

润滑油性能及应用



孙全淑 编



烃加工出版社

润滑脂性能及应用

孙全淑 编

烃加工出版社

内 容 提 要

本书系统地介绍了润滑脂的组成、结构、制造和性能,以及润滑脂的品种、标准、选择应用、质量管理和试验分析。着重论述了润滑脂的各种性能、影响因素以及性能和应用的关系。本书特点是着眼于国内外技术发展的先进水平,立足于国内润滑脂应用的实际,为润滑脂的合理使用提供技术指导。作者从事润滑脂教学、科研和生产多年,本书是在其讲学基础上总结而成,内容翔实、重点突出、理论深入。可作为有关大专院校的教材,也可供从事润滑脂工作的技术人员和使用人员参考。

润滑脂性能及应用

孙全淑 编

*

烃加工出版社出版

重庆后勤工程学院印刷厂排版

重庆后勤工程学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

*

787×1092毫米 16开本 28 3/4印张 733千字 印1—5000

1988年9月重庆第一版 1988年10月重庆第1次印刷

ISBN7-80043-025-1/TQ·018 定价: 6.90元

目 录

第一章 绪论	(1)
第一节 润滑脂的应用范围	(1)
第二节 润滑脂的作用和特点	(2)
第三节 润滑脂的发展	(3)
第二章 润滑脂的组成	(5)
第一节 基础油	(5)
第二节 稠化剂	(18)
第三节 添加剂	(35)
第四节 填 料	(40)
第三章 润滑脂的外观和结构	(43)
第一节 润滑脂的外观	(43)
第二节 润滑脂结构概述	(43)
第三节 润滑脂结构的近代概念	(44)
第四节 皂油凝胶粒分散体的概念	(45)
第五节 复合皂基润滑脂的结构	(49)
第六节 非皂基润滑脂的结构	(52)
第四章 润滑脂的制造	(55)
第一节 润滑脂制造的基本方法	(55)
第二节 皂基润滑脂的制皂原料	(56)
第三节 皂基润滑脂的制造过程	(62)
第四节 润滑脂制造的主要设备	(63)
第五节 锂基润滑脂的制造	(67)
第六节 复合锂基润滑脂的制造	(70)
第七节 复合铝基润滑脂的制造	(71)
第八节 复合钙基润滑脂的制造	(76)
第九节 膨润土润滑脂的制造	(79)
第五章 润滑脂的流变性能及低温性能	(84)
第一节 流变曲线概述	(84)
第二节 稠度	(86)
第三节 强度极限	(91)
第四节 相似粘度	(95)
第五节 触变性	(112)
第六节 机械安定性	(114)

第七节 低温转矩	(120)
第八节 其它低温性能	(121)
第六章 润滑脂的高温性能及轴承性能	(128)
第一节 滴点	(128)
第二节 高温流动性	(134)
第三节 蒸发性	(140)
第四节 氧化安定性	(148)
第五节 胶体安定性	(171)
第六节 润滑脂的轴承寿命	(181)
第七节 润滑脂在轴承中的抗漏失性和耐搅动性	(195)
第八节 润滑脂的降低噪音特性	(200)
第七章 润滑脂的润滑性能	(203)
第一节 润滑基本原理概述	(203)
第二节 润滑脂的减摩性	(209)
第三节 润滑脂的抗磨性和极压性	(214)
第四节 提高润滑脂润滑性能的途径	(223)
第五节 润滑脂的润滑机理	(223)
第六节 弹性流体动力润滑中润滑脂膜厚度	(236)
第七节 润滑脂的防微动磨损性能	(245)
第八章 润滑脂的防护性能及其它性能	(253)
第一节 防护性能	(253)
第二节 抗水性能	(255)
第三节 润滑脂的机械杂质和水分等	(258)
第四节 润滑脂与橡胶的相容性	(260)
第五节 抗辐射性	(267)
第六节 贮存安定性	(273)
第九章 矿物油润滑脂	(274)
第一节 润滑脂的分类、分组和代号	(275)
第二节 钙基润滑脂	(277)
第三节 无水钙基润滑脂	(279)
第四节 钠基润滑脂	(282)
第五节 钙钠基润滑脂	(283)
第六节 锂基润滑脂	(285)
第七节 铝基、钡基、钡铝基和钡铅基润滑脂	(293)
第八节 复合钙基润滑脂	(295)
第九节 复合铝基润滑脂	(296)
第十节 复合锂基润滑脂	(298)
第十一节 膨润土润滑脂	(300)

