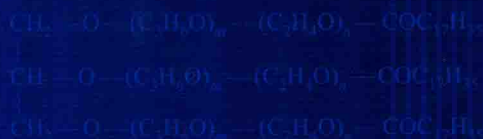
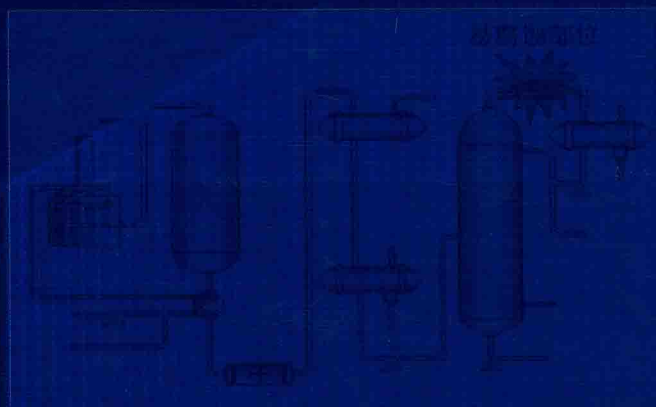


Petroleum Refining Assistants
Principle, Evaluation and Application

炼油助剂

——原理、评价及应用

刘公召 徐舸 张进 著



化学工业出版社

Petroleum Refining Assistants
Principle, Evaluation and Application

炼油助剂

——原理、评价及应用

刘公召 徐舸 张进 著



化学工业出版社

· 北京 ·

《炼油助剂——原理、评价及应用》根据石油炼制工艺过程，介绍了炼油助剂的使用目的、化学组成及制备方法，并在此基础上阐述了炼油助剂的基本作用原理、详细的性能评价方法以及必要的工业应用实例。本书所涉及的炼油助剂包括阻垢剂、缓蚀剂、消泡剂、金属钝化剂、脱硫剂、原油脱氯剂、原油破乳剂、轻质油增收剂和石油产品添加剂等；以炼油过程助剂为主，适当涉及催化剂助剂、改善产品质量助剂、环保与节能助剂等数个品种。

《炼油助剂——原理、评价及应用》可供从事化工和石油炼制的生产、管理和设计的工程技术人员使用与参考，也可作为高等院校化学工程与工艺、应用化学、石油炼制等专业的教材使用。

图书在版编目 (CIP) 数据

炼油助剂——原理、评价及应用/刘公召，徐舸，
张进著. —北京：化学工业出版社，2016.10
ISBN 978-7-122-27995-8

I. ①炼… II. ①刘… ②徐… ③张… III. ①石油
炼制-助剂-研究 IV. ①TE624.8

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 212035 号

责任编辑：褚红喜 宋林青
责任校对：宋 夏

装帧设计：王晓宇

出版发行：化学工业出版社（北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011）

印刷：北京永鑫印刷有限责任公司

装订：三河市胜利装订厂

印数：1~4000 册

787mm×1092mm 1/16 印张 14 字数 400 千字 2016 年 10 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询：010-64518888（传真：010-64519686） 售后服务：010-64518899

网 址：<http://www.cip.com.cn>

凡购买本书，如有缺损质量问题，本社销售中心负责调换。

定 价：68.00 元

版权所有 违者必究

| 前言 |

面临着原油呈现重质化、劣质化的趋势，同时也要应对因经济发展和人们对高质量轻质油品的需求不断增加以及环境保护要求越来越高的新挑战，炼油工业发生着重大变化。在炼油过程中，添加或使用多种助剂，已是相当普遍，炼油助剂是专指在石油炼制过程中，直接加入工艺过程，对催化剂活性与寿命、产品质量与性能、设备腐蚀与防护、环保达标等方面起到促进作用的一类物质。相对于催化剂和添加剂来说，炼油助剂出现较晚，但因其具有用量少、见效快、加注灵活、使用方便、改善产品质量、提高产品收率、保护生产环境等优点，炼油助剂在炼油工业中的地位日益提升，且发挥着越来越重要的作用，具有相当大的发展空间。

根据石油炼制工艺过程，本书介绍了炼油助剂的使用目的、化学组成及制备方法，并在此基础上阐述了炼油助剂的基本作用原理、详细的性能评价方法以及必要的工业应用实例。所涉及的炼油助剂包括阻垢剂、缓蚀剂、消泡剂、金属钝化剂、脱硫剂、原油脱氯剂、原油破乳剂、轻质油增收剂和石油产品添加剂等。

