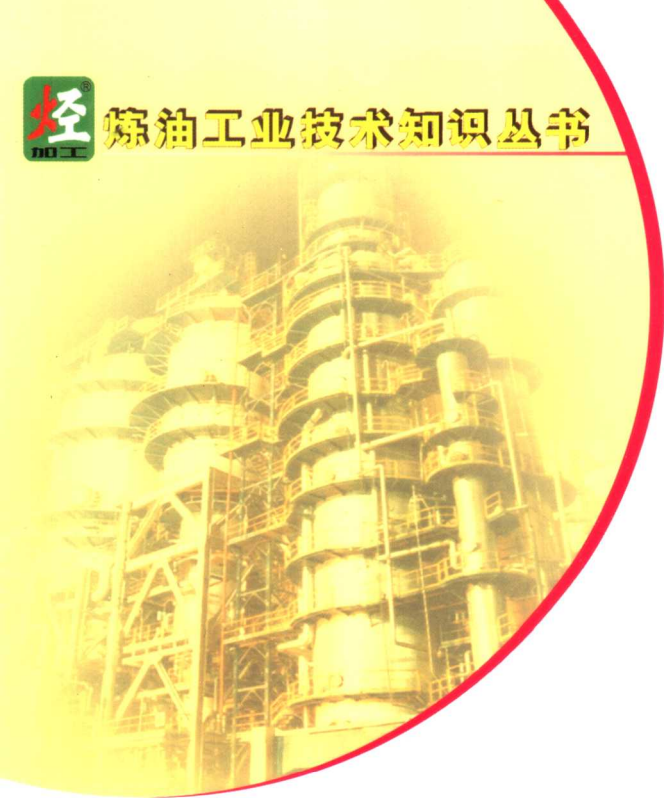




炼油工业技术知识丛书



◇ 赖光愚 编著

◇ 史瑞生 审

炼厂气体加工

中国石化出版社

炼油工业技术知识丛书

炼厂气体加工

赖光愚 编著

史瑞生 审

中国石化出版社

内 容 提 要

本书从生产实际出发,侧重于介绍炼厂气的基本知识,炼厂气体加工的基本原理及主要工艺流程、生产操作要点。对相关的设备、仪表及安全生产注意事项也进行了必要的介绍。同时对炼厂气的综合利用作了相应的介绍。

本书特别适合炼油企业作为技术工人岗位培训教材,也可供炼油企业工程技术人员和生产管理人员阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

炼厂气体加工/赖光愚编著.
—北京:中国石化出版社,2005
(炼油工业技术知识丛书)
ISBN 7-80164-871-4

I.炼… II.赖… III.炼油厂—气体—加工
IV. TE62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 090614 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

北京大地印刷厂印刷

新华书店北京发行所经销

*

850×1168 毫米 32 开本 9 印张 226 千字

2006 年 1 月第 1 版 2006 年 1 月第 1 次印刷

定价:25.00 元

《炼油工业技术知识丛书》

编委会

主 任：凌逸群

副 主 任：王子康

技术顾问：龙 军 方向晨 李 平

王 强 王治卿

编 委：(按姓氏笔画排序)

仇性启 华 炜 吕亮功 吕家欢

孙肇林 宋天民 陈保东 郑世桂

赵培录 高步良 梁凤印 梁文杰

梁朝林 赖光愚 廖士刚



随着我国石油化学工业的不断发展，炼油技术也在不断进步，炼油企业管理水平不断提高。与之相应，炼油行业十分迫切需要既掌握炼油理论知识、又拥有丰富生产经验和较高技术管理水平的人员与管理队伍。近些年来，在石化企业中，由于很多老职工和老技术人员相继退休，离开了工作岗位，取而代之的是一大批年轻职工和许多参加工作不久的技术和管理人员。他们走上炼油行业关键技术和管理岗位后，迫切需要补充炼油技术知识。

为了确保装置安稳长满优运转，提高炼油企业的国际竞争能力，提高职工队伍的整体素质，造就一大批懂管理、懂技术的人才，非常有必要在广大炼化企业职工中大力传播专业技术知识，推广科学技术，营造比学赶帮超的良好学习氛围。为了适应这一需要，中国石化股份公司炼油事业部和中国石化出版社及时组织编写了《炼油工业技术知识丛书》。

