

石油化工企业 安全技术

SHIYOU HUAGONG QIYE ANQUAN JISHU

○ 主 编 郑 军
副主编 苏金华



石油工业出版社

石油化工企业安全技术

主 编 郑军

副主编 苏金华

石油工业出版社

内 容 提 要

本书以石油化工企业安全技术为基础,以工艺生产装置防火、防爆、防中毒为主线,结合石油化工企业的安全特点,较全面地介绍了生产装置的火灾特点、有害因素;设备、电气、储运、检(维)修、化验分析等环节的安全规范及预防对策;防火、防爆、灭火的基本措施等。对石油化工企业安全管理、安全操作有一定的指导作用,可操作性强,实用性强。

本书可作为石油化工及精细化工企业安全管理人员、技术人员、专职安全员、生产一线工作人员及相关人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

石油化工企业安全技术 / 郑军主编.
北京:石油工业出版社, 2009.10
ISBN 978-7-5021-7427-9

I. 石…

II. 郑…

III. 石油化学工业 - 工业企业 - 安全技术

IV. TE687

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 178331 号

出版发行:石油工业出版社

(北京安定门外安华里 2 区 1 号 100011)

网 址: www.petropub.com.cn

编辑部: (010) 64523688 发行部: (010) 64523620

经 销: 全国新华书店

印 刷: 石油工业出版社印刷厂

2009 年 10 月第 1 版 2009 年 10 月第 1 次印刷

787×960 毫米 开本: 1/16 印张: 22.75

字数: 426 千字

定价: 78.00 元

(如出现印装质量问题, 我社发行部负责调换)

版权所有, 翻印必究

编委会名单

主 编：郑 军

副主编：苏金华

编 委：黄鲁伟 贾少磊 刘万辉 张 颖

前 言

安全作为人类生存的本能需求，在生产生活中极为重要。随着历史的发展，社会的进步，安全的内涵在不断地深化，其外延也在不断拓宽。安全已经渗透到我们生活和工作的每一个环节，例如，在现代企业管理中有安全管理、安全文化、安全生产体系、安全规程和安全规章制度等。“安全生产就是企业的生命线、安全生产就是效益”，这一观点已经深入人心。

随着我国经济的快速发展，很多大型甚至超大型的石油化工装置如雨后春笋般拔地而起，而我们的安全工作，无论从技术、理论、人员、软硬件配备等方面都存在一定差距。石油化工行业是安全生产的高危行业，安全生产的风险和安全工作的重要性远高于其他行业，因此，对企业的管理人员、技术人员和安全人员的业务素质要求更高。我们希望能借《石油化工企业安全技术》一书，为石油化工企业的相关人员提供一些参考。

本书共分十七章。第一章至第四章介绍了炼油厂生产装置、油罐区、液化石油气的火灾的特点及火灾扑救措施、注意事项、有害因素等。第五章至第十三章围绕石油化工企业的设备、机械、电气、储运等重点部位的安全技术，介绍了安全运行、检（维）修、安全管理、事故判断、应对措施等方面的知识。第十四章至第十七章介绍了石油化工火灾特性、防火防爆措施、典型操作过程防火以及火灾扑救等方面的内容。

本书是我们在学习相关资料和结合作者的实际工作经验编写而成的。由于石油化工领域的多学科性、新技术和新产品不断出现以及作者水平有限，书中不足之处在所难免，恳请读者批评指正。

编 者

2009年8月

目 录

第一篇 概述	1
第一章 炼油厂生产装置火灾扑救	2
第一节 炼油厂生产装置的基本特点	2
第二节 炼油厂生产装置的火灾特点	13
第三节 炼油厂生产装置火灾的灭火措施	15
第四节 炼油厂生产装置火灾的灭火行动要求及注意事项	19
第二章 炼油厂油罐火灾扑救	22
第一节 油罐的基本特点	22
第二节 油罐的火灾特点	28
第三节 油罐火灾的灭火措施	31
第四节 油罐火灾的灭火行动要求及注意事项	35
第三章 液化石油气火灾扑救	37
第一节 液化石油气的基本特点	37
第二节 液化石油气的火灾特点	41
第三节 液化石油气火灾的灭火措施	43
第四节 液化石油气火灾的灭火行动要求及注意事项	47
第四章 危险、有害因素分析	49
第一节 物质的危险性	49
第二节 重大危险源辨识	65
第三节 工艺设备、设施的不安全状态	66
第四节 控制系统的不安全因素	71
第五节 工艺过程的危险、有害因素	72
第六节 其他危险、有害因素	77
第二篇 安全技术	78
第五章 绪论	78
第一节 石油炼制生产的特点	78
第二节 安全与事故	84
第三节 安全技术 在石油炼制生产中的重要性	88
第六章 设备与机械安全	91

