



中国石油天然气集团公司统编培训教材

销售业务分册

润滑脂及其应用

《润滑脂及其应用》编委会 编



石油工业出版社

中国石油天然气集团公司统编培训教材

销售业务分册

润滑脂及其应用

《润滑脂及其应用》编委会 编

石油工业出版社

内 容 提 要

本书介绍了润滑脂的发展过程及在我国的发展程度,详细介绍了各种润滑脂的指标、性能、特点、用途及检测方法,包括钙基润滑脂、锂基润滑脂、复合皂基润滑脂、非皂基润滑脂等,并介绍了润滑脂的应用组合。

本书适用于润滑脂营销、服务人员的培训,也可供润滑脂生产、研发和管理人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

润滑脂及其应用/《润滑脂及其应用》编委会编.
北京:石油工业出版社,2011.6

(中国石油天然气集团公司统编培训教材)

ISBN 978-7-5021-7465-1

I. 润…

II. 润…

III. 润滑脂

IV. TE626.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 190957 号

出版发行:石油工业出版社

(北京安定门外安华里 2 区 1 号 100011)

网 址:www.petropub.com.cn

编辑部:(010) 64523585 发行部:(010) 64523620

经 销:全国新华书店

印 刷:石油工业出版社印刷厂

2011 年 6 月第 1 版 2011 年 6 月第 1 次印刷

787×960 毫米 开本:1/16 印张:19.75

字数:341 千字

定价:68.00 元

(如出现印装质量问题,我社发行部负责调换)

版权所有,翻印必究

《中国石油天然气集团公司统编培训教材》 编 审 委 员 会

主任委员：李万余

副主任委员：金 华 白泽生

委 员：王志刚 连建家 胡宝顺 马晓峰

卢丽平 杨大新 吴苏江 杨 果

方朝亮 王同良 刘江宁 卢 宏

周国芳 雷 平 马新华 戴 鑑

上官建新 陈健峰 秦文贵 杨时榜

何 京 张 镇

秘 书：张玉文 王子云

《润滑脂及其应用》编委会

主任：刘宏斌

副主任：田景惠 上官建新 付斌 王波 赵传香
金安耀 杜烈奋 董仁平 孙宗民 廖国勤
许元科 宫伟军 罗贵儒 于文魁

成员：(按姓氏笔画排序)

王珺 王子坚 王长江 王伟卫 王泽恩
王彬婷 丛新兴 伏喜胜 关玲 朱文
刘唱 刘矢 吕东悦 孙树好 师野
阮晓刚 吴洋 张宏 李炜 李金国
李鸿学 杨荷 杨俊杰 杨峰亭 陈以新
陈立恒 陈望远 姜卫华 胜秋月 赵滨
赵坚东 赵剑春 郭春 强剑 韩聿波
管轶文 翟月奎

《润滑脂及其应用》编审人员

主 编：上官建新 金安耀 廖国勤 许元科

执行主编：杨俊杰

副 主 编：杨晓钧 王彬婷

编写人员：（按姓氏笔画排序）

区志军 王训时 任海栋 张 江 谢 龙
褚铭铭

审定人员：（按姓氏笔画排序）

马书杰 王 宏 王子坚 王伟卫 王泽恩
王晓华 王彬婷 付 佳 伏喜胜 刘锐铭
刘新平 孙中华 孙春梅 孙树好 朱廷斌
张晓燕 李仁祥 杨 荷 杨峰亭 陈以新
陈立恒 周 丹 周亚斌 姜卫华 赵坚东
曹 斌 续 景 熊国跃 翟月奎

序

企业发展靠人才，人才发展靠培训。当前，集团公司正处在加快转变增长方式，调整产业结构，全面建设综合性国际能源公司的关键时期。做好“发展”、“转变”、“和谐”三件大事，更深更广参与全球竞争，实现全面协调可持续，特别是海外油气作业产量“半壁江山”的目标，人才是根本。培训工作作为影响集团公司人才发展水平和实力的重要因素，肩负着艰巨而繁重的战略任务和历史使命，面临着前所未有的发展机遇。健全和完善员工培训教材体系，是加强培训基础建设，推进培训战略性和国际化转型升级的重要举措，是提升公司人力资源开发整体能力的一项重要基础工作。

