

**最新**

# 石蜡、润滑油、润滑剂(脂)

## 提炼技术、工艺流程及质量检验

### 实务全书



当代中国音像出版社

# 最新石蜡、润滑油、润滑剂(脂) 提炼技术、工艺流程及质量 检验实务全书

---

李 东 主编

---

第二册

当代中国音像出版社

## 目 录

<b>第一篇 润滑原理及石蜡、润滑油性能概述</b> .....	( 1 )
<b>第一章 摩擦与磨损概述</b> .....	( 3 )
第一节 摩擦 .....	( 3 )
第二节 磨损 .....	( 21 )
<b>第二章 石蜡、润滑油的种类及成分</b> .....	( 40 )
第一节 润滑油的分组 .....	( 40 )
第二节 矿物油 .....	( 41 )
第三节 合成润滑油 .....	( 49 )
<b>第三章 石蜡、润滑油的性能分析</b> .....	( 69 )
第一节 润滑性能 .....	( 70 )
第二节 润滑油的流动性 .....	( 97 )
<b>第四章 液体动力润滑技术分析</b> .....	( 106 )
第一节 润滑油的粘度 .....	( 107 )
第二节 轻负荷轴承的动力润滑——彼德洛夫方程 .....	( 124 )
第三节 雷诺方程式 .....	( 127 )
<b>第五章 弹性流体动力润滑技术分析</b> .....	( 134 )
第一节 负荷对零件表面及润滑油粘度的影响 .....	( 135 )
第二节 弹性流体动力润滑的特征 .....	( 142 )
第三节 弹性流体动力润滑的油膜厚度 .....	( 143 )
<b>第六章 边界润滑技术分析</b> .....	( 159 )
第一节 摩擦引起的金属表面效应 .....	( 160 )
第二节 吸附膜 .....	( 163 )

## 目 录

第三节 沉积膜 .....	(173)
第四节 反应膜 .....	(175)
第五节 渗透层 .....	(176)
<b>第二篇 石蜡、润滑油提炼技术与工艺流程 .....</b>	<b>(181)</b>
<b>第一章 石油产品的分类与生产 .....</b>	<b>(183)</b>
第一节 石油的组成及性质 .....	(183)
第二节 石油产品的分类及基本生产方法 .....	(186)
<b>第二章 石蜡的分类及三大类润滑油规格 .....</b>	<b>(204)</b>
第一节 内燃机润滑油(E组) .....	(204)
第二节 齿轮用油(C组) .....	(222)
第三节 液压系统用油(H组) .....	(232)
第四节 石蜡的分类与规格 .....	(249)
<b>第三章 溶剂脱蜡及尿素脱蜡工艺 .....</b>	<b>(255)</b>
第一节 概述 .....	(255)
第二节 溶剂脱蜡的基本原理 .....	(257)
第三节 溶剂脱蜡过程的工艺因素分析 .....	(277)
第四节 酮苯脱蜡工艺流程 .....	(304)
第五节 酮苯脱蜡装置的专用设备 .....	(323)
第六节 酮苯脱蜡装置的技术经济指标 .....	(328)
第七节 丙烷脱蜡 .....	(329)
第八节 尿素脱蜡工艺简介 .....	(330)
<b>第四章 白土补充精制工艺 .....</b>	<b>(338)</b>
第一节 概述 .....	(338)
第二节 白土精制的作用及机理 .....	(339)
第三节 白土的物理化学性质 .....	(340)
第四节 白土精制工艺流程 .....	(341)
第五节 白土精制过程的工艺分析 .....	(344)
第六节 白土精制的主要设备 .....	(348)
第七节 白土精制的物料平衡及技术经济指标 .....	(360)
第八节 环保与污染治理 .....	(360)
<b>第五章 催化脱蜡工艺 .....</b>	<b>(362)</b>
第一节 概述 .....	(362)