第一节	压力容器安全管理	91
第二节	压力管道的安全管理	106
第三节	气瓶的安全管理	113
第四节	起重机械的安全管理	118
第五节	罐车与槽车的安全管理	124
第七章	锅炉安全技术	129
第一节	锅炉基本知识	129
第二节	锅炉主要安全附件和仪表	134
第三节	锅炉水质处理	142
第四节	锅炉的安全运行	143
第五节	锅炉的安全监督和检查	147
第八章	电气安全	152
第一节	电气事故概述	152
第二节	触电事故及防护	153
第三节	静电的危害与消除	161
第四节	雷电的危害及防护	170
第五节	电气防火防爆	174
第九章	生产装置的安全运行	182
第一节	开工安全	182
第二节	装置正常运行安全	186
第三节	装置停工的安全处理	194
第十章	检修施工作业安全	201
第一节	检修前的准备工作	201
第二节	用火作业	202
第三节	进入受限空间作业	210
第四节	高处作业	213
第五节	临时用电作业	217
第六节	破土作业	219
第七节	起重作业	221
第八节	其他特殊作业	224
第九节	一般检修作业	229
第十一章	储运安全	233
第一节	液化气体储存安全技术	233
第二节	油品储存安全技术	239

第三节	装卸与运输安全	249
第十二章	化验分析安全	253
第一节	防毒	253
第二节	用电安全	268
第三节	气瓶的安全使用	270
第四节	防火防爆	271
第五节	化验分析过程的注意事项	272
第十三章	气防管理	276
第一节	常用气防器具介绍	276
第二节	常见气防器材、救生器材及装备的使用	281
第三节	有毒有害气体中毒事故原因分析及预防对策	288
第四节	有毒有害气体泄漏救护规则	291
第三篇	消防	293
第十四章	石油化工火灾特性	293
第一节	石油化工火灾危险性	293
第二节	石油化工火灾特点	299
第十五章	防火、防爆基本措施	302
第一节	易燃易爆物质的控制措施	302
第二节	点火源的控制措施	306
第三节	工艺参数的安全控制方法	311
第四节	防火防爆安全装置	313
第十六章	典型操作过程防火	320
第一节	物料输送过程防火	320
第二节	热传递过程防火	325
第三节	物料分离过程防火	329
第四节	物料反应过程防火	332
第十七章	石油化工火灾的扑救	338
第一节	常见灭火设施及操作	338
第二节	初起火灾的扑救	345
参考文献		350

第一篇 概 述

能源是人类生存和社会发展的基本条件之一。当今世界各国政府都十分重视能源的开发、利用以及对环境的影响。就某种意义上讲，能源的构成、开发利用和人均消费量，实际上是一个国家的技术水平、生活水平和文明程度的标志之一。

我国是开发和使用能源最早的国家之一。早在两千多年前，我们的祖先就已经开始采煤炼铁，开发利用石油天然气等能源，当时相关技术已经达到了相当高的水平。中华民族在开发利用能源、促进人类社会的进步和发展方面，做出了卓越的贡献。

石油、煤、天然气仍然是 21 世纪世界能源供应的三大支柱。石油不但是优质燃料，而且是化学工业的重要原料。石油工业在世界经济格局中占据着举足轻重的地位。世界经济的发展，推动了世界能源市场的发展，石油工业将继续在能源领域内扮演重要角色。

石油的加工分为炼制、裂解和重整等几个部分。炼制经历了以下几个阶段：最先利用的是从石油中提取照明煤油；到 20 世纪 20 年代，采用化学工程的蒸馏操作和连续精馏，常减压分离原油中的主要成分，并于 1923 年实现了将高沸物进一步裂解制取轻质油品。为了提高汽油的质量，人们希望在汽油中添加一些辛烷值较高的物质，如芳烃类产品，于是开发了将一些石油馏出物加以裂化或异构化重整的工艺。