第十二节	锌基、钡基及膨润土密封润滑脂	(302)
第十三节	羟基润滑脂	(305)
第十四节	防锈脂	(308)
第十章	合成润滑脂	(310)
第一节	合成润滑脂简述	(310)
第二节	合成油-锂基 润 滑 脂	(311)
第三节	酰胺盐高低温润滑脂、航空润滑脂及汽车润滑脂	(318)
第四节	脲基润滑脂	(325)
第五节	复合皂、膨润土及其它高低温、高温润滑脂	(327)
第六节	精密仪器仪表润滑脂	(332)
第七节	光学仪器润滑脂及电器润滑脂	(335)
第八节	密封、极压合成润滑脂及真空脂	(342)
第十一章	润滑脂的选择和应用	(347)
第一节	润滑脂的选择概述	(347)
第二节	润滑脂在滑动轴承中的选择和应用	(349)
第三节	润滑脂在滚动轴承中的选择和应用	(351)
第四节	润滑脂的填充量	(364)
第五节	使用条件对润滑脂的寿命的影响	(372)
第六节	滚动轴承中润滑脂寿命的估算及换脂期	(377)
第七节	润滑脂在齿轮上的应用	(383)
第八节	润滑脂在汽车上的应用	(390)
第九节	润滑脂在履带式拖拉机等上的应用	(391)
第十节	润滑脂在舰船上的应用	(392)
第十一节	润滑脂在飞机上的应用	(393)
第十二节	铁路专用润滑脂的性能及应用	(395)
第十三节	润滑脂在钢铁工业中的应用	(401)
第十四节	润滑脂在食品机械上的应用	(405)
第十二章	润滑脂的质量管理、贮存、使用和试验、分析	(409)
第一节	润滑脂生产中的质量管理	(409)
第二节	润滑脂的贮存	(410)
第三节	润滑脂的使用	(413)
第四节	润滑脂的试验方法	(401)
第五节	润滑脂的组成分析	(421)
第六节	红外光谱在润滑脂分析上的应用	(427)
第七节	热分析在润滑脂中的应用	(432)
第八节	电性能测定方法在润滑脂中的应用	(436)
第九节	电子显微镜在润滑脂研究中的应用	(442)
参考文献		(450)

第一章 緒 論

第一节 润滑脂的应用范围

摩擦学是研究相对运动的物体表面的摩擦、润滑及磨损现象和机制的学科。这门边缘学科自本世纪六十年代出现以来，受到全世界有关方面的重视，因而发展非常迅速。据估计，全世界开发的能量，约有三分之一消耗于摩擦过程中。摩擦、磨损是能量消耗和材料损失的重要原因。在为人类的未来而保存资源的斗争中，节约能源和材料的重要性日益突出。润滑是降低摩擦和减少磨损的主要手段。在摩擦学中，润滑剂被作为摩擦工程系统的四个要素之一（①、②作相对运动的机械两个表面、③润滑剂、④周围介质）。

众所周知，润滑剂是加入到两个相对运动的接触表面之间，以降低其摩擦和磨损的物质。润滑剂按其聚集状态分为气体、液体、半固体及固体四类。润滑脂是润滑剂中的一类，它在常温多数为油膏状（常称为半固体），也有少数呈固态或半流体状态。润滑脂的定义是：“将稠化剂分散在液体润滑剂内形成的固体至半流体产品；另外还可加入其它组分，使之赋有特殊的性质。”也可以简单地称为：“润滑脂是由稠化剂、基础油和添加物组成的塑性润滑剂”。润滑脂含有一种（或几种）稠化剂及一种（或几种）基础油。润滑脂的添加物包括各种添加剂和填料，它们可以改善润滑脂的性能。润滑脂和其它润滑剂一样，各有其优点和局限性，但对于分散的或简单的摩擦副，如操纵关节，电机滚动轴承等，利用润滑脂润滑具有简单方便的优点。

据粗略估计，全世界润滑脂的年产量约100万吨左右，其数量虽远不及润滑油，但润滑脂应用范围之广和品种之多，都不亚于润滑油。从精密仪表的微型轴承到重型的机械设备都有采用润滑脂润滑的。机械上最广泛使用脂润滑的典型零部件是滚动轴承。据估计，约有80%以上的滚动轴承和20%的滑动轴承是以脂润滑的。齿轮虽然大多数以油润滑，但在某些情况下，以半流体润滑脂润滑能达到更为满意的效果，不仅解决了设备漏油 and 环境污染问题，而且还减少了大量润滑剂的消耗，从而使经济效益更为显著。

从润滑脂应用的领域来看，无论是工业、农业、交通运输业或国防建设事业，各种机械设备都离不开润滑脂。工业上，不仅采矿、冶金、机械制造等许多重工业机械设备需要使用润滑脂，而且轻工业如纺织、造纸、印染、食品等机械设备上也需用润滑脂。农业上，拖拉机和它农业机械的许多摩擦部位需要润滑脂。在交通运输和国防方面，汽车、铁路机车、飞机、舰船等各种交通运输工具，以及军用车辆、坦克、从常规武器到尖端技术，也都需用润滑脂来进行润滑或密封和保护。综上所述，现代润滑脂的应用范围十分宽广，应用领域不断扩大，润滑脂在各种机械设备上的应用部位，不胜枚举。总之，润滑脂是不可缺少的一类润滑材料。