第二节 催化脱蜡催化剂 .....	(364)
第三节 催化脱蜡反应机理 .....	(371)
第四节 催化脱蜡工艺流程与操作条件 .....	(379)
第五节 润滑油基础油性质与收率 .....	(385)
第六节 公用工程消耗、能耗及环保 .....	(397)
<b>第六章 加氢补充精制工艺 .....</b>	<b>(399)</b>
第一节 概述 .....	(399)
第二节 加氢补充精制催化剂 .....	(401)
第三节 催化剂的预硫化及再生 .....	(404)
第四节 润滑油加氢补充精制工艺流程及过程分析 .....	(418)
<b>第三篇 石蜡、润滑油应用技术及设备润滑 .....</b>	<b>(431)</b>
<b>第一章 润滑油的试验项目及其意义 .....</b>	<b>(433)</b>
第一节 润滑油理化性能试验 .....	(433)
第二节 模拟试验项目 .....	(443)
<b>第二章 内燃机油的应用及设备润滑 .....</b>	<b>(455)</b>
第一节 沉积物 .....	(455)
第二节 摩擦与磨损 .....	(474)
<b>第三章 液压油的应用及设备润滑 .....</b>	<b>(510)</b>
第一节 液压油的基本性能 .....	(510)
第二节 液压油的分类 .....	(513)
第三节 液压油主要品种介绍 .....	(516)
第四节 液压油的选用 .....	(532)
<b>第四章 齿轮油的应用及设备润滑 .....</b>	<b>(535)</b>
第一节 车辆齿轮油 .....	(535)
第二节 工业齿轮油 .....	(558)
<b>第五章 压缩机油的应用及设备润滑 .....</b>	<b>(575)</b>
第一节 压缩机的结构特点及对油品的要求 .....	(575)
第二节 空气压缩机油的特性及其使用性能 .....	(579)
第三节 气体压缩机及无污染压缩机用油要求 .....	(583)
第四节 压缩机油标准 .....	(587)
<b>第六章 汽轮机油的应用及设备润滑 .....</b>	<b>(599)</b>
第一节 汽轮机润滑条件及对润滑油的性能要求 .....	(599)

## 目 录

第二节 汽轮机油的分类 .....	(600)
第三节 汽轮机油的组成 .....	(602)
第四节 汽轮机油的选择 .....	(602)
第五节 汽轮机油的更换 .....	(603)
第六节 普通汽轮机油的使用 .....	(605)
第七节 TSA 汽轮机油的选用 .....	(606)
第八节 抗氨汽轮机油的选用 .....	(608)
第九节 SHC 800 系列燃气轮机油的选用 .....	(609)
第十节 SATO 5S 合成汽轮机油的选用 .....	(610)
第十一节 Regal 极压汽轮机油的选用 .....	(610)
<b>第七章 设备润滑与管理 .....</b>	<b>(612)</b>
第一节 润滑油的选用、代用与混用 .....	(612)
第二节 润滑油的质量维护与监控 .....	(616)
<b>第四篇 润滑剂的生产与应用 .....</b>	<b>(621)</b>
<b>第一章 润滑剂的分类及性能概述 .....</b>	<b>(623)</b>
第一节 润滑剂的发展简史 .....	(623)
第二节 润滑机理 .....	(626)
第三节 润滑剂的分类 .....	(639)
<b>第二章 工业用润滑剂的性能与应用 .....</b>	<b>(645)</b>
第一节 齿轮的润滑 .....	(645)
第二节 轴承的润滑 .....	(654)
第三节 液压传动系统的润滑 .....	(668)
<b>第三章 航空用润滑剂的性能与应用 .....</b>	<b>(678)</b>
第一节 飞机发动机的润滑 .....	(679)
第二节 飞机其他部位的润滑 .....	(694)
<b>第四章 汽车用润滑剂的性能与应用 .....</b>	<b>(699)</b>
第一节 汽车发动机的润滑 .....	(699)
第二节 汽车底盘用润滑油 .....	(712)
<b>第五章 船舶用润滑剂的性能与应用 .....</b>	<b>(726)</b>
第一节 船舶柴油机的润滑 .....	(726)
第二节 船舶其他部位的润滑 .....	(734)
<b>第六章 金属加工用润滑剂的性能与应用 .....</b>	<b>(739)</b>

