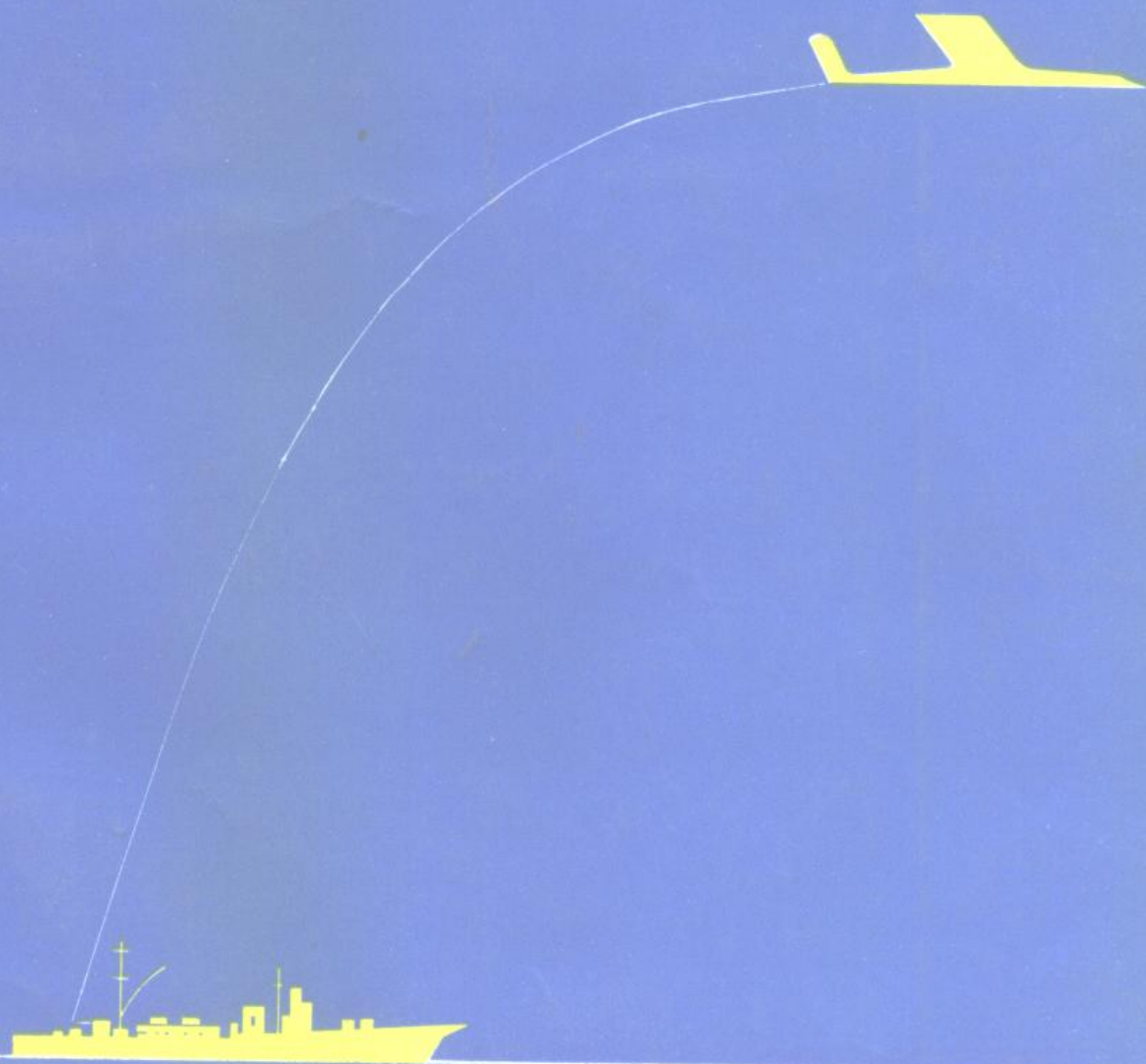


合成润滑剂

颜志光 杨正宇 主编



中国石化出版社

合 成 润 滑 剂

颜志光 杨正宇 主编

中国石化出版社

内 容 提 要

合成润滑剂性能优良、使用寿命长、机械磨损小,使用它不仅能满足特殊工况下苛刻的使用要求,而且可以收到良好的经济效益。目前,合成润滑剂除作为航空、宇航及核工业所必须的润滑材料外,也大量推广应用于交通、冶金、发电和金属加工等许多民用工业。本书总结了近几十年来合成润滑剂的发展情况,详细介绍了酯类油、聚醚、合成烃油、硅油、硅酸酯、含氟油脂、磷酸酯、合成润滑脂等各类合成润滑剂的性能特点、制备方法及应用,对合成润滑剂的研究、生产、选择使用有指导作用。