本书的主要特色有以下几点：

- (1) 根据炼油工艺及应用条件的不同，区分出每种炼油助剂的特性与功能，并准确阐述其基本作用原理；
- (2) 详细地介绍常用炼油助剂的性能、理化性质评价指标以及评价方法，为评价炼油助剂性能和优选助剂提供参考和依据；
- (3) 结合作者的实际科研经验，所述工业应用实例客观、可信、实用。

本书中有关炼油助剂的原理和工业应用的内容由沈阳工业大学刘公召和徐舸共同撰写，炼油助剂的性能评价内容由沈阳工业大学张进撰写，全书由刘公召负责策划、统稿等工作，由刘公召、徐舸、张进共同完成修改和定稿；沈阳工业大学化学环境系于锦教授、史发年教授、张艳副教授等多位教师参与本书的审阅、校对与修改工作；杨振声、马超、刘英琦、吴心雨等协助完成了附录、插图等录入和校对工作。在此，向给予本书编写极大支持和帮助的各位同事与同学们表示深深的谢意。

尽管这是我们多年科研成果和教学经验的结晶，但由于作者水平有限，疏漏和不妥之处在所难免，恳请各位读者批评指正。

作者
2016年5月

目录

第1章 绪论

001

1.1 炼油助剂概述	001
1.1.1 概念和分类	001
1.1.2 合理使用炼油助剂	002
1.1.3 展望	003
1.2 主要炼油工艺简述	004
1.2.1 原油蒸馏	005
1.2.2 催化裂化	007
1.2.3 加氢裂化	009
1.2.4 催化重整	012
1.2.5 延迟焦化	013
1.2.6 加氢精制	014
1.3 炼油助剂的主要品种	016
1.3.1 常减压蒸馏用助剂	016
1.3.2 催化裂化用助剂	018
1.3.3 催化加氢用助剂	020
1.3.4 催化重整用助剂	020
1.3.5 延迟焦化用助剂	021
1.3.6 油品添加剂	022

第2章 阻垢剂

024

2.1 炼油工业中的垢及其危害	024
2.1.1 垢与结垢	024
2.1.2 阻垢简介	025
2.1.3 阻垢剂的分类	026
2.2 结垢与阻垢的基本原理	027
2.2.1 结垢反应	027
2.2.2 阻垢剂性能	028
2.2.3 国外阻垢剂	029
2.2.4 国内阻垢剂	029
2.3 阻垢剂的评价	032
2.3.1 阻垢剂的理化性质评价	032

2.3.2	阻垢剂的阻垢性能评价	032
2.4	阻垢剂的工业应用	039
2.4.1	延迟焦化装置阻垢剂	039
2.4.2	催化裂化油浆阻垢剂	041
2.4.3	催化加氢原料阻垢剂	046
2.4.4	常减压蒸馏阻垢剂	049

第3章 缓蚀剂 050

3.1	缓蚀剂的作用机理	050
3.1.1	腐蚀与防腐	050
3.1.2	缓蚀剂分类及结构特征	051
3.1.3	缓蚀剂作用机理	053
3.2	缓蚀剂的评价	054
3.2.1	重量法	054
3.2.2	电化学方法	058
3.2.3	其他分析方法	064
3.3	缓蚀剂的工业应用	065
3.3.1	石油加工装置的硫腐蚀与防护	066
3.3.2	水性咪唑啉酰胺的缓蚀性能	073
3.3.3	加氢装置高压空冷阻垢缓蚀剂	075

第4章 消泡剂 077

4.1	消泡剂的作用机理	077
4.1.1	泡沫的形成	077
4.1.2	消泡剂定义	078
4.1.3	消泡机理	080
4.2	消泡剂的现状及发展趋势	082
4.3	消泡剂的种类	084
4.3.1	有机硅消泡剂	085
4.3.2	聚醚型消泡剂	087
4.3.3	硅醚混合型消泡剂	088
4.4	消泡剂的评价	088
4.4.1	消泡剂的理化性质评价	089
4.4.2	消泡性能和抑泡性能	089
4.5	消泡剂的工业应用	091

第5章 金属钝化剂 096

5.1	催化裂化催化剂的金属钝化剂	096
5.1.1	金属对催化裂化催化剂的污染	096

5.1.2	金属钝化剂的作用机理与种类	098
5.2	金属钝化剂的评价	101
5.2.1	金属钝化剂的理化性能评价	101
5.2.2	金属钝化剂的钝化性能评价	102
5.3	金属钝化剂的工业应用	105

