



当代石油和石化工业技术普及读本

石油炼制——润滑油和石蜡

(第二版)

中国石油和石化工程研究会 组织编写

秦瑞岐 孙毓霜 执笔



中国石化出版社

当代石油和石化工业技术普及读本

石油炼制——润滑油和石蜡

(第二版)

中国石油和石化工程研究会 组织编写

秦瑞岐 孙毓霜 执笔

中国石化出版社

图书在版编目(CIP)数据

石油炼制——润滑油和石蜡/中国石油和石化工程研究会 组织编写. —2版.

—北京:中国石化出版社,2005
(当代石油和石化工业技术普及读本)

ISBN 7-80043-959-3

I.石… II.中… III.①润滑油-普及读物 ②石蜡-普及读物 IV.TE626-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 114911 号

中国石化出版社出版发行

地址:北京市东城区安定门外大街 58 号

邮编:100011 电话:(010)84271850

读者服务部电话:(010)84289974

<http://www.sinopec-press.com>

E-mail:press@sinopec.com.cn

北京精美实华图文制作中心排版

北京大地印刷厂印刷

全国各地新华书店经销

*

850×1168 毫米 32 开本 3.5 印张 64 千字

2006 年 3 月第 2 版第 2 次印刷

定价:10.00 元

前 言

《当代石油和石化工业技术普及读本》(以下简称《普及读本》)第一版于1999年组织编写,2000年完成全部出版工作。第一版《普及读本》共出版了11个分册,其中上游4个分册,包括勘探、钻井和完井、开采、油气集输与储运系统;下游7个分册,包括石油炼制——燃料油品、石油炼制——润滑油和石蜡、乙烯、合成树脂、合成橡胶、合成纤维、合成氨和尿素。

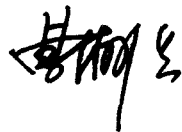
从一开始组织编写《普及读本》,我们就把这套书的读者对象定位在管理人员和非本专业技术人员,立足于帮助他们在较短的时间内对石油石化工业技术的概貌有一个整体了解。这套丛书列入了新闻出版总署“十五”国家科普著作重点出版规划;出版后在社会上,尤其是在石油石化行业和各级管理部门产生了良好影响;为了满足读者的需求,部分分册还多次重印。《普及读本》的出版发行,对于普及石油石化科技知识、提高技术人员和管理人员素质起到了积极作用,并荣获2000年度中国石化集团公司科技进步三等奖。

近年来,石油石化工业又有了快速发展,先进技术不断涌现;海洋石油勘探开发、天然气开发与利用在行业发展和国民经济中的地位越来越重要;随着时间推

移，原有分册中的一些数据已经过时，需要更新；各方面读者也反映，要求继续补充编写一些新的分册等。在征求各方面专家意见的基础上，我们决定对原先出版的11个分册进行修订，并补充编写9个新的分册，包括海洋石油勘探、海洋石油开发、天然气开采、天然气利用、石油沥青、炼油催化剂、炼油助剂、加油站、绿色石油化工。这9个分册分别邀请中海油、中石油、中石化以及中国石油和石化工程研究会相关领域的专家进行编写。原有分册的修订工作主要是补遗、更新、完善，不做大的结构性变动。

《普及读本》第二版修订、增补工作得到了中国石油化工股份有限公司的大力支持；参与丛书修订、编写工作的离退休专家、教授，勤勤恳恳、兢兢业业，其奉献和敬业精神令人感动。在此，谨向他们表示诚挚的敬意和衷心的感谢！

中国工程院院士



二〇〇五年八月八日

《当代石油和石化工业技术普及读本》

第二版

编委会

主任：曹湘洪

编委：（按姓氏笔画为序）

王子康	王少春	王丙申	王协琴
王国良	王毓俊	尤德华	亢峻星
刘积文	刘镜远	孙梦兰	孙殿成
孙毓霜	陈宝万	陈宜焜	张广林
张玉贞	李润清	李维英	吴金林
吴明胜	法琪瑛	庞名立	赵 怡
宫 敬	贺 伟	郭其孝	贾映莹
徐嘍东	秦瑞岐	翁维琬	龚旭辉
黄伯琴	梁朝林	董恩环	程曾越
廖谟圣			

