

炼油装置技术手册丛书

# 常减压蒸馏装置 技术手册

寿建祥 陈伟军 主编

中国石化出版社

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

炼油装置技术手册丛书

# 常减压蒸馏装置技术手册

寿建祥 陈伟军 主编



中国石化出版社

## 内 容 提 要

本书介绍了常减压蒸馏装置的基本知识、工艺原理和国内外最新的技术进展。在结合生产实践的基础上,阐述了常减压蒸馏装置生产单元的实际操作,同时详细介绍相关工艺计算,使理论与实践相结合。另外,本书不但介绍了装置的设备、工艺防腐和节能优化,还包含了装置的技术管理方面的内容,如装置标定、日常技术管理等,列举了国内常减压装置发生过的一些典型事故,并分析了原因,总结了经验教训。

本书对从事常减压蒸馏装置的生产技术管理人员具有很强的指导意义,对操作人员也具有很好的实用价值,同时对从事相关专业的科研、设计人员和院校师生具有很好的参考价值。

## 图书在版编目(CIP)数据

常减压蒸馏装置技术手册 / 寿建祥, 陈伟军主编.  
—北京: 中国石化出版社, 2016  
(炼油装置技术手册丛书)  
ISBN 978-7-5114-3884-3

I. ①常… II. ①寿… ②陈… III. ①常减压蒸馏-  
减压蒸馏装置-技术手册 IV. ①TQ028.3-62②TE96-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 088933 号

未经本社书面授权,本书任何部分不得被复制、抄袭,或者以任何形式或任何方式传播。版权所有,侵权必究。

## 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

北京柏力行彩印有限公司印刷

全国各地新华书店经销

\*

787×1092 毫米 16 开本 23.25 印张 579 千字

2016 年 6 月第 1 版 2016 年 6 月第 1 次印刷

定价:150.00 元

# 《炼油装置技术手册丛书》

## 编 委 会

主 任 刘根元

|     |     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|-----|
| 委 员 | 凌逸群 | 俞仁明 | 王 强 | 罗 强 |
|     | 常振勇 | 王治卿 | 张 涌 | 赵日峰 |
|     | 余夕志 | 江正洪 | 宋云昌 | 谈文芳 |
|     | 周志明 | 王子康 |     |     |

# 《常减压蒸馏装置技术手册》

## 编 委 会

主 编 寿建祥 陈伟军

编写人员 陈 军 颜军文 翁利远 颜 虎

廖志新 袁炎均 严伟丽 吴利军

# 前 言

2006年年底全国一次原油加工能力 384Mt/a, 2008年年底 438.0Mt/a, 居世界第二。2008年年底全国总炼油厂 53 座, 且具有 10Mt/a 级加工规模以上的炼油厂 13 座。1990 年前我国单套常减压蒸馏装置一般为 2.5Mt/a, 目前国内常减压蒸馏装置单套最大能力 12Mt/a, 正在筹划建设单系列 15Mt/a 的大型常减压蒸馏装置。

常减压蒸馏装置是以原油为原料的一次加工装置, 是炼油厂的龙头装置。原油经过蒸馏分离成各种油品和下游装置的原料, 装置的分离精度、平稳运行等对炼油厂的产品分布、质量、收率和下游装置安稳长运行及原油的有效利用都有很大的影响, 在炼油厂中的位置十分重要。原油的劣质化、重质化, 使常减压蒸馏装置原料性质越来越差; 受进厂原油结构影响, 常减压蒸馏装置加工的原油性质与设计油种性质差距大, 使得操作难度越来越大; 炼油厂追求效益最大化, 对常减压蒸馏装置工艺水平要求越来越高。另外, 近年来国内外常减压蒸馏技术不断进步, 在原油深拔、产品质量提高、节能、环保和安全技术方面取得了丰硕成果, 尤其在装置大型化和先进设备应用方面, 出现了许多新的技术方法, 推动了我国常减压蒸馏装置的技术进步。与此同时, 炼油厂对常减压蒸馏装置安全生产管理要求日益严格。为满足业内人士的需求, 达到学习、提高的目的, 我们组织编写了这本《常减压蒸馏装置技术手册》。

本书由国内常减压业界的一批知名设计(大)师、专家和(高)工程师们共同编写。他们历时三年, 多次讨论、修改, 以科学性和实用性为原则, 将他们的理论知识、实践经验和操作技巧与前辈们的科研成果、生产经验相结合融于此书。为从事常减压蒸馏装置的管理和操作人员, 全面了解国内外常减压最新的技术发展, 提高装置的科学管理水平提供了一本实用性很强的技术手册。

本书的编写分工如下:

第一章由寿建祥编写, 第二章由颜虎编写, 第三章由廖志新编写, 第四章

由陈伟军和颜军文编写，第五章由袁炎均编写，第六章由严伟丽编写，第七章由翁利远编写，第八章由陈军编写，第九章由陈伟军编写，第十章由颜虎编写，第十一章由吴利军编写，第十二章由陈军和翁利远编写。

全书编写的组织协调工作，由孙建江负责协调，颜虎对全书各章进行了最后的串接、修改和终稿审定。

中国石化出版社的黄彦芬对本书的编写和出版给予了通力协作和配合。

由于我们水平所限，书中还存在许多不足之处，敬请读者指出。

# 目 录

|                           |         |
|---------------------------|---------|
| 第一章 绪 论 .....             | ( 1 )   |
| 第一节 常减压蒸馏装置的地位和作用 .....   | ( 1 )   |
| 第二节 常减压蒸馏装置的技术经济 .....    | ( 9 )   |
| 第三节 国内外常减压蒸馏装置的技术现状 ..... | ( 10 )  |
| 第四节 常减压蒸馏装置技术的展望 .....    | ( 16 )  |
| 第二章 原油与产品 .....           | ( 19 )  |
| 第一节 原油的组成 .....           | ( 19 )  |
| 第二节 原油的分类 .....           | ( 34 )  |
| 第三节 原油评价 .....            | ( 37 )  |
| 第四节 世界原油资源的分布 .....       | ( 41 )  |
| 第五节 常减压蒸馏装置的产品 .....      | ( 42 )  |
| 第三章 原油预处理及电脱盐 .....       | ( 53 )  |
| 第一节 原油预处理 .....           | ( 53 )  |
| 第二节 原油电脱盐 .....           | ( 56 )  |
| 第三节 电脱盐污水、污油的处置 .....     | ( 76 )  |
| 第四章 常减压蒸馏工艺 .....         | ( 78 )  |
| 第一节 蒸馏的原理 .....           | ( 78 )  |
| 第二节 蒸馏装置的类型 .....         | ( 83 )  |
| 第三节 常减压蒸馏工艺流程 .....       | ( 84 )  |
| 第四节 初馏与闪蒸 .....           | ( 91 )  |
| 第五节 常压蒸馏 .....            | ( 94 )  |
| 第六节 减压蒸馏 .....            | ( 99 )  |
| 第七节 装置大型化 .....           | ( 108 ) |

|                        |         |
|------------------------|---------|
| 第八节 相关工艺 .....         | ( 108 ) |
| 第五章 常减压蒸馏设备 .....      | ( 124 ) |
| 第一节 电脱盐设备 .....        | ( 124 ) |
| 第二节 塔设备 .....          | ( 130 ) |
| 第三节 加热炉 .....          | ( 137 ) |
| 第四节 换热设备 .....         | ( 151 ) |
| 第五节 流体输送设备 .....       | ( 161 ) |
| 第六节 转油线 .....          | ( 187 ) |
| 第七节 减压抽真空设备 .....      | ( 190 ) |
| 第八节 仪表及自动化 .....       | ( 202 ) |
| 第六章 常减压蒸馏装置防腐技术 .....  | ( 211 ) |
| 第一节 常减压蒸馏装置的腐蚀特点 ..... | ( 211 ) |
| 第二节 常减压蒸馏装置的防护对策 ..... | ( 214 ) |
| 第三节 腐蚀监测技术 .....       | ( 217 ) |
| 第七章 常减压蒸馏节能与优化 .....   | ( 219 ) |
| 第一节 能耗计算 .....         | ( 219 ) |
| 第二节 能量平衡及用能评价 .....    | ( 220 ) |
| 第三节 节能的途径和措施 .....     | ( 230 ) |
| 第四节 工艺优化 .....         | ( 237 ) |
| 第五节 先进控制 APC .....     | ( 243 ) |
| 第八章 常减压蒸馏装置操作 .....    | ( 249 ) |
| 第一节 电脱盐操作 .....        | ( 249 ) |
| 第二节 常压操作 .....         | ( 254 ) |
| 第三节 减压操作 .....         | ( 264 ) |
| 第四节 加热炉操作 .....        | ( 267 ) |
| 第五节 轻烃回收及其他操作 .....    | ( 273 ) |
| 第九章 标定及评价 .....        | ( 294 ) |
| 第一节 标定概述 .....         | ( 294 ) |

