

现代润滑油生产工艺

水天德 主编 龙显烈 主审



中国石化出版社

北京)

3

登录号	102736
分类号	TE626.3
种次号	018

现代润滑油生产工艺

水天德 主编 龙显烈 主审



中国石化出版社

内 容 提 要

本书系统地论述了国内外以天然石油为原料加工制造润滑油的生产技术；阐述了二次大战以来世界润滑油生产工艺的技术进步和科技成就；并从理论与实践的结合上，向读者展示了国内外在此领域积累的丰硕实践经验。

本书按照润滑油生产全过程，共分5篇13章，内容广泛，论述翔实，是一册既区别于科技通俗读物，又不同于院校教科书的工程技术专著，供广大从事润滑油科研、设计、生产、经营的工程技术人员阅读，亦可做为大专院校有关专业的参考书籍。

图书在版编目(CIP)数据

现代润滑油生产工艺/水天德主编. -北京：中国石化出版社，
1997 ISBN 7-80043-650-0

I. 现… II. 水… III. 润滑油-生产工艺 IV. TE626.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(96)第 15757 号

*

中国石化出版社出版发行

地址：北京市东城区安外大街 58 号

邮编：100011 电话：(010)64241850

北京市机械工业出版社京丰印刷厂印刷

新华书店北京发行所经销

*

787×1092 毫米 16 开本 31.5 印张 800 千字 印 1~2000

1997 年 6 月北京第 1 版 1997 年 6 月北京第 1 次印刷

(平) 定价：50.00 元

《现代润滑油生产工艺》主编、主审及作者

主 编

水天德

主 审

龙显烈

作 者

水天德	张景河	余志英
张继德	李家琛	张永连

序

矿物润滑油是四大类石油产品之一，是构成现代润滑剂的主要部分。润滑剂被称为维持机械正常运转的血液，在现代社会经济的发展过程中起着举足轻重的作用。

现代润滑油是优质基础油和多种功能添加剂的配制产物。不论是基础油或添加剂，其生产工序多，加工流程长，工艺复杂，品种繁多，配方开发严密，应用技术十分严格，因此，润滑油是一类技术含量很高的石油产品。

世界各国经济建设和国防建设日益发展，以及现代化机械的不断发展，对润滑油的品种提出了愈来愈苛刻的要求。这一需求，大大推动着润滑油科学研究和生产工艺的不断进展，而润滑油生产工艺的不断革新和技术进步，为制造高品质润滑油提供了物质技术基础。世界各国，特别是发达国家为此投入了大量人力、物力，进行了大量科学研究和技术革新，各种润滑油品种更新很快，质量提高幅度很大，特别是发动机润滑油更新换代更快，市场竞争也更加激烈，因此，研讨现代润滑油生产工艺的技术进步，理所当然受到国内外润滑油界的关注。

我国润滑油工业起步较晚，建国以后在不长的时期内建立了现代润滑油工业所必需的技术装备和科技队伍，不断开发和生产了润滑油产品。特别是党的十一届三中全会以后，随着改革开放的不断深入，我国润滑油工业得到很快发展。目前我国润滑油产品，在数量和品种上已基本满足我国国防建设和国民经济发展的需要，改变了过去那种舶来润滑油一统中国市场的局面。多年来，在广大科技工作者的努力下，我国润滑油和添加剂装置不断得到技术改造，使生产技术和装备水平不断提高，目前已基本接近国际水平。不仅如此，我国润滑油综合生产能力也有很大增加，现在已名列世界第三，仅次于美国和俄罗斯。在实现润滑油产业现代化过程中我们也积累了丰富的生产经验，创造了许多科技成果，需要进行认真总结。因此，学习国外同行在润滑油产业现代化方面的技术成果，回顾和总结我国润滑油工业现代化的实践，对于促进我国润滑油工业的进一步发展，无疑是很有必要、很有意义的。

由中国石化出版社出版，并由长期从事润滑油生产、科研和教学的水天德等6位同志撰稿、经我国著名炼油专家龙显烈主审的《现代润滑油生产工艺》一书，以翔实丰富的资料，突出理论与实践的结合，系统而全面地论述了现代润滑油生产工艺的发生和发展，充分反映了国内外矿物润滑油工业技术的足迹、现状和前景。它的编著和出版，是对我国润滑油事业的一种可贵奉献，也体现着国内外广大润滑油工作者对润滑油生产工艺的现代化所做出的贡献。我祝贺这一技术专著的出版问世。我也深信，它将与中石化出版社已出版的《现代燃料与润滑油添加剂》（张景河等编著、韩长宁主审）一书构成我国专家、学者执笔论述“现代润滑油生产工艺技术”的姊妹篇，使广大润滑油工作者在加强润滑油生产管理、消除润滑油生产的“瓶颈”制约、提高润滑油生产技术、以及开阔视野、增长知识诸方面，从中获得启迪和裨益。

