1)
1.1 环境问题概述	(1)
1.2 一种新的看法	(6)
2 钻井与采油	(10)
2.1 钻井	(10)
2.2 采油	(22)
2.3 气体排放	(32)
3 钻井和生产作业对环境的影响	(41)
3.1 毒性测定	(41)
3.2 烃类	(44)
3.3 盐	(53)
3.4 重金属	(56)
3.5 化学产品	(59)
3.6 钻井液	(66)
3.7 生产用水	(70)
3.8 核辐射	(70)
3.9 空气污染	(74)
3.10 噪声的影响	(74)
3.11 海上平台的作用	(74)
3.12 风险评估	(75)
4 石油工业废弃物的环保型运输	(82)
4.1 表面扩散途径	(82)
4.2 地下扩散路径	(82)
4.3 大气传播路径	(83)
5 环境保护规划	(85)
5.1 环境审计	(85)
5.2 废弃物管理计划	(87)
5.3 废弃物管理行为	(88)
5.4 处理工艺的认证	(94)
5.5 应急预案	(94)
5.6 员工培训	(95)

6 废弃物处理方法 (100)

6.1 水处理 (100)

6.2 固体废弃物的处理 (106)

6.3 废气的处理 (110)

7 废弃物处置方法 (116)

7.1 地面处理 (116)

7.2 掩埋处理 (118)

8 污染区的补救 (124)

8.1 井场评价 (124)

8.2 补救方法 (126)

附录 A 环境保护法规 (132)

附录 B 生态环境的敏感性 (146)

附录 C 海上石油泄漏问题 (147)

1 概述

石油工业上游的勘探开发过程为我们生活中的各行各业,如交通运输、发电、供暖、制药及石化产品加工提供了基础原料,可以说,石油为提高我们的生活水平做出了巨大贡献。然而,石油勘探和开发会对生态环境产生危害,主要表现为向环境中排放了过量的废弃物,使环境中该物质的浓度超过其环境本底值,破坏了生态平衡。这些废弃物包括烃类物质、含烃固体物质、含有多种可溶及悬浮颗粒物的污水以及各种化学物质。在这些物质中,有些对环境有严重的危害,有些影响则很小,还有些对环境却是有利无害的。实际上,很多情况下,通过对废弃物进行合适的处置和管理,可以减少甚至消除这些危害。

对于工业生产而言,减少环境危害的重要环节是对生产操作采取前瞻性预防措施,并了解那些会对环境造成危害的生产活动。这些前瞻性预防措施包括培养环境责任感——不仅局限于遵守相应的规章制度,更注重在生产生活中切实做到保护环境。

1.1 环境问题概述

为降低油气勘探和开发对环境产生的危害,需对石油工业上游涉及的复杂问题有一定的理解和掌握,包括污染物的产生过程及其潜在的环境危害、污染物的迁移机制与途径、废弃物管理的有效手段、减少污染物体积或毒性及最终处置方法、被污染地带的修复手段和所有适用的规章制度。

1.1.1 污染物的来源

与石油生产有关的一系列活动都会产生污染物,一般被分为污水、钻井污染物和伴生污染物3类。在美国,每年产生的生产性污水达到 $210 \times 10^8 \text{ bbl}$ [$1 \text{ bbl}(\text{美}) = 158.99 \text{ L}$] (Perry 和 Gigliello, 1990),生产污水约占污染物总量的98%,而钻井液和岩屑占2%,其他的伴生废弃物只占总体积的千分之几(美国石油学会,1987)。一般来讲,在钻井过程中每钻 1 ft ($1 \text{ ft} = 0.3048 \text{ m}$)会产生几桶钻井液和岩屑。1992年,美国共钻井 115903000 ft (美国石油学会,1993),产生钻井废弃物 $3 \times 10^8 \text{ bbl}(\text{美})$ 。

生产污水中通常含有杂质,而且在杂质浓度较大的情况下会危害环境。这些杂质包括可溶性固体物质(主要是盐类和重金属)、悬浮及可溶有机物、地层固体、硫化氢、二氧化碳以及少量氧气(Stephenson, 1992)。另外,还含有微量天然的放射性物质或者称为 NORM (Gray, 1993)。除了这些天然存在的杂质外,为了改变污水的化学性质,经常人为加入一些化学添加剂,如:絮凝剂、防腐剂、破乳剂、分散剂、石蜡控制剂和阻垢剂。此外,水驱过程产生的污水会含有一些在初始阶段加入地层中的化学剂,例如:酸、除氧剂、表面活性剂、降阻剂和除垢剂等,这些化学物质是在初始阶段注入地层中的(Hudgins, 1992)。

