

炼油装置安全运行与管理丛书



常减压蒸馏装置 安全运行与管理

◆ 孙玉良 闵祥禄 主编



中国石化出版社

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

炼油装置安全运行与管理丛书

常减压蒸馏装置

安全运行与管理

孙玉良 闵祥禄 主编

中国石化出版社

内 容 提 要

本书从常减压蒸馏装置安全运行出发,紧密联系生产实际,系统地介绍了常减压蒸馏装置的安全运行与管理。其中包括常减压蒸馏装置基础知识,影响常减压蒸馏装置安全运行的因素,常减压蒸馏装置安全运行的应对措施,常减压蒸馏装置安全管理,事故案例分析与预防等方面的知识。

本书主要供常减压蒸馏装置管理人员、技术人员、操作工人及相关大专院校师生阅读。

图书在版编目(CIP)数据

常减压蒸馏装置安全运行与管理/孙玉良,闵祥禄主编.
—北京:中国石化出版社,2006
(炼油装置安全运行与管理丛书)
ISBN 7-80229-042-2

I.常… II.①孙… ②…闵 III.减压蒸馏-蒸馏
设备-安全技术 IV.TE624.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 045257 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

河北天普润印刷厂印刷

全国各地新华书店经销

*

787×1092 毫米 16 开本 16.75 印张 676 千字

2006 年 6 月第 1 版 2006 年 6 月第 1 次印刷

定价:42.00 元

前言

“安全第一、预防为主”是我国安全生产工作的方针，安全工作是企业生存与发展的基础，也是国家财产和人民群众生命健康安全的根本保障。

随着企业生产经营的不断发展，安全生产面临着许多新的形势，国家和社会各界对安全和环保的要求越来越高，在炼化生产加工和储存运输各个环节中，始终坚持以人为本，保障国家和人民生命财产安全，保护环境不受破坏，是国有大企业必须承担的社会责任。目前，石油化工企业安全生产的基础还不够牢固，各类事故还时有发生，还存在着不少薄弱环节和一些不容忽视的问题。安全工作只有起点没有终点，石化企业正面临改革与发展的新形势、新任务，迫切需要进一步加大工作力度，提高安全生产水平。

为了把石油化工企业安全运行进一步深化，我们组织编写了《常减压蒸馏装置安全运行与管理》一书。其内容涉及常减压蒸馏装置基础知识、影响常减压蒸馏装置安全运行的因素分析及应对措施、常减压蒸馏装置安全管理、事故案例分析与预防等方面的知识。全书内容丰富，针对性和实用性较强，既是广大干部职工特别是基层安全管理干部、安全技术人员开展安全培训、提高知识和业务水平的一本很好的教科书，也是基层单位强化安全基础工作、提高工作质量的有指导意义的书。希望该书对于各企业进一步强化安全基础管理、提高安全生产水平和经营业绩，起到积极的推动作用。

参加本书编写的还有张春、秦玉华、杨绍军等。在本书的编写过程中查阅了大量的文献资料，在此深表感谢。为了使本书更好地适应石化企业安全生产的需要，恳请专家、学者和广大读者提出宝贵意见。

目 录

第一章 概述	(1)
第一节 常减压蒸馏装置工艺概述.....	(1)
一、常减压蒸馏工艺分类.....	(2)
二、常减压蒸馏技术现状.....	(2)
三、常减压蒸馏技术进展.....	(4)
第二节 常减压蒸馏装置在石油化工一体化中的地位和作用.....	(5)
一、常减压装置在炼厂总加工流程中的作用	(5)
二、常减压装置的目的产品及性能.....	(5)
三、原油电脱盐.....	(11)
四、常减压装置节能.....	(12)
第三节 常减压蒸馏装置安全运行管理的意义.....	(18)
一、HSE 简介	(18)
二、常减压蒸馏装置生产运行的特点.....	(19)
三、常减压蒸馏装置安全运行管理的意义.....	(22)
参考文献.....	(22)
第二章 常减压蒸馏装置基础知识	(23)
第一节 常减压装置原料油及产品基础知识.....	(23)
一、原油性质及评价.....	(23)
二、产品种类及性质.....	(27)
第二节 常减压蒸馏原理.....	(28)
一、常减压蒸馏工艺原理.....	(28)
二、精馏原理及精馏过程必须具备的条件.....	(28)
三、减压蒸馏.....	(28)
第三节 常减压蒸馏装置原料和产品预处理工艺.....	(29)
一、原油电脱盐工艺.....	(29)
二、产品精制工艺.....	(31)
第四节 常减压蒸馏装置工艺流程.....	(39)
一、常压蒸馏工艺.....	(39)
二、减压蒸馏工艺.....	(41)
三、常减压蒸馏装置操作影响因素.....	(41)
四、常减压蒸馏装置的防腐措施.....	(42)
第五节 常减压装置主要设备及其操作基础知识.....	(44)
一、分馏塔.....	(44)
二、加热炉.....	(59)

三、冷换设备·····	(73)
四、机泵·····	(76)
五、电脱盐系统设备和操作 ·····	(83)
六、蒸汽发生器·····	(86)
七、减压抽真空系统·····	(88)
第六节 常减压装置自动控制·····	(90)
一、常减压装置仪表概况·····	(90)
二、先进控制系统·····	(94)
三、安全连锁系统·····	(95)
参考文献·····	(97)