企业是大家工作的地方，石油化工企业的行业特性决定了大家工作环境的特性：具有一定的危险性。因此，作为石油化工企业的员工，首先必须对自己的工作环境作一个深刻的认识，从而避免在工作过程中发生意外伤害事故。本篇主要介绍石油化工行业的基本情况、生产装置和设施的基本情况及其危险、有害因素的分析，对我们了解工作环境具有一定的帮助。

第一章 炼油厂生产装置火灾扑救

炼油厂是以石油为原料，经蒸馏、汽提、催化裂化、重整等工艺炼制成汽油、煤油、柴油、润滑油、化工原料、石蜡、沥青、渣油、石油焦等产品的工厂。

炼油厂的生产工艺复杂，设备高大、种类繁多，原料、中间体和产品大部分都是可燃气体、易燃液体，具有很强的火灾和爆炸危险性。发生火灾后，极易发生连锁反应，造成扑救困难、损失严重的后果。

第一节 炼油厂生产装置的基本特点

炼油厂通常分为燃料油型、燃料润滑油型、染料化工型和综合型四种类型。一般把生产汽油、煤油、轻重柴油和锅炉燃料的称为燃料油型；除生产各种燃料油外，还生产各种润滑油的称为燃料润滑油型；以生产燃料油和化工产品为主的称为燃料化工型；既生产各种燃料、化工原料或产品，又生产润滑油的称为综合型。

炼油厂虽然类型不同，但生产装置的主要生产设备、生产工艺基本相同。

一、建筑特点

炼油厂主要生产区均是一、二级耐火建筑。建筑条件好，耐火等级高，扑救火灾时可作掩蔽物。

（一）建筑与生产设备密切相关

炼油厂的建（构）筑物与生产设备密切相关，并根据安装生产设备的实际需要建造各种建（构）筑物。炼油厂的各种生产设备均是根据生产工艺流程的实际需要安装在生产装置中。

（二）建筑与生产设备整体性强

炼油厂的生产建（构）筑物与生产装置形成一个整体，如固定加热炉、固定汽提塔的基础、架空生产管线等，使建（构）筑物与生产装置形成牢固的整体结构。

（三）操作平台多

炼油装置均设有操作平台。操作平台大多是较长的连续式平台，高塔上的独立式平台较少。

(四) 露天建筑多

炼油厂建筑根据防火、防爆、生产通风以及生产工艺上的实际需要，大部分是无遮挡建筑。

(五) 独立的小型建筑

炼油厂有许多独立的小型建筑，担负生产中特殊的功能，如热油泵房、冷油泵房、压缩机房、生产控制室等。

二、工艺及设备特点

炼油厂的生产工艺复杂、装置密集、设备高大、种类繁多、工艺连贯、管线互通。炼油装置多在高温、高压（低温、真空）等情况下运行，生产的原料、中间体和产品多是可燃气体和易燃液体，生产过程中极易着火或爆炸。

(一) 石油及产品特点

石油是人类生产、生活中各种燃料的主要来源。石油通过炼制为化学工业提供原料，是化学工业生产的基础。

1. 石油

石油又称原油，是从地下深处开采的棕黑色可燃黏稠液体。

(1) 石油的性质。石油的性质因产地而异，密度为 $0.8 \sim 1.0\text{g/cm}^3$ ，黏度范围很宽，凝固点差别很大 ($-60 \sim 30^\circ\text{C}$)，沸点范围为常温到 500°C 以上，可溶于多种有机溶剂，不溶于水，但可与水形成乳状液。组成石油的化学元素主要是碳 ($83\% \sim 87\%$)、氢 ($11\% \sim 14\%$)，其余为硫 ($0.06\% \sim 0.8\%$)、氮 ($0.02\% \sim 1.7\%$)、氧 ($0.08\% \sim 1.82\%$) 及微量金属元素（镍、钒、铁等）。

(2) 石油种类。石油分为烷烃、环烷烃、芳香烃三类。通常以烷烃为主的石油称为石蜡基石油；以环烷烃、芳香烃为主的石油称为环烷基石油；介于两者之间的石油称为中间基石油。

我国原油的主要特点是含蜡较多，凝固点高，硫含量低，镍、氮含量中等，钒含量极少。除个别油田外，原油中汽油馏分较少，渣油占 $1/3$ 。组分不同的石油，加工方法不同，产品的性能也不同。

2. 石油产品

石油产品可分为石油燃料、石油溶剂与化工原料、润滑剂、石蜡、石油沥青和石油焦。其中，各种燃料产量最大，约占总产量的 90% ；各种润滑剂品种繁多，约占总产量的 5% 。