中国石油化工总公司副总经理

前 言

摩擦学告诉我们,所谓润滑是应用某种物质膜将彼此做相对运动的表面加以分隔,避免擦伤、磨损的物理化学运动。液体的、固体的及气体的润滑剂,就是实现这种运动的物质。

早在一个世纪以前,人们还采用动、植物油做为多种机械的润滑剂,而由石油来制备润滑剂则是19世纪70年代的事情。1878年,巴黎世界博览会上展出了世界第一批矿物润滑油,它标志着人类在“摩擦-磨损-润滑”的抗争中,获得了科学技术上的一次重大突破和飞跃。

20世纪上半叶,经过两次世界大战洗礼的润滑剂工业,步入了现代化的里程。美国、前苏联等国的专家学者曾经在他们的专著中描述了当时润滑油工业体系的形成和生产工艺。40多年以后的今天,世界润滑剂工业无论在制造技术、生产规模、品种质量以及应用技术上,都有了很大发展和创新。我国润滑剂工业也在这一时期起步,获得了长足的发展,已经跻身于世界矿物润滑油生产大国的行列。

当今世界润滑剂总量中,润滑脂约占6%,固体润滑剂约占3%,润滑油约占91%。而且,在润滑油中约91%为石油基润滑油,通常称为矿物润滑油。正因为此,本书着重论述现代矿物润滑油的生产工艺,其他如有所涉,则述而不论。

我等执笔编著本书,动因有三:一是我国现代润滑油工业从新中国诞生之后建立到今天已有40年的发展史,取得了很大成就,积累了很多实践经验和理论成果,需要有一本书,总结过去,展望未来,继续前进;二是与此同时,国外润滑油生产工艺的发展成就,也值得我国借鉴,洋为中用,努力缩小与发达国家之间的差距;三是我等做为润滑油工业战线上从事科研、教学、生产数十年的科技工作者,合作执笔,编著一册系统反映国内外润滑油工业技术进步的工程技术书籍——《现代润滑油生产工艺》,做为促进祖国润滑油工业发展的一点微薄奉献。

本书按矿物润滑油现代生产工艺的全过程,分5篇共13章论述。序言、第一篇、第二篇及第四篇的第一章第七节由水天德(兰州炼油化工总厂前总工程师、教授级高级工程师)执笔;第三篇第一章由张继德(现成都石油化学厂研究所所长、教授级高级工程师)执笔;第三篇第二章由张景河(原兰州炼油化工总厂高级工程师、现西安石油学院化工系教授)执笔;第三篇第三章及第四篇第三章由李家琛(兰州炼油化工总厂信息研究所所长、高级工程师)执笔;第四篇第一、二章由余志英(原兰州炼油化工总厂教授级高级工程师)执笔;第五篇第一、二章由张永连(兰州炼油化工总厂副总工程师、高级工程师)执笔,第三章余志英执笔。在编著过程中,曾得到中国石化出版社及炼油界诸位专家、学者的指导,特别是本书承蒙我国炼油界老一辈专家龙显烈主审成文,以及曾宪章、贾春跃、严镔等同仁的协助,在此鸣谢。并望同行各界不吝赐教,指点谬误,共同切磋,在此亦表谢忱。