第二节 润滑脂的作用和特点

一、润滑脂的作用

润滑脂的作用主要是润滑、保护和密封。

绝大多数润滑脂用于润滑，称为减摩润滑脂。减摩润滑脂主要起降低机械摩擦，防止机械磨损的作用，同时还兼起防止金属腐蚀的保护作用，及密封防尘作用。

有一些润滑脂主要用来防止金属生锈或腐蚀，称为保护润滑脂。例如工业凡士林等。另有少数润滑脂专作密封用，称为密封润滑脂，例如螺纹脂。

润滑脂大多是半固体状物质，具有独特的流动性。

在常温和静止状态时它象固体，能保持自己的形状而不流动，能粘附在金属上而不滑落。在高温或受到超过一定限度的外力时，它又象液体能产生流动。润滑脂在机械中受到运动部件的剪切作用时，它能产生流动并进行润滑，减低运动表面间的摩擦和磨损。当剪切作用停止后，它又能恢复一定的稠度。润滑脂的这种特殊的流动性，决定它可以在不适于用润滑油的部位进行润滑。此外，由于它是半固体状物质，其密封作用和保护作用都比润滑油好。

二、润滑脂的特点

（一）润滑脂的优点

① 润滑脂的使用寿命长，供油次数少，不需经常添加，在难于经常加油的摩擦部位上，使用润滑脂较为有利。有些密封轴承，可以在装配时填充适量的润滑脂，一直用到轴承寿命終了为止。

② 润滑脂通常适用于重负荷、低速、高温、低温、高速、极压以及有冲击负荷的苛刻条件，也适用于间歇或往复运动的部件上进行润滑。

③ 润滑脂在摩擦表面上保持能力强，密封性能好。有些机械密封不严，使用润滑脂可以防止水分、尘土和其它机械杂质进入摩擦表面。润滑脂对于潮湿和多尘环境下操作的机械的摩擦部位也能适用。

④ 润滑脂润滑的机器，可以防止滴油和溅油污损产品，可以在垂直位置下正常运转，而不产生漏油。

⑤ 润滑脂在金属表面上粘附力强，可以保护金属长期不锈蚀，有些润滑脂还可保护在水中的金属部件不受腐蚀。

⑥ 润滑脂使用温度范围要比润滑油宽。

⑦ 润滑脂润滑时，不需要复杂的密封装置和供油系统，可以简化机械结构。

（二）润滑脂的缺点

① 冷却散热作用不如润滑油。

② 用脂润滑的设备，起动时摩擦力矩较大。

③ 更换润滑脂时比换润滑油复杂。

第三节 润滑脂的发展

建国以来,我国润滑脂的生产从无到有,从少到多,发展很快。早在50年代,除了主要研究当时所需的润滑脂产品配方工艺外,还注意开展了新型润滑脂的研制(如复合皂基脂、非皂基润滑脂和12-羟基硬脂酸锂脂等)及基础理论的研究(如润滑脂的结构、流变性及胶体安定性等)^[1]。60年代以来,润滑脂的品种和质量,都已基本上适应了国民经济各部门发展的需要,并有少量产品进入国际市场。合成润滑油脂在国外是二次世界大战以来随着军事工业和尖端技术的发展而发展起来的。它具有一般矿物润滑油脂所不及的特性,能满足一些特殊的使用要求。我国对合成润滑油脂的研制,始于50年代末期。目前已形成系列产品,不仅保证了原子能、导弹、航空、航天等尖端技术和国防建设的需要,而且近年已逐渐向民用工业推广。例如,生产了一些具有耐高低温、抗极压、抗辐射、耐化学介质等特性的润滑脂和密封剂,满足了大型化肥、钢铁、化纤、陶瓷、石油等工业设备的特殊需要,改善了设备的润滑和密封状况,收到了明显的经济效益^[2]。

我国润滑脂近年的年产量约8万吨,最高年产量近10万吨。就产量讲,仅次于苏联和美国而居世界第三位。我国润滑脂品种发展较快,目前已有250种以上。各大类润滑脂产品我国均有生产或研制,基本能满足国防军工和国民经济各部门的需要。从目前来看,我国润滑脂的品种构成还不够理想。多效通用锂基润滑脂的产量,虽然在合成润滑脂中占50%左右,而在矿物油润滑脂中,它所占比率还较少。当前我国仍以钙基润滑脂为主要品种。

锂基润滑脂,尤其是12-羟基硬脂酸锂基脂,加入多种添加剂后,具有许多优良的特性,因而被公认为是一种多效、通用、长寿命润滑脂。国外锂基脂发展很快,美国、日本、加拿大都是以锂基脂为主要品种。美国锂基脂产量自1969年首次达到润滑脂总产量的50.5%以来,一直保持优势地位。连复合锂基脂计算在内,锂基脂总量占润滑脂总量的60%以上。除锂基脂外,美国还发展了复合皂基润滑脂(主要是复合锂和复合铝,产量和在脂总量中所占比率逐年上升)和非皂基脂(主要是聚脲和膨润土脂等)。这些产品都属于优质多效通用润滑脂,广泛用于各部门的机械设备、如航空工业、食品工业、汽车工业、钢铁工业等。另一方面,几种质量较差的品种(如铝基、钙基和钠基...)的产量和所占百分率则逐年下降(见表1-3-1)。苏联70年代以来发展了30多个优质多效润滑脂新品种,锂基润滑脂产量仅次于钙基和烃基润滑脂而占第三位^[4]。

