

[美] Surinder Parkash 著



石油炼制工艺手册

Refining Processes Handbook

孙兆林 王海彦 赵杉林 译

马春香 审校

中国石化出版社

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

石油炼制工艺手册

【美】 Surinder Parkash 著

孙兆林 王海彦 赵杉林 译
马春香 审校

中国石化出版社

著作权合同登记 图字:01-2005-2670 号

This edition of Refining Processes Handbook by Surinder Parkash is published by arrangement with Elsevier INC of 525 B Street, Suite 1900, San Diego, CA 92101-4495, USA

ISBN:0-7506-7721-X

中文版权(2007)为中国石化出版社所有。版权所有,不得翻印。

图书在版编目(CIP)数据

石油炼制工艺手册/(美)帕克斯(Parkash,S)著;孙兆林,王海彦,赵杉林译.
—北京:中国石化出版社,2007
ISBN 978-7-80229-357-1

I.石… II.①帕… ②孙… ③王… ④赵… III.石油炼制-
生产工艺-技术手册 IV.TE624-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 087832 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

中国石化出版社图文中心排版

北京大地印刷厂印刷

全国各地新华书店经销

*

787×1092 毫米 16 开本 29 印张 711 千字
2007 年 7 月第 1 版 2007 年 7 月第 1 次印刷

定价:80.00 元

本书献给我的妻子

RITA

前言

炼油厂和炼油操作已经迅速地变得复杂起来。但是，关于炼厂工艺和操作的公开信息却相当不足，且几乎都仅限于许可者的数据，除了工艺转让所必须的数据外几乎不透露任何信息。甚至已经在许多炼厂运行多年的工艺数据也没有透露。本书概述了原油炼制成为产品的相关工艺和操作。来源于加工装置的物料并不是成品，必须进行调合才能生产出成品。本书介绍的是与用最优化方法来调合产品有关的炼制工艺，目的是满足产品需要和为炼厂获取最大利润。本书的目的在于用工业方法和语言为炼厂的实际生产提供基本的指导。

呈现在本书中的炼制工艺包括原油脱盐和常、减压蒸馏；汽油生产工艺，如催化重整、催化裂化、烷基化和异构化；石脑油、煤油、柴油和常压重油的加氢脱硫工艺；转化工艺，如馏分油和渣油的加氢裂化；渣油的转化工艺，如延迟焦化、减黏裂化、溶剂脱沥青和沥青生产；污染控制工艺，如制硫和制硫装置尾气的处理以及烟气脱硫。这里也提到了在炼厂界区外进行的工艺过程，如产品的储存与调合、炼厂蒸汽和燃料系统、炼厂锅炉给水处理和废水处理。

工艺细节包括工艺流程图、过程描述、相关的化学反应和详细的操作条件、工艺的收率和公用工程。提到的炼厂操作和实践包括产品的调合、炼厂库存预测、电子表格程序和炼厂线性规划建模以及原油、石油产品和中间物料的定价。

然而，必须承认，在工业生产中会发现，同样的工艺有很多种变形。由于催化剂类型和加工原料不同，操作条件也各不相同。我们没有充裕的篇幅对不同专利注册的同一种基础工艺进行列表式的对比和评估。本书列出的数据代表现今炼厂实际应用的典型工业操作数据。书中没有提到的最新成果，并不表示其不重要。书中引用的几个参考资料都源于炼油工业实践。

此书一个重要的主题是关于合资炼厂的运行。由于新建炼厂需要大量的资本投入，由两家公司共同拥有和运行同一个炼厂，就像它由独立的两家炼油厂组成的一样，这种方式是可行的。每一个公司可经营其各自所属的炼厂部分，该炼厂部分事实上与另一个炼厂部分独立。也就是每家公司可以提供其自身的

原料并按各自独立的计划生产自己的产品，但不用为两家公司建立单独的产品储存设备。

本书讨论合资炼厂的基本运行原则。在附录中给出了股东之间典型的协议格式和程序。该协议涵盖了炼厂生产计划、产品分配、库存管理和合资炼厂操作费用的分摊等详细程序。产品分配以每一个股东加工的原料为基础，将总的炼厂产品在股东间进行分配。鉴于股东加工的原料不同或者生产的产品等级不同，每个月的月末必须进行确定物料所有权的产品分配。这是一种复杂的工作，详细的步骤将在独立的章节中介绍。

