



TEACHING MATERIALS FOR COLLEGE STUDENTS

高等学校教材

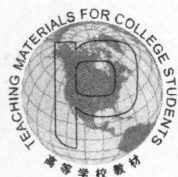
# 石油加工 现场教学

SHI YOU JIA GONG XIAN CHANG JIAO XUE

主编 刘雪暖



中国石油大学出版社



TEACHING MATERIALS FOR COLLEGE STUDENTS

高等学校教材

# 石油加工现场教学

SHIYOUJIAGONGXIANCHANGJIAOXUE

主 编 刘雪暖

副主编 段红玲 王万里

王兰娟 亓荣彬

李发永

中国石油大学出版社

**图书在版编目(CIP)数据**

石油加工现场教学/刘雪暖主编. —东营:中国石油大学出版社,2007.6

ISBN 978-7-5636-2173-6

I. 石... II. 刘... III. 石油炼制—高等学校—教材  
IV. TE62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 090600 号

书 名:石油加工现场教学

作 者:刘雪暖 等

---

责任编辑:高 颖(电话 0546—8393394)

封面设计:九天设计

---

出 版 者:中国石油大学出版社(山东 东营 邮编 257061)

网 址:<http://www.uppbook.com.cn>

电子信箱:[shiyoujiaoyu@126.com](mailto:shiyoujiaoyu@126.com)

排 版 者:中国石油大学出版社排版中心

印 刷 者:东营市新华印刷厂

发 行 者:中国石油大学出版社(电话 0546—8392791,8392563)

开 本:180×235 印张:12.75 字数:260 千字

版 次:2007 年 6 月第 1 版第 1 次印刷

定 价:18.00 元

# 前 言

---

化工单元设备是炼油厂和化工厂各类装置的重要组成部分。化工单元设备的结构和工作原理是化学工程与工艺专业及相关专业的本、专科学生的必修课程内容之一。在学习化工原理课程之前,认识并初步了解各种化工单元设备的功用、结构、原理、操作以及部分典型的石油加工工艺流程,对于学好后续的专业基础课程及专业课程是十分必要的。为此,中国石油大学(华东)化学化工学院化学工程系的教师们集多年讲授化工原理和指导炼油厂认识实习的经验,在严昭信等老教师所编写的校内胶印教材《石油加工现场教学》的基础上,参考了国内外许多专家和学者关于化工单元设备研究的专著和相关资料,编写了这本教材。

全书内容包括石油及其产品的简介、石油化工生产的典型工艺流程简介以及各种分离设备(塔器)、换热设备、流体输送机械、管式加热炉、过滤设备和催化裂化装置的特有设备的介绍。本书浅显易懂、图文并茂,非常适合初涉石油加工和化工领域的本、专科学生和现场操作人员学习。

本书不仅可以作为石油化工高等院校化工类及其相关专业炼油厂认识实习的教材,也可以作为石油加工专业实习的参考教材。除此以外,本书还可作为炼油厂和化工厂的岗前培训教材。

参与本书编写的有化学工程系的段红玲(第1章)、王万里(第2章和第5章)、王兰娟(第3章)、元荣彬(第4章),最后由刘雪暖教授修改审定。另外,本书在编写过程中还得到了化学工程系主任李发永教授及其他教师的支持和帮助,在此深表感谢。由于编者的水平有限,经验尚且不足,书中定会存在个别欠妥之处,敬请各位同仁和读者批评指正。

编 者

2007年4月

# 目 录

---

## 第 1 章 石油化工生产的工艺流程简介

|                       |    |
|-----------------------|----|
| 1.1 概述 .....          | 1  |
| 1.2 石油及其产品简介 .....    | 1  |
| 1.2.1 石油的性质 .....     | 1  |
| 1.2.2 石油产品简介 .....    | 3  |
| 1.3 化工生产的典型工艺流程 ..... | 7  |
| 1.3.1 石油炼厂的加工流程 ..... | 7  |
| 1.3.2 合成氨的工艺流程 .....  | 37 |
| 1.3.3 乙烯生产的工艺流程 ..... | 43 |

## 第 2 章 流体输送管路及机械

|                  |    |
|------------------|----|
| 2.1 概述 .....     | 48 |
| 2.2 流体输送管路 ..... | 48 |
| 2.2.1 直管 .....   | 48 |
| 2.2.2 管件 .....   | 50 |
| 2.2.3 阀门 .....   | 52 |
| 2.3 液体输送机械 ..... | 66 |
| 2.3.1 离心泵 .....  | 66 |
| 2.3.2 往复泵 .....  | 77 |
| 2.3.3 旋转泵 .....  | 79 |
| 2.3.4 旋涡泵 .....  | 80 |
| 2.3.5 射流泵 .....  | 81 |
| 2.3.6 轴流泵 .....  | 83 |
| 2.4 气体输送机械 ..... | 83 |
| 2.4.1 通风机 .....  | 85 |
| 2.4.2 鼓风机 .....  | 86 |
| 2.4.3 压缩机 .....  | 87 |
| 2.4.4 真空泵 .....  | 93 |