钻井污染物包括地层岩屑和钻井液。水基钻井液常含有黏度控制剂(如黏土)、密度控制剂(如硫酸钡或重晶石)、抗凝剂(如木质素磺酸铬或褐煤)、腐蚀剂(氢氧化钠)、防腐剂、润滑剂、堵漏剂和地层配伍剂。油基钻井液含有基质烃类和一些化学物质以维持其油水乳配性,最常用的基质烃类是柴油,其次是低毒矿物及合成油。钻井液的特点是含有重金属,如:钡、铬、

钙、镁和铅,这些重金属具有典型的生物不可利用性,其来源可能是人为添加物质或者是钻遇的地层中天然存在的。Bleier 等人针对钻井污染物对环境的影响进行了广泛的论述(Bleier, 1993)。

除生产污水与钻井污染物之外的第三类污染物统称为伴生污染物。伴生污染物包括在设备表面和罐体底部堆积的淤泥和固体、井内废弃物、水软化剂废液、洗涤废弃物、压裂酸化等增产措施产生的废弃物、天然气脱水脱硫过程中产生的废弃物、运输过程中的废弃物以及偶然泄漏可能造成的污染等。

与石油工业相关的另一种废弃物是废气的排放。排放的废气主要来源于内燃机的燃烧,内燃机用于驱动钻机、泵、压缩机以及其他油田设备。锅炉、蒸汽锅炉、天然气干燥器和分离器等也会产生废气。此外,从放气阀和接头泄漏的易散排放物质也会释放出大量的挥发性污染物。

很多人认为大规模的海洋石油污染与石油的勘探开发有关,这种说法不够准确。据估计,每年以各种途径进入海洋的石油总量约为 320×10^4 t,表 1-1(国家研究委员会,1985)给出了这些不同来源的石油所占的比例,主要是由油轮运输泄漏造成的,而海上平台油气开采排入海洋中的石油占总量的不到 2%。

表 1-1 海洋石油污染的来源

来源	数量(10^6 t/a)	来源	数量(10^6 t/a)
天然来源	0.25	非油轮事故	0.02
海底油苗	0.2	大气迁移	0.3
沉积冲蚀	0.05	城市源与工业源	1.18
海上生产	0.05	城市垃圾	0.7
运输	1.47	炼油厂	0.1
油轮	0.7	非炼化工业废弃物	0.2
干船坞	0.03	城市排放	0.12
码头	0.02	河流排放	0.04
舱底油和燃料油	0.3	海洋倾倒	0.02
油轮事故	0.4	总计	3.2

1.1.2 污染物对环境的影响

衡量石油污染物对环境的影响,主要是看其对暴露在其中的生物的毒性的,通常用半数致死浓度来表示,即在给定的时间内,能够使暴露在其中的生物死亡一半时的浓度。进行毒性测试采用的暴露时间各不相同,但一般情况下为 96h。海水测试,一般采用糠虾或羊头鱼;而在淡水中,一般采用胖头鱼或虹鳟鱼来进行测试。

导致一半暴露生物死亡的浓度称为半数致死浓度,以 LC_{50} 表示。 LC_{50} 值高表明需要较高浓度的该物质才能导致一半生物死亡,也就是说该物质的毒性比较低。另一种毒性量度为半数

效应浓度,以 EC_{50} 表示,指暴露生物有一半出现亚致死效应时的浓度。再有就是最低无抑制浓度 ($NOEC$),低于这个浓度,就观察不到任何效果。

水中含有的烃类物质对环境的危害各不相同(国家研究委员会,1985)。芳香烃的毒性相对较高,而直链烷烃的毒性相对较低,石油工业中多数芳香烃(苯、甲苯、二甲苯和乙苯)的 LC_{50} 值都在 10 个 ppm^① 左右。部分海洋生物在水中烃类物质浓度低于 1mg/L 时,就会出现亚致死效应。而高相对分子质量链烷烃通常是没有毒性的。无论是天然渗出还是设备泄漏的烃类物质在与周围生态系统慢性接触的过程中,是不会产生长期或中期危害的,一旦清除污染源,生态系统便会自我修复。目前,并没有发现偶然的大量油气泄漏或是慢性输入会对大范围的海洋资源造成不可修复的危害,但油气泄漏会对海洋产生短期危害,同时海洋自身可以并且一直在进行自我修复。