目 录

第一章 概论	(1)
第二章 润滑油的生产	(6)
第一节 现代润滑油生产的基本过程	(6)
第二节 润滑油生产的工艺流程	(7)
第三节 润滑油生产工艺发展的趋势	(9)
第三章 润滑油的组成、性能及测试	(11)
第一节 润滑油的组成	(11)
第二节 润滑油基础油的组成和原料选择	(16)
第三节 润滑油的性能及其测试方法	(17)
参考文献	(23)
第四章 润滑油产品	(24)
第一节 润滑油的分类和规格	(24)
第二节 内燃机润滑油	(27)
第三节 齿轮润滑油(齿轮油)	(32)
第四节 液压油和液力传动油	(39)
第五节 汽轮机油	(42)
第六节 电器用油	(45)
第七节 压缩机油	(46)

第八节 石油蜡·····	(50)
参考文献·····	(55)
第五章 矿物润滑油的生产工艺·····	(57)
第一节 常减压蒸馏生产工艺·····	(57)
第二节 丙烷脱沥青生产工艺·····	(63)
第三节 溶剂精制生产工艺·····	(67)
第四节 溶剂脱蜡生产工艺·····	(71)
第五节 润滑油的白土补充精制工艺·····	(81)
第六节 润滑油加氢补充精制生产工艺·····	(86)
第七节 润滑油加氢处理生产工艺·····	(89)
第八节 润滑油临氢降凝生产工艺·····	(95)
第九节 润滑油的调合工艺·····	(99)
参考文献·····	(103)

第一章 概 论

一、润滑剂的发展

我们知道，机械相对运动的接触表面，都伴有摩擦、磨损和发热，如不润滑，就不能维持长久的正常运行，因此人类很早就知道了使用润滑剂。但直到上世纪的 1876 年，俄国人才开始从石油中提炼润滑油，建立了世界第一个矿物润滑油厂。随着石油化学、化学工程学、摩擦学的发展，直到 20 世纪初，陆续推出了一系列新型的工艺技术，至 1936 年就形成了可从石油中提取轻、中、重质润滑油基础油的完整工艺技术，加之添加剂的广泛应用，从而使润滑油成为一类重要的产品，跨入了现代化大工业新的发展历史阶段。以后随着机械、冶金、电力、纺织、农业、军事工业的发展，对润滑油品不断提出新的要求，促进了润滑油生产工艺技术的发展和提高，也逐渐形成了一整套产品质量测试评定方法。进入 90 年代，润滑油产品升级换代的步伐明显加快，致使用传统物理方法加工的溶剂精制、溶剂脱蜡、补充精制等工艺技术，不再能完全适应要求，于是先后推出了用化学方法制造润滑油的加氢处理、临氢异构等新的工艺技术，以满足新一代黏度指数更高、安定性更好、挥发度更低的基础油的需要。同时为了发展节

能、环保型润滑油品，促使摩擦改进剂及性能各异的复合添加剂和成品油优化配伍技术也在迅速发展。

二、润滑剂的基本功能

润滑剂具有降低摩擦系数、减少磨损、导热冷却、净化摩擦表面、隔离密封、传递动力、阻尼减振等基本功能，从而维持机械的长久正常运行。世间所有机械的正常运行，都有合理润滑问题，否则轻者造成浪费，重者导致故障不能运行，故润滑剂与人们生活密切相关。

据科学家测算，世界所有能源的 $1/3 \sim 1/2$ 消耗在摩擦磨损上。美国能源的 46% 消耗于摩擦上。而通过改善润滑，仅汽车运输、发电、机械、发动机等四个行业，就可节能 11%。日本调查表明，机械设备事故的 40% 左右是润滑不良造成的。因此搞好润滑实为保证机械正常运行并延长其寿命，节约能源，增加效益的关键，而搞好润滑，核心是选用适宜的润滑材料。