第三章 常减压装置安全运行影响因素分析····· (98)

第一节 人为因素的影响·····	(98)
一、人本原理·····	(98)
二、人的心理对安全行为的影响·····	(99)
三、人的不安全行为与人失误·····	(102)
第二节 设备因素的影响·····	(106)
一、压力容器及压力管道的潜在危害影响·····	(106)
二、加热炉的潜在危害影响·····	(107)
三、冷换设备的潜在危害影响·····	(110)
四、机泵的潜在危害影响·····	(112)
第三节 物料因素的影响·····	(113)
一、火灾危险·····	(113)
二、爆炸危险·····	(119)
三、毒害危险·····	(123)
四、静电危害·····	(128)
第四节 工艺因素的影响·····	(132)
一、设计阶段工艺因素的影响·····	(132)
二、运行阶段工艺因素的影响·····	(132)
三、事故处理阶段工艺因素的影响·····	(139)
第五节 作业环境因素的影响·····	(139)
一、噪声的影响·····	(139)
二、电离辐射的影响·····	(142)
三、污水的影响·····	(143)
四、废气的影响·····	(144)
五、废渣对环境的影响·····	(145)
六、高温的影响·····	(145)
七、低温的影响·····	(145)
八、采光照明的影响·····	(146)

第六节 自然灾害的影响	(147)
一、地震	(147)
二、雷电	(147)
三、台风	(148)
参考文献	(148)

第四章 安全运行的应对措施及管理 (149)

第一节 人为因素的应对措施及管理	(149)
一、人的不安全心理的应对措施	(149)
二、人失误的应对措施	(151)
第二节 设备安全运行的应对措施	(156)
一、压力容器及压力管道安全运行的应对措施	(156)
二、加热炉安全运行的应对措施	(157)
三、冷换设备安全运行的应对措施	(160)
四、机泵安全运行的应对措施	(160)
五、常减压装置设备运行期间的检查	(161)
六、常减压装置关键设备点检管理	(165)
七、常减压装置设备检修的安全管理	(170)
八、常减压装置设备的本质安全	(179)
九、常减压装置的设备风险管理	(180)
第三节 物料因素的应对措施	(182)
一、常减压装置的防火防爆	(182)
二、中毒危害的应对措施	(188)
三、静电危害的应对措施	(190)
第四节 工艺因素影响的应对措施	(196)
一、运行阶段的安全控制	(196)
二、事故处理阶段的工艺应对措施	(200)
三、预先危险分析(PHA)事故预测法	(202)
第五节 环境因素影响的应对措施	(206)
一、噪声的控制	(206)
二、电离辐射的防护措施	(208)
三、污水的应对措施	(209)
四、废气的应对措施	(210)
五、固体废物污染源的应对措施	(210)
六、高温作业的保护措施	(211)
七、低温的预防措施	(211)
八、采光照明的应对措施	(212)
第六节 自然灾害影响的应对措施	(212)
一、地震	(212)
二、雷电	(215)

三、台风·····	(217)
参考文献·····	(218)
第五章 常减压蒸馏装置安全管理探讨 ·····	(219)
第一节 培养科学的 HSE 理念·····	(219)
一、推进 HSE 管理体系应掌握的几个原则·····	(219)
二、树立以人为本思想,培养科学的 HSE 管理理念·····	(220)
三、建立实施 HSE 体系过程中的几点注意事项·····	(220)
第二节 加强职工培训提高安全技术水平·····	(221)
一、安全教育培训的必要性·····	(221)
二、安全教育培训的主要任务·····	(221)
第三节 规范落实安全生产责任制·····	(222)
一、安全生产责任制制定程序·····	(222)
二、安全生产责任制的落实·····	(224)
第四节 强化检查考核保障安全生产·····	(225)
一、安全检查方法分类·····	(225)
二、安全检查的主要内容·····	(225)
三、安全检查的实施程序·····	(229)
第五节 创新基础管理推行人本安全·····	(230)
一、用人本主义理论和实践指导企业基础管理·····	(230)
二、树立“以人为本”理念,强化基础管理·····	(231)
第六节 建设车间文化熔炼安全灵魂·····	(232)
一、车间文化的定义·····	(232)
二、铸造车间文化,促进企业发展·····	(233)
参考文献·····	(233)
第六章 事故案例分析与预防 ·····	(234)
第一节 爆炸事故案例分析与预防·····	(234)
案例 1 开工引瓦斯爆炸伤人重大事故·····	(234)
案例 2 停炉操作不当减压炉爆炸·····	(235)
案例 3 电缆崩烧引起瓦斯爆炸·····	(235)
案例 4 带压卸法兰遇火爆炸·····	(236)
案例 5 烧焦点炉火,炉炸人亡损失多·····	(236)
案例 6 开工点炉发生爆炸·····	(237)
案例 7 电缆沟突然爆炸·····	(237)
案例 8 遇水突沸,汽提塔爆炸·····	(238)
第二节 着火事故案例分析·····	(238)
案例 1 阀内漏严重、拆泵壳着火·····	(238)
案例 2 缠绕垫片散架、设备漏油着火·····	(239)
案例 3 原料没搞清、常压炉着火·····	(239)

