

石油天然气开采业

钻井完井液废弃物处理

实用技术

主编 何 纶 樊世忠 冉金成

Zuanjing Wanjingye Feiqiwu Chuli Shiyong Jishu

中国矿业大学出版社

China University of Mining and Technology Press

钻井完井液废弃物处理 实用技术

主 编 何 纶 樊世忠 冉金成

中国矿业大学出版社

内 容 提 要

全书共分十章,内容包括石油勘探开发作业中井场废物来源及特征、国外钻井完井废弃物处理技术、钻井完井液回收利用、废液处理、固化技术、环境友好的钻井液、钻井完井液环境可接受性评价及其评价方法、HSE管理体系等。

本书主要面向油气田钻井、完井、修井、试修作业等领域的技术人员和领导干部,特别适合从事钻井液应用化学和油气田环境保护方面的专业人员,也可供高等院校、研究院所和相关企业从事钻井完井废液处理和油气田环境保护研究的广大科技人员和研究生参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

钻井完井液废弃物处理实用技术/何纶,樊世忠,冉金成
主编.—徐州:中国矿业大学出版社,2006.3

ISBN 7-81107-289-0

I. 钻... II. ①何... ②樊... ③冉... III. 油气钻井-完井-废物处理 IV. X74

中国版本图书馆CIP数据核字(2006)第029016号

书 名 钻井完井液废弃物处理实用技术
主 编 何纶 樊世忠 冉金成
责任编辑 白海新
出版发行 中国矿业大学出版社
社 址 (江苏省徐州市中国矿业大学内 邮编 221008)
经 销 新华书店
印 刷 北京玥实印刷有限公司
开 本 787×1092 1/16 印张 16.75 字数 408 千字
版 次 2006年3月第1版 2006年3月第1次印刷
印 数 1800册
定 价 50.00元

(图书若有印装质量问题,本社负责调换)

《钻井完井液废弃物处理实用技术》

编 委 会

主 编:	何 纶	樊世忠	冉金成			
副主编:	叶 艳	周凤山	刘 榆	黎跃东	王 彬	
编 委:	刘光全	张兴礼	李德贵	许世国	周华安	林学文
	马光长	杨兰平	张 坤	唐仕忠	李家龙	李明华
	李朝春	王德承	操胜章	李晓阳	张 毅	谢 军
	李 竞	余加水	刘 斌	秦仲伦	张 宁	周 健
	许绍成	夏先富	王 柯	宋元森	李先锋	于在军
	张洪霞	付旭鹏	陈述清	安 利	邵 平	姚少全
	邓 奎	宋世华	彭小红	高 峰	王 凯	杨宗文
	王小石	古晓娟	杨章国	李勇林	文 斌	马鹏彪
	李君勋	孙 俊	叶 彬	杨蝉聪	乔金安	宋建元
	冯海平	冯立才	侯安兵	何 仲	朱 晨	
主 审:	鄢捷年					
顾 问:	罗平亚	牛亚斌	张克勤	赵雄虎	孙金声	王书琪
	王奎才					

序

资源与环境已成为影响当今世界经济、文明持续发展的两大制约因素，对经济持续高速发展、追求建立和谐社会的当代中国更是如此。

随着石油工业上游钻采工作量的不断增大，以及油田周边人文、生态环保要求的不断严格，从东海之滨到西部沙漠，从北国湿地到江南水乡，油气勘探开发遭遇空前的环境压力，每年仅处理钻井、完井废液就耗资数以千万计，缴纳的排污费更是数以亿计。钻井、完井、采油过程对环境的损害引起了社会的关注，已成为妨碍和制约我国油气勘探开发事业发展的重要因素，成为必须解决的重大问题。对油气勘探开发过程中环境污染的防止和治理是石油企业责无旁贷的历史使命。

由何纶等一批长期从事钻井完井废液处理的专家们收集、整理国内外近二十年来处理钻井完井废液的技术研究成果，以及在我国各油田进行工业应用的实践经验，全面地分析了影响钻井、完井、采油过程废液处理的化学、物理、工艺、技术装备和管理等因素的影响规律，总结了许多具有可操作性的实用技术和方法写成此书。这是一本理论联系实际，对钻井、完井废液处理具有很好指导意义和参考价值的好书，可用于石油工业现场技术人员使用也可用作高等学校相关专业学生的教学参考书。

