

石油工业中的污染控制

美 哈罗德 R. 琼斯 著

石油工业出版社

石油工业中的污染控制

〔美〕哈罗德 R

抚顺石油工业学院

石油工业出版社

内 容 提 要

本书介绍了石油工业中炼厂、油田和油品储运等方面的环境污染控制问题。对各种废水、废气、废渣的污染来源，控制途径，处理技术及其效果和经济性作了较全面的阐述。由于取材于美国政府工作报告和专利，实用性较大，是一本较全面的论述石油工业环境保护的书籍。

本书可供石油工业部门中从事生产工艺和环境保护的工程技术人员、设计、科研人员和石油院校师生阅读参考。对其他有关部门从事环境保护工作的人员，也有一定参考价值。

Harold R. Jones

Pollution Control in the Petroleum Industry

London, England, 1973

石油工业中的污染控制

〔美〕哈罗德 R. 琼斯著

抚顺石油研究所译

石油工业出版社出版

(北京和平里七区十六号楼)

北京顺义县后营印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

开本 787×1092¹/₃₂，印张 14⁷/₃₂，字数 328 千字 印数 1—3100

1981 年 4 月北京第 1 版 1981 年 4 月北京第 1 次印刷

书号 15037·2228 定价 1.55 元

面
殷切

前 言

这本污染工艺评述是以美国政府报告和美国专利为依据的。试图阐明途径和方法，引起石油炼制者警惕，必须保证使引起污染的废物降到最低程度。

从石油炼厂排出的许多废物是可以生物降解的，但处理费用正在增长，对废物排放的要求正在变得越来越严格，而且城市化日益限制了可利用的土地。因此，石油工业废物的处理牵涉到许多问题。

在美国，我们有幸可以从大量的调查以及活跃的研究和发展规划中得到直接的帮助，这些工作正受到美国联邦政府的支持，以帮助石油工业控制它的废物和引起麻烦的排出物。

本书汇集了来自美国政府报告的关键数据，它们都是很分散的和难以凑在一起的。重要的处理方法都用摘自77条美国专利中的实例加以说明和解释。在与石油炼制工业和石油输工业向污染作斗争中采取行动的时候，本书所汇集的情况已足以提供有力的依据。

目录的编排使它也可用作主题索引。在书末还附有公开发明者和专利号等其它索引，有助于读者很易找到本书含的情报资料。

译者的话

本书译自《Pollution Control in the Petroleum Industry》一书，内容比较丰富，涉及面广。对石油炼厂三废污染来源，油水分离技术，总排水和特殊废液处理，炼厂空气污染控制，炼厂废渣处理，油田钻采废物处理，原油和油品储运中的污染控制等方面，包括处理方法的效果和经济性均有详细的论述。其中对水面撇油，储罐及油品装卸的烃类散发与防止，火炬、催化剂再生排放物的处理等也都有专门的章节介绍。本书取材于美国政府工作报告和专利，是石油工业环境保护方面比较全面和实用的参考书。但书中有的内容不一定适合我国情况，有的措施如注井，排海等不是从根本上解决污染问题，值得商榷。希望读者从我国的环保方针政策出发，结合生产实践的具体情况参考借鉴。

同时应当指出，原书印错之处不少，也有前后矛盾、不合逻辑之处。译者已按上、下文的关系予以改正。除对重大改正加注说明外，为避免烦琐，大多未加注释。

本书承蒙北京炼油设计院夏永明同志及浙江炼油厂郑平欧同志参加了部分章节的初译工作，在此表示感谢。

本书虽经多次推敲修改和校对，但因篇幅较大，涉及广，译者水平有限，翻译中难免出现不少缺点和错误，地希望读者批评指正。

1979年6月于杭州

目 录

一、绪论	1
二、各种炼油过程和污染问题	8
(一)原油和产品储存	8
(二)原油脱盐	10
(三)原油蒸馏	11
(四)热裂化	13
(五)催化裂化	14
(六)加氢裂化	16
(七)重整	18
(八)叠合	20
(九)烷基化	21
(十)异构化	23
(十一)溶剂精制	24
(十二)脱蜡	26
(十三)加氢精制	28
(十四)脱沥青	30
(十五)干燥和脱臭	32
(十六)制蜡	34
(十七)润滑油生产	35
(十八)润滑油最终精制	36
(十九)调合和包装	38
(二十)制氢	39