本书可供从事合成润滑剂研究、生产、教学人员阅读,也可供润滑油用户选油时使用。

合成润滑剂

颜志光 杨正宇 主编

*

中国石化出版社出版发行

(北京朝阳区太阳宫路甲1号 邮政编码:100029)

煤炭工业出版社印刷厂排版

北京经纬印刷厂印刷

新华书店北京发行所经销

*

787×1092 毫米 16 开本 31 印张 793 千字印 1—3000

1996 年 6 月北京第 1 版 1996 年 6 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-80043-587-3/TE·071 定价:39.00 元

前言

合成润滑剂已经问世近 60 年。过去重点用于军事工业和一些新技术方面，近 20 年来已更多地应用于民用工业部门。由于合成润滑剂性能优异，能够满足普通矿物润滑油所不能满足的特殊工况下的使用要求，因而其使用范围日益扩大。可以预期，将来在全世界石油资源不足的时候，合成润滑剂将是那时的主要润滑材料。

我国的合成润滑剂工业已有 30 多年的发展历史，是在当时的国际环境条件下自力更生地发展起来的，适应了国防工业和尖端技术发展的需要。目前正向民用工业逐步推广应用，品种日益增多，产量日益增大。

为了促进我国合成润滑材料继续向前发展，继续扩大其应用领域，很有必要总结近几十年来合成润滑剂的发展情况，介绍其性能特点和工艺技术等知识，因此约请多年从事合成润滑剂研究和生产的专家编写了这本专著，将有关合成润滑剂的性能数据汇集成册，以便从事合成润滑剂研究、生产、教学和使用人员参考。

本书共十章。第 1 章绪论，介绍合成润滑剂的范畴和分类、历史和现状、特点和应用范围以及使用合成润滑剂的技术经济意义和前景；第 2 至 9 章分别介绍酯类油、聚醚、合成烃油、硅油和硅酸酯、含氟油脂、磷酸酯、合成润滑脂及新型合成润滑油，每章都叙述其制备方法、性能特点及性能与结构的关系、应用范围与发展动向；第 10 章介绍合成润滑剂的研究和生产中所使用的一些特殊测试方法。

参加本书编写工作的有颜志光（主编及第 1、10 章）、杨正宇（主编及第 8 章）、罗永康（第 2 章）、胡大华（第 2 章）、曾宪恕（第 3 章）、唐俊杰（第 4 章）、李清亚（第 5 章）、何发鸿（第 6 章）、王祖安（第 7 章）、李辉（第 8 章）、田烈光（第 9 章）、张志明、陈大鹏（第 10 章）等同志。高清岚同志对全书进行了审阅。

由于水平所限，书中疏漏和错误在所难免，恳请读者批评指正。

颜志光 杨正宇

目 录

第一章 绪论	1
第一节 合成润滑剂的范畴和分类.....	1
第二节 合成润滑剂的发展史和现状.....	2
第三节 合成润滑剂的性能特点和应用范围.....	3
第四节 使用合成润滑剂的技术经济意义.....	8
第二章 酯类油	11
第一节 酯类油的发展简史	11
第二节 酯类油的生产过程	14
一、原料	14
二、酯化反应	17
第三节 酯类油的性能	20
一、粘度和粘温性能	20
二、低温性能	26
三、蒸发性	32
四、耐热性能	34
五、抗氧化性能	39
六、抗水性	53
七、润滑性能	55
八、压力粘度关系	61
九、橡胶适应性能	67
十、毒性	70
第四节 酯类油的应用	71
一、内燃机油	71
二、压缩机油	78
三、齿轮油	83
四、合成航空发动机润滑油	84
五、其它应用.....	102
第三章 聚醚	106
第一节 概述.....	106
第二节 单体的合成.....	107
一、环氧乙烷的合成.....	108
二、环氧丙烷的合成.....	108
三、四氢呋喃的合成.....	110
四、1,2-长链环氧烷的合成.....	111
第三节 聚醚的制备.....	112

一、环氧乙烷加成聚合反应	112
二、环氧丙烷加成聚合反应	118
三、环氧烷的共聚反应	121
四、聚醚的制备工艺	121
第四节 聚醚的性能	126
一、粘度、粘度指数和倾点	127
二、粘压系数	131
三、牵引系数	134
四、润滑性能	135
五、溶解度	137
六、氧化安定性	141
七、热安定性	144
八、可燃性	145
九、蒸发性	145
十、密度	146
十一、比热容和导热率	146
十二、对橡胶的适应性	146
十三、抗辐射性能	148
十四、毒性	149
第五节 聚醚的应用	149
一、高温润滑油	150
二、金属加工液	150
三、抗燃液压液	155
四、齿轮润滑油	158
五、压缩机油	164
六、制动液	167
七、润滑脂	173
第四章 合成烃油	175
第一节 聚 α -烯烃合成油	175
一、聚 α -烯烃合成油的制备	175
二、聚 α -烯烃合成油的性能	184
三、聚 α -烯烃合成油的生产及应用	188
第二节 聚丁烯合成油	201
一、聚丁烯合成油的制备	201
二、聚丁烯合成油的性能	203
三、聚丁烯合成油的生产及应用	204
第三节 烷基苯合成油	207
一、烷基苯合成油的制备	207
二、烷基苯合成油的性能	208
三、烷基苯合成油的生产及应用	211

第四节 合成环烷烃油·····	216
第五章 硅油和硅酸酯·····	219
第一节 概述·····	219
一、有机硅及其润滑剂的发展简史·····	219
二、有机硅及其润滑剂工业的现状·····	220
三、硅油的种类和结构特点·····	221
第二节 有机硅单体的制备·····	222
一、直接合成法·····	222
二、金属有机合成法·····	224
三、硅氢化合物与烃类及其衍生物的取代和加成反应·····	225
第三节 硅油和硅酸酯的制备·····	227
一、有机硅单体的水解·····	227
二、聚合和平衡化反应·····	228
三、拔顶和过滤·····	229
四、硅酸酯的制备·····	229
第四节 硅油和硅酸酯的性能·····	230
一、粘温性能·····	231
二、热氧化稳定性·····	233
三、低温性能·····	236
四、剪切安定性·····	237
五、压粘特性·····	238
六、电气性能·····	238
七、润滑性能·····	239
八、水解安定性·····	243
九、化学特性·····	244
十、与其他材料的相容性·····	244
十一、其它性能·····	244
第五节 硅油和硅酸酯的应用·····	244
一、仪表油·····	245
二、特种液体·····	247
三、电绝缘油·····	248
四、液压油·····	251
五、制动液·····	254
六、减震液·····	255
七、转矩传递油·····	257
八、压缩机油·····	257
九、热传递油·····	258
十、润滑脂基础油·····	259
十一、工业润滑剂和助剂·····	260
十二、其它方面·····	263

第六章 含氟润滑剂	266
第一节 概述	266
第二节 含氟润滑剂的制备	268
一、全氟碳的制备	268
二、氟氯碳油的制备	269
三、全氟聚醚的制备	270
四、氟硅油的制备	274
五、含氟脂的制备	275
第三节 含氟润滑剂的性能	275
一、化学惰性	276
二、抗氧化性	277
三、热安定性	278
四、粘温性质	280
五、密度	285
六、凝点	287
七、相溶性	288
八、材料相溶性	290
九、润滑性能	297
十、其它性能	302
第四节 含氟润滑剂的应用	304
一、在核工业中的应用	305
二、在航天、航空、军事工业中的应用	305
三、在电子工业中的应用	305
四、在化学工业中的应用	306
五、在制氧工业中的应用	306
六、在造船工业中的应用	307
七、用作磁记录介质	307
八、用作表面活性剂	307
九、用于人造血液和化妆品的生产	308
十、其它应用	308
第七章 磷酸酯	311
第一节 概述	311
第二节 磷酸酯的制备	311
一、三烷基磷酸酯的制备	311
二、三芳基磷酸酯的制备	312
三、烷基芳基磷酸酯的制备	312
第三节 磷酸酯的结构特点与性能	312
一、一般理化性能	312
二、抗燃性	313
三、润滑性	314

四、水解安定性·····	317
五、氧化安定性·····	318
六、热稳定性·····	318
七、磷酸酯与非金属材料的相容性·····	319
八、磷酸酯的毒性·····	319
第四节 磷酸酯的应用·····	320
一、航空抗燃液压油·····	322
二、工业用磷酸酯抗燃油·····	328
第八章 合成润滑脂 ·····	338
第一节 合成润滑脂的性能·····	338
一、润滑脂的性能及测试方法·····	338
二、合成润滑脂的特性·····	341
第二节 合成润滑脂的制备·····	343
一、脲基脂的制备方法·····	343
二、酰胺脂的制备方法·····	344
三、含氟稠化剂及其润滑脂的制备方法·····	346
四、锂皂酯类油润滑脂的制备方法·····	350
五、合成润滑脂的组成与性能的关系·····	352
第三节 合成润滑脂的应用·····	362
一、航空航天工业中的应用·····	363
二、钢铁工业中的应用·····	373
三、纺织印染、石油化工行业的应用·····	376
四、汽车和石油钻井机具上的应用·····	377
五、电器、阻尼、真空、光学仪器用脂·····	379
六、高转速润滑脂·····	382
七、半流体合成齿轮润滑脂的应用·····	384
八、合成密封脂的应用·····	385
九、高温丝扣防粘润滑剂·····	388
第九章 新型合成润滑油 ·····	391
第一节 聚苯醚类·····	391
一、聚苯醚类的制备·····	392
二、聚苯醚类的性能·····	394
三、聚苯醚类的应用·····	395
第二节 环烷烃类·····	397
一、环烷烃类的制备·····	397
二、环烷烃类的性能·····	401
三、环烷烃类的应用·····	408
第三节 多聚膦腈酯类·····	410
一、多聚膦腈酯类的制备·····	410
二、多聚膦腈酯类的性能·····	411

三、多聚膦腈酯类的应用·····	415
第四节 碳酸酯·····	419
一、碳酸酯的制备·····	419
二、碳酸酯的性能·····	420
三、碳酸酯的应用·····	421
第五节 其它新型合成润滑油·····	421
一、 α -烯烃调聚酸酯·····	421
二、聚二醇醚基聚硅氧烷·····	423
第十章 合成润滑剂的分析测试方法·····	426
第一节 结构和组成分析·····	426
一、色谱·····	427
二、红外光谱·····	437
三、合成润滑剂解剖分析·····	455
第二节 理化分析·····	460
一、氧化试验·····	460
二、腐蚀试验·····	462
三、热安定性试验·····	464
四、橡胶相容性试验·····	465
第三节 模拟试验·····	465
一、结焦试验·····	466
二、轴承试验·····	471
三、齿轮试验·····	476
四、剪切试验·····	480
五、抗燃试验·····	483

第一章 绪 论

第一节 合成润滑剂的范畴和分类

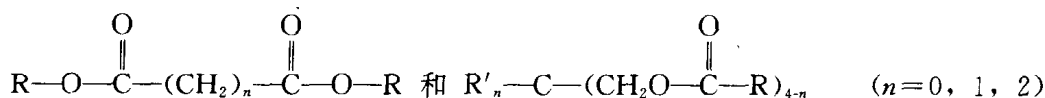
润滑剂被广泛用于减少两相对运动的接触表面之间的摩擦和磨损, 是任何机械运转时不可缺少的。因此, 在国民经济各部门中有广泛应用。

润滑剂的种类很多, 根据其常温物理状态分为液体润滑剂、半固体润滑剂、固体润滑剂和气体润滑剂。通常大量使用的是液体润滑剂和半固体润滑剂(即润滑脂)。根据其来源和组成又可分为天然油脂(动植物油脂)、矿物油脂和合成油脂。

通常人们所熟悉和大量使用的润滑油是从石油中提炼的矿物油, 其主要成分是碳和氢两种元素组成的不同大小和不同结构的烃类分子混合物, 其分子简式为 C_nH_m 。

合成润滑剂又称合成润滑油脂, 是用化工原料通过化学合成的方法制备的润滑油和以合成油为基础油制备的润滑脂。与矿物油不同, 合成润滑剂的主要成分不是单一类型的化合物, 而是包含元素组成、分子结构和性能特点相差很远的多类化合物。目前获得工业应用的合成润滑剂有如下几类:

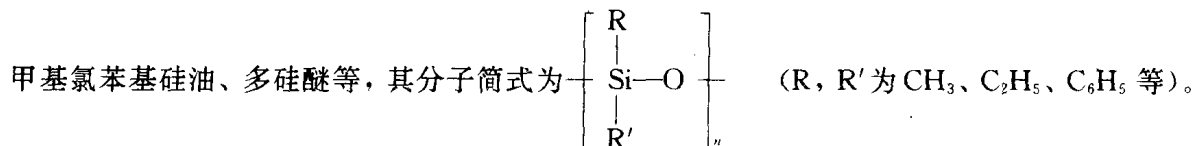
1. 有机酯类(又称酯类油), 包括双酯和多元醇酯等, 其分子简式为



2. 聚醚类(又称聚烷撑醚), 包括聚乙二醇醚、聚丙二醇醚或乙丙共聚醚等, 其分子简式为 $R_1-O[\underset{\underset{R_2}{|}}{CH_2CHO}]_nR_3$ (R 为 H 或烷基)。

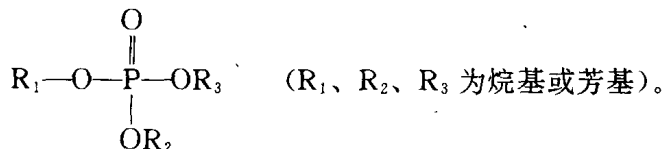
3. 合成烃类, 包括聚 α -烯烃、烷基苯、聚异丁烯等, 其分子简式为 C_nH_m 。

4. 硅油和硅酸酯类(又称聚硅氧烷或硅酮), 包括甲基硅油、乙基硅油、甲基苯基硅油、



5. 含氟油, 包括全氟烃、氟氯碳、全氟聚醚、氟硅油等, 其分子简式为 $[CF_2]_n$, $[CF_nCl_m]_p$ 或 $C_nF_mO_p$ 。

6. 磷酸酯类, 包括烷基磷酸酯、芳基磷酸酯、烷基芳基磷酸酯等, 其分子简式为



7. 合成润滑脂, 以上列各类合成油为基础油制成的润滑脂。

因此, 各类合成润滑剂都有其独特的化学结构、特定的原料和制备工艺、特殊的性能和

应用范围。

第二节 合成润滑剂的发展史和现状

合成润滑剂是在本世纪 30 年代中期发展起来的。二次大战前后,由于军事技术的进步,要求新的机械设备在较苛刻的条件下工作,一般矿物油不能满足使用要求;还由于有些国家,如德国、法国、日本的石油资源短缺,因而促使人们通过化学合成的方法研究制造润滑剂。

合成润滑剂的研究是从合成烃开始的。1934 年美国人 F. W. Sullivan 等合成了聚 α -烯烃。几乎在此同时,德国人 H. Zorn 也发现了与 Sullivan 相同的制备合成烃的方法。从 1939 年开始,德国即利用石蜡裂解所得的 α -烯烃生产聚 α -烯烃润滑油,试图以此解决其润滑剂的短缺。

在 1935 年左右,美国康宁玻璃厂的 J. F. Hyde 研究了有机硅聚合物的制备方法,得到了性能突出的线性和交链聚合产品。随后杜康宁公司的 R. R. McGregor 作了进一步研究,1943 年米兰德杜康宁公司开始采用格氏反应。1946 年通用电气公司设厂用直接合成法生产硅油。

在二次世界大战初,美国联合碳化物公司开始生产单烷基聚醚,后来命名为 Ucon 润滑剂。在第二次大战中德国用不同的工艺路线制备出聚醚液体,试图用作润滑剂,但由于其氧化稳定性较差,当时在德国没有被使用。后来发现这种化合物对苯基- α -萘胺等抗氧剂的感受性很好,才使聚醚获得广泛应用。

1937 年德国 Zorn 企图合成一种润滑剂,既具有天然油如蓖麻油的润滑性,又可避免在发动机中,在低温下形成胶冻和在高温下生成胶状物或漆膜的倾向。Zorn 合成和研究了 3500 种酯,发现酸和仅具有伯羟基的三元醇反应制备的三酯具有较好的性能,他的研究为酯类油的发展奠定了基础。1942 年美国海军研究室的 W. A. Zisman 为满足海军飞机和武器仪表的润滑要求而寻找一种具有低粘度、高粘度指数、低倾点并与矿物油相容的液体,他从文献中发现当时已用作增塑剂的癸二酸二(2-乙基己基)酯具有高粘度指数和低倾点。1944 年美国海军研究室制成了十多种性能良好的合成酯类润滑油和脂,并开始在喷气发动机上试用。1947 年美国航天局批准在海军航空发动机实验室的涡轮螺旋桨和涡轮喷气发动机上对癸二酸双酯和壬二酸双酯进行试用。1951 年 12 月美国公布了燃气涡轮发动机油标准 MIL-L-7808,此标准后来几经修订,一直沿用至今。英国于 1952 年也公布了用于涡轮螺旋桨发动机的酯类油标准 DERD2487,从而使酯类油成为产量较大的合成润滑剂。

为了研制原子弹,在二战中美国发展了氟油,用于六氟化铀气体扩散设备的润滑,在整个二战中处于绝密状态,保证了“曼哈顿计划”的实现。

在 1949 年至 1953 年之间,壳牌公司研究了有机磷化合物作为合成润滑油和液压油的可能性,他们合成了 110 多种含磷化物,研究了这些化合物的结构与性能之间的关系,终于找出芳基磷酸酯可作为难燃液压油,先用于民用飞机,后用于工业液压设备和海军舰船上^[1]。

进入 60 年代,上述几类合成润滑剂继续得到发展,但主要是用作航空、航天等领域所需的特殊润滑材料。如在 60 年代初美国海军研究室研究了阻化酯或新戊基多元醇酯,使航空发动机润滑油的使用温度又提高 50℃ 以上,在此基础上于 1965 年美国公布了军用新标准 MIL-L-23699,从而使海军用战斗机和民航运输机均使用这种规格的航空润滑油。

进入 70 年代以后,由于能源危机和汽车等民用工业的技术进步,出现了一些特殊润滑问题,使合成润滑剂找到了更广阔的应用场合,逐步得到更广泛的应用,特别是应用于汽车上

获得很好的节能效果和经济效益,因而促使合成润滑剂的产量增长较快。至80年代末,全世界合成润滑剂产量估计达13.6万吨/年,到1995年可望达42万吨/年,平均每年增长12%^[2]。各类合成润滑剂中,产量最大的为聚醚,其次为多元醇酯。增长速度最快的为聚 α -烯烃。双酯、聚异丁烯和磷酸酯的市场逐步在缩小。

中国合成润滑剂工业起步于50年代。1949年生产聚烯烃润滑油18吨。50年代末期研究硅油和氟油的合成工艺,随后建立了生产装置,以生产甲基硅油、乙基硅油、甲基苯基硅油 and 全氟碳。60年代初开展酯类油的研究,开始生产酯类航空发动机润滑油、精密仪表油 and 高温润滑脂。70年代初开展磷酸酯的研究,发展了磷酸酯航空液压油 and 工业难燃液压油。同时还研究和生产了全氟聚醚产品。70年代中期研究出了聚醚的合成方法并在工业上应用,同时对石蜡裂解制聚 α -烯烃的工艺和性能作了进一步系统研究。进入80年代后,对合成润滑剂的生产工艺作了进一步改进,优化生产条件,降低消耗和成本,扩展其应用范围。据不完全统计,到目前为止,中国共有15个单位研究和生产合成润滑剂。已研制和生产的合成润滑剂有酯类油、聚醚、硅油、氟油、磷酸酯和聚烯烃,发展了一百多种合成润滑油脂产品,满足了国防军工和民用工业不断发展的需要^[3]。

第三节 合成润滑剂的性能特点和应用范围

与矿物油相比,一般说来,合成润滑油具有优良的粘温性和低温性,良好的高温性和热氧化稳定性,良好的润滑性和低挥发性,以及其它一些特殊性能如化学稳定性和耐辐射性等,因而能够满足矿物油所不能满足的使用要求,这就是合成润滑油不断高速发展的重要原因之一。但是,各类合成油的性能又各具特色,有些合成油的某些性能并不比矿物油好,如硅油的润滑性就比矿物油差,见表1-1及表1-2。

从表1-1可以看出,各类合成油均有其优点和缺点,但从综合性能来看,以酯类油、聚 α -烯烃和聚醚三类油比较全面,因而获得广泛使用。

表 1-1 各种润滑剂的性能比较

性 能	矿物油	双 酯	多元醇酯	聚 醚	聚 α -烯烃	硅 油	氟 油	磷酸酯
粘温特性 (VI)	4	2	2	2	2	1	4	1
低温特性 (倾点)	5	1	2	3	1	1	3	1
液体范围	4	2	2	3	2	1	1	3
氧化稳定性	4	2~3	2	3	2	2	1	4
热稳定性	4	3	2	3	4	2	1	3
蒸发损失 (挥发性)	4	1	1	3	2	2	1	2
抗燃性 (闪点)	5	4	4	4	5	3	1	1~2
水解稳定性	1	4	4	3	1	3	1	3
抗腐蚀性	1	4	4	3	1	3	5	4
密封材料相容性	3	4	4	3	2	3	1	5
涂料和漆相容性	1	4	4	4	1	3	2	5
与矿物油混溶性	—	2	2	5	1	5	5	4
添加剂溶解度	1	2	2	4	2	5	5	1

续表

性 能	矿物油	双 酯	多元醇酯	聚 醚	聚 α -烯烃	硅 油	氟 油	磷酸酯
润滑性, 承载能力	3	2	2	2	3	5	1	3
毒 性	3	3	3	3	1	1	1	4~5
生物可降解性	4	1~2	1~2	1~2	5	5	5	2
相对矿物油价格	1	4~10	4~10	6~10	3~5	30~100	500	5~10

注: 1—优良; 2—很好; 3—好; 4—一般; 5—差。

表 1-2 各类合成润滑剂的性能比较^[4]

类 别	粘度/温度 ASTM 斜率 (40~100 C)	倾 点 C	自 燃 点 C	闪 点 C	最高使用 温度 C
聚苯醚	0.8	-7	600	290	450
全氟聚醚	0.7	-70	无	无	300
甲基硅油	0.38	-70	480	285	280
甲基苯基硅油	0.4~0.7	-70	490	285	290
二硅醚	0.4	-70	400	200	230
硅酸酯	0.5	-65	400	185	200
双酯	0.7	-60	—	230	220
多元醇酯	0.7	-56	410	270	230
聚醚	0.6	-40	610	230	220
烷基磷酸酯	0.6	-60	—	230	100
芳基磷酸酯	0.7	-60	345	—	150
硅烷	0.7	-30	—	260	250
合成烃	0.7	-50	245	220	250
矿物油	0.8	-45	—	130	150

酯类油的优点:

- (1) 加抑制剂其氧化稳定性和热稳定性优于矿物油;
- (2) 使用温度高;
- (3) 低倾点, 低温流动性好;
- (4) 良好的粘温性能;
- (5) 能与矿物油及其它多数合成油混溶;
- (6) 良好的抗磨损、抗擦伤及摩擦特性;
- (7) 低挥发性;
- (8) 无毒;
- (9) 可生物降解;
- (10) 价格中等。

酯类油的缺点:

- (1) 只能得到低粘度油;
- (2) 与密封材料相容性较差, 只与少数丁腈橡胶、氟橡胶、聚四氟乙烯和甲基硅橡胶相容;
- (3) 与涂料不相容;
- (4) 水解稳定性差;

(5) 防腐蚀性中等。

因此，酯类油除了作喷气发动机润滑油外，还是内燃机油、压缩机油和润滑脂的良好基础油。

聚 α -烯烃的优点：

- (1) 可得到很多粘度级别；
- (2) 很好的低温流动性，倾点低；
- (3) 低挥发性；
- (4) 加氧化抑制剂时有高的氧化稳定性和热稳定性；
- (5) 很好的粘温特性；
- (6) 能和矿物油相容的涂料相容；
- (7) 高粘度液体能和矿物油相容的密封材料相容；
- (8) 摩擦特性好，但不如酯类油；
- (9) 与矿物油和酯类油无限混溶；
- (10) 良好的水解稳定性；
- (11) 良好的抗腐蚀性；
- (12) 不含芳环化合物，无潜在毒性；
- (13) 价格中等。

聚 α -烯烃的缺点：

- (1) 低粘度液体对多数密封材料只具有一般的相容性；
- (2) 抗擦伤和抗磨性不如矿物油、聚醚和酯类油好；
- (3) 对极压和抗磨添加剂的溶解度一般；
- (4) 不能生物降解。

因而聚 α -烯烃适合于作汽车发动机油、压缩机油、液压油及润滑脂基础油，所以近年来发展最迅速。

聚醚的优点：

- (1) 可生产所需要的各种粘度等级；
- (2) 很好的粘温特性；
- (3) 高承载能力，即良好的抗擦伤和抗磨特性；
- (4) 优良的摩擦特性，特别是对钢/磷青铜摩擦副；
- (5) 加抑制剂有很好的氧化稳定性；
- (6) 使用温度高，可达 220℃；
- (7) 良好的低温流动性，低倾点；
- (8) 良好的抗腐蚀性；
- (9) 无毒；
- (10) 分子量达 1500 以上而无支链聚合物；
- (11) 可生物降解。

聚醚的缺点：

- (1) 一般不溶于矿物油、酯类油和合成烃（但有一些较贵的聚醚可溶于矿物油）；
- (2) 与添加剂的溶解度和感受性一般；
- (3) 压粘性不如矿物油；

(4) 仅溶于水中才抗燃；

(5) 仅对环氧树脂及聚脲基涂料相容；

(6) 仅对氟橡胶和聚四氟乙烯等密封材料相容，与丙烯腈丁二烯橡胶和甲基丁二烯硅橡胶只有一定的相容性。

因此，聚醚适于作汽车制动液、工业齿轮油、压缩机油、高温润滑油和难燃液压油，因而是目前产量最大的一种合成油。

硅油的优点：

(1) 可得到很多粘度级别；

(2) 粘温特性优于其他所有润滑油；

(3) 很好的氧化稳定性和热稳定性；

(4) 优良的低温流动性；

(5) 低挥发性，即使在低的粘度下；

(6) 高闪点；

(7) 与密封材料、塑料和涂料相容；

(8) 防腐性和水解稳定性与矿物油相似；

(9) 高化学稳定性；

(10) 良好的电性能，即高比电阻和高介电强度（电绝缘值）；

(11) 不溶于水；

(12) 低表面张力，良好的润湿能力。

硅油的缺点：

(1) 在混合润滑条件下，润滑性很差；

(2) 低承载能力（抗磨损抗擦伤），不能用添加剂来改善；

(3) 与矿物油、合成烃、酯类油、聚苯醚和全氟聚醚不相溶；

(4) 价格高。

硅油适宜于作宽温度范围的润滑油、高温润滑脂基础油、电气用油和各种工作液体，如陀螺浮液等，在航空和航天工业中得到了许多实际应用。

全氟聚醚的优点：

(1) 化学稳定性优于其它任何润滑油；

(2) 极高的热氧化稳定性；

(3) 很宽的使用温度范围；

(4) 低挥发性；

(5) 很好的低温流动性；

(6) 与密封材料、塑料和涂料相容；

(7) 抗燃；

(8) 高的辐射稳定性；

(9) 良好的抗磨和抗擦伤性。

全氟聚醚的缺点：

(1) 粘温特性一般；

(2) 低表面张力，润湿性差；

(3) 低抗腐蚀性；

- (4) 对添加剂不溶；
- (5) 与其他任何油不相溶；
- (6) 在分解温度（280~350℃）以下无毒，在较高温度下产生有毒蒸气；
- (7) 价格昂贵。

氟醚和其他氟油的最大优点是分子结构稳定，因此，其高温性、耐火性、耐辐射性和耐化学性特别优异，适用于强化学条件下作润滑剂，是其他润滑油所不能比拟的。

磷酸酯的优点：

- (1) 抗燃；
- (2) 含抑制剂时有良好的氧化稳定性；
- (3) 良好的低温流动性；
- (4) 优良的抗擦伤和抗磨性，良好的摩擦特性；
- (5) 良好的辐射稳定性；
- (6) 可生物降解。

磷酸酯的缺点：

- (1) 粘温特性差；
- (2) 水解稳定性差；
- (3) 抗腐蚀性一般；
- (4) 只与少数密封材料相容。

因此，磷酸酯适于作难燃液压油及难燃润滑脂基础油。但因其与密封材料相容性差和环保限制，没有得到很大发展。在钢铁、煤炭等工业部门，磷酸酯液压油逐渐被水—乙二醇液压油所取代。

表 1-3 合成润滑剂的应用领域

领 域	用 途	合 成 润 滑 剂 类 型
汽车	曲轴箱油	聚烯烃、酯类油
	二冲程油	聚丁烯
	传动液	聚醚、聚烯烃
	制动液	聚醚
工业	燃气轮机润滑剂	酯类油
	齿轮和轴承润滑油	聚醚、聚烯烃
	冷冻机油、空气和气体压缩机油	聚醚、双酯、聚烯烃
	液压和抗燃液体	聚醚、磷酸酯
	导热油和电气用油	烷基苯、聚烯烃、硅油
	金属加工液	聚醚、酯类油
	润滑脂	酯类油、聚烯烃、硅油
航空	喷气发动机油	酯类油、聚烯烃
	活塞式发动机油	酯类油、聚烯烃
	液压油	磷酸酯、聚烯烃
	润滑脂	酯类油、聚烯烃、硅油、氟油