

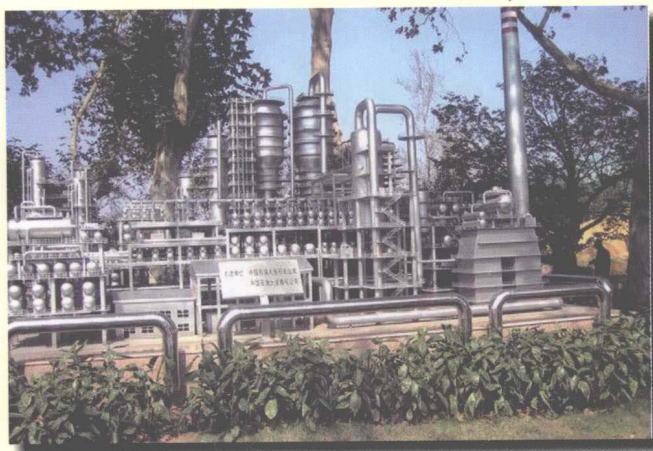


当代石油和石化工业技术普及读本

炼油化工企业 污染与防治

中国石油和石化工程研究会 组织编写

张广林 曹玉红 执笔



中国石化出版社

[HTTP://WWW.SINOPEC-PRESS.COM](http://www.sinopec-press.com)

当代石油和石化工业技术普及读本

炼油化工企业污染与防治

中国石油和石化工程研究会 组织编写

张广林 曹玉红 执笔

中国石化出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

炼油化工企业污染与防治 / 中国石油和石化工程研究会组织编写. —北京: 中国石化出版社, 2008
(当代石油和石化工业技术普及读本)
ISBN 978 - 7 - 80229 - 759 - 3

I. 炼… II. 中… III. 石油炼制 - 污染防治 - 普及读物
IV. X742 - 49

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 166440 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

金圣才文化发展(北京)有限公司排版

北京宏伟双华印刷有限公司印刷

全国各地新华书店经销

*

850 × 1168 毫米 32 开本 5.5 印张 101 千字

2009 年 5 月第 1 版 2009 年 5 月第 1 次印刷

定价:14.00 元

《当代石油和石化工业技术普及读本》

(第三版)

编 委 会

主任：曹湘洪

编委：(按姓氏笔画为序)

王子康	王少春	王丙申	王协琴
王国良	王毓俊	尤德华	亢峻星
刘积文	刘镜远	孙梦兰	孙殿成
孙毓霜	陈宝万	陈宜焜	张广林
张玉贞	李润清	李维英	吴金林
吴明胜	法琪璞	庞名立	赵 怡
宫 敬	贺 伟	郭其孝	贾映萱
徐喙东	翁维琬	龚旭辉	黄志华
黄伯琴	梁朝林	董恩环	程曾越
廖谟圣			

前 言

《当代石油石化工业技术普及读本》(以下简称《普及读本》)第一版共包括了11个分册,2000年出版发行;2005年起根据石油石化工业的新发展和广大读者的要求,对第一版的11个分册进行了修订,并补充编写了8个新的分册,于2007年出版发行。这样,《普及读本》第二版共出版了19个分册,涵盖了陆上石油、海洋石油勘探、开采与储运,天然气开发与利用,石油炼制,石油化工和绿色石油化工等相关领域。

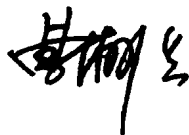
《普及读本》以企业经营管理人员和非本专业技术人员为读者对象,强调科普性、可阅读性、实用性、知识及技术的先进性,立足于帮助他们在较短的时间内对石油石化工业的各个技术领域的概貌有一个基本了解,能利用通过阅读掌握的知识更好地参与或负责石油石化业的管理工作。这套丛书作为新闻出版总署“十五”国家科普著作重点出版项目,从开始组织编写到最后出版,我们在题材的选择、大纲的审定、作者的选择、稿件的审查以及技术内容的把关等方面,都坚持了高标准、严要求,力求做到通俗易懂、深入浅出、由点及面、注重实用。《普及读本》出版后,在社会上,尤其是在石油石化行业和各级管理部门产生了良好影响,受到了广泛好评。为了满足读者的需求,其中部分分册还

