

油田井下作业 环境保护技术

王新纯 主编



石油工业出版社

内 容 提 要

本书详细地介绍了油田井下作业环境保护技术及相关内容,说明了现有井下作业环境保护技术中存在的难点问题,并指出了攻关方向。

本书可供石油企业广大职工、环保工作者及相关院校的师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

油田井下作业环境保护技术/王新纯主编.

北京:石油工业出版社,2002.8

ISBN 7-5021-4021-2

I. 油…

II. 王…

III. 井下作业(油气田)—环境保护

IV. TE358

中国版本图书馆(CIP)数据核字(2002)第 086304 号

石油工业出版社出版

(100011 北京安定门外安华里二区一号楼)

北京乘设伟业科技排版中心排版

北京密云华都印刷厂印刷

全国新华书店总经销

*

850×1168毫米 32开本 5印张 150千字 印1--1200

2002年8月北京第1版 2002年8月北京第1次印刷

ISBN 7-5021-4021-2/TE·2871

定价:12.00元

《油田井下作业环境保护技术》

编 委 会

主 编：王新纯

副主编：王家齐 王世贵 李建国 韩 辉

张绪生 曲兆峰

编 辑：兰中孝 张海山 李国庆 岳湘刚

王秀臣 何秀清 张书亭 赵公利

战建民 王建东 王凤和 南志学

兰成宇 张国良 刘中文 王洪军

赵恩远 张国彬 王绍军 李志恩

于海涛 马殿辉 李 晖 胡延年

郑东红 张新军 彭 壮 张国亮

张有才 刘春生 朗彦杰 姜静萍

冯维海 张红军 陈建业 于东红

李同兴

前 言

油水井井下作业是油田开发过程中的重要措施,也是油气田重要的污染源之一。由于井下作业施工的特性,使得污染物排放具有点多面广、污染种类复杂、间歇性排放及不可控排放等特点。点多面广表现在每口井就是一个污染源,潜在的污染面积非常大。污染种类之所以复杂是因为井下作业工序涉及从油气井完井到油气井报废的整个过程,包括:测试、小修、大修、防砂、堵水、压裂、酸化等施工作业过程,每道工序都会产生废气、废水、污泥、落地原油等。间歇性排放是指只在施工期间有污染物的排放,并具有一定的时间性。而不可控排放是指人为因素(施工操作不当)或自然因素(井喷、暴雨),都会造成不可控制的油、气、水泄漏事故。因此,在井下作业过程中若不采取严格的环境保护措施,必将对周边地区环境构成污染。

针对这一问题,国内外各石油公司都积极开展井下作业环境保护配套技术的研究与完善,并深入贯彻实施各自的环境管理体系,使油水井井下作业逐步适应对环境保护的要求,从而走上洁净生产的道路。

本书在收集、整理大量的国内外油田井下作业环保资料的基础上,结合国内外油田井下作业环保工作的实践,通过与有关专家及基层环保工作者的深入探讨,对国内外井下作业所产生的污染的预防及治理技术、相关的环保法律法规、国外先进的环境管理体系、国内各油田井

下作业环保现状等进行了归类、分析,明确了井下作业环保配套技术中存在的难点问题,并指出其攻关思路。

本书较全面、详细地介绍了油田井下作业环境保护技术及相关内容,可供石油企业广大职工、环保工作者及大专院校师生参考。由于编者水平有限,错误及不妥之处在所难免,敬请读者批评指正。

本书由原大庆油田总工程师胡博仲及石油工业出版社特约编审孙冠杰同志审核,在此表示衷心的感谢!

编者

2002 年 6 月

目 录

第一章 井下作业污染源、污染物及其对环境的影响	(1)
第一节 井下作业施工过程中污染环节及主要污染物	(1)
第二节 井下作业污染物对环境的影响	(4)
第二章 环保法律、法规及环境管理制度对井下作业的要求	(11)
第一节 国内环境保护法律、法规及标准对井下作业的要求	(11)
第二节 美国环境法律、法规简介	(15)
第三章 国内油田作业污染预防、治理技术	(25)
第一节 国内井下作业污染预防方法和技术	(25)
第二节 国内井下作业污染物治理方法和技术	(42)
第四章 国外油田作业污染预防、治理技术	(54)
第一节 国外井下作业主要污染物	(54)
第二节 国外井下作业清洁生产技术	(55)
第三节 国外井下作业污染物处理方法及治理技术	(58)
第四节 国外液压不压井作业设备	(71)
第五章 国外石油公司环境管理体系	(80)
第一节 BP 石油集团公司环境管理体系	(81)
第二节 皇家荷兰壳牌石油集团公司 HSE 体系	