三、工业结构	41
(一)目前和未来加工方法的使用	42
(二)预期加工方法的配套	46
(三)技术水平和炼厂规模	47
(四)工业统计现状	51
四、水的使用	55
五、采油废物	60
采油废物的专利控制方法	61
1.壳牌石油公司的方法	61
2.讯号公司的方法	65
3.德士古公司的方法	70
4.维尔丁(Verdin)公司的方法	75
六、炼厂的空气污染	81
(一)改变加工方法作为控制手段	84
(二)控制设备	84

(三)改进企业管理作为
一种控制手段.....85

(四)控制的经济性.....85

(五)炼厂个别污染源的
分析.....86

1. 烃类总散发量的

初步估计.....92

2. 炼厂对大气散发
量的详细调查.....93

3. 氧化硫的散发.....94

4. 其它燃烧产物的
散发.....94

七、储罐的烃类散发.....97

(一)采用的储罐类型.....98

1. 加压罐和罐顶固
定盖的储罐.....99

2. 浮顶储罐..... 100

3. 储油罐..... 101

4. 敞口罐、储油箱、
储油坑和储
油池..... 102

(二)空气污染问题..... 103

1. 烃类蒸汽散发的
影响因素..... 103

2. 浮顶储罐的烃类
散发..... 104

3. 烟雾散发..... 105

4. 臭味..... 105

(三)控制空气污染的

设备..... 105

1. 浮顶储罐的
密封..... 106

2. 浮动塑料覆
盖层..... 107

3. 塑料小球..... 108

4. 蒸汽平衡系统..... 109

5. 蒸汽回收系统..... 110

6. 各种控制方法..... 111

7. 隐蔽剂..... 112

八、炼厂各种设备的烃类

散发..... 113

(一)管线阀门和法兰..... 113

(二)安全放空阀..... 113

(三)管线盲板的更换..... 114

(四)泵和压缩机..... 115

(五)压缩机的驱动发
动机..... 115

(六)凉水塔..... 116

(七)蒸汽抽空器..... 116

(八)废水隔油池和装置
排污..... 117

(九)鼓风..... 118

(十)采样..... 118

(十一)数量估计..... 118

九、火炬和废气处理..... 121

(一)高烟囱火炬..... 131

1. 多管喷嘴型的高
烟囱火炬..... 1

2.埃索型高烟囱	
火炬.....	138
3.辛克莱型高烟囱	
火炬.....	141
(二)地面火炬.....	142
1.卧式文氏管型地	
面火炬.....	142
2.水喷射型地面	
火炬.....	143
3.多喷嘴型地面	
火炬.....	144
4.立式文氏管型地	
面火炬.....	147
(三)水蒸汽喷射的	
效果.....	152
(四)无烟火炬的设计.....	153
(五)自动点燃系统.....	155
(六)蒸汽和瓦斯系统的	
仪表和控制.....	156
十、催化剂再生时的	
散发物.....	159
空气污染控制设备.....	165
1.湿式和干式离心	
除尘器.....	165
2.洗涤器.....	168
3.电除尘器.....	170
4.一氧化碳废热	
锅炉.....	171
5.经济问题.....	172

十一、装油时的烃类	
散发.....	174
(一)装油设备的型式.....	175
1.装油台.....	176
2.油码头.....	176
3.装油用的装油臂	
装置.....	177
(二)空气污染问题.....	177
(三)空气污染的控制	
设备.....	179
1.顶部装油设备用	
的蒸汽收集器的	
型式.....	179
2.底部装油设备中	
蒸汽的收集.....	182
3.蒸汽收集器设计	
的影响因素.....	182
4.蒸汽的处理	
方法.....	184
十二、生产沥青时散发的	
污染物.....	186
(一)空气污染问题.....	189
(二)空气污染的控制	
设备.....	192
十三、炼厂水的污染.....	194
(一)废水的特性.....	196
(二)废水负荷数量	
评定.....	200
1.评定的基础.....	200

2. 按炼厂技术水平 的废水负荷.....	204
3. 按单位产品的废 水负荷.....	208
4. 预计的总废水 负荷.....	211
5. 废水排出量按季 节的分布.....	213
(三) 炼厂废液的就地 处理.....	213
十四、油-水分离	216
(一) 炼厂废水的隔油池 处理.....	217
(二) 隔油池的空气污染 问题.....	218
(三) 专利的隔油池 设计.....	222
1. 比冯 (Beavon)	222
2. 卡尔斯特德 (Carlstedt)	227
3. 金伯利-克拉克 (Kimberly-Clark) 公司.....	228
4. 佩特罗莱特 (Pe- trolite) 公司	229
5. 壳牌石油公司	235
6. 美孚石油公司	239
7. 沃尔夫 (Wolf)	