关于润滑脂的产量,国外的发展情况不是增多而是减少或趋于稳定。例如美国润滑脂产量从1957年至1979年的23年中,以0.68%/年的递减率减少^[5]。美国润滑脂总产量降低的原因,除了受能源危机等影响外,主要是因为发展了综合性能优良的锂基脂和其它优质长寿命润滑脂。苏联润滑脂产量约占世界润滑脂产量之半,70年代以来由于发展了优质多效润滑脂,产品质量提高,消耗量下降,从而产量也降低。

现代润滑脂的发展是和节能及机械发展相联系的。过去,由于航空事业及军工等方面的要求,促进了润滑脂的发展。当前,由于宇航事业的发展以及现代机械设备向高温、重负荷、高速、小型化等方向的发展,更促使人们研究各种新型润滑脂。例如,研究新型稠化剂和基础油以开拓新品种;发展多效通用脂,以简化品种和降低消耗;开展基础理论的研究,为关

键性的技术突破提供理论指导。

表1-3-1 1975~1983年美国各类润滑脂占总脂量的百分数⁽³⁾

润 滑 脂	1983	1981	1979	1977	1975
铝基脂总量	6.17	7.56	5.54	4.99	4.25
仅复合铝	5.58	6.38	5.21	4.34	3.30
钙基脂总量	13.66	16.72	16.35	17.12	19.81
仅复合钙	3.21	4.14	3.66	4.07	5.73
锂基脂总量	62.38	59.69	61.22	60.30	58.14
仅复合锂	7.58	3.00	2.17	1.87	4.91
钠基脂总量	3.91	3.96	4.76	5.63	5.49
其它皂	2.46	1.97	2.18	2.18	1.76
聚脲基总量①	2.91	2.46	2.38		
有机膨润土②	6.85	4.93	4.51	3.84	
非皂基(有机和无机)	1.66	2.71	3.06	5.94	10.55
总 计	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

①在1979年以前,聚脲包括在其它皂中。

②在1983年以前,这项算为“非皂基”。

建国以来我国建立了一些润滑脂科研单位和工厂,培养了大批科研和生产人员,积累了较多的经验,为润滑脂工业的发展奠定了较好的基础。同时我国有丰富的锂矿、蓖麻油及膨润土资源,为发展优质多效润滑脂提供了有利的物质条件。为了适应社会主义现代化建设的需要和节约能源,我国需要发展优质多效润滑脂,改变现有品种结构,进一步提高产品质量以延长使用期,降低消耗量,满足机械发展的要求。在发展新品种的同时,还需注意加强基础研究,包括基础理论,生产设备及产品应用的研究等,才能保证进一步发展的需要。

第二章 润滑脂的组成

润滑脂是由基础油、稠化剂和添加物（添加剂和填料）所组成。基础油是液体润滑剂，常用的是矿物油，也有的润滑脂用合成油。稠化剂是一些有稠化作用的固体物质，常用的是脂肪酸金属皂，称皂基稠化剂。此外，现代润滑脂还使用非皂基稠化剂。

润滑脂的性能由其组成和结构所决定。有些性能主要决定于基础油；有些性能决定于稠化剂；还有许多性能由稠化剂和基础油共同决定。不同组成的润滑脂其结构和性能不同。因此，需要了解润滑脂各组分的主要特性，及其对润滑脂性能的影响，以便掌握各种类型润滑脂的特性，同时也便于根据润滑脂的使用要求，选择适宜的组分来研制新产品。

第一节 基础油

一、基础油的作用

基础油是润滑脂中不可缺少的液体组分，也是含量最多的组分。在大多数润滑脂中，基础油含量约占重量70~90%，也有一些润滑脂基础油含量高达95%。

润滑脂是具有结构骨架的两相分散体系，基础油是这种分散体系中的分散介质。基础油虽为液体，但在润滑脂中，它被保持在稠化剂所形成的结构骨架内，以致失去流动性，从而整个体系在常温呈半固体或固体状态。

基础油本身是液体润滑剂，它对润滑脂的润滑性能有重要影响。基础油的类型和性质主要决定或在不同程度上影响润滑脂的某些性能。例如，润滑脂的蒸发性和对橡胶密封材料的相容性几乎完全决定于基础油。润滑脂的低温性能，在很大程度上受基础油的低温粘度、凝点和粘温性的影响，因而低温用的润滑脂要求用低温粘度小、凝点低和粘温性好的基础油。润滑脂的高温性能受基础油的氧化安定性、热分解温度和蒸发性的影响，制备高温用的润滑脂不仅要求用能耐高温的稠化剂，而且也要求用热安定性和氧化安定性好、蒸发性小的基础油。