多次重印。《普及读本》的出版发行，对于普及石油石化科技知识、提高技术人员和管理人员素质起到了积极作用，并荣获2000年度中国石化集团公司科技进步三等奖。

为了进一步补充、完善《普及读本》系列读物，根据近年来石油石化工业的发展状况，按照可持续发展的要求，在征求各方面专家意见的基础上，我们决定补充编写乙醇汽油、煤制油、页岩油以及污染治理、信息化等方面的内容；同时对先前出版的分册再次进行修订、更新，组织第三版的出版发行。对于新增补的分册，我们邀请了中国石油、中国石化、中国石油和石化工程研究会以及国内石油和石化高等院校的有关专家进行编写。原有分册的修订工作原则上请原作者负责。

《普及读本》第三版的组织编写、修订和增补工作得到了中国石油、中国石化、中国海油、中国神华和中化集团的大力支持。参与丛书编写、修订工作的专家、教授精益求精、甘于奉献，精神令人感动。在此，谨向他们表示诚挚的敬意和衷心的感谢！

中国工程院院士
美国国家工程院外籍院士



二〇〇九年二月六日

目 录

第一章 概述	(1)
第一节 环境污染的概念	(2)
第二节 炼化企业污染物的分类	(4)
第三节 炼化企业环境污染的治理	(8)
第二章 炼化企业废水处理方法	(14)
第一节 废水的来源和特性	(14)
第二节 废水污染物的危害与综合处理 方法	(18)
第三节 含油污水的处理	(23)
第四节 含硫污水的处理	(31)
第五节 废水的深处理方法	(38)
第六节 压缩排污量和废水回用	(45)
第三章 炼化企业废气治理技术	(50)
第一节 废气的来源与危害	(50)
第二节 干气和液化石油气醇胺法脱硫	(58)
第三节 烟气脱硫——二氧化硫的回收和 利用	(60)
第四节 硫化氢的净化方法	(67)
第五节 硫黄回收工艺及其尾气处理技术	(70)
第六节 防止挥发性烃化合物对大气的	

	污染	(77)
第七节	恶臭气味的来源与防治	(85)
第八节	粉尘污染的防治	(89)
第四章	炼化企业废渣的处理和利用	(93)
第一节	废渣的来源和特性	(93)
第二节	废渣污染物的危害	(94)
第三节	酸渣的处理	(95)
第四节	碱渣的处理和利用	(98)
第五节	“三泥”的处理及回收利用	(105)
第五章	废催化剂的处置与利用	(112)
第一节	催化裂化废催化剂的特点及 再利用	(112)
第二节	催化加氢废催化剂的处理及金属 回收	(119)
第三节	催化重整废催化剂贵金属回收	(122)
第四节	烷基化废催化剂的处理	(124)
第五节	废催化剂的管理	(125)
第六章	炼化企业的其他污染与防治	(129)
第一节	噪声污染	(129)
第二节	热污染	(143)
第三节	电磁波污染	(147)
第七章	炼化企业环保技术发展趋势	(149)
第一节	环保新概念	(149)
第二节	工艺环保装置向大型化发展	(152)

第三节	烟气脱硫新工艺	(154)
第四节	汽柴油脱硫与汽车尾气脱硫相结合	(160)
第五节	直接生产高附加值的不溶性硫磺 ...	(161)
第六节	生物防治污染技术	(163)
参考文献	(166)

第一章 概 述

第一节 环境污染的概念

在相当长的时间里，人们一直以为地球上的海、陆、空是无穷尽的，所以从不担心把千万吨废气送到天空去，又把数亿吨垃圾倒进海洋会产生什么后果。大家都认为世界这么大，这一点废物算不了什么。其实地球虽大(半径 6300 多千米)，但生物只能在海拔 8 千米到海底 11 千米的范围内生活，其中 95% 的生物都只能生存在中间约 4 千米的范围内，长期以来人们却肆意地污染着这有限的生活环境。

由于人们对工业高度发达的负面影响预料不够，预防不利，导致了全球性的三大危机：资源短缺、环境污染、生态破坏。人类不断地向环境排放污染物质，虽然由于大气、水体和土壤的扩散、稀释、氧化还原和生物降解作用，会使污染物质的浓度和毒性自然降低(这种现象叫做环境自净)，但是若排放的物质超过了环境的自净能力，环境质量就会发生不良变化，危害人类健康和生存，这就发生了环境污染。