案例 4 违章采油样、泵房着大火	(240)
案例 5 使用管线不检查、惊慌失措成火灾	(240)
案例 6 蒸汽线串汽油、引起火灾	(240)
案例 7 汽油擦泵座着火	(241)
案例 8 换热器出口管腐蚀穿孔着火	(241)
第三节 硫化亚铁自燃的案例分析	(242)
案例 1 蒸顶汽油回流罐内硫化亚铁自燃分析	(242)
案例 2 减压塔破钢填料硫化亚铁自燃分析	(242)
第四节 设备事故的案例分析	(245)
案例 1 螺丝短少, 试压爆炸	(245)
案例 2 开工检查不细, 汽提塔爆炸	(246)
案例 3 油泵断轴、引起火灾	(246)
案例 4 违反规定导致触电	(246)
案例 5 未按方案升温、烧坏炉管	(247)
案例 6 水阀内漏冻裂壳体	(247)
案例 7 启动泵前不盘车、崩烧电机	(248)
案例 8 设备管理不善、机泵抱轴	(248)
案例 9 设备隐患, 漏油着大火	(249)
案例 10 按钮被卡住, 烧坏电机	(249)
第五节 坠落事故案例分析	(250)
一、高处作业事故状况及原因	(250)
二、典型坠落事故分析	(250)
案例 1 保温刷漆违章坠下平台亡人	(250)
案例 2 人随跳板落地致重伤	(251)
案例 3 塔内作业不系安全带坠落身亡	(251)
案例 4 接长扒杆违章坠落	(252)
案例 5 一脚踩空摔入电梯坑	(252)
案例 6 自己制造隐患脚骨折	(253)
案例 7 扫线管耍龙人摔栈桥下	(253)
第六节 事故应急救援预案演练	(254)
一、事故应急救援预案的编制程序	(254)
二、应急预案的演练实践	(255)
参考文献	(258)

第一章 概 述

石油炼制工业的发展是伴随着石油及石油产品的开发利用发展起来的。石油的发现、开采和直接利用由来已久,加工利用并逐渐形成石油炼制(简称炼制)工业。始于 19 世纪 30 年代,到 20 世纪 40~50 年代形成的现代炼油工业,是最大的加工工业之一。19 世纪 30 年代起,陆续建立了石油蒸馏厂,产品主要是灯用煤油,而汽油由于没有用途当废料抛弃。19 世纪 70 年代建造了润滑油厂,并开始把蒸馏得到的高沸点油做锅炉燃料。19 世纪末内燃机的问世使汽油和柴油的需求猛增,仅靠原油的蒸馏(即原油的一次加工)不能满足需求,于是诞生了以增产汽、柴油为目的,综合利用原油各种成分的原油二次加工工艺。如热裂化、焦化、催化裂化、催化重整,此后加氢技术也迅速发展,这就形成了现代的石油炼制工业。20 世纪 50 年代以后,石油炼制为化工产品的发展提供了大量原料,形成了现代的石油化学工业。2001 年全世界的石油加工能力为 35Mt,我国为 2.1Mt。目前,我国已有多座大型炼油厂的年加工能力超过 10Mt。

第一节 常减压蒸馏装置工艺概述

原油蒸馏在炼油厂是原油首先要通过的加工装置。一般包括予处理系统(原油电脱盐)、常压分馏系统、减压分馏系统、注剂系统、轻烃回收系统(加工轻质原油且达到经济规模时一般设置轻烃回收系统)等。常压蒸馏就是在常压下对原油进行加热、气化、分馏和冷凝。减压蒸馏是原料经加热后,在一定的真空度下使更高沸点的烃类气化、分馏、再冷凝。如此得到各种不同沸点范围的石油馏分。常减压蒸馏是指在常压和减压条件下,根据原油中各组分的沸点不同,把原油“切割”成不同馏分的工艺过程。

每一个炼油厂都有常压蒸馏装置,若有配套减压蒸馏的称为常减压蒸馏。但也有许多炼厂都有几套常压蒸馏配置一、二套减压蒸馏。如何配置决定于该炼油厂对原油进一步加工的要求。

原油经过常压蒸馏可分馏出汽油、煤油、柴油馏分。因原油性质不同,这些馏分有的可直接作为产品,有的需要进行精制或加工。将常压塔底油进行减压蒸馏,得到的馏分视其原油性质或加工方案不同,可以作裂化(热裂化、催化裂化、加氢裂化等)原料或润滑油原料,也可以作乙烯裂解原料。减压塔底油可作为燃料油、沥青、焦化或其他渣油加工(溶剂脱沥青、渣油催化裂化、渣油加氢裂化等)的原料。

原油蒸馏已有几百年的历史,初始为单独釜式间断蒸馏,以后发展为连续釜式蒸馏,最后发展为复合塔式蒸馏。这种方法至今已有近百年,过程的原理是相同的,只是在流程的细节上不断的改进。改进的核心就是在保证产品质量要求的前提下力争节能。因为原油蒸馏的处理量很大,全世界加工能力已经达到 35Mt/a。如果每加工 1t 原油节约 419MJ,约相当于每年节约 35Mt 原油,因此是非常值得重视的问题。目前较先进的常减压蒸馏装置的能耗已从 20 世纪 70 年代初的 1130MJ/t 降到 401MJ/t(2002 年国内统计最低值)。