.....	243
十五、总排水的处理	
方法	251
(一) 物理方法	251
1. 重力分离	251
2. 溶气浮选	252
(二) 化学方法	266
(三) 生物方法	272
1. 活性污泥法	272
2. 生物滤池	277
3. 曝气池	278
4. 氧化塘	289
5. 凉水塔	290
(四) 废水处理的一般 结论	291
十六、特殊废水的处理	
方法	300
(一) 水中酚的脱除	300
1. 埃阿利奎特 (Air Liquide) 法	300
2. 埃索法	300
3. 飞马法	301
4. 彼特罗莱特法	305
5. 美孚石油公司 (印第安纳) 法	317
(二) 水中氟化氢的 脱除	325
(三) 含硫酸性水的处理	328

环球油品公司	
处理法.....	330
(四)水中碱的脱除.....	343
(五)水中硫酸的脱除.....	346
(六)催化剂脱金属废水	
中金属的脱除.....	347
(七)废油的处理.....	354
(八)锅炉废水的处理.....	362
十七、废水净化的效果.....	363
(一)物理处理.....	363
(二)化学处理.....	366
(三)生物处理.....	367
(四)三级处理.....	367
(五)装置内处理.....	368
(六)废水处理方法的采用	
的速率.....	369
(七)废水处理的程序和	
相互关系.....	371
(八)炼厂废水排入城市	
下水道.....	375
十八、炼厂的噪声污染.....	377
(一)火炬的噪声.....	377
(二)鼓风机和压缩机的	
噪声.....	377
十九、炼厂废渣处理.....	378
工艺废渣.....	378
1.加拿大油砂	
公司法.....	379
2.德士古法.....	385

二十、运输中的废物.....	390
(一)船上处理.....	391
1.埃索法.....	391
2.帕福德勒珀马蒂	
特 (Pfaudler	
Permutit) 法.....	397
(二)冰冻凝聚.....	403
1.科尔-蒙特(Col-	
Mont) 法.....	403
2.德士古(Texaco)	
法.....	403
3.尤塞米特化学公	
司 (Yosemite	
Chemical) 法.....	405
(三)分散作用.....	409
阿拉-切米(Ara-	
Chem) 法.....	409
(四)表面封锁.....	412
1.埃索生产研究	
公司法.....	412
2.潜没装置公司	
(Submersible	
Systems, Inc.)	
法.....	413
3.水污染控制	
公司法.....	419
(五)水面撇油.....	419
1.布克钦奥尼-德	
托夫利(Bucch-	

ioni-De Toffoli)	
法.....	419
2. 深海冒险公司	
(Deepsea Ventures, Inc.)	
法.....	420
3. 邓洛普有限公司	
(Dunlop Co., Ltd.) 法.....	422
4. 大力士(Hercules)	
公司法.....	423
5. 海洋设计工程	
公司法.....	424
6. 海洋污染控制	
公司法.....	425
7. 壳牌石油公	
司法.....	433
8. 美孚石油公	
司法.....	435
9. 德士古石油	
公司法.....	440
10. 沃辛顿(Worthington)公	
司法.....	440
(六) 表面燃烧.....	440
1. 阿特拉斯柯布科	
(Atlas Copco)	
法.....	440

2. 科伯特(Cabot)	
公司法.....	441
3. 哈利伯顿(Halliburton)公司法 ...	444
(七) 从蓄水层(Aquifers)中	
脱除污染物.....	444
1. 壳牌石油公	
司法.....	444
2. 联合油品公	
司法.....	444
二十一、销售时的废物.....	445
二十二、环境控制的	
经济学.....	446
(一) 减轻空气污染的控	
制费用.....	455
(二) 控制排水质量的	
费用.....	457
(三) 控制费用对炼油工	
业的影响.....	457
1. 控制费用对石油	
工业成本及价	
格的影响.....	458
2. 炼厂之间控制	
费用的差别.....	459
二十三、展望.....	461
公司索引.....	462
发明者索引.....	463
美国专利号索引.....	465