### 第3章 换热设备与加热炉

|                           |     |
|---------------------------|-----|
| 3.1 概述 .....              | 104 |
| 3.2 换热设备的分类 .....         | 104 |
| 3.3 间壁式换热器 .....          | 105 |
| 3.3.1 列管式换热器 .....        | 105 |
| 3.3.2 其他类型的间壁式换热器 .....   | 109 |
| 3.4 管式加热炉 .....           | 116 |
| 3.4.1 管式加热炉的一般结构与操作 ..... | 116 |
| 3.4.2 管式加热炉的主要技术指标 .....  | 117 |
| 3.4.3 管式加热炉的炉型 .....      | 120 |
| 3.4.4 管式加热炉的构件 .....      | 126 |

### 第4章 塔设备

|                           |     |
|---------------------------|-----|
| 4.1 概述 .....              | 132 |
| 4.1.1 塔设备的发展及应用 .....     | 132 |
| 4.1.2 气-液及液-液传质过程简介 ..... | 133 |
| 4.2 塔的基本结构及工作原理 .....     | 137 |
| 4.2.1 塔的结构 .....          | 137 |
| 4.2.2 塔的一般工作原理与流程 .....   | 138 |
| 4.3 板式塔的结构 .....          | 140 |
| 4.3.1 板式塔类型 .....         | 140 |
| 4.3.2 塔板结构 .....          | 145 |
| 4.3.3 溢流装置 .....          | 146 |
| 4.3.4 塔板的分块及组装 .....      | 150 |
| 4.4 填料塔的结构 .....          | 157 |
| 4.4.1 填料的种类 .....         | 157 |
| 4.4.2 液体分布装置 .....        | 162 |
| 4.4.3 液体再分布装置 .....       | 163 |
| 4.4.4 填料支承装置 .....        | 166 |
| 4.5 塔的附属设备 .....          | 167 |
| 4.5.1 塔顶冷凝器 .....         | 167 |
| 4.5.2 塔底再沸器 .....         | 168 |
| 4.6 塔的其他附件 .....          | 170 |
| 4.6.1 筒体与封头 .....         | 170 |

|                   |                  |            |
|-------------------|------------------|------------|
| 4.6.2             | 人孔与手孔 .....      | 170        |
| 4.6.3             | 裙座 .....         | 172        |
| 4.6.4             | 接管 .....         | 172        |
| 4.6.5             | 除沫装置 .....       | 175        |
| <b>第 5 章 其他设备</b> |                  |            |
| 5.1               | 催化裂化设备与零部件 ..... | 178        |
| 5.1.1             | 反应器 .....        | 178        |
| 5.1.2             | 再生器 .....        | 179        |
| 5.1.3             | 旋风分离器 .....      | 186        |
| 5.2               | 过滤设备 .....       | 189        |
| 5.2.1             | 过滤的基本原理 .....    | 189        |
| 5.2.2             | 过滤设备的分类 .....    | 190        |
| <b>参考文献 .....</b> |                  | <b>195</b> |

# 第 1 章

## 石油化工生产的 工艺流程简介

### >> 1.1 概述

我国现代化的炼油工业是在中华人民共和国成立之后才开始建立的。在此之前,我国只有几个很小的炼油厂,而且它们的工艺技术落后、设备简陋、原油加工量和石油产品品种很少,所以当时大部分石油产品依靠进口。新中国成立以后,石油资源的开发得到了充分重视。在原油产量逐步增长的情况下,国家对原有炼油厂进行了改造和扩建,并于 1958 年在兰州建成了第一座现代化的炼油厂。我国的炼油厂主要炼制国产原油。目前,我国最大的油田是大庆油田,其他较大的油田还有胜利油田、辽河油田、华北油田、中原油田及克拉玛依油田等。炼油厂一般由几个或更多的炼油装置和相应的辅助系统组成,通过加工原油,生产出相应的产品。

化学工业在国民经济中占有十分重要的地位,是国民经济不可缺少的部门之一。到目前为止,生产出的化工产品约 30 万种。我国化学工业的产值占工业总产值的 12%,且比重还在逐年增长。化学工业的投资回报率高,某些精细化工企业短期内即可回收全部投资,大型的化工企业一般 3~5 年也可回收全部投资。化工产品不仅直接关系到人们的衣食住行,而且对工业、农业以及尖端科学技术也有着重要的作用。

### >> 1.2 石油及其产品简介

#### 1.2.1 石油的性质

天然的石油亦称原油,通常为流动或半流动的粘稠液体。从颜色上看,石油绝大多数是黑色的,也有暗黑色、暗绿色、暗褐色的,亦有一些石油呈赤褐色、浅黄色。绝大多数石油的相对密度都小于 1,一般介于 0.80~0.98 之间,但也有个别例外的。表 1-1 中列举了我国部分油田原油的某些性质。从表中可以看出,我国主要油田原油的共同特点是密度较大、含蜡量高、轻馏分较少。

表 1-1 我国部分油田原油的某些性质

| 原油性质                        | 大 庆     | 胜 利     | 辽 河       | 华 北     | 克拉玛依      |
|-----------------------------|---------|---------|-----------|---------|-----------|
| 属 性                         | 低硫、石蜡基  | 含硫、中间基  | 低硫、环烷-中间基 | 低硫、石蜡基  | 低硫、石蜡-中间基 |
| 相对密度 $d_4^{20}$             | 0.855 4 | 0.900 5 | 0.904 2   | 0.883 7 | 0.853 8   |
| 运动粘度(50 ℃)/cSt <sup>①</sup> | 20.19   | 83.36   | 37.26     | 57.10   | 18.80     |