润滑脂的粘度和泵送性受基础油粘度的影响。润滑脂的分油也与基础油的粘度有关，基础油的粘度愈小，润滑脂愈易分油。增大基础油的粘度会减小润滑脂的分油和蒸发损失、改善润滑脂的粘附性等，但增大粘度对润滑脂的低温性质和在集中润滑装置中的输送性有不利的影响。

对制备润滑脂来讲，基础油的最重要的性质是粘度、热安定性、氧化安定性、蒸发性和润滑能力。对于低温用和宽温用润滑脂，基础油的粘温性、低温粘度、凝点或倾点也很重要。对于某些特殊条件下使用的润滑脂，基础油还须具备一些特殊性能，例如抗辐射、耐化学介质等。

由于润滑脂应用领域不断扩大，机械对润滑脂的性能要求也不断提高，因此，发展了各种类型基础油，以满足不同的使用要求。

二、基础油的种类

润滑脂的基础油分为两大类，一类是矿物油，另一类是合成油。在合成油中有合成烃类油、酯类油、硅油、含氟油和醚型油等。

(一) 矿物油

矿物油是指一般石油润滑油，它是润滑脂生产中用量最多、使用最广而且价格最低的基础油。

矿物油作基础油的优点是：润滑性能好、粘度范围宽，不同粘度的油品分别适于制备不同用途的润滑脂。例如，低粘度、低凝点的润滑油可制备低温用的润滑脂；高粘度的矿物油可制备高温、重负荷用的润滑脂。矿物油制备的润滑脂在一定的温度范围内能满足使用要求，加上成本低廉，因而至今仍是润滑脂工业中量大面广的产品。矿物油作基础油的主要缺点是对高低温性能不能同时兼顾，适于低温用的基础油，高温时易蒸发和氧化，相反适于较高温度使用的基础油，低温流动性差。

矿物油根据原油不同而有环烷基油、石蜡基油和芳香基油等类型。在润滑脂工业中除了使用环烷基油外，也使用石蜡基和芳香基油。脂肪酸金属皂在环烷基油中的稠化能力比在石蜡基油中强。要制成同一稠度的皂基润滑脂，在环烷基油中皂需用量少，产率高。但石蜡基油的粘温性较好，粘度指数高，制备的润滑脂粘温性也较好。不同来源的矿物油由于化学组成上的差异，对稠化剂在油中的稠化能力及对润滑脂产品的性能都有不同的影响。研制新产品时常先考察基础油和稠化剂的配伍性，以便选择适当的基础油、稠化剂及配方。此外，还需选择适量合用的添加剂，使试制品性能符合要求。

在润滑脂中有的只用一种基础油也有将几种基础油调合使用。

对润滑脂基础油的选择，主要根据润滑脂的使用要求而定。

在低温、轻负荷、高速轴承上使用的润滑脂，选用低粘度、低凝点、粘温性较好的基础油，如仪表油、变压器油、13号机械油等；用于一般中等负荷、中速和温度不太高的机械时，选用中等粘度的机械油和汽油机油等；在高温、重负荷、低速下用的润滑脂，选用高粘度的润滑油，如20号航空润滑油，汽缸油等较为适宜。

对于使用温度范围较宽的润滑脂，要求基础油粘温性好、低温流动性好、凝点低以及高温蒸发度小和不易氧化。一般矿物油不能兼顾高低温性能，也不能满足高温润滑脂及某些特殊润滑脂的使用要求，因此制备高温、低温和宽温用的润滑脂及特殊润滑脂，需要使用合成烃类油及其它合成润滑油。

作为润滑脂基础油的矿物油，除采用一般润滑油外，当前国内还有几种专为润滑脂生产的原料油，即：石油五厂产的30号润滑脂原料油（辽Q239-79），克拉玛依炼厂生产的高粘度仪表油（Q/SY11505-79）及大港油田炼油厂生产的锂基润滑脂基础油（Q/SY24001-82）。这几种原料油分别按各厂的企业标准生产，其质量指标见表2-1-1。

石油五厂生产的润滑脂原料油是以天然原油为原料，经蒸馏、脱蜡、溶剂精制和补充精制调合生产的30号机械油，按40℃运动粘度则相当于N46号（新牌号）的机械油。

克拉玛依炼厂生产的高粘度仪表油，供生产低温锂基脂用，其凝点很低（不高于-60℃）。

大港油田炼油厂生产的锂基润滑脂基础油是低凝原油的精制馏分，不加任何添加剂。

表2-1-1 几种润滑脂原料油的质量指标

项 目	辽Q239-79		Q/SY11505-79	Q/SY24001-82
	30号润滑脂原料油		高粘度仪表油	锂基润滑脂基础油
运动粘度 (50°C), mm ² /s	23~33		8~9	10~13
凝点, °C	不高于 -5		-60	-10
酸值, mgKOH/g	不大于 0.2		0.1	0.15
水溶性酸或碱	无		无	无
机械杂质, %	不大于 0.007		无	0.007
水分, %	痕 迹		无	痕 迹
残炭, %	不大于 0.25		—	—
灰分, %	不大于 0.07		0.005	0.02
闪点 (开口), °C	180		(闭口) 120	200
腐蚀 (100°C, 3h, 铜片)	合 格		(铜片) 合格	—
颜色, mm	实 测		—	不小于10号①
糠醛试验②	—		—	无

