

张澄清 李庆德 编著

润滑脂

生产

Rūnhuázhī
Shēngchǎn



烃加工出版社

润 滑 脂 生 产

张澄清 李庆德 编著

烃 加 工 出 版 社

内 容 提 要

本书从润滑脂的简史和基本概念谈起,介绍了润滑脂生产用原料、设备,较系统地阐述了普通润滑脂的生产工艺和产品性能,对润滑脂的分析评定也作了较详细的介绍。

本书适用于润滑脂生产单位的干部、技术人员和工人,以及从事润滑材料技术管理、销售和应用的有关人员阅读,也可供有关院校师生和从事科学研究人员参考。

滑 脂 生 产

张澄清 李庆德 编著

•

轻工业出版社出版

建华印刷厂排版

建华印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

850×1168毫米 32开本 印张13⁵/₁₆,千字印1—2,000

1986年8月北京第1版 1986年8月北京第1次印刷

书号: 15391·6 定价 2.65元

编 者 的 话

我国润滑脂的生产和科学研究已有三十余年历史。产品的产量、品种和质量，不断地满足了工农业、交通运输和国防工业等国民经济各个部门的需要。为了总结目前润滑脂工业生产的经验，以进一步提高我国润滑脂生产的科学技术水平，特编写《润滑脂生产》一书。

就世界范围而言，从六十年代开始，自从把润滑脂当作摩擦磨损润滑学这门边缘学科的一个重要组成部分以来，给润滑脂的科学研究工作开辟了广宽的前景；润滑脂类产品已经从通用脂发展到通用、多效、长寿命的产品，从而在简化生产、方便使用、减少维护、节约能源方面，发挥了重大作用。我们相信，润滑脂的科研和生产不会满足和停留于现有的水平上，在我国广大润滑脂生产、科研人员的共同努力下，润滑脂制造技术在向现代化的迈进中，必将取得新的进展。

在本书编写过程中，承石油化工科学研究院王世芳等同志的指导，并得到润滑脂生产、销售、使用及高等院校等有关单位的支持，也取得汉沽石油化学厂工程技术人员的协助，在此表示衷心地感谢！

由于编者水平所限，书中所述内容有很大局限性，错误和不当之处敬请读者批评赐教。

张澄清 李庆德

目 录

第一章 概述	1
第一节 润滑脂的简史.....	1
第二节 润滑脂的结构和特点.....	3
第三节 润滑脂的分类.....	8
第四节 国内外润滑脂生产概况.....	11
第二章 润滑脂的原料	18
第一节 润滑油.....	19
第二节 动物和植物油脂.....	37
第三节 野生植物油脂.....	50
第四节 合成脂肪酸.....	54
第五节 碱类.....	63
第六节 润滑脂添加剂.....	75
第三章 润滑脂的生产设备	89
第一节 炼制釜.....	89
第二节 热载体套管式反应器.....	107
第三节 冷却设备.....	113
第四节 均化设备.....	116
第五节 输送系统——机泵.....	122
第六节 灌装机械——产品包装.....	126
第四章 润滑脂的生产过程及管理	128
第一节 油脂的皂化反应.....	129
第二节 油脂与碱类化学反应的计算.....	131
第三节 润滑脂主要制造步骤.....	138
第四节 润滑脂生产的现场管理.....	148
第五章 润滑脂的生产工艺	152

