

石油石化工业环保技术概论

SHIYOUSHIHUAGONGYEHUANBAOJISHUGAILUN

★ 陈家庆 编著



中国石化出版社

石油石化工业环保技术概论

陈家庆 编著

中国石化出版社

内 容 提 要

本书在收集、整理、分析大量资料的基础上,结合作者多年的科研、实践经验,从上、下游一体化的角度阐述石油石化工业的环境污染治理问题,以石油石化工业的生产过程为主线,以水、大气、固体废物、噪声等污染治理技术为脉络,深入浅出,全面反映了石油石化工业上下游环境保护的总体状况、突出问题及其处理技术和思路。通俗易懂、图文并茂,在兼顾实用性的同时体现了国内外的先进技术和发展趋势。

本书适合石油石化行业从事环境保护工作的管理人员、科技人员及高等院校相关专业的师生阅读。

图书在版编目(CIP)数据

石油石化工业环保技术概论/陈家庆编著.
—北京:中国石化出版社,2005
ISBN 7-80164-884-6

I.石… II.陈… III.石油化学工业-环境污染-
污染防治-概论 IV.X74

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 092504 号

中国石化出版社出版发行

地址:北京市东城区安定门外大街 58 号

邮编:100011 电话:(010)84271850

读者服务部电话:(010)84289974

<http://www.sinopec-press.com>

E-mail:press@sinopec.com.cn

北京精美实华图文制作中心排版

河北天普润印刷厂印刷

新华书店北京发行所经销

*

787×1092 毫米 16 开本 34.25 印张 741 千字

2005 年 9 月第 1 版 2005 年 9 月第 1 次印刷

定价:50.00 元

前言

石油石化行业作为国家的支柱产业，其环境保护工作一直受到而且将继续受到多方面的关注。但由于我国石油石化工业从管理体制上仿照国外大石油公司实现真正的上下游一体化是近几年才开始的事情，在此之前的各种活动都留下了上下游明显分割的特征和痕迹——学术出版界也不例外。仅就环境污染治理方面的不少出版物而言，要么从上、下游的角度各自论述，要么仅仅阐述了上、下游领域的某一个具体问题。虽然近期也有部分出版物开始着手从上、下游一体化的角度阐述其中的环境污染治理问题，但其对污染问题及其治理技术的阐述有失全面，同时因加入了过多的环境污染控制基础知识而略显臃肿。这种状况也给目前中石油、中石化、中海油、中化等各大集团公司从事环境保护工作的管理人员、科技人员带来了诸多不便，因而迫切需要一本既能全面反映石油石化工业上下游环境污染总体状况、又能突出关键问题和热点问题的出版物。

本书正是为力图弥补上述缺憾而进行尝试和努力的结果，在内容的组织上以石油石化工业的生产过程为主线，以水、大气、噪声、固废等污染治理技术为脉络，深入浅出，强化宏观阐述，避免使得相关读者产生“只见树木、不见森林”的感觉。在编写过程中则力求做到文字通俗易懂、图文并茂，在兼顾实用性的同时也尽可能体现国内外的先进技术和发展趋势。

全书共6章，由北京石油化工学院陈家庆教授负责统稿，§2-4、§3-2和§6-3节由北京石油化工学院丁福臣教授执笔，第4章的部分内容由北京化工大学王奎升教授执笔，北京石油化工学院刘录教授负责第5章的编写工作，曹建树老师、李津老师分别参加了§2-5节、§6-4节的编写工作。

本书的编写出版得到了北京石油化工学院教务处李卫清等同志的大力支持和帮助，北京石油化工学院校长助理焦向东教授的鼓励使得几度中断的编写工作得以继续，国家“十五”863资源与环境领域“水下干式管道维修系统”重大项目课题组的房晓明总工、周灿丰博士以及北京石油化工学院环境工程系的全体同事对本书提出了许多宝贵建议。由于目前国内外此类书籍相对较少，在资料收集、整理、分析、筛选的过程中，直接参考引用了一些从事教学科研、工程设计同行所撰写的论文、论著、手册以及一些国内外企业的网站资料等等，虽然已尽量在参考文献目录中予以了罗列，但难免挂一漏万，在此深表谢意和歉意。

编者希望本书的内容对石油石化行业的相关技术人员、环保工程的建设者与管理者们以及相关高等院校的师生有所帮助，以共同促进我国石油石化行业环保水平的发展，进而提高我国环境保护工作的整体水平。