参加该丛书编写的作者来自于各炼化企业、科研院所和大专院校，他们都是石油化工领域的专家和长期工作在生产一线的技术骨干。在编写过程中，他们将自己的丰富学识与多年的生产实践经验相结合，并查阅大量文献资料，精心编写。可以说，这套丛书的每一分册都

是作者的智慧结晶。丛书按装置和专业设分册编写、出版，既考虑炼油厂装置的实际情况，也考虑炼油企业岗位不同工种的学习需要。在介绍基本理论、基本知识的基础上，紧密结合炼油企业生产和技术管理的实际，注重理论与实践相结合。在文字表述方面，力求通俗易懂，深入浅出。

纵观丛书，最大的特色是理论与实际相结合，且系统性强，基本上涵盖了炼油工业技术的基础知识。该丛书的出版发行，有利于普及炼油工业技术知识，有利于提高炼油企业职工素质，有利于总结生产经验，能更好地为炼油装置的安稳长满优运行服务。我相信，《炼油工业技术知识丛书》的出版，将为行业内人员提供一套比较完整的炼油技术知识参考书，在加强技术传播、促进技术交流、推广技术应用、指导生产实践等方面会起到积极的作用，得到广大炼油行业从业人员的热烈欢迎。



中国工程院院士

前 言

20世纪70年代末，为适应我国当时石油工业的飞速发展，曾出版了一套通俗易懂的炼油工人技术丛书，其中由山东胜利石油化工总厂炼油厂和华东石油学院合编了《炼厂气分离》一书。该书当时对操作员和工程技术人员起到了很好的指导作用，受到了大家的好评。

20多年过去了，我国的炼油工业已经取得了长足的进步，新工艺、新技术不断采用，炼厂气产量有了极大的提高，炼厂气的分离和加工技术也得到了很大的发展。过去作为燃料使用的炼厂气资源得到了充分利用。

为了满足广大读者对炼厂气加工技术学习的需要，应中国石化出版社之约，作者在《炼厂气分离》一书的基础上，进行了全面的修改，删繁就简，重点补充了炼厂气综合利用的内容和炼厂气加工的新技术、新工艺，以适应新的发展需要。希望本书能成为工程技术人员和操作人员学习炼厂气加工技术的参考资料。

在该书编写的过程中，出版社的编辑给予了具体的指导，笔者参考和引用了大量文献和资料；李珍、任瑞芳工程师为本书的编写提供了大量的参考资料，郑朝阳高工、陈鸣皋教授、童仲轩教授对书稿的相关章节提出了十分中肯的意见；炼油界的老专家史瑞生教授在百忙

中对本书进行了审阅修改，付出了十分辛勤的劳动，其认真、仔细、严谨的工作精神给笔者留下了极其深刻的印象，使笔者受益匪浅。在书稿的编写过程中，蔡智先生给予了大力的支持，同时还得到了其他许多同志的指导和帮助。对他们的支持和帮助，作者表示诚挚的感谢！由于作者的知识所限，书中不妥之处在所难免，敬请读者指正。

目 录

第一章 炼厂气的来源	(1)
第二章 炼厂气的组成与性质	(8)
第一节 炼厂气的组成	(8)
第二节 炼厂气的物理化学性质	(14)
一、密度	(14)
二、热性质	(18)
三、黏度	(19)
四、临界性质	(19)
五、气体的压力、温度和体积之间的关系	(19)
第三章 炼厂气的回收、精制与分离	(22)
第一节 回收、精制与分离的基本原理	(22)
一、基本概念	(22)
二、吸收与解吸过程的基本原理	(25)
三、吸收与解吸条件的选择及影响	(27)
四、精馏过程的基本原理	(30)
五、精馏条件的选择及影响	(32)
第二节 炼厂气的回收与精制	(35)
一、炼厂气回收	(35)
二、炼厂气的精制	(51)
第三节 炼厂气分离	(65)
一、干气的分离	(65)

二、液化气的分离	(70)
第四章 主要设备和仪表知识	(77)
第一节 塔设备	(77)
一、板式塔	(77)
二、填料塔	(91)
第二节 换热设备	(101)
一、换热设备的分类	(101)
二、换热设备的工作原理	(103)
三、气体加工装置中常用的换热设备	(105)
四、换热设备的选用原则	(113)
第三节 机泵设备	(115)
一、泵设备	(115)
二、气体压缩机	(126)
第四节 球形罐	(132)
一、球形罐的构造	(133)
二、球形罐的验收与投用	(134)
第五节 仪表自动化	(135)
一、自动控制基本原理	(136)
二、典型控制方案	(138)
三、控制方案的实现	(144)
四、集散控制系统	(155)
第五章 装置的开工、正常操作、事故处理和安全知识	
	(161)
第一节 新建、扩建装置的开工试车	(161)
一、生产准备	(161)
二、单机试车与工程中间交接	(163)
三、联动试车	(164)
四、投料试车	(164)