第一节	钙基润滑脂的生产工艺	162
第二节	合成钙基润滑脂的生产工艺	162
第三节	钠基润滑脂的生产工艺	169
第四节	混合皂基润滑脂的生产工艺	179
第五节	钡基润滑脂的生产工艺	186
第六节	铝基润滑脂的生产工艺	191
第七节	锂基润滑脂的生产工艺	197
第八节	合成锂基润滑脂的生产工艺	206
第九节	复合钙基润滑脂的生产工艺	210
第十节	合成复合钙基润滑脂的生产工艺	216
第十一节	合成复合铝基润滑脂的生产工艺	225
第十二节	烃基润滑脂的生产工艺	232
第十三节	膨润土润滑脂的生产工艺	243
第六章	润滑脂的性能和应用范围	250
第一节	单皂基润滑脂	252
第二节	混合皂基润滑脂	279
第三节	复合皂基润滑脂	289
第四节	烃基润滑脂	299
第五节	非皂基润滑脂	315
第七章	润滑脂的分析和评定	322
第一节	润滑脂的取样方法	323
第二节	润滑脂的一般理化性质	324
第三节	润滑脂的组成分析	335
第四节	润滑脂性能的模拟试验	346

第一章 概 述

润滑脂属于石油产品的一大类。它是由稠化剂分散在液体润滑油内而得的半固体（或半流体）状物质，同时也可以加入赋予某些特殊性质的其他组分。

润滑脂的用途甚广，从人们日常生活用的自行车，农业用的拖拉机，交通运输用的汽车、火车、船舶、飞机，直到宇宙飞行器等，凡是有转动、滑动的部位都常使用各种润滑脂，以供机械摩擦部位润滑。润滑脂还兼有防水、防尘、防锈和密封防护等作用。工业上也生产多种专供防锈、密封等用的润滑脂品种。因此，在石油产品中，润滑脂类产品产量虽然不大，品种却很多，是国民经济各部门必不可少而又广泛采用的、具有重大经济价值的一类产品。

建国以来，我国润滑脂工业发展很快，润滑脂的生产技术也取得了迅速进展，由开始的手工操作改进到机械化、乃至连续化生产，从而在润滑脂产量、质量、品种上，不断满足了日益增长的要求。到目前为止，我国已有许多家润滑脂工厂，润滑脂的年产量已达八至十万吨，产量跃居世界第三位，产品品种亦达二百余种。有些产品已进入国际市场，并享有一定声誉。

本书将系统地综述我国润滑脂生产技术情况，主要阐述通用润滑脂，即量大面广的一些润滑脂品种的生产，以及这些产品的性能和特点。

第一节 润滑脂的简史

我国是世界上最早发现和利用润滑材料的国家之一。远在三

千多年前,我国商代甲骨文中有不少“车”、“舟”、“帆”字,这说明我国在商代就已有车和船,并会使用帆。在河南安阳殷墓的遗迹中,就有驾四匹马的战车,那时候的马车车轴和轴套是用木材制成的,是自润滑材料,只是干摩擦。

到了周代,即公元前约1066年~前771年,《诗经邶(bèi)风·泉水》中提到载脂载辖(xiá,车轴末端的销子),即记载了使用动物油脂作为车轴的润滑剂的史实。在罗马博物馆里也展出了古埃及战车上用动植物油润滑车轴的遗迹。由此可见,动植物油是人类用以减少摩擦的第一代润滑剂。当以脂肪润滑轮轴和轴套时,即是油脂层的内摩擦代替了干摩擦的重要开端。

由于人类历史的进步,以及农业、手工业工具及马拉车辆运输的进展,所以对润滑部位的要求逐渐提高,单纯使用动植物油就容易从摩擦表面流掉,因此人们找到向动植物油中加入石灰制成润滑剂的方法。加入石灰的结果是,一部分动植物油与石灰皂化形成了稠化剂,大部分未被皂化的动植物油作为分散介质,这种由钙皂稠化动植物油的产品,即为最原始的润滑脂状态。

十八世纪末叶,随着蒸汽机的出现,纺织工业开始蓬勃兴起。特别是十九世纪二十年代,蒸汽机机车的发明,推动了生产技术的进一步改革,一些机械润滑部位的负荷、温度和转速迅速增高。为了减少磨损,保证机器在正常状态下运转,迫使人们改变原有润滑剂的配方,注意寻找另一些润滑材料。于是,出现了用植物油和动物脂肪与苛性钠水溶液混合组成的“润滑脂”,即动物油脂和植物油部分地被苛性钠皂化,制得的以脂肪酸钠皂稠化动植物油脂的润滑材料。