三、润滑剂的类别及其产量

润滑剂可分为气体、液体、半固体和固体四大类。气体润滑剂出现较晚，主要用于超高速的精密设备或超精仪器上；固体润滑剂则应用在超高真空、超低温、强氧化或还原、强辐射、高温、高负荷条件下，是卫星、宇宙飞船、航天和空间站发展不可缺少的润滑材料；半固体润滑剂即各种润滑脂，俗称黄油，用途很广，其中含 80% ~ 90% 的润滑油，目前全世界的年产量 80 余万吨，我国年产量 8 万吨左右，生产能力 20 万吨；液体润滑剂则是矿物润滑油和合成润滑油，用途最广。目前

全世界润滑油产量 4600 余万吨，占原油一次加工量的 1.17%，其中矿物润滑油占总量的 97.7%，合成油占 1.4%，其他约占 0.9%，故主体是矿物润滑油，2000 年我国润滑油生产能力 360 万吨/年，居世界第三位。

四、现代润滑油工业的特征

现在世界润滑油的产量，仅占石油产品总量的 1.2% 左右，但它的特点是品牌多，生产批量小，质量要求严格，产品质量升级换代快，工艺流程长，生产很复杂。为此现代优质润滑油的开发和生产，都依靠不断进步的先进工艺：在炼油厂集中生产优质基础油，在添加剂厂生产优质添加剂，在调合厂以优质的基础油与添加剂相配伍，生产商品润滑油。每开发一个新品牌，都必须通过模拟仿真化的测试评定程序，进行质量认证。为保证润滑油品及基础油和添加剂的质量稳定，都实行严格管理和先进的过程品质控制。总之，现代润滑油生产必须具备基础油、添加剂和测试评定手段三个基本要素。它们的技术水平，可基本反映一个国家润滑油工业的发展水平。

五、现代润滑油的消费结构和供需动向

当今世界润滑油消费的特点是，由于润滑油质量不断提高，内燃机等主要机械设备耗油率大幅下降，故近 20 年来全世界润滑油年消费增长率为 1% 左右。90 年代中期以后，亚太地区需求增长较快，年增长率达 3.6%，全世界增长率为 2.1%。1997 年世界润滑油销量为 4259 万吨，产量为 4589 万吨，生产能力虽然地区

间不够平衡，需求也不平衡，但总体上一一直是过剩的。

润滑油的消费结构，从表 1-1 中可以看出，虽各地不尽相同，但车用润滑油与工业润滑油大体上各占一半。在车用润滑油中，内燃机润滑油所占比例在 85% 以上，其余为车用齿轮油、自动传动液和润滑脂等。工业润滑油的消费构成比较复杂，在美国分为：①普通工业润滑油，其中包括液压油、机床油、汽轮机油、压缩机油、工业齿轮油等，占 36.49%；②工业发动机油，包括内燃机车发动机油、船舶发动机油、天然气发动机油，占 14.28%；③金属加工油，包括金属切削油、铸模油、处理油、防护油等，占 7.26%；④工艺用油，包括电气用油、橡胶工艺用油、白油、农用喷雾油、印刷用油等，占 41.96%。在车用和工业润滑油中，用量最大的当属内燃机油、齿轮油和液压油三大类，其消费约占润滑油总量的 76% 左右。这是润滑油消费发展的主体。

表 1-1 世界各地区车用润滑油和
工业润滑油所占比例

地 区	车用润滑油/%	工业润滑油/%
北美洲	56.4	43.6
拉丁美洲	55.1	44.9
中欧及东欧	55.0	45.0
西欧	51.5	48.5
澳大利亚和大洋洲	50.5	49.5
非洲	50.3	49.7
亚洲	48.8	51.2
全世界平均	53.4	46.6

表 1-2 列出了 20 世纪 90 年代和 21 世纪初世界各地润滑油的需求动向。由此预测表明, 北美、西欧以及东欧等发达国家润滑油需求增长较缓, 而中东及我国等发展中国家需求量增长较快, 市场潜力较大; 就全世界而言润滑油供大于求, 仅亚洲及非洲需求不足。