限于编著人员的水平和行业经验，同时由于时间仓促，书中的缺点和错误在所难免，恳请各位读者提出宝贵意见，以使本书在再版中得以不断更新和完善。

目 录

绪论	(1)
第一章 油气田勘探开发水污染治理技术	(10)
§ 1-1 钻井废水的组成及处理技术	(10)
§ 1-2 油井产出液的基本处理	(20)
§ 1-3 油田常规含油废水的治理与回用技术	(46)
§ 1-4 稠油废水的特性及处理技术	(91)
§ 1-5 聚合物驱采出水的治理及回用技术	(102)
§ 1-6 气田废水的处理技术	(113)
§ 1-7 海洋油气开发生产废水治理技术	(126)
§ 1-8 井下作业废水的处理	(146)
§ 1-9 油气储运水污染治理技术	(153)
§ 1-10 水域油污染及其治理技术	(159)
第二章 石油化工工业水污染治理技术	(171)
§ 2-1 我国石油化工废水的特点及治理原则	(171)
§ 2-2 石油炼制含油废水处理技术	(179)
§ 2-3 石油炼制企业含硫废水处理技术	(209)
§ 2-4 石油炼制含环烷酸废水处理技术	(225)
§ 2-5 石油化工含酚废水处理技术	(233)
§ 2-6 石油化工含氰(腈)废水处理技术	(240)
§ 2-7 其他石油化工企业废水处理技术	(248)
§ 2-8 石油化工循环冷却水处理技术	(260)
§ 2-9 石油化工废水处理系统与回用技术	(273)
第三章 石油石化工业废气污染治理技术	(293)
§ 3-1 石油石化废气污染的分类、特点与治理现状	(293)
§ 3-2 石油炼制硫氧化物废气治理技术	(300)
§ 3-3 石油炼制企业含硫化氢废气的治理技术	(315)
§ 3-4 石油石化烃类 VOC 的治理技术	(336)
§ 3-5 石油化工企业恶臭问题的处理技术	(357)
§ 3-6 石油石化工业其他废气的处理技术	(374)
第四章 石油石化工业固体废弃物处理工程	(391)
§ 4-1 概述	(391)

§4-2	油气田开发固体废弃物处理技术	(395)
§4-3	石油炼制固体废弃物处理技术	(408)
§4-4	基本有机化工固体废弃物处理技术	(435)
§4-5	三大合成材料生产固体废弃物处理技术	(439)
第五章	石油石化工业噪声污染及其控制	(447)
§5-1	石油石化噪声污染的来源和特征	(447)
§5-2	油气钻井与井下作业噪声污染的分析与治理	(454)
§5-3	油气田开发生产中的噪声污染与治理	(458)
§5-4	石油化工生产中的稳态噪声污染与治理	(463)
§5-5	石油化工生产中的非稳态噪声污染与治理	(472)
第六章	高新技术与石油石化环境保护	(489)
§6-1	油气钻采过程中的绿色新技术	(489)
§6-2	气体膜分离技术与石油石化工业	(499)
§6-3	清洁燃料生产技术	(516)
§6-4	石油石化工业中的 HSE 管理体系	(527)
参考文献		(538)

绪 论

一、石油石化工业概论

石油石化工业是我国现代能源及国民经济的重要组成部分和国家的支柱产业。在世界能源构成中石油与天然气占据很大比重,对整个社会经济结构具有很重要的影响。纵观整个石油石化工业的生产过程,可分为油气勘探开发与生产、炼油及化工两大领域。

1. 油气勘探开发与生产领域

油气勘探开发是一项涉及地下与地上、陆地与海洋等多种场合的系统工程。

(1) 油气勘探

所谓油气勘探,就是为了寻找和查明油气资源,而利用各种勘探手段了解地下的地质状况,认识生油、储油、油气运移、聚集、保存等条件,综合评价含油气远景,确定油气聚集的有利地区,找到储油气的圈闭,并探明油气田面积,分析油气层情况和产出能力的过程。油气勘探的主要方法有地震勘探、重力勘探、磁力勘探、电法勘探、地球化学勘探、地球物理测井、油藏描述等方法。

地震勘探是地球物理勘探中最重要的一种方法,其原理是由人工制造强烈震动所引起的弹性波在岩石中传播时,遇着岩层的分界面便产生反射波或折射波,在返回地面时用高度灵敏的仪器记录下来,根据波的传播路线和时间,确定发生反射波或折射波的岩层界面的埋藏深度和形状,认识地下地质构造,以寻找油气圈闭。我国 50 多年来核心地震技术的发展历史证明,每一次油气新发现或重大突破,都是依靠地震技术的科技进步。目前三维地震勘探技术已广泛应用,四维(时延)地震技术也日益受到关注。

重力勘探的前提是由于各种岩石和矿物的密度不同,其所受到的地球引力也不相同。据此,研究出重力测量仪器来测量地面上各个部位的地球引力(即重力),排除区域性引力(重力场)的影响,就可得出局部的重力差值,发现异常区,并利用岩石和矿物的密度与重力场值之间的内在联系来研究地下的地质构造。

磁力勘探是依据各种岩石和矿物的磁性不同,测定地面上各部位的磁力强弱以研究地下岩石矿物的分布和地质构造。一般铁磁性矿物含量愈高,磁性愈强。在油气田区,由于烃类向地面渗漏而形成还原环境,可把岩石或土壤中的氧化铁还原成磁铁矿,用高精度的磁力仪可以测出这种磁异常,从而与其他勘探手段配合,发现油气田。