由于原油进入炼油厂后必须首先进入常减压装置进行一次加工,因此炼油厂的加工能力

一般都用原油常压蒸馏装置的加工能力来表示,因此世界原油加工的能力基本上就是世界常压蒸馏装置的加工能力。

一、常减压蒸馏工艺分类

根据目的产品的不同,常减压蒸馏装置可分为燃料型、燃料-润滑油型和燃料-化工型三种类型。这三者在工艺过程上并无本质区别。只是在侧线数目和分馏精度上有些差异。燃料-润滑油型常减压蒸馏装置因侧线数目多且产品都需要汽提,流程比较复杂;而燃料型、燃料-化工型则较简单。现分别说明如下:

1. 燃料型常减压蒸馏

- ① 常压塔顶出重整原料或汽油组分。
- ② 常压塔设 3~4 个侧线,出溶剂油(或喷气燃料)、轻柴油、重柴油(或催化裂化原料)。
- ③ 常压各侧线都设有汽提塔(催化裂化原料除外),以保证产品的闪点和馏分轻端指标。
- ④ 减压塔设 2~3 个侧线,出催化裂化原料,分馏精度要求不高,主要是从热回收和全塔汽液负荷均匀的角度设置侧线。
- ⑤ 减压各侧线一般不需要汽提塔。
- ⑥ 为尽量降低最重侧线的残炭和重金属携带量,需在最重侧线与进料段之间设 1~2 个洗涤段。
- ⑦ 减压塔操作有干式和湿式之分。干式的减压塔底不吹蒸汽,湿式的吹蒸汽以降低油气分压。
- ⑧ 干式操作时减压塔顶一般设三段蒸汽抽真空,减压塔顶一般抽到残压 1.33kPa (10mmHg),湿式操作一般按两级抽真空设计。

2. 燃料-润滑油型常减压蒸馏

- ① 常压塔与燃料型基本相同。
- ② 减压塔一般设 4~5 个侧线,每个侧线对粘度、馏分宽度、油品颜色和残炭都有指标要求。
- ③ 减压各侧线一般都有汽提塔以保证产品的闪点和馏分轻端符合指标要求。
- ④ 减压加热炉出口最高温度控制在 400℃ 以下,并且炉管逐级扩径尽量减少油品受热分解,以免润滑油料品质下降。
- ⑤ 为使最重润滑油侧线的残炭和颜色尽可能改善,在最重润滑油侧线与进料段落之间需设置 1~2 个洗涤段,以加强洗涤效果。

- ⑥ 燃料-润滑油型减压塔,国内外仍以湿法操作为主,塔顶二级抽真空。

3. 燃料-化工型常减压蒸馏

- ① 常压塔设 2~3 个侧线,产品去做裂解原料,分馏精度不高,塔盘数目也比较少。
- ② 各侧线不设汽提塔。
- ③ 减压系统与燃料型基本相同。

二、常减压蒸馏技术现状

(一) 国外蒸馏装置技术现状及发展趋势

炼油厂的大型化是提高其劳动生产率和经济效益,降低能耗和物耗的一项重要措施。按

2004 年 1 月底的统计, 全世界共有 717 座炼油厂, 总加工能力 4103Mt/a。其中加工能力在 10Mt/a 以上的炼厂 126 座, 分散在 34 个国家和地区, 其中美国 30 座、西欧 33 座、前苏联 18 座、亚洲地区 32 座。加工能力在 20Mt/a 以上的炼厂共有 16 座。目前, 世界上最大的炼厂是帕拉瓜纳炼油中心, 加工能力为 47Mt/a。

随着炼厂规模的扩大, 单套蒸馏装置的加工规模也日益大型化。在炼油技术发达的国家, 单套蒸馏装置的规模一般都在 5Mt/a 以上, 不少装置已达到 10Mt/a 以上。目前, 世界上最大的常减压装置为印度贾拉加炼油厂, 其单套加工能力为 15Mt/a。美国 ExxonMobil 公司贝汤炼油厂的一套蒸馏装置规模为 13Mt/a, 常压塔直径 9.75m, 2003 年对其进行改造, 能力扩大为 15Mt/a。

近几年来, 国外蒸馏装置工艺和设备又有了新的进展。法国的 ELF 和 Technip 公司共同开发了一种渐次分馏技术, 主要将汽、煤、柴油等各种产品逐渐进行分离, 从而降低工艺总用能, 可以降低能耗 30% 左右。

壳牌石油公司提出的整体蒸馏装置(Shell Bulk Crude Distillation Unit), 将蒸馏装置、加氢脱硫装置、高真空减压蒸馏装置和减粘装置作为一个整体加以优化。整体蒸馏装置将原油分为: 常压渣油、含蜡馏分油、中间馏分油和石脑油组分。常压部分出常压渣油、中间馏分和石脑油以下的馏分。中间馏分在加氢脱硫分馏塔中分离为煤油、轻、重柴油, 常压渣油进入高真空减压蒸馏, 分馏出的蜡油作为催化裂化装置和加氢裂化装置的原料。整体蒸馏装置可以节省投资的 30% 左右。