表 1-2 20 世纪 90 年代和 21 世纪世界各地区

润滑油需求分布及其预测

万吨/年

地 区	1990 年(实际)	1995 年	2000 年	2005 年	15 年增长率/%
北 美	878.5	878.6	908.5	928.6	5
中南美	288.6	328.6	368.5	397.1	37.6
西 欧	640.0	660.0	688.6	710.0	10.9
亚 澳	524.3	605.7	700.0	808.6	54.2
中东、非洲	270.0	300.0	380.0	370.0	37.0
东 欧	155.7	148.6	150.0	150.0	-3.7
中 国	178.6	204.3	224.3	247.1	38.4
原苏联	862.9	820.0	817.1	824.3	-4.5
全世界	3798.5	3945.8	4188.5	4435.7	16.8

第二章 润滑油的生产

第一节 现代润滑油生产的基本过程

现代矿物润滑油生产的基本过程，如图 2-1 所示。即原油先经常压蒸馏，蒸馏出汽、煤、柴油等轻质馏分，在常压塔底所得的常压渣油，再经减压蒸馏，分馏出轻、中、重质馏分润滑油料，减压塔底渣油再经丙烷脱沥青后，制得残渣润滑油料，制备好的馏分及残渣润滑油料，分别再经过精制、脱蜡及补充精制，得到润滑油基础油，最后进入成品油调合工序，与添加剂优化配伍，即得成品润滑油。

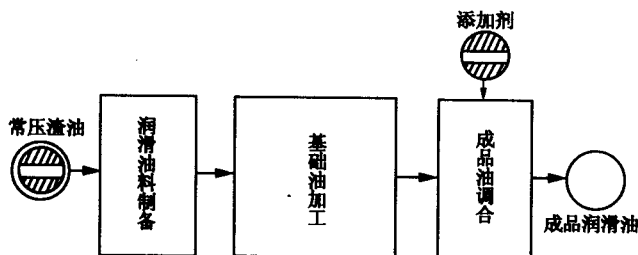


图 2-1 现代矿物润滑油生产的基本过程

第二节 润滑油生产的工艺流程

由于采用原油不同，产品要求各异，润滑油基础油生产工艺就很复杂。但可归纳为三条工艺路线：一是物理加工路线，其工艺流程是图 2-2 所示的“溶剂精制 - 溶剂脱蜡 - 补充精制”；二是化学加工路线，其工艺结构和流程如图 2-3 所示，即“加氢裂化 - 催化脱蜡 - 加氢精制”的全氢路线；三是物理 - 化学联合加工路线，其工艺流程是“溶剂预精制 - 加氢裂化 - 溶剂脱蜡”，或“加氢裂化 - 溶剂脱蜡 - 高压加氢补充精制”，或“溶剂精制 - 溶剂脱蜡 - 中低压加氢补充精制”，如图 2-4 所示。路线一、二、三分别简称为溶剂法、加氢法和混合法，目前世界上三条工艺路线共存，但一、二种路线还是主体。

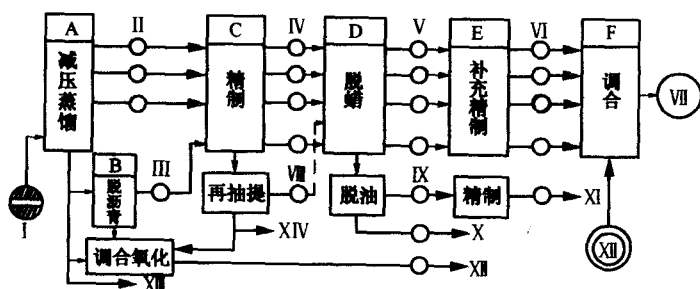


图 2-2 用石蜡基原油生产润滑油的工艺结构和总流程
物流：I—常压渣油；II—馏分润滑油料；III—残渣润滑油料；IV—精制油；
V—脱蜡油；VI—各号基础油；VII—各类成品润滑油；VIII—再抽提余油
（催化进料）；IX—脱油蜡；X—蜡油（催化裂化进料）；XI—成品蜡
（石蜡、地蜡）；XII—沥青（道路沥青、建筑沥青）；XIII—减
压渣油（锅炉燃料）；XIV—抽出油（橡胶填充物等）