第6章 脱硫剂

109

6.1	含硫化合物与硫腐蚀	109
6.1.1	含硫化合物	109
6.1.2	硫腐蚀的特点	110
6.1.3	脱硫的目的	112
6.2	脱硫研究进展	113
6.2.1	胺类脱硫剂	114
6.2.2	其他脱硫剂	115
6.2.3	新型脱硫技术	117
6.3	脱硫的生产原理	119
6.3.1	脱硫的基本原理	119
6.3.2	有机溶剂再生脱硫法	123
6.3.3	催化吸附脱硫法	125
6.4	脱硫剂的评价	127
6.4.1	脱硫剂的理化性能评价	127
6.4.2	脱硫剂脱硫效果评价	127
6.5	脱硫剂的工业应用	132

第7章 原油脱氯剂

134

7.1	氯的危害	134
7.1.1	氯对设备的腐蚀	135
7.1.2	催化剂中毒	136
7.1.3	堵塞管道	136
7.2	脱氯工艺及概述	138
7.2.1	脱氯机理概述	138
7.2.2	国内外脱氯剂现状及发展趋势	139
7.2.3	电脱盐概述	140
7.2.4	有机氯的脱除	141
7.2.5	脱氯剂的制备方法	142
7.2.6	脱氯工艺的选择	143
7.3	脱氯剂的评价	144
7.3.1	脱氯剂使用中需考虑的问题	144

7.3.2	油品中氯的分析测定方法	145
7.3.3	实验室脱氯效果评价	152
7.3.4	工业试验脱氯效果评价	154

第8章 原油破乳剂 155

8.1	原油的乳化与破乳	155
8.1.1	原油乳状液	155
8.1.2	原油破乳剂的基本性质	156
8.1.3	原油破乳剂的分类	158
8.2	原油破乳剂的发展历程	160
8.2.1	国外破乳剂的研究现状	160
8.2.2	国内破乳剂的研究现状	162
8.2.3	破乳技术的发展趋势	164
8.3	破乳机理	165
8.3.1	破乳剂的作用	165
8.3.2	掺稀降黏机理	166
8.3.3	化学破乳机理	166
8.4	原油破乳剂的评价	168
8.4.1	破乳剂性能的评价指标及测定方法	168
8.4.2	筛选破乳剂的方法和破乳效果评价	170
8.4.3	原油破乳剂的动态评价	172

第9章 轻质油增收剂 174

9.1	延迟焦化增收剂概述	174
9.1.1	增加液体收率助剂	174
9.1.2	增加液体收率的作用机理	176
9.2	抗焦增收剂的制备	176
9.2.1	N,N' -二仲丁基对苯二胺的合成	177
9.2.2	二异辛基二苯胺的合成	178
9.3	抗焦增收剂的评价	180
9.3.1	抗焦增收剂的特性参数	180
9.3.2	延迟焦化增收剂的实验室效果评价	181
9.3.3	焦化汽油加氢防焦剂的评价	184
9.3.4	抗垢减焦增液剂的效果评价	186
9.3.5	其他炼油装置抗焦剂的评价	186
9.4	增收剂的工业应用	187

第10章 石油产品添加剂 190

10.1	石油产品添加剂概述	190
------	-----------	-----

10.2	柴油抗磨剂	191
10.2.1	柴油抗磨剂的基本要求	191
10.2.2	柴油抗磨剂研究进展	192
10.2.3	柴油抗磨剂的特性参数	196
10.2.4	柴油抗磨剂的性能测试	198
10.3	汽油抗爆剂	201
10.3.1	抗爆作用原理	201
10.3.2	辛烷值的测定	202
10.3.3	汽油抗爆剂的主要品种	205
10.4	抗氧化剂	206
10.4.1	作用原理	206
10.4.2	抗氧化评价	207
10.5	柴油十六烷值改进剂	207
10.5.1	作用原理	207
10.5.2	主要技术要求	208
附录 I 石油及石油产品分析方法对照表		210
附录 II 炼油助剂性能评价参考指标与参考方法		212
参考文献		214

第 1 章 绪 论

1.1 炼油助剂概述

1.1.1 概念和分类

在炼油工业中，除使用各种催化剂和添加剂之外，不同的炼制、加工过程中还使用各种助剂。助剂泛指为改进生产工艺和产品性能而在生产和加工过程中加入的辅助物质，而炼油助剂专指在石油炼制过程中，直接加入工艺过程，对催化剂活性与寿命、产品质量与性能、设备腐蚀与防护、环保达标等方面起到促进作用的一类物质。