基本情况	(91)
第六章 油田井下作业环保方案及技术攻关方向	
.....	(103)
第一节 国内油田井下作业环保现状	(103)
第二节 井下作业环保总体方案及技术攻关方向	
.....	(116)
附录一 中国石油天然气股份有限公司勘探与生	
产分公司环境保护管理暂行规定	(128)
附录二 中国石油天然气股份有限公司环境保护	
管理办法(试行)	(143)
参考文献	(149)

第一章 井下作业污染源、污染物及其对环境的影响

井下作业主要包括油水井测试、小修、大修、防砂、堵水、洗井、压裂、酸化等施工,其中测试作业包括:井温、压力、流量测试等;小修包括:清砂、油井检泵、换封、套管刮蜡等工序;大修包括:井下落物打捞、解卡作业、取换套管、套管整形、侧钻、磨铣等。上述作业施工会产生液体、固体、气体、放射性物质及噪声等,对环境有着不同的影响。

第一节 井下作业施工过程中污染环节及主要污染物

一、压裂施工

1. 施工步骤

大致可分七个步骤:

摆车→循环→试压→试挤→压裂→加砂→替挤。

2. 压裂施工污染环节

主要有以下两方面:

(1) 溢漏污染

1) 起下管柱及井下工具所带出地面的液体。

2) 配液车混合配压裂液时,从搅拌罐中溢出到地面

的液体。

3)注液、循环管线由于接口不牢而引起的渗漏。

4)井口密封不严产生的渗漏及高压井的喷溢。

(2)废液污染

1)返排废压裂液遗留井场。

2)施工剩余的废压裂液。

3. 主要污染物

压裂施工对环境影响主要是返排出来的废液。废液成分与压裂液种类、原油及地层有关。压裂液种类繁多,主要有水基压裂液、油基压裂液、酸化压裂液、乳状及泡沫压裂液四大类,同时根据不同需要,添加多种化学添加剂,分为稠化剂、防乳化剂、粘土稳定剂、助排剂、润湿反转剂、支撑剂、破坏剂、减阻剂、降滤失剂等。压裂废液中主要污染物有:各种有机化合物、重金属、各类表面活性剂及落地原油等。

二、酸化施工

1. 酸化施工步骤

1)施工准备:井场准备、井口装置准备、压井、下施工管柱、配液、配酸、试泵。

2)施工过程:低压替酸、坐封封隔器、高压泵注。

3)施工后期:放喷排液、油气井产量测试、试生产。

2. 酸化施工污染环节

1)压井过程:因操作不当或因压井液密度选择不当而造成井喷或溢流而产生污染。

2)管柱:起下管柱过程中带到地面上的液体。

3)放喷排液过程:废酸液易排到周围环境造成污染。

3. 主要污染物

酸化过程中主要污染源是排液和试生产过程中排出的残液。残酸的性质同样与酸种类、原油及地层性质相关。目前,常用的强酸是盐酸及氢氟酸,并加有各种酸化用添加剂,如缓速剂、缓蚀剂、铁稳定剂、防乳化剂、粘土稳定剂、助排剂、防淤渣剂、润湿反转剂等。主要污染物有:酸、各种有机化物、重金属、各类表面活性剂及落地原油等。有些添加剂是剧毒化学药品,如季胺盐类产品。

三、修井及常规作业施工

1. 施工步骤

1)施工准备:井场准备、井口装置准备、井架准备、修井机安装、备液、挖废液坑等。

2)施工过程:大修包括井下落物打捞、侧钻、磨铣、套管修理等。常规作业包括清砂、油井检泵、换封、刮蜡等工序。

2. 施工过程的污染环节

1)压井过程:因操作不当或因压井液密度选择不当而造成井喷或溢流,从而产生污染。

2)洗井过程:各类施工前后都要进行洗井,产生大量的含油或含化学剂废水。

3)下管柱、下泵过程:管内液体带到地面或封井器密封、井下开关类工具失效造成井口喷溢。

4)各类化学药剂:如防蜡剂、防垢剂、防腐剂、化堵水

剂、调剖剂等。

5)冲砂过程的油砂和原油。

6)起下钻过程带出的原油、蜡和垢。

3. 主要污染物

洗井废水、泥浆、各类修井用化学药剂及落地原油。

第二节 井下作业污染物对环境的影响

目前,油田作业施工中存在的污染情况比较多。每年各油田都需进行大量的油水井压裂、修井、酸化解堵以及其他常规作业施工,施工井遍及油田各个地区。这些井在作业施工时,使用大量的工作液、酸及添加剂溶液,这些化学物质大部分呈酸(碱)性,部分有毒,并且最终将有部分废液返排到地面。同时,作业时也有部分原井的污油、污水喷溢到地面,由于这部分废液基本未采取有效的处理措施,主要是利用土油池露天存放,落地污染物则采取填埋的办法,因此对井场附近的环境、土壤、植被、水源造成一定的污染。油田作业污染物可分为作业废水、废压裂液、废泥浆、废酸、落地原油等。