|                                 |              |
|---------------------------------|--------------|
| 第二节 标定的管理及评价 .....              | (298)        |
| <b>第十章 化学助剂 .....</b>           | <b>(312)</b> |
| 第一节 破乳剂 .....                   | (312)        |
| 第二节 脱钙剂 .....                   | (317)        |
| 第三节 缓蚀剂、中和剂 .....               | (319)        |
| <b>第十一章 蒸馏装置环境保护和安全健康 .....</b> | <b>(324)</b> |
| 第一节 环境保护 .....                  | (324)        |
| 第二节 安全健康 .....                  | (333)        |
| <b>第十二章 典型案例分析 .....</b>        | <b>(344)</b> |
| 第一节 生产与操作事故 .....               | (344)        |
| 第二节 设备事故 .....                  | (348)        |
| 第三节 硫化氢中毒和污染事故 .....            | (353)        |
| 第四节 硫化亚铁自燃事故 .....              | (355)        |
| 第五节 典型防腐蚀案例 .....               | (355)        |
| 第六节 其他事故案例 .....                | (357)        |

# 第一章 绪 论

## 第一节 常减压蒸馏装置的地位和作用

常减压蒸馏是炼油加工的重要工序，常减压蒸馏装置是炼油厂和许多石化企业的龙头。装置的处理量即原油一次加工能力，常被用作衡量企业发展的标志。

### 一、常减压蒸馏装置的地位

常减压蒸馏装置是以原油为原料的一次加工装置，是原油加工的第一道工序。原油经过蒸馏分离成各种油品和下游装置的原料，装置的分离精度、轻油收率、总拔出率、能耗和平稳运行等对炼油厂的产品分布、产品质量、收率、安稳长运行及原油的有效利用都有很大的影响，特别是装置大型化后，常减压蒸馏装置的安稳长运行对炼油厂的正常运行尤为突出。

常减压蒸馏装置由于加工原油的数量巨大，因而装置的规模及能量消耗巨大，其能耗一般约占炼油厂总能耗的 20%~30%。近年来由于产品质量及环保要求的日趋严格，炼油厂装置结构发生了比较大的变化（主要是重油催化裂化、催化重整和各类加氢等装置的增加），使这一比例有所下降。例如，2004 年中国石化股份公司常减压蒸馏装置的能耗占炼油厂总能耗的比例为 15.01%，面临着节能降耗的严峻挑战。

原油电脱盐作为原油预处理工艺，脱除原油中的无机盐、水和机械杂质，不仅对本装置的平稳操作、降低能耗、设备防腐等有十分重要的作用，而且对下游装置的原料性质、产品质量和分布、防止设备腐蚀、堵塞等起着很重要的作用。

由于原油的组成因产地不同而变化，而且炼油厂对目的产品的要求不同，所采用的加工方案和装置组成也不同，因而会对原油蒸馏过程就有不同的要求，这些均决定了原油蒸馏工艺与工程的重要性和复杂性。

### 二、常减压蒸馏装置的作用

#### 1. 直接生产石油产品

常减压蒸馏装置初馏塔、常压塔塔顶瓦斯经过轻烃回收单元加工，可回收大量的液化气。

常减压蒸馏装置生产的石脑油、溶剂油、汽油、喷气燃料、灯用煤油及柴油等馏分，视原油性质不同，有的可直接作为产品或调和组分，有的则需经过加氢或其他工艺脱硫脱酸，才能作为产品。常减压蒸馏装置通过选择合适的原油，利用常二线油可生产军用柴油。选择合适的原油，用蒸馏法直接生产沥青是最简便、最经济的方法。环烷基和低蜡的中间基富含胶质的原油，最适宜生产沥青。含硫原油多为低蜡的中间基原油，是生产道路沥青的优质资源。伊轻油、伊重油、索鲁士油、科威特油和伊拉克巴士拉油等是生产道路沥青的适宜原油，采用单炼或混炼加工方案生产直馏高等级道路沥青。

## 2. 为下游装置提供原料

常减压蒸馏装置在直接生产石油产品的同时,还需为下游二次加工装置提供合适的原料。石脑油是化工裂解装置和催化重整装置的原料;重馏分油(蜡油)是润滑油基础油、催化裂化、加氢裂化装置的原料,减压渣油或常压渣油可以是重油催化裂化、溶剂脱沥青、焦化(如延迟焦化、流化焦化等)、固定床加氢处理[如减压渣油加氢脱硫(VRDS),常压渣油加氢脱硫(ARDS)]或沸腾床加氢裂化,悬浮床加氢裂化等装置原料,还可以是氧化沥青或煤气化(POX)装置的原料。