(1) 汽油。汽油是石油产品中产量最大的品种。汽油的沸点范围（又称馏程）为 $30 \sim 205^\circ\text{C}$ ，密度为 $0.70 \sim 0.78\text{g/cm}^3$ 。汽油根据其在气缸中燃烧时的抗爆震燃烧性能，按照辛烷值分为 70 号、80 号、90 号或更高的标号。汽油的标号

越高，燃烧性能越好。汽油主要用作汽车、摩托车、快艇、直升机、农林用飞机等的燃料。

(2) 航空煤油。航空煤油主要作为喷气式飞机的燃料，亦称为喷气燃料。沸点范围为 $60 \sim 208^{\circ}\text{C}$ 或 $150 \sim 315^{\circ}\text{C}$ 。航空煤油发热量大，在 -50°C 时不会出现固体结晶。还有一种民用煤油，沸点范围为 $180 \sim 310^{\circ}\text{C}$ ，主要作为照明、生活炊事用燃料。

(3) 柴油。柴油分为重柴油和轻柴油。一般将沸点在 $180 \sim 370^{\circ}\text{C}$ 的柴油称为轻柴油；将沸点 $350 \sim 410^{\circ}\text{C}$ 的柴油称为重柴油。商品柴油根据其凝固点或最低使用温度表示柴油的等级，比如 10 号、-20 号等。柴油主要作为大型车辆、船舰的燃料。柴油的燃烧性能是用十六烷值作为衡量标准，十六烷值越高表示燃烧性能越好。

(4) 其他产品。石油还有溶剂、润滑油、润滑脂、石蜡油、沥青、石油焦等产品。

石油炼制过程中还得到一些在常温下是气体的产物，称为炼厂气。炼厂气可直接作燃料或加压成液化石油气。炼油厂还生产出大量的有机化工原料。常压下的气态原料主要用于生产乙烯、丙烯、合成氨、氢气、乙炔、炭黑等。液态原料（液化石油气、轻汽油、轻柴油、重柴油）经裂解可制成石油化工所需的绝大部分基础原料。另外，炼油厂还生产重要芳烃，如苯、甲苯、二甲苯等。

(二) 工艺特点

原油在生产加工之前，先要测定原油沸点与馏程、密度、黏度、凝点、闪点、燃点、自燃点、残炭、含硫量等指标，这个过程称作原油评价试验。

石油的炼制一般分为三次加工，其生产装置也称为一、二、三次加工装置。把原油蒸馏分为几个不同的沸点范围（馏分）称为一次加工；将一次加工得到的馏分再加工成成品油称为二次加工；将二次加工得到的成品油制取基本有机化工原料称为三次加工。一次加工主要是常压蒸馏和常减压蒸馏；二次加工主要是催化、加氢裂化、延迟焦化、催化重整、烷基化、加氢精制等；三次加工主要是裂解工艺制取乙烯、芳烃等化工原料。石油炼制主要有以下生产工艺。

1. 常减压蒸馏生产工艺

常压和减压蒸馏是炼油厂的第一道生产工艺。其生产工艺流程如图 1-1 所示。常减压蒸馏基本属于物理过程。原料油在蒸馏塔里按蒸发能力分成沸点范围不同的油品（称为馏分），个别的作为产品，相当大的部分是后续加工的原料。包括三个工序（也有称为三塔流程：初馏塔、常压塔、减压塔）：原油的脱盐、脱水，常压蒸馏，减压蒸馏。