电法勘探的实质是利用岩石和矿物(包括其中的流体)的电阻率不同,在地面测量地下不同深度地层介质的电性差异,用以研究各层地质构造的方法,对高电阻率岩层如石灰岩等效果明显。电法勘探种类较多,我国目前石油电法勘探一般用直流电测深、大地电磁测深、可控源声频大地电磁测深等方法,近期又发展了差分标定电法、大地电场岩性探测法等新方法。

根据大多数油气藏的上方都存在着烃类扩散“蚀变晕”的特点,用化学方法寻找这类异常区,从而发现油气田的方法就是油气地球化学勘探。油气地球化学勘探方法的种类比较多,常用的是土壤烃气体测量法、土壤硫酸盐法、稳定碳同位素法、汞和碘测量法等,还有地下水化学法及井下地球化学勘探法。

地球物理测井(简称测井)是在钻孔中使用测量电、声、热、放射性等物理性质的仪器,以辨别地下岩石和流体性质的方法;是勘探和开发油气田的重要手段。测井的方法分为电阻率测井、声速测井、放射性测井、井温测井、地层倾角测井、井径测井、自然伽马射线能谱测井、声波变密度测井、三孔隙度测井等方法。测井解释的“四性”是指地层的岩性、储集性(孔隙度、渗透率)、含油性和物理性。

油藏描述技术把地震、测井、地质等多方面的资料综合起来,运用计算机手段进行处理,定性、定量地描述三维空间的油气藏,包括:构造、储层、储集空间、流体性质及分布、渗流物理特征、压力和温度、驱动能量和驱动类型、油气藏类型等,是对油气藏本身的正确认识。

(2) 油气钻井

钻井是利用一定的工具和技术在地层中钻出一个较大孔眼的过程。常用油气井为直径 $\phi 100 \sim 500\text{mm}$ 、深度为几百米~近万米的圆柱形井眼。钻井工作始终贯穿在油气田勘探开发的地质勘探、区域勘探和油田开发的三个阶段之中,相应的井可分为探井、生产井两种。

油气探井一般有4大类:①参数井——了解一个地区(盆地或凹陷)生油岩和储集岩存在和分布情况的井;②预探井——了解一个圈闭中是否含有油气和储集岩分布情况的井;③评价井——在预探井发现含油气储集层后,为探明这个圈闭(油气藏)含油气面积和地质储量所钻的井;④资料井——为获得油气藏油层参数(主要是使用特殊工具在钻进中取出整块,进行检测与分析)所钻的井。

地质录井是配合钻井勘探油气的一种重要手段,是随着钻井过程利用多种资料和参数,观察、检测、判断和分析地下岩石性质和含油气情况的方法,主要包括岩屑录井、岩心录井、钻时录井、荧光录井、钻井液录井及气测录井等。

(3) 井下作业

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,测试包括井温测试、压力测试、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。

(4) 油气田开发

当自喷井处于开采晚期,油层压力降低到某种程度,或者油田开发之初油层的原始压力很低,油液难以喷出地面时,就只能采用人工举升或机械采油措施,通常是向井底下入往复泵、离心泵或单螺杆泵等抽油泵。利用地面压气机向井内注入高压气体,使油液上升

到地面的方法为气举采油法。按照动力传递方式，抽油泵装置可分为有杆泵装置和无杆泵装置两种。

随着油气藏储量的不断减少，油气从周围底层向井眼的流动能力和流动性能也逐渐变差，因而相应出现了一些新的油气田开发技术，如多层砂岩石油田早期注水分层开采技术、高含水油田提高水驱采收率技术、稠油热采技术、老油田三次采油技术等，纳米高分子材料聚合物驱、微生物驱等采油技术也日益受到关注。

(5) 油气集输及储运

从地下采出的原油中，一般伴有大量的天然气及其他杂质(砂子、水、盐类等)，这不仅会使输送困难、腐蚀输油管线、加剧设备的磨损，更会给石油炼化企业的生产带来困难。因此，必须在石油矿场上对从井底采出的油气进行收集、输送、储存、计量和初步净化处理等一系列的工作，这些工作总称为石油矿场的油气集输。我国在 20 世纪 80 年代开始逐步推广全密闭集输工艺流程，配套建设了原油稳定装置、伴生气处理装置及含油废水处理、回注系统等；90 年代以来在密闭流程的基础上应用化学添加剂处理方法降低凝点、粘度，集输过程中不用加热，实现了常温密闭输送工艺。

原油从地下采到地面，虽几经油气分离和脱水，仍残留有少量的 $C_1 \sim C_6$ 轻组份烃类，这种含有 C_5 以下轻烃、饱和蒸气压超过规范要求的原油称为未稳定原油。在原油集输和储运过程中，溶解在未稳定原油中的轻组份烃类不仅会随时挥发，而且在其挥发过程中还将携带相当数量的轻汽油馏份，从而造成极大的资源浪费和经济损失。为了减少原油储运过程中的蒸气损耗，将原油中 C_5 以下轻组份烃类分离出并回收的工艺过程称为原油稳定，经稳定处理后饱和蒸气压符合规范要求的原油称为稳定原油。