炼油助剂的特点是：

- ① 在工艺过程中加入；
- ② 加入较少的量就能产生明显的作用；
- ③ 一般不允许像添加剂一样存在于产品中。

相比催化剂和溶剂只是针对特定体系发挥专一的催化和溶解作用，助剂的作用却十分广泛，而炼油助剂在石油炼制过程中所起的作用主要有：

- ① 保障工艺流程顺畅、生产操作稳定，如原油破乳剂、脱钙剂；
- ② 抑制化工设备腐蚀、防止物料管道堵塞、减少原料与能源消耗、延长装置运转周期，如缓蚀剂、阻垢剂、消泡剂；
- ③ 增加轻质油收率、提高主体设备的加工能力，如延迟焦化增收剂；
- ④ 保护催化剂的活性和选择性，如催化裂化装置中的金属钝化剂；
- ⑤ 改善产品分布，提高产品质量，如汽油降烯烃助剂；
- ⑥ 减少环境污染，如脱硫剂。

近 20 多年来，随着原油的重质化、劣质化以及高质量轻质油需求量的不断增加、环保指标的日益严格，在炼油过程中添加、使用多种助剂，已经相当普遍。

炼油助剂按基本组成和属性可分为有机助剂和无机助剂两种。按助剂的形态又可分为三种，即固态、液态和气态。而最为广泛的是按照助剂的作用，分为五类（表 1-1）。其中许多助剂具有多种作用，例如加入阻垢剂能够减少结垢现象，使换热器热效率提高，从而有节能效果；又因其减少了管道堵塞，有助于延长开工周期，从而达到了提高

生产装置收率的作用。

本书以炼油过程助剂为主，适当涉及催化剂助剂、改善产品质量助剂、环保与节能助剂等数个品种。

表 1-1 常用炼油助剂分类

分类号	作用	助剂名称
1	原油预处理助剂	破乳剂、脱钙剂等
2	炼油过程助剂	阻垢剂、缓蚀剂、消泡剂、增收剂等
3	催化剂助剂	钝化剂、固钒剂等
4	改善产品质量助剂	降烯烃助剂、脱氯剂等
5	环保与节能助剂	脱硫剂、助燃剂等

1.1.2 合理使用炼油助剂

正确选择、合理使用炼油助剂，能起到事半功倍的效果，而且可以通过迅速观测产品的质量和性能变化确定炼油助剂使用后的效果。

① 首先要优化装置的操作参数，然后再考虑是否加入炼油助剂。

例如为解决换热器结垢问题，加入阻垢剂往往是有效果的；但是在采用加阻垢剂的方法前，首先需要弄清楚设备结垢的原因，调整好装置的操作参数，尽量减少结垢现象。如果操作条件已经经过充分、有效的优化，此时再采取加入炼油助剂的方法，才会起到应有的作用。

② 加入的炼油助剂量要适宜。

炼油助剂的使用特点是加入量少，见效快而且效果持久；但是与生产装置、原料等对产品的直接作用相比，炼油助剂毕竟是辅助性的，以增效为主。因此，在研制、使用任何炼油助剂时，都应充分考虑对原料的影响，以及与催化剂的复合效应，考虑对下游工艺的影响，努力实现技术上可行，经济上合理。

③ 加注方式和位置要合适。

为了充分发挥炼油助剂的作用，要选择合适的加注方式和位置。例如金属钝化剂，为了保证其与原料油在进入反应器前混合均匀，选择的加注点离反应器入口的距离至少大于 4m，以便有足够的混合段和混合时间；金属钝化剂的加注点还应在该工段所有的加热器之后，防止金属钝化剂被加热而过早分解。

④ 注意不同炼油助剂的相互影响。

一种炼油生产装置中所加入的炼油助剂往往不止一种，在这个装置中就需要密切注意多种炼油助剂之间的相互影响。例如 FCC 装置中加入的金属钝化剂具有抑制 CO 助燃剂效能的不良作用，在这种情况下，CO 助燃剂的加入要增加 50%~100%，结果又稀释了催化剂，降低了装置的加工量。

⑤ 注意炼油助剂的负面效应。

当使用某种炼油助剂时要考虑其对催化剂和其他助剂的影响，还要考虑到对下游装置的影响。例如延迟焦化装置常使用含硅的消泡剂，消泡后会有微量有机硅残留于汽、柴油组分中，将可能造成后续汽、柴油加氢处理过程中使用的含镍催化剂失活，而且这种失活是不可逆的，只能停工更换新催化剂。