此书的出版将可能对我国钻井完井废液处理技术的发展起到一定的推动作用并产生良好的影响。

中国工程院院士

罗辛五

2005.9.20

前言

近年来随着人类社会生产力和科学技术的空前高速发展，从自然界摄取资源的能力不断加强，而另一方面则意味着人类破坏自然界的能力也随之增强，环境的反作用便日益强烈地显露出来。人类在创造物质文明的每一个生产过程中，总是伴随着对环境的巨大冲击，环境问题已经升级为全球性人类关注的焦点，环境保护成为一个国家经济发达、民族文明的标志。尤其是 21 世纪的今天，可持续发展作为保持地球活力和整体性的原则，在全世界得到一致认同，因此，我国强调环境的承载能力和资源的持续利用，把可持续发展作为现代化进程中的一项重要战略。

当今时代，人类的各種生产活动与社会和环境密切相关，石油工业也不例外。石油能源与环境的矛盾越来越引起人们的关注，能源和环境常常被看作是相互排斥的。其实地球上所有的生命都有赖于环境质量，我们赞同一种观点：与其说能源与环境是人们必然追求的相互排斥的目标，不如说是相互依存的目标。

纵观世界石油工业发展模式的历史，西方国家首先是走过“高消费、高投入、高污染”之路；其次是“以增长的极限为代表，为保护环境、保护地球而限制发展的道路”；再则就是“地球承载力允许范围内，开发与环境协调发展的道路”。很显然，我国在工业生产高速发展的今天，不能牺牲环境而一味地追求发展，也不能因为环境而限制发展，只能选择走可持续发展的道路。

石油企业是全国污染大户之一，随着石油工业的飞速发展，勘探开发、钻井完井工程、采油工程等随之相应迅速发展，早已存在的环境污染问题变得更加突出，新的环境污染问题又不断涌现，导致环保形势更加严峻。如石油工业勘探开发领域有南海东西部油田、辽河油田、大港油田、胜利油田、冀东油田等，都位于辽河、海河、环渤海湾等水体丰富区域；新疆油田、塔里木油田、西南油气田等在西部及西南地区环境敏感区作业，生态环境脆弱，有农田、水域、森林、草原地带，也有干旱沙漠地区。而石油开发、生产、加工过程中产生的各种废弃物如污泥、污水、有毒有害化学品等在这些区域对周边环境存在较为严重的污染风险。由于石油工业早期环境保护的意识不够，政策、措施、管理体制以及环境保护资金投入少等方面存在一些问题，曾经导致很多不良环境影响后果。

我国的油田面积大，有刚开发的油田，有开发到中期的，也有的已经开发到后期，油田钻探、采油、采气作业过程中，占土地、盖房屋、钻油井、修公路，产生了大量废弃物（废弃钻井液、废弃完井液、废弃油气田水、试修废水等仅是其中的污染物之一），对农田、水网、草原、沙漠、树林、山地等环境造成了不良影响，在过去没有较强的环境意识和强有力的环保政策下，对当地的河流、湖泊、地下水体、田地、大气、生态等造成了一定危害。为了改变这种与企业发展相违背的状态，使 21 世纪中国石油企业走上可持续发展之路，每一个石油工作者都有责任保护环境，建设美好的绿色家园，在中国石油的环境保护事业中做出应有的贡献。

石油钻探工作中一直被誉为钻井“血液”的钻井完井液，是服务于钻井工程的一项重要技术，它直接关系到钻井工程质量的优劣，它对开采的速度和产量的多少有着直接的关系，并且贯穿石油勘探开发的全过程。在 20 世纪 50 年代至 80 年代，人们的环保意识薄弱，只注重完成生产任务，对环境的保护不够重视，油田或多或少表现为粗放型生产，过去的钻井工程设计中也仅仅只有地质、工程、钻井液的技术要求，环境保护的措施对钻井液使用没有明确具体要求。而勘探开发过程中产生的井场污水和钻井废液的排放问题，长期为人们关注，如果直接排放和处理不当，将对生态环境造成不良影响，同时还可能引起民事纠纷、经济赔偿，甚至影响钻井搬迁，造成污染环境、资源浪费及环境效益受损，这些均与中国石油国际现代化企业的形象极不相称。80 年代以来，随着国家系列环保法律法规的建立，我国石油工业的环保工作迅速发展，各油田纷纷成立环保委员会，建立质量、安全、环保部门，配备专职人员，建立健全各种环保工作的规章制度，严格环境管理，逐步投入建立污染治理设施；油田也开始配备各种污水处理装备，如终端处理装置，也有过程处理装置与有终端处理装置配合一体的处理系统，任意排放污水的局面受到了严格控制；钻井清洁生产概念开始深入到油田的各项工作中，并且大量推广使用无毒无害化油田化学产品，使用无毒、低毒钻井完井液、无固相修井液等，从污染源头和生产中的各个环节开展了减量减排等一系列污染源控制和治理工作，油田环境面貌已经有了很大的改变。

自 90 年代至今，中国经济的高速发展与环境保护的压力，促使石油工业必须走可持续发展的道路，即把搞好油田环境保护工作提到议事日程。环保的最终目标应该是：最小的环境影响，最大的资源利用，最佳的管理方式，最优化的经济效益，以及如何保护好生态环境和人民身体健康。因此，搞好石油工业的环境保护事业是一项功在当代、利在千秋的伟大事业。近期中国石油天然气总公司和股份有限公司遵循“以人为本、预防为主”的工作方针和尽可能追求实现“零污染”的目标，认真贯彻执行国家有关环境保护的法律法规和各项方针政策，积极推行健康与环境（HSE）管理体系，实施环保目标责任制，持续地开展污染源治理工作，执行环境监测和环境报告制度，积极开展环境保护科研工作，推行清洁生产，加强环保意识和环保宣传，取得了很大成绩。目前，为了进一步搞好油田环境保护工作，有利于钻井安全生产和清洁生产，从管理方式上严格制定环境保护相关制度，中国石油集团公司已经全面实施安全目标管理，认真落实安全生产责任制度，依法保护环境，加大职业健康监护，全面推进 HSE 管理体系实施进程等工作，要求各油田环保工作要以提高企业可持续发展能力为主题，以创造能源与环境的和谐为目标，进一步落实环境保护目标责任制，全面推行钻井清洁生产。拟定规定首先要做到“一杜绝”，即杜绝特大环境污染和生态破坏事故的发生；其次是“两控制”，控制废水中污染物排放总量，控制废气中污染物排放总量“增产不增污”；最后为“三达标”，严格规定了有控废气达标率、固定源工业污水达标率和工业固体废弃物处置达标率。另外，要求各单位逐步健全环境保护目标责任制，加强企业环境保护监督；实现全面推行清洁生产，实现生产全过程污染控制；贯彻 ISO 14000 系列标准，增强环境风险的控制能力；同时积极倡导生态设计管理，加强环境污染的预防控制；开展 HSE 体系规范宣传，加强 HSE 培训机构建设，构架清洁生产创新体系，大力发展环保产业。

本书主要针对油田钻探开采过程中的污染问题进行讨论,重点对陆地和海上钻井用的钻井完井液的废弃物处理技术进行详细总结和研究,也对石油生产过程中产生的污水处理技术进行了介绍。四川石油管理局从20世纪80年代开始率先收集国内外钻井完井液的废弃物的处理技术资料,结合在四川、辽河、新疆等领先开展的钻完井废液的回收、固化处理工作,研究开发各种钻井完井液废物治理的固化剂、絮凝剂、混凝剂、污水处理剂,并将现场使用经验进行归纳整理,以此为基本构架编写了本书。本书将全国各大油田近年开展这方面的环境保护研究工作进行归纳总结,较全面地参考了历年国外SPE文献和日本《石油技术》杂志对钻井完井液废弃物的处理技术资料及检索国内《钻井液与完井液》、《油气田环境保护》等各类有关书刊的钻井完井液废弃物的处理技术资料,还借鉴各石油院校、研究院所、油田开展钻井完井液废弃物处理技术的研究报告,较全面地介绍了各油田的可取的先进技术,较为系统、全面地对钻井完井液废弃物处理技术进行了论述。

本书通过对大量收集各油田近年废弃钻井完井液处理技术的资料进行总结、整理、归纳,为钻井工程人员如何实现钻井作业的清洁生产提供可操作的实用技术和参考方法。本书同时还具有操作手册的功能,希望油田从事本专业的人员不断探索求新,在以往经验的基础上进一步开展预防环境损害的无公害钻井完井液体系的研究和应用工作,努力把石油勘探开发过程中井场周围的环境保护工作提高到一个新水平;为今后石油开采过程中井场工业污染源达标排放提供强有力的技术保证。本书可供从事油田应用化学的工作人员参考学习和石油行业的领导阅读。

本书内容共分十章,第一章介绍了石油开采过程中井场废液、污水的来源及特征,由何纶、冉金成、叶艳等编写;第二章主要介绍国外钻井完井废液处理技术的研究及发展状况,由王彬、叶艳、何纶等编写;第三章论述国内钻井完井液废弃物研究现状及治理技术,由何纶、叶艳、周风山、刘榆等编写;第四章论述钻井完井液废弃物固液分离技术,由周风山、何纶、樊世忠等编写;第五章论述钻井完井液废弃物固化处理技术,由周风山、何纶、叶艳编写;第六章论述钻井完井液废弃物处理的技术设备,由周风山、叶艳、何纶、王彬等编写;第七章介绍国内钻井完井液废弃物现场固化技术,由何纶、叶艳、刘榆、尹文斌、王书琪、周风山等编写;第八章重点介绍环境友好的钻井完井液体系,由樊世忠、何纶编写;第九章介绍了国内外常用的钻井完井液废弃物环境评价分析方法,由叶艳、黎跃东、王彬、何纶等编写;第十章介绍了完井作业中的健康、安全与环境保护HSE管理体系,由刘光全、何纶、刘榆、樊世忠、王彬编写;结束语由樊世忠、何纶编写;附件部分辑录了有关环境保护法律与钻井清洁生产的政策及相关名词解释等,由何纶、叶艳、黎跃东、周风山、刘榆等编辑整理。本书由何纶、樊世忠、冉金成任主编,叶艳、周风山、刘榆、黎跃东、王彬任副主编。全书经多位编写组成员反复修改、讨论后,由周风山、樊世忠、叶艳统稿,由何纶最终定稿。本书主审为中国石油大学(北京)鄢捷年教授。

在本书编写过程中,得到了中国工程院罗平亚院士的指教,同时受到了牛亚斌、张克勤、赵雄虎、孙金声、王书琪、母德全、王奎才等专家、教授的热情关怀,作为高级顾问为本书付出了辛勤的劳动,此外油田现场技术人员提供了大量宝贵的现场技术资料并且给

予积极的支持和帮助，在此一并深表诚挚的谢意。

本书系国内首次系统编写的废弃钻井完井液处理技术的专著，由于经验不足及收集的资料有限，书中不妥之处，敬请读者批评指正。

编 者

2005.10

目 录

第一章 石油勘探开发作业中井场废弃物来源及其特征	(1)
第一节 油田常用化学剂	(1)
第二节 钻井完井作业产生的污染物及其对环境的影响	(2)
第三节 采油作业产生的污染物及其对环境的影响	(11)
第四节 增产作业产生的污染物及其对环境的影响	(12)
第二章 国外钻井完井废弃物处理技术研究进展	(18)
第一节 钻井完井废液对环境的影响	(18)
第二节 国外钻井完井废液的处理方法	(19)
第三节 国外石油环保科技的发展	(21)
第四节 国外钻井完井废液处理新技术	(23)
第三章 钻井完井液的直接回收及再利用	(27)
第一节 回收利用钻井完井废弃物的方式	(27)
第二节 将钻井完井废液转化为水泥浆的 MTC 技术	(29)
第三节 MTC 技术在我国油田的推广应用	(30)
第四节 废弃钻井完井液固液分离后的综合利用	(33)
第五节 无固相流体的直接回收利用	(35)
第四章 钻井完井废液固液分离技术	(42)
第一节 钻井完井废液固液分离原理	(42)
第二节 钻井完井废液固液分离用絮凝剂	(46)
第三节 影响钻井完井废液固液分离效果的因素	(56)
第五章 废弃钻井完井液固化处理技术	(61)
第一节 概述	(61)
第二节 固化效果评价方法	(62)
第三节 固化作用机理	(63)
第四节 固化剂与固化体系	(68)
第五节 固化工艺技术	(78)
第六章 钻井完井废液处理装备及其工业应用	(84)
第一节 钻井完井废液固液分离工艺技术和装备	(84)
第二节 钻井完井废液处理的组合式工业装备	(88)
第三节 处理钻井完井废液的一体化设备	(96)

第七章 钻井完井废液现场固化技术应用实例	(102)
第一节 四川磨 54 井酸化废水固化技术	(102)
第二节 四川自东 1 井钻井废液固化技术	(103)
第三节 GH—1 固化剂在四川油田现场固化钻井废液的应用技术	(104)
第四节 四川寺 41 井钻井废液固化技术	(106)
第五节 四川音 26 井钻井废液固化技术	(107)
第六节 四川包 37 井钻井废液固化技术	(107)
第七节 四川高科 1 井钻井废液固化技术	(108)
第八节 塔里木东河 1—1 井钻井废液无害化处理技术	(110)
第九节 辽河油田钻井完井废液无害化处理技术研究与应用	(111)
第十节 四川川西北废弃钻井完井液无害化处理技术研究及应用	(115)
第十一节 塔里木油田水基钻井废液无害化固化技术研究	(124)
第八章 环境友好的钻井完井液	(130)
第一节 无侵入钻井完井液体系及处理剂	(130)
第二节 正电胶 (MMH) 钻井完井液	(132)
第三节 天然高分子聚合物钻井完井液	(133)
第四节 聚合醇 (PEM) 钻井完井液	(136)
第五节 PRD 钻井完井液	(138)
第六节 葡萄糖甙 (MEG) 钻井完井液	(139)
第七节 甲酸盐钻井完井液	(140)
第八节 有机盐钻井完井液	(142)
第九节 低毒性矿物油基钻井完井液	(143)
第十节 全油基钻井完井液	(144)
第十一节 合成基钻井完井液	(146)
第十二节 对环境友好型钻井完井液的认识	(151)
第九章 钻井完井液的环境可接受性评价及其评价方法	(152)
第一节 浸出毒性的测定指标和测定方法	(152)
第二节 石油醚萃取重量法测定石油类含量	(161)
第三节 pH 值测定方法	(163)
第四节 生物毒性的测定方法	(165)
第五节 生物降解性的检测方法	(172)
第六节 钻井完井废液环境可接受性测定实例	(175)
第十章 钻井完井作业 HSE 管理体系	(177)
第一节 海洋钻井完井作业中的环境保护	(177)
第二节 完井液及修井液的安全性	(178)
第三节 溴盐盐水完井液的安全与环境保护	(181)
第四节 含有硫化氢气体的完井作业的健康与安全措施	(182)
第五节 HSE 管理体系简介	(187)
附 美国×××钻井液有限责任公司 HSE 相关参考资料	(193)

结束语	(200)
参考文献	(202)
附件 与钻井清洁生产有关的环境保护法律法规	(207)
(一) 国务院关于环境保护若干问题的决定	(207)
(二) 中华人民共和国水污染防治法实施细则	(210)
(三) 中华人民共和国海洋石油勘探开发环境保护管理条例	(216)
(四) 中华人民共和国海洋石油勘探开发环境保护管理条例实施办法	(220)
(五) 石油开发工业水污染物排放标准	(224)
(六) 污水综合排放标准	(225)
名词术语	(237)
(一) 与环境保护有关的常用名词和术语	(237)
(二) 废弃钻井完井液、试修液与环境保护相关常用术语	(239)
环保产品企业	(246)

第一章 石油勘探开发作业中井场 废弃物来源及其特征

石油钻井阶段的污染主要来自钻井设备和钻井施工现场。钻井过程不仅会产生废气、废水，还会产生固体废物、噪声等。废气主要来自大功率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、洗井水及井场生活污水所组成；固体废物主要有钻井岩屑、钻井废液及钻井废水处理后的污泥。

测井过程中，由于有时使用放射性辐射源和放射性核素，因此，其污染源主要是放射性三废物质，以及因操作不当，溅、洒、滴入外环境的活化液；挥发进入空气中的放射性气体；被污染的井筒管和工具等。

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，会产生大量的压裂液；地面高压泵组会产生噪声和震动。在酸化施工中，酸化液与硫化物结垢作用后可产生有毒气体 H_2S ，造成大气污染；酸化后洗井排出的污水含有各种酸液或酸液添加剂等。在注水和洗井施工中，会产生洗井废水；洗水泵组会产生较强的噪声。

在采油（气）过程中，主要污染源和污染物是采油井与原油一同产出的油田水。另外在油气集输过程中还会有一定量的烃类气体和落地原油产生。特别是在稠油开采施工中，如采用蒸汽吞吐热采或“蒸汽驱”，还有蒸汽发生炉产生烟气污染。

在石油作业过程中，废弃物中含有部分有毒有害物质，一旦排放进入井场周围的环境，必然导致土壤、地表水和地下水污染，对环境造成不可估量的伤害，特别在环境敏感地区，会危及人们的健康和生命。因此弄清污染物的来源，有利于从源头上控制有毒有害物质的使用。掌握其使用方法，采取预防措施，尽可能化害为利，是非常必要的。

根据污染物的来源，现场接触的主要污染物大致可分为：① 钻井完井作业产生的污染物；② 采油作业产生地污染物；③ 增产措施产生的污染物。这些污染物中除来自地层的原油、胶质、沥青质类污染物外，绝大多数都是因为使用各种不同类别、不同性能的油田化学剂而造成的。

第一节 油田常用化学剂

一、钻井完井用化学剂

钻井完井用化学剂的主要是指开展钻井、固井、完井和修井等作业用的油田化学剂（约 20 余种）混合流体。根据 API/IAADC 对钻井完井流体分类方法，将钻井用化学剂分为 16 类：① 碱度调整剂；② 杀菌剂；③ 除钙剂；④ 缓蚀剂；⑤ 消泡剂；⑥ 乳化剂；⑦ 降滤失剂；⑧ 絮凝剂；⑨ 发泡剂；⑩ 堵漏材料；⑪ 润滑剂；⑫ 解卡剂；⑬ 页岩抑制

剂；⑭表面活性剂；⑮高温稳定剂；⑯降粘剂。

二、固井水泥浆用化学剂

固井水泥浆用化学剂的主要作用是用来保证在固井作业时改善水泥浆的特性，使之能更好地封固井壁、套管，防止油气层窜通等。根据 API/IADC 分类法，固井水泥浆用化学剂分为 12 类：①密度降低剂；②促凝剂和盐；③分散剂；④缓凝剂；⑤防气窜剂；⑥降失水剂；⑦膨胀剂；⑧加重剂；⑨高温强度稳定剂；⑩消泡剂；⑪自由水控制和悬浮剂；⑫防漏剂。

三、完井、修井用化学剂

过去我国大部分油田对钻井液和完井液并没有严格区分开，一般把钻进至油气层前所用的钻井液称为“钻井液”，钻开油气层时所使用的钻井液为“完井液”。“六五”至“九五”计划时期，油气层保护工作受到广泛重视，在完井液研究方面开展了大量工作，取得了很大进展，研制出许多油气层保护体系和油气层保护处理剂，丰富了完井液与修井液的内容和功能。在完井液与修井液中使用的化学剂包括 15 类，其中部分与钻井、采油等作业过程中所用的处理剂类似：①粘土稳定剂；②储层稳定剂；③防垢剂；④缓冲溶液；⑤无机盐；⑥桥堵剂；⑦解堵剂；⑧颗粒稳定剂；⑨表面活性剂；⑩发泡剂；⑪消泡剂；⑫分散剂；⑬防腐蚀剂；⑭石蜡沥青溶剂；⑮铁离子稳定剂。

四、采油用化学剂

采油用化学剂的主要作用是保证正常的采油作业及提高采收率。这类化学剂可以分为酸化压裂剂、防砂剂、堵水及调剖剂、清蜡防蜡剂、降凝剂、解堵剂、提高采收率剂等。其中提高采收率用化学剂按其作业性质不同可细分为蒸汽驱、微生物驱、碱驱、聚合物驱、表面活性剂驱等化学剂。根据 API/IADC 分类方法将采油用化学剂分为 16 类：①水驱聚合物；②减阻剂；③降滤失剂；④破胶剂；⑤乳化剂；⑥表面活性剂；⑦抗乳化剂；⑧ pH 控制剂；⑨交联剂；⑩发泡剂；⑪凝胶稳定剂；⑫消泡剂；⑬油凝胶剂；⑭杀菌剂；⑮水基凝胶体系；⑯交联凝胶体系。

五、油气集输用化学剂

油气集输化学剂主要是指用来保证油气集输工程正常运行的化学剂。这类化学剂针对油、气集输过程中存在的问题及解决方法而分为原油破乳剂、减阻剂、降凝剂、清（防）蜡剂等。

六、注水及水处理用化学剂

注水及水处理用化学剂的主要作用是用来进行水质处理以保证注水作业的正常运行。注水及水处理用化学剂一般分为 12 类：①絮凝剂；②混凝剂；③助滤剂；④浮选剂；⑤杀菌剂；⑥缓蚀剂；⑦除氧剂；⑧粘土稳定剂；⑨防垢剂；⑩除垢剂；⑪除油剂；⑫清洗剂。

第二节 钻井完井作业产生的污染物及其对环境的影响

一、钻井完井作业产生的污染物

在钻井完井施工过程中，污染物的来源又分为液体、气体和固体以及噪声污染物四种，即废气污染、固体废物污染、废水污染及噪声污染。

1. 液体污染物

1) 废水和污水

一般把工业排放水称为“废水”，生活污水称为“污水”，废水与污水总称为排放水。其包括井场循环系统振动筛冲洗水，钻井泵冲洗水，清洗钻井机械设备水，钻台、井场、废弃钻井液池中钻井液经固液分离后的清液，柴油机排出的冷却水及井场生活污水。

废水和污水对环境产生影响的主要成分表现在有 COD_{Cr} 、油、重金属等方面。液体污染物的主要成分及其危害将在本章第三节中具体详细说明。

2) 正在使用或废弃的钻井完井工程液体

钻井完井液是石油工业开采、地质勘探钻井必不可少的工程流体，是由水、粘土、岩屑、电解质、化学处理剂、石油等复杂成分形成的分散体系。其中固体颗粒大小主要分布在 $0.44\ \mu\text{m}$ 范围内，有很大的比表面和表面能，在水溶液中水化膨胀，加上添加剂的护胶作用，使其成为特殊的胶体稳定体系。这些流体是由各种复杂的无机、有机化合物以及水（淡水、盐水）、油组成。为了满足工程上的需要，使用的液体中往往含有为满足抗高温、高压、高矿化度而使用的高价重金属离子，为稳定性能而使用的表面活性剂、稳定剂等。这些因素给后期废弃钻井流体的处理带来不便。