油气储运通常指从油气田将处理好的商品油、气通过长距离管道输送到用户(炼油厂、码头或油库)，现阶段的油气储运还应包括油轮运输、用槽车或罐车将炼制加工好的油(气)燃料运送到加油(气)站储存待用等环节。

2. 炼油及化工领域

炼油及化工领域是以石油或天然气为主要原料，通过不同的生产工艺过程或加工方法，生产加工石油产品、有机化工原料、合成材料、化学肥料的生产行业。

(1) 石油炼制

石油产品又称油品，主要包括各种燃料(汽油、煤油、柴油、燃料油等)、润滑油以及液化石油气、石油焦碳、石蜡、沥青等；其中各种燃料产量最大，约占总产量的 90%；各种润滑剂品种最多，产量约占 5%。各国都制定了产品标准，以适应生产和使用的需要。

石油的加工利用并逐渐形成石油炼制(简称炼制)工业始于 19 世纪 30 年代，到 20 世纪 40~50 年代形成的现代炼油工业是最大的加工工业之一。从 19 世纪 30 年代起，陆续建立了石油蒸馏工厂，产品主要是灯用煤油，汽油当时没有用途当废料抛弃；19 世纪 70 年代建造了润滑油厂，并开始把蒸馏得到的高沸点油用作锅炉燃料。19 世纪末内燃机的问世使

汽油和柴油的需求量迅速增加,仅靠原油的蒸馏(即原油的一次加工)不能满足需求,于是诞生了以增产汽、柴油为目的,综合利用原油各种成分的二次加工工艺,如1913年实现了热裂化,1930年实现了焦化和催化裂化,1940年实现了催化重整,此后加氢技术也迅速发展,形成了现代石油炼制工业。20世纪50年代以后,石油炼制为化工产品的发展提供了大量原料,形成了现代石油化学工业。

国内1956年4月29日动工兴建了我国第一个炼油厂——兰州炼油厂,以后陆续兴建了大庆、燕山、齐鲁、上海高桥、南京、抚顺、大连等一批大型炼油企业,各地也兴建了不少小规模炼油厂。截至2003年底,全国已有炼厂共124座,年原油一次加工能力3.09亿t,加工量2.42亿t。目前,我国的炼油工业面临着三大挑战:

第一个挑战来自国外大公司和周边国家或地区同行的加剧竞争。近年来,亚太地区石化工业发展迅速,周边国家 and 地区的外向型石化工业基本上都以我国大陆为目标市场。预计2008年韩国、中国台湾省和新加坡过剩的汽油、煤油、柴油将达到4500万t,中东地区也将过剩9000万t。随着我国油品市场按WTO协议期限开放,国外大公司可以进入中国市场,与中国炼油企业直接展开全方位的竞争。特别是国外过剩的成品油可能大量涌入国内市场,我国石油化工企业的生存空间将可能被压缩,市场份额将受到挤压。

第二个挑战来自环保方面的压力。可持续发展战略成为世界石化工业共同而紧迫的课题,我国炼油工业将面临为满足质量及环保要求带来的成本增加等压力。要抢占市场就必须在解决质量升级、清洁生产与降低成本、增加盈利这一突出矛盾方面付出更大的努力和代价。

第三个挑战来自国内资源的制约。目前国内原油产量不能满足炼油工业发展的需要,1998~2002年,国内原油消费量年均增长7.3%,2002年原油消费量达到2.3亿t,而国产原油产量近年来一直在1.6亿t左右,年增长速度只有0.9%,远远低于成品油和石化产品需求的增长速度。1993年,我国石油进口3615.7万t、出口2506.5万t,净进口1109.2万t,成为成品油净进口年份;1996年,我国石油进口4536万t、出口2696万t,净进口1840.9万t,成为原油净进口的年份。此后,进口量逐年增加,2003年进口量达9100万t;2004年1~11月份进口9031.4万t,比2003年同期增长了34.4%。预计2005年我国石油进口量将达11000万t,比1993年增长3倍,成为我国进口石油首次突破亿t的年份。为充分利用国内外两种原油资源,应坚持走深加工道路。例如,渣油的催化裂化转化、渣油的加氢处理、重油的延迟焦化、清洁燃料生产技术等等。

天然气不仅是一种优质能源,而且还是清洁的化工原料。在21世纪大部分天然气除直接作为各种燃料之外,随着天然气转化技术的进步,将会有越来越多的天然气作为化工原料直接制取化工产品。由于目前石油化工产品的经济成本低于天然气化工产品,长期以来天然气化工在合成氨和甲醇工业中占主导地位。如何有效地对甲烷分子进行化学活化,使其转化为更有价值的化工产品,一直是国内外研究者们致力解决的问题。