1.1.3 展望

使用范围最广的炼油助剂是缓蚀剂和阻垢剂，几乎所有的炼油装置如催化重整、加氢精制、延迟焦化等生产装置中都会使用它们。使用炼油助剂最多的装置是原料油的常减压蒸馏（图 1-1 所示）和催化裂化（图 1-2 所示）装置。

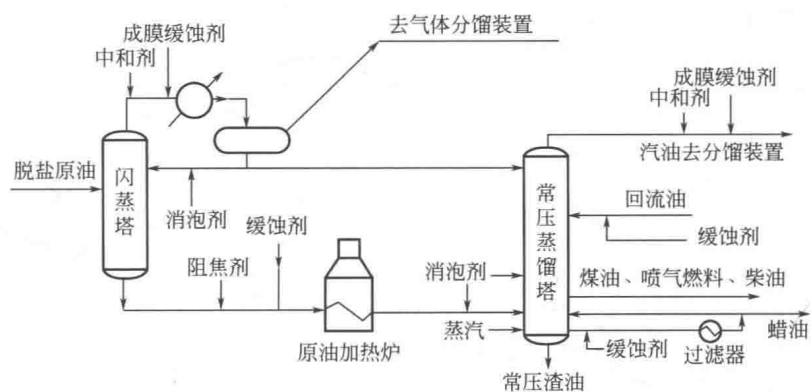


图 1-1 原油常减压蒸馏装置中使用的助剂

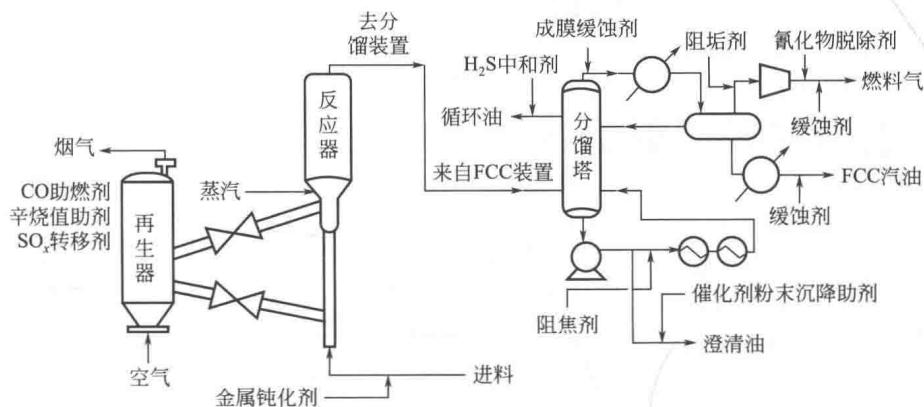


图 1-2 催化裂化装置中使用的助剂

在 20 世纪 60 年代，常减压蒸馏装置开始使用炼油助剂，且已相当普遍。国内外炼油厂普遍采用的“一脱四注”是炼油厂常用的防腐措施之一。其中“一脱”指的是原油脱盐；而“四注”则指的是注碱、注氨、注碱性水、注缓蚀剂四步工艺。特别是近年来我国高酸值原油的开采和进口含硫原油的增加，使常减压蒸馏装置腐蚀严重，以缓蚀剂为代表的炼油助剂的合理、适量使用就更加不容忽视。

催化裂化装置是炼油厂重要的二次加工装置，它利用高温催化剂将原料油反应生成汽油、柴油、油浆、液化气等产品。该工艺过程主要是围绕催化剂的反应，因此所加入的多达 10 种以上的炼油助剂均需以保证催化剂活性与性能为前提，进而在催化剂和炼油助剂的共同作用下，控制好整个工艺过程的产品质量、产品分布。

相对于催化剂和添加剂来说，炼油助剂出现较晚（图 1-3 所示），但它在提高产品质量、优化产品分布和节能、环保等方面，正在发挥着重要作用，并且还有相当大的发展空间。进入 21 世纪以来，我国在改进、发展炼油工艺和催化剂的同时，炼油助剂的开发取得了非常显著的进步。目前，我国炼油助剂生产的品种多、数量大，但质量与国际水平相比仍存在一定差距，需要进一步加深对炼油助剂作用机理的研究，对炼油助剂的生产工艺进行改进与提高，对单一炼油助剂的多场合、多装置应用，以及多种炼油助剂的混合应用进行探索，以获得更大的经济和社会效益。