续表

| 原油性质                      | 大 庆  | 胜 利  | 辽 河    | 华 北  | 克拉玛依 |
|---------------------------|------|------|--------|------|------|
| 凝点/℃                      | 30   | 28   | 21(倾点) | 36   | 12   |
| $w^{②}$ (200℃馏出量)/%       | 11.5 | 7.6  | 9.4    | 6.1  | 15.4 |
| $\varphi^{③}$ (200℃馏出量)/% | 13.4 | 9.0  | 11.2   | 7.2  | 17.7 |
| $w$ (200℃馏出量)/%           | 31.2 | 25.1 | 30.9   | 26.0 | 41.4 |
| $\varphi$ (350℃馏出量)/%     | 34.0 | 28.0 | 34.3   | 28.9 | 44.6 |
| $w$ (>500℃馏出量)/%          | 42.8 | 47.4 | 39.9   | 39.1 | 29.7 |
| $\varphi$ (>500℃馏出量)/%    | 40.1 | 44.0 | 36.2   | 35.6 | 27.1 |
| $w$ (蜡)/%                 | 26.2 | 14.6 | 9.9    | 22.8 | 7.2  |
| $w$ (硅胶胶质)/%              | 8.9  | 19.0 | 13.7   | 23.2 | 10.6 |
| $w$ (残炭)/%                | 2.9  | 6.4  | 4.8    | 6.7  | 2.6  |

注:①  $1 \text{ cSt} = 1 \text{ mm}^2/\text{s}$ ; ②  $w$  表示质量分数; ③  $\varphi$  表示体积分数。

原油是一种极为复杂的混合物,其外观性质上的差异是化学组成不同的一种反映。不同油田生产的原油因组成不同,往往具有不同的性质;即使是同一油田,由于采油层位不同,原油的性质也可能会出现差异。但原油中碳、氢元素组成却在很窄的范围内变化,其中碳的含量为 83%~87%(质量分数),氢的含量为 11%~14%(质量分数),总计为 95%~99%(质量分数)。除了碳、氢元素外,虽然硫、氮、氧及一些微量元素在原油中的含量只有 1%~5%(质量分数),但是它们都是以碳氢化合物的衍生物形态存在于原油中的,因而含有这些元素的化合物在原油中所占的比例要大得多。这些元素的存在对于原油的性质和加工过程有很大影响,必须予以充分重视。

表 1-2 为我国某些原油中非碳、氢元素的含量。由表中可以看出,我国大部分原油的硫含量都很低,而氮含量偏高。原油中的微量元素以钒(V)、镍(Ni)最为重要,因为它们在进行加工过程中的危害性最大。我国原油的钒含量很低,但镍含量偏高。

表 1-2 原油中一些非碳、氢元素的含量

| 原油产地 | $w$ (硫)/% | $w$ (氮)/% | $w$ (钒)/(×10 <sup>-6</sup> ) | $w$ (镍)/(×10 <sup>-6</sup> ) | $w$ (铁)/(×10 <sup>-6</sup> ) | $w$ (铜)/(×10 <sup>-6</sup> ) | $w$ (砷)/(×10 <sup>-9</sup> ) |
|------|-----------|-----------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| 大 庆  | 0.12      | 0.13      | <0.08                        | 2.3                          | 0.7                          | 0.25                         | 2 800                        |
| 胜 利  | 0.80      | 0.41      | 1                            | 26                           | —                            | —                            | —                            |
| 孤 岛  | 1.8~2.0   | 0.5       | 0.8                          | 14~21                        | 16                           | 0.4                          | —                            |
| 辽 河  | 0.18      | 0.31      | 0.6                          | 32.5                         | —                            | —                            | —                            |
| 华 北  | 0.31      | 0.38      | 0.7                          | 15                           | 1.8                          | —                            | 0.220                        |
| 江 汉  | 1.83      | 0.30      | 0.4                          | 12.0                         | <1                           | 0.5                          | —                            |

续表

| 原油产地                | $w(\text{硫})/\%$ | $w(\text{氮})/\%$ | $w(\text{钒})/(\times 10^{-6})$ | $w(\text{镍})/(\times 10^{-6})$ | $w(\text{铁})/(\times 10^{-6})$ | $w(\text{铜})/(\times 10^{-6})$ | $w(\text{砷})/(\times 10^{-9})$ |
|---------------------|------------------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| 克拉玛依                | 0.05             | 0.13             | 0.07                           | 5.6                            | —                              | —                              | —                              |
| 世界各地<br>原油的<br>最高含量 | 5.5              | 0.77             | 230                            | 138                            | —                              | —                              | 1 630                          |
| 世界各地<br>原油的<br>最低含量 | 0.02             | 0.02             | 0.1                            | <1                             | —                              | —                              | 0.01                           |