由于钻井完井液使用过程中自身的物理和化学变化以及地层物质对它的侵染，最终导致其技术性能逐渐失效，这样就产生了废弃钻井流体。钻井流体失效报废的含义有：

(1) 钻井完井液使用一定周期后（如钻完一口井），虽然从其技术性能分析认为还具有一定使用价值，但由于缺乏转运条件或转运需付出昂贵费用时，则该批钻井完井液视为废液。

(2) 钻井完井液的技术性能已不适应钻井完井工程的要求，并无法通过调整处理转化成新的体系，也无法利用（MTC 技术等）或者回收困难，就可确定该钻井完井液报废。

(3) 钻井完井液已完全丧失其应有的技术性能，并无法通过调整处理恢复其功能，就可确定该钻井完井液报废。

(4) 试修作业后的废水，可确定为报废。

2. 固体污染物

废弃钻井液循环系统池中钻井液经固液分离后的固相，钻井岩屑（被钻井液包裹的井内岩屑被带到地面，也称钻屑），含油泥污（油气集中处理站油泥砂、污水处理设施污泥等），散失的钻井液材料（重晶石、膨润土粉、堵漏剂等），凝固的水泥废浆，废弃包装材料，以及其他废弃固态物统称为固体污染物。

3. 气体污染物

钻井完井产生的废气主要来源有以下途径：发电机、柴油机运行过程中排放出的烟气，主要成分为 CO_2 、烃类、 CO 和氮氧化合物；地下钻进到含天然气、硫化氢地层后，从井口逸散出的天然气、硫化氢等；现场锅炉、汽车排放的烟气等。

4. 噪声污染

钻井完井作业会产生以下噪声：

(1) 机械噪声。包括柴油机组、发电机组、钻机、泵以及其他各种机械运转所产生的噪声。

(2) 作业噪声。包括起下钻具、固井、下套管、钻机气路控制系统操作时快速放气阀

放气、跳钻时吊环与水龙头撞击的声音等。

(3) 事故噪声。主要发生在井喷事故时。

(4) 机械加工噪声，是指井队现场加工零配件时所产生的噪声。

(5) 车辆噪声，是指修井机等车辆产生的噪声。

(6) 施工噪声，主要是指起下钻具等施工时钻具碰撞产生的噪声。

二、污染物的主要成分及其对环境的影响

钻井完井液中存在的对人类有害的物质主要有油类、盐类、可溶性重金属元素（锌、铅、铜、镉、镍、汞、砷、钡和铬），以及有机硫化物、有机磷化物、有害气体等。

1. 油类

当完井液或修井液是油基体系时，对人和外部环境都有损害。

接触油基流体会引起皮炎和损害眼睛。吸入烟雾可能引起头晕眼花、恶心，甚至损害肺。

石油及其油类制品对水体的污染比较突出，在各类水体中以海洋受到油污染尤为严重。据报道，每年通过不同途径排入海洋中的石油在几百万吨到一千多万吨之间。随着油田的进一步开发，全世界有 70 多个国家在海上进行石油勘探，海底油田的开发，特别是油井井喷失控，把大量石油喷入海洋，造成十分严重的海洋污染。石油进入海洋，会降低海滨环境的使用价值，影响海洋生物的生长，水中含油 $0.01 \sim 0.1 \text{ mL/L}$ 时，对鱼类及水生生物就会产生有害影响，油膜和油块能粘住大量的鱼卵和幼鱼，石油污染对幼鱼和鱼卵的危害最大。石油污染短期内对成鱼影响不明显，但对水域的慢性污染会使渔业受到较大的危害，同时海洋石油污染还能使鱼虾类产生石油臭味，降低海产品的食用价值。另外，石油进入海洋，降低海洋的自净能力。据测算，每滴石油在水面上能形成 0.25 m^2 的油膜，每吨石油可覆盖 $5 \times 10^6 \text{ m}^2$ 的水面，油膜使大气与水面隔绝，破坏正常的富氧状态，降低进入海水中的氧含量，从而降低海洋的自净能力。