一、绪 论

石油工业可以逻辑地分为三个部门：原油生产、炼制和销售。原油生产包括油田勘探和钻井、采油、在油田的预处理和将原油输送到炼厂。预处理的程度取决于原油的类型，一般包括脱除气体和盐水。炼制则限于将原油加工为可销售的产品所必须的操作。销售包括制成的石油产品的运销。

所有这些活动都可能是空气污染源。在石油产品的销售中所散发的一般限于灌装操作和产品贮存中逸出的烃类，而原油生产和炼制则可能是从所包括的复杂设备和操作过程散发的许多类型污染源。

根据美孚石油公司（纽约）董事长 J.K. 杰米生(J.K. Jamieson) 1970年5月13日在伊利诺斯州芝加哥召开的第88届年会上的发言，有关整个石油工业的四个主要环境问题是：

1. 燃料油中的硫；
2. 汽车的排气；
3. 溢流的油——近海钻井事故或油船排放；
4. 炼厂、化工厂和其它操作的排出物和散发物。

然而，本书将不涉及燃料油的脱硫，也不涉及汽车的排气，说得更确切一些，它将涉及从原油生产到脱盐和从炼制到产品贮运这个石油工业整体。

在炼厂操作中，可能会有某些污染物质排放到环境中去，这些污染物是各种炼制过程的副产品。它们主要的是从

如下炼油操作中产生的：

(1)硫化氢 (H_2S)、氧化硫的气体起始物，是在临氢加工（催化重整、加氢精制和加氢裂化）和裂化（催化和热裂化，包括焦化）过程中生成的。只有可以忽略不计的很少量是在其它过程（蒸馏、沥青生产、润滑油制造、烷基化等）中生成的。氧化硫也在含硫液体燃烧时产生。〔另外，当含有氯化物的液体燃料燃烧时，生成的氧化氮，可能产生一种不透明的“烟雾”(Plume)〕。

(2)从装汽油或原油的油罐可能逸出烃类气体。

(3)一氧化碳是催化裂化的副产品。另外，催化裂化还排放一些催化剂粉尘。

(4)引起废水中生化需氧量 (BOD) 的物质来自催化裂化、热裂化和油品（特别是环烷基和宾州润滑油）的硫酸处理。此外，用于润滑油溶剂精制的大部分溶剂（酚、糠醛等）也产生BOD。

(5)所有炼厂排出的废水都可能含油或者可能不是中性的。

一般用于控制这些污染物散发的方法列于表 1-1。每种加工过程中产生的污染物的收集和处理的流程如图1-1所示。

环境保护局 (EPA) 已设想了某些必需的和足以满足新提出的环境保护标准的技术设备。它们是：

(1)从炼厂燃料气中脱除硫化氢并在有尾气洗涤设备的装置中转化为元素硫，整个硫黄控制系统都配备平行设备。

(2)容量超过150米³的汽油和挥发性原油的贮罐采用浮顶罐。

(3)用电除尘脱除催化裂化再生器烟道气带出的催化剂，并在一氧化碳锅炉内焚烧烟道气。环境保护局一项重要的设

表1-1

炼厂环境控制方法

环 境 问 题	控 制 方 法
硫化氢, 如果燃烧则反应生成氧化硫	(1) 含硫化氢(H_2S)的气体用一种液体(常常是一种胺溶液)处理, 它优先吸收 H_2S, H_2S 通过汽提从液体中回收, 然后, 将它转化成硫黄并回收 (2) 含硫酸性水汽提。炼制过程中产生含有 H_2S 的液体污染物, 汽提脱除 H_2S
氧化硫。随燃烧含硫燃料的烟道气散发到大气里, 刺激眼睛和呼吸系统, 也能引起不透明的“烟雾”	(1) 加氢脱硫。在固体催化剂和高温、高压下, 含硫油与氢反应。硫转化为 H_2S(加氢脱硫过程用的氢气一般是回收的催化重整副产品, 或者用天然气或炼厂副产气转化制造) (2) 烟道气洗涤。含氧化硫的燃烧气与固体或液体物质接触, 这种物质优先吸收氧化硫, 然后氧化硫一般以浓集状态从吸收剂中回收并转化成硫黄或硫酸
一氧化碳。存在于催化裂化装置的烟道气中, 对动物生命有害	(1) 燃烧。烟道气用燃料气富化并燃烧, 回收有用的热, 而一氧化碳燃烧成无害的二氧化碳
黑烟。当燃烧锅炉和加热炉时, 空气供给不足或由于生产不正常使工艺物料经火炬放空, 燃烧不完全而产生的	(1) 适当控制锅炉和加热炉 (2) 在无烟火炬中烧尽放空物料
烟尘和飞灰。用渣油、煤或焦炭燃烧的加热炉或锅炉烟道气带出的	(1) 电气除尘
烃类蒸气。从油罐或小量泄漏和溢流蒸发的, 在大气中反应生成烟雾	(1) 在油罐上装设浮顶或蒸汽回收系统 (2) 加强管理。修理泄漏处, 维修泵的密封, 打扫流出的油等
炼厂废水中带走的油(和不溶于水的非烃液体有机化合物)。对水生动物有害并且肮脏	(1) 平流式(API)隔油池隔油。让油上升到废水表面并撇出 (2) 充气。废水中吹入空气, 油成为油沫浮升至表面并撇出
水溶性有机化合物。溶解于炼厂废水中。许多化合物对水生动物有毒。也会降低水的氧含量, 导致水生动物死亡, 也含有臭味	(1) 生物处理。(a) 生物滤池, 废水滴流通过一堆上面有细菌附着的石子, 细菌将污染物转化为无害化合物(大部分是水和二氧化碳), (b) 活性污泥法, 污水与悬浮的细菌群、营养物和空气接触, 细菌将污染物转化为无害化合物, 含菌污泥沉降后, 分离出干净水