常减压蒸馏装置不但是重要的油品生产装置,而且还是下游几乎所有重要二次生产装置的原料供应和保障装置,在炼油厂中的位置十分重要。

### (1) 原料的适应性和炼油厂对蒸馏装置的要求:

① 原油由于生成条件和生成年代不同,具有不同的属性。常减压蒸馏装置在设计时常常是依据某个特定(或几种特定原油的混合)原油而设计的,但实际生产中原油来源往往变化很大,尤其是依靠在国际市场采购原油的我国沿海炼油厂更是如此。因此要求常减压蒸馏装置在生产工艺流程、设备选型、材料选择、生产操作、安全与环保等方面,要考虑在一定范围内能适应这种变化。

② 常减压蒸馏装置是炼油厂加工的第一道工序,因此一个先进的现代化炼油厂就要求常减压蒸馏装置对不同原油应有较高的适应性,对馏分有较高的切割精度。应确保有长的开工周期,在自身生产合格油品的同时,能为下游各加工装置提供适于最佳工况下进行生产的原料,以提高炼油厂的资源利用效率和经济效益。

### (2) 原油蒸馏工艺与工程技术在原油加工过程中的普遍意义:

① 原油蒸馏工艺与工程涉及许多化工单元操作,这些单元操作在原油二次加工装置中都有广泛应用。其中最广泛、最主要的是气-液传质过程,包括常压与真空状态下的传质过程及其设备。

② 原油是一种极为复杂的混合物,要从原油中提炼出多种多样的燃料、润滑油和其他产品,基本的途径是将原油分割成不同沸程的馏分,然后按照油品的使用要求,除去这些馏分中的非理想组分,或是经过二次加工(化学转化)形成所需要的组分,进而获得合格的石油产品。

③ 炼油厂必须解决原油分割和各种馏分油经二次加工的分离问题。蒸馏工艺正是一个最经济、最成熟的合适手段。它能将液体混合物按其所含组分的沸点或蒸气压的不同而分离成为所需要的轻重不同各种馏分(石油产品),或分离为近似纯的产品。

④ 在炼油厂的二次加工装置中,蒸馏仍是不可缺少的重要组成部分。二次加工装置仍需要通过蒸馏进行原料进一步分割、产品的进一步分离及溶剂回收等,几乎炼油厂所有二次加工装置的后部产品分离都是通过蒸馏过程来实现的。

⑤ 填料塔技术和应用进入一个崭新时期。各种填料特别是规整填料已在常减压蒸馏装置的减压分馏塔中广泛应用,同时也开始在吸收稳定、常压蒸馏塔、催化裂化分馏塔中应用,取得了良好效果。

## 三、常减压蒸馏装置的构成和特点

### (一) 常减压蒸馏装置的构成

常减压蒸馏装置通常由原油换热网络部分、电脱盐部分、初馏部分、常压部分、减压部

分、轻烃回收部分等六部分组成。

### 1. 原油换热网络部分

原油换热网络部分是常减压蒸馏装置热量回收的重要组成部分，提高热回收率是常减压蒸馏装置节能的一个关键措施，而换热又是回收热量的主要手段。原油换热网络部分是指原油从罐区进装置后与装置侧线热流、中段回流等热流换热，至初馏塔底油进加热炉前的换热流程。原油换热流程一般分为三个阶段：电脱盐前原油换热、电脱盐后原油换热和初馏塔底油换热。为充分利用热源和降低原油换热管路压降，原油换热网络采用多路换热技术，如脱前原油采用四路换热、脱后原油采用四路换热和初馏塔底油采用两路换热。初馏塔底油换热后的最终温度通常称为原油换热终温，换热终温高低体现了原油换热网络的优劣，并直接影响装置燃料消耗的高低。原油换热网络由热交换器、加热器、冷却器组成，其作用是实现热物流与冷物流的热量传递。

常减压蒸馏装置原油换热网络复杂，一是原油换热设备近百台，远超过其他炼油装置的数量，见表 1-1-1。另外冷换设备占炼油、化工装置设备初次投资的 20%~30%，装置运行过程中每年还需更换、维修。因此，采用先进技术和设备提高原油换热终温，降低工艺过程用能是炼油工业为之长期奋斗的目标。

表 1-1-1 部分炼油装置热交换器情况

| 装置名称    | 无相变换热器 | 重沸器 | 相变换热器 | 空冷器 |
|---------|--------|-----|-------|-----|
| 常减压蒸馏装置 | 81     | 3   |       | 20  |
| 催化裂化装置  | 20     | 7   | 11    | 9   |
| 连续重整装置  | 21     | 6   | 14    | 13  |
| 芳烃联合装置  | 28     | 20  | 54    | 28  |
| 高压加氢裂化  | 14     | 9   | 11    | 10  |
| 中压加氢裂化  | 10     | 4   | 12    | 9   |
| 延迟焦化装置  | 17     | 5   | 10    | 11  |
| 渣油加氢精制  | 12     | 1   | 20    | 10  |
| 汽柴油加氢精制 | 6      | 1   | 10    | 6   |