烃类污染还可抑制植物生长,当土壤中污染物含量超过其重量的 1% 时,就会产生抑制作用,而较低含量的烃类物质又会反过来促进植物的生长(Deuel,1990)。另外,油气泄漏事故也会危害暴露于其中的高等生物,比如,靠毛皮或羽毛维持体温的海洋动物,其身体可能被油包裹住,导致体温过低而死亡,或者在理毛及进食过程中摄入致命数量的烃类物质而导致死亡。

含盐量很高的生产污水,也会危害环境。一般情况下,污水中的含盐浓度大概在 50000 ~ 150000ppm,而海水中的含盐浓度约为 35000ppm。溶解的盐类物质会降低植物从土壤中吸收水分和营养的能力,也会改变土壤结构,进而阻碍氧气和水向植物根系的转移。水中含盐浓度低于 2500mg/L 时,对大多数植物危害较小(Deuel,1990),淡水生物的盐类半数致死浓度在 1000ppm 左右(Mount 等,1993)。

钻井液的成分不同,其毒性也不同。含有少量石油烃的水基钻井液的毒性(LC_{50})一般为几千 ppm,而聚合物钻井液的 LC_{50} 值可能会达到一百万 ppm,这就意味着在测试期间内,测试物种的死亡率会低于 50%。

在上游石油工业中发现的重金属的毒性也各不相同,许多重金属的毒性取决于与酶的相互作用,这些酶可以限制或停止细胞中正常的生物化学过程。重金属对机体的损害多为破坏肝脏、肾脏、生殖系统、造血系统及神经系统的正常功能,对于某些金属,影响还可能包括变异和肿瘤。不同的重金属在饮用水中的允许浓度不同,一般低于 0.01mg/L。排放出的海上钻井液中的重金属可以快速地与海水中大量的硫酸根结合,形成硫酸盐沉淀沉积在海底,这一过程使得重金属无法进入生物体内进行生物积累或消耗。

NORM 产生的核辐射会破坏细胞的化学性质并改变其基因结构。然而,在多数情况下,NORM 辐射远远低于其他自然或人为辐射,不会产生严重的健康危害(Snavely,1989)。

各种油田化学剂也会对生态环境构成危害。油田化学剂的毒性从高毒性到无毒变化很明显,然而,在大多数情况下,油田化学剂的浓度都低于有毒的水平(Hudgins,1992)。

大气污染的主要危害是使人类和动物呼吸困难、破坏植被以及酸化土壤,其中,硫化氢的排放会导致暴露其中的生物死亡。

1.1.3 污染物的迁移

大多数情况下,污染物停留在排放源时对环境危害最小。但实际上,大多数污染物都会

① ppm:表示百万分之一浓度,相当于 $\mu\text{g/g}$ 或 mL/m^3 。本书在翻译时保留了此表示方法。

从排放源迁移,从而危害更广的区域。污染物的主要迁移途径是依靠地下水,凭借水力梯度进行迁移;而对于排放到海洋中的污染物而言,其迁移多受季风和洋流的影响;大气污染物则主要随风迁移。迁移作用使污染物扩散到更大的范围,从而降低了排放源污染物的浓度及危害性。

1.1.4 废弃物管理

降低钻井和采油作业对环境的负面影响最有效的方法是制定并执行有效的废弃物管理规划。废弃物管理规划内容包括:在特定地点识别原料及废弃物,并提出最佳方法以管理、处理及处置废弃物等方面的内容(Stilwell, 1991; 美国石油学会, 1989)。此外,规划还应包括环境审计的内容,以判断现有的行为是否符合相关的法律法规(Gudkian 等, 1993)。

有效的废弃物管理方法包括多个优先实施等级。第一步通常也是最重要的步骤,即尽量减少和降低所需处理的污染物的数量和毒性。这需要时刻谨慎地控制化学药品的库存,改变作业方式以减少损失和泄漏,及时维修、更新设备以尽可能地产生较少废弃物,改变工艺力求减少甚至杜绝有毒废弃物的产生。

第二步是对废弃物进行再利用或再循环。如果废弃物中含有有价值的组分,可以将这些组分分离出来并加以回收利用,不能重复利用或回收的废弃物必须进行处理并清除掉。书面的废弃物管理规划要对每一处产生的所有废弃物处理方法都有完整的描述,并要求每一位参与废弃物管理的人员都能够有效地掌握。Thurber(1992), Derkies, Sounder(1993)以及 Savage(1993)列出了废弃物管理等级实施的具体实例。

在大多数情况下,减小伴随废弃物产生的所有风险与危害所需要的资金常受到经济条件的限制,谨慎的管理方法是将有效的方法集中应用于对公司的经济健康和环境引起最大风险的活动上。风险评估研究(Sullivan, 1991)可以对与各种废弃物管理方法相关的风险进行量化和分级。正确的管理方法可以使钻井和采油作业带来的环境风险及危害降到较低的水平。