合资炼厂进行库存预测和跟踪炼厂操作费用的方法在本书中进行了详细的介绍。尽管这样的实践，如产品分配、库存及亏损分配、操作费用分配都在石油炼制工业中存在，但是没有对此进行检验的已知文献。

各章简介

第1章涵盖常减压蒸馏和原油脱盐。第2章涵盖炼厂加氢处理工艺：石脑油的加氢处理、煤油的加氢处理，柴油的加氢脱硫和常压渣油脱硫。第3章包括馏分油加氢裂化，缓和加氢裂化和渣油加氢裂化工艺。第4章包含汽油的生产工艺：催化重整、烷基化、异构化、催化裂化和MTBE生产。第5章讨论为加氢处理和加氢裂化工艺提供氢气的制氢工艺以及从该工艺含氢物流中回收氢气。第6章介绍炼厂渣油加工装置：延迟焦化、减黏裂化、溶剂脱沥青和沥青氧化工艺。

第7章研究催化裂化轻重石脑油以及航煤的处理过程。第8章介绍硫磺的生产工艺和污染控制工艺：硫磺生产装置、硫磺尾气处理和烟气脱硫。

第9章研究炼厂的水系统。包括冷却水和锅炉原料水的处理、炼厂含油废水的处理以及炼厂酸性水的气提。

第10章介绍炼厂界区外辅助设备和公用工程系统。该主题包括产品外销和产品调合所需的储罐、间歇和在线产品调和系统、炼厂的火炬系统(包括火炬设计的原理)、炼厂蒸汽系统及液体和气体燃料系统。

第11章讲述产品的调合步骤。第12章介绍使用电子表格程序进行炼厂物料

平衡计算的步骤。第 13 章叙述建立炼厂线性规划模型的基本原理。第 14 章讨论石油产品(包括中间物流和产品)的定价机制。第 15 章讲述炼油厂一个运行周期内确定生产计划的概念。

第 16 章介绍合资炼厂的产品分配方法。第 17 章解释估计可利用储存能力的方法,它是单一和合资炼厂存货预测系统的一部分。第 18 章解释如何准备存货预测以便为单一和合资炼厂的产品装运制订计划。第 19 章介绍合资炼厂的生产成本估计方法以及炼厂生产成本分摊给每个股东的步骤。

附录解释了合资炼厂的组织结构并介绍运行这样一个炼厂所需的合资炼厂加工协议的例子。

我们希望本书成为正在从事炼厂操作规划的工程师以及院校师生有用的工具。

目 录

前言

第 1 章 炼油厂蒸馏	(1)
工艺参数	(1)
原油蒸馏塔的工艺设计	(3)
装置分馏的特点	(6)
石油馏分的一般性质	(7)
常压蒸馏装置	(10)
减压蒸馏装置	(10)
原油脱盐	(14)
第 2 章 馏分油加氢处理	(17)
石脑油加氢脱硫工艺	(20)
煤油加氢精制	(22)
瓦斯油加氢脱硫	(25)
常压渣油脱硫	(28)
第 3 章 加氢裂化工艺	(36)
加氢裂化反应	(36)
工艺构成	(38)
工艺流程	(39)
操作条件	(44)
催化剂硫化和装置开车	(48)
停工步骤	(49)
催化剂再生	(51)
缓和加氢裂化	(54)
渣油加氢裂化	(54)
第 4 章 汽油生产工艺	(61)
催化重整	(61)
流化催化裂化	(61)
烷基化	(64)
C ₅ /C ₆ 正构烷烃的异构化	(77)
甲基叔丁基醚	(80)
第 5 章 制氢与氢气回收	(85)
天然气脱硫	(85)
蒸汽重整	(85)