第一节	概述 .....	(739)
第二节	理化性能评定 .....	(742)
第三节	使用性能评定 .....	(748)
第四节	其他台架评定 .....	(764)
<b>第七章</b>	<b>生活用润滑剂的性能与应用 .....</b>	<b>(773)</b>
第一节	家用电器的润滑 .....	(773)
第二节	生活用品的润滑 .....	(777)
第三节	皮肤柔润剂 .....	(780)
<b>第八章</b>	<b>润滑剂使用后的环保处理 .....</b>	<b>(783)</b>
第一节	废润滑油处理中的环保问题 .....	(783)
第二节	废矿物润滑油再生工艺 .....	(786)
第三节	其他废润滑油的环保处理 .....	(791)
第四节	废润滑油作燃料 .....	(797)
<b>第五篇</b>	<b>润滑剂的性能测试与质量检验 .....</b>	<b>(801)</b>
<b>第一章</b>	<b>润滑剂的润滑性能测试 .....</b>	<b>(803)</b>
第一节	概述 .....	(803)
第二节	四球试验 .....	(806)
第三节	梯姆肯(Timken)试验 .....	(820)
第四节	法莱克斯(Falex)试验 .....	(823)
第五节	$\alpha$ -试验机(LFW-1试验机) .....	(827)
第六节	销-盘磨损试验 .....	(829)
第七节	MM-200磨损试验机(Amsler试验机) .....	(830)
第八节	另外两种摩擦系数测定法 .....	(832)
第九节	HQ-1摩擦磨损试验机 .....	(834)
第十节	SRV振动摩擦试验机 .....	(835)
第十一节	叶片泵试验 .....	(837)
<b>第二章</b>	<b>齿轮试验检测法 .....</b>	<b>(841)</b>
第一节	概述 .....	(841)
第二节	IAE齿轮试验 .....	(842)
第三节	利得(Ryder)齿轮试验 .....	(844)
第四节	FZG齿轮试验 .....	(847)
第五节	CH-1齿轮试验 .....	(855)

## 目 录

第六节 汽车后桥齿轮试验 .....	(858)
<b>第三章 润滑剂非润滑性能试验检测法 .....</b>	<b>(868)</b>
第一节 结焦性能 .....	(868)
第二节 材料相容性 .....	(891)
第三节 固体颗粒杂质含量 .....	(894)
第四节 贮存试验 .....	(896)
<b>第四章 固体润滑剂的性能测试 .....</b>	<b>(898)</b>
第一节 概述 .....	(898)
第二节 粉末润滑剂的性能测试 .....	(900)
<b>第六篇 润滑剂添加剂与合成润滑剂的生产工艺及应用 .....</b>	<b>(927)</b>
<b>第一章 润滑剂添加剂的分类及性能 .....</b>	<b>(929)</b>
第一节 清净剂 .....	(929)
第二节 分散剂 .....	(947)
第三节 抗氧抗腐剂 .....	(959)
<b>第二章 润滑油复合添加剂的分类及性能 .....</b>	<b>(971)</b>
第一节 内燃机油复合添加剂 .....	(971)
第二节 齿轮油复合添加剂 .....	(992)
<b>第三章 润滑剂主要评定方法和台架试验 .....</b>	<b>(998)</b>
第一节 润滑剂主要实验室评定方法 .....	(998)
第二节 齿轮油主要台架试验 .....	(1004)
第三节 内燃机油主要台架试验 .....	(1006)
<b>第四章 合成酯类油的生产工艺及应用 .....</b>	<b>(1013)</b>
第一节 酯类油的发展简史 .....	(1013)
第二节 酯类油的生产过程 .....	(1017)
<b>第五章 合成烃油的生产工艺及应用 .....</b>	<b>(1025)</b>
第一节 聚 $\alpha$ -烯烃合成油 .....	(1025)
第二节 聚丁烯合成油 .....	(1061)
<b>第六章 含氟润滑剂的生产工艺及应用 .....</b>	<b>(1069)</b>
第一节 概述 .....	(1069)
第二节 含氟润滑剂的制备 .....	(1071)
<b>第七章 合成润滑剂的分析测试方法 .....</b>	<b>(1082)</b>
第一节 色谱 .....	(1083)