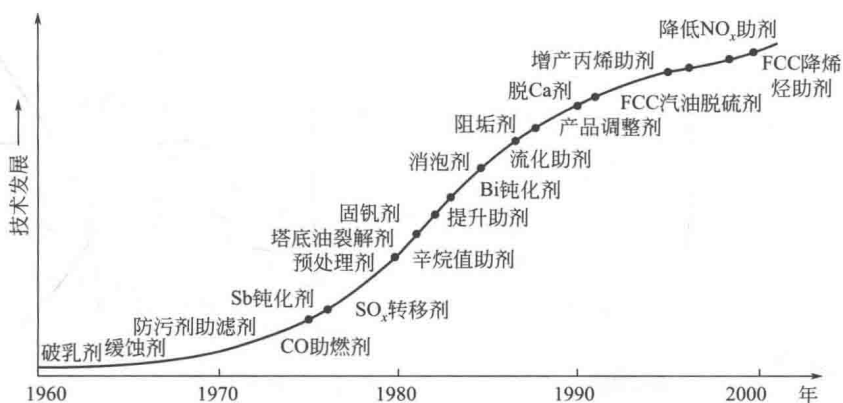


图 1.3 炼油助剂的开发历程

1.2 主要炼油工艺简述

炼油即石油炼制，是将原油或其他油脂进行蒸馏改变分子结构的一种工艺，也就是把原油等裂解为符合内燃机使用的煤油、汽油、柴油等燃料油，副产石油气和渣油；比燃料油重的组分，又通过热裂化、催化裂化等化学工艺转化为燃料油，这些燃料油有的要采用加氢等工艺进行精制。最重的减压渣油经溶剂脱沥青过程生产出脱沥青油和石油沥青，或经过延迟焦化工艺使重油裂化为燃料油组分，并副产石油焦。润滑油型炼油厂经溶剂精制、溶剂脱蜡和补充加氢等工艺，生产出各种发动机润滑油、机械油、变压器油、液压油等特殊工业用油。如今加氢工艺更多地用于燃料油和润滑油的生产中。此外，为石油化工生产原料的炼油厂还采用加氢裂解工艺。

从图 1-4 可以看出，整个炼油流程包括原油一次加工过程（常、减压蒸馏），二次加工过程（催化裂化、延迟焦化、加氢裂化等），原料和产品精制过程（渣油加氢、润滑油加氢等）。原油经过一次加工后，轻组分液化气和石脑油直接作为产品出厂，直馏

煤油和柴油需加氢处理后作为产品出厂；余下约 40% 以馏分油进入二次加工，通过催化裂化、加氢裂化和延迟焦化等手段，将馏分油转化成大部分汽油、柴油或润滑油等基础油原料，经过精制等后处理作为产品出厂。

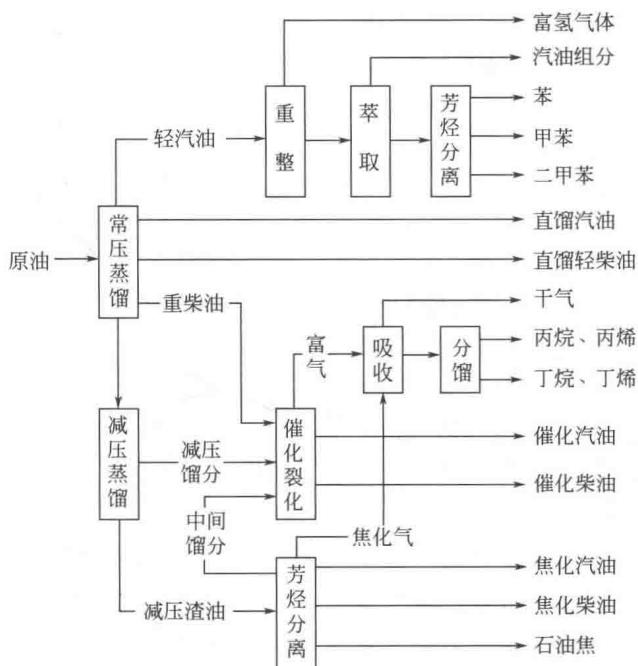


图 1.4 炼油流程图

1.2.1 原油蒸馏

最基本的石油炼制过程，指用蒸馏的方法将原油分离成不同沸点范围油品（称为馏分）的过程。通常包括三个工序：原油预处理，即脱除原油中的水和盐；常压蒸馏，在接近常压下蒸馏出汽油、煤油（或喷气燃料）、柴油等直馏馏分，塔底残余为常压渣油（即重油）；减压蒸馏，使常压渣油在 8kPa 左右的绝对压力下蒸馏出重质馏分油作为润滑油料、裂化原料或裂解原料，塔底残余为减压渣油。如果原油轻质油含量较多或市场需求燃料油多，原油蒸馏也可以只包括原油预处理和常压蒸馏两个工序，俗称原油拔头。原油蒸馏所得各馏分有的是一些石油产品的原料，有的是二次加工的原料。