集团公司始终高度重视培训教材开发等人力资源开发基础建设工作，明确提出要“由专家制定大纲、按大纲选编教材、按教材开展培训”的目标和要求。2009年以来，由人事部牵头，各部门和专业分公司参与，在分析优化公司现有部分专业培训教材、职业资格培训教材和培训课件的基础上，经反复研究论证，形成了比较系统、科学的教材编审目录、方案和编写计划，全面启动了《中国石油天然气集团公司统编培训教材》（以下简称“统编培训教材”）的开发和编审工作。“统编培训教材”以国内外知名专家学者、集团公司两级专家、现场管理技术骨干等力量为主体，充分发挥地区公司、研究院所、培训机构的作用，瞄准世界前沿及集团公司技术发展的最新进展，突出现场应用和实际操作，精心组织编写，由集团公司“统编培训教材”编审委员会审定，集团公司统一出版和发行。

根据集团公司员工队伍专业构成及业务布局，“统编培训教材”按“综合管理类、专业技术类、操作技能类、国际业务类”四类组织编写。综合管理类侧重中高级综合管理岗位员工的培训，具有石油石化管理特色的教材，以自编方式为主，行业适用或社会通用教材，可从社会选购，作为指定培训教材；专业技术类侧重中高级专业技术岗位员工的培训，是教材编审的主体，

按照《专业培训教材开发目录及编审规划》逐套编审，循序推进，计划编审300余门；操作技能类以国家制定的操作工种技能鉴定培训教材为基础，侧重主体专业（主要工种）骨干岗位的培训；国际业务类侧重海外项目中外员工的培训。

“统编培训教材”具有以下特点：

一是前瞻性。教材充分吸收各业务领域当前及今后一个时期世界前沿理论、先进技术和领先标准，以及集团公司技术发展的最新进展，并将其转化为员工培训的知识和技能要求，具有较强的前瞻性。

二是系统性。教材由“统编培训教材”编审委员会统一编制开发规划，统一确定专业目录，统一组织编写与审定，避免内容交叉重叠，具有较强的系统性、规范性和科学性。

三是实用性。教材内容侧重现场应用和实际操作，既有应用理论，又有实际案例和操作规程要求，具有较高的实用价值。

四是权威性。由集团公司总部组织各个领域的技术和管理权威，集中编写教材，体现了教材的权威性。

五是专业性。不仅教材的组织按照业务领域，根据专业目录进行开发，且教材的内容更加注重专业特色，强调各业务领域自身发展的特色技术、特色经验和做法，也是对公司各业务领域知识和经验的一次集中梳理，符合知识管理的要求和方向。

经过多方共同努力，集团公司首批39门“统编培训教材”已按计划编审出版，与各企事业单位和广大员工见面了，将成为首批集团公司统一组织开发和编审的中高级管理、技术、技能骨干人员培训的基本教材。首批“统编培训教材”的出版发行，对于完善建立起与综合性国际能源公司形象和任务相适应的系列培训教材，推进集团公司培训的标准化、国际化建设，具有划时代意义。希望各企事业单位和广大石油员工用好、用活本套教材，为持续推进人才培训工程，激发员工创新活力和创造智慧，加快建设综合性国际能源公司发挥更大作用。

《中国石油天然气集团公司统编培训教材》

编审委员会

2011年4月18日

前 言

润滑脂在润滑材料总量中仅占3%~5%，但是种类繁多、性能特殊，在很多设备润滑中不可或缺。中国润滑脂行业经过几十年的发展，从大类品种上看与国际上相当，但高档润滑脂的实际性能和应用程度还存在很大差距，形成了总量大、消费高、高档产品依赖进口的局面。造成这一局面的重要原因是用户普遍对低价格的追求和主要润滑油品牌对润滑脂的忽视。相对于润滑油，润滑脂的发展从中国制造向中国创造的提升中，意义更加重大。

本教材按照基础概论、主要品种和实践应用的逻辑顺序安排，杨俊杰负责整体大纲的提出、每一个部分的修改和最终定稿，杨晓钧负责编写第一章和第三章，谢龙负责编写第二章和第六章第四节，褚铭铭负责编写第四章第一、二、三节，任海栋负责编写第四章第四节、第五章第二节和第六章第五节，张江负责编写第五章第三、四节，王训时负责编写第六章第一、二、三节，区志军负责编写第五章第一节。为了确保教材质量水平，全书完成后请朱廷斌、李仁祥、伏喜胜、续景等业界专家进行了通阅审核。

本教材的编辑出版是各位编著者多年构想和经验积累、多次热烈讨论修改的结果。编写中力图做到设备与油品相结合、理论与实际相结合、生产与应用相结合，为润滑脂应用、营销和服务，为生产和研发的广大读者提供一本“科学、适用、可读”的参考书。由于知识、经验所限，难免有不尽人意之处，恳请广大读者给予批评指正。

《润滑脂及其应用》编委会

2011年3月6日

目 录

第一章 概论	1
第一节 润滑脂的组成、结构与性能	3
第二节 润滑脂的分类	14
第三节 润滑脂的主要原材料	19
第四节 润滑脂的储运和使用	50
第二章 润滑脂质量指标及检测方法	53
第一节 润滑脂的理化指标	53
第二节 润滑脂的组成分析	57
第三节 润滑脂模拟和使用性能试验	61
第三章 钙基和锂基润滑脂	84
第一节 钙基润滑脂	84
第二节 锂基润滑脂	94
第四章 复合皂基润滑脂	123
第一节 复合钙基润滑脂	124
第二节 复合铝基润滑脂	133
第三节 复合锂基润滑脂	145
第四节 复合磺酸钙基润滑脂	161
第五章 非皂基润滑脂	174
第一节 烃基润滑脂	174
第二节 膨润土润滑脂	188
第三节 聚脲润滑脂	196
第四节 其他特殊润滑脂	223
第六章 润滑脂的应用组合	227
第一节 润滑脂的选用与更换	227

第二节 车用润滑脂	232
第三节 钢厂润滑脂	260
第四节 风电润滑脂	290
第五节 低噪声轴承润滑脂	296
附录 国内外润滑脂性能模拟试验方法标准对照	302
参考文献	303

第一章 概 论

润滑脂的发展经历了从实践、总结经验，上升至理论，理论再指导实践的循环往复提高的过程；在不断学习、借鉴、吸收其他学科成果的基础上，润滑脂理论体系不断完善、提升，而趋于成熟。国际上公认的润滑脂定义由美国润滑脂协会 NLGI (National Lubricating Grease Institute) 提出：润滑脂是将稠化剂分散于基础油中形成的一种固体或半流体的产物，其中也可能包含为改善其特性而加入的某些添加剂。

润滑脂的历史非常悠久。商朝以前车辆的车轴、轴套间为干摩擦，周朝时期以及古埃及已使用动植物油脂作为原始润滑剂对车辆进行润滑，这就是最原始的润滑脂。其后先人们向动植物油脂中加入氢氧化钙（俗称白灰）进行冷混，制成简易润滑剂，使用过程中经过搅拌、摩擦生热，一部分动植物油脂与氢氧化钙经过皂化生成了稠化剂，其他的动植物油脂则作为分散介质，形成了最早的钙基润滑脂，克服了原来纯动植物油脂遇热流失的弊端，是润滑脂制造的萌芽。

随着工业革命的兴起，生产力水平大幅度提高，新技术、新材料、新机器不断涌现，为保证机器、设备的正常运转，对润滑脂提出了诸如耐高温、耐重负荷等要求。人们开始研究、生产润滑脂来满足这些设备的需求，出现了初期的脂肪酸钠基润滑脂，应用于当时鼎盛的纺织业。

19 世纪 60 年代，随着煤加工业的兴起，开始用煤焦油、页岩油部分替代动植物油脂作为润滑脂的分散介质。之后，由于石油工业的崛起，石油润滑油作为润滑脂中的分散介质被广泛应用，极大地促进了润滑脂的发展。19 世纪 70 年代，出现了钙基润滑脂；20 世纪初期，制造出钠基润滑脂；20 世纪 20 年代，诞生了铝基润滑脂；20 世纪 30 年代，开发出钡基润滑脂、复合钙基润滑脂；20 世纪 40 年代德国开发出具有划时代意义的合成脂肪酸钠基润滑脂、硅胶润滑脂，美国研制生产出锂基润滑脂、膨润土润滑脂；20 世纪 50 年代后出现了复合铝基润滑脂、聚脲润滑脂、复合锂基润滑脂、复合磺酸钙基润滑脂，以及用各种无机稠化剂、有机稠化剂制备的无机润滑脂、有机润滑脂。为了开发同时满足高低温及特殊使用要求的润滑脂，采用合成润滑油代替矿物润滑油生产合成油润滑脂，以及采用合成稠化剂制成的合成润滑脂。目前

润滑脂发展方兴未艾,复合钛基润滑脂、纳米材料等新品种、新材料层出不穷,并呈强劲发展势头。

我国润滑脂的研究和规模生产起步于新中国成立后,最先以大锅熬制钙基润滑脂和钠基润滑脂,然后逐步采用常压釜、管式反应器生产,又相继研制并生产出复合钙基润滑脂、锂基润滑脂等产品。

20世纪80年代我国润滑脂进入了新的发展时期,先后从国外引进三重搅拌常压釜、接触器、压力釜等生产装置及各种评价检测仪器;国内科研、生产、设备制造单位通力合作,联合设计开发了 2m^3 、 4m^3 接触器,极大地提高了润滑脂的生产效率;将均化器、内齿轮泵等引入润滑脂行业,不仅缩短了生产周期,还改善了润滑脂的外观,这对润滑脂而言不啻为一次革命。原来占主导地位的钙基、钠基润滑脂被性能优良的锂基润滑脂取代,使产品结构更趋于合理并与国际接轨;军工企业转向民用,充实了润滑脂制造的新技术、新材料。

进入21世纪后,润滑脂步入快速增长期。我国自行研制出三重搅拌压力釜生产装置,使高滴点润滑脂产量大幅度提高,润滑脂年产量逐年递增,产品结构不断优化,部分润滑脂产品已出口国外。我国润滑脂品种结构已完成向技术和质量水平较高的锂基润滑脂占主导地位的转化,高滴点润滑脂产品逐渐问世并投入生产,所占比例逐年增加。无论是润滑脂生产工艺、技术和生产设备,还是润滑脂产品品种及产量,以及润滑脂分析评价设备和方法,润滑脂的包装设备和材料,都达到了一个前所未有的水平,见表1-1。

表 1-1 我国润滑脂产量与品种构成

年 份	1982	1990	1995	2000	2005	2006	2008
年产量, $\times 10^4\text{t}$	7.5	7.3	6.5	6.9	14.8	27.4	32.5
钙基润滑脂比例, %	63.8	59.7	39.6	21.2	12.1	8.8	10.6
钠基润滑脂比例, %	4.30	6.71	5.45	2.18	0.27	0.29	0.06
锂基润滑脂比例, %	8.1	20.6	40.0	62.0	72.9	73.2	70.3
复合钙基润滑脂比例, %	4.10	5.91	4.23	3.34	1.23	0.53	0.69
复合锂基润滑脂比例, %	—	0.81	1.67	3.44	7.54	9.20	10.1
复合铝基润滑脂比例, %	2.50	3.04	3.99	3.37	2.12	1.57	1.47
聚脲润滑脂比例, %	—	—	—	0.86	2.83	3.32	4.41
复合磺酸钙基润滑脂比例, %	—	—	—	—	0.14	0.56	0.33

但是,总体上讲我国润滑脂学科的研究力量仍相对薄弱,特别是基础研究亟待深化,理论体系还很不完善;润滑脂的评价技术和手段与实际应用工况的结合程度相差甚远;高滴点润滑脂仅占润滑脂总量的15%左右,远低于国际水平,如表1-2所示;产品标准制定相对滞后,国家标准、行业标准通用性太强,而企业标准水平参差不齐,这正是造成国内客户对企业标准认同差、与发达国家观念相悖的原因所在。

表1-2 2006年高滴点润滑脂占润滑脂比例

品 种	世界平均	美国	欧洲	日本	中国
复合钙基润滑脂比例, %	1.17	0.08	4.79	0.24	0.60
复合铝基润滑脂比例, %	4.07	9.32	4.78	1.43	1.57
复合锂基润滑脂比例, %	15.36	36.25	11.78	1.89	9.21
复合磺酸钙基润滑脂比例, %	1.98	4.92	2.53	0.01	0.63
聚脲润滑脂比例, %	4.58	5.70	2.65	22.91	2.48
膨润土润滑脂比例, %	2.22	4.90	2.43	0.87	0.23
其他非皂基润滑脂比例, %	1.52	1.68	1.92	4.49	0.59
合计	30.90	62.85	30.88	31.84	15.31

在润滑脂领域还存在不少亟待解决的难题,如复合钙基润滑脂和聚脲润滑脂的硬化问题,需开发能耐300℃以上高温润滑脂、超静音润滑脂、长寿命润滑脂、环境友好润滑脂等;建立模拟工况条件的试验台架;制定综合评定润滑脂性能的试验方法并纳入产品标准中;将纳米新材料真正应用到润滑脂中以发挥其得天独厚的优势;研发复合钛基润滑脂等新稠化材料产品等;合成油工业发展水平的落后在一定程度上也制约着高性能润滑脂的发展。

第一节 润滑脂的组成、结构与性能

早期的润滑脂是由脂肪酸金属皂稠化矿物润滑油制成,后来又出现了许多非皂基润滑脂,如烃基润滑脂、膨润土润滑脂、聚脲润滑脂、硅胶润滑脂等;基础油也由早期的矿物润滑油发展到各类合成润滑油,如合成烃油、酯类油、硅油、氟油、全氟聚醚等,润滑脂的内涵随着时代的发展有了很大变化。

一、润滑脂的组成

从润滑脂的定义可知，润滑脂是由稠化剂稠化基础油并加入添加剂制成，因此其主要组成为基础油、稠化剂和添加剂，它们在润滑脂中发挥着不同的作用。

1. 基础油

基础油在润滑脂中占 80% ~ 95%，它决定着润滑脂的润滑性质。基础油通常分为矿物基础油和合成基础油。矿物基础油是原油经常减压蒸馏、溶剂精制、脱蜡和脱沥青、加氢处理或精制等工艺制得。合成基础油是由各种化工原料通过化学反应，如聚合、缩合、酯化等反应并通过控制生产工艺条件而得。生产润滑脂常用的合成基础油有合成烃油、酯类油、硅油、聚醚及含氟油。

基础油对润滑脂性能的影响表现在：基础油的凝点和低温运动粘度制约着润滑脂的低温性能；基础油的精制程度影响润滑脂外观和高温氧化性能；基础油的运动粘度和粘度指数影响稠化剂的稠化能力、胶体安定性等，例如脂肪酸金属皂对基础油的稠化能力按环烷基基础油—中间基基础油—石蜡基基础油的顺序依次降低；而含石蜡烃较多的矿物油对添加剂的感受性比含环烷烃较多的矿物油敏感得多；各种合成油具有优质的高低温度性能和化学安定性，使润滑脂能胜任更苛刻工况条件的润滑。

1) 矿物基础油

作为润滑脂的基础油，用得最多、最普遍、最经济的是矿物油。矿物油根据原油不同而有环烷基油、石蜡基油和中间基油等类型，由于化学组成上的差异，对稠化剂在油中的稠化能力以及对润滑脂的产品性能都有不同的影响。选择矿物油主要是根据润滑条件：一般用于低温、轻负荷、高转速轴承的润滑脂以低粘度、低倾点基础油较为适宜；用于中速、中负荷和温度不太高的润滑脂，选用中等粘度基础油较为适宜；用于高负荷、较高温度和低速的润滑脂，采用高粘度基础油较为适宜。此外要根据使用温度、轴承尺寸和运转速度来选用不同粘度的矿物油作为润滑脂的基础油，见表 1-1-1。

2) 合成烃油

合成烃油主要有聚 α -烯烃 (PAO)、重烷基苯和低相对分子质量聚异丁烯，生产润滑脂常用的是聚 α -烯烃。理想的聚 α -烯烃作为润滑油，应当尽可能是线性聚合，得到较高的粘度指数，保证低凝点，完全饱和，提供良好的热安定性和氧化安定性。

表 1-1-1 润滑脂用矿物油的选择

工作温度, °C	DN 值 ^①	矿物油 40°C 粘度, mm^2/s
0 ~ 65	75000 以下	30 ~ 130
	75000 ~ 200000	20 ~ 65
	200000 ~ 400000	13 ~ 43
	400000 以上	10 ~ 30
65 ~ 95	75000 以下	130 ~ 260
	75000 ~ 200000	65 ~ 130
	200000 ~ 400000	30 ~ 65
	400000 以上	20 ~ 43
95 ~ 120	75000 以下	230 ~ 650
	75000 ~ 200000	150 ~ 450
	200000 ~ 400000	85 ~ 200
	400000 以上	65 ~ 130

① DN 值是指轴承内径 D (mm) 和转速 N (r/min) 的乘积, 是表示速度因素的一个指标。

聚 α -烯烃是合成烃油中发展最快的一种, 具有比较优异的性质, 用途广泛, 特别适用于在高温下及宽温度范围内使用的润滑脂。其主要特点为:

(1) 优异的粘温特性。聚 α -烯烃的主要成分是长链的烷烃, 不会因机械剪切而引起粘度下降, 所以既有优异的粘温特性, 又有优异的抗剪切性。

(2) 低温性能好。聚 α -烯烃具有较高的粘度指数, 因此它比同粘度的矿物基础油具有更好的低温流动性和低温启动性。

(3) 优异的热氧化安定性。聚 α -烯烃在聚合后多数采用了加氢精制, 使其具有优异的热氧化安定性。

(4) 抗磨性及对部分添加剂溶解性差。聚 α -烯烃的抗磨性能不如矿物基础油, 一般要加入相应的抗磨添加剂以改善其抗磨性能, 同时它对部分添加剂溶解性差, 可通过加入部分酯类油或矿物基础油来解决。

(5) 橡胶相容性差。聚 α -烯烃会使某些橡胶产生收缩、变硬, 从而影响橡胶的密封性能。在润滑脂制备过程中可加入少量的橡胶膨胀剂, 以改善其橡胶相容性。

3) 酯类油

酯类油具有良好的润滑性和高低温性, 可用来制备高低温润滑脂, 是目前较为广泛使用的合成润滑油之一。以酯类油作基础油的国产润滑脂已有不

少牌号，如 7105 号光学仪器极压脂就是用硬脂酸锂皂稠化酯类油而成。能作为润滑脂基础油的酯类油还有二元酸酯、三羟甲基丙烷酯、季戊四醇酯、双季戊四醇酯等。酯类油主要性能特点有：

(1) 良好的粘温性。酯类油的粘温性良好，常用的癸二酸酯粘度指数可达到 150 以上。

(2) 优异的低温性能。特别是带支链的双酯，其凝点可达到 -60°C 以下。

(3) 良好的高温性能。酯类油的闪点比相同粘度等级的矿物油高 40°C ，因此具有高闪点、低蒸发的特点。

(4) 良好的氧化安定性。酯类油具有良好的氧化安定性，但不同结构的酯类油氧化安定性也有一定的差别，多元醇酯的氧化安定性要优于双酯。

(5) 优异的润滑性。由于酯分子中的羰基具有极性，酯分子易吸附在摩擦面上形成油膜且油膜强度高，因而其摩擦系数小，具有良好的润滑性能。

(6) 极低的毒性和可生物降解性。酯类油可用于生产生物降解润滑脂，特别是双酯和多元醇酯降解率高达 90% 以上，对环境污染小。

4) 硅油

硅油具有在非常宽的温度范围内粘度变化极小、凝固点低、化学安定性好、电气性能优异等别的基础油所不能比拟的优异性质。含有甲基和苯基的硅油是所有的已知液体硅油中热稳定性最好的，它在空气中，加热到 250°C ，经过 1500h 以上也不变稠或胶凝。

以硅油为基础油加入锂皂及细分散度的二氧化硅、炭黑、芳基脲、酞菁酮、阴丹士林等稠化剂可制备硅油润滑脂。硅油还可用于旋塞、真空、防护等方面作介电液及真空密封脂。硅油作为润滑脂的基础油，具有良好的高低温性能、优异的粘温性能、较好的热氧化安定性和化学惰性、介电性、憎水性等，缺点是边界润滑性差。

作为润滑脂基础油的硅油有甲基硅油、甲基苯基硅油、氯苯基硅油、乙基硅油、烷基硅油、氟硅油等。

5) 其他基础油

能作为润滑脂基础油的还有聚醚类油和含氟油。聚醚类油包括聚苯醚和聚亚烷基醚油，含氟油包括全氟碳油、氟氯碳油和全氟烷基聚醚。

2. 稠化剂

稠化剂约占润滑脂总量的 4% ~ 20%，是润滑脂的重要组成部分。稠化剂在润滑脂中形成三维结构骨架，将润滑油固定，形成一种凝胶状物质。作为润滑脂的稠化剂必须满足下列条件：