第二节 检修后的装置的开工	(164)
一、开工程序及操作方法	(164)
二、开工中应注意的问题	(167)
第三节 正常操作	(168)
一、吸收-解吸塔的操作	(168)
二、稳定塔的操作	(170)
三、气体精馏塔的操作	(175)
四、脱硫塔与再生塔的操作	(177)
五、正常生产中应注意的问题	(179)
第四节 装置的正常停工	(180)
一、停工的几种情况	(180)
二、正常停工程序	(180)
三、停工后的处理	(182)
四、停工中应注意的问题	(183)
第五节 事故处理	(184)
一、停水	(185)
二、停电	(187)
三、停汽(含热源中断)	(188)
四、停风	(188)
五、其他事故	(188)
第六节 安全生产知识	(189)
一、防火防爆	(190)
二、防硫化氢中毒	(194)
第六章 炼厂气的综合利用	(197)
第一节 干气的综合利用	(199)
一、催化裂化干气中乙烯与苯烃化制乙苯	(199)
二、干气制氢	(204)
第二节 液化气的综合利用	(217)
一、利用炼厂丙烯生产聚丙烯	(217)

二、烷基化·····	(229)
三、合成甲基叔丁基醚·····	(245)
四、催化叠合·····	(256)
参考文献 ·····	(264)
附录一 《生产准备工作纲要》编制提纲·····	(266)
附录二 《总体试车方案》编制提纲·····	(269)
附录三 投料试车应具备的条件·····	(271)

第一章 炼厂气的来源

炼厂气是石油加工过程中各种加工工艺所产生的的气体的总称。

在炼油生产过程中，各装置会产生一定数量的气体烃，而且主要是会发生分解反应的装置。炼油厂各产气装置所产气体的产率和组成，随装置所加工的原料性质、生产方案及工艺技术条件的不同而变化。其组成包括氢气、 $C_1 \sim C_4$ 烷烃、 $C_2 \sim C_4$ 烯烃及少量 C_5 烃，有的还含有 H_2S 、 CO_2 等少量杂质。以下介绍各有关产气装置的概况。

1. 常减压蒸馏装置

常减压蒸馏装置是将原油用蒸馏的方法分割成不同沸点范围的组分，以适应产品生产和下游工艺装置对原料的要求。常减压蒸馏装置是炼油厂加工原油的第一道工序，属于原油的一次加工，在炼油厂加工总流程中起首要作用，因此通常称之为“龙头”装置。常减压蒸馏装置一般分为电脱盐、初馏、常压蒸馏、减压蒸馏四大部分。原油在常压下加热到 400°C 以上时将发生热裂化反应，会影响产品质量，并可能引起加热炉的炉管结焦。因此为了获得更多较重的馏分油，需要在减压条件下蒸馏。

由于原油蒸馏的目的是将原油分割成各种不同沸点范围的馏分，以适应下游加工不同的要求，因此针对不同原油和产品要求就有不同的加工方案和工艺流程。其典型流程可分为常压蒸馏和常减压蒸馏两种，后者的典型流程如图 1-1。

常减压蒸馏装置一般生产的气体较少。尤其是过去加工国内陆上原油时，各塔只有很少的塔顶不凝气体产生，因此以前常减压装置产生的少量气体，通常引至本装置的工艺加热炉作燃料。随着加工我国海洋轻质原油及进口轻质原油的增多，常减压“三