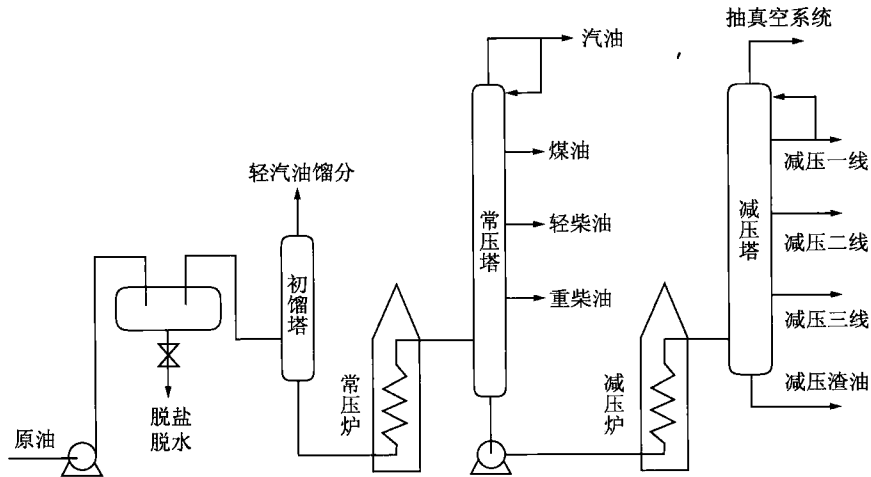


图 1-1 常减压蒸馏生产工艺流程图

(1) 原油初馏。油田送往炼油厂的原油多含盐（主要是氯化物）、含水（溶于油或呈乳化状态），易导致设备腐蚀和内壁结垢，影响成品油的质量，需在加工前脱除。常用的办法是加破乳剂和水，使油中的水集聚分离。盐分溶于水中，在高压电场配合下，能形成较大水滴将盐分除去。其生产工艺过程是，原油经过换热，温度达到 $80 \sim 120^{\circ}\text{C}$ 脱盐、脱水（一般要求含盐小于 10mg/L ，含水小于 0.5% ），再经过换热至 $210 \sim 250^{\circ}\text{C}$ ，较轻的组分气化，气液混合物一同进入初馏塔，从塔顶分出轻汽油馏分，塔底为拔头原油。

(2) 常压蒸馏。拔头原油经过换热、经常压炉加热至 $360 \sim 370^{\circ}\text{C}$ ，油气混合物一同进入常压塔（塔顶压力为 $130 \sim 170\text{kPa}$ ）进行蒸馏，从塔顶分出汽油馏分或重整馏分，从侧线引出煤油、轻柴油和重柴油馏分，塔底是沸点高于 350°C 的常压渣油。

(3) 减压蒸馏。常压渣油经过减压炉加热至 $390 \sim 400^{\circ}\text{C}$ 后进入减压塔，塔顶压力一般为 $1 \sim 5\text{kPa}$ 。减压塔顶一般不出产品或者出少量产品（减顶油），各减压馏分油从侧线抽出，塔底是常压沸点高于 500°C 的减压渣油，集中了原油中绝大部分的胶质和沥青质。

2. 催化裂化生产工艺

催化裂化是在热裂化工艺上发展起来的，是提高原油加工深度，生产优质汽油、柴油最重要的工艺过程。其原料主要是原油蒸馏馏分或其他炼油装置 $350 \sim 540^{\circ}\text{C}$ 馏分的蜡油、脱沥青油或蜡膏等重质油，在温度为 $450 \sim 480^{\circ}\text{C}$ 、压力为 0.5MPa 的条件下，在微球形硅酸铝催化剂作用下，进行裂化。催化裂化

装置一般由三部分组成：反应—再生系统、分馏系统和吸收—稳定系统。其中反应—再生系统是催化裂化装置的核心部分，其装置类型主要有床层反应式、提升管式、高低并列式和同轴式四种。催化裂化生产工艺流程如图 1-2 所示。