### 2. 电脱盐系统

电脱盐系统是常减压蒸馏装置的预处理装置，原油电脱盐是脱除原油中的水、无机盐和机械杂质等，不仅对本装置的平稳操作、设备防腐、节能降耗等起着十分重要的作用，而且有利于改善下游装置的原料和产品。

原油经过换热到 110~140℃，注入破乳剂和注入一定量的洗涤水，经充分混合，溶解残留在原油中的盐类，同时稀释原有盐水，形成新的乳化液。然后在破乳剂、高压电场的作用下，破坏原油乳化状态，使微小水滴逐渐聚集成较大水滴，借重力从原油中沉降分离，进入电脱盐罐底部的净水层中，进而被排出罐外。脱后原油由罐顶流出，完成原油电脱盐过程。由于原油中的大多数盐溶于水，这样盐类就会随水一起脱掉，脱水的过程也就是脱盐的过程。原油经过电脱盐，脱后含盐要求达到小于 3mg/L，脱后含水达到小于 0.3%，电脱盐切水含油量达到 200 mg/L。原油电脱盐根据原油性质和脱盐深度要求，有一级电脱盐、二级电脱盐和三级电脱盐，应用最广泛的为二级电脱盐流程。电脱盐罐内有二层、三层甚至四层电极板，罐的上方设有原油集管，罐的下部有原油分布管或分布槽，罐底设有排水收集管和沉渣冲洗设施，在线定期冲洗罐底杂质并随水排出罐外。罐内还有界位检测仪和安全浮子开关，罐体外壁有界位观察孔。罐顶安装 100%全阻抗变压器，每台罐一般设置 1~3 台变压

器。管路上安装静态混合器和混合阀，脱后原油安装采样器，每个电脱盐罐均安装安全阀。

常减压工艺防腐是指一脱四注，一脱为原油电脱盐，四注为分馏塔顶注氨、注水、注缓蚀剂和原油注碱，目的是为了脱除原油中的盐，减轻塔顶腐蚀。塔顶挥发线注氨水，中和塔顶腐蚀介质  $\text{HCl}$  和  $\text{H}_2\text{S}$ ，调节塔顶污水  $\text{pH}$  值。由于氨水沸点低，对露点腐蚀中和效果差，因此，对腐蚀严重的塔顶部位许多装置改注有机胺。但由于注有机胺费用高，混注有机胺和氨水也为许多装置所采用。塔顶挥发线注缓蚀剂，缓蚀剂是一种表面活性剂，其分子内部有硫、氮、氧等强极性因子及烃类的结构因子。缓蚀剂可以以单分子状态吸附在金属表面，形成一层致密的膜，其极性因子吸附在金属设备表面，另一端烃类因子则在设备与介质之间组成一道屏障，隔断了腐蚀介质和金属的接触，因此具有保护作用。挥发线注水，可使冷凝冷却器的露点部位外移以保护冷凝设备。同时由于注氨后塔顶馏出系统会出现氯化铵沉积，既影响冷凝冷却器传热效果，又引起设备的垢下腐蚀，故需用注水洗涤加以解决。注水量不要长时间固定一个量，每隔一段时间调整一次；注水量要尽量大些，提高露点处的  $\text{pH}$  值。一般三注按流程走向的顺序是注氨、注缓蚀剂、注水。脱盐后原油注碱。常减压蒸馏装置发生低温腐蚀主要是由于  $\text{HCl}$  的存在破坏了设备表面形成的  $\text{FeS}$  保护膜所致。在脱盐后原油中注入  $\text{NaOH}$ ，中和原油中有机氯和无机盐类受热分解生成的  $\text{HCl}$ ，从而减少  $\text{HCl}$  生成，并中和水解生产的  $\text{HCl}$  和原油中的  $\text{H}_2\text{S}$ 。在脱后原油中注入  $2.5\text{g/t}$  的  $\text{NaOH}$  溶液时，加工同一种原油，常压塔顶污水氯离子含量下降 80%，常压塔顶换热器腐蚀速率下降 60% 左右，蜡油中的钠离子含量增加有限，合理控制不会影响下游装置原料质量。