从十九世纪六十年代开始,随着煤加工工业的兴起,植物油开始部分地被煤焦油和页岩油所代替。以后,由于石油工业的迅速发展,使石油炼制工业又成功地将提取石油润滑油投入了工业性生产。自十九世纪后期起,原来作为润滑材料的分散介质,才逐渐地被石油润滑油所代替。

这以后，润滑脂的生产取得了迅速发展：十九世纪七十年代，出现了钙基润滑脂；二十世纪初，出现了钠基润滑脂；二十世纪二十年代，出现了铝基润滑脂；二十世纪三十年代，第二次世界大战前出现了钡基润滑脂；二十世纪四十年代，第二次世界大战期间出现了锂基润滑脂。以后，又出现了各种复合皂基润滑脂，以及用无机稠化剂或有机稠化剂稠化石油润滑油制成的无机和有机润滑脂。为了满足高、低温，宽温度范围以及特殊使用要求的润滑，又采用合成润滑油代替石油润滑油，生产了合成油润滑脂。

到目前为止，润滑脂产品的品种主要还是用石油润滑油、脂肪酸皂类及其他添加剂制成的。润滑脂产品的产量也主要稳定在上述这些皂基润滑脂之内。

第二节 润滑脂的结构和特点

润滑脂是一种胶体分散体系。它至少包括两种组分：一种是稠化剂；另一种是液体润滑剂；还有极少量胶溶物质存在。这两种组分既不是简单的溶解，也不是简单的混合，而是由稠化剂胶团均匀地分散在液体介质之内的分散体系。所谓分散体系，是指一种物质以微粒状态分散到另一种物质内而形成的一种稳定体系。其中被分散的微粒称作分散相，包围着分散相的物质称作连续相或分散介质。分散微粒的尺寸在1~100微米之间的分散体系，称作胶体分散体系。

作为润滑脂主要组分的稠化剂是脂肪酸金属皂，如脂肪酸钠、钙、铝、锌、铅、钡、锂、锶等金属皂类。这些皂是在润滑脂制造中、在润滑油存在下，由脂肪酸和金属氢氧化物进行皂化（也有预先制皂的）而得的，其中脂肪酸原料通常为 $C_{11} \sim C_{18}$ 的动物脂肪和植物油脂。非皂基稠化剂主要有无机稠化剂和有机稠化剂两类。具有代表性的无机稠化剂，如表面处理的膨润土和高纯度的二氧化硅等已被应用；有机稠化剂如芳基脲、阴丹士