作者 水天德等

目 录

第一篇 概 论

第一章 矿物润滑油工业概论	(1)
第一节 导 言	(1)
第二节 矿物润滑油工业及其生产工艺发展简史	(1)
第三节 现代润滑剂及其构成	(3)
一、现代润滑剂及其功能	(3)
二、现代润滑材料分类	(3)
三、矿物润滑油是现代润滑油的主体	(4)
第四节 现代矿物润滑油工业的特征	(5)
第五节 现代矿物润滑油生产过程的工艺结构和总流程	(6)
一、现代矿物润滑油生产的基本工艺路线	(6)
二、几种典型工艺结构及流程	(7)
三、润滑油厂设置多条加工线的总工艺和总流程	(9)
四、国内外典型润滑油厂生产工艺结构示例	(10)
五、润滑油生产工艺对基础油性质和组成的影响	(15)
第六节 现代润滑油生产工艺的发展趋势	(16)
第七节 现代润滑油的消费特征、消费结构和供求状况	(17)
一、当代润滑油的消费特征	(17)
二、当代润滑油的消费结构	(19)
三、世界润滑油需求动向	(20)
四、世界润滑油生产厂分布和能力	(21)
第八节 润滑油与节能、环保及健康	(21)
一、润滑油与能源节约	(22)
二、润滑油与环境保护	(24)
三、基础油与职业安全保健	(26)
参考文献	(27)
第二章 矿物润滑油化学梗概	(29)
第一节 矿物润滑油的化学成分	(29)
第二节 原油基属与润滑油化学组成的关系	(29)
一、原油的分类	(29)
二、原油的选择	(30)
三、原油中烃类和非烃类的分布	(34)
四、原油中润滑油潜在含量的实验室评价	(35)
第三节 润滑油化学组成与润滑油性能的关系	(36)
一、烃类和非烃类对润滑油基础油性质的影响	(36)
二、润滑油中烃类之间的性质差异	(36)
三、基础油中极性成分与非极性成分的特性	(37)
四、润滑油主要性能的化学内涵	(37)

第四节 矿物润滑油基础油生产过程的质量控制	(55)
参考文献	(56)
第二篇 矿物润滑油原料的制备工艺	
第一章 减压蒸馏工艺	(57)
第一节 概 述	(57)
第二节 减压蒸馏的基本原理	(57)
一、蒸馏和精馏	(57)
二、实现精馏的要素	(58)
三、减压蒸馏的化学工程内涵	(59)
第三节 润滑油减压蒸馏工艺的结构、特征及类型	(59)
一、润滑油减压蒸馏工艺的结构	(59)
二、润滑油减压蒸馏的基本工艺要点	(60)
三、润滑油型减压蒸馏与燃料型减压蒸馏的基本区别	(60)
四、润滑油减压蒸馏的各种工艺	(60)
第四节 常压渣油的加热与汽化	(63)
一、常压渣油的一般性质	(63)
二、常压渣油加热和汽化的工艺要点	(64)
三、常压渣油加热和汽化过程的优化	(65)
四、减压加热炉和转油线的水力学及热力学分析	(66)
五、油料热敏性评价和热分解的防止	(69)
第五节 润滑油湿式减压蒸馏	(70)
一、气化剂——水蒸气	(70)
二、常压渣油一次汽化所需水蒸气量	(71)
三、水蒸气提馏工艺	(71)
第六节 润滑油料的窄馏分分割	(75)
一、润滑油料窄馏分分割的技术经济意义	(75)
二、窄馏分润滑油料的制取方法	(78)
第七节 减压蒸馏塔的结构剖析和工艺分析及其技术进步	(80)
一、采用新型填料的全凝段	(80)
二、新型高效塔板在分馏段的应用	(81)
三、新型填料在润滑油型减压蒸馏中的应用	(88)
四、混合结构的润滑油湿式减压蒸馏塔	(97)
五、减压塔的洗涤段	(98)
六、减压塔的进料段	(99)
七、减压塔的提馏段	(101)
第八节 润滑油减压蒸馏的真空系统	(103)
一、高真空的技术经济意义	(103)
二、减压塔真空的形成与抽空系统	(103)
三、抽空系统的技术管理	(107)
第九节 润滑油减压蒸馏的物料平衡和工艺参数	(108)
一、润滑油减压蒸馏的物料平衡	(108)
二、润滑油减压蒸馏的工艺参数	(109)
三、馏分润滑油料的储存	(110)
第十节 润滑油减压蒸馏设备的腐蚀防护	(111)