2. 无机盐类

当完井液或修井液是高浓度、高密度碱金属或碱土金属盐的盐水时（即饱和钠或钾盐水或任何钙或锌基盐水时），对外部环境和人都有损害。

使得这些盐水对人体和环境有损害的性能是 pH 值、吸湿性、毒性及与其他化学添加剂反应的潜在的副作用。

1) 盐水的 pH 值和吸湿性危害

由于流体的 pH 值和吸湿性，所以与浓盐水接触会影响皮肤和眼睛。尤其是具有低 pH 值的盐水具有酸性，如果浓盐水与皮肤或眼睛接触，会引起化学烧伤，因为浓盐水从细胞中吸收水，并不断地影响深层细胞，直到达到水平衡。由于眼睛是由非常细的组织组成，加之与盐水接触导致脱水而引起的损害是非常迅速的，因此必须马上处理。

2) 盐水的毒性危害

由盐水的毒性引起的对人体的危害较低。这些盐溶液不会被皮肤吸收，只有当吸入体内时才对人体产生损害。毒性最大的盐水是那些含有锌的盐水，即使这样，也需要每千克人体重量吸入量多于 1000 mg 才能中毒。然而，由于盐水的其他性能，用嘴吸入任何明显量的盐水都会严重损伤口腔、喉部和食道。

3) 锌离子危害

这类盐水最本能的危害是那些含有锌离子的盐水。进一步的研究已经开展，并已经有锌及其盐类对各种动植物作用的文字报道。初步研究表明，很多较低级形式的动植物，许多都不能容忍锌的存在。由于这些有机质处于食物链的始端，这种波动效应在它对较高级生命形式的影响也是明显的。

4) 现场用高密度完井液的危害

现场用高密度完井液很多为溴盐盐水，主要为 CaBr_2 和 ZnBr_2 盐水。按《职业性化学毒物危害程度的分级》进行评价， CaBr_2 和 ZnBr_2 盐水的急性经皮毒性均为轻度危害。 CaBr_2 盐水对眼睛有中度刺激性，而 ZnBr_2 盐水对眼睛有重度刺激性，接触 30 s 即进行冲洗的试验结果仍为重度刺激性，接触 4 s 即进行冲洗的实验结果为中度至重度刺激性。因此，高密度重盐水，特别是含 ZnBr_2 的盐水对眼睛和皮肤的刺激性比低密度盐水大得多。它引起眼睛永久性损伤，裸露的皮肤也会受到刺激，如果长时间接触将会导致化学烧伤。另外，配制完井液时若使用固体 CaCl_2 和 CaBr_2 ，溶解时会产生大量的热量，对人和设备的安全会造成威胁。 CaBr_2 盐水对白鲢鱼的急性毒性属于低毒类；而 ZnBr_2 盐水属于中毒类物质，因此含 ZnBr_2 完井液使用后一定要回收，以免造成环境污染。 ZnBr_2 、 CaBr_2 的 LC_{50} （使一半被实验的动物死亡的剂量）数据如表 1-1 所示。

表 1-1 ZnBr_2 及 CaBr_2 的 LC_{50} 数据

方 式	ZnBr_2 的 LC_{50} 数据	CaBr_2 的 LC_{50} 数据
口服量 (mg/kg)	1047	4068
皮肤侵入量 (mg/kg)	>2000	>2000
吸入量 (mg/kg)	>200	>200

美国联邦水污染控制法案规定，往陆地、内陆水域、河流或海洋中泄露或排放溴化锌是有危害的。美国环境保护部门规定，以金属形式的锌的排放限度是 1000 lb，即含有 19.2 lb/gal（比重 2.305）的密度的溴化锌；如果溢出的溴化锌超出了这个量，必须报告美国海岸警备队。注意，该限量只适用于溢出，而对完井液或修井液任何有意的排放都是不允许的。

3. 重金属及其化合物

钻井完井液中重金属离子的主要来源之一是为了保证钻井液的稳定性和各种工艺性能而加入的各种化学处理剂，如防腐剂、絮凝剂、pH 控制剂、润滑剂、加重剂等。据初步统计，目前美国使用的此类化学剂已超过 200 种，我国也有 100 种以上。这些化学剂不少都含有重金属离子。如防腐剂常用重铬酸钠 ($\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$)，其中就含有六价铬离子 (Cr^{6+})。除铬外，钻井液中毒性大的重金属离子还有汞 (Hg^{2+} 、 Hg^+)、镉 (Cd^{2+})、铅 (Pb^{2+}) 及非金属砷 (As^{3+} 、 As^{5+}) 等。

这种重金属及其化合物，随散落的废弃泥浆进入环境，主要集中在水体和土壤中，它们在水体和土壤中的行为直接关系到其迁移转化以及对环境污染毒性的的大小。

1) 铬 (Cr)

铬 (Cr) 是一种银白色、有光泽、坚硬而耐腐蚀的金属，相对密度 7.2，熔点 1900 ℃，沸点 2480 ℃。