由上述的元素组成可以看出,组成石油的化合物主要是烃类。现已确定,石油中的烃类主要是烷烃(链烷烃)、环烷烃、芳香烃。而硫、氮、氧这些元素则以各种含硫、含氮、含氧化合物的形态以及兼有硫、氮、氧的胶状、沥青状物质的形态存在于石油中,统称为非烃类。

### 1.2.2 石油产品简介

从石油中得到的产品多达上千种,大致可以分为4大类:燃料,润滑油与润滑脂,石蜡、沥青和石油焦,石油化工产品。下面对这些产品的性能和用途作一下简要介绍。

#### 1.2.2.1 燃料

燃料的品种有汽油、喷气燃料、煤油、柴油和燃料油,主要作为发动机燃料、锅炉燃料和照明油等。燃料的用量最多,占全部石油产品的90%以上。

##### 1) 汽油

汽油主要用于汽油机(点燃式发动机),如各种小型汽车及飞机等。根据汽油机的工作条件,汽油的使用性能应该满足以下要求:

- (1) 良好的蒸发性能;
- (2) 燃烧性能好,不会产生爆震、早燃等现象;
- (3) 抗氧化性能好,在储存和输送中生成胶质的倾向小;
- (4) 对发动机没有腐蚀和磨损作用。

汽油的主要规格指标有以下几项:

(1) 汽油的蒸发性能。汽油标准规定用GB 255的方法测定馏程。一般要求测出10%,50%,90%馏出体积的温度和干点(温度),以保证车辆的启动性能、加速性能和平稳性、燃烧完全程度等。表1-3列出了汽油不同馏分的温度及干点。

蒸气压是保证汽油在使用中不发生气阻的质量指标,用GB 257的方法测定。在南方、夏季或高原地区,规定车用汽油的蒸气压不得大于500 mmHg(1 mmHg=133.322 Pa),以防止因气温高或气压低而形成气阻,影响正常供油。规定航空汽油的蒸气压为200~360 mmHg,以防止因蒸气压太低而不利于发动机启动。

表 1-3 汽油不同馏分的温度及干点

| 初馏点/℃ | 10%馏出温度/℃ | 50%馏出温度/℃ | 90%馏出温度/℃ | 干点/℃ |
|-------|-----------|-----------|-----------|------|
| 60    | 87        | 107       | 139       | 170  |
| 68    | 94        | 108       | 160       | 200  |
| 76    | 103       | 138       | 174       | 200  |
| 99    | 132       | 154       | 183       | 200  |

(2) 汽油的抗爆性。汽油的抗爆性好,即使用于压缩比较高的发动机,也不会出现爆震现象,从而可获得较高的经济效益。车用汽油的抗爆性用辛烷值表示。我国规定车用汽油的辛烷值不得低于 66 号。航空汽油的抗爆性用辛烷值和品度两个指标表示。它们分别表示飞机在巡航和爬高或战斗时的汽油抗爆性。我国规定航空汽油的辛烷值不得低于 75 号。

(3) 汽油的安定性。在贮存和使用过程中,汽油通常出现颜色变深、生成粘稠胶状沉淀物的现象,在加铅汽油中还可能出现白色沉淀。产生这些变质现象的根本原因是汽油中含有不安定组分。汽油中最不安定的组分包括烃类中的二烯烃、苯烯烃和非烃类中的苯硫酚、吡咯及其同系物。影响汽油安定性的外界因素有光照、温度、金属和空气中的氧等。

汽油的安定性用不饱和烃含量、氧化难易程度和胶质含量等来表征,具体的指标是碘值和诱导期,它们分别表示汽油中不饱和烃的含量及生成胶质的含量。

(4) 汽油的腐蚀性。汽油中的烃类没有腐蚀性,但一些非烃类物质如水溶性酸碱、有机酸、活性硫化物等对金属都有腐蚀作用。表示汽油腐蚀性的指标有酸度、水溶性酸碱、硫含量和铜片腐蚀等。

## 2) 喷气燃料(航空煤油)

喷气燃料主要用作喷气式发动机的燃料。这一燃料在高空低温、低气压下一经点燃便能连续、平稳、迅速和完全地燃烧。

国产航空煤油要求净热值不得小于  $10\,220 \sim 10\,250 \text{ kcal/kg}$  ( $1 \text{ kcal} = 4.1868 \text{ kJ}$ ) 燃料,相对密度不能小于  $0.750 \sim 0.775$ 。通常航空煤油用馏程的 10%(体积分数)馏出温度表示蒸发的难易程度,用 90%(体积分数)馏出温度控制重组分的含量。在航空煤油标准中,烟点和辉光值是控制积炭性能的两个重要指标。一般规定航空煤油的辉光值不得低于 45,凝点在  $-40^\circ\text{C}$  以下,以保证良好的低温性能。航空煤油中的水分不能超过  $30 \times 10^{-6}$  (质量分数),表面活性物质要低于  $1 \times 10^{-6}$  (质量分数),以保证航空煤油的洁净性能。评定航空煤油热氧化安定性的指标为动态热安定性(SY 2226),现已列为 3 号喷气燃料的质量指标。

## 3) 轻柴油

轻柴油是压燃式发动机的燃料。根据柴油机转速的不同,选用不同类型的柴油。转

速为 1 000 r/min 以上的高速柴油机以轻柴油为燃料,转速为 500~1 000 r/min 的中速柴油机和转速小于 500 r/min 的低速柴油机以重柴油为燃料。轻柴油的性能指标概括起来有以下几点:

(1) 粘度是保证柴油的供油量、雾化状态、燃烧状况和高压油泵润滑的重要指标。为保证良好的雾化性能、蒸发性能和燃烧性能,国产轻柴油规定其 20 ℃ 的运动粘度为 2.5~8.0 mm<sup>2</sup>/s。

(2) 为保证在高温、高压空气中汽化并与空气形成可燃性混合气后才开始自燃,柴油必须有一定的蒸发速度。柴油的馏分组成对其蒸发性能影响很大。国产轻柴油规格指标要求其 300 ℃ 馏出量不得小于 50%(体积分数),350 ℃ 馏出量不得小于 90%~95%(体积分数)。

(3) 柴油的燃烧性能(抗爆性)用十六烷值来衡量。十六烷值也是关系到节能和减少污染的指标。转速大于 1 000 r/min 以上的高速柴油机以使用十六烷值为 40~50 的轻柴油为宜,其他中、低速柴油机以使用十六烷值为 35~40 的重柴油为宜。

(4) 国产柴油以凝点表示其低温流动性,并以此作为商品牌号,如国产的 0 号和 -10 号轻柴油分别表示其凝点不得高于 0 ℃ 和 -10 ℃。必须根据使用的环境温度来选择柴油牌号。通常应使柴油的凝点比环境温度低 5~10 ℃。

(5) 此外,规定柴油的硫含量应在 0.2%(质量分数)以下,灰分含量不得大于 0.025%(质量分数),以减少柴油机的腐蚀和磨损;规定实际胶质含量应控制在 30 mg/mL 以下,以保证柴油的安定性。柴油的使用、储存安全性用闪点来表示,一般闪点高于 40 ℃ 就能符合国际危险品规定的界限。

#### 4) (灯用)煤油

煤油是原油 180~310 ℃ 左右的直馏馏分油,广泛用作照明燃料、炊事燃料、鱼雷燃料以及医药、油漆等工业的溶剂,其中,以灯用煤油用量最多。

影响煤油吸油性的主要因素是馏程和浊点。为保证火焰的平稳和持久,应控制煤油的 70%(体积分数)馏出温度不高于 270 ℃,同时必须控制干点不大于 310 ℃。国产 1 号和 2 号灯用煤油规定浊点不得高于 -15 ℃ 和 -12 ℃。灯用煤油的芳香烃含量和硫含量必须有一定的限制,以保证其点燃性和安全性。

#### 5) 燃料油

燃料油分为船用内燃机燃料油和炉用燃料油两大类。船用内燃机燃料油是由直馏重油与一定比例的柴油调和而成的,用于大型低速船用柴油机(转速小于 150 r/min)。船用内燃机燃料油的主要性能指标有粘度、闪点、凝点、胶质和沥青质含量、蜡含量、水分、机械杂质、硫含量等。炉用燃料油又称为重油,主要是减压渣油、裂化残油或二者的混合物,或调入适量裂化轻油制成的重质石油燃料,可作为各种工业炉或锅炉的燃料。炉用燃料油的主要性能指标有粘度、闪点、凝点、灰分、水分、硫含量和机械杂质等。

### 1.2.2.2 润滑油和润滑脂

润滑油的品种繁多,不仅包括起润滑作用的油品,还包括不起润滑作用的油品。润滑油可以分为:发动机润滑油、电器用油、液压油、润滑脂、真空油脂、防锈油脂等。

#### 1) 发动机润滑油

发动机润滑油用于汽油机、柴油机、航空发动机、船用发动机中的活动部件的润滑。这类油品是润滑油中用量最大的,其要求也最严格。发动机润滑油的主要性能指标包括以下几个方面:

(1) 粘度和粘温性质。为保证发动机在正常条件下的润滑和密封性能,要求润滑油在该温度下具有合适的粘度,以保证其良好的低温流动性;同时,要求在汽缸温度较高时,润滑油粘度不要下降得太快,即具有良好的粘温性质,在高温下也不会失去润滑和密封性能。润滑油的粘温性质在标准中用 100 ℃ 运动粘度和粘度比等指标表示。

(2) 抗氧化性能。发动机润滑油的工作环境温度很高,条件苛刻,同时还受到铁和有色金属等的催化作用,为防止润滑油发生氧化,需要向油中加入抗氧化剂。

(3) 清洁分散性能。润滑油的清洁性可以防止润滑油中的深度氧化产物沉积在活塞上,而润滑油的分散性可以防止其生成低温油泥。提高润滑油的清洁分散性能可以靠加入清洁分散添加剂来实现。

(4) 中和能力。润滑油氧化以后会产生有机酸,因此要求润滑油有一定的碱性,以中和酸性产物,防止产生腐蚀。润滑油的碱性通常用总碱值(TBN)来表示。

(5) 抗磨性能。为减少磨损,要求润滑油有一定的抗磨能力。通常加入既能抗氧又能抗磨的二烷基二硫代磷酸锌添加剂来提高油品的抗磨性能。

#### 2) 机械油

机械油分为两类:专用机械油和通用机械油。专用机械油有仪表油、精密仪表油、车轴油、缝纫机油和轧钢机油等,质量标准可参看《石油产品标准汇编》。通用机械油简称机械油,主要用于润滑机床和各种机械。通用机械油的使用条件比较宽松,除要求有一定的粘度外,只要求不含有机械杂质和水溶性酸碱。

#### 3) 电器用油

电器用油主要用在电工设备中作为绝缘介质和导热介质,并不起润滑作用,只是由于其馏分范围和加工方法与润滑油相似,所以按习惯归在润滑油一类中。国产电器用油有变压器油、电缆油、电容器油等。工作时,要求变压器油有良好的电气性能、抗氧化性、流动性和闪点。

#### 4) 齿轮油

齿轮油是各种齿轮和蜗轮、蜗杆装置的润滑剂,它的工作条件与其他润滑油有很大的差别。齿轮油的主要性能指标包括粘度、极强的负载性、良好的低温流动性和抗氧化安定性。

### 5) 液压油

液压油是传递水力能的介质,同时它还能润滑液压系统中的运动部件。根据液压油的工作特点,液压油的主要性能指标应包括合适的粘度及优良的抗氧化性、抗磨性、润滑性、防腐性、消泡性以及清洁性。

#### 1.2.2.3 蜡、沥青和石油焦

蜡是炼油工业的副产品之一。为了得到凝点合格的润滑油,通常需要进行脱蜡。把所得到的蜡膏进一步脱油和精制,可以得到一定熔点和硬度的成品蜡。按照组成和性质,蜡可分为石蜡和地蜡两大类。从石油中得到的石蜡可被广泛用于电气绝缘、食品、食品包装、医药和制造火柴、蜡烛、蜡纸以及多种化学工业用品,同时石蜡也是制取高分子脂肪酸和高级醇的重要化工原料。石蜡通常以熔点作为商品的牌号。

沥青是由石油直接蒸馏后所剩下的减压渣油经氧化制成的,具有良好的粘结性、绝缘性、不渗水性,还能抵抗多种化学药物的侵蚀,被广泛用于铺路、建筑工程、水利工程、绝缘材料、防护涂料、橡胶、塑料、油漆以及保持水土、改良土壤等领域(其中以道路沥青的用量最大)。在沥青的性能指标中,最基本的要求包括软化点、针入度和延(伸)度3项。

石油焦是减压渣油在490~550℃高温下分解、缩合、焦炭化后生成的固体焦炭,是一种无定形碳。石油焦可以用于高炉冶炼、金属铸造、碳化硅和碳化钙制造。碳氢比高及灰分少的石油焦是制造冶金电极和原子能工业用的原料。石油焦的性能指标主要包括灰分含量和硫含量。

#### 1.2.2.4 石油化工产品

石油化工产品种类繁多,此处只介绍应用十分广泛的乙烯。

乙烯是基本有机化学工业最重要的产品,它的发展带动着其他化工产品的发展,因此,乙烯的产量往往标志着一个国家化学工业的发展水平。由乙烯出发可以生产许多重要的有机化学工业产品,如聚乙烯、乙丙橡胶、聚氯乙烯可以生产薄膜、成型产品;乙二醇可以生产涤纶、抗冻剂、炸药等;乙醛可以继续生成合成纤维、增塑剂原料、酯类、维尼纶等;醋酸乙烯可以生产合成纤维、涂料、粘合剂;苯乙烯可以合成聚苯乙烯塑料、ABS树脂、丁苯橡胶;乙烯二聚生成的丁烯可用来生产聚丁烯、线性低密度聚乙烯;乙烯齐聚水合生成的高碳醇可用来生产表面活性剂、增塑剂等;乙烯水合生成的乙醇可用来生产溶剂、合成原料等。除此以外,乙烯装置在生产乙烯的同时还副产大量的丙烯、丁烯和丁二烯、芳烃,成为石油化学工业基础原料的主要来源。正因为乙烯生产在石油化工基础原料的生产中占有主导地位,所以常常将乙烯生产作为衡量一个地区石油化工生产水平的标志。在石油化工联产企业中,乙烯装置也是关系全局的核心生产装置。

## >> 1.3 化工生产的典型工艺流程

### 1.3.1 石油炼厂的加工流程

#### 1.3.1.1 原油的加工方案

根据目的产品的不同,原油加工方案可分为3类:燃料型、燃料-润滑油型和燃料-化

工型。原油加工方案的确定是以原油评价数据为依据,综合考虑产品的需求、技术的先进性、生产的灵活性及经济的合理性等因素的结果。

### 1) 燃料型加工方案流程举例

图 1-1 所示为常减压蒸馏—催化裂化—焦化型炼油厂加工流程图。常压蒸馏生产直馏汽油,比直馏汽油沸点更低的  $60\sim 90\text{ }^{\circ}\text{C}$  馏分送去铂重整装置生产高辛烷值汽油组分或芳香烃。减压蒸馏的馏分油可用作催化裂化的原料,从催化裂化装置生产液化气及高辛烷值(70 以上)汽油。将减压塔底的渣油进行焦化,生产焦炭。焦化装置副产品馏分油可根据原油性质的不同用作催化裂化的原料或进行加氢精制,亦可直接混入燃料油中。