第十一节 润滑油减压蒸馏的能耗及环保	(112)
第十二节 润滑油减压蒸馏的先进控制	(113)
参考文献	(115)
第二章 溶剂脱沥青工艺	(116)
第一节 概述	(116)
第二节 溶剂脱沥青的工艺原理	(116)
第三节 脱沥青溶剂及其性质	(117)
一、润滑油型脱沥青溶剂的选择	(117)
二、溶剂的性质	(119)
第四节 丙烷脱沥青过程的工艺结构及工艺流程	(123)
一、丙烷脱沥青的工艺结构	(123)
二、丙烷脱沥青的工艺流程	(124)
三、现代丙烷脱沥青工业装置典型工艺流程示例	(132)
四、丙烷脱沥青装置操作条件、产品质量和物料平衡的典型示例	(136)
五、制备润滑油料的其他溶剂脱沥青工业装置及工艺流程示例	(137)
第五节 丙烷脱沥青过程的工艺分析	(142)
一、溶剂纯度的影响	(142)
二、溶剂比的影响	(143)
三、抽提温度的影响	(145)
四、压力对脱沥青过程的影响	(146)
五、原料性质的影响	(147)
第六节 工业装置的若干运行经验	(150)
一、极性化合物在丙烷脱沥青过程中的应用	(150)
二、蒸发-冷凝回收溶剂过程中防止泡沫和雾沫夹带的对策	(150)
三、抽提塔内件及冷换设备的烫洗	(151)
四、临界回收丙烷的增压循环	(151)
五、采用模式识别技术优化操作	(152)
六、处理含硫原料时溶剂中 H_2S 的积累及防护	(152)
第七节 丙烷脱沥青装置的主要设备	(152)
一、抽提塔	(152)
二、沉降器(或沉降塔)	(158)
三、静态混合器的应用	(159)
四、蒸发器和闪蒸塔	(160)
五、双螺杆热油泵和磁力传动丙烷增压泵的应用	(162)
第八节 丙烷脱沥青装置的公用工程消耗、能耗和环保	(162)
参考文献	(163)

第三篇 基础油的传统生产工艺

第一章 溶剂精制及酸-碱精制工艺	(165)
第一节 概 述	(165)
第二节 溶剂精制工艺过程	(166)
一、抽提溶剂及溶剂精制原理	(166)
二、溶剂精制工艺过程的进展	(182)
第三节 酚精制工艺	(191)
一、工艺流程	(191)

二、主要设备	(193)
三、抽提系统工艺分析	(198)
四、回收系统工艺分析	(201)
五、酚精制的技术经济指标	(207)
第四节 糠醛精制工艺	(207)
一、工艺流程	(207)
二、主要设备	(209)
三、溶剂干燥问题的工艺分析	(211)
四、糠醛精制的技术经济指标	(212)
第五节 <i>N</i> -甲基吡咯烷酮精制工艺	(214)
一、工艺特点	(214)
二、工艺流程	(215)
三、 <i>N</i> -甲基吡咯烷酮装置的技术经济指标	(218)
四、NMP 装置腐蚀问题的探讨	(218)
五、溶剂精制装置质量控制指标的探讨	(220)
第六节 酸-碱精制工艺	(221)
一、硫酸精制原理	(221)
二、碱精制原理	(222)
三、硫酸精制工艺流程	(222)
四、硫酸精制工艺条件分析	(223)
参考文献	(223)
第二章 溶剂脱蜡及尿素脱蜡工艺	(225)
第一节 概 述	(225)
第二节 溶剂脱蜡的基本原理	(226)
一、蜡的化学组成	(227)
二、蜡在油及溶剂中的溶解度	(230)
三、蜡的晶形	(233)
四、蜡晶的生长与粒度	(238)
第三节 溶剂脱蜡过程的工艺因素分析	(240)
一、油料组成性质的影响和助滤剂的作用	(240)
二、溶剂的类型与组成	(246)
三、溶剂比	(254)
四、溶剂的加入方式	(256)
五、冷却速度	(258)
第四节 酮苯脱蜡工艺流程	(260)
一、酮苯脱蜡的原理流程	(260)
二、酮苯脱蜡的结晶系统	(261)
三、酮苯脱蜡的过滤系统	(266)
四、酮苯脱蜡的溶剂回收系统	(271)
第五节 酮苯脱蜡装置的专用设备	(274)
一、套管冷却结晶器	(274)
二、稀释冷冻结晶塔	(276)
三、真空转鼓过滤机	(277)
第六节 酮苯脱蜡装置的技术经济指标	(278)

第七节 丙烷脱蜡	(278)
第八节 尿素脱蜡工艺简介	(279)
一、尿素脱蜡原理	(279)
二、影响尿素脱蜡的因素分析	(280)
三、典型尿素脱蜡工艺过程	(282)
参考文献	(283)
第三章 白土补充精制工艺	(285)
第一节 概 述	(285)
第二节 白土精制的作用及机理	(285)
第三节 白土的物理化学性质	(286)
第四节 白土精制工艺流程	(287)
一、渗滤法	(287)
二、接触法	(287)
第五节 白土精制过程的工艺分析	(288)
一、白土用量	(288)
二、精制温度	(289)
三、接触时间	(290)
第六节 白土精制的主要设备	(291)
一、史氏过滤机	(291)
二、板框式过滤机	(292)
三、自动压滤机	(294)
四、预膜真空过滤机	(297)
第七节 白土精制的物料平衡及技术经济指标	(300)
第八节 环保与污染治理	(300)
参考文献	(301)