(2) 基本有机化工

基本有机化工是以石油产品、石油化工中间产品及化工产品为主要原料,生产三烯(乙烯、丙烯、丁二烯)、三苯(苯、甲苯、二甲苯)、乙炔和萘等基本有机原料。

(3) 化纤、三大合成材料

石油化纤工业是以石油产品及天然气为主要原料,生产聚酯、聚酰胺、己内酰胺、尼龙 66 盐、腈纶 66 盐、丙烯腈等各种合成化纤原材料。三大合成材料行业是将有机原料经过特定的加工工艺生产出聚乙烯、聚丙烯、聚苯乙烯等合成树脂,丁苯橡胶、丁腈橡胶、乙丙橡胶等合成橡胶,或以石油炼制生产的苯、二甲苯、乙烯、丙烯等有机产品为主要原料生产聚酯、聚酰胺、聚乙烯醇缩甲醛等纤维产品。

(4) 化肥工业

化肥工业是以石油产品及天然气为主要原料,生产尿素、硫酸铵、碳酸氢铵和硝酸铵等产品,其中合成氨的产量最大。合成氨的生产方法是以石油产品或天然气为原料进行裂解制氢,并与经空气分离制备得到的氮气在高温(HT)、高压(HP)及催化剂作用下合成为液氨,然后将氨与 CO_2 在高温、高压下合成尿素产品。

(5) 石油化工企业的特点

国内外的石化企业都是集中建设一批生产装置,形成大型石化工业区。在区内炼油装置为“龙头”,为石化装置提供裂解原料,如轻油、柴油,并生产石化产品;裂解装置生产乙烯、丙烯、苯、二甲苯等石化基本原料;根据需求建设以上述原料为主生产合成材料和有机原料的系列生产装置,其产品、原料有一定比例关系。如要求年产 30 万 t 乙烯,粗略计算需裂解原料约 120 万 t,对应炼油厂加工能力约 250 万 t,可配套生产合成材料和基本有机原料 80~90 万 t。由此可见,建设石化工业区需投入大量资金,厂区的选址不但要保证原料和产品的运输,而且要有充分的电力、水供应及其他配套基础工程设施;各生产装置需要大量标准定型的机械、设备、仪表、管道和非定型专用设备。所有这些都需要冶金、电力、机械、仪表、建筑、环保各行业支持,进而形成了一个高度技术密集型的行业。

二、石油石化工业环境污染源的构成

1. 油气勘探开发生产过程中的环境污染

随着我国石油和天然气地质储量开始大幅度增长,油气产量持续上升,石油天然气工业目前已进入了一个新的发展阶段。由于油气勘探开发活动增多,所产生的污染量也随之增加,对环境造成的污染日趋严重。油气田勘探开发生产过程中环境污染源的总体构成如图 0-1 所示,可见在具体的生产活动中,随着作业工艺和开发阶段的不同,管理水平、设备配置的差异,其排放的污染物及构成也不尽相同,污染源比较复杂。

