

# 石油馏分的加氢

张其耀编著

石油工业出版社

生

## 內 容 提 要

本書告訴讀者：固体燃料中的煤和液体燃料中的石油为什么不同，同样的液体燃料为什么又有輕質和重質的分別，为什么同一种輕質液体燃料，如汽油又有好坏的分別；我們具体用什么办法來把固体燃料变成液体燃料，把較重的液体燃料变成較輕的液体燃料；怎样才能使質量差的液体燃料变成上等的液体燃料。这些是本書的主要內容。另外，本書还介紹了怎样制造氫气和催化剂。

本書不仅給讀者介紹了一些加氫工业的基本知識，同时对具体操作也講得很詳細。

本書可供石油加氫工厂或其他高压厂的工人閱讀。

統一書号：T 15037·838

石 油 馏 分 的 加 氫

张 其 耀 編 著

石油工业出版社出版（地址：北京六鋪炕石油工業部內）

北京市書刊出版業營業許可証出字第033號

石油工业出版社印刷厂印刷 新华書店发行

850 × 1188 $\frac{1}{2}$  开本 \* 印张 4 $\frac{1}{2}$  \* 106 千字 \* 印1-2,000册

1960年3月北京第1版第1次印刷

定价（10）0.71元

# 目 录

## 第一章 概 論

- § 1 加氢作业的历史发展..... 1
- § 2 加氢作业的简单原理..... 5
- § 3 石油馏分中单体物質的加氢反应..... 8
- § 4 石油馏分加氢作业的一般流程..... 11

## 第二章 原料氢气的制造

- § 1 从固体燃料制造氢气的方法..... 14
- § 2 从气体燃料制造氢气和其他的氢气制造方法..... 28

## 第三章 加氢作业中的催化剂

- § 1 催化剂的选择及使用..... 30
- § 2 几种著名催化剂的性能..... 33

## 第四章 石油馏分加氢作业的分类

- § 1 液相加氢..... 38
- § 2 气相加氢..... 43
- § 3 催化重整..... 48

## 第五章 影响加氢作业的几个因素

- § 1 原料油的性質及产品油的要求..... 55
- § 2 反应溫度..... 59
- § 3 反应压力..... 61
- § 4 催化剂..... 63
- § 5 新氢气的組成和循环純度..... 64
- § 6 油气比..... 68
- § 7 空間速度及接触時間..... 70
- § 8 加氢深度..... 73

## 第六章 加氢作业的工艺設備

- § 1 加氢作业工艺設備的組合..... 75
- § 2 高压容器..... 78

§ 3 高压輸送設備	85
§ 4 加熱設備	86
§ 5 分离器, 冷卻設備	90
§ 6 高压管綫	93
<b>第七章 加氫工厂中的設備管理</b>	
§ 1 高温高压下的鋼材及使用标准	96
§ 2 高压設備的联結及密封	104
§ 3 設備的檢查方法及試驗方法	107
§ 4 設備管理的重要性和管理辦法	112
<b>第八章 加氫設備的運轉</b>	
§ 1 運轉前的准备	116
§ 2 運轉的开始	117
§ 3 運轉的維持	117
§ 4 運轉的停止	119
<b>第九章 加氫生成油的處理和付产品的回收</b>	
§ 1 加氫生成油的處理	120
§ 2 加氫工厂中付产品的回收	123
<b>第十章 加氫作业的安全</b>	
§ 1 生产中必須注意安全	124
§ 2 强力的調度和操作管理	126
§ 3 預防措施	127
<b>第十一章 加氫作业的优缺点及发展方向</b>	
§ 1 加氫作业的優點	129
§ 2 加氫作业的缺點	131
§ 3 加氫作业的发展方向	132

## 第一章 概 論

### §1 加氫作业的历史发展

我們日常生活和工业、交通运输业使用的燃料大体可分两类：液体燃料和固体燃料。液体燃料比固体燃料有許多优点，如容易汽化，便于引火和发动引擎；組成变化較小，可以均匀燃烧；有較大的热值，单位重的发热量較高；此外由于它們是流体，便于輸送。由于液体燃料的上述优点，它就得到了更广泛的用途。但是同时也使液体燃料生产的任务增加。在許多国家除了大力的寻找石油資源以外，人們还設想能不能把固体燃料改变成液体燃料。

根据科学的发展和化学組成的启示，人們很早就知道，自然界存在的燃料主要是碳和氫两种元素，其中液体燃料就是碳和氫的化合物，在这化合物中氫的比例越大，燃料就越輕。而固体燃料，如煤虽含有碳氫化合物，但主要是由碳組成的。于是，人們就想到，要把固体燃料变成液体燃料就得把煤中的碳量相对减少，而把氫含量相对增加。

但是能不能作到这一点，以及到底那些燃料可以更适合于我們加进氫去？18世紀70年代白尔且洛曾利用高温分解碘化氫取得新生态氫气，把含油率为4—5%的煤在压力下進行加氫，获得了油和瀝青；1910年白尔格士高压釜中又用分子氫来处理高沸点石油生成了饱和的加氫汽油。接着他又在1913年在150大气压的氫压下和400—450°C的温度下对煤进行加氫，使80%的煤轉化为气体，液体和其他烃类产品。

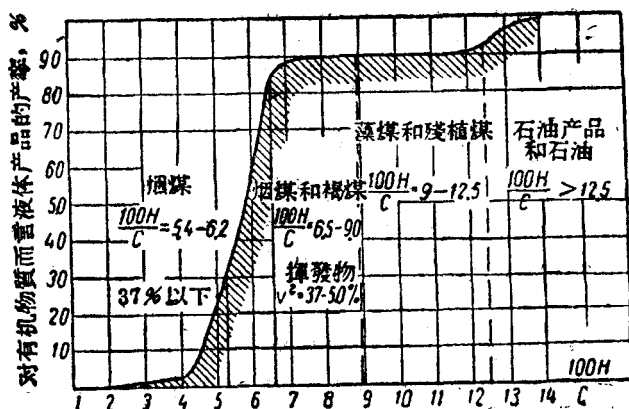
在燃料的加氫方面，苏联的学者也以他們自己的研究工作作出了巨大的貢獻，А.Д.彼得洛夫、М.С.聶姆佐夫、И.Б.拉波波

尔特、В.И.卡尔若夫、Д.И.奥罗奇科、А.В.洛佐伏依等都是許多新的加氫理論的奠基者。

在寻找加氫的良好原料方面，苏联学者作了很多研究工作。拉波波尔特作出了一张图表，表示煤中的有机物質的比例（100H:C）跟加氫时液体产品的产率之間的依賴关系。

从这张图表上知道，所有的矿物燃料可分为下面五类：

类 号	名 称	100H:C
1	石 油	12以上
2	藻煤-残植煤	9—12
3	烟煤-褐煤	6.5—9
4	某些烟煤	5.4—6.5
5	貧烟煤	5.4以下



燃料中100H:C和加氫后液体产品的产率之间的关系

拉波波尔特肯定适合于加氫的燃料只有第一、第二和第三类，因为汽油的100H:C的比值约为18，这三类原料比較接近。拉波波尔特同时估計出加氫时氫气的用量。白尔格士在他的实验中也发现了煤炭加氫操作的难易和煤的生成年代有关，他认为褐煤和晚期煤加氫比較容易。

1924年皮尔又发现鉬和鉍是抗硫很強的加氫催化剂。利用这

种催化剂在200大气压和450°C下使褐煤焦油一次轉化为汽油。

加氢进入工业化是到1927年才开始的。

由于德国石油资源贫乏，加氢工业化的成功使德国得以利用它丰富的褐煤直接液化加氢或煤焦油加氢，以增加液体燃料的来源。到1944年左右德国利用加氢法生产的各种油料，一年可达三百万吨，佔德国当时油源的80%以上。航空基本汽油及航空汽油用的掺加剂，为当时各厂的主要产品。但是这时正是希特勒法西斯统治时期，希特勒德国把这些科学成果和生产成果並沒有用于改善人民的生活，而是用于发动战争，屠杀世界和平人民。把这种科学成就用于为人民謀福利是在希特勒死后，民主德国成立了才开始的。

今天民主德国有三个大型加氢工厂，在以褐煤焦油为原料而进行加氢作业。这些工厂不論在技术上和綜合利用上都有重大的提高。

在这里需要提出一点，就是现在的加氢和过去的有了重要的变化。过去人們是以煤为主进行加氢。但煤炭液化加氢或煤焦油加氢制取輕質油料时，建厂投資較貴，产品成本較高，在二次世界大战才結束时，加氢工业曾一度冷落，被認為是一种不合算的工艺方法。

但加氢工业具有許多优点，如加工損失少，操作灵活性大，可利用价格便宜的各种原料。所以在一度消沉后，加氢工业又逐漸为人注意。但与从前相比，在途径上却有了一个很大的变化，从前加氢是从固体燃料出发，以制取液体燃料为目的，而現在加氢作业多半作为油料精制的方法以改善油品品質为目的。这样就保留了加氢作业的优点，增加了加氢作业的处理能力，降低了加氢作业的成本，提高了加工的利潤。

在最近十年以内，許多国家对加氢工业也不断努力发展。苏联虽有大量的天然原油和巨大的炼制能力，但也在发展煤炭炼油及以原油精制为目的的加氢工业。捷克的斯大林加氢厂，也是規模

巨大的石油馏份加氢的工厂。西德利用他原有的四个加氢工厂，进行天然石油渣油的加氢。此外1957年西班牙更建成一个低温高压加氢厂，利用固定床催化剂作单程加氢，每年可处理14万吨页岩焦油。此外许多国家大量采用加氢精制的方法，中压或低压的加氢精制大有代替旧的酸碱洗涤法的趋势。

我国的加氢工业，远说是在1939年就建立了。这就是今日的抚顺石油三厂的前身——抚顺煤炼油厂。但这个工厂的建立是日本帝国主义为掠夺我国资源，扩大其侵略战争而兴建的。这个工厂原设计是用煤直接加氢生产航空汽油，但是始终没有获得成功，生产中事故很多。最后不得不在1943年改用印度尼西亚天然原油中馏分为原料进行生产，1944年最高年处理量也只有几千吨。1945年日本投降后这个工厂又遭到了国民党反动派的严重破坏，加氢车间停止了生产。

1948年10月抚顺解放了，石油三厂从此开始了新生，工人当家作主了。石油三厂的职工就在党的领导下，以无比的劳动热情开始了恢复和扩建工作。当时最困难的问题是技术力量缺乏。在日本统治时代，我们的工人只许作笨重的体力劳动，主要技术工作都由日本人操作。在日本投降时把一切资料图纸都烧毁了。当时的确没有一个人熟悉操作过程。在日本人回国时会说：“这个工厂将永远停工，永远再开不了！”但是中国工人阶级，在中国共产党的领导下克服了一切困难，终于在1951年6月建成了一套加氢装置，并顺利投入生产。我们用这套装置，以石油一厂碱洗1号轻柴油原料，生产70号车用汽油和灯用煤油，试制成功89号航空汽油。1953年3月第二套加氢设备投入了生产，进行了1号轻柴油两段加氢（预饱和、裂化），使产品质量得到进一步的提高。以后又逐渐改进了催化剂，使1号粗轻柴油进行一段加氢，达到了产品质量的要求。

1954年，苏联专家建议把加氢方向由页岩油改到低温煤焦油加氢。这样就开始了液相加氢研究工作。从1955年起，全厂进行



了全面扩建，自行設計，建設高液相和瓦尔卡中压液相加氫裝置，先后于1958年建成，並投入運轉。几年来这个工厂生产了優質汽油、灯油、柴油等燃料及航海罗盘油、橡胶溶剂油等高級产品。1958年的处理量就比解放前提高了十几倍。最近又試制成了許多新产品，在催化剂制造方面，我們也取得了很大的成績。

## §2 加氫作业的簡單原理

顧名思義，加氫作业的目的，是想对氫含量較少的原料將外界的氫元素加进去，以增加原料中的氫含量，得到具有某种氫含量的成品。因为在將煤、煤焦油、頁岩油、天然石油等各种原料，和汽油、煤油、柴油、潤滑油等各种成品油料分析以后，如假定炭含量都作为100的話，在它們的氫含量和所含的氧、氮、硫等雜質含量之間，具有表1所例的鮮明对比数字：

加 氫 原 料 方 面

表 1 甲

原 料	烟煤		烟煤高	烟煤低	褐煤发生	褐煤低	頁岩油	天然石油
	烟煤	褐煤	溫焦油	溫焦油	爐焦油	溫焦油		
氫含量%	6.5	8.5	7.6	9.0	11.0	11.5	11.7—14.3	12.7—14.5
氧, 氮, 硫 含量%	15.0	33.5	7.4	11.5	9.7	2.9	9.5—2.3	5.0—2.0
氫含量的 次序	8	6	7	5	4	3	2	1

將上表分析之后，可見頁岩油和天然石油的氫含量最高，褐煤焦油次之，烟煤焦油更次之，而各种煤炭的氫含量最少。

將上例两表加以对照之后，发现加氫原料和成品油料之間，最大的差別是成品油料中的氫含量比加氫原料中多，成品油料中的雜質含量比加氫原料中少。因此为了將加氫原料变为成品油料，必須向原料內加氫，以增加氫的含量，同时利用加氫作用，来減

## 成 品 油 料 方 面

表 1 乙

成品料油	潤 滑 油	柴 油	煤 油	汽 油
氢含量%	15.2	15.7	16.3	16.7
氧,氮,硫含量	最多	較多	較少	最少
氢含量次序	4	3	2	1

少杂质的含量。而目前所采用的加氢设备和加氢作业，正可完成上述目的，所以才能发展成为新兴的独立的工业。

由上面的叙述也可看出，加氢作业的难易，根据所用原料的不同和产品的不同而变化，根据所用原料的氢含量和成品油料的氢含量两者差额的多少而变化。差额少时加氢容易，差额多时加氢较难。例如由页岩油加氢为柴油和润滑油就容易，由烟煤焦油加氢为汽油和煤油较难。一般的说来，在取得同一的成品油料时，各种不同原料加氢的易难次序可如下列：

石油→页岩油→褐煤焦油→烟煤焦油→煤炭

根据着这种次序，可对于所要加氢的原料是否易于加氢作业，得到初步的结论。

不仅原料和成品之间氢含量差额的多少将影响加氢作业的难易和氢气消耗量的多少，同时因原料中的杂质氧、氮和硫在加氢作用中也将与氢化合成水、氨、和硫化氢而除去的。因此原料中所含杂质较多时，加氢作业进行较繁，氢气耗量较多。原料中所含杂质较少时，加氢作业进行较简，氢气耗量较少。为此，希望所用的原料中含有较少的杂质。

由上面各种成品油料碳含量为100时氢含量为15.2—16.7这一点可以看出，由各种差别较大的加氢原料，进行加氢作业以后所取得的各种油料成品，在组成方面差别是较小的，即由同一原料变为不同的油料产品时，氢气消耗量是相差不大的。因此不仅

为了生产工艺的合理要选择原料，并且为了降低成本提高产值也要尽力生产优良的油品，使经济核算尽量有利。

由于进行加氢作业是在高温之下发生作用的，各种加氢原料还要发生若干裂化作用。通过这种裂化作用可以使大分子量的原料，裂化成为低分子量的成品。这种分子量的不同情况，可由表 2 看出：

各种原料油和成品油的近似分子量表 表 2

原料名称	近似分子量	油品名称	近似分子量
烟煤	75.000	汽油	100
褐煤	—	煤油	150
烟煤高温焦油	400	气体油	200
烟煤低温焦油	350	石蜡油	250
褐煤发生爐焦油	350	柴油	
褐煤低温焦油	250	润滑油	400
頁岩油	320		
天然石油	400		

这种裂化作用它不仅无害于加氢作用，并且为加氢作用创造了有利的条件。问题是由裂化作用发生氢位转移而引起的焦化作用和聚合或缩合作用，必须加以控制，以免影响加氢作业的顺利运转。同时在裂化过程中，不可避免地要生产若干低级碳氢化合物的气体，这些气体在氢气作用之下，会消耗大量的氢气变成完全饱和的烷类。因此为了节省氢气的用量，在加氢作业的裂化过程中，须要尽力减少气体产品的生成。

各种加氢原料中的水分，固体物和杂质，对于加氢作业是有害而无利的。水分的蒸发和凝聚白白消耗了热量和冷却水，水蒸汽的生成也减低了氢气的分压。且水对催化剂的作用也有害。而

粉末狀的固體物及雜質在系統中流動可磨損管綫及閥件，吸附在催化劑表面上可減少催化劑的活性中心，影響催化劑的使用壽命，在器壁上和管綫中的積聚，減少了加氫系統中的自由空間，逐漸會引起差壓升高傳熱系數降低以至管綫堵塞的現象，使作業運轉不能順利進行。因此在應用的各種加氫原料中，對於水分固體物和雜質都要盡力減少或除去，要有一定的嚴格限制。

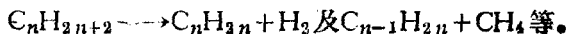
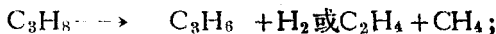
單純的把原料和氫氣混合在一起，即令是在高溫高壓之下，也不大容易發生加氫作用的。還須必利用活性較高抗硫性強的催化劑，通過這種催化劑的活性中心，以新生狀態的氫來發生加氫作用，使加氫作業順利進行。因此適宜的催化劑便是加氫作業的關鍵問題了。

加氫作業雖是放熱反應，但原料在發生加氫作用以前，必須先預熱到需要的溫度，才能在高溫高壓下進行加氫作業。在發生加氫作用以後時放出的大量熱量必須及時的加以利用和消除，才能使氣體狀態的產物凝結為液體狀態的油料。因此如何利用前面已經加氫的原料放出的熱量，來預熱和提高將要進行加氫作用的原料的溫度，也是一個重要的工藝問題。

### §3 石油餾分中單體物質的加氫反應

石油餾分系一種複雜的化合物和混合物，含有各種的碳氫化合物和它們的氮、氧、硫的衍生物。來源不同的石油，具有不同的組成和性質，為了便於了解在加氫作業中發生的變化起見，現在先就石油餾分中各種碳氫化合物的一般反應作簡略的概述。

(甲) 烷烴：烷烴是一種飽和的碳氫化合物，在高溫下進行加氫作業時，首先是發生裂化作用，而生成低級的烷烴，烯烴和氫氣。它的作用情況可如下列：



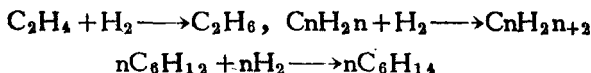
发生裂化作用生成的烯烃，在氢气作用之下，很快的又变为烷烃。根据若干学者研究的结果，烷烃的裂化有下列几个特点：

(1) 烷类的分子量越大，裂化作用的速度就越快。如取425°C时戊烷的裂化速度为1，则己烷为4，庚烷为9，辛烷为16。脱氢作用则随分子量的增大而越小。

(2) 烷类裂解时，低压下两端的碳键易于断裂，压力增加断键位置逐渐向中央移动。

(3) 烷类裂化作用的结果，因所用催化剂的不同而不同。

(乙) 烯烃：烯烃是极易发生加氢作用的，加氢生成相当的烷类，如：

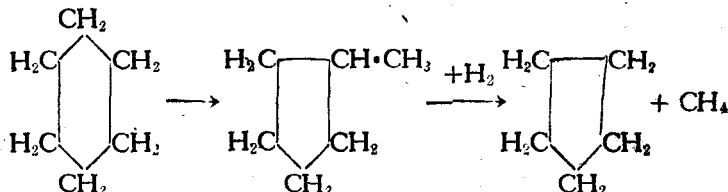


但加氢生成的烷类，可以发生再分解作用，同时也可有环化作用而生成环烷。

在低温300°C以下和低压20大气压力以下，烯类易起聚合作用，因之含有过多烯烃的石油馏分，在低温时易有聚合作用生成胶状物质。

烯烃的加氢速度，是随分子量的增加而减低，但减低的速度很慢。

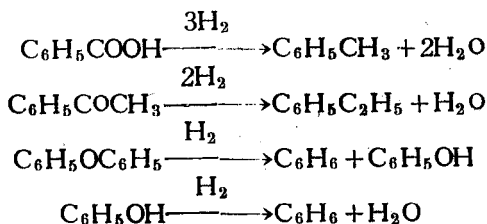
(丙) 环烷烃：在裂化加氢过程中，环烷烃的主要反应，是发生异构化及断环作用，生成低沸点的烷烃或其他烃类，脱氢现象较少。如环己烷的作用为：



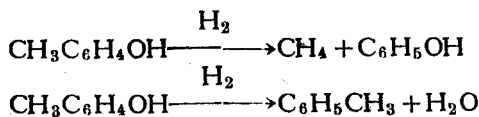
(丁) 芳香烃：芳香烃在裂化时主要生成物为综合产物，同时生成产量的低沸点的分解物和氢气。但在氢压及催化剂作用

下，芳香烴多不起縮合作用，先加氫生成相应的加氫产物，再行分解生成苯的同系物和氫化物。

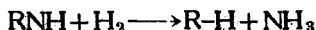
(戊) 含氧化合物：石油餾分中主要的含氧化合物，是各种結構形式下的酸類，和少量的酮和醛。随着溫度，氫壓和催化劑的不同，他們有不同的反应过程，但主要的是氫化和脫水作用，生成若干縮合产物，或相应的烴類，如：



高級酚類加氫生成低級酚類和芳香烴的作用反应是：

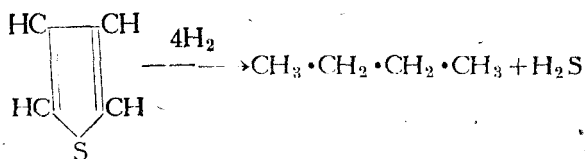


(己) 含氮化合物：石油餾分中含有多种的含氮化合物，如吡啶、喹啉、吡嗪等物質，在加氫过程中这些物質先行加氫，再行裂解，生成低級的环烷類和氮。其反应情况可簡写为：



这些含氮化合物中的氮是很不容易完全除尽的。少量氮化物的存在，使油品易于带色和生胶。吡嗪更对气相加氫催化劑硫化鉬有毒。所以含氮化合物的脫除，是加氫作用中的一件艰巨工作。

(庚) 含硫化合物：石油餾分中的含硫化合物是硫醇，硫化物，噻吩等物質。在高温及氫壓下，先行加氫再行分解，生成烷烴，芳香烴和硫化氫，以噻吩为例其反应情况为：



含硫化合物的加氢脱硫，在较低温度和氢压下也很易进行，为氮、氧、硫三种杂质中最容易脱除的一种物质。正是由于这种原因，近年来大力发展着加氢精制，用较低压力和温度的条件来精制多硫的原油，取得了广泛的重视。

C-N、C-S、及C-O等键的安定性远不如C-C键稳定，因此这些键容易进行氢解，而使氮、氧、硫成为氨、水和硫化氢而除去。

#### §4 石油馏分加氢作业的一般流程

在一个以石油馏分为原料进行加氢作业的工厂里，儘管所用石油馏分的性质不同，所用的催化剂有所不同，氢气制造方法有所不同，加氢作用时也许是气相也许是液相，加氢操作的压力也许是高压也许是中压或低压，但整个工厂的加氢作业的流程基本上是一致的。它主要的内容为总括如下。

(甲) 氢气的制造：在造气生产中是根据原料的来源，经济核算的合理性，决定造气原料和造气方法。生的气体要尽力去除其他气体及杂质，努力提高原料气中的氢气纯度。这样的气体加以压缩，使达到需要的压力，即可送至加氢车间应用。

(乙) 催化剂的制造：根据加氢原料的特性和要求生成的油料的性质，先决定采用的催化剂和它的形状。利用具有一定规格的原料进行制造，并将所得的催化剂妥善保管和运送，最后放入到加氢装置中或先和原料油进行混和再送入装置中。

(丙) 原料油的储运和处理：按照原料油的供应地点和情况，作好储运和保管工作。为了减少原料油中不纯物质，应再根据情况进行分馏，过滤或分离等措施。使原料油尽力纯洁。再

利用油泵压到需要的压力，送到加氢装置里面去。

(丁) 加氢装置的准备：在加氢作业中加氢装置是最关键的设备，根据原料油的性质和选定的操作温度和压力，进行建设和按装所需要的加氢装置。在每次生产运转前必需充分检查和试验后再行应用，在每次运转完毕后必需充分清扫补修和检查以备再用。加氢装置是加氢工厂中投资最贵，要求最严的一部分，必需永远要保持正常良好的可用状态。

(戊) 加氢产品的处理：在各种石油馏分进行加氢作业后，都可得到相似的产品，为了满足不同成品的已有规格，还必须进行分馏，安定处理，催化重整，以及混加四乙铅等工作。根据实际的需要，这种加工有时是很简单的，有时又很复杂的。例如以頁岩輕柴油制取柴油或煤油，只需要洗滌和分馏等两三个简单的步骤。如从頁岩輕柴油制取具有一定辛烷值的汽油，則須在洗滌，分馏等步骤以外，还須混加四乙基鉛液，以提高它的辛烷值。而在自煤焦油制取航空汽油的时候，手續就麻煩的多，不仅需要分馏等中間手續，並且有时要將第一次所得的加氢生成油，进行第2次加氢处理，甚至第三次加氢处理或作其他的处理。因此加氢产品的处理工作，也是一件重要而繁复的工作。

(己) 加氢作业中产物的回收：为了充分利用国家的资源，为了利用一切可能利用的物品来降低加氢作业的成本，在一个加氢工厂里，是需要尽力利用各种副产物和作好能量回收的。例如在造气阶段，便可以考虑是否可从造气原料中回收硫黄，回收稀有金属锶，利用造气废热来发生蒸汽，在作加压水洗时放空的二氧化碳可否用来作液态二氧化碳或乾冰，利用造气得到的炭尘来作催化剂的担体，利用制氧设备来产保护性氮气等。在加氢过程中也应该充分利用热能交换，回收加氢作用中放出的热量，回收加氢原料中所含硫化物生成的硫化氢，加氢原料中所含的氮生成的氨，加氢废气中带走的輕質油料，作好加氢废气的分离和加工，以及在煤焦油的加氢作业中酸类的尽力回收。在产品处理阶



段，更要爱惜每一滴油，防止油气的日常損失，及充分利用酸液碱液等。在催化剂制造中，也应该回收可以利用的各种物質。

(庚) 加氢作业中的輔助設施：完备的供电，供水和供汽的設施，強力的检修和零件制造設備，灵敏的仪表，及时的分析，以及为了指导生产而进行的研究試驗，为了保証成品規格而製作的質量检查，都是一些必要而不可少的輔助部門和作业。虽然它們有些並不直接包括到加氢作用里面去，但对加氢作用起着耳目手足的作用，可以保証消化不良——加氢順利进行，而不能忽視的。

总之一个加氢工厂是一个完整的有机体，一个加氢作业是一个前后連續的系統作业，一个小螺絲釘出了問題，也可能使一个龐大的加氢設備陷于癱瘓。这一点的要求是較为严格的。

根据以上的敘述，可把石油馏分加氢作业的一般流程图繪列如图 1。

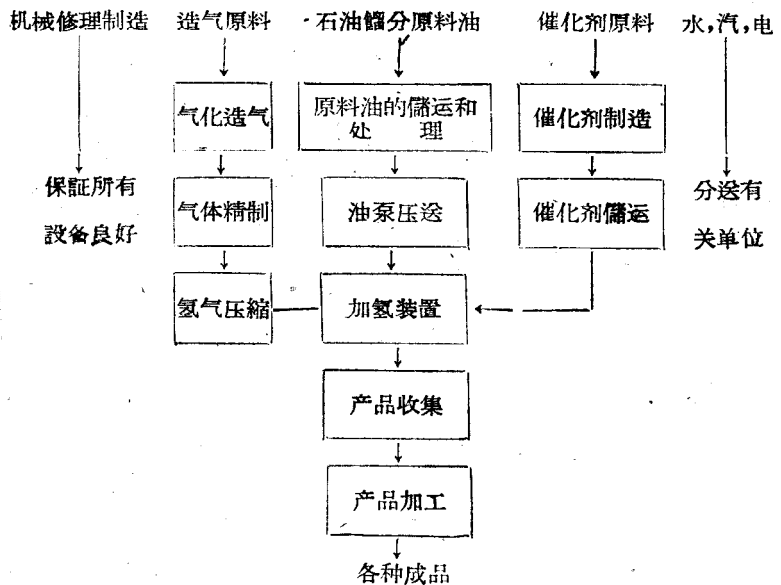


图 1 石油馏分加氢作业流程图