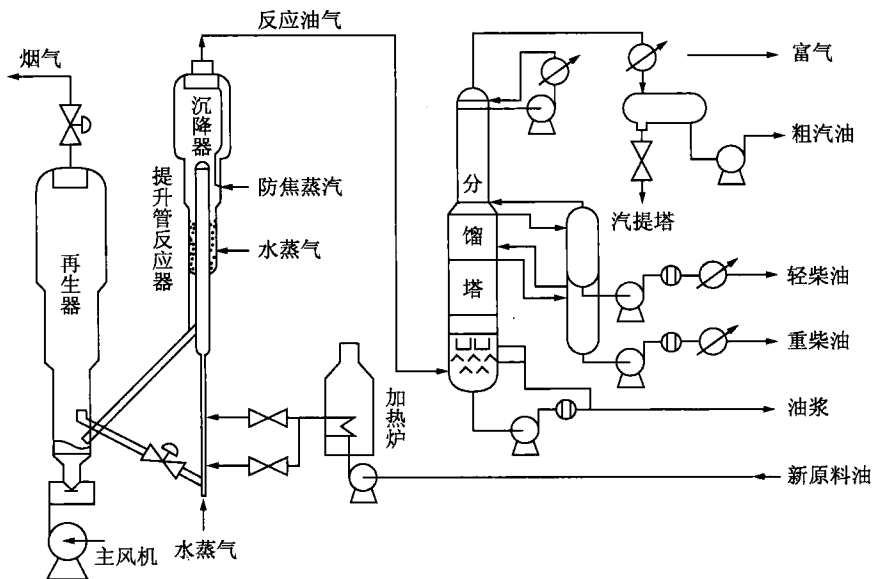


图 1-2 催化裂化生产工艺流程图

3. 催化重整生产工艺

催化重整（简称重整）是在催化剂和氢气存在情况下，将常压蒸馏所得的轻汽油转化成含芳烃较高的重整汽油的过程。以 $80 \sim 180^{\circ}\text{C}$ 馏分为原料油，能生产高辛烷值汽油；以 $60 \sim 165^{\circ}\text{C}$ 馏分为原料油，能生产苯、甲苯、二甲苯等芳烃，重整过程副产品为氢气，可作为炼油厂加氢工艺的氢源。重整的反应条件是：反应温度为 $490 \sim 525^{\circ}\text{C}$ ，反应压力为 $1 \sim 2\text{MPa}$ 。重整的工艺过程可分为原料预处理、重整抽提和分离三部分。预处理过程在 $2 \sim 2.5\text{MPa}$ 压力下加氢。汽提塔是重整的中间工艺，是火灾的多发部位。催化重整生产工艺流程如图 1-3 所示。

4. 加氢裂化生产工艺

加氢裂化是以原料油和氢气，按一定比例混合后，加热到 400°C 左右进入反应器，反应器压力为 $10 \sim 15\text{MPa}$ ，在催化剂的作用下把重质原料转化成汽油、煤油、柴油和润滑油。加氢裂化由于有氢存在，原料转化的焦炭少，可除去含硫、氮、氧的有害化合物，操作灵活，可按产品需求调整。目前的加氢裂化工艺绝大多数都采用固定床反应器，根据原料性质、产品要求和处理量的大小，加氢

裂化装置一般按照两种流程操作：一段加氢裂化和两段加氢裂化。除固定床加氢裂化外还有沸腾床加氢裂化和悬浮床加氢裂化等工艺。一段加氢裂化的生产工艺流程如图 1-4 所示。

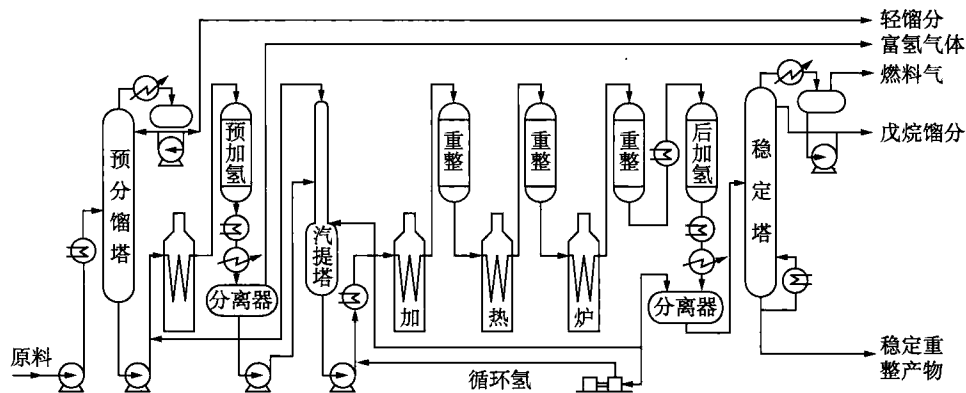


图 1-3 催化重整生产工艺流程图示意图

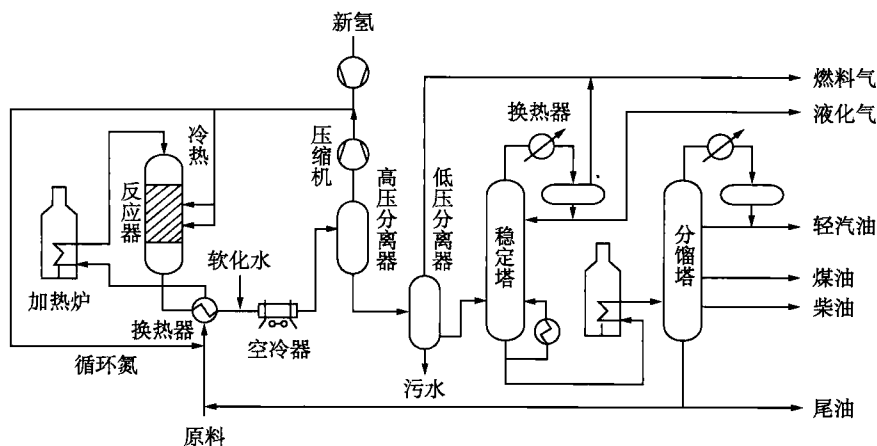


图 1-4 一段加氢裂化生产工艺流程图示意图

5. 石油产品精制生产工艺

前述各装置生产的油品一般还不能直接作为商品，除需进行调和、添加添加剂外，还需进一步精制、除去杂质、改善性能，以满足使用和储存要求。常见的杂质有含硫、氮、氧的化合物，以及混在油中的蜡和胶质等。除去杂质常用的方法有酸碱精制、脱臭、加氢、溶剂精制、白土精制、脱蜡等。

A、B、C 三类。炼油厂生产工艺的火灾危险性分类见表 1-1。

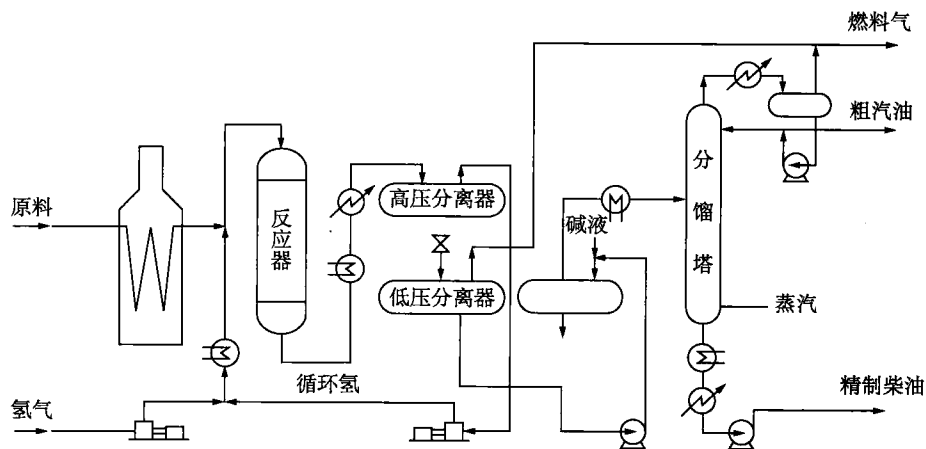


图 1-6 加氢精制生产工艺流程图示意图

表 1-1 炼油厂生产工艺的火灾危险性分类

类别	特性	生产举例
甲	A 使用或产生液化石油气（包括气态）	加氢裂化，加氢精制，制氢，催化重整，催化裂化，气体分馏，烷基化，叠合，丙烷脱沥青，气体脱硫，液化石油气硫醇氧化，液化石油气化学精制，脱蜡油，延迟焦化，热裂化，原有常减压蒸馏，汽油再蒸馏，汽油化学精制，酮苯脱蜡脱油，汽油硫醇氧化，减粘度裂化，硫黄回收
	B 使用或产生氢气	
	C 不属于甲 A、甲 B 的其他甲类，使用或产生下列物质：①闪点 < 28℃ 的易燃液体；②爆炸下限 < 10% 的可燃气体；③操作温度等于或高于自然点的易燃、可燃气体	
乙	使用或产生下列物质：①闪点 ≥ 28℃，但 < 60℃ 的易燃、可燃液体；②爆炸下限 < 10% 的可燃气体；③助燃气体；④易燃危险固体	酚精制，糠醛精制，煤油电化学精制，煤油硫醇氧化，空气分离，煤油尿素拖拉，煤油分子筛脱蜡
丙	使用或产生下列物质：①闪点 ≥ 60℃ 的可燃液体；②可燃固体	轻柴油电化学精制，润滑油和蜡的白土精制，轻柴油分子筛脱蜡，蜡成形，石蜡氧化，沥青氧化
丁	具有下列情况产生：①对非燃烧物质进行加工，并在高温或熔化状态下经常产生强热辐射火花或火焰；②将气体、固体、液体进行燃烧，但是不用这种明火对其他可燃气体、易燃、可燃液体、可燃固体进行加热	使用一氧化碳锅炉生产
戊	常温条件下使用或加工非燃烧物质的生产	