林和酞青铜等。几种稠化剂的化学结构式如图 1-1 所示。

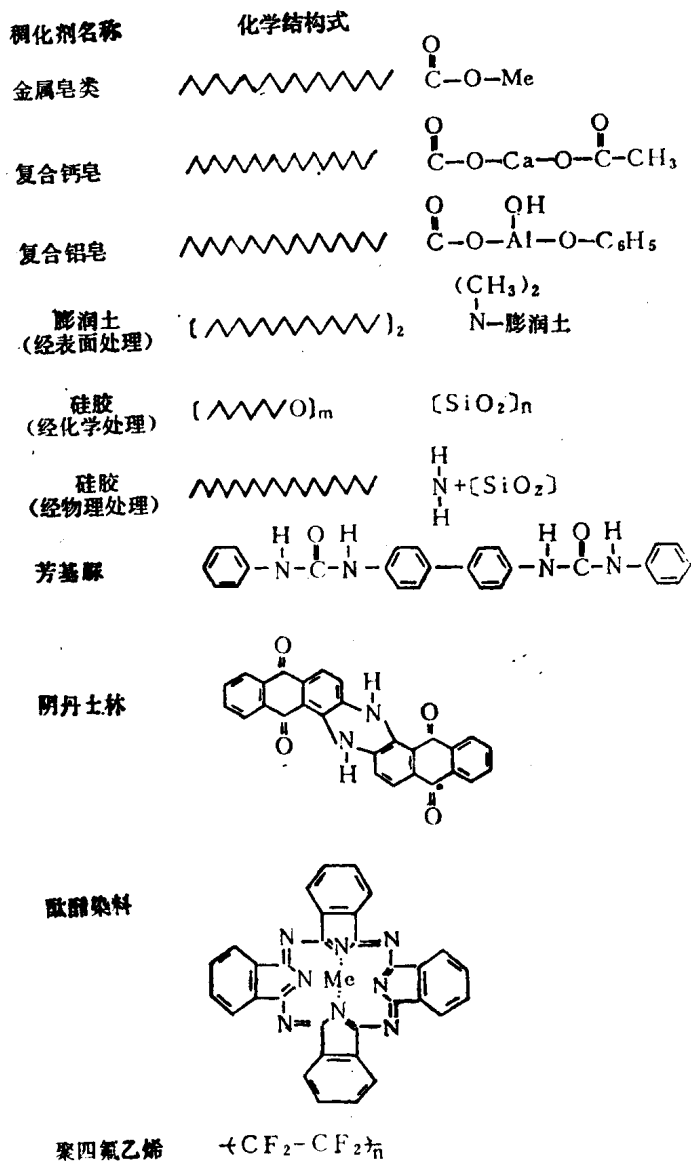


图 1-1 几种主要稠化剂的化学结构

润滑脂属于固-液胶体分散体系，它的固态稠化剂以纤维状结构的形式形成分散相，分散到液态润滑剂的分散介质之内。在纤维的三维结构中，其尺寸大小至少有一维或两维落在1至100微米之内。某些锂基产品和铝基产品的纤维或皂聚结物具有0.2微米或更小的直径或宽度。细微的纤维通过彼此间的吸附力搭成了庞大的网络结构，系附住全部液体润滑剂，其纤维形状只能借助电子显微镜才可分辨出来。图1-2是润滑脂中各类型稠化剂纤维的大致尺寸和形状。

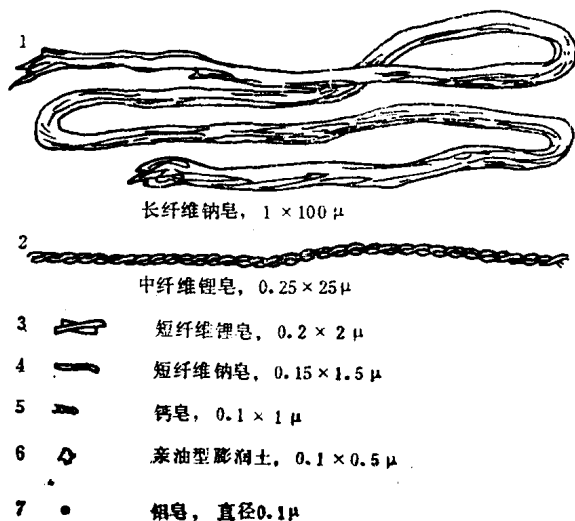


图 1-2 润滑脂稠化剂纤维的大小和形状

由于润滑脂属于胶体分散体系，所以它也具有一系列胶体的特性。例如，不同的纤维结构会引起润滑脂不同的胶体特性和稠化能力；又如，随着温度的变化，体系的相状态和分散相的结构随之改变，并使润滑脂出现一系列相转变，如图1-3所示。当温度上升时，使胶体体系出现凝胶态或结构破坏的温度即为其使用温度

上限。胶体体系存在着聚结稳定性和聚沉稳定性，因而润滑脂也会随着少量胶溶剂的特性和数量的改变，随着接触极性介质或随着体系内部极性物质（如氧化产物）的出现，使润滑脂胶体安定性产生显著变化。在长期储存过程中润滑脂也会出现萎缩和离析（俗称分油）。从某种意义上说，润滑脂的生产过程实际上是制备一个稳定的胶体分散体系的过程。