第四篇 基础油的临氢转化法生产工艺

第一章 润滑油加氢处理工艺	(302)
第一节 概 述	(302)
第二节 加氢处理的主要化学反应及反应机理	(303)
一、加氢处理的主要化学反应	(303)
二、稠环芳烃的加氢反应机理	(304)
三、稠环芳烃的加氢裂化反应机理	(305)
四、正构烷烃的临氢异构化反应机理	(306)
第三节 加氢处理的工艺特点	(308)
一、基础油的收率	(308)
二、基础油的质量	(309)
三、副产品的质量	(313)
四、工艺的灵活性	(313)
五、基础油的光安定性	(314)
第四节 润滑油加氢处理催化剂	(316)
一、加氢处理催化剂	(316)
二、高压加氢补充精制催化剂	(319)
第五节 加氢处理的工艺分析	(320)
一、加氢处理工艺的操作条件	(320)

二、加工深度与产品质量的关系	(321)
三、加工深度与原料油质量的关系	(324)
四、提高基础油收率和粘度的工艺流程	(324)
第六节 典型工艺流程及其特点	(329)
一、一段加氢处理流程	(329)
二、两段加氢流程	(335)
三、加氢处理与溶剂精制相结合流程	(340)
第七节 加氢处理装置的主要设备和计算机控制技术的应用	(343)
一、加氢处理装置的主要设备	(343)
二、加氢处理装置计算机控制技术的应用	(350)
第八节 公用工程消耗、能耗、环保和技术经济分析	(352)
一、加氢处理深度、装置规模与经济指标的关系	(352)
二、加氢处理与溶剂精制的经济比较	(352)
参考文献	(354)
第二章 催化脱蜡工艺	(357)
第一节 概述	(357)
第二节 催化脱蜡催化剂	(358)
一、催化脱蜡用高硅沸石	(359)
二、氢型高硅沸石	(361)
三、择形加氢裂化催化剂	(362)
第三节 催化脱蜡反应机理	(363)
一、择形高硅沸石的择形催化	(363)
二、高硅沸石的酸性中心	(366)
三、长链正构烷烃的择形加氢裂化	(367)
第四节 催化脱蜡工艺流程与操作条件	(368)
一、MLDW 工艺	(368)
二、BP 工艺	(369)
三、ISODEWAX 工艺	(370)
四、抚顺石油三厂工艺	(370)
第五节 润滑油基础油性质与收率	(372)
一、MLDW 工艺脱蜡基础油	(372)
二、BP 工艺脱蜡基础油	(375)
三、ISODEWAX 工艺脱蜡基础油	(376)
四、抚顺石油三厂工艺脱蜡基础油	(379)
第六节 公用工程消耗、能耗及环保	(380)
参考文献	(380)
第三章 加氢补充精制工艺	(383)
第一节 概述	(383)
一、加氢补充精制的作用	(383)
二、加氢补充精制的主要化学反应	(383)
第二节 加氢补充精制催化剂	(384)
一、催化剂的组成	(384)
二、催化剂的种类	(385)
第三节 催化剂的预硫化及再生	(386)

一、催化剂的预硫化.....	(386)
二、催化剂的再生.....	(392)
第四节 润滑油加氢补充精制工艺流程及过程分析	(396)
一、加氢补充精制工艺流程.....	(396)
二、加氢补充精制过程工艺分析.....	(398)
参考文献	(404)
第五篇 商品润滑油及其调合工艺	
第一章 润滑油商品、基础油、添加剂的分类及测试评定	(405)
第一节 概 述	(405)
第二节 商品润滑油分类及规格	(405)
一、商品润滑油的分类.....	(405)
二、主要润滑油的规格.....	(405)
第三节 润滑油基础油的分类及其一般性质	(424)
一、基础油的分类.....	(424)
二、基础油的粘度等级.....	(425)
三、基础油的规格标准.....	(425)
第四节 润滑油添加剂的分类及其作用	(434)
一、添加剂的基本作用.....	(434)
二、润滑油添加剂的分类.....	(434)
三、常用润滑油添加剂简介.....	(437)
参考文献	(443)
第二章 商品润滑油调合工艺及包装储运	(444)
第一节 概 述	(444)
第二节 调合机理	(444)
第三节 调合工艺	(445)
一、间歇调合.....	(445)
二、连续调合.....	(446)
三、两种调合工艺的比较.....	(447)
四、影响调合质量的因素.....	(447)
第四节 主要调合设备	(448)
一、调合罐.....	(448)
二、均化器.....	(448)
三、蒸发器.....	(449)
四、静态混合器.....	(450)
第五节 油品理化性质的调合特性	(450)
一、基础油调合时粘度的变化.....	(451)
二、基础油调合时闪点的变化.....	(455)
三、基础油调合时倾点的变化.....	(455)
四、基础油和添加剂调合时粘度的变化.....	(456)
五、基础油和添加剂调合时凝点的变化.....	(457)
第六节 调合过程的计算机应用	(458)
一、一般微机控制.....	(458)
二、质量闭环控制.....	(458)
三、优化控制.....	(459)

第七节 调合装置实例	(460)
一、美国柯涅尔润滑油调合装置	(460)
二、美国阳光 DX 石油公司塔尔萨炼油厂的润滑油调合装置	(461)
三、中国西部某润滑油厂引进的沃控制器公司的调合装置	(462)
第八节 商品润滑油的储存和包装	(463)
一、商品润滑油的储存	(463)
二、商品润滑油的包装	(463)
参考文献	(464)
第三章 商品润滑油性能评价	(465)
第一节 概 述	(465)
第二节 加氢处理油与溶剂精制油的性能评价和比较	(465)
一、车用发动机油	(465)
二、铁路柴油机油	(473)
三、车用多级齿轮油	(473)
四、自动传动液	(475)
第三节 催化脱蜡油和溶剂脱蜡油的性能评价和比较	(478)
一、MLDW 工艺润滑油	(478)
二、BP 工艺润滑油	(482)
三、ISODEWAX 特高粘度指数润滑油	(484)
四、抚顺石油三厂全氢工艺润滑油	(485)
参考文献	(489)

第一篇 概 论

第一章 矿物润滑油工业概论

第一节 导 言

就世界矿物润滑油工业而论,它只有一百多年的历史。就其生产工艺的现代化而言,也只是近几十年来的历史范畴。为了更好地了解和把握现代润滑油生产工艺,很有必要回顾一下矿物润滑油工业的昨天,展望一下矿物润滑油工业的明天。

众所周知,生产工艺是制造商品的技术手段,并非生产的目的。一切工业生产的目的都是为了满足人类经济社会不断发展的需要,因此,润滑油生产工艺的发生与发展,总是与润滑油商品的社会需求相联系,同时,受到自然资源与生态平衡的制约和影响。

本章将概括地论述这些问题。

第二节 矿物润滑油工业及其生产工艺发展简史

人类由石油炼制润滑油,较之由石油炼制燃料油要晚得多

1745年在俄国的乌赫特城建立的世界最早期的炼油厂只是把石油提炼成当时称之为“火油”的照明用油^[1],其他轻馏分和大量的重油都未得到充分利用。直到1876年,人们才开始利用石油初馏的残渣油制取润滑油,在俄国的巴拉罕建立了世界上第一个润滑油工厂^[2]。俄国人在1878年巴黎世界博览会上推出了世界上第一批矿物润滑油样品^[3],轰动一时。

矿物润滑油的问世,既是世界润滑材料发展里程上的重大突破,也是人类合理利用石油资源的重大进步,润滑材料的发展从此跨入了新的历史时期。

然而,当时矿物润滑油的生产工艺是十分简陋的。从重油中获得润滑油料借助于在间歇釜中吹入水蒸气的简单蒸馏方法;润滑油的精制,沿用了处理轻油品的酸碱洗涤和白土渗滤方法;润滑油的脱蜡,采用效能低下的冷榨法和离心法;润滑油产量和品种十分有限。这种情况延续了很长时期。

选择性溶剂精制、分离工艺的蓬勃发展,使世界矿物润滑油工业步入了现代化里程

直到20世纪20年代,管式减压蒸馏工艺的应用,使之大量地从重油中获取重质润滑油料成为可能。与此同时,人们开发了用选择性溶剂精制润滑油的工艺技术,于1923年建立了第一套用液态 SO_2 精制润滑油的工厂,继之于1928年世界第一套润滑油酚精制装置在加拿大帝国石油公司的萨尼亚炼厂投产;第一套酮苯溶剂脱蜡装置于1927年在美国印第安那炼油公司投运,突破了润滑油加工中最困难的一步;1930年,氯代烷溶剂脱蜡工艺相继在德国工业化;1933年,润滑油糠醛精制工艺由德上古公司开发成功;1936年,第一套具有卧式提取器的丙烷脱沥青装置在美国投产,使残渣润滑油的生产成为可能。这一时期,润滑油生产的新工艺、新技术,繁花似锦,蓬勃发展,把世界矿物润滑油工业推入现代化大发展的历史时期。