(1) 油气勘探过程

环境污染源主要是放炮震源和噪声源。

(2) 油气钻井过程

污染源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

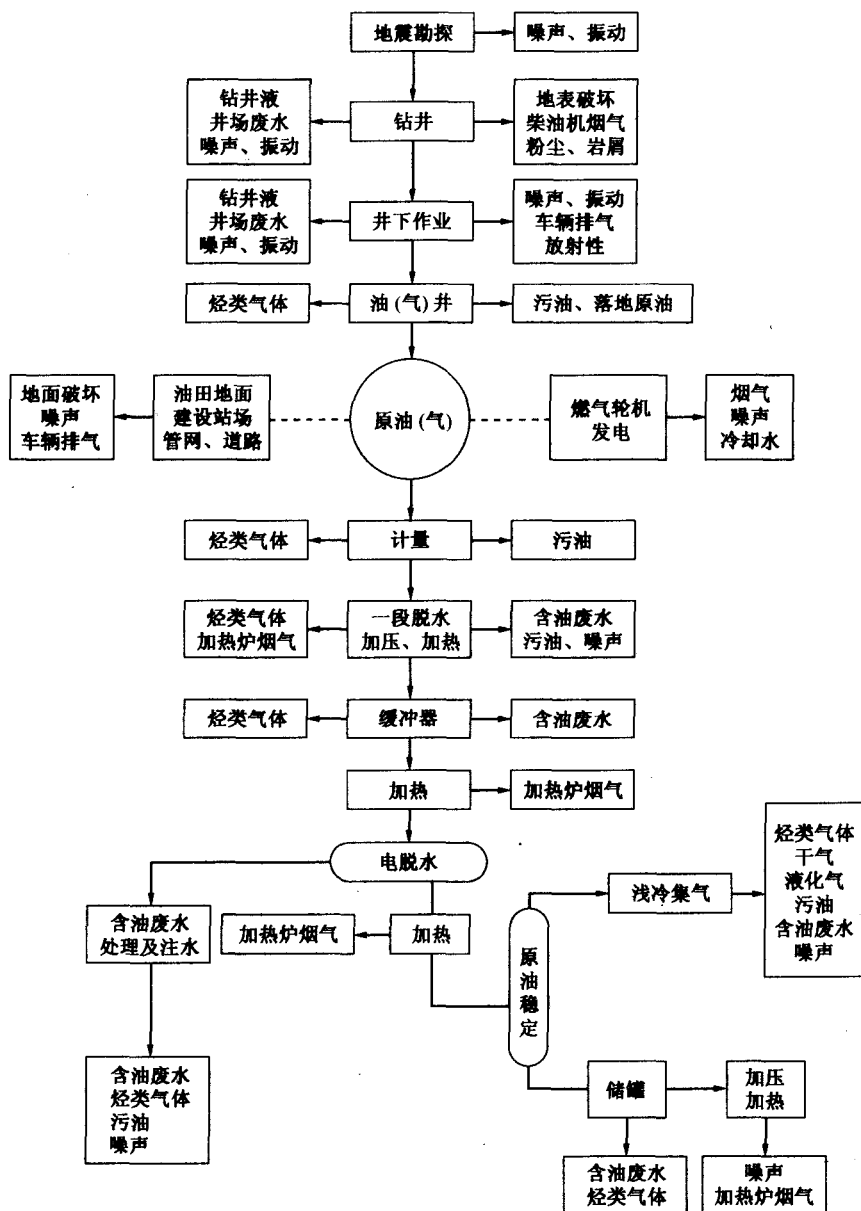


图 0-1 油气田开发过程中的污染源构成及污染物排放流程示意图

生固废和作业噪声。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；废渣主要有钻井岩屑、废弃钻井液及钻井废水处理后的污泥等。有时在钻井过程中还使用放射性辐射源和放射性核素，此时相应

的污染源主要是放射性物质，以及因操作不慎溅、洒、滴入外界环境的活化液、挥发进入空气中的放射性气体、被污染的井管和工具等。

(3) 井下作业过程

在酸化施工过程中，酸化液与硫化物结垢作用后可产生有毒气体 H_2S ，作业施工过程中挥发的烃类气体，制造压裂砂、粉碎矿石所产生的粉尘，修井机、压裂车、酸化车等车辆的尾气，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，都造成了大气的污染。酸化后洗井排出的废水中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。修井机、压裂车、酸化车等施工车辆会产生噪声，注水泵组会产生较强的噪声。井下作业产生的固体废弃物有：废弃钻井液；砂施工带出井口的砂、压裂施工散落砂；起油管、抽油杆带出的蜡，洗井液带出井口的蜡；冲盐作业时自井内冲出的盐；生活垃圾等等。

(4) 油气开采过程

主要污染源和污染物是随同油气一同产出的各种废水，尤其是在稠油开采施工时，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。

在海上油气生产过程中，除了正常作业条件下油田生产污水以及其他污水的排放之外，各种海洋石油生产作业事故的原油泄漏会造成大面积的海洋水体污染，违反海洋环境保护的要求。

(5) 油气集输及储运过程

如图 0-2 所示，主要废水污染源是原油脱出的含油废水；油气分离器及分离罐排出的含砂、含油废水，原油稳定流程的三相分离器及真空罐和冷凝液储罐排水，还有计量站、联合站、脱水站、油水泵区、油罐区、装卸油站台、油罐车、油轮、加油(气)站、集输流程的管线/设备及地面冲洗等排放出的含油、含有机溶剂的废水。

主要废气污染源有储罐、油罐车、油轮、增压站、集气站、压气站、天然气净化厂、加油(气)站等损耗的烃类物质，还有加热炉放空火炬等。

主要的固体废弃物有从三相分离器、脱水沉降罐、电脱水等设备排水时排出的污油；泵及管线跑、冒、滴、漏排出的落地原油；脱水沉降罐、油罐、油罐车、含油废水处理厂等设施，以及天然气净化厂清出和排出的油砂、油泥、过滤滤料等固体泥状废物。

主要噪声源有机泵、电机、加热炉螺杆式压缩机等。

2. 石油化工生产过程中的环境污染

在石油化工生产过程的四大门类都会产生废水、废气、废渣，同时各种动设备在运转过程中还会产生噪声污染，尤其是高压排气放空噪声。

以石油炼制为例，首先要将输送到炼油厂的原油在厂内再次进行脱水、脱盐处理，使原油中的含水量 $\leq 0.5\%$ 、含盐量 $< 5000\text{mg/L}$ 。在加热炉内将原油加热到 350°C 以上，然后进行常压蒸馏、减压蒸馏，分割出汽油、煤油、柴油、润滑油馏分，常压重油和减压渣油作为二次加工的原料。为了提高产品质量及原油的综合利用率，在炼油厂还要进行二次加