①比色法 (石油七厂法)。②按GB390法。

超精制矿物油 (参考)

一般矿物油因高温时蒸发度较大，热氧化安定性较差，使用温度不能过高，国外有采用石油中沸点较高的窄馏分，进行深度脱蜡，吸附精制，酸或溶剂精制以及加氢精制等手段，制得所谓超精制矿物油。

由于在精制中除去了含氮、含氧、含硫的化合物，同时除去了在氧化中容易产生沉淀、结焦等不安定的物质，超精制矿物油的热氧化安定性比普通矿物油有很大的改善。它的热分解温度为340~370°C，与硅油的热分解温度315~370°C相近。由于深度脱蜡，凝点可低至-50°C以下；由于油中的芳香烃加氢饱和，环状烃开环，长直链烷烃异构化，从而改善了低温性能和提高了粘度指数。超精制矿物油使用温度范围较宽，可由-54~+200°C。

超精制矿物油由于馏分窄，原料来源比普通矿物油少，成本较高，在作为润滑脂基础油方面的发展受到一些影响。

(二) 合成烃

作为润滑脂基础油使用的合成烃常用的为聚 α -烯烃油，此外还有烷基苯。

1. 聚 α -烯烃油

聚 α -烯烃油的结构通式为： $-(CH_2CHR)_n-$ 。

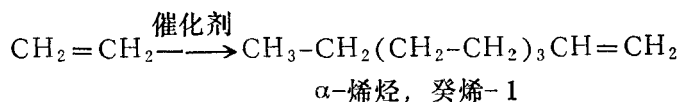
聚 α -烯烃油的原料为直链 α -烯烃，工业生产的方法主要有石蜡裂解法和乙烯聚合法两种。

石蜡裂解法系以石蜡 (最好是含油少的石蜡) 为原料，经热裂解而得到 α -烯烃，然后在催化剂存在下聚合得聚 α -烯烃，经蒸馏得到不同粘度的馏分油，再经过加氢或白土精制，加添加剂即得成品润滑油。

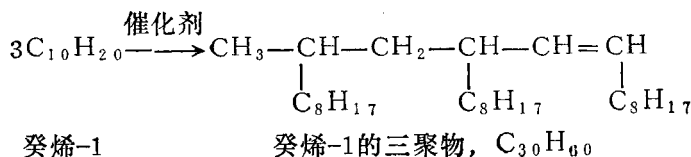
乙烯聚合法系以精制乙烯为原料，先聚合成直链 α -烯烃，再由 α -烯烃聚合成聚 α -烯烃，最后加氢精制。选择适当的催化剂并控制聚合度可得不同粘度的聚合油。乙烯聚合法所得产品质量较高。

聚 α -烯烃油的结构比较简单, 但如原料、催化剂、反应条件等不同, 则其分子量分布、异构化、收率等会有差异, 所得润滑油的性能也就各有不同。国外采用癸烯-1(C_{10} 烯)的3~6聚体的混合物作润滑油。由乙烯制癸烯-1, 再制成聚 α -烯烃油的反应如下:

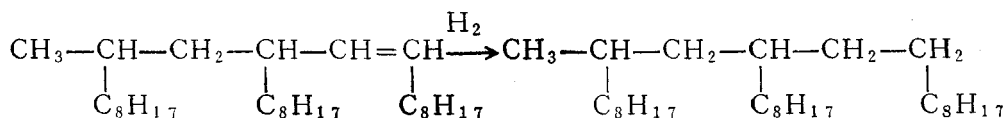
由乙烯合成 α -烯烃:



由 α -烯烃聚合成聚 α -烯烃油:



聚 α -烯烃油加氢:



聚 α -烯烃油发展很快, 因它具有许多优良特性。例如:

①粘度范围宽, 粘温性好, 粘度指数高(见表2-2-2);

表2-2-2 聚 α -烯烃油的主要粘度等级

性 质	粘 度 等 级 (mm ² /s, 100°C)				
	4	6	8	40	100
运动粘度(100°C), mm ² /s	4	6	8	40	100
倾点, °C	-79	-68	-57	-34	-21
粘度指数	121	135	138	142	160

②低温流动性好, 倾点低;

③热氧化安定性较好;

④润滑性好, 四球试验磨损小;

⑤与矿物油和其它合成油的相容性好;

⑥对添加剂感受性好, 加入适量的抗氧化剂后, 可大幅度改善氧化安定性;