### 3. 初馏(闪蒸)系统

初馏(闪蒸)系统拔头处理，脱盐后的原油再经过换热器换热至  $200\sim 240^\circ\text{C}$ ，此时较轻的组分已经汽化，气液混合物一同进入初馏塔(或闪蒸塔)，从初馏塔顶馏出汽油组分或重整原料，经塔顶泵一部分送回初馏塔顶打回流控制塔顶温度，另一部分作为产品送出装置。初馏塔顶回流罐顶部的瓦斯直接作为轻烃回收单元原料，初馏塔底油为拔头原油，由初馏塔底泵升压经换热后送至常压炉，加热到  $360\sim 370^\circ\text{C}$  进入常压塔。有些装置设置初馏塔侧线，抽出油直接进入常压塔上部，也有利于降低常压炉负荷，降低能耗。采用闪蒸塔代替初馏塔流程，闪蒸塔顶油气直接进入常压塔的适宜位置，闪蒸出来的气体不必加热到常压塔的进料温度，降低了常压塔下部的负荷和常压炉的负荷；同时闪蒸出来的气体是通过换热来获得，有利于低温位热量的利用，提高了装置的热量回收率，是一条有效的节能途径，而且可降低管路压降，充分利用旧设备，节资增效。应用闪蒸流程加工轻质原油改造，不仅加工能力得到显著提高，产品质量也能满足要求，同时由于塔顶不出产品，简化了流程和操作费用。但对硫含量高的原油，应采用初馏塔流程，可得到硫含量较低的重整原料。初馏(闪蒸)系统主要包括初馏塔、初馏塔底油泵、初馏塔顶回流罐、换热器、空冷器、水冷器、机泵以及液面指示和控制系统。

### 4. 常压系统

常压蒸馏主要分离原油  $350^\circ\text{C}$  前含量的馏分。常压塔是装置的主塔和关键设备，主要产品从常压塔实现分离，因此其产品质量和收率在生产控制中都应给予足够的重视。

常压分馏部分是利用原油中各馏分的沸点，即相对挥发度的不同，在常压塔内件塔盘上，通过外取热建立内回流，使常压塔自下而上建立温度梯度，实现不同产品的分离。通常常压塔自上而下分出的产品有常压塔顶瓦斯、石脑油、溶剂油、煤油、柴油、轻蜡油。常压塔的取热回流通常设置塔顶冷回流、常压塔顶循环回流、常一中回流、常二中回流。产品分

馏系统的主要设备：常压塔、常压塔内构件、汽提塔、汽提塔内构件、常压炉、换热器、水冷却器、空冷器、容器、蒸汽发生器、机泵和过滤器等。为降低汽油和柴油的重叠度、柴油和蜡油的重叠度、提高油品的闪点，常减压蒸馏装置设置了常一线汽提塔、常二线汽提塔，有的装置还设置了常三线汽提塔。

## 5. 减压系统

减压蒸馏的原理与常压蒸馏相同，通过常压蒸馏主要分离原油 350℃ 前的馏分，而 350℃ 以上的常压重油中含有大量的催化原料、裂化原料和润滑油馏分，在常压情况下，需要更高的温度才能分离。但温度过高，油品容易裂解、结焦，影响油品质量。根据油品沸点随系统压力降低而降低的原理，可以采用降低蒸馏塔压力的方法进行蒸馏，在较低的温度下将这些重质馏分蒸出，故一般炼油装置在常压蒸馏之后都配备减压蒸馏过程。

常压塔底渣油经减压炉加热至 380~430℃ 进入减压塔，由于减压塔压力低，处于高真空状态，塔顶真空度可高达 99kPa，因此常压重油在塔的进料段大量汽化，可分离出减压塔顶瓦斯、减压塔顶油、柴油馏分、蜡油馏分、减压渣油。减压蒸馏原理与常压蒸馏相同，关键是采用了抽真空设施，使塔内压力降到常压以下。减压蒸馏根据生产任务不同，分为两种类型：燃料型减压塔和润滑油型减压塔。

燃料型减压塔主要生产二次加工原料，对分馏精度要求不高，在控制产品质量的前提下，希望尽可能提高拔出率；润滑油型减压塔以生产润滑油为主，要求得到颜色浅、残炭值低、馏程较窄、安定性好的减压馏分油，不仅应有较高的拔出率，还应具有较高的分馏精度。与常压分馏塔相比，减压蒸馏塔具有高真空、低压降、塔径大、板数少的特点。燃料型减压塔由于对二次加工原料要求不是太严格，一般设置 2~4 个侧线，但常常又把这些馏分混合到一起作为裂化原料，所以燃料型减压塔可以优先考虑采用低压降的塔板，塔板数减少并设置大的循环回流，尽量减少塔内的气相负荷，降低塔压降，提高拔出率。减压塔有减压塔顶冷回流，还有减一中回流和减二中回流，在循环回流抽出板与返回板之间，几乎不存在内回流，塔板只起到了换热板的作用。在进料段上方设有洗涤段，防止填料结焦。减压系统主要设备：减压塔、减压塔内构件、减压炉、抽空器、换热器、水冷却器、空冷器、容器、机泵和过滤器等。润滑油型减压塔还设有汽提塔、汽提塔内构件。