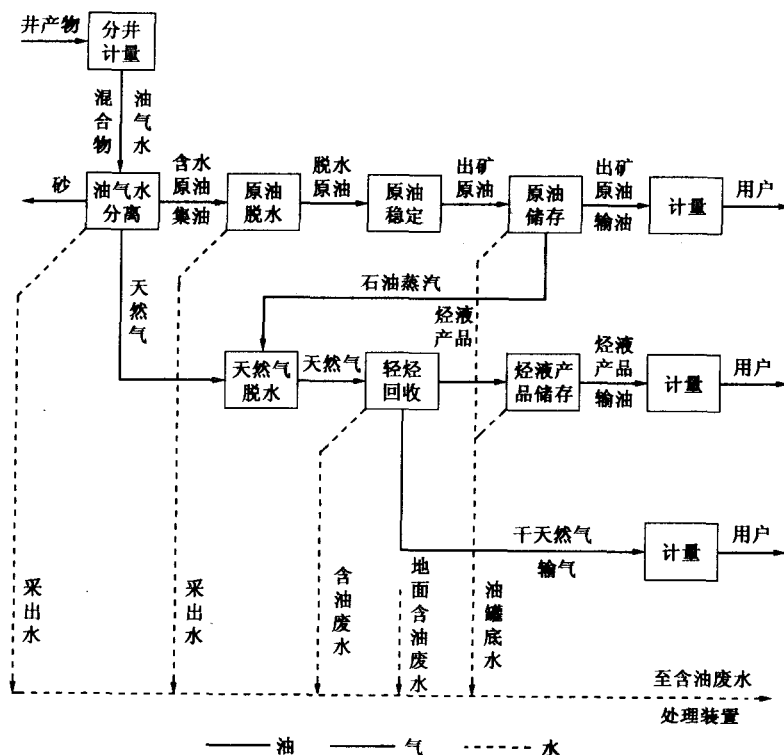


图 0-2 一般油气集输工程的内容及相应关系框图

工，主要装置有催化裂化、铂重整、加氢、糠醛精制、聚丙烯、焦化、氧化沥青等多套装置。由于这些装置均采用物理分离和化学反应相结合的方法，生产过程往往在高温下进行，这就需要消耗燃料及冷却介质(水)。在汽提及注水、产品精制水洗、机泵轴封冷却等工艺中，水和油品要直接接触，因而产生各种废水。

常减压装置生产过程在三顶(初馏塔顶、常馏塔顶、减压塔顶)中通常会产生不凝气，通常将不凝气通入加热炉进行燃烧以回收利用热能，而不再直接排入大气，减少了污染，此时废气则主要来自加热炉烟气。同时生产中还在塔顶注氨、碱、缓蚀剂等以防止腐蚀，在产品精制时还要采用碱洗、酸洗、水洗等工艺，于是产生了废水、碱渣、酸渣。各厂根据自己的情况，利用碱渣可生产环烷酸、粗酚、硫酸钠等；还有的炼油厂采用加大塔顶注氨量代替汽油碱洗，从而减少了碱渣的排放量。噪声则主要来源于加热炉、机泵电机、空冷器风机等。

3. 石油石化行业生产辅助性过程中的环境污染

由于社会历史以及建设初期地理位置较偏僻等方面的原因，我国的石油石化行业往往是一个相对独立、半封闭性的小社会，都包括与各种生产过程相关的机械加工、自备电厂及配套生活设施。表 0-1 列出了机械加工、自备电厂及医院的污水和污染物。

表 0-1 石油石化行业生产辅助性过程的污染物

工程类别	废水类别	来 源	主要污染物
自备电厂/动力站	水力冲灰水	冲粉煤灰、炉渣工艺排水	无机盐、SS
	循环冷却水	电厂循环冷却系统	盐分、水温较高
机械加工	含油废水	锻冲、零件加工、热处理、 表面处理等	油、COD
	电镀废水	镀件清洗、废镀液、 车间冲刷水	各种金属离子、酸、 碱类物质等
交通、运输用 机动工具	机动工具燃烧废气	汽车尾气、船舶排放气	SO _x 、NO _x 等
	洗舱水、压舱水	船舱	油、COD
生活污染源排水	医院污水	病房、手术室、洗衣房等	病原微生物、BOD ₅ 、氨等
	一般生活污水	厨房、厕所、浴池	BOD ₅ 、氨、细菌

总之，尽管石油石化行业所排放的污染物多种多样，但不论其来源情况如何，按其形态仍可大致分为五种类型的环境污染物，即水体污染物、大气污染物、固体废物、噪声和放射性污染物。

第一章 油气田勘探开发水污染治理技术

石油和天然气的勘探开发,通过钻井、完井、试井、采油(气)等生产过程,将产生大量的废水。这些废水主要是钻井废水、采油废水、洗井废水和采气废水等。此外,在油田矿区内由于降雨形成地表径流,可将散落在井场及土壤中的部分落地原油带入地表水体,成为水污染的重要因素之一。