续表

环 境 问 题	控 制 方 法
酚类化合物。产生于裂化过程中并从裂化产品中抽提出来的，对水生物有害	(1)出售给化学工业 (2)烧掉 (3)用驳船运到海里倒掉 (4)泵入密闭的地层里，以防污染新鲜水 (5)裂化产品加氢精制以取消所需的酚抽提
流化的催化剂。从催化裂化装置烟道气带出的	(1)离心分离。烟道气在高速下通过固定式离心设备(旋风分离器)，离心力将尘粉甩到外壁上，然后再收集起来 (2)电气除尘。烟道气通过金属板间，金属板带高压电，尘粉被吸附沉降在金属板上，然后回收

资料来源：PB 报告207,198

想是新鲜进料量低于 $1,600\text{米}^3/\text{运转日}$ 的催化裂化装置，由于放出的尘粉和一氧化碳量很小，以致在这样的装置上不需要安装这种设备。

关于小型催化裂化装置不需要安装控制设备是一项重要的提议。在25家炼厂（占炼油工业的10%）中有27套处理量低于 $1,600\text{米}^3/\text{运转日}$ 的催化裂化装置（油气杂志1971年3月22日98~120页）。一套 $1,200\text{米}^3/\text{日}$ 催化裂化装置也许每天要放出3吨氧化硫和70吨一氧化碳。

(4)在一座包括水流均化、油水分离、中和、浮选、沉降、混凝和生物处理设备的废水处理场中脱除BOD。

(5)在废水处理场脱油和悬浮物比脱除BOD要简单一些。

前面的分类可以归纳如下：

安装的炼制设备				需要控制的流出物		
大型催化 裂化	热裂化或 小型催化 裂化	加氢过程	润滑油生产	空气 水		
				H ₂ S	CO 和 催化剂	BOD
×				×	×	×
	×			×		×
		×		×		
			×			×

此外，所有炼厂有些指定的油罐必须是浮顶的，而且要有流出物处理设备以脱除油和悬浮物，以及中和。

在炼厂产品质量上增加环境控制的要求后，将使炼厂在炼制上增加额外的复杂性。例如，要生产无铅汽油就要增添许多催化重整装置，以及一些别的装置。中间馏分油将需要加氢脱硫。低硫渣油的生产需要安装大量设备，目前，低硫渣油的情况，由于原油组分变化很大和不断改变的硫含量限制搞得很复杂。渣油脱硫估计是很贵的。

副产品用于石油炼制方面的概念限于那些物质，即它们如果回收后将产生经济效益，但是不一定足以补偿回收费用。

根据这个定义，主要副产品是硫黄，它是从含硫废水和加氢精制过程中回收的。1966年，回收的硫黄价值估计为4,000万美元，这个产值继续在增加，主要是由于城市空气污染控制要求更严格了，从而提高了低硫燃料的需求量。

虽然还有许多其它炼制过程废物已经回收或重复利用，但是提不出什么有意义的费用数据，这是由于这些产品的市场非常多变，炼厂关于回用物料的贷方金额的计算方法各不