电脱盐方面, 以 Petrolite 和 Howe-Becket 二公司的专利技术较为先进。Howe-Becket 技术主要为低速脱盐。Petrolite 已在低速脱盐的基础上开发出了高速电脱盐。

塔内件方面以 Koch-Glitsch、Sulzer 和 Norton 为代表, 拥有较先进的专利技术, Koch-Glitsch 公司开发出了 SuperFRAC I、SuperFRACV 高效塔盘和 Gempak 填料。Sulzer 在原有 Mellapak 填料的基础上开发了 Mellapakplus 和 Optiflow 高效填料。

产品质量方面, 国外蒸馏装置典型的产品分馏精度一般为: 石脑油与煤油的脱空度 ASTM D86(5% ~ 95%) 13℃; 煤油和轻柴油的脱空度 ASTM D86(5% ~ 95%) 8℃; 轻柴油和重柴油的脱空度 ASTM D86(5% ~ 95%) - 20℃; 轻蜡油与重蜡油的脱空度 ASTM D1160(5% ~ 95%) 5℃, 润滑油基础油也基本满足窄馏分、浅颜色。

(二) 国内蒸馏装置技术现状

我国蒸馏装置规模较小, 大部分装置处理能力为 $250 \times 10^4 \text{t/a}$, 仅有几套装置的加工能力超过 $450 \times 10^4 \text{t/a}$ 。我国蒸馏装置的总体技术水平与国外水平相比, 在处理能力、产品质量和拔出率方面存在较大的差距。最近几年, 随着我国炼油工业的发展, 为缩短与世界先进炼油厂的差距, 我国新建蒸馏装置正向大型化方向发展, 陆续建成了镇海、高桥 $800 \times 10^4 \text{t/a}$ 及西太平洋 $1000 \times 10^4 \text{t/a}$ 等大型化的蒸馏装置等, 其中高桥为润滑油型大型蒸馏装置, 拟建的大型蒸馏装置也基本为燃料型。

我国蒸馏装置侧线产品分离精度差别较大, 如中石化有些炼厂常顶和常一线能够脱空, 但尚有 40% 的装置常顶与常一线恩氏蒸馏馏程重叠超过 10℃, 最多重叠度达 86℃。多数装置常二线与常三线恩氏蒸馏馏程重叠在 15℃ 以上, 实沸点重叠则超出 25℃。润滑油馏分切割也同国外先进水平存在一定差距, 主要表现在轻质润滑油馏分的挥发度及重质润滑油馏分的残炭、颜色和安定性等方面存在差距较大。

三、常减压蒸馏技术进展

(一) 减压深拔

长期以来,深拔作为常减压装置设计和生产的热门话题,受到业界的广泛关注。减压拔出深度偏低,这是常减压蒸馏与国外的主要差距。国内多数常减压装置的实沸点切割点都在 540℃ 以下,有一些常减压装置的实沸点切割点还在 520℃ 以下。国内减压深拔尚有较大潜力可供挖掘。

国内由于多数常减压装置的实沸点切割点都在 540℃ 以下,从立足国内的角度而言,深拔一般指实沸点切割点都在 540℃ 以上,而国外 565.6℃ 已为常减压装置的标准设计。因此我们所指的深拔一般是指实沸点切割点大于 565℃。

深拔的主要技术措施:

- ① 减压塔顶设置 3 组 3 级蒸汽抽空器,保证塔顶残压达到最低;
- ② 采用规整填料降低全塔压降,提高蒸发段的真空度;
- ③ 减压塔底吹汽,减压炉管注汽,采取微湿式汽提操作,提高产品质量和 VGO 收率;
- ④ 设净洗段、低液量均匀分配的槽式分布器,降低 HVGO 的残炭和重金属含量;
- ⑤ 进料口设置 360° 环形分配器,使上升气体均匀分布,减少雾沫夹带;
- ⑥ 塔底设置急冷油线,控制塔底温度 < 365℃,防止塔底渣油大量裂化;
- ⑦ 采用炉管吸收转油线热胀量技术,尽量缩短炉出口过渡段长度,减少转油线压降和降温,降低减压炉出口温度。

(二) 塔顶无压缩机回收轻烃工艺技术

采用无压缩机回收液化石油气工艺技术。即通过初馏塔适当提压操作(操作压力为 0.3MPa),回收石脑油中的 C₃、C₄ 组分,同时替代压缩机机组,达到降低操作费用的目的。液态烃成分可在此较高的压力下几乎全部吸收溶解于初顶油中,控制初馏塔顶回流罐在泡点温度操作,罐顶基本不排气,初顶油进入脱轻烃塔(吸收稳定系统),初顶油中所含的 ≤ C₄ 轻烃馏分从塔顶馏出,塔底出液态烃。与设有压缩机回收液化石油气技术相比,该技术工艺简单、占地面积小、投资省、操作费用低、操作人员节省。

(三) “窄点”换热网络优化技术

1. 窄点技术的概念

由于常减压装置冷热物流数较多,早期所设计的装置一般是根据冷流和热流的温位将冷流由低至高进行手工匹配,网络往往具有随意性和不确定性,一般热回收率低,能耗高。

利用温-焓图法组合曲线(图 1-1)或问题表格法,获得网络的最小传热温差($\Delta T_{\min}$),

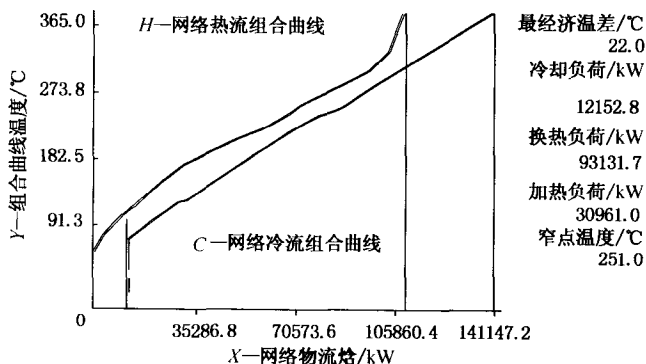


图 1-1 温-焓图法组合曲线

如果存在这样的 $\Delta T_{\min}$ 该部位即为窄点，它是一个热力学限制点。不同的 $\Delta T_{\min}$ 决定着不同的热回收率。换热网络则以窄点为界分别将网络分成两部分，最后合并为一个完整的网络。窄点技术揭示了换热系统的基本特征，在确定经济合理窄点的基础上，获得最优化的换热网络。达到最佳回收率，避免了冷热工程因违背其规则造成双份损失。

2. 窄点技术的核心

- ① 避免有热量通过窄点换热。
- ② 窄点上方应避免使用冷公用工程冷却物流。
- ③ 窄点下方应避免使用热公用工程加热物流。

如违背上述三条核心原则，将导致冷热公用工程负荷和设备投资的增加。

第二节 常减压蒸馏装置在石油化工一体化中的地位和作用

一、常减压装置在炼厂总加工流程中的作用

原油是由各种碳氢化合物组成的极复杂的混合物。炼油工业的主要目的是从原油中提炼出各种燃料、润滑油、化工原料和其他石油产品(例如石油焦、沥青等)。常减压装置将原油用蒸馏的方法分割成为不同沸点范围的组分，以适应产品和下游工艺装置对原料的要求。常减压蒸馏是炼油厂加工原油的第一个工序，即原油的一次加工，在炼油厂加工总流程中的重要作用，常被称之为“龙头”装置。

一般来说，原油经常减压装置加工后，可得到直馏汽油、喷气燃料、灯用煤油、轻、重柴油和燃料油等产品，某些富含胶质和沥青质的原油，经减压深拔后还可直接生产出道路沥青。在上述产品中，除汽油由于辛烷值较低，目前已不再直接作为产品，还有部分产品可直接或经过适当精制后作为产品出厂(如喷气燃料、直馏柴油等)。常减压装置的另一个主要作用是为下游二次加工装置或化工装置提供质量较高的原料。例如，重整原料、乙烯裂解原料、催化裂化、加氢裂化或润滑油加工装置的原料、焦化、氧化沥青、溶剂脱沥青或减粘裂化装置的原料等。近年来，随着重油催化裂化技术的发展，某些原油(例如大庆原油)的常压塔底重油也可直接作为重油催化裂化装置的原料。因此，常减压蒸馏装置的操作，直接影响着下游二次加工装置和全厂的生产状况。

二、常减压装置的目的产品及性能

(一) 常减压装置的目的产品种类

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：塔顶生产汽油组分、重整原料、石脑油；常一线出喷气燃料、灯用煤油、溶剂油、化肥原料、乙烯裂解原料或特种柴油；常二线出轻柴油、乙烯裂解原料；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：减一线出重柴油、乙烯裂解原料；减二线可出乙烯裂解原料；减压各侧线油视原油性质和使用要求而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；减压渣油可作为延迟焦化、溶剂脱沥青、减粘裂化的原料，以及燃料油

的调合组分。

(二) 常减压装置产品性能

1. 车用汽油

常减压蒸馏装置能控制车用汽油的馏程, 包括 10% 点、50% 点、干点(终馏点)。

根据车用汽油的使用要求规定了 10% 点的馏出温度, 例如规定了 10% 点馏出温度不高于 70℃, 这是保证发动机冷启动的性能。根据资料和试验证明, 在 -7℃ 气温下冷车启动 10% 点馏出温度必须不高于 75℃, 在 -15℃ 气温时, 必须在 60℃ 以下。表 1-1 列出了 10% 点馏出温度和可启动的大气温度之间的关系。

表 1-1 汽油 10% 点馏出温度和可启动的大气温度之间的关系

大气温度/℃	-29	-18	-7	-5	0	+5	+10	+15	+20
可能启动的最高 10% 点馏出温度/℃	36	53	71	88	98	107	115	122	126

50% 点馏出温度是保证汽油的均匀蒸发和分布, 达到良好的加速性和平稳性, 以及保证最大功率和爬坡性能的重要指标。50% 点馏出温度规定不高于 120℃, 确切地说 35% 点馏出温度是保证暖车性和加速性, 而 60% 点馏出温度才是保证常温行车的加速性。一般车用汽油在气化器里的有效挥发度为 30% ~ 50%, 暖车时挥发度 30% ~ 40%, 正常行驶时挥发度为 65% 左右。因而用 35% 及 65% 的平均数 50% 馏出温度来控制车用汽油的行车气化性能。

90% 点馏出温度是控制车用汽油中重质组分的指标, 用以保证良好蒸发和完全燃烧, 并防止积炭和生成酸性物质等, 同时也保证不致稀释机油。

试验证明, 汽油 90% 点馏出温度和 1:12 汽油和空气混合气的露点(凝结点)的关系如表 1-2。

表 1-2 汽油 90% 点馏出温度和 1:12 汽油和空气混合气的露点(凝结点)的关系

90% 点馏出温度/℃	116	138	160	182	204
1:12 混合气露点/℃	6	21	38	53	70

因此, 一般车用汽油 90% 点馏出温度不得超过 190℃, 以保证完全气化和燃烧。

干点是保证车用汽油不致因含重质成分而造成不完全燃烧, 在燃烧室内结焦和积炭的指标, 同时也是保证不稀释润滑油指标。它对停车开车次数频繁的汽车更为重要。

从以上分析可以看出车用汽油的馏程性质很重要。

但是常减压蒸馏装置所生产的直馏汽油辛烷值较低, 一般约为 50 ~ 60, 故需和其他装置的高辛烷值组分调合后才能作为汽油成品出厂。

2. 重整原料

重整原料油中的砷会使重整催化剂中毒, 造成永久性失活。故要求砷含量在 (1 ~ 2) ng/L 以下。若常减压蒸馏装置生产的重整原料油砷含量 100 ng/L 以下, 如加工大港油、胜利油时则可在重整装置经预加氢后达到此要求, 若大于 200 ng/L (如加工大庆油时), 则需设置预脱砷罐。石油馏分中的砷含量随沸点升高而增加。例如大庆原油蒸发塔顶 < 130℃ 馏分含砷量 < 200 ng/L, 而常压塔顶 < 130℃ 馏分的含砷量则达 (1000 ~ 2000) ng/L。故通常都在蒸发塔顶出重整原料油。

重整原料的馏程要求是根据重整的生产目的确定的。当生产高辛烷值汽油时, 一般要求

采用 90~180℃馏分(C_7 以上馏分); 生产苯、甲苯、二甲苯时, 用 60~145℃馏分($C_6 \sim C_8$ 馏分); 只生产苯时用 60~85℃(C_6 馏分); 只生产二甲苯时, 用 110~145℃(C_8 馏分)。重整原料油的馏分切割有时还受其他产品生产的影响, 例如在同时生产喷气燃料时, 由于 130~145℃属于喷气燃料的馏程范畴, 故有的炼厂 $C_6 \sim C_8$ 芳烃原料油的切割范畴采用 60~130℃。在一些生产化纤原料(对二甲苯)的工厂中, 由于有甲苯歧化、烷基转移、异构化等装置, 可以使 $C_7 \sim C_9$ 芳烃大部转化为对二甲苯, 故其重整原料油馏程范围较宽, 如天津石油化工公司采用馏程 165℃馏分作重整原料油, 以利于获取最大量的 $C_7 \sim C_9$ 芳烃。所生成的苯、抽余油、 C_{10} 重芳烃、 C_5 馏分油均为副产品, 故要求初馏点约 65℃的含量不大于 16.5%, 终馏点为 163℃ $\pm$ 5℃。

因此, 常减压蒸馏装置要根据各厂具体情况来确定重整原料油的切割范围。

3. 喷气燃料

常减压蒸馏装置能控制喷气燃料的馏程、密度、冰点、结晶点等性能指标。

喷气燃料馏程对启动、燃烧区的宽窄、低温性能的好坏、密度的大小和蒸发损失等都有直接关系。

馏程确定后, 喷气燃料的密度也确定了。喷气燃密度在规格中要求不小于 775kg/m³。常减压蒸馏装置通过控制喷气燃料的恩氏蒸馏 90%点和 98%点温度来调节它的密度和结晶点。馏程太窄时, 结晶点合格而密度太小; 馏程太宽时, 密度合格而结晶点过高。所以 90%点和 98%点要调节适中, 才能保证喷气燃料的结晶点和密度都符合规格要求。

为什么要控制喷气燃料的密度呢? 因为飞机油箱的体积有限。燃料密度大, 则其体积发热值也较大, 在同样油箱体积下, 飞机的续航时间和续航里程增加。

结晶点和冰点都是喷气燃料的低温性能, 它取决于燃料的化学成分和含水。燃料中蜡含量多, 溶解水分增加, 当温度降到一定程度时就会析出石蜡晶体; 水分便析出结成冰粒。无论是蜡的结晶或水的结冰, 都会堵塞燃料滤清器, 中断供油, 造成严重的飞行事故。所以要限制馏程切割范围, 当馏程切割恰当时, 不必脱蜡就能达到 -60℃以下的结晶点。

4. 分子筛脱蜡原料

分子筛脱蜡和尿素脱蜡都可以将汽油、煤油、柴油馏分中的正构烷烃脱除, 分别获得高辛烷值汽油, 低冰点煤油和低凝固点柴油, 同时还可获得液体石蜡分别用作溶剂、合成洗涤剂原料或人造蛋白原料以及氯化石蜡(增塑剂)等。