一、井下作业产生的液体污染物

1. 作业废水

主要是洗井、压井、冲砂、套铣等施工时产生的废水。各类作业中产生废水量较大的是注水井的洗井作业。油气井修井后也会排出含油的废水。每次洗井作业后,单井排出的洗井废水量一般在 $20\sim 80\text{ m}^3$ 左右。

各油田的洗井废水水质由于地区、地层及原油性质的不同差别较大,但主要有以下的特征:水中悬浮物含量高,颗粒粒径小;色度高,一般都是黑褐色;石油类含量高;COD 含量高,含有大量的有机物,如胶质沥青类、石蜡、挥发酚、硫化物、环烷酸等;矿化度高,在水中处于溶解状态的离子主要包括: Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^{+} , Na^{+} , Cl^{-} , Fe^{3+} 等。表 1—1,表 1—2,表 1—3 列举了大庆油田、辽河油田洗井废水及江苏油田作业废水的性质。

表 1—1 大庆油田洗井废水主要理化成分

项 目		测定值	项 目		测定值
金 属 元 素	Cu,mg/L	0.064	有 机 物	总烃,mg/L	0.028
	Pb,mg/L	0.060		芳烃,mg/L	0.08
	Cd,mg/L	0.0005		酚,mg/L	0.183
	Cr,mg/L	0.049	一 般 理 化 性 质	pH 值	7.86
	Ni,mg/L	0.001		总盐量,mg/L	490.0
	Hg,mg/L	0.021		总碱度,mg/L	425.4
	As,mg/L	0.132		硫化物,mg/L	1.30

表 1—2 辽河油田井下洗井废水的性质

序 号	污染物名称	稀油洗井废水	稠油洗井废水
1	pH	6.5~8.2	6.5~7.2
2	色度(稀释倍数)	浊、黄褐色	清、淡棕色
3	石油类,mg/L	323~902	115~1046
4	COD_{Cr} ,mg/L	2034~2767	506~904
5	5d 生化需氧量,mg/L	446~580	78~1046

续表

序 号	污染物名称	稀油洗井废水	稠油洗井废水
6	悬浮物,mg/L	41~872	28~400
7	挥发酚,mg/L	0.6~0.99	0.9~1.0
8	硫化物,mg/L	0.2~9.7	0.08~0.3
9	氨氮,mg/L	11~215	6~47
10	氰化物,mg/L	≤0.004	≤0.004

表 1—3 江苏油田作业废水的特点

序 号	污染物名称	测定值
1	pH 值	6.11~7.5
2	石油类,mg/L	25~2000
3	COD _{Cr} ,mg/L	50~7900
4	悬浮物,mg/L	50~1058
5	挥发酚,mg/L	0.01~0.5
6	硫化物,mg/L	0.01~5

将大庆油田洗井废水水质与工业污水三级标准比较,是不超标的。

洗井废水对环境的危害主要是废水中 COD 含量高,含有有机化合物如酚、氰、胺、醇、有机酸、有机硫、有机氯等,一般毒性大,有些还有剧毒,危害较严重,且在水中溶解性大,难以去除。此外,在洗井水中加入的化学药剂都造成水质成分的复杂化,增加废水治理的难度。洗井废水的高矿化度在水温、水压或 pH 值发生变化时,很容易产生碳酸盐或硫酸盐沉淀。

2. 落地原油

主要是井喷或压井、洗井、冲砂等施工时带出的原油。在井下作业过程中,由于常用的是有杆泵,其底部带单向的固定阀,故在起泵挂管柱时由于泵阀的单流性能,泵上油管内的油、水等液体不能泄入井内,大部分随油管泄到地面,也会有死油和结蜡随管柱起出;或管柱内气体因液柱压力逐渐降低而膨胀,并携带原油喷出地面。其次是油管、抽油杆外壁携带出原油;原油和管柱液体在刺洗过程中以油、污水、蜡的形式落地,均会对地面造成污染。