原油常减压蒸馏是将原油加热到一定温度后，使沸点范围不同的各种物质得到分离的物理过程。现代原油常减压蒸馏过程采用三塔操作，即初馏塔、常压塔和减压塔，进入三塔之前还要进行预处理。具体流程如图 1-5 所示。

石油是十分复杂的分散体系，以油包水（W/O）型为主，其中除含有工业生产所需要的组分和大量多余的水分外，还含有 NaCl、CaCl₂、MgCl₂ 等盐类杂质，而这些成分会严重影响原油的加工生产过程。在油田，原油要经过脱水和稳定以便脱除大部分水及水中的盐，但仍有部分水（<0.5%）不能脱除，因为这些水是以乳化状态存在于原

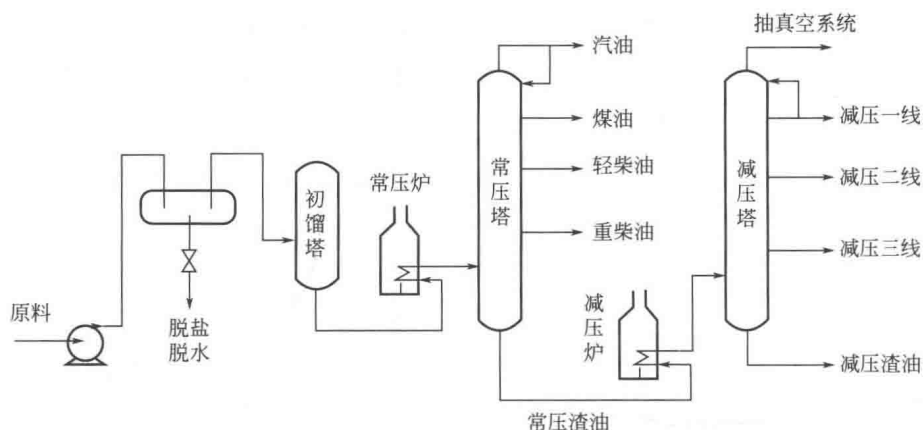


图 1-5 原油常减压蒸馏流程

油中。原油含水含盐给原油运输、贮存、加工和产品质量都会带来危害；原油含水过多会造成蒸馏塔操作不稳定，严重时甚至造成冲塔事故，含水多不仅增加了热能消耗，也增大了冷却器的负荷和冷却水的消耗量。目前，国内外炼油厂要求在加工前，原油含水量达到 0.1%~0.2%。

原油中的盐类会水解生成强腐蚀性物质 HCl，同时，盐类还会引起原油加工过程中催化剂中毒，以及在管壁上沉淀形成盐垢而降低传热效率，增大流动阻力，甚至会堵塞管路，造成停工事故，因此为减轻加工装置设备的腐蚀及结垢、减轻原油中杂质对后续加工工艺中催化剂的危害、提高产品质量，原油在加工前必需先进行破乳脱水脱盐。原油的破乳脱水脱盐是原油生产的重要指标，也是控制外供原油含水含盐指标的重要手段。过去炼油厂要求原油含盐量低于 5~10mg/L，而现在进一步要求进入蒸馏塔的原油含盐量不高于 3.0mg/L。原油中的盐大部分溶于所含水中，故脱盐脱水是同时进行的（二级电脱盐脱水的工艺流程如图 1-6 所示）。采用电化学分离时，在原油中要加入几到几十 $\mu\text{g/g}$ 破乳剂（离子型破乳剂或非离子型聚醚类破乳剂）和软化水，然后通过高压电场（电场强度 1.2~1.5kV/cm），使含盐的水滴聚集沉降，从而除去原油中的