当分子筛脱蜡的主要目的是获得合成洗涤剂原料时, 由于生产洗涤剂的有效组分是 C_{12} 正构烷烃, 故常减压蒸馏装置切取 190~240℃($C_{10} \sim C_{14}$)馏分作为脱蜡原料油。馏分太宽会浪费分子筛脱蜡装置的有效处理能力, 增加其水、电、气的消耗, 减少其目的产物的收率。

5. 200# 溶剂油

有些常减压蒸馏装置生产 200# 溶剂油。按国家标准 200# 溶剂油初馏点应不低于 140℃, 98%馏出点不高于 200℃, 闭口闪点不低于 33℃, 芳烃含量不大于 15%, 密度不大于 780kg/m³, (对于环烷基原油可控制不大于 790kg/m³), 并要求腐蚀、机械杂质和水分等指标合格。这些要求是根据其主要用途而规定的。200# 溶剂油主要用于油漆(如醇酸漆、酚醛漆)中, 应有良好的溶解能力、适当的挥发速度、对金属无腐蚀, 符合国家劳动保护和安全生产的要求, 常减压蒸馏装置主要通过控制馏程来达到这些要求。初馏点过低, 则溶剂挥发过快, 会使漆膜起皱, 并会使闪点过低, 贮运和使用时不安全。若 98%馏出点过高, 则溶剂挥发过慢, 影响漆膜的干燥。因此常减压蒸馏装置在生产 200# 溶剂油时, 要很好控制其馏出温度。

6. 灯用煤油

常减压蒸馏装置控制灯用煤油的馏程、闪点、密度等指标。

馏程是灯用煤油的重要指标,经验证明 150~290℃的馏分作灯用煤油最为合适。为了保证灯光平稳、明亮持久,必须控制 70%点馏出温度不高于 270℃。为使灯光持久,灯芯正常上油且不剩油底,必须控制 98%点馏出温度不高于 310℃。

灯用煤油中也不允许有较多的轻馏分,因轻馏分过多时,不但会增加贮存运输中的蒸发损失,而且在使用上也很不安全,所以要控制灯用煤油的闪点不低于 40℃。

灯用煤油中也不允许有较多的重馏分,为使灯光持久,一般石蜡基灯用煤油平均沸点在 230℃左右,密度(20℃)800kg/m³左右最好;环烷基灯用煤油平均沸点在 215℃,密度(20℃)在 820kg/m³左右的最好,即一般灯用煤油最好在 780~840kg/m³范围内,而不宜太轻或太重。

7. 轻柴油

柴油馏程是一个重要的质量指标。柴油机的速度越高,对燃料的馏程要求就越严。一般来说,馏分轻的燃料启动性能好,蒸发和燃烧速度快。但是燃料馏分过轻,自燃点高,燃烧延缓期长,且蒸发程度大,在发火时几乎所有喷入汽缸里的燃料会同时燃烧起来,结果造成缸内压力猛烈上升而引起爆震。燃烧过重也不好,会使喷射雾化不良,蒸发慢,不完全燃烧的部分在高温下受热分解,生成炭渣而弄脏发动机零件,使排气中冒黑烟,增加燃料的单位消耗量。所以轻柴油规格要求 50%馏出温度不高于 300℃,95%馏出温度不高于 365℃。

柴油的馏程和凝点、闪点也有关系。凝点是柴油的重要质量指标。在冬季或空气温度降低到一定程度时,柴油中的蜡结晶析出会使柴油失去流动性,给使用和贮运带来的困难。对于高含蜡原油,在生产过程中往往需要脱蜡,才能得到凝点符合规格要求的柴油。轻柴油的规格就是按其凝点而分为 10[#]、0[#]、-10[#]、-20[#]、-35[#]、-50[#]六个品种。

通常柴油的馏程越轻,则凝点越低。轻柴油的闪点是根据安全防火的要求而规定的一个重要指标。柴油的闪点在规格中规定为不低于 65℃。柴油的馏程越轻,则其闪点越低。

8. 乙烯裂解原料

常减压蒸馏装置为乙烯装置提供裂解原料,对芳烃厂芳烃联合装置加氢裂化提供原料,常减压蒸馏装置的常一、常二线油合并为 AGO 作为乙烯装置裂解料。常三、减一、减二线油合并为 VGO 作为加氢裂化原料。

质量控制指标如下:

① AGO 干点: $\geq 360^{\circ}\text{C}$, 水分: 痕迹, 凝点: $< 20^{\circ}\text{C}$;

② VGO 干点: $\geq 500^{\circ}\text{C}$, 残炭: $\geq 0.3\%$, 水分: 痕迹。

乙烯装置裂解原料乙烯收率与裂解料芳烃指数有关,芳烃指数越高,乙烯收率越低。另外,芳烃指数越高,容易结焦,单炉开工周期缩短。

常减压蒸馏装置生产的 AGO、常三、减一线分析数据见表 1-3。

表 1-3 常减压蒸馏装置常三、减一线分析数据

名 称	密度/(kg/m ³)	恩 氏 蒸 馏				
		初馏点	10%	50%	90%	终馏点
AGO	810.4	142	190	237	296	339
常三	854.4	162	292	341	393	433
减一	874.2	249	305	355	396	447