3. 酸液

酸化、酸压或酸洗管线后排出的废酸液性质与酸液的种类、原油性质、地层流体性质有关,通常表现为 COD 高、矿化度高,其性质见表 1—4。废酸液有强烈的腐蚀性,排放到土壤中会使土壤酸化;酸液与硫化物的结垢作用可产生有毒气体硫化氢。用于配制醋酸的醋酸酐可产生刺激性很强的蒸气,与动植物直接接触会造成严重烧伤。

表 1—4 四川某地区残酸液分析

pH 值	色度	SS mg/L	S^{2-} mg/L	Cl^{-} mg/L	Ca^{2+} mg/L	Fe^{2+} mg/L	Mg^{2+} mg/L	COD mg/L
2.5	59	45	35	65400	28300	1256	128	3860

4. 废压裂液

主要是压裂施工后剩余压裂液及从井口返排出的废液,成分复杂,含有原油、地层水等有害物质。其特征是:

排放污水呈间歇性,每口井排放量在 $12 \sim 160\text{m}^3$ 之间变化;含有一种有毒性的难于生物降解的高分子水溶性聚合物, COD_{Cr} 浓度大于 $500 \sim 26000\text{mg/L}$;废水中所含的固体物多以悬浮油颗粒为主,石油类浓度大于 $20 \sim 960\text{mg/L}$ 。直接排入环境,将会对水体、土壤造成污染,对人、动物、植物有一定危害。压裂返排液及压裂残液的性质如表 1—5 所示。

表 1—5 辽河油田废弃压裂液性质

序 号	污染物名称	压裂液反排液	压裂液残液
1	pH 值	6.0~6.5	7.0~7.5
2	色度(稀释倍数)	浊、淡黄色	粘、米汤色
3	石油类,mg/L	323~902	115~1046
4	COD_{Cr} ,mg/L	4748~5578	8565~9084
5	5d 生化需氧量,mg/L	2151~3873	3920
6	悬浮物,mg/L	43~877	788
7	挥发酚,mg/L	0.03~1.81	1.26
8	硫化物,mg/L	0.3~0.8	4.2
9	氨氮,mg/L	21~1135	1102
10	氰化物,mg/L	≤ 0.004	≤ 0.004

二、井下作业产生的固体污染物

1) 废泥浆。主要是新井替浆时替出泥浆和压井、侧钻时产生的废泥浆;废泥浆对环境造成的污染有下面几点:

① 废泥浆中的高 pH 值、高浓度的可溶性盐及石油类物质影响土壤的结构并危害植物生长。

②废泥浆中有害的重金属离子,如 Cr^{6+} , Hg^{2+} , Cd^{2+} , Pb^{2+} 及不易被动植物降解的有机物、分子聚合物易进入食物链,并在环境或动植物体内蓄积,危害人体健康和生命安全。

③废物中的有机处理剂使水体的 COD, BOD 增高,影响水生生物的正常生长。

另外,废泥浆由于粘度大并含有重金属离子,自然状况下难以降解,使井场附近土壤板结、土地盐碱化、植被被大量破坏,对环境造成一定污染。大庆油田 1998 年对废泥浆的毒性进行了系统的评价,通过生物毒性测试研究和农作物栽培试验,得出的如下结论:

三钾聚合物体系泥浆急性毒性测试表明,幼鱼 LC_{50} 值达到了 $77.6 \times 10^4 \text{mg/L}$, 比实际无毒标准高一个数量级。遗传毒性试验和农作物生物效应试验结果影响不大,未超过国家标准。

2)砂。冲砂施工带出井口的砂、压裂施工散落砂。

3)蜡。起油管、抽油杆带出的蜡,洗井液带出井口的蜡。

4)盐。冲盐作业时自井内冲出的盐。

5)生活垃圾。

三、井下作业产生的气体污染物

1. 挥发烃

主要是作业施工过程中挥发的烃类气体。

2. 车辆尾气

修井机、压裂车、酸化车等车辆的尾气。

3. 粉尘

主要是制造压裂砂、粉碎矿石所产生的粉尘。

4. 硫化氢

油、气井作业时逸出的或水井酸化、管线酸洗时产生的剧毒气体。

上述气体污染物会对周边环境造成一定影响,但由于产生的量较小,影响范围不大。

四、井下作业产生的噪声

1)修井机、压裂车、酸化车等施工车辆产生的噪声。

2)起、下钻具等施工时钻具碰撞产生的噪声。

噪声对施工人员及施工现场附近的人、畜产生一定的不良影响。