1.1.5 废弃物处理方法

大部分废弃物在排放前均需进行相关处理。处理方式包括减小体积、降低毒性以及改变其迁移能力等。不同的废弃物处理方法也不同,处理成本差别也很大。然而,处理方式的选择是以是否符合相关规章制度为前提的,并非局限于处理成本。

废弃物处理中最重要的一步是将废弃物按照它们的组成成分(固体、流体和烃类污染物等)进行分离。这个过程将废弃物中高毒性成分隔离在较小空间内,同时可以以较低的成本处理其他低毒成分。分离的主要步骤以正确地选择和操作设备为基础,例如对振动筛、分离罐和热处理器的选择,应用旋流除砂器、压滤器、天然气浮游系统或沉降式离心机(Wojtanowicz 等, 1987)可以提高分离效果。在干旱地区,可以通过蒸发及渗滤等作用使废弃物脱水。

有很多方法可以处理钻屑、产出固体和土壤等含烃固体废弃物。固体物质可以通过高速水流的冲击搅拌作用,实现净化,此过程中也可添加表面活性剂。另外,固体物质也可以与吸油材料如煤、活性炭等混合在一起,这样,所含的烃类物质就会吸附在这些吸油材料上以实现分离,而在后面的浮选过程中,凭借密度上的差异,又可以将上述混合物进行分离。生物修复法也可去除固体污染物中的烃类物质,这种方法是目前新出现的方法,有着广阔的应用前景。还有一些其他处理方法,包括蒸馏、溶剂萃取、焚烧和临界或超临界液体萃取法等。

非烃类液态污染物的处理方法有很多,包括离子交换法、沉淀法、反渗透法、蒸发或蒸馏

法、生物降解、中和作用以及固化作用。这些处理过程可以去除溶解在水中的固体颗粒,或将其包裹在其他的固体中,以避免在随后的处理过程中滤出。

1.1.6 废弃物的最终处置

石油工业的废弃物处理方法有很多种,但根据废弃物的种类、组分和处理规则的不同,所采用的处理方法也不同。

对于含水废弃物最常用的处理方法是将其注入二级井内。如果废水的质量能够达到或优于规定的标准,那么在某些地区允许将其排放到地表水中。

固态废弃物主要的处置方法是填埋法或者覆盖于地表。在处置之前必须分离出所有的游离液体,可以通过机械分离、蒸发作用或加入固化剂等方法实现。在这些具有挥发性、渗滤性的组分被彻底清除前,是不允许进行陆地处理的。另外,此类处理方法又可分为原地处理与异地处理,二者皆可使用。在某些地区,向地下注入泥浆也可以作为处置固体废弃物的一种方法。

1.1.7 污染区的修复手段

合理净化方法的选择取决于污染物和污染区的特点,最易受到污染的地点是那些接触泄漏烃类和包含原来钻井液的土壤。

污染区净化的方法有很多。对于流动烃,可以采用钻井或挖沟,将烃类与地下水一起抽到地面再进行处理的方法除去。对于挥发性烃类,可以通过注入空气和(或)抽真空使其汽化的方法除去。此外,也有通过加热处理、添加表面活性剂以及生物修复等方法处理地下烃类物质的研究。溶解于水中或者挥发到空气中的烃类,可以用过滤或者活性炭吸附的方法进行处理。然而,在某些情况下,要想完全去除污染物还需要在异地进行处理。

1.1.8 环境法规

20 世纪 80 年代,为了满足降低环境风险的需要,规范钻井及采油作业的规章制度日趋增加,上游石油工业的运作也发生了重大改变,对于违反有关规定的行为,会不同程度地受到经济与刑事制裁。因此,这也无形之中加大了石油工业的生产成本。

在美国,一系列环境法规影响着石油勘探开采作业(Gilliland,1993;州际石油契约委员会,1990)。下面的内容简单地介绍一下这些法规,更多叙述见附录 A。

资源保护及恢复法(RCRA)标题中的“C”对丢弃物品(如垃圾)的储存、运输、处理及有害物质的最终处置等相关内容作了规定。法规中对有害物质,诸如具有高活性、腐蚀性、可燃性及毒性物质的范围作了界定,并将其按名称分类列出。但是,多数上游石油工业的废弃物不属于这一法规管辖范围。