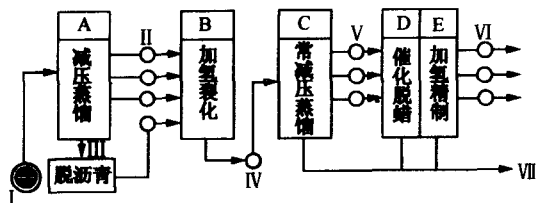
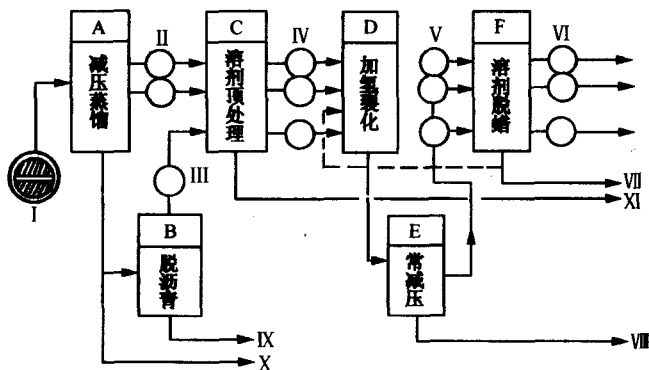
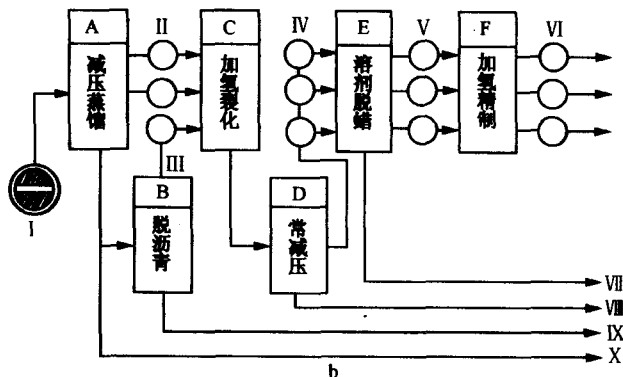


图 2-3 润滑油全氢法生产工艺结构和总流程

物流：I—常压渣油；II—馏分润滑油料；III—减压渣油；IV—加氢裂化生成油；V—一段加氢含蜡油；VI—全氢法基础油；VII—汽、煤、柴油



a



b

图 2-4 混合工艺的两结构

I—常压渣油；II—减压馏分；III—脱沥青油；IV—加氢含蜡油；V—脱蜡油；VI—成品基础油；VII—含油蜡及蜡膏；VIII—汽、煤、柴油；IX—脱沥青油；X—减压渣油；XI—抽出油

第三节 润滑油生产工艺发展的趋势

在节能和环保要求日趋严格的推动下，润滑油生产工艺也不断改进和发展。由于发展低黏度多级化节能型油品，不仅可使发动机节约燃料 2% ~ 6%，且延长润滑油换油期到 15000 千米以上，而且也可使排污量成倍减少。故美国的汽油机油，已由 1972 年的 SE 级，发展到今天的 SJ、SK 级，进而发展到以 SJ/GF-2 为主，柴油机油由 CC 级发展到 CD、CE、GG-2 级等。西欧、日本等发达国家，也都大力发展低黏度多级化的高等级内燃机油。目前日本的多级汽油机油，市场占有率几乎为 100%，欧美也都在 80% 以上，这些都要求黏度指数为 95 ~ 140 的基础油，而黏度指数高于 100 以上的基础油，如果采用传统的溶剂法加工工艺，由石蜡基原油生产都很困难，用中间基原油生产则不可能。而现在石蜡基原油又越来越少，多年来对传统的溶剂法工艺，虽然不断创新提高，但是即使用石蜡基原油来生产黏度指数大于 130 的基础油，也很困难。故随着时间的推移，化学法的临氢转化生产工艺，在世界范围内迅速发展，在现代润滑油生产工艺中的比重不断增加。1993 年推出了临氢异构转化法生产新一代超高或高黏度指数的新工艺，现在世界上的生产能力已达 1470 余万吨，加氢处理能力也迅速增长，在许多炼厂高中压加氢处理与溶剂法的混合工艺不断增长；摩擦改进剂和各种高效能的复