所谓环境污染是指由于某种物质或能量的介入，使环境质量恶化的现象。换句话说，环境污染是指人类直

接或间接地向环境排放超过其自净能力的物质或能量，从而使环境的质量降低，对人类的生存与发展、生态系统和财产造成不利影响的现象。具体包括：水污染、大气污染、噪声污染和放射性污染等。能够引起环境污染的物质被称为污染物，如二氧化硫等有害气体，塑料等人工合成物质，铅、汞等重金属。污染物质对环境的污染有一个从量变到质变的发展过程，当某种能造成污染的物质浓度或其总量超过环境的自净能力时，就会产生危害，环境就受到了污染。能量的介入也会使环境质量恶化，如噪声污染、热污染和电磁辐射污染等。

水污染是指水体因某种物质的介入，而导致其化学、物理、生物等方面特性的改变，影响水生生物的生存状态以及水的有效利用，危害人体健康或者破坏生态环境，造成水质恶化的现象。

大气污染是指空气中污染物的浓度达到有害程度，以致破坏生态系统和人类正常生存与发展的条件，对人和生物造成危害的现象。

噪声污染是指所产生的环境噪声超过国家规定的环境噪声排放标准，并干扰他人正常工作、学习、生活的现象。

放射性污染是指由于人类活动造成物料、人体、场所、环境介质表面或者内部出现超过国家标准的放射性物质或者射线。

随着科学技术水平的发展和人民生活水平的提高，环境污染也在增加。环境污染问题成为世界各国共同面

对的课题之一。

2004 年中国国家环保总局和国家统计局联合发布了中国第一份经环境污染调整的 GDP 核算研究报告《中国绿色国民经济核算研究报告 2004》，结果表明，2004 年全国因环境污染造成的经济损失为 5118 亿元，占当年 GDP 的 3.05%。其中，水污染的环境成本为 2862.8 亿元，占总成本的 55.9%；大气污染的环境成本为 2198 亿元，占总成本的 42.9%；固体废物和污染事故造成的经济损失 57.4 亿元，占总成本的 1.2%。由于部门局限和技术限制，已计算出的损失成本只是实际资源环境成本的“冰山一角”。环境危机已经开始制约经济发展。

绿色 GDP 核算是指从传统 GDP 中扣除自然资源耗减成本和环境退化成本的核算体系，能够更为真实地衡量经济发展成果。就世界范围来看，目前尚没有一个国家开展全面的环境经济核算工作。因此，中国环境经济核算工作的开展，为发展中国家在这个领域进行了有益的尝试。2008 年 3 月根据十一届人大一次会议批准的《国务院机构改革方案》，国家环境保护总局升格为中华人民共和国环境保护部，证明了中国政府对环保工作的高度重视。

具体到炼化企业的污染，主要包括企业在储运、生产和检修过程中产生的废气(包括挥发烃)、废水和废渣(包括固体废弃物)对环境的直接污染，称之为固定源污染；炼化企业生产销售的石油产品作为能源在汽

车、轮船和飞机的发动机燃烧过程中产生的间接污染，此常称之为流动性污染或非固定源污染。本书主要介绍炼化企业对环境的直接污染与防治，石油产品对环境的污染及减少污染的工艺措施(如加氢精制等)，请参考有关书籍。

第二节 炼化企业污染物的分类

炼化企业是采用物理和化学反应相结合的方法，使原油和天然气加工成所需要的石油产品和工业原料。石油炼制往往是在高温下进行的，这就需要消耗燃料及冷却介质(水)。工艺汽提及注水、产品精制水洗水和机泵轴封冷却水等，都是和油品直接接触，使水受到污染。催化反应或化学加工将原料油中的有害物质硫、氮等分解为新的化合物，随气体排出或溶入水体，加热炉、锅炉、焚烧炉和火炬的燃烧，催化再生烟气、挥发性原材料，中间及最终产物的储存及运输，都会造成大气污染。油品化学精制、反应残渣、工业废催化剂及设备检修，都会产生废渣。大功率运转机械的普遍采用、气体放空、气流及管线阀门噪声，则构成了噪声污染。