美国政府已经批准了安全饮用水法以保护地下饮用水源(USDW),这一法规约束了污染 USDW 的活动,尤其针对提高原油采收率和进行污水处理的注水井及报废井的填塞,该法案要求所有注水井有规律地进行机械完整性测试。

清洁水法禁止把废弃物(尤其是原油)排放到地表水或者可能流入地表水的污水中。法规还要求操作者备有针对泄漏事故的应急预警机制及对策(SPCC),从而将泄漏事故所造成的环境危害降至最低。

清洁空气法限制了废气的排放,包括内燃机排放的废气、易挥发的废气以及锅炉废气。另外,法案还列出了废气控制中需要用到设备型号等详细信息。

综合环境反应、赔偿和责任法(CERCLA 或超级基金法)的制定有助于辨别危害人类健康

等有害废弃物的存放地点,并为受害方制定了治理和索赔程序。该法案的修订案和二次授权法(SARA)规定,储存有害物质的单位必须有一份书面的关于有害物质的库存记录,并且将该记录移送当地政府。原油未包含在该法案中,但是许多其他 RCRA 中认为有害的废弃物却在本法案控制范围内。

目前,针对环境法规附加到原油勘探和生产过程中的潜在成本已有研究报道(Godec 和 Biglarbigi, 1991; Perkins, 1991)。基于对环境法规的解释和执行情况的分析得出,实施环境法规制度后,原油生产损失可以达到无环境法规限制情况下的 50%。在美国,如果将环境法规附加的经济成本按现有的生产水平平均,那么,生产每桶原油的成本会增加几美元左右。

1.2 一种新的看法

我们都是环保主义者,我们都希望生活在干净的环境中、饮用干净的水、呼吸清新的空气,梦想生活在一个远离危害的舒适的环境中。同时,我们也希望能享有廉价的能源带给我们的便利,我们需要驱动汽车、发动飞机,希望能够在家里用着电灯和电器,保持房子冬暖夏凉,还需要以烃类物质为原料生产的药品和塑料制品等。然而,通常保持洁净环境与享受能源带给我们的好处二者是相互矛盾的。为了发动汽车,我们必须勘探、生产和转运原油,而方便地利用廉价能源,也需要在国内建设强有力的石油工业。

勘探开发过程通常会伴随着污染环境的风险,但人类许多活动都存在着风险,这就需要在风险与利益之间选择一个合适的平衡点。幸运的是,几乎所有的上游石油工业活动中,都可以通过选择有效的技术手段来减少或者消除对环境的危害,但许多这类技术手段都由于费用昂贵而受到经济条件的限制。

本着对环境负责的态度,石油生产的关键就是在项目开始前,预测存在的任何环境风险,并制定有效的措施来减少或消除危害。第一步是进行宣传教育。石油工程师、地质学家和管理者们必须理解所从事的事业在社会中占的位置。所有企业,包括石油公司在内,都是应大众需要而存在的。如果社会不允许某种行业存在,那么可以使用法律、诉讼手段或经济抵制等方法令其关停。遗憾的是,社会加于某些工业的压力并不是源于正确的信息,许多现有法规是以政治为基础的,对于保护环境和人类健康起到的作用非常有限,然而推行这些法规却花费了大笔的开支。

过去几十年来兴起的环境保护运动促使出台了一些法规,这些法规对上游石油工业的运作有着深刻的影响。这些法规被强制执行是因为公众不再相信企业会约束自己,自主地保护环境。对企业的不信任,一部分有案可查,而另一部分是由于极端环境主义者散播错误信息及一些媒体为了自身利益而歪曲了事实所致。

无论是何种原因导致了公众不相信石油行业有能力以环境友好的方式进行生产运作,石油企业都必须适应并学会如何在环境法规日益严格的条件下生存。环境保护运动已经兴起,并且必须要进行下去,过去的那种商业模式已经一去不复返了,这是人们观念上的一个根本转变。然而,仅仅依靠法律手段是不够的,人们必须建立保护环境人人有责的思想,不管环境法规是否存在,在所有人类活动中都要肩负起保护环境的责任。

建立有效的环境法规关键在于要以准确的科学信息为基础。一旦一个企业发生了环境诚信危机,即使是由于过去行为造成的,那么任何关于该企业现有的生产活动对环境影响的准确信息都会失去可信性。对于企业来说,这种后果的代价是非常沉重的,而对于保护环境却没有

起到任何作用。

对于低盈利水平的项目来说,可用于环境保护的资金是很有限的,同时这些有限资金又要尽可能在环境保护方面取得最大的成效。不完善的法规体制,可能会将有用的资金用于对环境保护没有作用的地方上,导致成本增加、使许多边缘项目亏损、减少工作岗位、产值下降等。因此,不完善的法规制度加大了能源利用与环境保护之间的矛盾。