第二节	红外光谱 .....	(1099)
第三节	合成润滑剂解剖分析 .....	(1123)
<b>第七篇</b>	<b>润滑脂的提炼技术、工艺流程及质量检验 .....</b>	<b>(1131)</b>
<b>第一章</b>	<b>润滑脂的生产过程及管理 .....</b>	<b>(1133)</b>
第一节	油脂的皂化反应 .....	(1134)
第二节	油脂与碱类化学反应的计算 .....	(1136)
第三节	润滑脂主要制造步骤 .....	(1142)
<b>第二章</b>	<b>润滑脂的生产工艺 .....</b>	<b>(1152)</b>
第一节	钙基润滑脂的生产工艺 .....	(1152)
第二节	合成钙基润滑脂的生产工艺 .....	(1161)
第三节	钠基润滑脂的生产工艺 .....	(1168)
第四节	混合皂基润滑脂的生产工艺 .....	(1176)
第五节	钡基润滑脂的生产工艺 .....	(1183)
第六节	铝基润滑脂的生产工艺 .....	(1187)
<b>第三章</b>	<b>润滑脂的性能分析 .....</b>	<b>(1192)</b>
第一节	单皂基润滑脂 .....	(1194)
第二节	混合皂基润滑脂 .....	(1225)
第三节	复合皂基润滑脂 .....	(1237)
<b>第四章</b>	<b>润滑脂的分析及质量评定 .....</b>	<b>(1255)</b>
第一节	润滑脂的取样方法 .....	(1255)
第二节	润滑脂的理化分析 .....	(1257)
第三节	润滑脂的组成分析 .....	(1269)
<b>第八篇</b>	<b>润滑脂的分类及应用范围 .....</b>	<b>(1289)</b>
<b>第一章</b>	<b>轴承用润滑脂的性能分析与应用 .....</b>	<b>(1291)</b>
第一节	滑动轴承用润滑脂 .....	(1291)
第二节	滚动轴承用润滑脂 .....	(1294)
第三节	滚动轴承的润滑管理 .....	(1305)
第四节	电动机用润滑脂 .....	(1312)
<b>第二章</b>	<b>铁路用润滑脂的性能分析与应用 .....</b>	<b>(1322)</b>
第一节	铁路机车车辆对润滑脂的要求 .....	(1322)
第二节	铁路滚动轴承用润滑脂 .....	(1329)