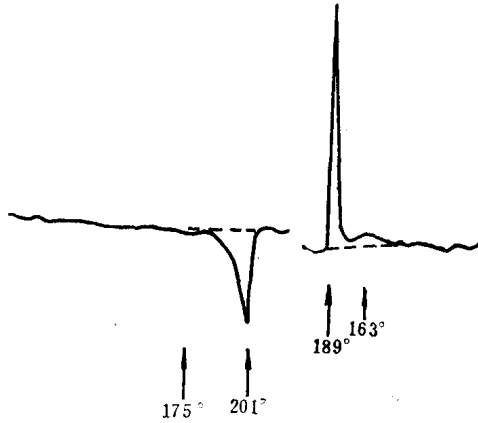


图 1-3 12-羟基硬脂酸锂基脂（皂8%）相转变的差热分析图

润滑脂又是一个流变结构体系。凡是胶体分散体系，都具有流变特性。润滑脂的流变性有以下几种表现：

1) 当润滑脂不受外力作用时，能象固体一样保持一定形状，即在静止的工作表面上不会自动流失。但当受微弱外力作用后，便产生弹性形变，移去微力，润滑脂就又能恢复到原来的位置和形状，呈现出宛如固体的弹性特性。

2) 当施加的外力增大到足以使润滑脂发生形变和流动而不再能自动地恢复到原来的位置和形状时，这个作用力的大小叫作润滑脂的强度极限。由于这个原因，润滑脂在机械运转部件上的起动力矩比液体润滑油大。

3) 在润滑脂的流动过程中，随着所经受剪切应力的增大，由于纤维在不同程度上的定向排列，会使体系的相似粘度随之减小。在此阶段，润滑脂的相似粘度随剪速的增大而减小，并且当

撤去外力之后，经过一段时间，又能逐渐恢复到接近原来的纤维结构和粘度。这种触变恢复性使润滑脂的使用寿命比较长。

4) 在经受极高的剪切应力的情况下，润滑脂的流动宛似理想液体，即相似粘度保持在一个恒定值，不再随剪速增高而改变。此时相似粘度值等于剪速与剪力之比，即图1-4上呈直线关系时的斜率。在这种流动状态下，或在长期剪切作用之下，润滑脂内的皂纤维容易发生断裂和破坏。一旦出现皂纤维的断裂，润滑脂的纤维结构被破坏，使用寿命就很快终止。

润滑脂的结构流变特性随温度的变化而变化，润滑脂的典型流动曲线如图1-4所示。

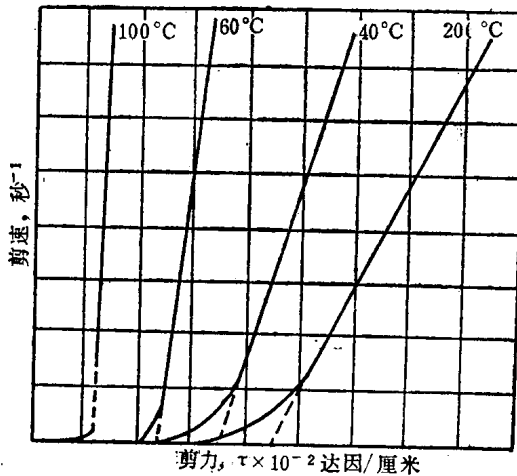


图 1-4 润滑脂流动曲线图

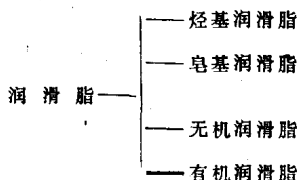
某种润滑脂的流变性与生产这种脂时所选用原料的组成及生产工艺条件有密切关系。流变性能直接影响着成品脂的使用性能。例如在低、高温下和低、高剪切下的流动特性、起动和运转力矩、强度极限、漏失量、泵送性、机械安定性、触变恢复性乃至使用寿命。