下面的假设情形描述了对环境法规规定内容的误解和误传如何造成了一个企业的经济崩溃:

一家公司就一个项目提交排放申请,并且报告说某种特殊化学物质的排放浓度是 75×10^{-3} ,结果这份排放申请由于排放物浓度过高而遭到了拒绝。于是该公司投入了数万美元来升级废弃物处理系统,并且将该化学物质的浓度降低到了 75×10^{-6} ,这份申请又以同样的理由遭到了拒绝。该公司又投入了数百万美元安装了最先进的废弃物处理设备,并且将该化学物质的浓度降低到了 75×10^{-9} ,可是排放申请仍然因为排放物浓度过高而遭到了拒绝。接下来,该公司投资数十亿美元用于研究开发新的废弃物处理方法,将排放物浓度降到了 75×10^{-12} ,不料,排放申请再一次被拒绝。此时,该企业为了遵守环境法规已经倾其所有,已经濒临破产被迫出局,当他们向排放申请部门询问为何他们的排放申请屡遭拒绝时,只是简单的被告知:75 就是太高了!

该故事说明立法部门没有以合理的科学规律为依据制定法律法规,同时,批准该法律的人又缺少对环境科学规律的正确理解,但是管理机构必须在该法律范围内进行日常管理,这是一个可悲的事实。

美国的核工业就是在环境信息误传所带来的社会压力下停止了。而实际上,核电站带来的环境风险要远远小于其他发电方式,比如火力发电(煤),但这些方式却比核反应方式易于被公众接受。如果公众对国内石油工业完全丧失了信心,那么石油工业也会被摧毁。一旦发生,原油及石油产品的进口都要急剧增加,更可笑的是,原油运输对环境造成的危害会远远大于国内石油工业对环境的危害。

过去,石油工业应对新的环境法规的方法是尽可能通过改变操作技术以达到排放标准,符合环境法规的要求。但是,现在的环境法规复杂多变,这种方法已经不适用了,甚至完全遵守现在的环境法规,会成为以后的负担。

对于石油工业来说,或许现在能做的并且最重要的事情就是采取一种符合公众意愿的工作态度,不再将环境管理部门视为敌人,而应该是合作者,大家共同努力,在进行原油生产的同时,保证经济与环境和谐发展。反过来,管理部门不仅仅是施加政治压力,也应该以正确的科学信息为依据来制定环境法规,做好本职工作。另外,管理者、石油工业者及各阶层公众之间的相互学习,对提高环境责任感、进行经济有效的操作有着重要的作用。

这种合作关系需要原油勘探开发中所涉及的各方之间的相互合作、团队协作,讲承诺、讲信用以及彼此之间相互信任,其中包括公司经理、工程师、地质学家、承包商、转包商、工人、管理部门、执法部门及立法部门等相关人员。所有与环境相关的活动必须强调环境保护意识,符合环境保护的原则和宗旨,而不是想着如何逃避保护环境的责任,环保意识必须融入每一个人的日常工作中。

目前,美国石油学会的会员单位已经将这种环境保护责任制思想作为一套基本原则固定

下来了,称之为石油生产中的环境保护责任制指导原则。

石油生产中的环境保护责任制指导原则^①:

- (1) 认清职责,并配合与原材料、产品和生产有关的团体的工作。
 - (2) 操作机器设备、处理原料和产品时,要以保护环境,保护员工及公众的安全、健康为原则。
 - (3) 制定开发新产品新工艺的计划时,要优先考虑安全、健康和环保因素。
 - (4) 尽快公开存在安全、健康与环境风险的大型工业的一般信息,告知相关单位和人员,包括政府、员工、客户和公众,并推荐一些保护措施。
 - (5) 劝告客户、运输者及其他人要安全地使用、运输和处置原材料、产品及废弃物。
 - (6) 通过提高能源利用效率,实现经济、实惠地开发和保护自然资源。
 - (7) 针对原料、产品、生产过程及废弃物材料的处理等环节的安全性、健康性以及环境效应进行控制和研究,掌握更加广泛的知识。
 - (8) 降低废气排放量及减少废弃物产生量。
 - (9) 多方合作,以解决在处理有害物质过程中所遇到的问题。
 - (10) 参与到政府及其他部门制定法律法规的工作过程中去,包括为保护社会、工作场所及生态环境而制定的相关法律、法规和标准。
 - (11) 通过与负责生产、处理、使用、运输及相似原材料、石油产品和废弃物的最终处置的相关人员分享经验,并向他们提供帮助等手段实践这些指导原则,并逐步改进。
- 积极做好环境保护工作,不是简单地遵守法律、规章制度以及法庭强制性指令,它的利益在于可以切实降低公司经营的长期成本。比如,即使在采用相同的治理方法和标准的情况下,自发地减少垃圾产生量及治理污染源所需费用是执法部门强制实施时的 1/6 左右。

参 考 文 献

- American Petroleum Institute, "Oil and Gas Industry Exploration and Production Wastes," API Publication 471 - 01 - 09, Washington, D. C. , July 1987.
- American Petroleum Institute, "API Environmental Guidance Document; Onshore Solid Waste Management in Exploration and Production Operations," Washington, D. C. , Jan. 1989.
- American Petroleum Institute, "RP9000, Management Practices; Self-Assessment Process, and Resource Materials," Washington, D. C. , Dec. 1992.
- American Petroleum Institute, *Basic Petroleum Data Handbook*, Vol. 13, No. 3, Washington, D. C. , Sept. 1993.
- Bleier, R. , Leuterman, A. J. J. , and Stark, C. , "Drilling Fluids Making Peace with the Environment," *J. Pet. Tech.* , Jan. 1993, pp. 6 - 10.
- Derkies, D. L. and Souders. S. H. , "Pollution Prevention and Waste Minimization Opportunities for Exploration and Production Operations," paper SPE 25934 presented at the Society of Petroleum Engineers/Environmental Protection Agency's Exploration and Production Environmental Conference, San Antonio, TX, March 7 - 10, 1993.
- Deuel, L. E. , "Evaluation of Limiting Constituents Suggested for Land Disposal of Exploration and Production

① 来源:美国石油学会。
经美国石油学会授权许可。

- Wastes," Proceedings of the U. S. Environmental Protection Agency's First International Symposium on Oil and Gas Exploration and Production Waste Management Practices, New Orleans, LA, Sept. 10 - 13, 1990, pp. 411 - 430.
- Gilliland, A. , *Environmental Reference Manual for the Oil and Gas Exploration and Producing Industry*, Texas Independent Producers and Royalty Owners Association, Austin, TX, 1993.
- Godec, M. L. and Biglarbigi, K. , "Economic Effects of Environmental Regulations of Finding and Developing Crude Oil in the U. S. , " *J. Pet. Tech.* , Jan. 1991, pp. 72 - 79.
- Gray, P. R. , "NORM Contamination in the Petroleum Industry," *J. Pet. Tech.* , Jan. 1993, pp. 12 - 16.
- Guckian, W. M. , Hurst, K. G. , Kerns, B. K. , Moore, D. W. , Siblo, J. T. , and Thompson, R. D. , "Initiating an Audit Program: A Case History," paper SPE 25955 presented at the Society of Petroleum Engineers/Environmental Protection Agency's Exploration and Production Environmental Conference, San Antonio, TX, March 7 - 10, 1993.
- Hudgins, C. M. , Jr. , "Chemical Treatments and Usage in Offshore Oil and Gas Production Systems," *J. Pet. Tech.* , May 1992, pp. 604 - 611.
- Interstate Oil Compact Commission, *EPA/IOCC Study of State Regulation of Oil and Gas Exploration and Production Waste*, Interstate Oil Compact Commission, Oklahoma City, OK, Dec. 1990.
- Knowles, C. R. , "A Responsible Remediation Strategy," Proceedings of PetroSafe'92, Houston, TX, 1992.
- Mount, D. R. , Gulley, D. D. , and Evans, J. M. , "Salinity/Toxicity Relationships to Predict the Acute Toxicity of Produced Waters to Freshwater Organisms," paper SPE 26007 presented at the Society of Petroleum Engineers/Environmental Protection Agency's Exploration and Production Environmental Conference, San Antonio, TX, March 7 - 10, 1993.
- National Research Council, *Oil in the Sea: Inputs, Fates, and Effects*. Washington, D. C. : National Academy Press, 1985.
- Perkins, J. , "Cost to Petroleum Industry of Major New and Future Federal Government Environmental Regulations," American Petroleum Institute, Discussion Paper #070. Oct. 1991.
- Perry, C. W. and Gigliello, K. , "EPA Perspective on Current RCRA Enforcement Trends and Their Application to Oil and Gas Production Wastes," Proceedings of the U. S. Environmental Protection Agency's First International Symposium on Oil and Gas Exploration and Production Waste Management Practices, New Orleans, LA, Sept. 10 - 13, 1990, pp. 307 - 318.
- Savage, L. L. , "Even If You've On the Right Track, You'll Get Run Over If You Just Sit There: Source Reduction and Recycling in the Oil Field," paper SPE 26009 presented at the Society of Petroleum Engineers/Environmental Protection Agency's Exploration and Production Environmental Conference, San Antonio, TX, March 7 - 10, 1993.
- Snavely, E. S. , "Radionuclides in Produced Water," report prepared for the API Guidelines Steering Committee, American Petroleum Institute, Washington, D. C. , 1989.
- Stephenson, M. T. , "Components of Produced Water: A Compilation of Industry Studies," *J. Pet. Tech.* , May 1992, pp. 548 - 603.
- Stilwell, C. T. , "Area Waste-Management Plans for Drilling and Production Operations," *J. Pet. Tech.* , Jan. 1991, pp. 67 - 71.
- Sullivan, M. J. , "Evaluation of Environmental and Human Risk from Crude-Oil Contamination," *J. Pet. Tech.* , Jan. 1991, pp. 14 - 16.
- Thurber, N. E. , "Waste Minimization for Land-Based Drilling Operations," *J. Pet. Tech.* , May 1992, pp. 542 - 547.
- Wojtanowicz, A. K. , Field, S. D. , and Osterman, M. C. , "Comparison Study of Solid/Liquid Separation Techniques for Oilfield Pit Closures," *J. Pet. Tech.* , July 1987, pp. 845 - 856.