## 目 录

第三节	铁路制动缸用润滑脂 .....	(1336)
第四节	铁路牵引齿轮与轮轨用润滑脂 .....	(1342)
第五节	铁路机车车辆滚动轴承化的发展 .....	(1351)
<b>第三章</b>	<b>精密机器用润滑脂的性能分析与应用 .....</b>	<b>(1357)</b>
第一节	合成油润滑脂 .....	(1357)
第二节	仪器仪表用润滑脂 .....	(1365)
第三节	光学仪器用润滑脂 .....	(1369)
第四节	电位器阻尼用润滑脂 .....	(1373)
第五节	机电一体机器用润滑脂 .....	(1382)
<b>第四章</b>	<b>工程建设机械、农机、石油钻井机械用润滑脂的性能分析与应用 .....</b>	<b>(1388)</b>
第一节	工程建设机械用润滑脂 .....	(1388)
第二节	农机用润滑脂 .....	(1404)
第三节	石油钻井机械用润滑脂 .....	(1416)
<b>第五章</b>	<b>水泥、采煤、电力设备及机床用润滑脂的性能分析与应用 .....</b>	<b>(1419)</b>
第一节	水泥机械设备用润滑脂 .....	(1419)
第二节	采煤机械用润滑脂 .....	(1432)
第三节	电力设备用润滑脂 .....	(1448)
第四节	精密机床用润滑脂 .....	(1452)
<b>第六章</b>	<b>润滑脂的贮存、劣化及标准化包装 .....</b>	<b>(1466)</b>
第一节	润滑脂的贮存与管理 .....	(1466)
第二节	润滑脂的劣化及分析 .....	(1470)
第三节	润滑脂包装的标准化 .....	(1480)
<b>第九篇</b>	<b>常用固体润滑技术及密封防腐处理 .....</b>	<b>(1483)</b>
<b>第一章</b>	<b>固体润滑材料分析与应用 .....</b>	<b>(1485)</b>
第一节	石墨 .....	(1485)
第二节	二硫化钼 .....	(1501)
<b>第二章</b>	<b>金属基润滑材料分析与应用 .....</b>	<b>(1516)</b>
第一节	软金属润滑材料 .....	(1516)
第二节	金属基复合润滑材料 .....	(1521)
<b>第三章</b>	<b>高分子润滑材料分析与应用 .....</b>	<b>(1535)</b>
第一节	高分子润滑材料的种类和特性 .....	(1535)
第二节	聚四氟乙烯 .....	(1546)

---

第四章 密封与防漏技术分析 .....	(1556)
第一节 密封基本原理 .....	(1556)
第二节 密封的分类与其特性 .....	(1559)
第三节 常用密封的选择 .....	(1573)
第四节 常用防漏治漏方法 .....	(1577)
第十篇 最新石蜡、润滑油(剂)产品生产、质量检验行业 标准规范汇编 .....	(1579)

## 第六章 加氢补充精制工艺

### 第一节 概 述

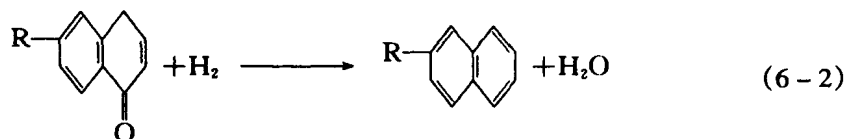
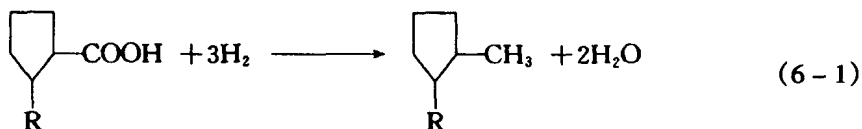
#### 一、加氢补充精制的作用

前已述及,加氢补充精制是润滑油补充精制现时并存的两种工艺之一。在我国,它不及白土补充精制应用广泛,而在国外,由于减压蒸馏技术的进步,溶剂精制过程的完善,以及加氢过程(包括精制、脱蜡)的采用,补充精制在润滑油生产中的作用日趋减小。而在补充精制中,加氢补充精制占主导地位。例如,1990年,美国共有33个润滑油生产厂,润滑油基础油总生产能力为10.86Mt/a(22.63万桶/天),而有补充精制装置的仅14个厂,占生产厂总数的42.42%,补充精制加工能力为6.72Mt/a(14万桶/天),占基础油总生产能力的61.86%。其余19个厂都没有补充精制装置。在有补充精制的14个厂中,12个厂是加氢补充精制,加氢补充精制能力占补充精制总能力的96.79%。