第三节 润滑脂的分类

由于各种机械设备名目繁多，它们的运转条件和工作环境又错综复杂，因而对润滑脂的性能要求也各不相同。目前，在润滑脂的生产和科学研究中还不可能生产出一种或少数几种具备各种特性的“万能润滑脂”，而只能生产各种不同使用性能的润滑脂来适应各种机械操作条件的要求。因此，出现了润滑脂品种很多，专用性很强的特点。目前所谓通用或多用途润滑脂，实际上是指使用范围比较宽、对多种操作条件适应性比较好、使用寿命比较长的一些润滑脂。即使今后生产润滑脂的技术得到了一定的发展，润滑脂的品种还会以百种计数。

虽然润滑脂品种多种多样，但我们还是可以按它的组成、性能区分成不同的类型。润滑脂一般有三种分类方法。

一、按照稠化剂类型分类

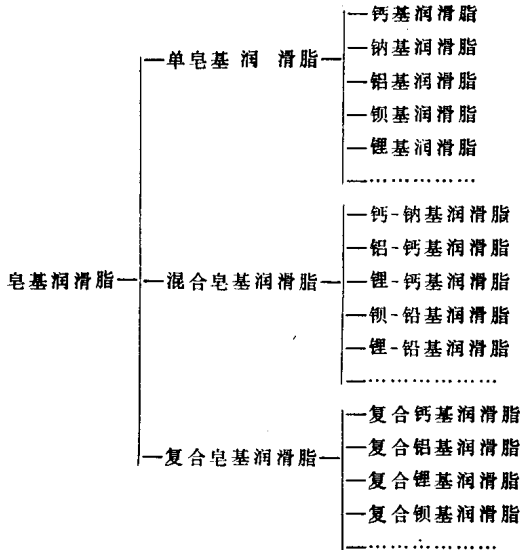


这种分类方法实际是以皂基润滑脂为主体。我们通常接触到的润滑脂，或人们泛指的润滑脂是指以石油润滑油为基础油的皂基润滑脂。这类产品无论从产量上、还是品种上都占润滑脂总数的绝大部分。在西方国家里，烃基润滑脂都不统计在润滑脂类里。

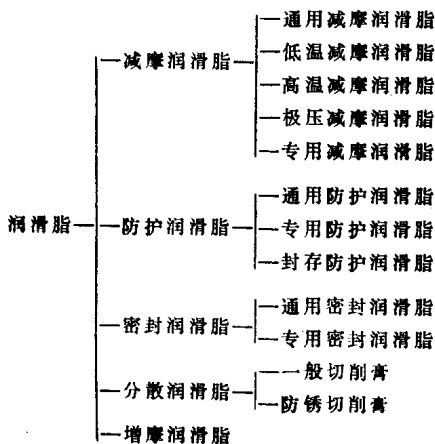
皂基润滑脂又可按照皂类稠化剂的不同分成各种皂基润滑脂。

同时，还出现了不同基组合的混合基润滑脂。例如，皂基-无机类润滑脂；皂基-烃基类润滑脂等。

因为润滑脂的性能特点主要是由稠化剂决定的，所以用稠化



剂取名,就可以大致估计出这种名称的润滑脂的主要特性,也便于生产厂组织生产。目前许多国家还在采用这种分类法。但它也有一些缺点,如说出某一种皂基脂(例如锂基脂),虽然它的一般性能大致相似,但是用不同原料如合成脂肪酸、硬脂酸、十二羟基硬脂酸或者油脂直接制造时,它的性能却有明显的不同,而从命名上无法区分。同时,采用不同种类的润滑油和添加剂以后,