炼化企业排出废物的种类和数量随着生产工艺、生产规模、原材料成分及产品品种的变化而改变。炼化企业的主要污染物，按其形态区分简述如下。

废水中含有石油、酚、硫化物、氨和酸或碱。这些污染物排入受纳水体后会造成水质的严重污染。

废气中含有硫氧化物、硫化氢、烃类化合物、碳氧化物、氮氧化物及颗粒物、粉尘等。硫氧化物、颗粒物等对呼吸系统造成危害，烃类和氮氧化物还可能形成光化学烟雾，导致二次污染。

废渣中有酸渣、碱渣、废白土渣、废添加剂渣、废催化剂渣、储罐容器油泥、污水处理场泥渣和废页岩渣等。这些废渣如不妥善处理 and 处置，会造成对土壤、地下水及地表水的污染。

此外还有各种运转设备的噪声污染。其特点是：辐射噪声的设备数量多、功率大，且大部分露天布置。除地面声源外还有空冷器、蒸汽放空及火炬等高架声源。

炼化企业排出废物的种类见图 1-1。表 1-1 则列出了炼化企业主要工艺过程产生的“三废”和主要污染物。

表 1-1 炼化企业主要工艺过程产生的“三废”和主要污染物

工艺过程名称	废水来源和主要污染物	废气来源和主要污染物	废渣来源和主要污染物
常减压蒸馏	<p>常压蒸馏装置排水：来自汽提、蒸馏的冷凝器，主要含有硫化氢和氨，还有少量的酚，呈碱性</p> <p>减压蒸馏装置排水：来自减压蒸馏的汽提、蒸馏的冷凝器，蒸汽喷射器的蒸汽冷凝排水，加热炉盘管稀释蒸汽；主要含硫化氢、酚、油，水呈乳浊状</p>	<p>加热炉烟气，含有一氧化碳、硫氧化物、氮氧化物、烃类和烟尘等</p>	<p>主要来源于汽油和柴油碱洗等排出的碱渣</p>

续表

工艺过程名称	废水来源和主要污染物	废气来源和主要污染物	废渣来源和主要污染物
催化裂化(或热裂化)	在催化裂化汽提过程中将油和催化剂分离时排出蒸汽冷凝水,水中主要含有硫化物、氨及酚类化合物,催化裂化或热裂化的分馏塔顶回流罐产生酸性冷凝水,含硫氢化铵、酚类和硫化物	再生器烧焦时的烟气,主要含有一氧化碳、硫化物、氮氧化物、烃类和烟尘等,另外还有催化剂粉尘	被原料油中的镍、钒和钙等金属玷污的废催化剂,废催化剂粉末
催化重整	用铂等贵金属作催化剂,提高汽油的辛烷值和生产芳烃类产品,其废水量较小,主要含有油和硫化物	加热炉烟气,主要含有一氧化碳、硫化物、氮氧化物、烃类和烟尘等	失活后的重整催化剂、预加氢催化剂和脱砷剂
加氢精制	在催化剂和氢气的作用下,脱除油品中的硫、氮和金属等杂质;废水主要含有高浓度硫化氢、氨和酚	主要含有一氧化碳、硫化物、氮氧化物、烃类和烟尘等,还有催化剂粉尘	失活后的加氢精制催化剂、废催化剂粉末
丙烷脱沥青	丙烷作溶剂,去除减压渣油中的沥青质,生产高黏度润滑油和裂化原料油;废水中含有少量油、硫化物和氨	废气中主要含有一氧化碳、硫化物、氮氧化物、烃类和烟尘等,另外有短时的沥青烟	很少有固体废渣
延迟焦化	使油品在加热炉中短时间达到焦化温度,在焦化塔中进行焦化反应,使重油、渣油和沥青加热裂解得到轻质油;废水来自冷凝器,主要含油、硫化氢、氨和酚等	加热烟道气,废气中主要含有一氧化碳、硫化物、氮氧化物、烃类和烟尘等,还有除焦挥发物	焦炭粉及检修废渣
酮苯脱蜡	用酮-苯作溶剂脱除重油中的蜡,降低油品凝固点,废水主要含油和酮等	苯、氨及加热炉烟气	很少有固体废渣
叠合	将液化石油气在催化剂的作用下进行叠合反应,生成高辛烷值汽油等产品;废水主要含有油和硫化物	原料洗涤排出硫化氢	碱渣和废磷酸催化剂
电脱盐脱水	该装置排出的废水含有盐分、油、酚、硫化物和水溶性金属盐等,由于有油存在,水多呈乳浊状	加热烟道气,废气中含有一氧化碳、硫化物、氮氧化物、氮氧化物、烃类和烟尘等	泥渣中主要含有泥沙、水、乳化油和水溶性金属盐等