CO 的转化	(87)
CO ₂ 的脱除	(88)
甲烷化	(90)
变压吸附路线	(91)
部分氧化工艺	(91)
氢气回收	(94)
第 6 章 渣油加工	(98)
延迟焦化	(98)
减黏裂化	(106)
溶剂脱沥青	(110)
沥青空气氧化	(113)
第 7 章 精制工艺	(117)
基本原理	(117)
流化催化裂化轻汽油	(117)
喷气燃料脱臭	(119)
第 8 章 硫回收与污染控制工艺	(123)
酸性气体中硫的回收	(123)
Claus 尾气处理	(126)
烟气脱硫	(129)
胺处理	(133)
第 9 章 炼油厂水系统	(137)
冷却水系统	(137)
海水冷却系统	(138)
冷却塔	(140)
锅炉给水系统	(142)
公用工程水系统	(145)
含油水的处理	(147)
含水污油系统	(147)
生活污水的处理	(148)
酸性水的处理	(152)
第 10 章 炼油厂界区设施和公用工程系统	(152)
炼油厂储罐	(152)
运输码头和海岸管线	(153)
炼油厂的罐容量估算	(154)
产品调合系统	(157)
炼油厂火炬系统	(161)
炼油厂蒸汽系统	(167)
炼油厂燃料系统	(169)

第 11 章 产品调合	(172)
汽油辛烷值调合	(172)
ASTM 蒸馏调合	(178)
黏度调合	(183)
倾点调合	(186)
闪点调合	(190)
汽油和石脑油的雷德蒸气压调合	(193)
苯胺点调合	(194)
原油评价	(195)
第 12 章 炼厂物料平衡	(218)
建立模型需要的数据	(218)
计算过程	(219)
炼厂物料平衡电子表格程序	(220)
第 13 章 炼厂线性规划建模	(239)
概述	(239)
炼厂线性规划模型的发展	(239)
炼厂线性规划模型结构	(240)
向其他表格传递物料性质	(248)
调合指标	(249)
流体合并(递归过程)	(249)
分步递归	(251)
目标函数	(253)
优化步骤	(253)
结果的收敛	(253)
解释结果	(253)
报告书写程序	(254)
δ 基建模	(255)
常压原油蒸馏和减压蒸馏装置建模	(257)
单一产品线性规划调合程序	(282)
第 14 章 石油产品定价	(285)
原油的净值回推法定价和公式法定价	(285)
石油产品和半成品定价	(288)
有率原油产率	(292)
第 15 章 确定性生产计划	(296)
合资炼厂中的确定性生产计划	(298)
固定级和平衡级产品	(303)
产品当量	(306)
产品当量的确定	(308)
原油当量	(310)

废油当量.....	(311)
第 16 章 产品配置	(312)
输入数据.....	(312)
预测调整.....	(312)
预测调整的规则.....	(312)
原油调整.....	(319)
DOP“损失”调整	(320)
回溯 DOP	(321)
平衡等级的配置.....	(321)
反向配置.....	(321)
最终配置.....	(332)
配置 LP	(332)
加工装置能力.....	(332)
产品价格.....	(335)
LP 的基本数据输入汇总	(336)
LP 结果的审查	(336)
最终配置循环.....	(337)
用于配置的电子表格程序.....	(349)
产品配置问题.....	(392)
第 17 章 可用罐储能力	(399)
总可用罐储能力的估计.....	(399)
最小和最大存货量.....	(399)
罐储能力的分配.....	(400)
容积耗损.....	(405)
炼厂加工能力的转让.....	(406)
罐储能力的转让.....	(407)
第 18 章 产品储运预测	(409)
每周产品估算.....	(409)
炼厂估测时间表.....	(410)
步骤.....	(410)
Δ 配置.....	(410)
合资炼厂存量和罐空余量预测系统.....	(413)
第 19 章 炼厂生产成本	(439)
生产成本的分配.....	(439)
系统成本核算方法.....	(439)
理论销售额实现估价方法.....	(440)
按实际用量的成本分配方法.....	(440)
装置能力未使用部分的费用.....	(441)
附录	(444)

第 1 章 炼油厂蒸馏

油田生产的原油是一种复杂的烃类混合物，其范围从甲烷到沥青，是由不同比例的烷烃、环烷烃和芳香烃组成的。蒸馏的目的是将原油分离为轻烃($C_1 \sim C_4$)、石脑油或汽油、煤油、柴油和常压渣油。这些宽馏分部分可以直接投入市场，而另一些馏分需要在炼油厂下游装置进一步加工后才得以销售。

在炼油厂中，原油脱盐后的第一个加工步骤是通过蒸馏将原油分离为不同馏分。蒸馏是在略高于常压下进行的。这主要有如下考虑：

1. 提高轻烃的沸点，以便能够用炼油厂冷却水使部分 C_3 和 C_4 在塔顶冷凝器中冷却。
2. 使未冷凝的气体处于足够的压力下，使其能够进入加工设备的下一环节。
3. 考虑到塔内的压力降。

原油在换热器中预热，最后在加热炉中汽化，保证所需的塔顶和侧线产品基本汽化。加热炉的流出物在原油蒸馏塔的闪蒸段迅速汽化，使得气液分离。流出闪蒸段的液体仍包含了部分轻馏分，该部分可以通过蒸汽汽提回收。通过蒸汽汽提之后，塔底产物，也就是常压重油，可从塔底排出。塔底温度限制在 $700 \sim 750^\circ\text{F}$ ，以防止裂化反应发生。

常压渣油可进入加热炉，加热到 $730 \sim 770^\circ\text{F}$ 后，进入在最小残压 ($80 \sim 110\text{mmHg}$) 下操作的减压塔中。操作条件根据发生裂化反应的温度和所要求的产品质量而定。一般来说，减压蒸馏的目的是从常压渣油中分离出减压瓦斯油(VGO)。减压瓦斯油可以作为流化催化裂化和加氢裂化的原料，也可被用作生产润滑油的基础原料。根据最终用途的不同，减压蒸馏塔可以有一条或多条侧线。减压塔的塔底馏分可用于生产沥青，也可与少量的馏分(柴油或煤油馏分)混合后，作为燃料油使用。

如果原油含有很高比例的轻馏分，需在常压塔前增加一个带有塔顶冷凝系统的闪蒸塔或预分馏塔。预分馏塔可以回收大部分的轻质烃和部分轻石脑油。预分馏塔的塔底馏分是常压蒸馏塔的原料。

工 艺 参 数

下列参数在原油蒸馏塔的设计中是非常重要的：

1. 原油的性质：含水量、金属含量和热稳定性。原油的热稳定性决定了原油在加热炉中被加热而不发生裂化的最高温度。
2. 闪蒸段操作条件：闪蒸段的温度受裂化反应的限制；闪蒸段的压力是通过确定回流罐压力和加到连接管线及塔内压力降设定的。
3. 过汽化是除原油塔顶产品和侧线产品以外的原油的汽化。过汽化量一般保持在 $3\% \sim 6\%$ (体积)。过汽化可以防止洗涤段塔板的结焦和将焦炭带入塔底侧线，同时通过在最低侧线和闪蒸段之间提供回流，确保塔底侧线和塔底之间具有更好的分离效果。较大的过汽化量也消耗更多的能源；因此，过汽化量在保证塔底侧线质量要求的情况下应保持最小。

4. 在蒸汽汽提过程中, 塔底汽提蒸汽用于从塔底液体中回收轻组分。在常压蒸馏塔的闪蒸段中, 大约有 50% ~ 60% 的原油汽化。未汽化的原油向下通过有四到六块塔板的提馏段, 常压渣油中含有的任何低沸点馏分均被过热蒸汽汽提出来。蒸汽的用量大约为 5 ~ 10 磅/桶汽提后产品^[1]。汽提后物料的闪点可以通过改变汽提蒸汽用量来调节。

5. 分馏是基于两个相邻侧线产品中重馏分 ASTM 曲线的 5% 点和较轻馏分 ASTM 曲线的 95% 点的差。正的差值被称为脱空度^[2], 而负的差值称为重叠。

常减压设计步骤通常是凭借经验来完成的, 因为原油是由从甲烷到沥青的众多烃类组成。下面介绍所需的基础数据, 炼油厂原油蒸馏塔及设计步骤概述。

实沸点曲线

任何原油样品的组成都是由实沸点曲线(TPB)进行粗略估计的。采用的方法基本上是使用大量的塔板(通常大于 60)进行间歇蒸馏, 并且采用高回流比(大于 5)。在温度体积收率曲线任何一点的温度代表在给定体积收率下的烃类的真实沸点。一般只针对原油作 TBP 蒸馏曲线, 而不针对石油产品。典型的原油和石油产品的 TBP 曲线如图 1-1 和图 1-2 所示。

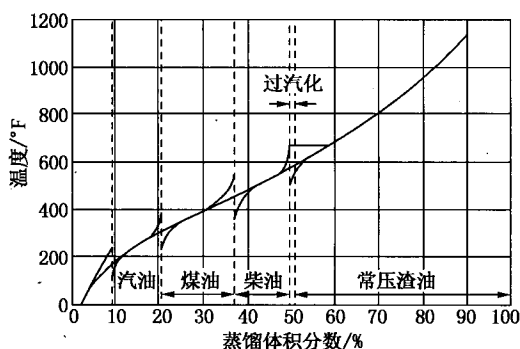


图 1-1 常压蒸馏塔的进料和产品的实沸点曲线

$$\text{注: } t(^{\circ}\text{C}) = \frac{5}{9} [t(^{\circ}\text{F}) - 32]$$

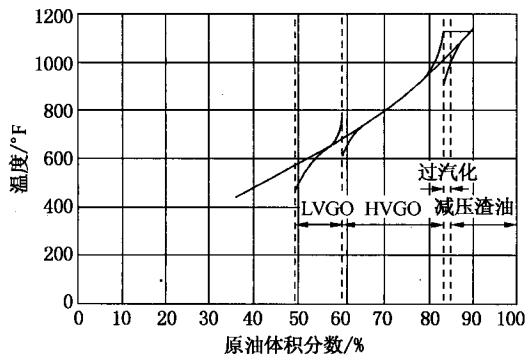


图 1-2 减压蒸馏塔的进料和产品的实沸点曲线

注: LVGO 代表轻减压瓦斯油; HVGO 代表重减压瓦斯油

ASTM 蒸馏

ASTM 蒸馏是应用于石油产品的更快捷的蒸馏方法。该方法是由美国材料试验学会 (ASTM) 开发的, 该方法采用了间歇式蒸馏, 并且在蒸馏釜和冷凝器间没有塔板和回流^[3]。惟一可以利用的回流是由冷凝器的热损失产生的。

平衡闪蒸汽化

在该方法^[4]中, 进料在连续流过加热盘管时被加热。生成的蒸汽同剩余的液体在管道中流动, 直到在蒸汽分离器或汽化器中分离。通过在不同出口温度下进行操作, 可以绘出汽化百分率与温度之间的关系曲线。该蒸馏可以在高于常压的压力下操作, 也可在真空下操作。主要对所评估的用作减压塔进料的原油和常压渣油样本作平衡闪蒸汽化曲线。

原油评价

对原油所进行的全面而确定的分析称为原油评价。这比 TBP 曲线更详细。全面的原油

评价包括下列数据中的一部分：

1. 原油总含盐量、密度、黏度、硫含量、轻质烃和倾点。
2. TBP 曲线和密度、黏度、硫含量等的中体积百分曲线。
3. 直到 C_8 或 C_9 的轻质烃分析。
4. 馏分(石脑油、煤油、柴油、重柴油、减压瓦斯油和渣油)的性质,所需的性质包括体积百分收率、密度、含硫量、黏度、辛烷值、柴油指数、闪点、燃点、冰点、烟点和倾点。
5. 如果原料适合于生产润滑油, 则应包括润滑油馏分的性质。
6. 对各馏分的各种性质和对最终用途的适用性的详细研究。

原油蒸馏塔的工艺设计

设计步骤简要概述如下：

1. 绘制将要加工的原油的 TBP 蒸馏和平衡闪蒸曲线。有几种方法可用于将 TBP 数据转化为 EFV 曲线。
2. 利用原油评价数据, 来绘制除了气体和渣油之外所有产品的 TBP 曲线。然后可通过 Edmister^[5]、Maxwell^[6]或计算机方法转化为 ASTM 曲线和 EFV 曲线。
3. 计算原油蒸馏塔的物料平衡, 包括以体积计算和以质量计算的物料平衡, 以显示原油的输入和产品的产出。同时可以绘制原油和各种产品的物理性质, 如 TBP 的切割范围、液体体积百分率和中体积百分率, 对密度、分子量、平均沸点及热焓的关系曲线。
4. 然后考虑分馏要求。理想的分馏是靠从相邻重馏分和轻馏分的 TBP 曲线得到的 ASTM 蒸馏曲线的 5% 点和 95% 点之间的差值来进行的。脱空度作为设计参数确定后, 理想脱空度便转变为实际脱空度。理想脱空度和所要求的实际脱空度之间的差值即为偏差。偏差与(塔板数 × 回流比)直接相关。
5. 偏差或脱空度可与 F 因数^[7]相关联。 F 因数是两个相邻侧线抽出口之间塔板数和内回流比之积。内回流被定义为轻产品抽出板下热回流的液体体积(60°F)除以除了气体以外, 比相邻重产品轻的液体产品的体积。这意味着对于给定的蒸馏过程, 回流比和板数是可互换的。该互换性对一般希望的分馏程度及通常采用的塔板数(5 ~ 10) 和回流比(1 ~ 5)是非常准确适用的。例 1-1 可以清楚说明这一设计过程。

塔 板 数

大部分的常压蒸馏塔在汽化段和塔顶之间有 25 ~ 35 块塔板。塔的各部分所需要的塔板数是由所需蒸馏塔各馏分的性质决定的, 如表 1-1 所示。

表 1-1 原油蒸馏装置各侧线抽出之间的塔板数

分 离	塔 板 数	分 离	塔 板 数
石脑油 - 煤油	8 ~ 9	汽化段到第一抽出板	4 ~ 5
煤油 - 轻柴油	9 ~ 11	蒸汽汽提段	4 ~ 6
轻柴油 - 常压渣油	8 ~ 11		

每块塔板的允许压降大约为 0.1 ~ 0.2psi。汽化段和塔顶之间的允许压降通常为 5psi。汽化段的压力设定为回流罐压力与汽化段上方冷凝器与塔板间的复合压力降之和。炉出口和汽

化段之间压降一般允许为 5psi。

表 1-2 常减压蒸馏塔可获得的典型分离

分 离	(5% ~ 95%) 脱空度/°F	分 离	(5 ~ 95) 脱空度/°F
石脑油 - 煤油	12°F 脱空度	重柴油 - 减压瓦斯油	70°F 重叠
煤油 - 轻柴油	62°F 重叠	减压瓦斯油 - 减压塔底油	70°F 重叠
轻柴油 - 重柴油	169°F 重叠		

汽化段条件

首先估算回流罐的压力。回流罐压力是塔顶产品在最高冷却水温度下的泡点压力。汽化段的压力等于回流罐压力加上冷凝器上部管线的压力降和塔板的压力降。

在确定汽化段温度之前，首先要确定塔底汽提蒸汽量和过汽化量。以原油为基准的汽提量的体积分数利用现成的公式^[8] $V = D + OF - ST$ 计算， V 是汽化段汽化百分数， D 是所有蒸馏出馏分的总和， OF 是过汽化量，而 ST 为汽提量。

在汽化段压力下进行汽化的温度由原油闪蒸曲线确定。该温度不能超过最高允许温度。如果汽化段温度超过最高允许温度，则要改变过汽化量和汽提蒸汽量，直到达到允许温度。

原油开始进行热分解的温度因原油的不同而异，该温度是由原油的组成(环烷基、石蜡基和芳香基)和存在于原油中的痕量金属决定的。分解温度只能够通过实际试生产测定。大部分石蜡基和环烷基原油的分解温度范围为 650 ~ 670°F。

塔 顶 温 度

塔顶部温度等于塔顶蒸汽的露点，相当于计算的顶部塔板分压下塔顶产品 EFV 曲线的 100%点。

塔顶温度用试错法来确定：

1. 固定回流罐的温度，要始终注意冷却介质(水或空气)的最高温度。
2. 估计塔顶温度，假定水蒸气在此温度下不冷凝。
3. 进行塔顶附近的热平衡计算以确定侧线回流带走的热量，计算侧线回流量。
4. 计算塔顶汽相中馏出物和回流的分压。把塔顶馏出物常压闪蒸曲线上 100%点温度调整到该分压。
5. 重复上面的步骤，直到计算的温度值等于估计值。
6. 计算塔顶汽相中的水蒸气分压。如果水蒸气在塔顶温度下的饱和蒸气压大于该蒸气分压，那么水蒸气不冷凝这一假设便是正确的。如果水蒸气在塔顶温度下的蒸气压不大于蒸气分压，那就必须假设水蒸气的冷凝量并重复上面的步骤，直到塔顶汽相的水蒸气分压等于在塔顶温度下水的饱和蒸气压。在此情况下，必须提供侧线水抽出设备。
7. 为了计算塔顶气体和馏出物的量，必须对包括气体、馏出物、侧线回流和水蒸气的总塔顶物流的组成进行分析。然后计算在该塔顶产品罐压力和温度下的总塔顶汽相的闪蒸。
8. 通过围绕塔顶周围做热焓平衡可以确定塔顶冷凝器需要取走的热量。

塔 底 汽 提

为了确定由塔底汽提水蒸气汽化的液体量，必须绘制这种液体(称为初始塔底产物)的闪蒸曲线。拔顶渣油的闪蒸曲线可由原油的闪蒸曲线来确定^[9]。假设初始塔底产物在汽提蒸汽

存在下,在汽提板上汽相压力和该板液体出口温度下汽化。

在常压塔的汽化段,大约有 50%~60% 的原油被汽化。未汽化的原油通过塔的汽提段流向塔底,汽提段有 4 到 6 块塔板,所有残留的低沸点馏分均可被 600°F 的过热水蒸气提出来。使用的蒸汽量大约为 5~10lb/bbl 汽提产品。汽提产品的闪点可以通过改变汽提蒸汽量来调节。

侧线汽提塔

作为侧线从塔中抽出的馏分产品(煤油和柴油)通常含有来自相邻馏分的物料。这样,煤油馏分可能含有部分石脑油,而轻柴油馏分也可能含有煤油馏分的物料。这些侧线产品可以使用过热水蒸气来汽提,在有 4~6 个塔板的小的侧线汽提塔中,低沸点烃被汽提出来,而产品的闪点调整到需要的数值。

回 流

在正常的蒸馏塔中,热量由再沸器提供并在塔顶冷凝器中取出。在塔顶冷凝器中冷凝的部分馏出物作为回流返回到塔中,来帮助分馏。这种方法在原油蒸馏中是不可行的,因为塔顶温度太低使得热量难以回收。同时从塔底到塔顶,汽相和液相流量也显著地增长,这就需要塔的直径非常大。为了最大量地回收热量并使塔中气液负荷量均匀,将中间回流抽出与进入加热炉前的原油进行热量交换,并返回塔上方的塔板(图 1-3)。

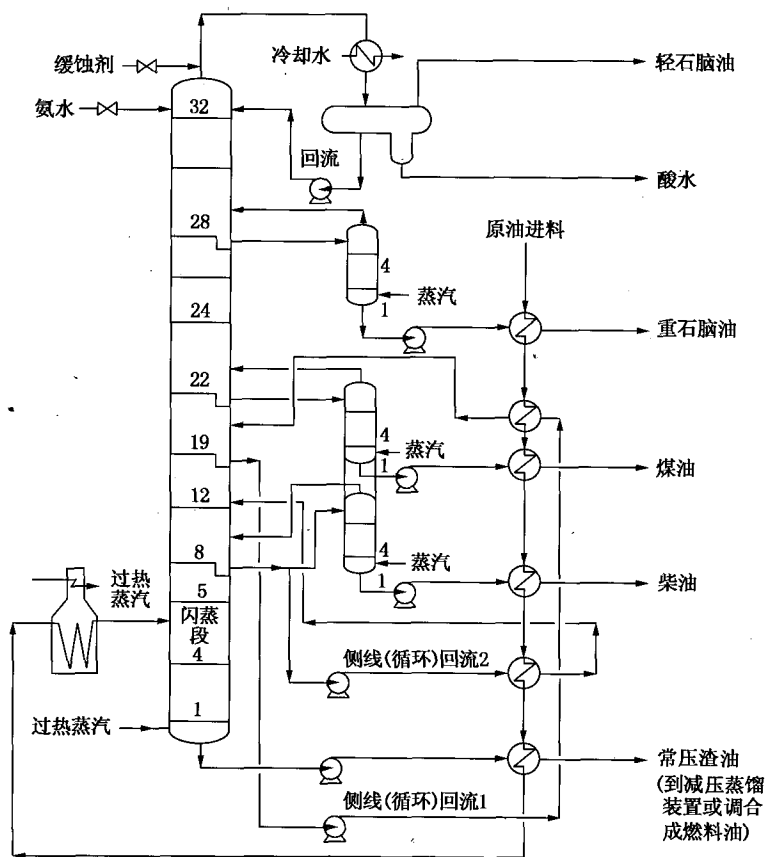


图 1-3 具有回流装置的常压蒸馏塔

侧线温度

首先确定产品物流的闪蒸曲线。该产品在侧线抽出塔板下全部汽化。因此，使用闪蒸曲线 100% 点。为了确定产品加回流气相的分压(产品与回流具有相同的组成)，将较轻组分的气相视为惰性物质。

$$\text{侧线蒸汽分压} = \frac{(\text{侧线摩尔数} + \text{回流摩尔数})}{(\text{板下气相总摩尔数})} \times \text{总压}$$

例 1-1

重石脑油的 95% 点为 315°F，煤油 ASTM 蒸馏的 5% 点为 370°F。煤油的闪点为 127.2°F。对蒸汽汽提的煤油馏分计算与重石脑油与煤油间有效分馏的偏差，以及分离需要的塔板数和回流。

理想脱空度 = 370 - 315，或 55°F

馏分实际的 ASTM 蒸馏 5% 点可根据已知的闪点，由下面的关系式进行校正：

$$\text{闪点}(^{\circ}\text{F}) = 0.77 \times (\text{ASTM} 5\% \text{点}, ^{\circ}\text{F}) - 150$$

根据这个关系式，煤油 ASTM 蒸馏曲线上实际的 5% 点等于 360°F，比理想值低 10°F。因为要汽提煤油，重石脑油的 95% 点为 325°F，因此：

实际脱空度 = (360 - 325)，或 35°F。

理想分馏的偏差 = (55 - 35)，或 20°F。

根据 Pack 关系式，需要 F 因数为 11.5。

装置分馏的特点

在工业常减压装置中，蒸馏并不精确。例如实沸点蒸馏的 300 ~ 400°F 煤油馏分含有沸点低于 300°F 和沸点高于 400°F 的物质(被称作尾部馏分)。由于这些尾部馏分的存在，需降低所需产品收率以满足所需产品的质量限制。

每个产品尾部馏分的大小和形状取决于生产该产品的装置的特点。影响分馏的因素是侧线产品抽出板之间的塔板数、塔板效率、回流比、操作压力和产品的沸点范围。

有几种方法可以表示操作装置的特点。一种方法是根据两个因素表征馏分前端轻尾部馏分的性质。

V_F 是沸点低于切割点的馏分体积，表示为原油的液体体积百分比。

T_F 是馏分切割点与 TBP 初沸点(1% 馏出温度)之间的温度差。

考虑常压蒸馏塔(图 1-1)产品的实沸点蒸馏。煤油的前端尾部馏分(实沸点 300 ~ 400°F 馏分)包含 1.5% 的基于原油沸点低于 300°F 的物料(见表 1-3)；因此， $V_F = 1.5$ 。

煤油馏分的初馏点(1% 体积馏出温度)是 240°F，切割点(300°F)与初馏点的温差为 60°F；因此， $T_F = 60$ 。

前端尾部馏分的形状可以使用这两个参数在概率图上加以研究。这两个参数确定后，同一装置不同切割点温度的各煤油的前端尾部馏分均可用这两个参数来表示(例如，不同闪点