性能特点还会有更大差异。因此，用稠化剂分类只能大致反映出性能特点，不能完全反映出性能特点。

二、按使用性能分类

在这种分类方法中，由于润滑脂主要是用于润滑机械摩擦部位，故减摩润滑脂占润滑脂的绝大部分。当泛指润滑脂时，主要还是指减摩润滑脂（实际上还是指皂基润滑脂）。

这种分类方法比较笼统，常常是使用性能区分不清。因为每一种润滑脂几乎同时存在着上述几种使用性能，只是说，以某一种使用性能为主体而已。在同一类里还常常不易分档。

三、根据润滑脂的使用部门分类

按这种分类法可将润滑脂划分成航空、军械、冶金、铁路、汽车、船舶、仪表、机电、纺织、食品、矿山等专用润滑脂。这种分类方法的优点是某一行业可专门供用一套润滑脂，针对性比较强。缺点是各行各业都是互相联系和互相渗透的体系，加上各个行业之间许多品种相互重叠、相互重复，品种复杂化，在产、供、销上易引起混乱，也不利于润滑脂生产的连续化、大型化。

上述三种分类方法各有特点，也很有进一步探讨的价值。在实际分类中，常常是以某一种分类法为主，并用其他分类法加以补充。如在生产某系统、装置或部位上专用的润滑脂时，常常以其专用的装置和部位加上主要特性来命名。目前，在我国国家标准中，关于润滑脂的分类主要采用第一种方法，按照这种分类方法，各类产品的特点如下。

皂基润滑脂的稠化剂主要是高级脂肪酸的金属皂类。用金属皂类稠化润滑油制成的润滑脂称作皂基润滑脂，如钙基、钠基、锂基、钡基、铝基润滑脂等。

与单独用某一种稠化剂制成的润滑脂相比，用混合稠化剂制成的润滑脂在一些主要性质上，往往兼有二者之优点，但也兼有二者的不足之处。这种混合皂基润滑脂如钙钠基、锂钙基、锂铝基、钡铅基润滑脂等，是用两种脂肪酸的金属皂类作为混合稠化剂，稠化润滑油而制成的润滑脂。

复合皂基润滑脂比单皂基、混合皂基润滑脂更有独特之处。它是脂肪酸金属皂类与低分子酸盐之间经复合反应后稠化润滑油制成的，是一种耐高温、抗极压性能较好的润滑脂。这类润滑脂虽占比例数小，但从使用价值看有发展前途，如复合铝基、复合锂基润滑脂等。

烃基润滑脂的稠化剂是高分子固体烃类。用固体烃类稠化润滑油制成的润滑脂称为烃基润滑脂。它的优点是具有较高的化学安定性和防水性。它与皂基润滑脂不同，一般在较低温度下（50~60℃）就会熔化，但当熔化而再冷却后，仍不会失掉其本身的特点。

烃基润滑脂主要用于防护金属表面和机械零件，使之免受腐蚀。也有一些减摩用的烃基脂，通常在低温条件下使用。

微细粒结构的无机物经过表面处理成为表面亲油的无机稠化剂后，稠化润滑油制成的润滑脂称为无机润滑脂，如膨润土润滑脂、硅胶润滑脂、炭黑润滑脂等。膨润土润滑脂，按其外观和机械性能而言，和一般皂基润滑脂相近。在高温下，膨润土润滑脂比普通润滑脂有较好的安定性。

硅胶润滑脂的用途很小，它只用在需要特别不易于与周围物质起反应的润滑材料的场合。此外，硅胶润滑脂的化学安定性极高，所以可以在与酸类及其他化学物质相接触的条件下应用。

有机润滑脂是将有机合成产物作为稠化剂，稠化润滑油制成的一类润滑脂。这些有机稠化剂，如酞醌和阴丹士林染料、尿素衍生物、高聚化合物、胺基衍生物、磺酸盐类和其他有机物（如氟烃）等，所制得的这类润滑脂的应用范围仅限于不能使用一般润滑脂的特殊苛刻的场合（高温、抗原子辐射等）。

第四节 国内外润滑脂生产概况

近年来，国外公开发表的有关润滑脂生产情况的资料较少，据估计，世界润滑脂总产量每年约一百万吨左右。各国每年产量