⑦抗水解能力强, 在有水条件下安定性好。

聚 α -烯烃油对氯丁橡胶有收缩作用, 并有增加硬度的倾向, 在以氯丁橡胶作密封材料的场合, 可在油中加入适当的橡胶膨胀剂。

聚 α -烯烃油作润滑脂的基础油时, 脂的低温性能比矿物油润滑脂有很大的改善。如稠化剂选用得当, 其高温使用性能也会得到明显的改善。因此, 聚 α -烯烃油可作宽温度范围多效通用润滑脂的基础油。例如,

聚 α -烯烃油与脲基稠化剂配制的宽温度范围多效通用润滑脂,表现出一些突出的性能:

- ①使用温度范围宽, $-54\sim 177^{\circ}\text{C}$;
- ②在高温和高速下的轴承寿命较长,例如,芳基双脲合成烃润滑脂在 $10,000\text{r/min}$, 177°C 条件下,滚动轴承寿命达879小时;
- ③优良的氧化安定性;
- ④优良的抗水性;
- ⑤很好的极压性和抗磨性;
- ⑥在长期剪断下保持稠度。

在国外,符合美国军用规格 MIL-G-81322C 的飞机通用宽温多效润滑脂,是用 膨 润 土稠化合成烃(聚 α -烯烃油)制成的,它可取代 MIL-G-3545、7711、25760 三个规格的润滑脂,用于润滑高速、宽温范围操作的飞机附件。

国产原油目前主要是石蜡基原油,含蜡量高,如大庆原油的含蜡量约为25%。为了充分利用资源,及满足低凝点油品的需要,我国从60年代就开始研究以软蜡为原料,采用裂解聚合法生产合成烃润滑油。当前已有几个工厂生产聚 α -烯烃油,产品约有12类近50个品种。例如冷冻机油、汽油机油、柴油机油、汽轮机油、液压油、机械油和航空润滑油等。此外,尚有一些试制品。国产聚 α -烯烃油的主要特点是低温性能好、凝点低、粘度指数较高。因此,是较理想的寒区用油,并适于制备一些寒区用润滑脂及军用润滑脂。

2. 烷基苯

烷基苯是另一类受人重视的合成烃,在国外常用的是二烷基苯。二烷基苯根据烷基的碳数不同而有不同的粘度和凝点。

二烷基苯油主要特点是粘温性好(粘度指数高)、凝点低。因此,用于制备寒冷地区使用的润滑油脂。

用二烷基苯可制成各种用途的润滑油,如发动机油、液压油和传动装置用油(见表2-1-3)也可用二烷基苯为基础油制润滑脂(见表2-1-4)。

表2-1-3 国外几种二烷基苯油的性质^[6]

项 目	质 量 指 标			
	A	B	C	传动装置用油
粘度, mm^2/s				
-45 $^{\circ}\text{C}$	13874	39200	3410	21917
-40 $^{\circ}\text{C}$	6830	18484	1730	
-34 $^{\circ}\text{C}$	3605	9341	943	
-18 $^{\circ}\text{C}$	735	1700	214	
37.8 $^{\circ}\text{C}$	32.8	58.5	13.5	
98.9 $^{\circ}\text{C}$	6.3	10.2	3.5	5.15
粘度指数	165	171	156	114
倾点, $^{\circ}\text{C}$	-53	-48	-62	-54
闪点, $^{\circ}\text{C}$	220	210	163	185

表2-1-4 二烷基苯基础油润滑脂的性质⁽⁶⁾

项	目	膨润土 0 号	膨润土 1 号	锂基 1 号
针入度, 1/10 mm				
60次		365	340	315
10000次		—	368	325
滚筒安定性, 变化%		—	8	3.2
滴点, °C		>204	>260	182
轮轴承漏失, %		—	28.3	4.5
水淋损失 (37.8°C), %		—	1.25	0.25
防锈试验, 蒸馏水		1	1	1
盐 水		—	—	1
四球极压试验				
磨损, mm		0.58	0.5	0.55
烧结负荷, N (kgf)		2746 (280)	2354 (240)	3089 (315)
负荷磨损指数		45	40	38.5
基础油				
倾点, °C		-53	-53	-53
闪点, °C		182	182	182

A型油专用于带有涡轮增压的高功率（安装在军用装备上的）柴油机。B型油专用于寒冷地区使用的民用设备的汽油和柴油发动机上，也适用于某些液压系统。C型油适用于0℃以下工作的液压系统。传动装置用二烷基苯油，适用于严寒地带单位压力较高的齿轮传动装置。