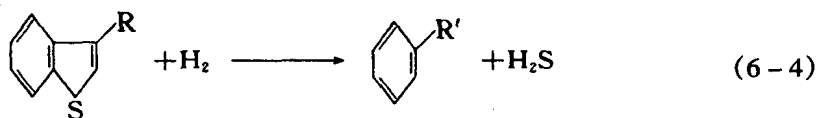
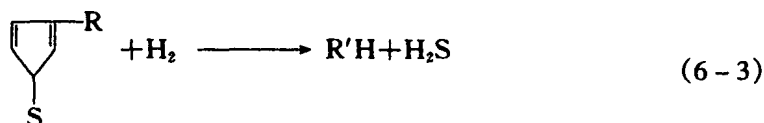
#### 二、加氢补充精制的主要化学反应

润滑油加氢补充精制不同于加氢处理,它是在较缓和条件下进行的加氢过程,主要是非烃破坏加氢。过程温度低(210~300℃),压力低(2.0~4.0MPa),空速大(1.0~2.5h<sup>-1</sup>),其作用主要脱除精制、脱蜡后油料中残存的含硫、氧、氮等杂质,以改善油品的安定性和颜色,基本上不改变油料的烃类结构及组成,其主要化学反应有以下几种。

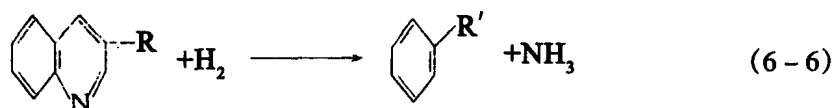
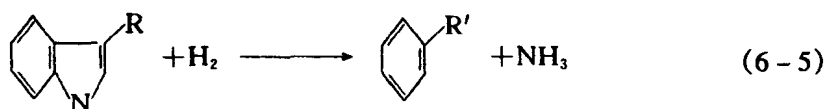
含氧化合物加氢生成水和烃



含硫化合物加氢生成 H<sub>2</sub>S 和烃



含氮化合物加氢生成 NH<sub>3</sub> 和烃



上述式 6-1~6-4 的脱氧、脱硫反应在缓和条件下即可进行,而式 6-5、式 6-6 反应在缓和条件下进行缓慢,因此,一般脱氮效率较低。除上述反应外,还有不饱和烃加氢饱和作用发生。各种反应进行的相对程度与催化剂的种类和操作条件有很大关系,因此,选择合适的催化剂至关重要。

## 第二节 加氢补充精制催化剂

润滑油加氢补充精制同其他催化过程一样,催化剂在整个过程中起着十分重要的作用。装置的投资、操作费用、产品质量及收率等均同催化剂的性能密切相关。

到目前为止,国内外润滑油加氢补充精制催化剂的开发应用均是在燃料油加氢催化剂的基础上进行的,而且所使用的绝大部分催化剂都是由燃料油加氢催化剂直接或经过改型后转过来的,专门的润滑油加氢补充精制催化剂的发展则较晚一些。

### 一、催化剂的组成

常用的加氢补充精制催化剂主要由活性组分及载体组成。有的催化剂还加有助催化剂。催化剂的加氢活性取决于所用的活性组分,裂解活性主要决定于载体,助剂则起改善催化剂选择性、稳定性或某方面功能的作用。

#### (一)活性组分

活性组分一般为周期表上第Ⅵ族和第Ⅷ族的几种金属的氧化物或硫化物。其中加氢活性最好的有第Ⅵ族中的W、Mo、Cr和第Ⅷ族中的Co、Ni、Fe。使用实践证明,两种或两种以上活性金属组分的混合型催化剂的性能比单组分的要好。最常用的加氢补充精制催化剂的金属组分是Co-Mo、Ni-Mo、Ni-W、Co-W或Mo-Co-Ni,也有Fe-Co-Mo的。由于W的价格是Mo的3倍,考虑到成本等因素,W很少应用。早期是以Co-Mo(钼酸钴)为主,近年则以NiMo(钼酸镍)型催化剂占主导地位。Co-Mo型多用于含硫量较高的原料,Ni-Mo型用于氮含量比较高的原料。