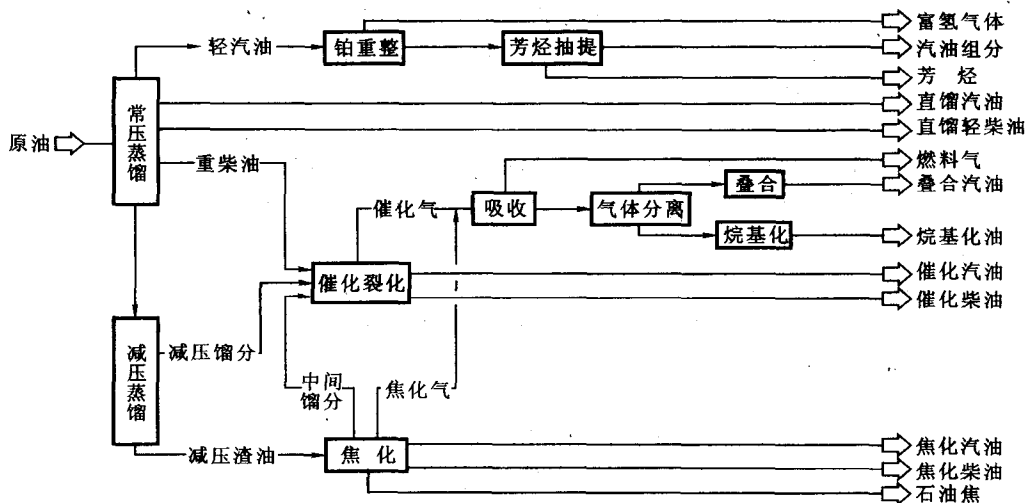


图 1-1 常减压蒸馏—催化裂化—焦化型加工方案流程

上述流程是为了提高轻质产品的收率而采用的深度加工方法,其技术水平较高,产品质量也较好(轻质油收率达  $60\%\sim 70\%$ ,汽油辛烷值达 70 以上),同时生产的大量含烯烃的裂化气和芳香烃是重要的石油化工原料。

与此种流程相似的还有常减压蒸馏—催化裂化—加氢裂化—焦化型炼油厂,它也属于燃料型加工方案。

### 2) 燃料-润滑油型加工方案流程举例

图 1-2 所示为大庆原油燃料-润滑油型加工方案的流程图。该加工方案与燃料型加工方案的主要区别在于减压馏分油不用作催化原料,而是经过溶剂脱蜡、溶剂精制、白土精制等步骤之后生产润滑油的基础油,然后加入各种添加剂生产成品润滑油。此外,减压渣油还可进行丙烷脱沥青生产沥青原料。目前,加氢精制已逐渐取代白土精制,而且有取代溶剂精制的趋势。

此流程适合于一般石蜡基原油(如大庆原油),主要用于生产优质润滑油和各种蜡,但由于原料的一部分用于生产润滑油,所以轻质油(燃料)收率相应地有所降低。

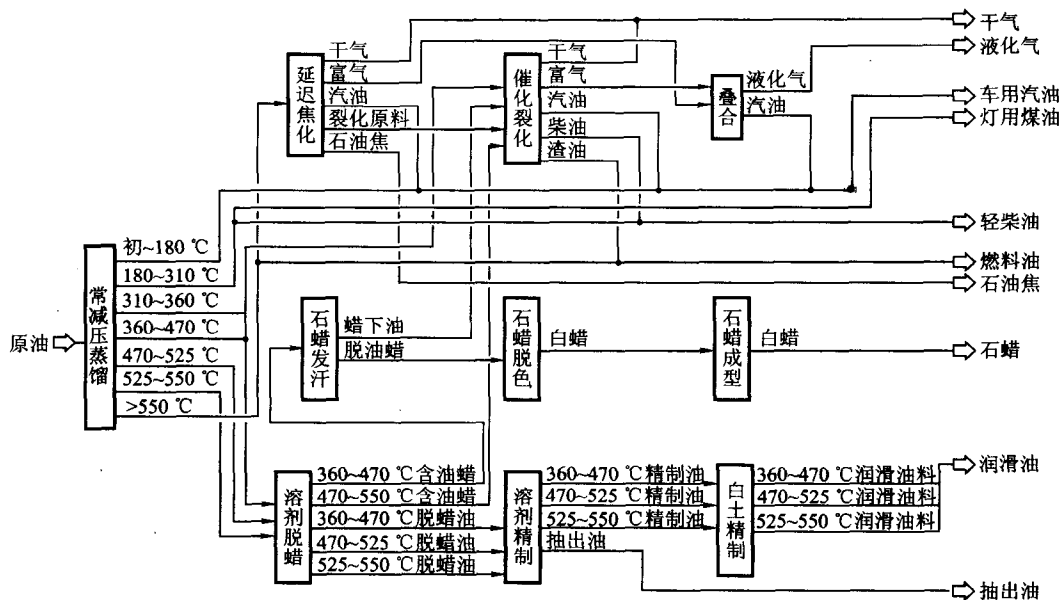


图 1-2 燃料-润滑油型加工方案流程

### 3) 燃料-化工型加工方案流程举例

图 1-3 所示为燃料-化工型加工方案的流程图。这类炼油厂除生产各种燃料产品外，还利用催化重整装置生产的苯、二甲苯和催化裂化气体等作为化工原料加工成各种化工产品，如合成纤维、合成塑料、合成橡胶、合成氨以及各种有机溶剂等。