续表

工艺过程名称	废水来源和主要污染物	废气来源和主要污染物	废渣来源和主要污染物
其他	油品储罐的清洗排水, 主要含有油及有机物	油品储罐通过呼吸孔正常的轻烃逸散	罐底泥渣

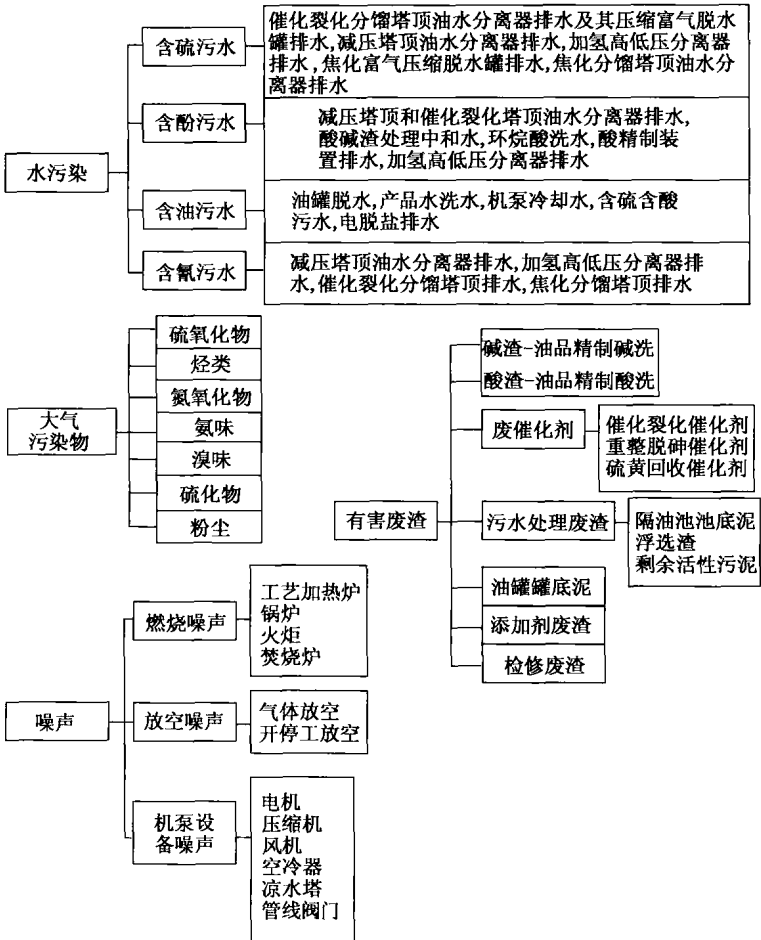


图 1-1 炼化企业排出废物的种类

第三节 炼化企业环境污染的治理

石油加工过程不可避免地会产生各种废水、废气和废渣，如不加以治理，必将严重污染环境，危害人们的健康。为了保护环境，炼化企业必须按照国家规定对所产生的各种废水、废气和废渣严格进行治理，不能随意排放。此外，噪声也是一种污染，过程的噪声会引起很多种疾病，同样需要治理。

目前，伴随着世界各国对环保工作的重视，国内外炼化企业对排放的“三废”均进行了卓有成效的治理。其中尤其对水和空气的治理最为突出。

一、废水的污染治理

炼化企业废水排放量大，有害物质多、危害面广。20世纪70年代，平均每加工1吨原油的废水排放量为10~12吨；近年来由于采用新的生产工艺、节约工业用水及采取空冷设备等，使新鲜水用量和废水排放量都大大降低，平均每加工1吨原油的废水排放量降至0.3~3.5吨。目前，我国每加工1吨原油新鲜水用量为0.5~2吨，而国外炼化企业的先进水平是加工1吨原油新鲜水用量均在1吨以下。

国内含油废水的处理方法仍采用较为传统的方法：一级或二级隔油、一级或二级浮选、一级或二级生物接触氧化、絮凝、沙滤、活性炭吸附等过程集成来处理含油废水，并构成了相对完整的含油废水处理系统。含油