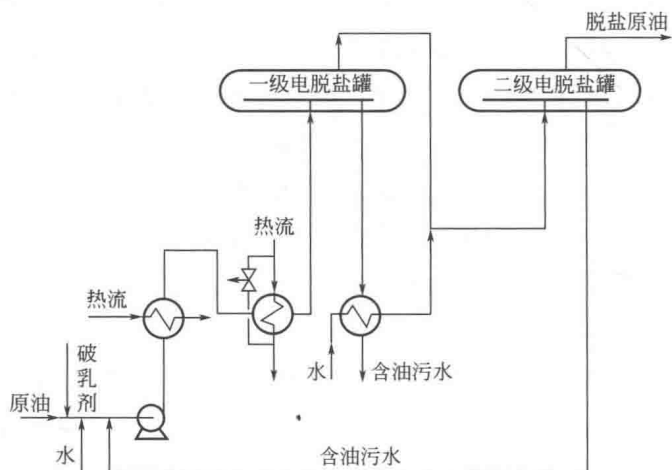


图 1-6 二级电脱盐脱水工艺流程

盐、水和其他杂质。电化学脱盐常以两组设备串联使用，这样可以提高脱盐效果。

初馏又称为预汽化，是在原油进加热炉之前进行的，采取初馏塔操作，在此进行气体、轻烃组分和轻石脑油分离。原油经过初馏后，能降低常压塔和减压塔的负荷。利用加热炉、分馏塔等设备将原油汽化，烃（碳氢化合物的总称）类化合物在不同的温度下蒸发，然后将这些物质冷却为液体，生产出一系列的石油制品即为常压蒸馏。利用降低压力从而降低沸点的原理，将常压重油在减压塔内分馏，从重油中分出柴油、润滑油、石蜡、沥青等产品则为减压蒸馏。

常压蒸馏即为将预处理后的原油经加热后送入有常压蒸馏装置（工艺流程如图 1-7 所示）的初馏塔以蒸馏出大部分轻汽油的工艺过程。初馏塔底原油经加热至 $360\sim 370^{\circ}\text{C}$ ，进入常压蒸馏塔（塔板数为 $36\sim 48$ ），该塔的塔顶产物为汽油馏分（又称石脑油），与初馏塔顶的轻汽油一起可作为催化重整原料，或作为石油化工原料，或作为汽油调和组分。常压塔侧线出料进入汽提塔，用水蒸气或再沸器加热，蒸出轻组分以控制轻组分含量（用产品闪点表示）。通常，侧一线为喷气燃料（即航空煤油）或煤油馏分，侧二线为轻柴油馏分，侧三线为重柴油或变压器油馏分（属润滑油馏分），塔底产物即常压渣油（即重油）。

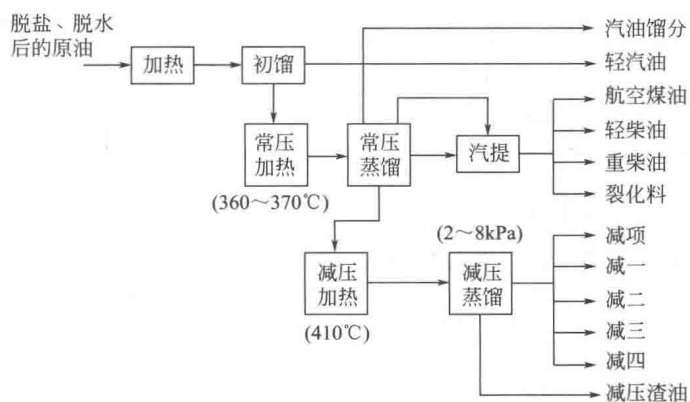


图 1-7 原油常减压蒸馏产品分布示意图

减压蒸馏也称真空蒸馏。原油中重馏分沸点约 $370\sim 535^{\circ}\text{C}$ ，在常压下要蒸馏出这些馏分，需要加热到 410°C 以上，而在此温度下，重馏分会发生一定程度的裂化，因此需在常压蒸馏后再进行减压蒸馏以获得重馏分。在约 $2\sim 8\text{kPa}$ 的绝对压力下，可以在不发生明显裂化反应的温度下蒸馏出重组分。常压渣油经减压加热炉加热到约 $380\sim 400^{\circ}\text{C}$ 送入减压蒸馏塔。减压蒸馏可分为润滑油型和燃料油型两类。前者各馏分的分离精确度要求较高，塔板数为 $24\sim 26$ ；后者要求不高，塔板数为 $15\sim 17$ 。

1.2.2 催化裂化

石油炼制过程之一，是在热和催化剂的作用下使重质油发生裂化反应，转变为裂化气、汽油和柴油等的过程。原料采用原油蒸馏（或其他石油炼制过程）所得的重质馏分