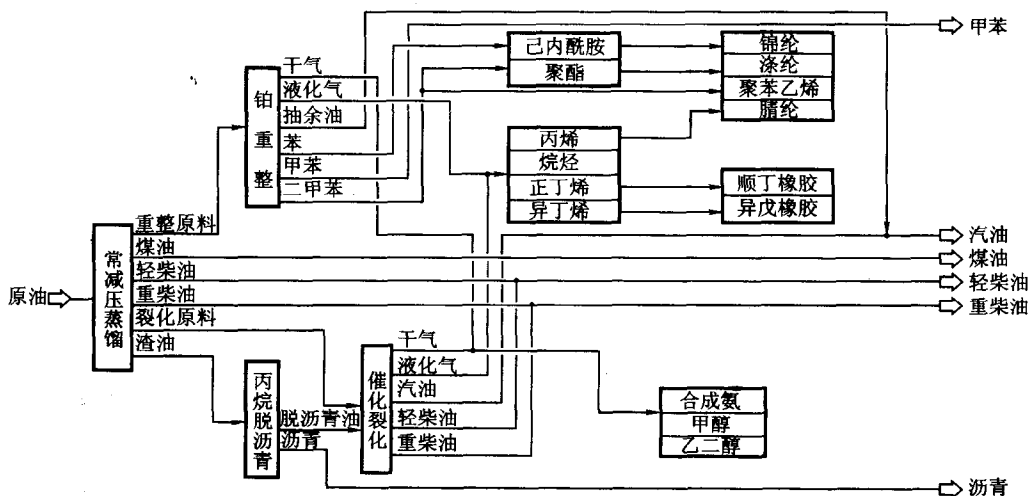


图 1-3 燃料-化工型加工方案流程

由于石油正逐渐成为有机合成工业的主要原料，因此炼油厂正在发生质的变化，逐

渐从单纯地生产石油产品的工厂转化成为综合利用石油资源的石油化工企业,而且从 20 世纪 70 年代以来有了较大的发展。

### 1.3.1.2 典型的炼油工艺装置

#### 1) 常减压装置

##### (1) 生产过程介绍。

在炼油厂中,常减压装置是用来加工原油的第一个装置。该装置主要采用蒸馏的方法将原油分割成不同沸点范围的馏分,如重整原料、汽油、喷气燃料、柴油、裂化原料(或润滑油)及渣油(或沥青原料)等。原油蒸馏装置设计和操作的好坏对炼油厂的产品质量、收率以及原油的有效利用都有很大的影响。

常减压装置一般分为 4 部分:电脱盐部分、初馏部分、常压部分和减压部分。

##### ① 电脱盐部分。

进炼油厂的原油虽已在油田脱过水,但仍然含有一定量的盐和水。所含盐类(如氯化钠、氯化镁、氯化钙等)除一小部分以结晶状态悬浮于油中外,绝大部分溶于水,并以微粒状态分散在油中,形成较稳定的油包水型乳化液。

原油中所含的盐和水都是加工中的有害物质。当原油在加热炉中被加热时,盐类会在高温下水解,生成对设备具有强腐蚀性的物质——氯化氢;水在高温下汽化膨胀,不仅会冲击换热器、炉管等处,造成机械损伤,而且还会导致分馏塔顶部压力剧烈波动,严重地影响平稳操作。因此,原油中的水和盐必须除去。

常用的脱盐脱水过程是在原油中注入一定量含氯的新鲜水(注入量一般为 5%),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。乳化液进入电脱盐罐后,在破乳剂和高压电场的作用下,原油中原来处于分散状态的含盐水滴逐步聚合,形成较大水滴。由于水的密度比油的大,所以大水滴便沉降到电脱盐罐底部,再通过切水系统除去,达到脱盐脱水的目的。

我国各炼油厂大都采用两级脱盐脱水流程。各炼油厂对原油脱盐后的含盐量的要求不同。如有渣油加氢处理或重油催化裂化的炼油厂,要求原油含盐量在 3.0 mg/L 以下;如果脱盐脱水只是为了减轻设备腐蚀,则一般要求含盐量在 5 mg/L 以下即可。

##### ② 初馏部分。

我国的原油蒸馏装置一般均在常压蒸馏塔前设置初馏塔或闪蒸塔。初馏塔或闪蒸塔的主要作用是将原油在换热升温过程中已经汽化的轻油及时蒸出,使其不进入常压加热炉,以降低炉子的热负荷和降低原油换热系统的操作压力,从而节省能耗和操作费用。此外,初馏塔或闪蒸塔还具有使常压塔操作稳定的作用。原油中的气体烃和水在初馏塔或闪蒸塔中全部被除去,从而使常压蒸馏塔的操作平稳,有利于保证多种产品特别是煤油、柴油等侧线产品的质量。

从初馏塔顶部分馏出的原油中,初馏点 $\sim 130^{\circ}\text{C}$ 馏分可作为重整原料油,另外,也可