表2-1-4中烷基苯润滑脂是以凝点-53℃，闪点182℃的二烷基苯油为基础油制成的，其中均加有极压剂、防锈剂和抗氧化剂。

近年国内也开始了烷基苯油及试制润滑脂的研究，采用合成洗涤剂厂重烷基苯馏分作原料，经过精制试制各种润滑油、液压油及润滑脂。暂时还没有正式产品。

合成烃类油在合成油中发展较快，是一类有发展前途的基础油。

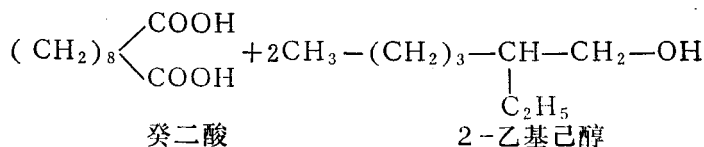
（三）酯类油

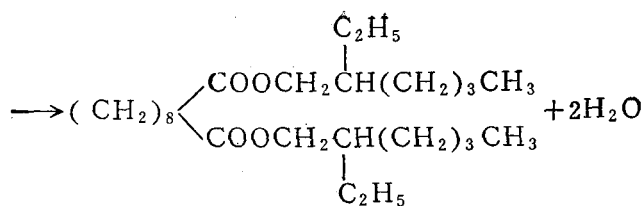
酯类油是目前合成润滑脂中使用最多的一类基础油。它具有一系列的优点，例如：它具有良好的润滑性能和良好的高低温性能，并且具有对添加剂的良好感受性。

酯类油的粘温性好，凝点低；和粘度相近的矿物油相比，它的蒸发性较低，闪点较高，热安定性较好，氧化安定性也较好。大多数无机及有机稠化剂可以稠化酯类油，制备高低温用润滑脂，使用温度范围随稠化剂及酯类油的种类而异。制润滑脂时，根据产品使用要求可选择一种或两种酯类油作基础油，也可以选用酯类油和其它合成油的混合油。

作为润滑脂基础油的酯类油，常用的有双酯和新戊基多元醇酯。

双酯是由二元羧酸（癸二酸、壬二酸、己二酸等）与一元醇（常用2-乙基己醇）经酯化反应生成的。例如：

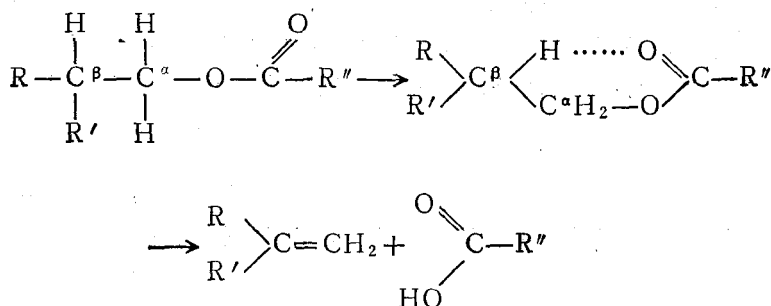




癸二酸二(2-乙基己)酯

双酯的粘温性好(粘度指数在150以上),凝点低(-60°C 左右),低温粘度小,适于作低温润滑脂的基础油。例如,癸二酸双酯用锂皂稠化,可制备 $-60\sim+120^\circ\text{C}$ 使用的通用航空润滑脂。

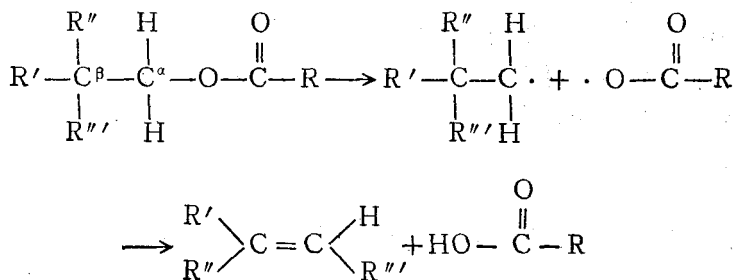
双酯的热安定性不太好,因它分子中醇侧的 β 碳原子上有活泼氢原子,对热不安定,可以通过成环机理分解为酸和烯烃。成环反应的活化能较低, ΔE 为 $45 \times 4.184 \text{ kJ/mol}$



双酯分解生成的酸会腐蚀金属,烯烃在高温空气存在下易被氧化,产生淤渣。

双酯在 100°C 时就易被氧化,结果酸值增加和粘度增大,加入抗氧化剂后,氧化安定性可改善。

新戊基多元醇酯是由新戊基多元醇(如三羟甲基丙烷、季戊四醇等)和 $\text{C}_5\sim\text{C}_9$ 的直链酸酯化生成的。此类酯的热安定性比双酯好,因为它的醇侧 β 碳原子上无氢原子,它受热作用时不能以成环方式分解,而是以自由基机理分解,反应的活化能较高($\Delta E=67 \times 4.184 \text{ kJ/mol}$),所以分解温度较双酯高(约高 50°C)



新戊基多元醇酯除低温性和粘温性($\text{VI}=113\sim143$)比双酯稍差外,其它性质都相当好。例如,润滑性能好;热安定性好,可耐 260°C ;在 204°C 热氧化安定性能好;对除铜以外的金属的腐蚀较小。

在润滑脂中常用的新戊基多元醇酯有以下品种: