

SHEBEI RUNHUA
JISHU JICHU

设备润滑技术基础

SHEBEI RUNHUA JISHU JICHU

刘峰璧 编著



华南理工大学出版社
SOUTH CHINA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PRESS

设备润滑技术基础

SHEBEI RUNHUA JISHU JICHU

刘峰壁 编著



华南理工大学出版社
SOUTH CHINA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PRESS

· 广州 ·

内容提要

本书全面系统地介绍了设备润滑的基本知识,其中很大一部分源于工程实践经验并配有大量的插图。主要包括:基础油生产工艺;常用添加剂的特性和作用;合成润滑剂和环境友好型润滑剂的种类、特点和选用;润滑剂性能的测试方法和手段;常见机械零件和典型设备的润滑;润滑剂的转运、存储和分配方法及器具;已用润滑剂的回收和利用。

本书可供从事设备管理、机械设计、润滑设备制造、润滑剂开发和推广等人员阅读参考,亦可作为培训教材使用。

图书在版编目(CIP)数据

设备润滑技术基础/刘峰壁编著—广州:华南理工大学出版社,2012.9
ISBN 978-7-5623-3693-8

I. ①设… II. ①刘… III. ①机械设备-润滑-技术培训-教材 IV. ①TH117.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 174588 号

设备润滑技术基础

刘峰壁 编著

出 版 人:韩中伟

出版发行:华南理工大学出版社

(广州五山华南理工大学 17 号楼,邮编 510640)

<http://www.scutpress.com.cn> E-mail:scutc13@scut.edu.cn

营销部电话:020-87113487 87111048 (传真)

责任编辑:吴兆强

印 刷 者:佛山市浩文彩色印刷有限公司

开 本:787mm×1092mm 1/16 印张:22.25 字数:556 千

版 次:2012 年 9 月第 1 版 2012 年 9 月第 1 次印刷

印 数:1~2 000 册

定 价:42.00 元

版权所有 盗版必究 印装差错 负责调换

前 言

机械设备的运行离不开润滑。合理的润滑可以延长机器寿命，减少故障发生率和维护费用，有效地发挥设备效能和提高生产率。反之，不良润滑可能导致生产成本增加、设备不能正常工作甚至过早报废。随着计算机的应用和自动化程度的提高，机械零部件的工作速度和载荷不断增加，从而对机械设备的润滑提出了更高的要求。这一方面需要开发性能更好的润滑剂，另一方面需要设备管理人员切实掌握相关技术。

本书系统地介绍了润滑技术的基础知识。主要包括：石油的发现和利用；基础油生产工艺过程；常用添加剂；合成润滑剂；环境友好润滑剂；润滑剂性能及其测试方法和手段；典型零部件和设备的润滑；润滑剂的加注方法和器具；润滑剂的接收、转运和存储；已用润滑剂的回收利用。

本书编写时着重注意以下几点：

(1) 以直接从事设备润滑的人员为主要阅读对象，内容紧贴工程实际应用，融汇了大量的工程实践经验；没有抽象的理论公式推导；在介绍典型零部件和设备的润滑之前，对其结构和工作原理进行适当的叙述，使初学者能比较轻松地学习和了解后续内容；在给出解决问题的指导性原则的同时，尽可能地列出解决这些问题的具体方法和步骤，使读者能学有所用。

(2) 书中附有大量的三维立体插图。这些插图不但可以帮助读者理解所述内容，而且可以根据所给的某些插图直接制作实用的润滑装置或器具，例如液压系统油箱、油液分配装置及油桶搬运装置等。

(3) 国外先进标准的介绍。在介绍标准内容和用途的同时，给出其产生的背景原因、沿革以及与相关的其他标准的差异。尽可能列出与国外标准对应的我国标准，以满足设备润滑工作者的不同需要。

由于编者水平有限，书中不妥之处在所难免，真诚地希望读者给予批评指正。

本书编写过程中，得到了有关领导和同事的大力支持和鼓励，在此表示衷心感谢。

编 者
2011 年 12 月

目 录

第1章 引言	1
1.1 石油近代史	1
1.2 中国及北美的石油	2
1.3 润滑剂的发展与展望	4
第2章 炼制工艺与润滑油基础油	5
2.1 原油	5
2.2 炼制	7
2.3 润滑油基础油	10
2.4 润滑油炼制工艺	11
2.5 润滑油基础油的加工	17
第3章 润滑油	25
3.1 添加剂	25
3.2 物理、化学特性	30
3.3 评价与性能试验	38
3.4 润滑油性能的发动机试验法	43
3.5 车用齿轮润滑剂	47
3.6 自动变速器油	49
第4章 润滑脂	50
4.1 润滑脂的作用	50
4.2 润滑脂的组成	50
4.3 润滑脂的制造	53
4.4 润滑脂的特性	54
4.5 润滑脂的评价与性能试验	56
第5章 合成润滑剂	61
5.1 液体润滑剂合成烃	63
5.2 有机酯	67
5.3 聚二醇	68
5.4 磷酸酯	69
5.5 其他合成润滑油	70
第6章 环境润滑剂	72
6.1 环境与润滑剂	72

6.2	定义及试验规程	72
6.3	基础油	75
6.4	产品的选择	79
6.5	改用环境润滑剂	81
第7章	液压系统	82
7.1	原理	82
7.2	液压泵	85
7.3	压强和流量控制	89
7.4	执行部件	93
7.5	液压驱动装置	95
7.6	油箱	95
7.7	液压系统对油液质量的要求	96
7.8	特殊液压油	100
7.9	液压系统的维护	101
第8章	润滑膜与机械零件	106
8.1	润滑膜的类型	106
8.2	普通径向滑动轴承	113
8.3	滚动轴承	126
8.4	滑板、导轨和滑轨	132
8.5	齿轮	133
8.6	美国齿轮制造者协会开式齿轮用润滑剂的技术条件	145
8.7	活塞缸	145
8.8	柔性联轴器	145
8.9	链传动	149
8.10	凸轮挺杆	150
8.11	钢丝绳	151
第9章	润滑剂的加注	153
9.1	全损耗方法	153
9.2	循环使用法	157
9.3	其他循环使用法	161
9.4	中央润滑系统	163
第10章	内燃机	167
10.1	设计与结构的影响	167
10.2	燃料与燃烧的影响	171
10.3	运行方面的影响	172
10.4	维护方面的影响	175
10.5	发动机油的特性	176
10.6	分类	180

10.7 对发动机用润滑油的建议·····	187
第 11 章 固定式燃气轮机 ·····	196
11.1 燃气轮机的原理·····	196
11.2 工业用喷气发动机·····	201
11.3 燃气轮机的应用·····	202
11.4 燃气涡轮机的润滑·····	204
第 12 章 蒸汽轮机 ·····	208
12.1 蒸汽轮机的运转·····	209
12.2 蒸汽涡轮机的控制系统·····	211
12.3 蒸汽轮机零部件的润滑·····	212
第 13 章 水轮机 ·····	222
13.1 水轮机的类型·····	222
13.2 润滑部件·····	228
13.3 对润滑剂的建议·····	231
第 14 章 原子反应堆和发电 ·····	232
14.1 反应堆的类型·····	232
14.2 辐射对石油产品的影响·····	235
14.3 对润滑的建议·····	242
第 15 章 汽车底盘零部件 ·····	244
15.1 悬架和转向传动机构·····	244
15.2 转向装置·····	247
15.3 车轮轴承·····	250
15.4 制动系统·····	251
15.5 其他零部件·····	254
第 16 章 汽车变速器及传动系统 ·····	255
16.1 离合器·····	255
16.2 变速器·····	256
16.3 传动轴和万向联轴节·····	264
16.4 驱动桥·····	265
16.5 变速驱动桥·····	268
16.6 其他齿轮箱·····	268
16.7 汽车齿轮润滑剂·····	270
16.8 变矩器和自动变速器油·····	273
16.9 多用拖拉机油·····	277
第 17 章 压缩机 ·····	280
17.1 往复式空气压缩机和气体压缩机·····	281
17.2 旋转式压缩机·····	291
17.3 动力压缩机·····	297

17.4 制冷和空调压缩机	300
第 18 章 转运、存储和分配	305
18.1 转运	306
18.2 存储	311
18.3 分配	320
第 19 章 厂内管理和净化	328
19.1 概述	328
19.2 产品选择	329
19.3 使用中的管理	331
19.4 工作过程中的净化	335
19.5 净化方法	338
19.6 润滑油的再生和再炼制	342
19.7 废油收集及其程序	343
19.8 最终处理	345
主要参考文献	346

第1章 引言

石油是天然形成的复杂的烃类混合物，含少量的氮、氧及硫等化合物。它可以是气态（天然气）、液态（原油）、半固态或固态（重烃、沥青和地蜡）。目前普遍认为，石油是在高温和高压作用下，历经长期的地质年代，由有机物残骸分解而形成的。

1.1 石油近代史

尽管石油是在地下岩石中形成的，但有时会通过岩石裂缝渗露到地表，或因为岩石腐蚀而暴露出来。因为油苗性质粘稠，很容易被发现，所以古人对石油就已经有所了解。有时候，在石油中也能发现史前时期的动物残骸，但至今还没有发现人的骨头在其中。那时，人们明显地对从地表渗露出的这种物质的危险性已有所认识，因而有意识地躲避它。

实际上，利用石油最早的国家可能是中国和埃及。古埃及人相信，如果尸体得到保存，灵魂就会永存，所以用石油对尸体进行防腐处理。他们所用的石油可能是从希腊进口的。

大约在公元前450年，希腊著名历史学家 Herodotus 对希腊的一处矿油井曾有过如下一段描述：

它能出产三种物质：沥青、盐和油。这些材料是用杠杆原理被采抽上来的。将半个装酒用的皮囊装在杠杆的一端。采抽时，操纵杠杆使皮囊浸下去，然后再使其升起。将采集上来的东西倒进池子。沥青和盐会立即变成固体，而油仍为液体，因而可以将其导入其他容器，收集起来。其颜色为黑色而且能散发出强烈的气味。

在清朝中期以前的中国，石油主要用于照明、润滑、防腐、制墨、配制药物及制造“火球”用于战争中的火攻。《汉书》记载距今2000多年前，西北地区就有人知道“洧火可燃”，并把它们收集起来，盛入容器，用以点灯照明。《水经注》、《酉阳杂俎》等古籍中记载的“膏车”、“膏物”，就是把石油作为润滑剂的突出例证。把石油作为防腐剂，主要是将其涂于皮革制品上，用以防腐，也可用在建筑材料上进行防腐。沈括将石油燃烧后产生的“石烟”集中起来，制成了著名的“延川石液”墨。约成书于7世纪的《北史》记载：我国新疆库车地区的石油状如饴饬，甚臭，服之发齿已落者能令更生。病人服之皆愈。据《诸葛武侯秘史》记载，早在三国时期，军队在使用火攻时，大多用“引火球”、“蒺藜火球”等武器。而制造这些“火球”的主要原料为沥青。南宋的周密在其《志雅堂杂抄》中，曾记述了当时人们用沥青补缸的过程，并称赞沥青补缸永不渗漏，胜于油灰多矣。

“石油”一词开始出现于我国历史文献中始于北宋初年。北宋以前的历史文献中，对

它不同时期有不同的名称。秦汉时，称为“可燃水”；三国两晋时，称为“石漆”；南北朝时，称为“水肥”；隋唐时，称为“石脂水”、“黑香油”或“石漆”。北宋文人李昉（925—996 年）等 981 年编撰成书的《太平广记》，是迄今为止发现的最早记载“石油”这一名词的历史文献。该书称：石油井在延长县北九十里，井出石油。

罗马历史学家 Pliny 和希腊植物学家 Dioscorides Pedanius 都曾经提到西西里岛的“西西里油”。该油早在公元初期就被用于照明。

直到近代，大量积累的证据表明，石油几乎在世界各地早已为人所知。

威尼斯旅行家和商人 Marco Polo 曾在 13 世纪到访过里海的陆地。他写到：

北部位于 Zorzania 边界的地方有一油泉能排出大量原油。人们用很多骆驼将这些原油运到其他地方，不是用它作食物，而是把它做成软膏，用于治疗人和牲畜的皮肤及其他疾病；它也能很好地燃烧，所以在邻国，也被用作灯油。人们宁愿去很远的地方运输。

1.2 中国及北美的石油

中国最早发现石油的文字记载，始于东汉历史学家班固（公元 32—92 年）所著的《汉书》中。该书的《地理志》记载着我国延安延河的一条支流（当时称洧水）中有可以燃烧的水。

秦汉以来，陕北延长、甘肃玉门、新疆库车等地的人就知道采集石油，并把它用于照明、润滑车辆和军事上。但当时人们所采集的石油只是随泉水流到地面或水面上的石油。北宋时期，可能是世界上最早的采油井在陕北出现了。《太平广记》中有记载：“石油井在延长县北九十里。”

比较系统、详细地记述我国从北宋中期到明清时期的顿钻钻井工艺技术发展过程及成就的三部主要文献是：明朝进士曹学佺著的《蜀中广记》、明朝科学家宋应星著的《天工开物》、清朝光绪年间四川总督丁宝桢等人编写的《四川盐法志》。

1864 年，粤籍人邱苟在台湾苗栗县出磺坑挖掘了一口约 3m 深的油井，每日可得石油几十斤。

1877 年，福建巡抚丁日昌从美国购买了一部钻机，并聘请了两名美国技师，在苗栗出磺坑钻井，钻到 20m 时，石油“滚滚而出”，每日可产油 1.5 吨。这口油井是中国第一口用近代机器钻成的油井。

1907 年，陕西延长石油官厂成立。同年，聘请日本技师阿部正治郎、佐藤弥市郎等人来陕北延长，又从日本购来蒸汽动力钻机一部，在延长县西门外勘定井位后，6 月即开始钻井。9 月，当钻至井深 81m 处即完井，这口井就是“延 1 井”（见图 1.1）。“延 1 井”是中国大陆第一口近代油井。“延 1 井”初日产油 1 吨左右，到 1934 年枯竭停产，共计产油 155 吨。

在北美大陆，土著人对石油的渗漏早已有所了解，但首次记载该物质的是一位名叫 Joseph de la Roche D'Allion 的修士。他于 1629 年从加拿大横渡 Niagara 河，访问了纽约。在那里，印第安人收集石油当作药用或作为身体装饰颜料的粘结剂用。

1721 年，法国历史学家和传教士 Charlevoix 到了密西西比河的入海口。他在记录中援

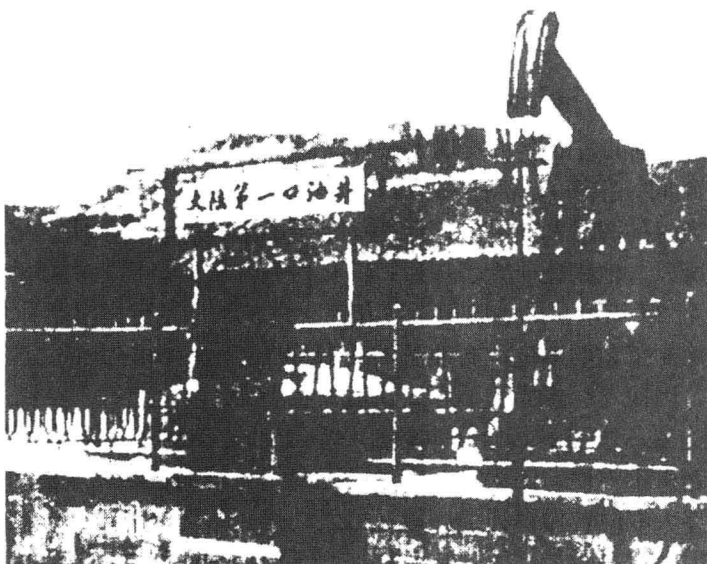


图 1.1 中国大陆第一口近代油井——延 1 井

引了当地一位船长的话：“在 Ohio 河的一个支流的源头（美国东部）有一泉。其水状如油，味似铁，对所有疼痛都有治疗作用。”

《Massachusetts》在 1789 年 7 月第 1 卷中载有一篇题为《美国的自然奇迹》的文章，文中写道：

在宾夕法尼亚的北部，有一称为油溪的小河流入 Allegheny 河。它发源于一泉，其上漂有类似于焦油的油。有部队把守着该泉的西侧，并收集部分油供士兵洗浴身体关节，从而极大地缓解了困扰他们的关节炎病痛。此外，该水还被当做一种温和的泻药。

尽管人们早已知道可以用蒸馏的方法从沥青岩中得到有用的油和各种有机物质，但直到 19 世纪，蒸馏工艺才被广泛用于获得更多有用物质，如防水用的焦油、照明用的汽油，各种化学品、药品和润滑油。

1833 年 Benjamin Silliman 博士给美国科学杂志（American Journal of Science）写了一篇文章，其中有下面两段文字：

在东部一些州，有人出卖称为 Seneca 油的石油，颜色介于焦油与蜜糖之间，为深褐色，其粘稠度随温度变化不大；它的气味很浓且广为人知。我曾多次用玻璃蒸馏罐对其蒸馏。在收集器中收集的石脑油为淡黄色，比石油轻很多，气味较浓且易燃。初次分馏时，收集器中石脑油的底部通常会有少量水。二次分馏物用于保存钾和钠十分理想，这也是我蒸馏它的目的。我已用它将这些金属保存了数年。最终它们会从石脑油或通过石脑油得到氧，使其外部慢慢变回到强碱状态——如果瓶塞不紧，可能会更快一些。

蒸馏剩下的石油很粘稠，像柏油。如果蒸馏过程进行得太久，残留物就只能在蒸馏器内缓慢地流动。冷天，它会变成软的固体，很像沥青柏油胶或矿物沥青。

1.3 润滑剂的发展与展望

早在公元 1400 年前，用钙和脂肪所做的润滑脂就被用于润滑战车车轮。人们从 Yuua 和 Thuiu 的古墓所发掘的古战车中发现了这种润滑脂的痕迹。

1850—1875 年间，很多人曾对当时的石油蒸馏产品进行了试验，企图发现除照明以外的其他用途。当时的润滑剂主要是用橄榄、菜子、鲸鱼、动物油脂、猪油和其他不易挥发的油加工的。所以，他们还研究了用所得的一些粘性材料替代植物和动物润滑剂。

19 世纪的最后 25 年里，人们曾用石油和钾、钙及钠皂制造润滑脂并少量投放市场。

随着蒸馏和炼制工艺的改进，石油基油逐渐替代了动植物脂肪油。这些矿物油的制造过程可精确控制，因而不会像脂肪油那么快就发生衰变。

20 世纪晚期，在一些特殊场合还继续使用脂肪油。动物脂作为蒸汽机气缸油相当有效，但有时使用起来不方便，因为在其中经常看到蛆，特别在热天。猪油曾用于金属切割过程。第一次世界大战时曾用海狸油润滑飞机发动机。甚至今天，有时候仍用某些脂肪油与矿物油结合。但在大多数情况下，化学添加剂已经代替了脂肪油。

随着机械设备复杂程度的提高及使用气候条件的严酷性增加，如在寒冷气候条件下工作的天然气和原油生产设备、采矿设备、高空喷气飞机和太空项目设备，润滑剂的研究和开发也在不断深入。例如，开发工作于极端温度和工作条件下的合成润滑剂和环境友好型润滑剂。

设备技术在 21 世纪将继续发展。设备生产能力的提高必然导致更高的运行速度、工作温度和系统载荷。这些都对润滑剂提出了更高的要求。这些要求与设备的零维修或少维修趋势、不断增加的环境意识和法规观念及对安全问题的关注等一起对润滑剂技术和相关研究及开发活动提出了新的挑战。

第2章 炼制工艺与润滑油基础油

对石油或原油炼制是为了生产生活和工业用的必需品。这些产品包括燃气、汽油、煤油、溶剂、燃油、柴油、润滑产品和工业专用品（蜡、化学品、沥青及焦炭）。通常，原油的炼制分两个阶段：轻产品的炼制和润滑油及蜡的炼制。轻产品指除了润滑剂、专用产品、蜡、沥青、焦炭等之外的所有物质，其炼制是在大气压或稍高于大气压下完成的。尽管所讨论的产品并非都重量轻或颜色浅（如重燃料、沥青、润滑油），但因为它们都是用相同或类似的设备生产的，所以仍用划分轻产品生产的方法对其生产进行划分。

因为轻产品炼制残留物在约 370℃ 时有分解的倾向，所以，润滑油和蜡的炼制是在真空和低于它们的分解点温度的条件下进行的。

基本炼制工艺有两种，即分离和转化。分离是通过蒸馏、溶剂抽提和溶剂脱蜡等获得某些所需要的成分；转化主要指将某些不需要的原油成分的化学结构变成所需要的成分，但也包括在一定程度上去除不需要成分。本章在简要讨论原油处理和轻产品、减压瓦斯油及渣油等的初级分馏之后，将着重讨论各种炼制工艺。

2.1 原油

2.1.1 形成和来源

今天在油井中流动的石油是几百万年以前形成的。人们相信，它是由与泥沙一起沉积在古海底部的微小的水生动物和植物残骸形成的。由于层层叠压，这些残骸经受了高温、高压作用和化学转化，从而形成了烃和原油中的其他成分。很多时候，这种流动并聚集在多孔岩层中的石油上面压盖着不透性岩，从而阻止了原油的再流动。通常在油藏底下还会有一层浓盐水层。

2.1.2 生产

原油最初是以油苗形式被发现的。原油常常在巨大的压力作用下伴随着大量气体从地面逸出。目前的做法是将油和气分开，并对气体作处理，以从中除去高挥发性的附加液体而形成所谓的“天然汽油”，作为车用汽油的添加成分。“干”的气会被作为燃料销售或压回地层，以维持油藏压力和增加原油产量。很多年前，这种气体被大量白白地烧掉了。

2.1.3 类型和成分

原油有许多不同种类，从含大量汽油的浅色油到接近固态沥青的黑色油。原油是包含

很多种烃或氢和碳的化合物的复杂混合物。这些烃包括从最简单的甲烷（它只有一个碳原子而且是天然气的主要成分），一直到含 50 个或更多碳原子的化合物（如图 2.1 所示）。这些化合物的沸点随碳原子数的增加而升高。

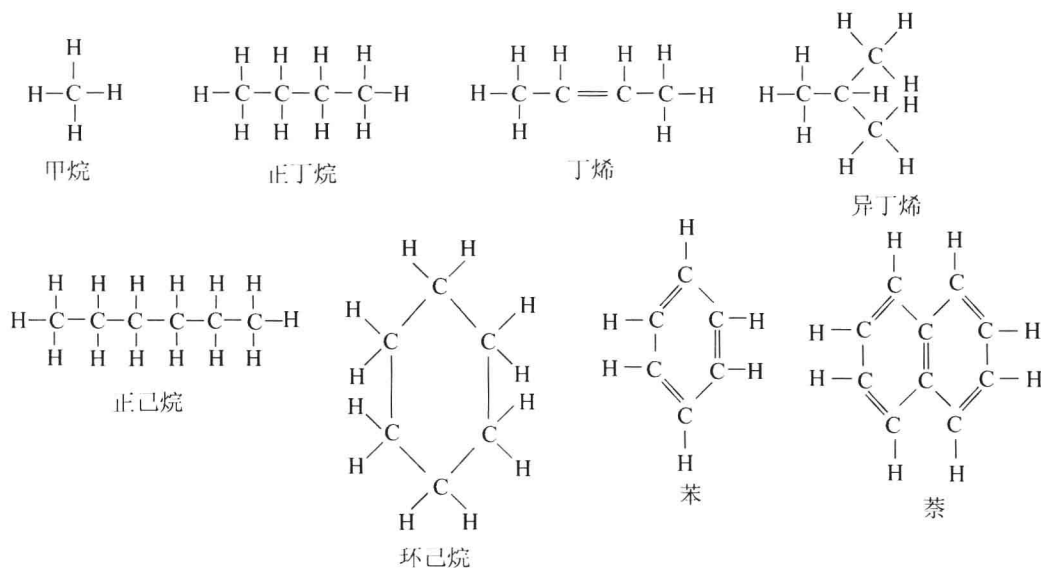


图 2.1 典型的烃分子结构

各种原油馏分的典型沸点：

有 1～3 个碳原子的轻天然气烃，其沸点远低于 -18°C 。

汽油成分： $27 \sim 204^{\circ}\text{C}$ 。

柴油及家庭供暖油： $204 \sim 343^{\circ}\text{C}$ 。

润滑油和重燃油：沸点更高。

沥青材料因受热时会分解，所以不能被汽化，其分子会“断裂”而形成气体、汽油和轻质燃料，或组合在一起而形成更重一些的分子。后者称为“焦炭”，是碳质残留物，后面有讨论。它既可以是炼制过程的产品，也可能被当做有害物对待。

原油还含有不等量的硫、氮、氧及各种金属，如镍和钒的化合物和一些夹带的含水溶解盐。所有这些材料在炼制过程和炼制产品的使用中都不会引起麻烦。虽然在炼制过程中减少或去除它们的成本很大，但为了满足有关气候条件 and 环境法规，必须去除或大大减少这些物质。例如，已经有了限制燃油中硫含量的法律规定。

碳原子很像一个有四个孔的组装式玩具的构件，而且变化形式更多。参见图 2.1，含两个及两个以上碳原子的分子会有许多不同结构，而每一结构都有截然不同的特征。碳原子呈直线状排列的化合物（即正构烷烃），如果沸程在汽油沸程范围内时，其辛烷值会很低，不适合做汽油，但可制成很好的柴油；沸程在润滑油沸程范围内时，它们为蜡。氢含量较低的支链或环化合物，如苯，可能会造成柴油发动机爆震，但在汽油机中却可用作抗爆震添加剂。

2.2 炼制

2.2.1 原油蒸馏

原油有时会直接用作发电厂和某些内燃机的燃料。但在大多数情况下，会将它先分离或转化成不同的馏分，再进行进一步处理以更好地满足不同的需求。很多时候，第一步是先从原油中去除某些以结晶或溶解在夹带的水中的无机盐。这些盐在原油加工过程中能分解并形成酸，从而严重腐蚀炼制设备、阻塞热变换器或其他设备、抑制后续工艺中所使用的催化剂。因此，需要将原油与水混合，以溶解其中的盐，最后通过沉淀的方法去除卤水。

脱盐后，原油被泵入管式炼制炉（图 2.2）加热和部分汽化。炼制炉一般由相互连接起来的管子组成，用燃气或燃油燃烧器从外部加热。从炉子出来的热液体和蒸气进入分馏塔。分馏塔的工作压力稍高于大气压。因为从底部到顶部存在温度梯度，分馏塔能按照沸程将各类烃分开。蒸气上行时温度是逐渐降低的，所以沸点

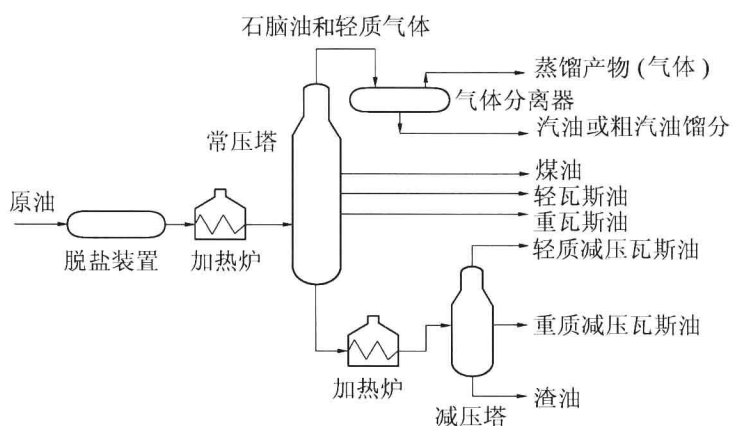


图 2.2 原油炼制单元

高的组分就先冷凝，而沸点较低的组分后冷凝。在不同高度处设置有塔盘，收集各高度处冷凝的液体。需进行进一步处理的石脑油或粗汽油和轻质烃从塔顶流出后，冷却成液体。煤油、柴油、家用取暖油和重油（也叫瓦斯油或粗柴油）逐次从较低和较热的高度处作为侧线馏分（也称支流）被抽走。

黑而重的常压重油从塔底被抽走。有时将炉子和常压塔一起称作“管式加热炉”。

因为在 371℃，常压重油有分解的趋向，所以较重（沸点较高）的油，如润滑油，就必须在独立的减压分馏塔中被蒸出。大幅降低塔内压力，将显著减少目标烃成分的沸点。减压塔底积物（也称底积、底质），可当沥青用，或对其作进一步处理以制造其他产品。

对原油蒸馏而分离出的馏分有时也称为“直馏分”产品。蒸馏过程没有改变各种烃组分的特征。所以，如果将所有馏分重新混合在一起，得到的还是原油。

2.2.2 润滑油

“润滑油”一词通常指所有的液体润滑材料。润滑油由基础油和增强某些特性的添加剂组成。就体积而言，世界上的大多数润滑油基础油是通过炼制直接从原油得到的馏分或

残余馏分。本节主要涉及的是“矿物性”油。鉴于合成润滑剂，包括油和脂，日益变得重要，将在第5章单独对其予以讨论。

润滑油基础油是用原油中较粘的部分，即馏去瓦斯油和较轻馏分后剩余的部分生产的。它们可以用世界各地产的原油生产。尽管世界各地的原油在特性和外观上有很大差异，但它们的元素分析结果却差别不大。例如，原油样品含碳量通常在83%~87%之间，含氧量在11%~14%之间，其余则由诸如氧、氮、硫和各种金属化合物组成。因此，通过元素分析法并没有发现用传统炼制技术从特殊原油中所生产的润滑油基础油的物理化学特性或本质特性有很大的差别。

润滑油基础油炼制问题的复杂性可以从一个含一定数量的碳原子的烃分子的结构变化中看出。例如，含25个碳原子的烷烃分子（正好属于一般润滑油的化合物）就有52个氢原子，这个化合物的分子有大约 37×10^6 个不同排列形式，若将环烷和芳香烃（图2.1）也考虑进去，其可能的分子排列数会更多；若再将杂原子（如硫、氮、氧）考虑进去，可能的变化还会增加。这就是为什么用不同油源的原油所生产的基础油的物理性能和质量有所差别的主要原因。

随着人们对基础油和润滑油质量要求的不断提高，迫使润滑剂炼制者采用先进手段对原油成分做预测并使其与炼制工艺达到最佳匹配，以生产出最好的成品。传统上，确定某种原油作为制造基础油的原料时要经过很长的摸索过程，包括一系列昂贵的炼制试验、大范围的产品测试和长达一年的评价期。即使最终获得批准，也只是局限于已进行试验的具体运行条件。一些大的石油公司，如Exxon Mobil已经用基于原油烃特性和成分的建模系统代替了这种方法。借助于该方法能选择原油并使之与工艺参数匹配，从而以最低成本生产出最好的产品。采用成分建模方法，可针对某一具体的润滑剂炼制，对任意一种原油的可行性和经济性进行评价，并预测炼制的产量和成品的性能。该方法综合了生产的各个方面，并通过对原油、残余物、馏分、抽全液和脱蜡油料做详尽的成分分析，将它们与共性（即成分）联系在了一起。

为了减少变化并使产品性能稳定，炼制者在用各种不同原油生产基础油时一般遵守以下四个步骤：

- (1) 对原油的烃特性和成分建模；
- (2) 按照所含的主要烃类型对原油选择和分离；
- (3) 通过蒸馏将原油按沸点分成不同的馏分；
- (4) 从各馏分中去除不需要的组分或将其转化为更合乎需要的材料。

2.2.3 原油选择

认识不同原油间所存在的巨大差异的方法之一是考察一些用不同类型原油制得的产品。原油可以是“石蜡烃”（也称烷烃）型、“中间”型、“混合”型或“环烷烃”型。不同类型的原油，沥青的含量不同。

表2.1给出了两种粘度和主要物理特性相似的润滑剂的基础油。其中第一种基础油由“环烷烃”原油制得。这种原油基本上不含蜡，比较罕见，而且，倾点非常低，达到-46℃。这是因为该原油独特的化合物成分，而不是采用了什么处理工艺。相反，表中第

二种基础油要经脱蜡将其倾点从约 27℃ 降到 -18℃。这两种基础油的另外一个重要差别是粘度指数不同。虽然两种油的 38℃ 粘度相似，但环烷烃油的粘度随温度的变化比烷烃油要大得多。这一点通过环烷油较低的粘度指数得以反映。对于工作温度变化范围很宽的产品，例如汽车发动机油，环烷烃油就不太合适。一般，环烷烃基础油用在工作温度变化范围有限而且需要环烷烃原油的独特成分（使倾点很低）的产品中。认识到不同原油间存在的巨大差异后，在选择原油时必须考虑的主要因素有：供应、炼制、成品质量和市场。

表 2.1 润滑油基础油

参数	原油类型	
	环烷烃	烷烃
38℃ 时的运动粘度/ ($\text{mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$)	20.53	20.53
倾点/℃	-45.5	-18
粘度指数	15	100
闪点/℃	171	199
API 重度	24.4	32.7
色度 (ASTM)	1.5	0.5

1. 供应

原油选择中的供应因素是指可能得到的量、运输周转过程中成分的稳定性和将所选原油与其他原油分离的成本和难易程度。

用传统炼制工艺生产 1 桶润滑油平均约需 10 桶原油。所以，要处理的原油量相对很大。因为通过调节工艺弥补原油成分变化的能力还相当有限，所以成分易变的原油在炼制中会产生很多问题。此外，许多时候用同一条输油管道输送不同的原油，而只有部分原油适合于用传统方法生产润滑油基础油，所以，原油分离就必不可少。如果分离成本太高，该原油就不适合用作制造润滑油。使用本章后面所讨论的其他炼制方法能将原油中不良成分转化成合乎需要的成分，从而使原油的选择能更灵活些。

2. 炼制

为生产润滑油基础油而选择原油时所考虑的主要炼制因素包括：馏分与渣油（也称残渣油）之比；生产所需基础油的工艺；所得基础油的最终产量。制造润滑油的原油必须含足够数量有预定沸程的材料。例如，很轻的原油（如凝析油）就不能作为生产润滑剂用原油，因为它们只含少量润滑油基础油所需要的高沸程材料。某种原油所含润滑油沸程材料的量满足要求，还要检查它对所用炼制工艺的响应。如果所需的炼制条件十分苛刻或产量很低，也会被淘汰。

3. 产品质量

产品质量是指从原油炼制而得的所有产品的质量而不单指润滑油基础油。这些产品质量包括基础油质量、它对目前所用的添加剂的响应、从原油中抽提的轻产品和副产品的质量。