## 6. 轻烃回收部分

常减压蒸馏装置生产的塔顶气含有大量的  $C_3$ 、 $C_4$  组分，通过吸收和蒸馏的方法实现回收，可采用简化型吸收-稳定工艺。气体吸收是一种分离气体混合物的过程，用适当的液体溶剂处理气体混合物，使其中一种或几种组分溶于溶剂，从而达到分离气体的目的。低压瓦斯经瓦斯分液罐脱液后经气压机升压，送至吸收塔下部，初馏塔顶油和常压塔顶二级油经泵升压后，作为吸收剂进入吸收塔的上部。吸收塔顶的气体经富气聚集器进行气液分离，气体经脱硫后并入高压瓦斯管网；吸收塔底油经升压、换热后进入脱丁烷塔中部，脱丁烷塔塔底石脑油一部分作为吸收塔顶回流，一部分作为中间产品自压至重整原料罐。液态烃进入抽提塔的下部，经胺液吸收  $H_2S$  及碱液预碱洗后，液化气与碱液一起进入纤维膜脱硫塔，脱除绝大部分硫醇。液化气从分离罐顶部出来，合格后至民用液化气罐区。轻烃回收单元包括气压机系统、吸收-脱丁烷系统、纤维膜脱硫系统三个部分。吸收塔筒体采用碳钢+复合板，塔内件采用合金钢，稳定塔材质为碳钢，换热器类在低温腐蚀部位采用双相钢或钛材，一般位置选用碳钢；装置中的分液罐、回流及产品罐均选择碳钢加内涂复合涂料。轻烃回收部分

主要设备：吸收塔、脱丁烷塔、液态烃抽提塔、液膜脱硫塔及塔内件、容器、换热器、冷却器、空冷器、气压泵、蒸汽减温减压器、液态混合器、安全阀等。

## (二) 原料及产品特点

### 1. 原料性质特点

常减压蒸馏装置以原油为原料，原油是一种由各种烃类组成的黑褐色或暗绿色黏稠液态或半固态的可燃物质，由不同的碳氢化合物混合组成，其主要组成成分是烃类，此外石油中还含硫、氧、氮、磷、钒等元素。可溶于多种有机溶剂，不溶于水，但可与水形成乳化液。原油的主要化学元素是碳、氢，其中碳元素占 83%~87%，氢元素占 11%~14%，其他部分则是硫、氮、氧及金属等杂质。虽然原油的组成元素类似，但从地下开采的天然原油，在不同产区和不同地层，品种则纷繁众多，其物理性质有很大的差别。原油的分类有多种方法，按组成分类可分为石蜡基原油、环烷基原油和中间基原油三类；按硫含量可分为低硫原油、含硫原油和高硫原油三类；按密度可分为轻质原油、中质原油、重质原油以及特重质原油四类。

原油的性质包含物理性质和化学性质两个方面。

(1) 密度。原油相对密度一般在 0.75~0.95，少数大于 0.95 或小于 0.75。

(2) 黏度。原油黏度是指原油在流动时所引起的内部摩擦阻力，原油黏度大小取决于温度、压力、溶解气量及其化学组成。温度增高其黏度降低，压力增高其黏度增大，溶解气量增加其黏度降低，轻质油组分增加，黏度降低。原油黏度变化较大，一般在 1~100mPa·s 之间，黏度大的原油俗称稠油，稠油由于流动性差而开发难度增大。一般来说，黏度大的原油密度也较大。

(3) 凝点。原油冷却到由液体变为固体时的温度称为凝点。原油的凝点大约在 -50~35℃。凝点的高低与石油中的组分含量有关，轻质组分含量高，凝点低；重质组分含量高，尤其是石蜡含量高，凝点就高。

(4) 含蜡量。含蜡量是指在常温常压条件下原油中所含石蜡和地蜡的百分比。石蜡是一种白色或淡黄色固体，由高级烷烃组成，熔点为 37~76℃。石蜡在地下以胶体状溶于石油中，当压力和温度降低时，可从石油中析出。地层原油中的石蜡开始结晶析出的温度叫析蜡温度，含蜡量越高，析蜡温度越高。析蜡温度高，油井容易结蜡，对油井管理不利。

(5) 含硫量。含硫量是指原油中所含硫(硫化物或单质硫)的百分数。原油中含硫量对原油性质的影响很大，对管线有腐蚀作用，对人体健康有害。

(6) 含胶量。含胶量是指原油中所含胶质的百分数。原油的含胶量一般为 5%~20%。胶质是指原油中相对分子质量较大(300~1000)的含有氧、氮、硫等元素的多环芳香烃化合物，呈半固态分散状溶解于原油中。胶质易溶于石油醚、润滑油、汽油、氯仿等有机溶剂中。

(7) 其他。原油中沥青质的含量较少，一般小于 1%。沥青质是一种高相对分子质量(大于 1000 以上)具有多环结构的黑色固体物质，不溶于酒精和石油醚，易溶于苯、氯仿、二硫化碳。沥青质含量增高时原油质量变坏。

原油中的烃类成分主要为烷烃、环烷烃、芳香烃。根据烃类成分的不同，可分为石蜡基、环烷基和中间基原油三类。石蜡基原油含烷烃较多；环烷基原油含环烷烃、芳香烃较多；中间基原油介于二者之间。目前中国已开采的原油以低硫石蜡基居多，大庆等地原油均属此类。其中最有代表性的大庆原油，硫含量低，蜡含量高，凝点高，能生产出优质煤油、

柴油、溶剂油、润滑油和商品石蜡。胜利原油胶质含量高(29%),相对密度较大(0.91左右),含蜡量高(约15%~21%),属含硫中间基。汽油馏分感铅性好,且富有环烷烃和芳香烃,故是重整的良好原料。

## 2. 产品特点

在石油加工中,要从原油中提炼出各种燃料、润滑油和其他产品,首先要按照加工方案要求,将原油切割成不同沸程的馏分,然后除去这些馏分中的非理想组分,或者是经由化学转换形成需要的组成,进而获得合格的石油产品。常减压蒸馏是对原油进行切割、分离的适合手段,它能将原油按其所含组分沸点的不同分离成各种馏分。原油直接切割成的馏分,也称直馏馏分,这些馏分最大的特点是不含烯烃。

常减压蒸馏装置可从原油中分离出各种沸点范围的产品和二次加工的原料。当采用初馏塔时,塔顶瓦斯作为轻烃回收原料,生产液化气;塔顶可分出窄馏分重整原料或汽油组分。常压塔能生产如下产品:塔顶瓦斯作为轻烃回收原料,生产液化气;塔顶生产汽油组分、重整原料、石脑油;常一线出喷气燃料(航空煤油)、灯用煤油、溶剂油、化肥原料、裂解原料或特种柴油;常二线出轻柴油、乙烯裂解原料或特种柴油;常三线出重柴油或润滑油基础油;常压塔底出重油。减压塔能生产如下产品:减压塔塔顶瓦斯经脱硫后可作燃料;减压塔塔顶油一般在本装置回炼,减一线可出重柴油、乙烯裂解原料;减二线、减三线可出裂解原料;减压各侧线油视原油性质和使用要求可作为催化裂化原料、加氢裂化原料、润滑油基础油原料和石蜡的原料;洗涤油可作为裂化原料或溶剂脱沥青原料;减压渣油可作为延迟焦化、溶剂脱沥青、氧化沥青和减黏裂化原料,以及燃料油的调和组分和直接生产沥青产品。

常减压蒸馏装置的产品主要质量指标:密度、凝点、黏度、馏程、终馏点、残炭、冰点、结晶点、闪点、水分等。

## (三) 装置操作特点

### 1. 加工原油有一定的适应性

常减压蒸馏装置是以一种或两种基准原油设计的,但受进厂原油结构影响,许多常减压蒸馏装置加工的原油性质与设计油种性质差距大,操作难度加大。加工不同的原油,会影响装置最大加工负荷,如设计加工重质原油的装置改为加工轻质原油,常压系统负荷大幅提高,导致常压系统成为提高加工量的瓶颈,实际加工能力远低于设计加工能力。设计加工低硫原油的装置,在材质不能满足规范要求的情况下,不能加工高硫、高酸值原油,否则直接影响装置的安全平稳运行和长周期运行。

### 2. 油性变化大,操作调整频繁

许多装置加工原油品种多,油性差异大,如加工硫含量、酸值变化大的原油,加工重质原油和凝析油等,导致常减压蒸馏装置原油切换频繁,加工量提降频繁,有的2~3天切换一次原油。装置使用的加工方案多,初馏塔油、常压塔顶油有时生产重整原料、有时生产石脑油方案;常一线有时生产喷气燃料加氢原料,有时生产柴油加氢原料,常二线有时生产军用柴油,减压渣油,有时生产道路沥青,有时生产焦化、催化原料等,也使操作调整十分频繁。另外有时加工原油含水量高、乳化严重,造成电脱盐脱后原油含水量高,对塔操作的冲击大,会产生大幅波动。

### 3. 设备易腐蚀泄漏

常减压蒸馏装置加工原油含盐、硫、酸高,设备腐蚀严重。加工高含硫原油,塔顶低温