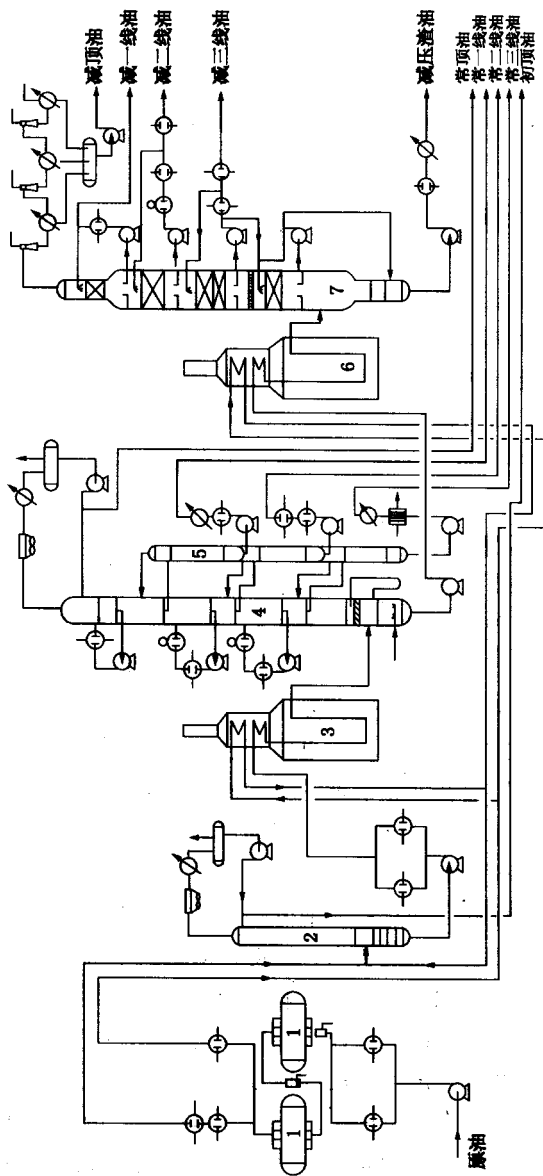


图 1-1 常减压典型工艺流程图

1—电脱盐罐；2—初馏塔；3—常压塔；4—常压塔；5—常压汽提塔；6—减压汽提塔；7—减压塔

顶”油气也已成为宝贵的油气资源，不少炼油厂已经将其充分回收利用。

2. 催化裂化装置

我国炼油二次加工装置中催化裂化的总炼量最大，气体产率最高，气体中的烯烃含量也最多。

当今的催化裂化装置都是流化催化裂化装置(FCCU)。所谓流化催化裂化就是原料在高活性的流态化催化剂提升管反应器中，在一定温度下发生各种催化反应，使重质烃类轻质化的过程。催化裂化装置是我国炼油厂提高原油加工深度，生产高辛烷值汽油、柴油和液化石油气最重要的二次加工装置。

催化裂化装置大体可包括：反再系统(含反应器、再生器、催化剂输送管线、主风机及烟气能量回收、内外取热系统等)；分馏系统(含分馏塔、冷却换热系统和低温热利用系统等)；吸收稳定系统(含富气压缩机、吸收塔、解吸塔、稳定塔及冷换系统等)；干气、液化气脱硫和汽油精制系统(也有的归入其他单元)等。

催化剂是实现催化裂化工艺的关键。催化裂化工艺总是伴随着催化剂的进步而不断改进和创新。评价一种催化剂的优劣，必须测定它的化学组成、活性、选择性、活性稳定性和物理性能等。现在我国的催化剂研发和制造部门，已基本上做到按不同原料和产品方案“量体裁衣”，为用户选择配制催化剂。催化裂化典型工艺示意流程如图 1-2。

催化裂化工艺可以加工多种多样的重质原料，催化原料的劣质化是其他炼油工艺无法比拟的。为了适应石油化工的发展和多产清洁汽油调和组分，催化裂化新技术不断开发并获得长足的进展。如多产低碳烯烃的催化裂解(DCC,即深度催化裂化)工艺,最大量生产液化气和汽油的 MGG 和 ARGG 工艺,多产异构烯烃的 MIO 工艺等。这些技术的开发和应用,使炼油厂的气体产量和气体中的烯烃含量大大增加。因此催化裂化气体是气体加工装置原料的主要来源。一般催化裂化装置可生产 10%~20%左右的气体产品,而催化

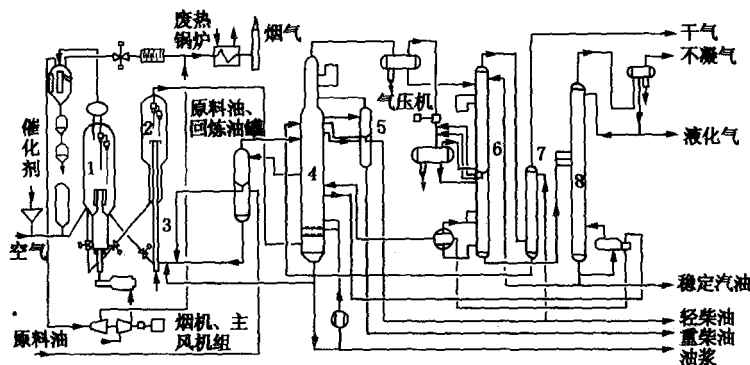


图 1-2 典型催化裂化装置工艺流程图

- 1—再生器；2—沉降器；3—提升管反应器；4—分馏塔；
5—汽提塔；6—吸收解吸塔；7—再吸收塔；8—稳定塔

裂解甚至可以生产高达 50% 左右的气体产品。

3. 延迟焦化装置

焦化主要是使原油中最重的渣油经过加热裂解和缩聚变成轻质油、中间馏分油和焦炭的加工过程。延迟焦化是将重质油在管式加热炉中加热，采用高流速和高热强度，使油品在加热炉中短时间内达到焦化反应所需要的温度，立即迅速离开加热炉，进入焦炭塔，从而使生焦的缩聚反应不在加热炉中进行，而延迟到焦炭塔中进行的一种工艺过程。延迟焦化工艺流程如图 1-3。

延迟焦化装置大体可包括：焦化部分（加热炉、焦炭塔、分馏塔系统、吸收稳定系统等）和除焦部分（高压水泵、可升降的水力焦炭切割器等）。它是炼油厂提高轻质油收率和生产石油焦的重要手段。延迟焦化气体产率一般为 8% ~ 10% 左右，焦化干气中烯烃含量较少，是比较合适的制氢原料。

4. 催化重整装置

重整主要是指环烷烃脱氢的炼油工艺过程。在有催化剂存在的条件下对轻汽油馏分进行重整，称为催化重整。催化重整是从石油生产芳烃和高辛烷值汽油组分的主要工艺过程，副产的氢气

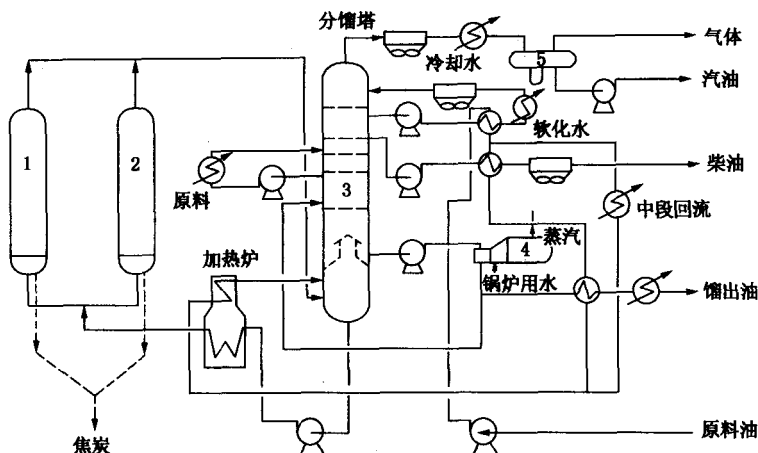


图 1-3 延迟焦化工艺流程示意图

1, 2—焦炭塔; 3—分馏塔; 4—蒸汽发生器; 5—气液平衡罐

是加氢装置用氢的重要来源。因此它是炼油和石油化工的重要生产工艺之一。

催化重整按催化剂的再生方式又可分为半再生固定床工艺和连续再生工艺。我国还自行开发了低压组合床催化重整工艺技术。

固定床催化重整装置的组成部分主要有：原料预处理部分（包括预脱砷、预分馏和预加氢等）；重整反应部分（包括重整反应器、加热炉、反应物的气液分离、重整氢的压缩提浓、重整油的稳定等。由于重整反应为吸热反应，所以每一台反应器都设有进料加热炉。设计装置时，一般将几台加热炉组合成一座大型炉，比如有四台反应器的联合加热炉就称四合一炉）；芳烃抽提与精馏部分（包括芳烃溶剂抽提、芳烃及溶剂油精馏等）。以生产芳烃为主的催化重整工艺流程示意图如图 1-4。

重整装置大约生产 8% ~ 15% 的气体。一部分是烃类气体，一部分是含氢气体，后者是炼油厂最重要的氢源。

5. 加氢裂化装置

加氢裂化是一种在较高的压力和温度下，利用催化剂在氢压