2 钻井与采油

在上游石油工业中,有两种可能会对环境产生负面影响的操作:钻井和采油。这两种操作会产生大量的废弃物。对环境负责,就要对这些废弃物及其是如何产生的有一定的理解,基于这些理解,可以改进工艺措施,减少或消除对环境的不利影响。

钻井是指在地面钻洞,使得地下油气能够流到地面的过程。钻井过程中产生的废弃物包括钻井废屑(如岩屑)、携带岩屑的流体以及为改善钻井条件向其中加入的各类添加剂。

采油是指使油气流到地面并被加工和应用的过程。与油气共同产出的还有水和多种杂质,这些杂质包括溶解的和悬浮的烃类物质、其他有机物以及溶解的和悬浮的固体颗粒物。为了确保有效地进行开采,采油过程中通常会加入多种化学物质。

钻井和采油过程都会排放出多种大气污染物,其主要来源为内燃机燃烧产生,也有少量来源于其他操作、易散排放物及场地修复工作。

2.1 钻井

油气井钻探过程中会产生多种不同的废弃物。其中一些是钻井过程中天然的副产品,如钻屑和用于钻井的物料,如钻井液及其添加剂。本节简单介绍一下钻井过程、钻井液组分、将岩屑从钻井液中分离的方法、钻井液池的使用以及场地准备等内容。

2.1.1 钻井工艺概述

大部分油气井钻井过程,都是向钻进方向推动钻头,同时转动钻头直到岩石破碎为止。钻机及其他钻井设备可以控制如何向着岩石方向推动钻头、钻井液如何将产生的岩屑从井中移除以及如何将岩屑从钻井液中分离出来,从而使钻井液能够重新利用。

在钻井过程中对环境影响最大的是钻屑以及用来携带钻屑的钻井液,其次是用来驱动钻机的内燃机燃烧产生的大气污染。

钻井过程中,钻井液通过钻柱和钻头上的小孔注入地下,并要求设计的钻头及小孔能确保钻井液可以清洗掉钻头上的岩屑,钻井液会通过钻柱和地层之间的环空将悬浮在其中的岩屑携带到地表。在地表,将岩屑从钻井液中分离出来,然后将岩屑及滞留的液体放入池中,留待处理及最终处置,而分离出来的钻井液会被重新注入钻柱中以携带出更多的岩屑。

钻井中最常用的基液是水,其次是油、空气、天然气和泡沫。当用液体作基液的时候,不管是水基的还是油基的都称为“钻井液”,全世界大约有85%的井用的是水基钻井液,而剩余的井实际上都应用油基钻井液。

在钻井过程中,一些钻井液可能会漏失到高渗地层中。为了确保钻井液能够始终填满井中,必须在地面配制出多余的钻井液,将其存放在备用钻井液池中以备使用。由于井深不同,钻井液池尺寸也多种多样,泥浆池的面积可以达到1 acre(1 acre = 4046.86 m²),深度可达5 ~ 10ft,铁罐也可以作为钻井液池使用,特别是在海上作业中。另外,池体也可用作储存供应水、废液、地层岩屑、钻探设备冲刷物以及径流的雨水等。