表 1-0-1 列出了油气田勘探开发生产过程中各类废水排放污染物的情况。

表 1-0-1 油气田勘探开发过程中废水排放污染物的情况

废水类别	产生或排放工序及装置	主要污染物	排放方式	去 向
钻井废水	钻台、钻具、设备冲洗 振动筛冲洗 钻井泵冲洗 钻井液池清液 柴油机冷却水	石油类、SS、钻井液添加剂 (铁铬盐、褐煤、硫化酚醛)、可 溶性重金属、高分子处理剂	间歇	蒸发、风干、渗 透地下、处理达标 排放
洗井废水及 作业废水	压裂后洗井 酸化后洗井 注水井洗井 替喷、自喷液	石油类、SS、压裂液溶入物 (K_2CrO_7 、三氯甲苯)、酸化液混 入物(HCl、 H_2SO_4 、 HNO_3)等	不定期	处理后部分回注 地层,部分排入地 表水体
原油脱出的 含油废水	采油时产生,在联合站、 伴生气处理站、 废水处理站排出	石油类、COD、破乳剂、腐生 菌、可溶性矿物质、有机质	连续	回注地层或达标 排放
稠油开采注 气站废水	注气站	盐类、酸、碱	间歇	一般外排,或深 度处理后回用
矿区雨水	降雨后地表径流	石油类、泥砂	逢雨	进入地表水

§ 1-1 钻井废水的组成及处理技术

为了钻井作业的不断进行和井眼的不断加深,必须随时将钻头在井底破碎了的岩石(即岩屑)输送到地面,钻井的过程就是钻井液在井内循环的过程。采用良好的钻井液进行洗井,有助于提高钻速、形成较为规则的井眼,使井壁稳定;同时能延长裸眼钻井段,提高固井质量,有利于减少复杂情况和钻井事故的发生,减少或减免对油气层的损伤。

一、废弃钻井液的来源与特性

1. 钻井液的分类

按我国正常使用情况和初步分类, 钻井液分为水基钻井液、油基钻井液和气基钻井液三个体系, 其中水基钻井液应用最广, 约占 98% 以上。

(1) 水基钻井液

水基钻井液包括淡水钻井液、含盐钻井液和钙处理钻井液等类型。

① 淡水钻井液: NaCl 的含量不大于 1%, 钙含量不大于 120mg/L。其中包括淡水磷酸盐钻井液、淡水丹宁酸钻井液、淡水膨润土钻井液等。

② 含盐钻井液: 包括盐水钻井液、饱和盐水钻井液、海水钻井液等。其中盐水钻井液的含盐量由 1% 至饱和不等, 可以根据需要加以控制; 饱和盐水钻井液的 NaCl 必须达到完全饱和, 甚至过饱和, 主要用于钻盐岩层; 海水钻井液用海水配浆, 其含盐量在 30000mg/L 左右, 主要用于海上或沿海钻井。

③ 钙处理钻井液: 包括石灰钻井液、石膏钻井液、CaCl₂ 钻井液等。其中石灰钻井液中 Ca²⁺ 含量约为 20~500mg/L, 用 NaOH 控制石灰溶解而达到调节 Ca²⁺ 的目的, pH 值常在 10 以上; 石膏钻井液中 Ca²⁺ 含量可达 500~1200mg/L, 可用来钻石膏层, pH 值一般为 7~9; CaCl₂ 钻井液中的钙含量高达 1200mg/L 以上。

(2) 油基钻井液

油基钻井液包括普通油基钻井液和油基钻井液两类。普通油基钻井液以油为外相, 以水为内相, 为油水饱和钻井液, 其油水比在 (50~80):(50~20) 范围内, 含有柴油、氧化沥青、水, 最常用的乳化剂是硬脂酸钠皂 [CH₃(CH₂)₁₆(OONa)]; 油基钻井液通常使用氧化沥青、碱、柴油、处理剂、有机酸等组成, 含水超过 5%。

(3) 气基钻井液

气基钻井液属于低密度型的钻井液体系, 包括干燥气、雾、稳定泡沫、气化流体等品种。

2. 钻井液材料的性质

钻井工程常用的钻井液由水、粘土、加重材料等原材料和处理剂按一定比例配制而成。显然, 废弃钻井液对环境的污染与钻井液材料有关。

(1) 原材料

钻井液原材料包括水、粘土、加重材料。绝大多数钻井液中含有水, 甚至在油基钻井液下, 水也有重要的作用, 因为水具有溶解多种物质的能力。粘土以小颗粒状态分散在水中, 形成粘土与水的悬浮体。在淡水钻井液中大量应用的粘土是膨润土, 其主要成分是蒙脱石; 在盐水钻井液中主要使用抗盐膨润土; 在油基钻井液中使用油基膨润土。使用最普遍的加重材料是重晶石粉, 纯净产品为白色粉末, 含杂质时成绿色或灰色, 有轻微毒性, 不溶于水; 加重常在现场进行, 有时会产生扬尘, 形成暂时的局部污染。常用加重剂的物理性质详见表 1-1-1。