

# 加氢精制与加氢裂化



石油化学工业出版社

# 加氢精制与加氢裂化

第一石油化工建设公司炼油设计研究院 编

石油化学工业出版社

---

## 内 容 提 要

本书简要地介绍了加氢精制和加氢裂化的工艺原则流程、氢耗量的计算、催化剂的主要使用性能、操作参数的控制、主要高压设备的结构、高压管线材料的选用和开工停工注意事项。读者对象主要是从事加氢过程的工人、技术人员，也可供有关院校师生参考。

### 加氢精制与加氢裂化

第一石油化工建设公司炼油设计研究院 编

\*

石油化学工业出版社 出版

(北京和平里七区十六号楼)

石油化工出版社印刷厂 印刷

新华书店北京发行所 发行

\*

开本 787 × 1092  $\frac{1}{32}$  印张 9  $\frac{1}{2}$  插页 2

字数 209 千字 印数 1—4,900

1977 年 1 月第 1 版 1977 年 1 月第 1 次印刷

书号 15063 · 油 31 定价 1.00 元

限国内发行

# 毛主席语录

无产阶级文化大革命是使我国社会生产力发展的一个强大的推动力。

抓革命，促生产，促工作，促战备。

鼓足干劲，力争上游，多快好省地建设社会主义。

---

# 目 录

第一章 工艺流程	1
第一节 加氢过程在石油炼制中的作用	2
第二节 原则流程	10
第二章 工艺设计	48
第一节 年开工天数和工艺计算基础数据的确定	48
第二节 新氢耗量的计算	52
第三节 反应热计算与反应器的设计	72
第四节 加氢生成油的分离、降压及洗涤	101
第五节 循环氢气的净化、能量回收及高压水处理	107
第六节 高压机泵选择、反应部分设备及压降分布	114
第三章 加氢催化剂	124
第一节 加氢催化剂的主要使用性能	126
第二节 催化剂的组成	129
第三节 硫化	134
第四节 再生	138
第四章 操作参数的自动控制	146
第一节 反应温度	146
第二节 反应压力	149
第三节 氢油比	150
第四节 高压分离器的液面控制	151
第五节 差压测量	151

32056

第六节	高压调节阀	151
第五章	高压设备及其用材	153
第一节	高压设备	153
第二节	加氢装置高压设备用钢	176
第三节	加氢装置中的腐蚀现象	178
第六章	高压管线	201
第一节	管线尺寸	201
第二节	材料的选择	208
第三节	联接方式	215
第四节	高压管件	218
第五节	管线的热应力及振动	224
第七章	开工停工及安全注意事项	228
第一节	新装置投产前的准备工作	228
第二节	开工	232
第三节	正常操作	237
第四节	停工	238
第五节	操作故障	240
第六节	分析化验	240
第七节	安全	241
附录		251
一、	临界常数	251
二、	压缩系数	257
三、	热容及热焓	265
四、	导热系数	278
五、	粘度	280
六、	溶解度及溶解度系数	291
七、	常用物质的生成热和燃烧热	297

## 第一章 工艺流程

近代工农业飞跃发展，要求石油炼制不但在数量上，而且在质量上提供更多更好的燃料油和润滑油。因而也就促使和要求现代炼厂不断改进和革新炼油技术，进行深度加工，提高轻油收率和产品质量。

虽然加氢工艺早在 1927 年即在工业上得到应用，但由于高压设备供应困难，耗用合金钢材多，投资大，所以在石油炼制中长期没有得到迅速发展。但该过程仍具有工艺流程简单、生产灵活性大的特点，表现在使用原料油的范围广，并可根据需要改变操作条件生产不同产率的产品，而且产品收率高，质量好。

由于催化重整工艺的出现，一方面重整原料油要求加氢精制，另一方面重整副产了很多氢气，又为发展加氢精制创造了良好的条件。因此，随着催化重整的发展，又促进了加氢精制的迅速发展。

1955 年后，在石油炼制中加氢裂化又得到了发展。近几年来，已成为现代炼厂的重要组成部分，或者与催化裂化、延迟焦化相结合，或者以加氢裂化代替催化裂化，甚至 1968 年出现了全氢炼油厂，这种炼油厂除常减压蒸馏装置以外均系加氢过程。在炼厂中采用加氢裂化与催化裂化或延迟焦化相结合的流程，可以收到容易调节产品的品种、提高产品质量和节约原油的好处。

在我国炼油厂中，已经逐步地采用了加氢工艺，有的采

用加氢精制焦化柴油，有的采用加氢精制润滑油，并建成了加氢裂化工业装置。

加氢工艺虽然较之过去有了很大进展，操作压力降低很多，但其耗用合金钢材多、投资大的固有缺点仍然存在。为使该工艺能为我国社会主义革命和建设服务，必须进一步进行工艺革命。在伟大领袖毛主席亲自发动和领导的无产阶级文化大革命取得伟大胜利后，石油战线广大革命职工以阶级斗争为纲，遵照毛主席“备战、备荒、为人民”的伟大教导，决心为创出我国自己的炼油新工艺而奋斗，对人类作出较大的贡献。

## 第一节 加氢过程在石油炼制中的作用

不论是在燃料型或润滑油型的炼油厂中，采用加氢过程后，均能分别收到扩大原料来源、延长生产周期、提高产品收率、改善产品质量、增加产品种类或改变产品分布、解决环境污染等效果。兹将该过程在炼厂中的具体作用分别叙述于后。

### 一、燃料型

使用加氢工艺的燃料型炼厂流程类型大致如下：

#### (一) 常减压蒸馏-催化裂化-延迟焦化型 (图 1-1)

流程中加氢精制的作用主要是利用重整副产氢气精制直馏和焦化的汽油以制备重整原料油。过剩的重整副产品氢气，尚可用以精制焦化柴油。

#### (二) 常减压蒸馏-催化裂化-加氢裂化-焦化型

##### 1. 常减压蒸馏-催化裂化-加氢裂化-延迟焦化(图1-2)。

流程中增设了加氢裂化之后的优点是：

##### (1) 裂化原料油可以得到较好的利用，因为加氢裂化



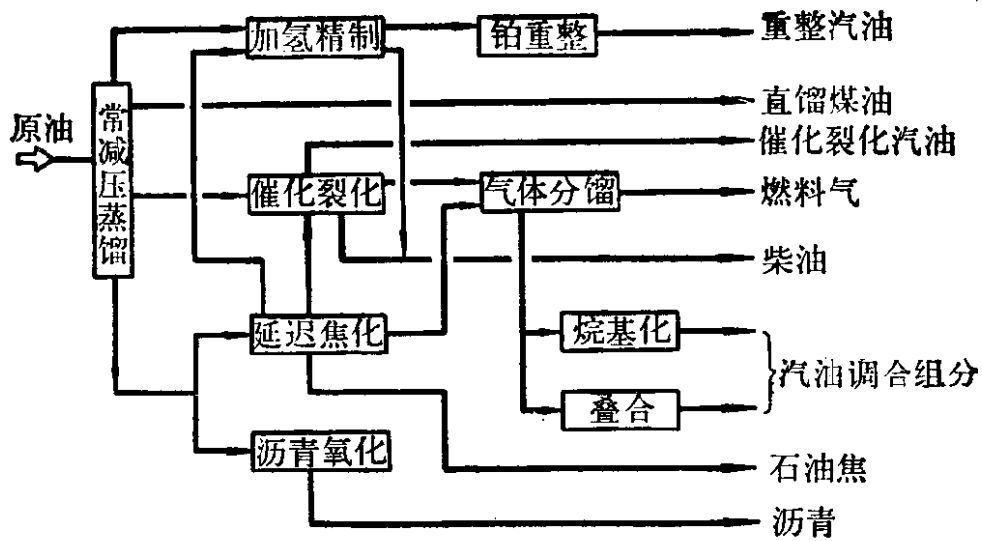


图 1-1 常减压蒸馏-催化裂化-延迟焦化流程

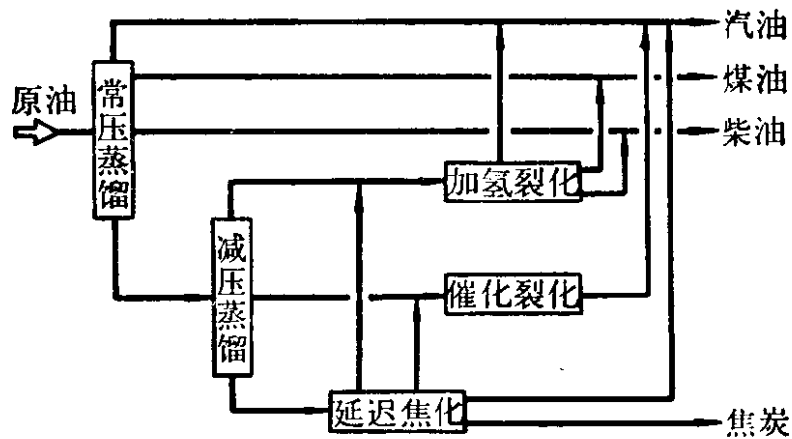


图 1-2 常减压蒸馏-催化裂化-加氢裂化-延迟焦化流程

可处理轻质重油，催化裂化可处理重质重油。

(2) 产品灵活性大。加氢裂化既可按最大汽油产率操作，也可按生产煤油为主操作。按后一生产方案，工厂可增产中间馏分油或航空煤油。

## 2. 常减压蒸馏-催化裂化-加氢裂化-流化焦化(图1-3)。

流程中增加加氢精制为催化裂化制备原料后，可有以下效果：

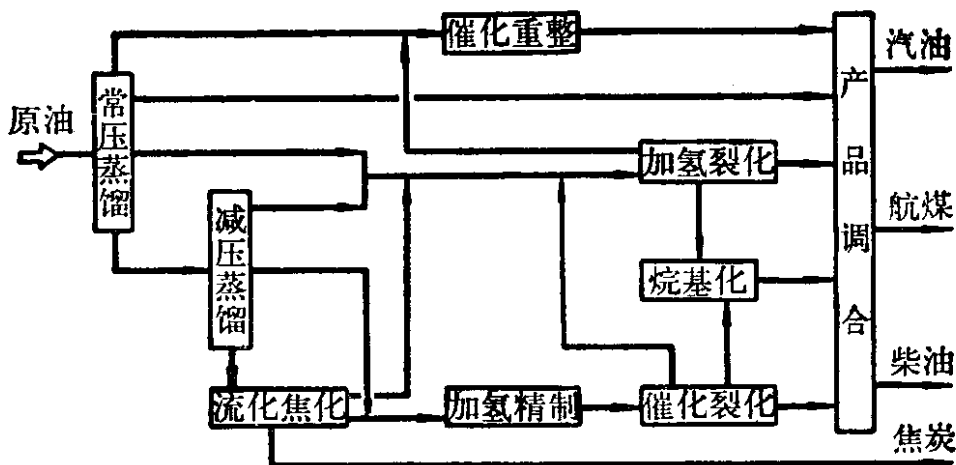


图 1-3 常减压蒸馏-催化裂化-加氢裂化-流化焦化流程

(1) 可脱除催化裂化进料中的金属，特别是镍和钒，从而可降低催化剂上的生焦量和气体的收率。若维持催化裂化进料同样金属含量，则可提高残渣油脱沥青油收率约 10%，因而可降低全厂燃料油产量。

(2) 可降低催化裂化进料的氮、硫、芳烃和残炭含量，从而也可减少催化裂化生焦量，并提高裂化汽油的辛烷值和烯烃的收率。

(3) 可降低产品的硫含量。

(三) 常减压蒸馏-丙烷脱沥青-催化裂化-加氢裂化型 (图 1-4)

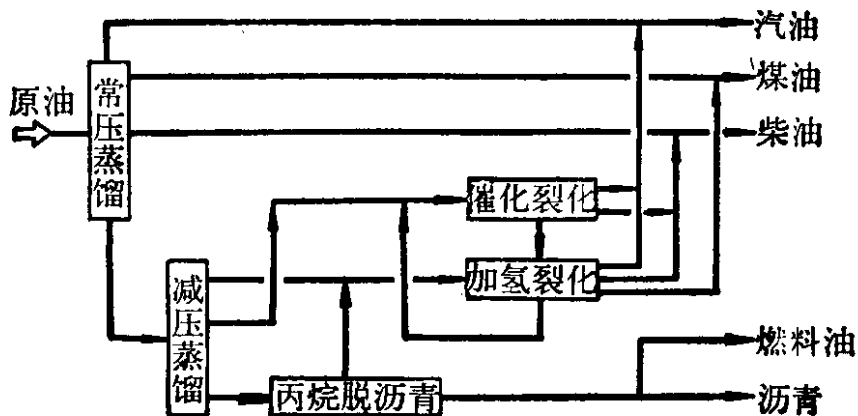


图 1-4 常减压蒸馏-丙烷脱沥青-催化裂化-加氢裂化流程

流程中采用丙烷脱沥青，为的是增产裂化原料以提高汽油收率。加氢裂化和催化裂化以串联方式相结合，即催化裂化回炼油不再回炼而作为加氢裂化原料油。加氢裂化尾油（未转化重油）作催化裂化原料油。这样操作，可降低催化裂化生焦量和产气率，从而可提高轻油收率。此外，加氢裂化还可借助催化裂化起一定程度的脱氮作用，有助于实现氮含量高的原料油采用一段法加氢裂化，或延长加氢裂化催化剂使用期限。

#### （四）常减压蒸馏-加氢裂化-延迟焦化型（图 1-5）

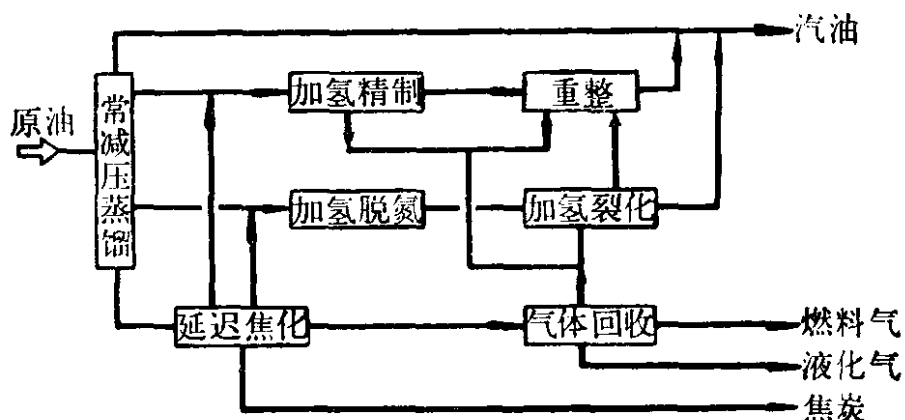


图 1-5 常减压蒸馏-加氢裂化-延迟焦化流程

流程中采用延迟焦化和两段法加氢裂化相结合，其目的是降低燃料油和中间馏分油产量，获取最大量的、辛烷值得到改善的汽油。

#### （五）常减压蒸馏-加氢裂化-催化裂化型

##### 1. 直馏重油及催化裂化柴油加氢裂化（图 1-6）

流程中采用两段法加氢裂化与催化裂化相结合，并将催化裂化柴油送加氢裂化处理，可增产汽油。

##### 2. 常压渣油沸腾床加氢裂化（图 1-7）

流程中采用沸腾床加氢裂化处理常压渣油增产汽油、柴

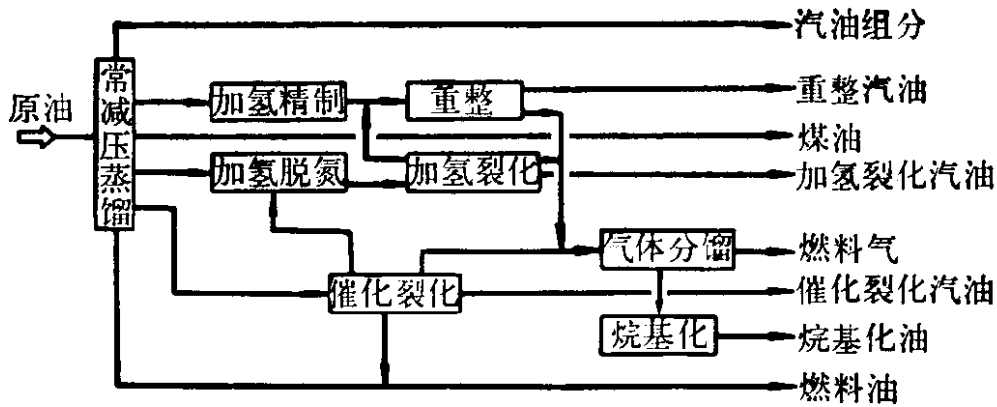


图 1-6 直馏重油及催化裂化柴油加氢裂化流程

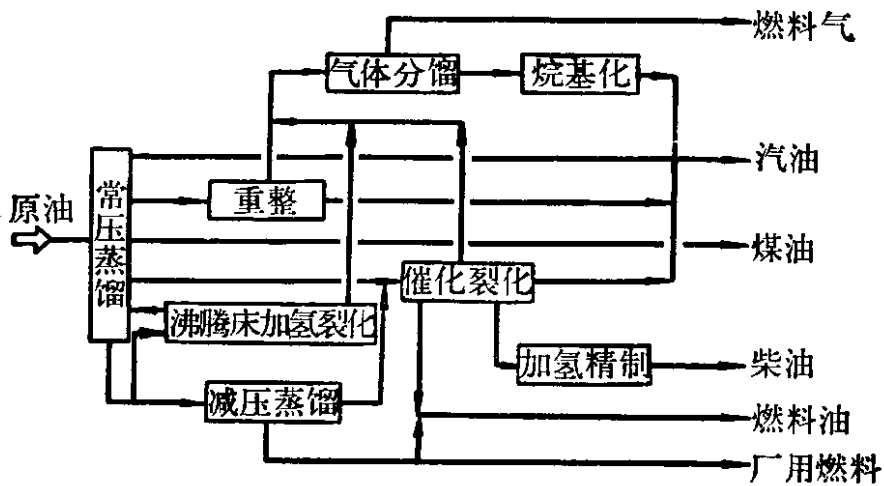


图 1-7 常压渣油沸腾床加氢裂化流程

油及催化裂化原料油以提高轻油收率。

#### (六) 常减压蒸馏-加氢裂化型 (图 1-8)

流程中采用加氢裂化加工减压重油，以获取高收率的优质汽油、煤油和柴油。其目的主要在于增产中间馏分——煤油和柴油。

#### (七) 全加氢型

##### 1. 常压蒸馏-馏分油及渣油加氢脱硫 (图 1-9)

流程中无论是馏分油或常压渣油均采用加氢脱硫精制，所得产品质量良好，特别是含硫量高达 4% 的常压渣油，采

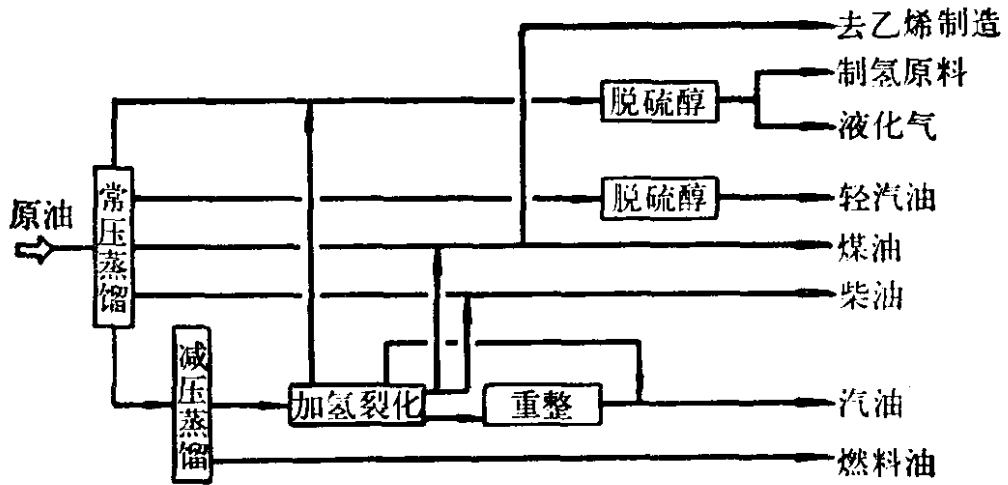


图 1-8 常减压蒸馏-加氢裂化流程

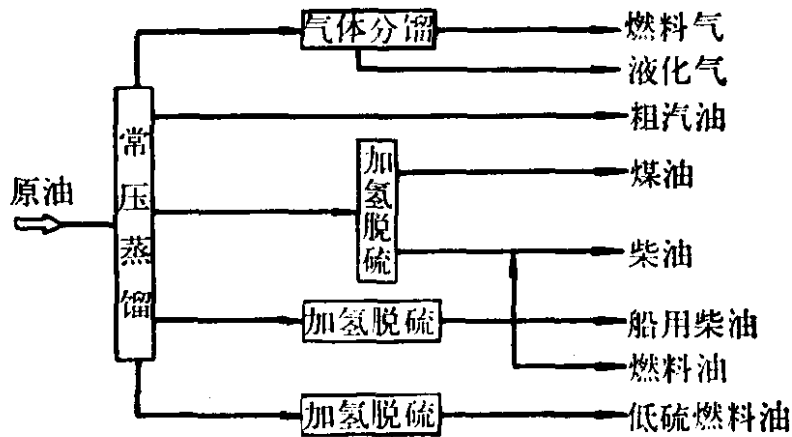


图 1-9 常压蒸馏-馏分油及渣油加氢脱硫流程

用加氢过程脱硫，产品燃料油硫含量可降低到 1% 以内，是当前解决大气污染问题的一个主要手段。

## 2. 常减压蒸馏-馏分油加氢精制-减压瓦斯油及渣油加氢裂化 (图 1-10)

流程中广泛采用加氢精制和加氢裂化，可收到以下效果：

(1) 如将炼厂燃料和液化气也包括在内，炼厂总收率约为原油的 100%。

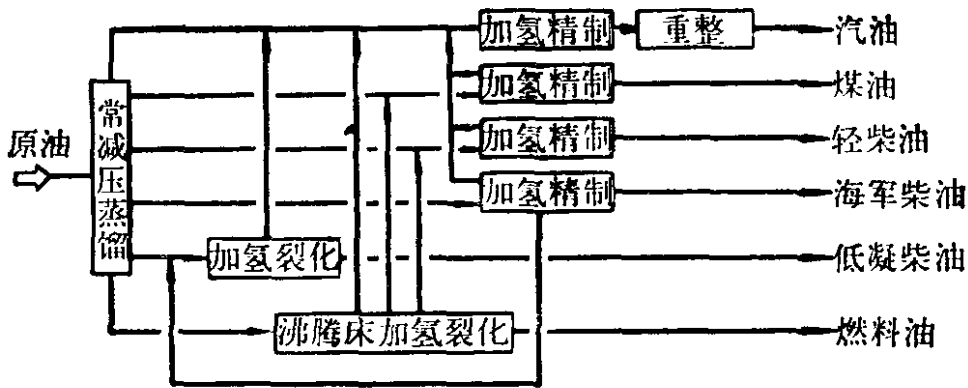


图 1-10 常减压蒸馏-馏分油加氢精制-减压瓦斯油及渣油  
加氢裂化流程

(2) 脱除了液体产品，以及作燃料和制氢原料用炼厂气中的硫。

(3) 可以最大限度地生产脱除硫、氮，且芳烃得到饱和的中间馏分油。

## 二、润滑油型

在润滑油型炼厂中，除了被广泛采用以加氢代替白土作为补充精制解决废白土处理问题外，近几年来，在炼厂中采用加氢裂化工艺生产高粘度指数润滑油的逐年增多。其流程大致可分为下述两种类型：

(一) 常减压蒸馏-溶剂精制-加氢裂化-溶剂脱蜡-紫外线安定型 (图 1-11)

流程中采用轻度加氢裂化方法生产润滑油。部分减压瓦斯油经溶剂精制后与未经精制的一起作为加氢裂化的进料。加氢裂化所得含蜡润滑油经溶剂脱蜡，所得脱蜡油经紫外线处理提高颜色安定性后，减压分馏即可获得高粘度指数的润滑油基础油。此外，软蜡经进一步加工后可作为副产品。

(二) 常减压蒸馏-脱沥青-加氢裂化-溶剂脱蜡型 (图 1-12)

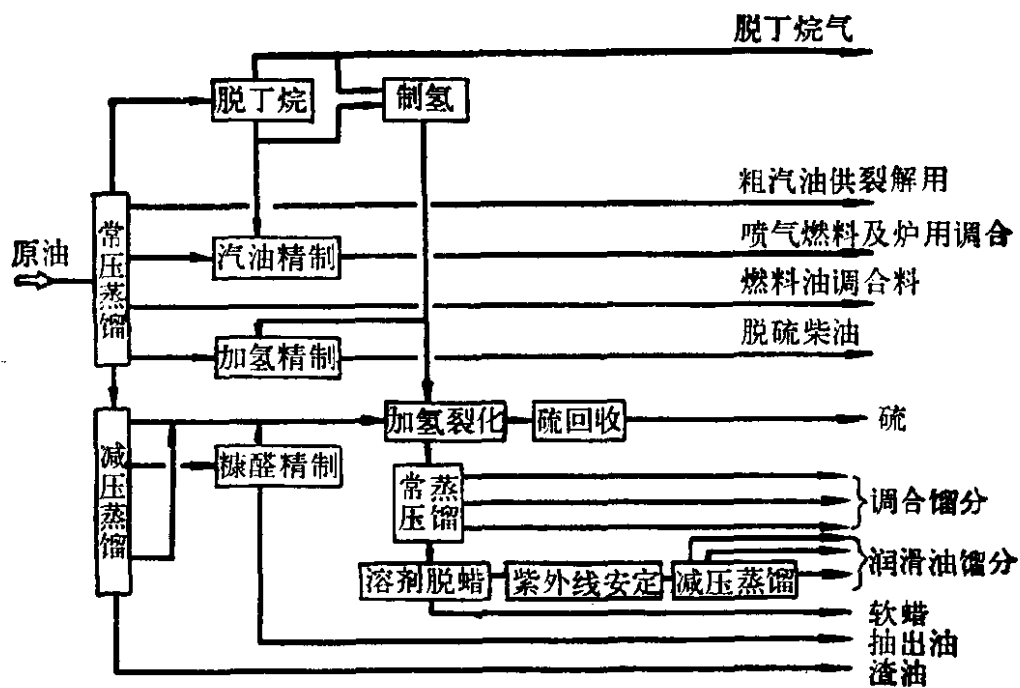


图 1-11 常减压蒸馏-溶剂精制-加氢裂化-溶剂脱蜡-紫外线安定流程

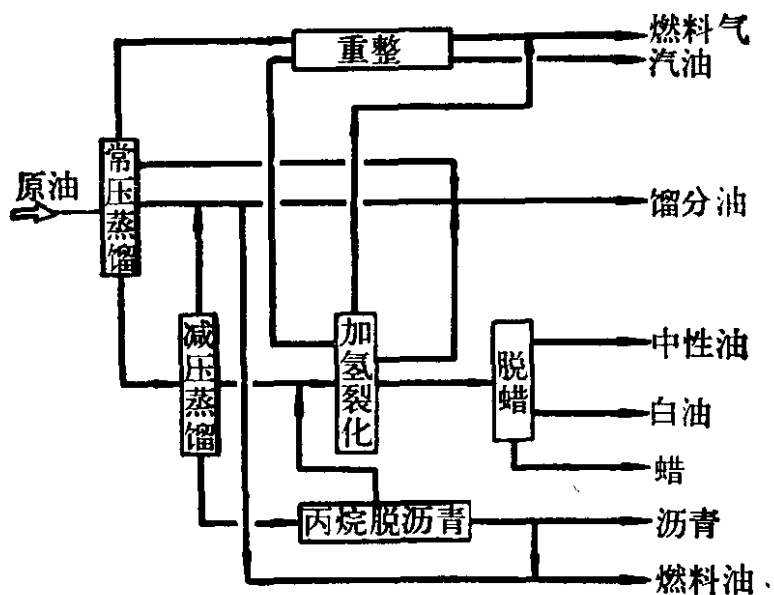


图 1-12 常减压蒸馏-脱沥青-加氢裂化-溶剂脱蜡流程

该流程的主要优点是：

1. 流程简单，只有脱沥青、加氢裂化和脱蜡装置，可

省去溶剂精制和白土补充精制。

2. 原料油不受原油性质限制，灵活性大。特别是对于缺少可供生产润滑油原油的某些地区更有意义。

3. 润滑油收率高，大于 60%，目前尚有高达 78% 的。

4. 添加剂感应性好，耗量少。





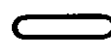






5. 副产品汽油、中间馏分油质量好。

## 第二节 原则流程

加氢精制及加氢裂化过程多达数十种，但其原则流程大同小异。一般包括反应和分馏两个部分，其中反应部分，无论精制和裂化均由主要设备：新氢压缩机及循环氢压缩机、高压油泵和水泵、加热炉、反应器、换热器、冷却器和分离器所组成。分馏部分则除炉、器、泵外，加氢精制一般仅有汽提塔，而加氢裂化则包括生成油的净化、稳定和常压分馏，当生产润滑油时，还有减压分馏。

流程图中符号一般表示如表 1-1。

表 1-1 流程图符号

	油泵		加热炉		分馏塔、 汽提塔
	压缩机		回流油罐 或分离器		
	换热器		搅拌器		反应器
	水冷却器		油罐		
	空气冷却器				

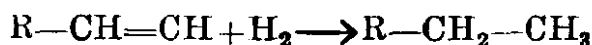


## 一、加氢精制

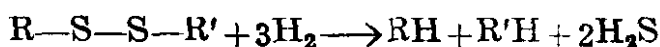
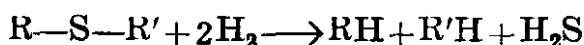
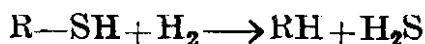
在石油炼厂中，加氢精制的应用很广泛，不仅用于各种轻质油品和润滑油的精制，而且也用于催化裂化原料油和燃料油的脱硫。加氢精制的主要目的是除去油品中的硫、氮、氧、金属杂质和饱和烯烃，以改善油品的安定性、感铅性、颜色、气味、燃烧性能及粘度指数等。

原料油在催化剂和压力氢气存在下，在约 175~455°C 温度时，进行加氢反应。典型的代表性化学反应式如下：

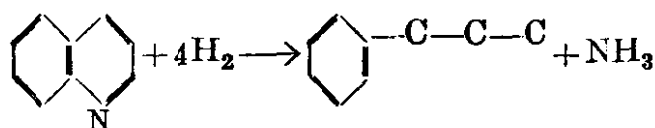
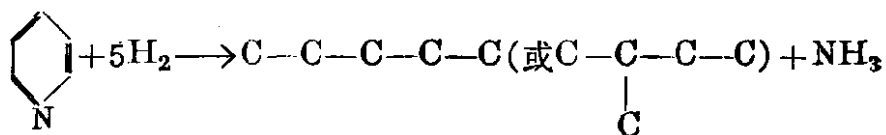
烯烃饱和



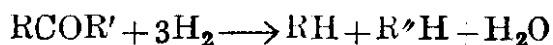
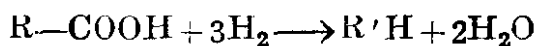
脱硫



脱氮



脱氧



值得提出的是含硫化合物比含氧或含氮化合物容易除去，含氮化合物最难于加氢，需要在比较苛刻的条件下进行。

原料油中金属有机化合物不论是否分解，都被吸附在催