这一时期润滑油生产工艺的繁荣和发展,是与20世纪以来世界科学技术工作者在石油炼

化学、化学工程学和摩擦学等领域获得丰硕的科学研究成就分不开的。例如，对组成石油的三大烃类的研究，及对含硫、含氮、含氧衍生物的物理化学性质的深入研究，不仅指导人们去精选适于制造润滑油的原油资源，优化加工方法，确定适宜的工艺条件，而且，使人们掌握了控制和评价润滑油品质的技术标准。再如，各类石油烃在一系列溶剂中不同溶解行为的深入研究，导致了溶剂抽提、溶剂脱蜡、溶剂脱沥青等一系列冷分离工艺的工业化。这一时期科学研究的丰硕成就在世界各国颇具名声的专著中得到了充分的反映。

添加剂的应用，使润滑油品种与质量的开发，发生了“飞跃”

二次世界大战前后，随着机械工业、交通运输业、冶金开采业、电力工业、纺织工业、农林业以及军事工业的现代化，对润滑油的品种、品质提出了新的、日益苛刻的要求。表征润滑油品质的技术指标已经不单单是该润滑油的一般理化性质指标，更主要的则是润滑油在实际使用中的性能评价指标，诸如低温泵送性能、低温启动性能、对氧、热、光的稳定性能、对不同金属的抗腐蚀性能、对负荷的承载性能、对润滑表面的清净性能、对运行中生成油泥的分散性能等等。人们在探索中意识到：单靠石油的天然性能，或仅依靠加工工艺的调整，难以满足这些日益苛刻的要求，于是，30年代中期开始，人们以具有某种特殊功能的化学合成物质做为改性添加剂，以不同的配方和剂量调入经良好加工的矿物油，不断推出了现代润滑油新品种。添加剂的应用，标志着世界矿物润滑油工业步入了新的现代化发展里程，使人类能够摆脱石油天然性能的限制，以更大的自由度，来满足经济社会发展对润滑油不断提出的新需求。可以说，没有现代添加剂，就没有现代润滑油。

伴随着润滑油生产的上述变化，润滑油品质的测试评定技术得到很大发展，润滑油的技术规范模式相应发生了重大变化。以一系列物理化学指标来表征润滑油性能的传统规格模式，被“理化指标表征+使用性能评价”的新规格模式所取代。例如，在美国，一个SAE30/SH汽油机油，它不仅要符合美国汽车工程师协会关于发动机油粘度分类的规定，以及一系列理化指标，而且要通过美国石油学会关于SH级汽油机油一系列使用性能的台架试验，包括轴瓦腐蚀试验L-38、锈蚀评价IE、高温氧化评价IE、节能评价VA及柴油机性能试验IK。

世界石油危机促进了矿物润滑油工业沿着节能化轨道前进

70年代先后发生了两次世界性石油危机，节约能源的浪潮冲击了经济社会发展的各个领域。开发节能型润滑油、节能型润滑油生产工艺、节能型添加剂，以及润滑油节能性评价试验方法，成为这一时期润滑油工业面临的重大课题。长寿命油、通用油、全天候多级油获得广泛应用；一些节能工艺、节能溶剂、节能设备、节能管理在润滑油生产过程中迅速推广应用。例如，节能型选择溶剂精制工艺——N-甲基吡咯烷酮(NMP)精制，于70年代中期由德士古公司和埃克森公司开发并工业化，到1988年美国溶剂精制能力的44%已为NMP^[4]。

矿物润滑油生产工艺的重大发展——临氢催化改质

长期以来，人们主要选用石蜡基原油制取润滑油。随着世界石蜡基原油的日趋短缺和价格上扬，优质基础油需求的增长，重整氢和制氢技术的发展，以及环保法规的日趋严格，人们在60年代开发了通过临氢催化改质制备润滑油的工艺。1967~1969年法国石油研究院开发的润滑油加氢处理工艺在西班牙的普伟托利亚诺炼厂投入生产。遂后，美国海湾研究开发公司、雪弗龙技术开发公司、英荷壳牌石油公司都先后开发和工业化了自己的润滑油加氢处理工艺，到1990年全世界已有18套工业装置在运行。继润滑油加氢处理工艺之后，人们还开发了润滑油催化脱蜡工艺。1977年，由英国BP公司开发的世界第一套催化脱蜡装置在美国德州贝敦炼厂建成投产^[5]。壳牌公司、雪弗龙公司、莫比尔公司还先后开发了蜡异构化制取超

高粘度指数润滑油的生产工艺。1986年,美国雪弗龙公司在旧金山里奇蒙炼厂实现了世界上第一条全氢法润滑油基础油生产线,用阿拉斯加北坡重质原油成功地生产了优质基础油^[6]。

润滑油临氢催化改质工艺的系统开发和工业化,标志着矿物润滑油生产工艺由传统的物理加工工艺向化学改质工艺延伸,具有划时代的意义。以致有人认为:“世界润滑油工业将步入一个新纪元”^[7],“润滑油炼制正处于一个过渡时期”^[8]。

中国矿物润滑油工业的过去和现在

我国在工业规模上制备矿物润滑油,是在40年代中期。当时,玉门油矿从美国引进减压蒸馏装置和离心脱蜡设备,生产少量润滑油。据统计,1949年全国润滑油脂产量不到40t,所需润滑油几乎全部依靠进口^[9]。可以说,新中国成立之前,中国润滑油工业基本上是一片空白。

新中国成立后,我国润滑油工业步入建立基础和迅速发展的阶段。1955年大连的高级润滑油车间投入生产,继之,1958年在西北地区的兰州,建成了由原苏联引进的减压蒸馏、丙烷脱沥青、酚精制、酮苯脱蜡、白土接触补充精制、减压再蒸馏和润滑油调合等装置组成的一整套现代化润滑油生产线,从而奠定了我国矿物润滑油工业和生产工艺的现代化基础。此后的30多年来,我国润滑油工业得到了长足的发展。至1992年,我国具有相当规模并具有现代化生产工艺的矿物润滑油厂已有17家,全国润滑油总产量达2.5Mt(包括很少量的合成油,并包括了内外销的基础油),年生产能力已达2.7Mt^[10],仅次于美国(11.54Mt)和前苏联(8.36Mt),成为世界润滑油生产大国^[11]。另据报道^[12],1987年中国台湾省润滑油生产能力为207kt/a。与此同时,我国已经拥有现代润滑油生产的成套技术,积累了丰富的生产经验;我国还建立了现代润滑油添加剂生产基地,使润滑油添加剂工业与润滑油工业得到同步发展。

第三节 现代润滑剂及其构成

一、现代润滑剂及其功能

凡能降低或控制相对运动、相互作用的两个接触表面之间的摩擦磨损,实现润滑,从而维持机器性能,延长摩擦副工作寿命的物质通称为润滑材料,或称润滑剂。它们在摩擦-磨损-润滑的物理的运动的运动中,体现着如下7项功能:

- ① 控制摩擦 摩擦面被隔离,降低摩擦副间的摩擦系数,从而减小摩擦阻力;
- ② 降低磨损 摩擦面间的润滑膜,具有一定的强度,能够支撑负荷,保持膜厚,避免或减少摩擦表面的直接接触,从而减轻接触表面的塑性变形、熔化焊接、撕脱再粘等粘着磨损;
- ③ 导热冷却 由于润滑剂的流动,可导出摩擦热,降低摩擦表面温度,从而降低腐蚀磨损速率,并延长润滑剂本身的工作寿命;
- ④ 净化表面 由于润滑剂的流动,特别是现代润滑油所具有的清净分散性能,可将摩擦面上的磨屑、污染物及沉积物加以冲洗,以防止或减轻磨料磨损和腐蚀磨损;
- ⑤ 隔离密封 覆盖于摩擦表面的润滑油脂,可隔离含氧、含水、含酸等腐蚀介质,从而减轻腐蚀磨损,防止生锈;
- ⑥ 传递动力 用于液压系统的润滑剂,还可通过某些机构稳定、灵敏、精确地传递动量、动力;
- ⑦ 阻尼减振 润滑剂还往往将冲击振动的机械能转变为液压能,起到缓冲减振作用。

二、现代润滑材料分类

能够体现上述功能的润滑材料,一般来说,由气体润滑材料、液体润滑材料、半固体润滑材料和固体润滑材料构成,如图1-1-1所示^[13]。