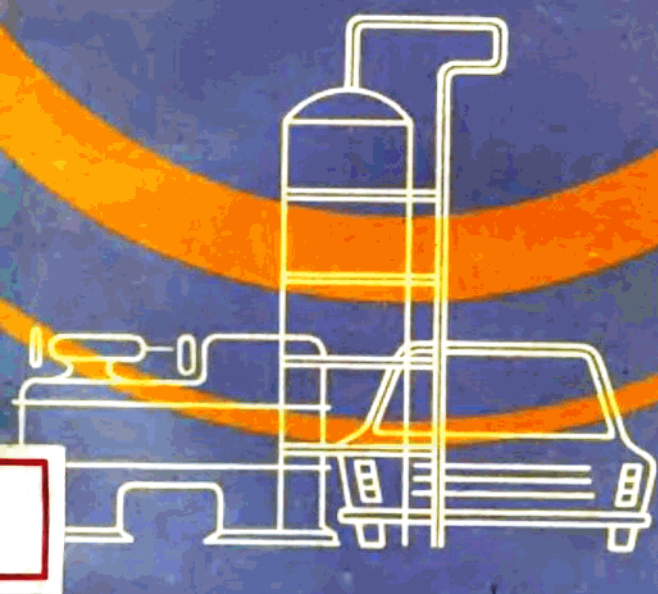


工业润滑剂

刘金林 编著



武汉出版社

前 言

石油，作为世界各国的主要能源和化工原料，被人们称为液体“乌金”。它是一种极其重要的资源，是发展国民经济和国防建设的重要物资。石油工业的发展关系着中国的繁荣和兴旺。石油产品种类繁多，而工业润滑剂（主要是润滑油、润滑脂）是其中的重要组成部分，在国民经济和国防建设中用途极广。作为从事工业润滑剂生产的职工，不仅要有石油和石油炼制方法的一般知识，而且更应掌握产品的性能、特征、生产原理、生产过程及生产产品所需原料的知识，从而进行科学生产。为此，特编写这本《工业润滑剂》，可提供给从事工业润滑剂生产的部门，作为对广大职工进行专业培训的选用教材，也可作为从事有关润滑剂产品的技术管理、销售和应用的各类人员及专业院校师生的参考资料。

本书简单介绍了石油的生成及其开采方式，对石油的组成及炼制方法作了概要说明，对润滑理论及添加剂作了叙述。着重对润滑油、润滑脂、防锈油脂、凡士林、白色油等产品的生产原理、生产工艺、配方及产品发展动向等方面作了较详细的论述。

全书共分六篇。第一篇，石油炼制基础；第二篇，润滑概论；第三篇，润滑油；第四篇，润滑脂；第五篇，防锈油脂；第六篇，白色油、凡士林。

本书在编写过程中，参阅了有关专著、最新资料和科研报告，并请中国石化总公司石油化工科学研究院的阎邱提均、杨正宇、姜融华、龚玉山、王国才及长岭炼油厂的郭昭泉、武汉石油化工厂的樊福生等专家学者分别作了校阅。全书由郭昭泉和阎邱提均两位教授作了审定。对此，谨深表谢意。本书还得到各级领导的支持及武汉石油化学厂的同志们们的热心帮助，也在此一并致谢。

由于本人学识水平有限，编写时间仓促，书中错误和缺点在所难免，诚恳希望广大读者批评指正。

编 者

一九八八年七月

目 录

绪 论

第一篇 石油炼制基础

第一章 石油的组成

第一节 石油的元素组成	(6)
第二节 石油的烃类组成	(6)
第三节 石油的非烃化合物	(8)

第二章 石油及油品的主要理化指标 (10)

第三章 石油炼制

第一节 石油炼制的基本原理及基本过程	(15)
第二节 原油的常减压蒸馏	(17)
第三节 燃料的生产	(21)
第四节 润滑油的生产	(31)

第二篇 润滑概论

第四章 摩擦、磨损、润滑

第一节 摩擦、摩擦系数	(41)
第二节 磨损	(48)
第三节 润滑的作用	(51)
第四节 润滑原理	(53)
第五节 润滑的分类和润滑剂的选用	(56)

第五章 润滑油的化学组成及其对性能的影响

第一节 化学组成对润滑油流变性的影响	(58)
第二节 化学组成对润滑油氧化性能的影响	(59)
第三节 化学组成对润滑油润滑性的影响	(60)
第四节 化学组成对润滑油表面性的影响	(60)
第五节 合理选用润滑油	(61)

第六章 润滑油添加剂

第一节 清净分散剂	(65)
第二节 抗氧抗腐剂	(69)
第三节 抗磨添加剂	(71)

第四节	油性添加剂	(73)
第五节	抗氧防胶剂	(74)
第六节	粘度添加剂	(75)
第七节	防锈添加剂	(79)
第八节	降凝添加剂	(82)
第九节	抗泡剂	(85)
第十节	乳化剂、抗乳化剂	(86)

第三篇 润滑油

第七章 内燃机油

第一节	内燃机油的作用及性能要求	(92)
第二节	生产工艺及配方	(93)
第三节	内燃机油的分级及发展方向	(103)

第八章 机械润滑油

第一节	通用机械润滑油	(108)
第二节	主轴油	(111)
第三节	高速机械油 (锭子油)	(113)
第四节	织布机油、针织机油	(114)
第五节	船用机械油 (调水油)	(117)
第六节	导轨油和液压导轨油	(118)
第七节	专用机械油的发展方向	(120)

第九章 压缩机油及冷冻机油

第一节	压缩机油的作用及性能要求	(121)
第二节	生产工艺及配方	(122)
第三节	压缩机油的发展动向	(125)
第四节	冷冻机油	(126)

第十章 液压油

第一节	液压油的发展史及其分类	(130)
第二节	液压系统对液压油的要求	(132)
第三节	石油系液压油	(134)
第四节	抗燃液压油	(138)
第五节	制动液 (刹车油) 及液力传动油	(143)
第六节	液压油的发展动向	(147)

第十一章 齿轮油

第一节	齿轮传动润滑的特点及对齿轮油的性能要求	(148)
第二节	齿轮油的分类	(149)
第三节	齿轮油的生产工艺及配方	(151)
第四节	齿轮油的发展动向	(155)

第十二章 电器用油	
第一节 变压器油.....	(157)
第二节 电容器油.....	(162)
第三节 电缆油.....	(166)
第十三章 汽轮机油	
第一节 汽轮机油的作用、使用特点及其性能要求.....	(168)
第二节 汽轮机油的品种及生产工艺.....	(170)
第十四章 工艺用油	
第一节 软麻油.....	(172)
第二节 金工切削油.....	(174)
第三节 金属热处理用油.....	(181)
第四节 金属加工用油的动向.....	(184)

第四篇 润滑脂

第十五章 润滑脂概述	
第一节 润滑脂的意义及作用.....	(187)
第二节 润滑脂的发展及现状.....	(188)
第三节 润滑脂的分类.....	(194)
第十六章 润滑脂的结构及理论	
第一节 润滑脂的组成.....	(195)
第二节 润滑脂的结构理论.....	(196)
第三节 润滑脂的胶体特性及其应用.....	(199)
第四节 金属对润滑脂结构的影响.....	(201)
第五节 皂的脂肪酸根对结构的影响.....	(202)
第六节 润滑油对润滑脂结构的影响.....	(202)
第七节 添加剂对润滑脂结构的影响.....	(203)
第八节 结构对润滑脂物理性质的影响.....	(206)
第十七章 润滑脂添加剂	
第一节 润滑脂添加剂的特点.....	(207)
第二节 润滑脂添加剂的类型.....	(208)
第十八章 润滑脂的制造	
第一节 润滑脂生产工艺概述.....	(210)
第二节 国内外典型的润滑脂生产工艺流程.....	(213)
第三节 油脂的化学反应及其配料的计算.....	(219)
第四节 钙基润滑脂.....	(223)
第五节 钠基润滑脂.....	(230)
第六节 钙钠基润滑脂.....	(233)
第七节 锂基润滑脂.....	(235)

第八节	压延机润滑脂	(243)
第九节	铝基润滑脂	(245)
第十节	复合铝基润滑脂	(247)
第十一节	复合钙基润滑脂	(248)
第十二节	烃基润滑脂	(251)
第十三节	无机润滑脂	(253)
第十九章 润滑脂的理化指标		
第一节	润滑脂的一般理化指标	(254)
第二节	润滑脂的组成分析指标	(255)
第三节	润滑脂的性能指标	(256)

第五篇 防锈油脂

第二十章 金属腐蚀原理及防锈油脂作用机理		
第一节	金属腐蚀的定义及腐蚀损失	(258)
第二节	化学腐蚀原理	(259)
第三节	电化学腐蚀原理	(260)
第四节	防锈油脂的组成	(263)
第五节	防锈油脂的作用机理	(264)
第六节	不同防锈剂的防锈特性	(269)
第二十一章 防锈油脂品种及配方		
第一节	国外防锈油脂概况	(273)
第二节	国内防锈油脂概况	(274)
第三节	各类防锈油脂的配方汇总	(276)
第二十二章 防锈油脂生产工艺及性能评价		
第一节	置换型防锈油	(292)
第二节	润滑油型防锈油	(295)
第三节	溶剂稀释型防锈油	(296)
第四节	防锈脂	(303)
第五节	气相防锈油	(307)
第六节	防锈油脂性能的评价	(310)

第六篇 白色油、凡士林

第二十三章 白色油		
第一节	概 述	(314)
第二节	反应机理	(315)
第三节	国内外典型的白色油生产工艺	(317)
第四节	发烟硫酸磺化工艺	(325)

第五节	白色油质量指标.....	(330)
第六节	石油磺酸盐.....	(332)
第二十四章	凡士林	
第一节	概 述.....	(336)
第二节	三氯化铝法反应机理.....	(338)
第三节	三氯化铝法生产工艺.....	(339)
第四节	硫酸—白土精制及加氢精制工艺.....	(347)
第五节	凡士林质量指标.....	(351)
第二十五章	“三废”处理及综合利用	
第一节	尾气的治理.....	(353)
第二节	废渣综合利用.....	(356)
第三节	废水处理.....	(357)

绪 论

石油产品学是一门综合性的学科，而工业润滑剂即润滑油、润滑脂及专用油品是石油产品的重要组成部分，为了全面系统地学习这一部分产品知识，首先对石油的总体作一个概括的介绍。

一、石油名称的来历

石油是一种很重要的能源，也是制造润滑材料不可缺少的一种原料，尤其在近代，石油又成为化工合成材料的主要原料。因此，人们称石油是工业的血液，是黑色的金子，液体“乌金”。

石油的发现各种说法，据西方著名的石油界人士说，是一个叫特拉克的美国人发现的。他于公元 1881 年，在美国德克萨斯州的迪士斯维尔村打出了世界上第一口具有工业油源的石油井，井深才一百公尺。但是，世界上利用石油的历史是相当悠久了。公元前几世纪，阿拉伯人用天然露头的原油沥青，作为木船的防漏防腐涂层，还用原油作为药品和燃料。

其实，早在二千年前，我们祖先就发现并开始利用石油。在一千八百多年前，东汉班固在《汉书·地理志》里曾写道：“高奴，有洧水。可燃（燃）。”西晋初期，在酒泉延寿县南山流出来的泉水中发现了“石漆”，“石漆”冬凝，“燃之极明”，“如凝膏，与膏无异”，可作润滑剂。公元 597 年，在酒泉发现“石脂水”用于军火，宋初叫“火猛油”或“石蠟”。北宋沈括亲自考察了陕北开采石油的情况，第一次命名为“石油”。他研究了石油燃烧的性能，发现“燃之如麻，但烟甚浓，所熏（沾）帷幕皆黑。予疑其烟可用，试扫其煤以为墨，墨光如漆。松墨不及也。”明朝在嘉州（四川省）由政府组织开凿石油井。在人类历史上第一次提出“油井”这个名词。清朝把石油用于军事和民用。

二、石油的生成

关于石油的生成，科学界有无机生成学说和有机生成学说两种。无机生成学说论点是，在地球岩石深处有许多碳化金属、地下水和氢，这些成分在高温、高压、金属催化剂的作用下生成各式各样的碳氢化合物。但这一学说缺乏足够的证据。有机生成学说的论点是，石油是古生物有机腐植质的产物，是古代的浅海、湖泊、沼泽等地的动植物和海藻等生物体死后，在热、光和细菌的作用下，被分解为有机化合物沉在海底，经过长期的变化而形成的。堆积的动植物由于地层变化，经过几百万年以至几千万年的长期隔绝空气，在深达几百米以至几千米受高温、高压及某些诸如酸性硅酸盐等矿物质的接触催化作用和某些放射能的作用下，最后形成天然石油。这两种学说，有机学说被公认，其主要原因是由于发现了石油中有叶绿素衍生体的普飞林错盐等的动植物有机体的微生物。最近在石油中还发现了有 3000 多种能生活在石油中，并且以石油为营养进行繁殖的细菌，从而使此学说进一步得到证实。石油在地层深处变化一般过程是：动植物油脂（蛋白质）→沥青基石油→环烷基石油→混合基石油（中间基石油）→石蜡基石油。石油的分子量随地球历史的

年代增加而降低,轻质馏分增加,含氢比例增大,形成低级烷烃和变成石油天然气增加。

最近,美国天文学家托马斯·戈尔德提出了一个石油成因新理论。他认为:石油和天然气是贮存在地球外壳的无机物,埋藏在482.8km(200英里)的地球深处。它们受到地力和机械力的作用,不断向地表渗透。他认为,在太阳系贮量最丰富的各种元素中,碳元素名列第四。如在大行星、小行星、流星和慧星中所发现的碳元素均以碳氢化合物的形式存在。当原生气旋凝结成太阳和它的卫星时,大量碳氢化合物堆积在这些星球的内部,其中一部分往上渗进多孔岩石和沉积物中,形成象阿拉伯半岛油田那样非常容易开采的富油矿。他预言,如果再向地层深处寻找,石油贮量将有可能远远超过我们目前已知的贮量。戈尔德的新理论得到科技界一些著名科学家的支持和赞同。瑞典根据他的新理论在锡利延湖地区打了六口钻井,虽尚未发现最典型的石油沉积物,但已表明有碳氢化合物的痕迹。

三、石油的开采

石油埋藏在地下几百米以至几千米,只有采用钻井的办法进行开采。然而,开采首先要知道藏油的位置和开采价值,所以要进行地质勘探。勘探方法分为普查、详查和细测三步。对于有开采价值的地方尤其要细测。利用仪器把储油构造的大小和形状测出来,然后绘制精确的储油构造图和地层剖面图。

勘探方法有五种:

1. 地面地质调查法:根据地层分布、地层年代、生油储油条件、区域构造轮廓、收集油气苗和寻找储油构造,绘制地质图。
2. 地球物理勘探法:用不同岩石的弹性密度、磁性和电性的不同,用地震勘探、重力勘探、磁力勘探、电法勘探方法,用精密的仪器进行测定,了解岩石起伏、组成、构造。
3. 地球化学勘探法:用化学方法,对采集的岩石、土壤、水 and 气进行化验分析,测定由于地下油气的扩散而引起的各种化学和生物化学变化。
4. 放射性勘探法:利用自动记录仪放射性计数器,测岩石放射性物质的含量和变化。
5. 钻井勘探法:用钻井取出岩心进行分析,分析有无油、油层厚度、岩石孔隙度、油层含油情况,决定开采价值。

开采前要钻井,要把地下油层网络联合成整体。钻井后随之固井,在地表层铺设管路,集中把油送入油库。

采油方法有三种:当井底压力大于井内石油柱压力时,采用自喷;当井底压力只能使石油上升到某一高度时,采用向井底注水(或空气、或天然气),使油压增大,达到自喷;当井底压力很小时,采用机械采油,用泵采。

我国的油田,根据地质构造的不同及采油时间的长短,分别用不同的采油方法。以大庆油田为例,在采油初期,井底压力高达16.67MPa(170kg/cm²),采用自喷的方法,即所谓采油树采油。后来由于井底压力逐渐降低,采用向井底注水的方法使其压力达到自喷的程度。现在,用注水的办法已不能达到自喷而采用泵抽。有的油田如江汉油田,由于井底压力不高,只能用泵采。

四、石油及石油产品的分类

石油的分类方法很多，但常用的方法是按其主要的成分划分的。分类如下：

1. 烷基（石蜡基）石油：烷烃的含量不少于 70%。
2. 环烷基石油：环烷烃的含量不少于 70%。
3. 芳烃基石油：芳烃的含量不少于 50%。
4. 沥青基石油：胶质及沥青质的含量不少于 60%。
5. 环烷及烷基石油：含 60~70% 的烷烃，环烷烃的含量不少于 20%。
6. 烷基及环芳烃基石油：含烷烃、环烷烃、芳烃几乎各占三分之一。
7. 环烷、芳烃基石油：环烷及芳烃含量均不少于 35%。
8. 环烷、芳烃、沥青基石油：环烷及芳烃和沥青质均不少于 25%。
9. 芳烃、沥青基石油：芳烃及沥青质均不少于 35%。

以上九类实际上常归为石蜡基、中间基和环烷基三类。

此外，还有按含硫量分类的，一般分为低硫石油（含硫 0.5% 以下）；含硫石油（含硫 0.5~2.0%）；高硫石油（含硫 2.0% 以上）三种。划分石油的类型，对于石油的加工方向是能起决定作用的。

石油产品的种类繁多，现在还没有一种严格的分类方法，最常见的是按产品的用途划分，其分类如下：

1. 燃料类：主要品种有液化石油气、汽油、航空发动机燃料（航空煤油）、煤油、轻重柴油、燃料油等。
2. 润滑油类：包括机械润滑油、内燃机油、汽轮机油、齿轮油等。
3. 润滑脂类：主要包括皂基脂和非皂基脂。
4. 防锈油脂类：主要包括各种防锈油和防锈脂，如溶剂稀释型防锈油、置换型防锈油、防锈脂、气相接触防锈油等。
5. 工艺用油类：主要包括电绝缘油、溶剂油、软麻油、白油等。
6. 石油沥青类：主要产品有道路沥青、建筑沥青、改质沥青等。
7. 化工类：主要产品有苯、甲苯、二甲苯、环烷酸等。

上述这些产品在我国，绝大多数是由中央部门的企业生产的，而其中绝大部分的润滑脂、防锈油脂、白油、凡士林、其它专用油品以及少量的润滑油是遍布在全国的地方厂家生产的。

石油产品门类很多，本书仅就润滑油、润滑脂及专用油品给予初浅的阐述。润滑油行业是一个涉及到原料的品种及质量、生产的工艺技术、添加剂的数量及品种、油品的配方及评定等诸方面的技术密集、环节很多、生产销售比较复杂的一个行业。卖润滑油实际是卖润滑技术，本书不可能涉及到诸方面，只是对生产的一般原理予以简述。润滑脂生产技术也是涉及面很广的学科，在某种意义上说，润滑脂生产也是一种技艺。专用油品包括特种油品，如防锈油脂、抗燃液压油等，这些产品用在特殊部位，其生产也需要较高的技术水平，本书也将其基础理论知识予以介绍。

五、石油的用途和作用

石油关系到世界的繁荣和兴衰，也关系到中国的繁荣和兴旺，它在国民经济中的作用、地位是极其重要的。它不仅为人类提供了各种宝贵的液体燃料，而且还提供了多种多样的润滑油产品以及制造润滑脂的原料。没有润滑剂，即使有了燃料，机器也不可能正常运转。除此，为了适应各种特殊用途，需要生产既不是燃料、也不是润滑材料的产品。如变压器油、软麻油、淬火油、防锈油脂等。还可从石油中提炼出灯用油、各种专用溶剂油及作化工原料的气体组分，如乙烯等，也可提炼出石蜡、地蜡及沥青等固体产品。

随着近代基本有机合成工业的突飞猛进，石油及其馏分热加工产生的芳烃、烯烃以及采用催化加工生产的苯、甲苯、二甲苯等产品可以作洗涤剂、合成橡胶、塑料、合成纤维、医药、农药等的原料。随着科学技术的发展，以石油的各种组分为原料的新产品会发展到新的广阔的领域。人们生活和科学技术对石油的需要推动着石油工业的发展。

石油产量及其加工能力也是衡量一个国家经济发达与否的标志。一个国家的能源增长率与国民经济的增长率是密切相关的。能源的开发和利用直接关系到国民经济发展的规模和速度。能源与经济的关系犹如粮食同人的生命。在现代，能源已成为一个具有战略性的问题。而石油是很重要的战略物资。

1983年，已探明世界石油贮量918亿吨。石油是非再生能源，储量有限，用一点，少一点。因此，如何用好宝贵的石油产品，提高其应用效率，使石油产品利用最佳化，最大限度地节约石油资源，已成为当务之急。

总之，石油的用途是极其广泛的，石油的作用也是很大的，国民经济和人民生活均离不开石油。

六、我国石油概况

我们的祖先在石油方面的开采和利用如同造纸、印刷、火药和指南针四大发明一样，曾为人类的文明作出过贡献，在石油工业史上有过自己的特殊地位。但是，第一次鸦片战争以后，我们的祖国被帝国主义瓜分，沦为受人蹂躏的半封建半殖民地的国家。宝贵、丰富的石油资源得不到开发和利用，人民的聪明才智被埋没，帝国主义分子和他们的御用学者却说中国是“地大而物不博”，散布“中国贫油”等谬论。他们为了对中国进行经济侵略，将大量“洋油”倾向我国市场，仅在1907~1948年这四十二年间，德士古、美孚及亚细亚这三家外国石油公司在中国倾销石油商品所榨取的利润就达到相当于同时期280万台拖拉机的价值。

旧中国的石油工业是极其落后的。从1907年到1948年原油总产量仅为278万吨，1948年原油产量仅约7万吨。没有象样的炼油厂，没有专门培养石油工业技术人员的学校，没有一个石油专业研究机构。

解放后，我国石油工业得到突飞猛进的发展。第一个五年计划（1953—1957年）期间，原油总产量为146万吨，已能生产七十多种石油产品。而我国石油工业的更大发展是

在地质学家李四光“地质力学”的理论指导下实现的。地质力学是在地质学的基础上，用力学的原理研究地壳构造体系与地壳运动规律的一门新兴的边缘学科。矿藏是在地壳发生变动的过程中形成的。我国地质学家黄汲清认为“陆地层能生油”，而李四光认为“石油的生成与否不在于是海相还是陆相。而在于有无一个比较长期地为不深也不太浅的水所淹没的沉积环境和有利于生物繁殖的气候”。他指出：“中国东部新华夏构造体系的几条巨大的沉降带是有经济价值的沉积物。对成油很有利，是有含油远景的。”根据地质力学理论，大庆、大港、胜利、华北等大型油田相继在新华夏系沉降带中发现，把“中国贫油”的帽子彻底摘掉了。

我国已能用自己的技术开发油田，用自己创造的方法解决采油及输送的困难。将油田的原油源源不断地送到各地炼油厂。

在石油炼制方面，我国已由简单的原油加工发展到流化催化裂化、加氢裂化、催化重整、延迟焦化、分子筛脱蜡、加氢精制等一大批现代化工艺，其相应的催化剂品种也得到发展。对润滑油生产采用了新的工艺并研制了一批润滑油添加剂。润滑脂由手工操作转变为机械化生产，并研制出很多新产品。据有关统计资料介绍，整个石油产品已发展到七百多个品种，一千一百五十多个产品。

1987年，我国原油产量已达到一亿三千四百万吨，到1990年，将达到一亿五千万吨。

第七个五年计划期间，我国要把石油资源普查勘探放在首位，要采用先进的数字地震仪，数字测井仪和数字处理技术，发展地质地球物理测井、钻井以及遥感、地球化学等多种方法综合勘探。在石油炼制方面将发展石油深度加工，合理利用石油资源，提高轻质油收率，增产石油产品和石油化工原料。

工业润滑剂在国民经济中占有重要的地位，但是，如前所述，润滑脂、润滑油的小品种及各种专用油品多半是由遍及全国的一百多家地方企业生产的。长期以来，由于石油工业的技术力量主要集中在中央部属企业，而地方厂家技术力量较为薄弱，因而这些产品的质量和品种难以满足市场要求。为了提高地方厂石油职工的技术素质，以生产更多的高质量的产品，特编写这本书，供大家学习参考。

第一篇 石油炼制基础

石油是埋藏在地下的天然矿物，从地下开采出来未经炼制前叫做原油。原油虽然有一定价值，但真正发挥其价值作用的则是石油经炼制后的石油产品。这些产品种类繁多，各有各的用途，因此，石油炼制就显得特别重要。

本篇共分三章，大都属于石油炼制的基础知识。学习本篇的主要目的是：了解石油的元素组成、石油的烃类组成、石油的非烃化合物，从而知道石油是一个复杂化合物的混合物；了解石油及石油产品的主要理化指标，并弄清楚这些指标的主要含义；了解石油炼制的基本原理、基本过程、炼油厂的基本类型及其主要的生产装置，要掌握常减压蒸馏装置和润滑油各生产装置的主要中间产品和这些产品的性能，为以后章节的学习奠定基础。

第一章 石油的组成

第一节 石油的元素组成

从地下开采出来的石油一般叫做原油。原油大部分呈流体或半流动状态。颜色多呈黑色或深棕色，少数为暗绿、赤褐或黄色、浅黄乃至无色，有特殊气味。原油含胶质和沥青质越多，颜色越深，气味越浓；含硫化物或氮化物多，则气味发臭。比重多在 0.80~0.98 之间；凝点差异较大，有的高达 30℃ 以上（大庆原油 24℃），有的低于 -50℃（新疆克拉玛依原油）。

石油主要由碳和氢两种元素组成。它们占石油总量 90~99%，其中碳占 83~87%，氢占 11~14%。还有氧、硫、氮等元素总共占 1~4%。除此之外有的石油中还含有钒、镍、铁、铜、铅、钙、钛、镁、钠、钴、锌等金属元素及氯、硅、磷、砷等非金属元素。石油是多组分的混合物，而这些组分中主要是烃类。烃类中主要是烷烃、环烷烃和芳香烃。硫、氮、氧这些元素则以各种含硫、含氮、含氧化合物以及含有硫、氮、氧的胶状和沥青状的形态存在于石油中，它们统称为非烃类。

石油是一种大小分子相差悬殊和类型非常复杂的许多碳氢化合物的多组分混合物。根据温度不同，经常减压分馏，小于 200℃ 为汽油馏分或低沸馏分，200℃~350℃ 为煤油、柴油馏分或称中间馏分，350~500℃ 左右为润滑油馏分或称高沸点馏分。

第二节 石油的烃类组成

一、石油气态烃的化学组成

石油气态烃分为天然气和炼厂气。天然气主要由甲烷和少量的其它烷烃组成，还有很少量的氮和一氧化碳及硫化氢气体。炼厂气的组成，因加工不同，除含烷烃外，还有烯

烃、氢气、硫化氢以及一氧化碳、二氧化碳。在催化裂化的气体中则有较多的丙烷、丁烷、丙烯和丁烯，催化重整及加氢裂化的气体中主要是氢气，含量可达90%以上。

二、石油液态烃的化学组成

直馏汽油馏分的化学组成见表1-1-1所示。

表 1-1-1 直馏汽油馏分的族组成 重%

沸点范围 ℃	大 庆 油			胜 利 油			大 港 油		
	烷烃	环烷烃	芳香烃	烷烃	环烷烃	芳香烃	烷烃	环烷烃	芳香烃
60~95	56.8	41.1	2.1	52.9	44.6	2.5	51.5	42.3	6.2
95~122	56.2	39.0	4.8	45.9	49.8	4.3	42.2	47.6	10.2
122~150	60.5	32.6	6.9	44.8	43.6	11.6	44.8	36.7	18.5
150~200	65.0	25.3	9.7	52.0	35.5	12.5	44.9	34.6	20.5

上表看出烷烃和环烷烃占汽油馏分的绝大部分，芳香烃含量一般不超过20%，随着沸点增高，芳烃的含量逐渐增加。

煤油、柴油等中间馏分的化学组成见表1-1-2所示：

表 1-1-2 煤、柴油（中间馏分）的烃类组成 %（重）

原油	沸点范围℃	烷烃+环烷烃	轻芳烃	中芳烃	重芳烃	非 烃
胜利油	328~373	71.66	10.89	7.34	8.49	1.61
大庆油	210~220	93.5	5.4	1.1		
	290~300	84.8	9.9	5.3		
	340~350	87.6	6.0	6.2		

高沸点馏分的化学组成见表1-1-3所示：

表 1-1-3 高沸点馏分的烃类组成 %（重）

原油	沸点范围℃	饱和烃	轻芳烃	中芳烃	重芳烃及胶质
大庆油	350~400	76.8	6.5	8.1	8.6
	400~450	75.6	6.4	9.8	8.3
	450~500	66.2	17.5	7.9	8.6
胜利油	355~399	58.1	18.1	11.8	12.0
	399~450	59.4	18.1	11.0	11.5
	450~500	55.3	15.6	15.2	14.5
大港油	350~400	63.1	12.6	8.3	16.0
	400~450	66.0	10.6	7.7	15.7
	450~500	60.5	12.9	8.0	18.6

高沸馏分的烷烃主要包括从C₂₀到C₃₆左右的正异构烷，其环烷烃包括从单环直到六环甚至高于六环的带有环戊烷环或环己烷环的环烷烃，芳烃除单、双、叁环外，还含有四环甚至多于四环的芳烃，还有芳环中为数不等的多至5~6个环烷环的环-芳混合烃。高沸馏分中饱和烃含量仍然很高。大庆原油饱和烃含量最高，是做润滑油的好原料。

三、石油固体烃的化学组成

石油中有一些在常温下是固体的高熔点烃类，如 C_{16} 以上的正构烷烃以及分子量很大的异构烷烃、环烷烃及芳香烃。这些在高温下的液态烃类，当温度降低到一定程度，就会有结晶析出。这种结晶叫作蜡。蜡有石蜡和地蜡之分。地蜡比石蜡分子量更大，熔点更高，化学组成是不相同的，见表 1-1-4 数据。

表 1-1-4 石蜡与地蜡的区别

项 目	石 蜡	地 蜡
分子量	300~500	500~700
分子中碳原子数	20~25	35~55
熔 点 $^{\circ}C$	30~70	60~90
颜 色	白 色	黄褐色
活泼程度	不，100 $^{\circ}C$ 不与硫酸反应	活泼，同样条件下反应
化学组成	正构烷烃为主，少量异构烷，环烷芳烃。	以环状烃为主，正、异构烷烃含量都不高。

第三节 石油的非烃化合物

在石油馏分中含有相当数量的非烃化合物。馏分愈重，非烃化合物含量愈高，这些非烃化合物对石油的加工及产品的使用性能具有很大影响。在石油加工过程中绝大多数的精制过程都是为了解决非烃化合物的问题。石油非烃化合物主要包括含硫、含氧、含氮及胶状沥青状物质。

一、含硫化合物

不同的石油含硫量相差很大，克拉玛依原油的含硫量只有 0.04%，华北某原油硫含量高达 9.5~11.3%。通常将含硫量大于 2% 的石油称为高硫石油，低于 0.5% 的称低硫石油，介于 0.5~2% 之间的称为含硫石油。

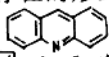
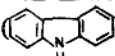
硫在石油馏分中存在的形态有元素硫 (S)、硫化氢 (H_2S)、硫醇 (RSH)、硫醚 (RSR')、环硫醚 ( 、 )、二硫化物 (RSSR')、噻吩 () 及其同系物等。元素硫，硫化氢及低分子硫醇都能与金属作用而腐蚀设备，它们统称为活性硫化物。如果既含硫又含盐，则对金属设备的腐蚀更为严重。硫化氢及低分子硫醇为恶臭的有毒气体，有碍健康。

二、石油中的含氧化合物

石油中含氧 1%~3%，大部分在胶状沥青状物质中，石油中的氧均以有机化合物状态存在，含氧化合物有酸性和中性两种。酸性的有环烷酸、脂肪酸及酚类，总称石油酸。中性有醛、酮。环烷酸在酸性馏分中含 90%，一般在沸程 250~350 $^{\circ}C$ 左右居多。商品环烷酸的分子量一般为 240，分子中含有 12~18 个碳原子。煤油和粗柴油分离出来的环烷

酸分子量为 220~250，由润滑油馏分分离出来的环烷酸分子量约为 440。环烷酸能腐蚀设备，在油品中有害，用碱洗方法可以除去。

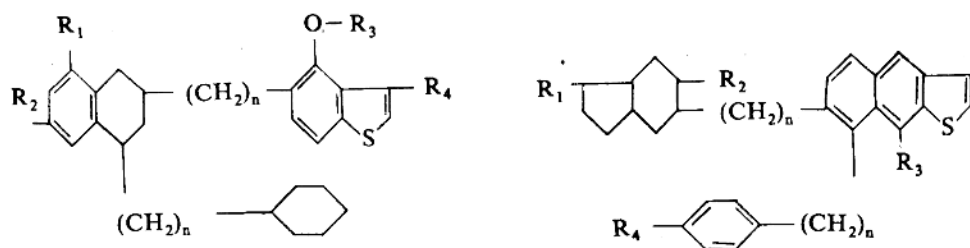
三、石油中含氮化合物

氮在石油中一般在万分之几到千分之几。大部分氮存在于胶状沥青状物质中，氮化物在石油中存在的形式：吡啶 ()、喹啉 ()、异喹啉 ()、吲哚 ()，这些属于碱性。非碱性的吡咯 ()、咪唑 () 和咔唑 ()。还有金属卟啉化合物 (卟啉化合物) 对研究石油的生成机理具有重要意义。

四、石油的胶状及沥青状物质

在我国原油中，石油的胶状及沥青状物质含量占百分之十几到四十几，它是石油中结构最复杂、分子量最大的物质，由 C、H、S、O、N 元素组成。根据这些物质在不同溶剂中的溶解度不同和物理性质不同分为中性胶质、沥青质和沥青质酸。中性胶质能很好地溶于石油馏分、苯、氯仿 (三氯甲烷)、二硫化碳中，不溶于酒精，比重大于 1。沥青质是中性物质，不溶于低沸点的饱和烃，可溶于苯、氯仿和二硫化碳中。沥青质酸具有酸性，溶于碱、酒精、氯仿和苯中，加热后变成酸酐。

胶质分子量在 600~800 之间，最高可达 1000。它溶解在石油产品中形成真溶液，沥青质在石油产品中形成胶体溶液。胶质具有很强的着色能力，汽油呈黄色就是有胶质之故。胶质分子结构很复杂，胶质分子中有相当多的环状结构，有芳环、环烷环和杂环，这些稠环由不太长的烷基桥如： $-\text{CH}_2-$ 和 $-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$ 联系起来，在环上有少数短侧链，馏分中的胶质以双环稠合为主，减压渣油分离出来的以高稠环系为主，其结构为：



胶质受热或氧化时可以转变为沥青质，以至于生成不溶于油的油焦质 (焦炭状物质)，油品含有胶质会在油品应用时生成炭渣造成机器零件的磨损和堵塞，在白油生产中就是用浓硫酸除去胶质的。

沥青质比重高于胶质，加热不熔，到 300°C 以上温度时就会分解成焦炭状物质和气体。沥青质没有挥发性。沥青质的结构很复杂，是由稠环芳烃“薄片”结合成“微粒”，由“微粒”结合成“胶粒”，“薄片”分子量为 600~800，“微粒”的分子量为 5500~5900，“胶粒”的分子量为 37,000—1000,000。

第二章 石油及油品的主要理化指标

一、蒸汽压

在某一温度下，液体与它在液面上的蒸汽呈平衡状态时，由此蒸汽所产生的压力称为饱和蒸汽压，简称为蒸汽压。蒸汽压实质就是液体中的分子逃离液体汽化或蒸发的能力。石油产品所说蒸汽压，一般指汽油。汽油的饱和蒸汽压越大，含有低分子烃越多，越易汽化。有的防锈油就是利用汽油易挥发的性质，选用汽油为溶剂。如 7424 薄层防锈油就选用 120# 溶剂汽油为溶剂，此种防锈油涂在工件上，汽油挥发留下一层很薄的膜与空气隔绝，达到防锈目的。

二、沸点、馏程（沸程）

对于液态纯物质，在一定的外压下，当加热达到某一温度时，其饱和蒸汽压与外界压力相等，此时，汽化在汽液界面上及液体内部同时进行，这一温度即称为沸点。在外压一定时，沸点是一个恒定值。

石油是混合物，没有一个固定的沸点，在外压一定时，油品沸点随汽化率增加而不断升高。所以表示油品的沸点则应以某一温度范围，即沸程（或馏程）来表示。

馏程是在一定温度范围内该石油产品中可能蒸出来的油品数量和温度的标示。油品的沸点范围因所用蒸馏设备不同，测定的数值也有差别。常用有恩氏蒸馏设备，当油品在恩氏蒸馏设备中进行加热蒸馏时，最先汽化蒸馏出来的是一些沸点低的烃类分子，流出第一滴冷凝液时的汽相温度称为初馏点；蒸馏过程中各种烃类分子按其沸点高低的次序逐渐蒸出，汽相温度也逐渐升高，当馏出物体积为 10%、50%、90% 时的汽相温度分别称为 10% 点、50% 点、90% 点；蒸馏到最后达到的最高汽相温度称为终馏点或干点。初馏点到干点这一温度范围称为馏程或沸程。

馏程可大致判断石油产品轻重成份的含量多少，鉴定其蒸发性，以便确定使用范围。例如，发动机燃料（如汽油）的蒸发性是用馏程来表示的，即初馏点、10% 点、50% 点、90% 点和干点。初馏点和 10% 点表示对发动机起动性能和形成气阻的倾向；50% 点表示加速性和工作稳定性，其馏出温度愈低愈好；90% 点和干点表示不容易蒸发和不容易燃烧的重馏分的含量。如果重质馏分多，汽油不能完全蒸发和燃烧，就会增加汽油的消耗量。

三、比重、密度、重度

石油产品的密度是单位体积的石油产品质量数。单位是克/厘米³ (g/cm³) 或公斤/米³ (kg/m³)。

石油产品的重度是单位体积石油产品的重量数，单位是公斤（力）/米³。

比重是指摄氏 20℃ 时的石油产品和同体积 4℃ 时纯水的重量比值，用 d_{4}^{20} 表示。国外常用 15.6℃ 时油和水的比值，用 $d_{15.6}^{15.6}$ 表示。

石油的密度是随其组成中的含碳、氧、硫量的增加而增大的，因而含芳香烃、胶质和沥青质多的石油密度最大，而含环烷烃多的石油密度居中，含烷烃（石蜡烃）多的石油密