Ni-Mo型与Co-Mo型相比,其优点是:加氢活性较高,因此脱氮和脱稠环芳烃能力较强;生成油颜色较好;反应温度较低,可以减少裂解作用;寿命也很长,再生周期可达2年,通常可再生1~3次。

Fe-Co-Mo型与Co-Mo型相比,其优点是:加氢条件最缓和,压力仅为2MPa,氢耗小,催化剂寿命长,但精制深度浅,灵活性小。

上述各类催化剂其活性组分配比、含量可根据原料性质及目的产品的要求进行调整,因此就会出现一系列性能各异、牌号不同的催化剂产品。

#### (二)载体

催化剂常用载体有中性载体和酸性载体两大类。中性载体有活性 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、活性炭、硅

藻土等。酸性载体有硅酸铝、活性白土、分子筛等。一般来说,载体本身并没有催化活性,但它具有较大的比表面和较好的机械强度,因而能很好地将活性组分分散在其表面上,使之更有效地发挥作用,从而节省活性组分的用量,同时也提高了催化剂的稳定性和机械强度。

中性载体本身的裂解活性不高,用它制成的加氢催化剂表现出较强的加氢活性和较弱的裂解活性。为了避免裂解作用的发生,加氢补充精制催化剂多采用中性载体,主要是 $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ 。

### (三)助催化剂

为了改善加氢精制催化剂某方面的功能,例如活性、选择性、稳定性等,在制备过程中常常添加某些添加物——助催化剂。大多数助催化剂是金属或金属化合物,也有非金属的,如Cl、F、P等。对润滑油加氢补充精制催化剂来说,助催化剂并不是必须的,多数催化剂都没有助剂。

## 二、催化剂的种类

### (一)国外催化剂

近期国外生产销售可用于润滑油补充精制过程的催化剂的公司主要有:谢夫隆研究和技术有限公司(CHEVRON RESEARCH & TECHNOLOGY CO.);英国石油公司和法国普罗卡塔里斯(PROCATALYSE)公司;阿克苏化学品国际公司日本凯特金(AKZO CHEMICALS/NIPPON KETJEN);巴斯夫公司;东方催化剂公司(ORIENT CATALYST CO. LTD);雷纳工业公司(LEUNA - WERKEAG)等。其产品中有些是专门用于从溶剂精制油或半精制油生产基础油或成品油的催化剂。谢夫隆公司研究开发的品种最多,可适用于各种不同的原料和产品要求的装置中。有的公司还声明所有催化剂均可经装置外预硫化处理后供货,以方便用户。

### (二)国内催化剂

我国已经工业生产和研究的加氢精制催化剂,其精制效果与国外催化剂差别不大,可用于润滑油补充精制的催化剂及使用性能列于表6-1。

中国石化总公司石油化工科学研究院将可用于润滑油加氢补充精制的国内催化剂与美国氰胺公司生产的Aero HDS-3A和AeroHDS-9A作对比,其脱色能力、产品的光安定性、氧化安定性、凝点回升的幅度差别都不大。该院主要针对二次加工产品加氢精制而研制并由长岭炼油化工总厂催化剂分厂1985年正式生产的RN-1催化剂具有良好的加氢脱氮、脱硫和芳烃饱和性能以及优良的稳定性和机械强度。它可广泛用于汽油、

煤油、直馏柴油、催化柴油、焦化柴油、润滑油及减压蜡油等加氢精制过程。它优于国际公认的 HDN 活性最好的 H 催化剂。RN-1 已在国内 18 套不同用途的工业装置上应用。兰州炼油化工总厂已将 RN-1 用于润滑油加氢补充精制装置。RN-1 的性能和水平与目前国外高水平的馏分油加氢精制催化剂相当。

表 6-1 润滑油加氢补充精制催化剂工业使用性能

催化剂	反应压力 /MPa	反应温度 /℃	原 料			产 品		
			粘度(100℃) /mm <sup>2</sup> ·s <sup>-1</sup>	色度/号	酸值 /mgKOH·g <sup>-1</sup>	粘度(100℃) /mm <sup>2</sup> ·s <sup>-1</sup>	色度/号	酸值 /mgKOH·g <sup>-1</sup>
528 钼钴镍	2.5	230	9.39	3.5	0.127		2.5	—
3733 铁钼	2.4	275	12.99	3.0	0.034		2.5	0.014
钨镍硅钼	5~6	250~300	9~11	2.5	0.01		1.5	0.01
钨钼镍	4.2	285	11.46	2.5	0.005		1.5	0.006
钼镍磷	2.65~2.8	250	34.7	6.0~7.5			5.6~6.5	—
钼镍	2.7	270	10.11	3.5	0.01	10.36	3.0	0.01

RN-1 催化剂的外形是直径 1.2mm, 长度 3~8mm 三叶形, 其组成及物理性质如下:

## RN-1 化学组成/%(重)

WO <sub>3</sub>	23.6
NiO	2.6
助剂 A	4.51
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	余量

## RN-1 物理性质

比表面积	135m <sup>2</sup> /g
孔体积	0.3cm <sup>3</sup> /g
堆积密度	1.028g/cm <sup>3</sup>
压碎强度	238.3N/cm
平均孔半径	4.4nm



### 第三节 催化剂的预硫化及再生

#### 一、催化剂的预硫化

##### (一) 预硫化的作用及主要反应

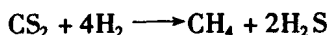
加氢处理、加氢精制或加氢补充精制催化剂的活性组分绝大部分是钨、钼、镍、钴等非贵金属,这些活性组分大部分又都是以氧化物的状态分散在载体表面。实践证明,只有将这些金属的氧化物转化为硫化物,催化剂才具有较高的加氢活性。预硫化就是实现这种转化一个过程,一般是由催化剂使用者——用户自己在使用催化剂前进行的。实际上预硫化是催化剂制造时的最后一步工序。前已述及,国外有的催化剂制造商就可供应经预硫化处理后的催化剂。

长期生产实践已证明:同一种催化剂,预硫化的比不预硫化的活性要高得多,用不同的条件进行预硫化,所得催化剂的活性也不相同。对于一些金属组分含量高、机械强度差的催化剂,硫化后机械强度将得到提高。因此,加氢催化剂使用前的预硫化是提高其使用性能的重要一环。

工业预硫化技术通常可概括为4种类型:①利用  $H_2S/H_2$  气体混合物与催化剂接触进行预硫化;②利用进料中所含的天然有机硫化物进行预硫化;③在进料中添加供硫体——硫化剂(例如硫醇、硫醚、二硫化碳等)进行预硫化;④在器外用含硫化合物(例如硫化铵)浸渍催化剂。目前,普遍采用  $H_2S/H_2$  混合气或在煤油中掺入硫化剂进行预硫化。后一种方法比前一种方法给出更高的活性,因此应用更广泛。

催化剂预硫化反应十分复杂,在预硫化条件下金属氧化物存在着还原和硫化竞争反应。加氢催化剂多元金属硫化物的活性中心模型也是很复杂的,至今还存在多种假设,为简化起见,一般将活性金属硫化的结构式表示如下:  $MoS_2$ 、 $WS_2$ 、 $Co_9S_8$ 、 $Ni_3S_2$ 。其反应过程假设分两步进行:

(1)有机硫化物被吸附在催化剂表面,在氢气存在下进行加氢分解反应,生成相应的烃及  $H_2S$ (使用硫化剂时)。以  $CS_2$  为例,主要反应为:



(2)加氢分解生成的  $H_2S$  与金属氧化物反应,生成相应的硫化物,即: