

中等专业学校教学用书

炼油工艺学

张锡鹏 主编



编 者 的 话

本书是根据石油工业部石油中等专业学校石油炼制专业的代表在安庆市制订的“炼油工艺学教材编写大纲”而编写的。

全书共分为五篇。第一篇，石油及其产品的性质；第二篇，原油的评价和初馏工艺；第三篇，燃料油生产；第四篇，润滑油生产；第五篇，油品精制与调合。本书从石油的性质和对石油产品的要求出发，阐述石油的各种加工方法的原理、生产过程及典型设备、基本工艺计算方法以及某些科学实验与生产经验的总结。适于石油炼制专业教学之用。

本书的份量是按 200 学时编写的，在使用时，教学内容可依据教学的实际情况酌情增减。

参加本书编写工作的有：辽宁石油化工学校的张洪福、兰炼石油学校的李伯仁、广东石油学校的吴敬苏、朱耘青、张锡鹏等同志。并由主编张锡鹏同志对全书作了修改和整理。

广东石油学校的李学东同志为本书绘制插图。

全书经石油工业部教材编译室张怀祖教授审阅。

限于编者的水平，本书在编写中会有不少缺点和错误，欢迎读者批评指正。

一九七九年十二月

目 录

结 论	(1)
第一篇 石油及其产品的性质	(6)
第一章 石油及其产品的组成和性质	(6)
第一节 石油的一般性状及其化学组成	(6)
一、石油的一般性状	(6)
二、石油的元素组成	(6)
三、石油的族组成	(7)
第二节 石油及其产品的物理性质	(12)
一、蒸汽压	(12)
二、临界性质	(15)
三、馏分组成与平均沸点	(21)
四、比重	(25)
五、特性因数	(35)
六、平均分子量	(37)
七、粘度和粘温特性	(40)
八、低温流动性	(56)
九、燃烧性能	(56)
十、热性质	(60)
十一、电性质	(66)
十二、光性质	(66)
第二章 石油产品的分类及燃料油品的使用要求	(69)
第一节 石油产品的分类	(69)
一、燃料油	(69)
二、润滑油	(69)
三、润滑油脂	(70)
四、蜡、沥青、焦	(70)
五、石油化工产品	(70)
第二节 燃料油的使用要求	(70)
一、汽油	(73)
二、柴油	(78)
三、喷气燃料	(83)
四、灯用煤油	(88)
五、燃料油	(90)
六、石油沥青	(90)
第二节 原油的评价和初馏工艺	(93)
第三章 原油的分类和评价	(93)
第一节 原油的分类	(93)
一、工业分类	(93)

二、化学分类	(94)
第二节 原油评价	(95)
一、原油的一般性质分析	(95)
二、原油直馏产品的切割与分析	(95)
三、原油的性质曲线与产率曲线	(98)
四、原油的直馏产品的切割方案确定	(100)
第三节 我国几种主要原油性质及加工方向	(101)
第四章 原油的预处理和初馏工艺	(103)
第一节 原油的预处理	(103)
一、原油含水含盐的危害性	(103)
二、脱水脱盐原理	(103)
三、电脱水、脱盐工艺流程及设备	(105)
四、影响原油电脱水、脱盐的因素	(106)
第二节 原油蒸馏与精馏原理	(108)
一、相平衡、泡点和露点	(108)
二、几种蒸馏方法	(109)
三、精馏原理与回流的作用	(110)
四、水蒸汽蒸馏与减压蒸馏原理	(113)
五、蒸馏塔内蒸汽分布规律	(114)
第三节 常减压蒸馏的生产过程	(115)
一、三段汽化蒸馏的工艺流程	(115)
二、三段汽化蒸馏的主要操作条件	(116)
三、三段汽化蒸馏工艺流程的讨论	(117)
四、常减压蒸馏操作	(126)
第四节 蒸馏塔工艺条件的计算	(134)
一、平衡蒸发、恩氏蒸馏、实沸点蒸馏曲线的比较与换算	(134)
二、蒸馏塔物料平衡	(145)
三、蒸馏塔的全塔热平衡及回流取热分配计算	(148)
四、蒸馏塔操作指标的确定	(150)
五、常压蒸馏塔操作指标确定计算实例	(155)
第三篇 燃料油生产	(163)
第五章 热裂化和焦化	(163)
第一节 热裂化和焦化的化学反应	(164)
一、单体烃的热化学反应	(164)
二、石油馏分的热化学反应	(167)
第二节 热裂化	(168)
一、单炉热裂化与双炉热裂化的工艺过程	(168)
二、减粘裂化	(169)
三、渣油过热蒸汽热裂化	(170)
第三节 延迟焦化	(171)
一、延迟焦化的原料和产品	(171)
二、延迟焦化的工艺过程	(174)
三、延迟焦化的特殊设备	(175)
第六章 催化裂化	(180)

第一节 催化裂化在炼油生产中的作用及其发展概况	(180)
一、催化裂化在炼油工业生产中的作用	(180)
二、催化裂化生产发展概况	(180)
第二节 流化催化裂化生产过程	(182)
一、密相床流化催化裂化	(183)
二、提升管流化催化裂化	(187)
三、国外分子筛提升管催化裂化介绍	(192)
第三节 催化裂化的物理化学原理	(196)
一、各种单体烃的化学反应	(196)
二、石油馏分的催化裂化	(199)
三、催化裂化的反应时间和转化率的意义和表示方法	(200)
四、催化裂化的反应热	(203)
第四节 催化裂化催化剂	(203)
一、硅酸铝催化剂的催化裂化反应机理	(203)
二、无定型硅酸铝催化剂	(206)
三、分子筛硅酸铝催化剂	(208)
四、催化剂的物理性质	(213)
五、催化剂的使用性质	(215)
第五节 固体流态化基本原理	(218)
一、流化床的形成和基本性质	(218)
二、临界流化速度和带出速度的计算	(220)
三、流态化的类型和聚式流化的气泡现象	(224)
四、不正常流化状态和改善流化质量的途径	(225)
五、流化床催化裂化反应器和再生器的直径和高度	(226)
六、分布板的作用和计算	(228)
第六节 催化剂的流化输送和旋风分离	(230)
一、催化剂的流化输送	(230)
二、旋风分离器	(238)
第七节 反应再生系统的操作因素的分析与调节	(245)
一、影响反应转化深度的主要因素	(246)
二、再生和影响再生操作的主要因素	(251)
三、各操作因素的综合作用	(253)
四、操作调节原则	(254)
第八节 反应器再生器计算	(257)
一、再生器燃烧计算决定再生空气量和再生烟气量	(257)
二、再生器热平衡计算催化剂循环量	(260)
三、关于反应器的热平衡计算说明	(262)
四、提升管反应器直径和高度的确定	(263)
第九节 分馏及稳定系统流程	(266)
一、分馏系统的流程及其特点	(266)
二、吸收稳定系统的任务与流程	(270)
三、吸收(解吸)过程原理和操作条件选择	(272)
第七章 加氢裂化	(276)
第一节 加氢裂化反应	(277)

一、烃类和非烃类的加氢裂化反应	(277)
二、烃类加氢裂化反应机理	(279)
第二节 加氢裂化催化剂	(282)
一、加氢裂化催化剂的组成和类别	(283)
二、加氢裂化催化剂的使用性质	(285)
三、加氢裂化催化剂的硫化	(287)
四、加氢裂化催化剂的再生	(288)
第三节 加氢裂化工艺流程	(289)
一、一段加氢裂化工艺流程	(289)
二、二段加氢裂化工艺流程	(291)
三、串联加氢裂化工艺流程	(293)
第四节 影响加氢裂化过程的因素	(295)
一、反应压力	(295)
二、反应温度	(297)
三、空速	(298)
四、氢油比	(299)
第五节 加氢裂化反应器	(300)
一、加氢裂化反应器的结构型式	(300)
二、加氢裂化反应器的内部结构	(302)
三、氢腐蚀和硫化氢腐蚀	(304)
第八章 催化重整	(306)
第一节 催化重整工艺概述	(306)
一、催化重整工艺的发展概况	(306)
二、催化重整装置组成	(308)
第二节 催化重整的化学反应	(309)
一、芳构化反应	(309)
二、异构化反应	(313)
三、加氢裂化反应	(313)
第三节 催化重整的催化剂	(314)
一、铂催化剂的组成及特性	(314)
二、催化剂的物理性质和使用性质	(316)
三、重整催化剂的中毒和氯水平衡	(317)
四、铂铈催化剂和多金属催化剂	(319)
第四节 催化重整原料油及其预处理	(319)
一、催化重整原料油	(319)
二、原料油预处理	(322)
第五节 重整工艺流程及操作因素分析	(328)
一、铂重整工艺流程和主要工艺条件	(328)
二、双金属和多金属重整及其它重整工艺	(330)
三、重整反应过程的主要操作因素	(332)
四、重整催化剂再生过程的主要操作因素	(336)
第六节 重整反应器	(338)
一、重整反应器	(338)
二、固定床重整反应器压力降和尺寸的计算	(340)

三、重整反应需理论降温的计算	(313)
第七节 芳香烃抽提	(315)
一、芳香烃抽提原理	(315)
二、溶剂的种类与性质	(318)
三、芳香烃抽提工艺流程	(351)
四、影响抽提过程的主要因素	(352)
五、芳香烃抽提的工艺计算	(356)
第八节 芳香烃精馏	(359)
一、芳香烃蒸馏工艺流程	(359)
二、芳香烃精馏塔的温差控制	(361)
第九章 烃化和异构化	(364)
第一节 烷基化	(364)
一、烷基化的化学原理	(364)
二、烷基化的工艺过程及设备	(365)
第二节 苯烃化	(368)
一、苯烃化的原料和产品	(368)
二、苯烃化的工艺过程	(369)
第三节 烷烃异构化的化学原理	(370)
第四篇 润滑油生产	(372)
第十章 润滑油概述	(372)
第一节 摩擦与润滑原理	(372)
一、摩擦与摩擦的种类	(372)
二、润滑油的作用	(375)
第二节 润滑油的分类和使用要求	(376)
一、发动机润滑油	(376)
二、机械油	(381)
三、电器用油	(382)
四、专用油	(384)
第三节 润滑油的使用性质与化学组成的关系	(388)
一、润滑油馏分化学组成的表示方法	(388)
二、润滑油的化学组成与使用性能的关系	(390)
第四节 润滑油的生产程序	(402)
第十一章 润滑油的溶剂精制	(404)
第一节 溶剂精制原理	(404)
第二节 润滑油精制常用溶剂及其性质	(406)
一、对溶剂的要求	(406)
二、常用溶剂及其性质	(407)
第三节 溶剂精制过程的影响因素	(409)
一、抽提温度	(409)
二、抽提方式	(411)
三、溶剂比	(412)
四、提取物循环	(413)
五、界面	(413)
六、原料油中的沥青质含量	(413)

七、转盘转速与塔内液体的流速	414
第四节 溶剂精制的工艺原理流程	414
一、溶剂精制的工艺原理流程	414
二、从提取液和提余液中回收溶剂	414
三、从含水溶剂中回收溶剂	416
第五节 溶剂精制的工艺流程	417
一、糠醛精制的工艺流程	417
二、酚精制工艺流程	418
第六节 溶剂精制的抽提塔	420
一、转盘塔	420
二、填料塔	421
第十二章 润滑油的溶剂脱蜡和石蜡生产	422
第一节 概述	422
第二节 溶剂脱蜡原理	422
一、结晶过程	422
二、溶剂的作用	422
三、润滑油脱蜡溶剂及其性质	423
第三节 酮苯脱蜡的原理流程	425
第四节 酮苯脱蜡过程的影响因素	425
一、原料性质	425
二、溶剂比	426
三、溶剂的组成	427
四、溶剂加入方法和位置	428
五、溶液的冷却速度	430
六、热处理和过滤条件	431
七、溶剂的质量	431
八、助滤剂	432
第五节 酮苯脱蜡各系统工艺流程和设备	432
一、结晶系统	432
二、过滤系统	434
三、安全气系统	438
四、冷冻系统	439
五、回收系统	442
第六节 溶剂脱蜡的新技术——稀冷脱蜡	447
一、稀冷脱蜡-脱油工艺原理流程及工艺条件	447
二、稀冷塔的结构	448
第七节 石蜡生产	449
一、石蜡的用途	449
二、石蜡的质量要求	449
三、蜡的脱油过程	450
四、石蜡的精制	452
五、石蜡的成型	452
第十三章 润滑油的丙烷脱沥青	453
第一节 丙烷脱沥青的原理	453

第二节 影响丙烷脱沥青的因素	(453)
一、温度	(454)
二、溶剂比	(454)
三、丙烷纯度	(455)
四、原料性质	(456)
第三节 丙烷脱沥青的工艺流程	(456)
一、抽提部分	(456)
二、溶剂回收部分	(458)
第四节 丙烷脱沥青的主要设备	(459)
一、抽提塔与临界塔	(459)
二、二次抽提塔	(459)
三、升膜蒸发塔	(460)
四、蒸发器	(460)
第五节 沥青的生产	(461)
一、沥青的性质和用途	(461)
二、氧化沥青的工艺流程	(462)
第五篇 油品精制与调合	(463)
第十四章 电化学精制	(463)
第一节 电化学精制原理	(463)
一、酸精制原理	(463)
二、碱精制原理	(465)
三、水洗	(466)
四、电场的作用	(466)
五、影响电化学精制产品质量的因素	(467)
第二节 电化学精制工艺装置	(469)
一、电化学精制工艺原理流程	(469)
二、电精制器的结构	(470)
第十五章 汽油、煤油脱硫醇	(472)
第一节 抽提氧化法脱硫醇	(472)
一、抽提氧化法脱硫醇的基本原理	(472)
二、抽提氧化法脱硫醇的工艺流程	(473)
第二节 13 x-铜分子筛脱硫醇	(474)
一、13 x-铜分子筛脱硫醇的基本原理	(474)
二、13 x-铜分子筛脱硫醇的工艺流程	(475)
三、13 x-铜分子筛脱硫醇工艺条件	(476)
第十六章 油品的加氢精制	(478)
第一节 加氢精制的化学反应	(478)
一、脱硫反应	(478)
二、脱氮反应	(478)
三、脱氧反应	(479)
四、烯烃和芳香烃加氢饱和	(479)
五、加氢裂化反应	(480)
六、脱金属反应	(480)
第二节 加氢精制的原料气	(480)

第三节 加氢精制催化剂	(481)
一、加氢精制催化剂的主金属	(481)
二、加氢精制催化剂的助催化剂	(482)
三、加氢精制催化剂的载体	(482)
四、加氢精制催化剂的颗粒和形状	(484)
五、馏分油和渣油加氢精制催化剂	(485)
第四节 柴油加氢精制工艺	(486)
一、柴油加氢精制的工艺流程	(486)
二、关于柴油加氢精制的深度问题	(487)
第五节 润滑油加氢补充精制	(489)
一、加氢补充精制在润滑油加工流程中的位置	(489)
二、润滑油铁精制	(490)
第十七章 白土精制	(492)
第一节 白土精制原理	(492)
一、白土吸附精制原理	(492)
二、白土吸附剂的特性	(492)
第二节 润滑油白土补充精制的工艺流程	(493)
第三节 影响白土精制的因素	(494)
一、原料油的性质	(494)
二、白土用量	(494)
三、接触温度	(494)
四、接触时间	(495)
第四节 白土精制过滤设备	(495)
一、史氏过滤机	(495)
二、板框式过滤机	(496)
第十八章 油品添加剂与调合	(498)
第一节 燃料油添加剂与调合	(498)
一、汽油抗爆剂	(498)
二、抗氧化剂	(499)
三、金属钝化剂	(501)
四、抗静电剂	(501)
五、防冰剂	(502)
六、燃料油品的调合	(502)
第二节 润滑油添加剂与调合	(506)
一、粘度添加剂	(506)
二、降凝添加剂	(510)
三、抗氧抗腐蚀添加剂	(513)
四、清净分散添加剂	(516)
五、油性添加剂和极压油性添加剂	(522)
六、抗泡沫添加剂	(526)
七、防锈添加剂	(526)
八、润滑油的调合	(528)
结束语	(533)

绪 论

石油主要是由碳氢化合物组成的复杂混合物。

关于石油来源的说法，先后提出了许多假说，归纳起来有两大学派，即无机生成学派和有机生成学派。

无机生成学派认为：石油是由无机物变成的。其中著名的有碳化物学说，认为地球核部的重金属碳化物和从地表渗透下来的水作用可以产生烃类。

有机生成学派认为：石油是由有机物变成的。但对生油原始物质的看法不同，出现动物生成说、植物生成说及动植物混合生成说；因石油生成环境不同，又出现海相生油和陆相生油的争论。海相生油说认为，石油是在海洋环境下的沉积物中生成的；陆相生油说认为，石油是在陆地上的湖泊环境下沉积物中生成的。现在可以认为生成石油的原始物质既有动物，也有植物，而以低等微生物为主，生成油的环境既可以是海相，也可以是陆相。石油的生成过程大致是这样，陆地上的动、植物死亡后，随着泥沙被河流带到海盆地和湖盆地里，与原来水中的生物一起混同泥砂沉积在盆地底部，形成有机淤泥。由于地壳运动，有的地方上升，有的地方就相对下降，而沉积盆地一般是下降的。随着盆地的不断下降，泥砂就层层沉积下来。先沉积的有机淤泥就被层层泥沙覆盖起来，并和空气隔绝。在这种缺氧的还原环境下，有机淤泥中的有机物质随着沉积物的成岩过程，通过细菌、压力、温度、催化剂和放射元素等的作用，发生复杂的物理化学变化，逐渐变成了石油。

有机生成说能比较圆满地解释目前所发现油田的规律性，因而相信有机生成说的人占多数。

刚刚生成的石油呈分散状态混杂在泥砂之中，通过游移富集流至储油构造中，因为储油构造是有不渗透的岩层，把石油圈住，形成了有工业价值的油藏。

开采石油前，首先要找到储油构造，找储油构造有三种方法：一种是地面地质调查法，直接观察地表的地质现象，分析是否有含油的储油构造；第二种是地球物理勘探法，利用各种测量仪器测定地下岩石的各种物理性质，判断地下是否有含油的储油构造；第三种是钻探勘探法，从地面下钻穿岩层取出岩石，直接观察油层的含油情况，证实地下有无石油矿藏，是否有工业开采价值。这种找油的工作称为石油地质勘探。

要把石油从地底开采到地面上，要用钻井机械将地壳钻开一条地下通道，深达一、二千米以上，并在井内装设套管，并与井壁用水泥固定，经射孔后，石油就可从套管内流到地面上来，这种工作称为钻井。

油井建成后，即可进行开采。油层深埋地下，在油矿藏形成过程中，四周岩层都充满水，由于水的静压力使油层具有一定的压力，未开采前，油矿藏压力处于平衡状态，一旦开采，就打破了油层均衡的状态，油层流入井内，开采到地面上来。开采初期，油层压力大，油可自喷，随着采油过程的进行，油层压力下降，此时，要向油层注入高压水和气，保持油层压力，使油继续自喷，或者用深井泵将油抽上地面，这种工作称为采油。

开采出来的石油在矿场上脱水脱盐后，经铁路、水路、输油管路送至炼油厂中进行加工。炼油厂生产出的产品又通过各种交通工具送给用户，这种工作称为石油及其产品的贮运。

石油在炼油厂中，经过各种加工，生产出大量的汽油、灯油、喷气燃料、柴油、润滑油、石蜡、沥青等产品及化工原料，这种工作称为石油炼制。

一、石油在国民经济和国防建设上的重要性

石油是发展国民经济和国防建设的重要物资，产品种类繁多，用途极广。

(一) 石油是当代主要的动力资源

自十九世纪内燃机出现后，从石油中制取的汽油、煤油、柴油就成为汽车、飞机、拖拉机、内燃机车、船舶等不可缺少的燃料，其用量之大，是相当可观的。

现代化国防主要以石油产品作为其动力来源，不仅坦克、装甲车、喷气式飞机、舰艇多以石油产品作燃料，而且近代火箭燃料很大部分也要从石油中获得。从某种意义上来说，没有强大的石油工业，就没有现代化的国防。

作为燃料，同等重量的石油较煤炭的发热量高，燃烧完全，使用方便，易于输送。

近年来，在一些发达国家的能源消费构成中，石油和天然气的比例在不断增加。所谓能源消费构成，是指一个国家在一年之内消耗能源总量中，石油、天然气、煤、水电、原子能等所占的百分比。据统计，1950年前，世界能源消费构成以煤为主，1950年后，煤占的比例逐年下降。1970年，世界能源消耗量约合60亿吨标准燃料（标准燃料是指发热量为每公斤7000千卡的煤），其中石油和天然气消耗占65.6%。今后，这种趋势还将不断上升。

(二) 石油是优质的润滑材料

十九世纪八十年代以来，石油就成为制取润滑油的主要原料。目前，全世界每年生产的石油大约有2%用作润滑油。

各种机械设备都需要用润滑材料来防止机械磨损和节省动力的消耗。随着生产技术的发展，现代化的许多机械设备需要提高功率、增加速度、缩小可动部件的间隙、增大负荷和在高温甚至极低温、低压条件下进行工作，因此，对润滑材料的性能和质量要求也日益提高。除了少数特殊的润滑材料外，量大、面广的各种润滑油、脂，都是从石油中制取的。从石油中制取的润滑油比较经济，所得的润滑油性能较好，品种较多，能满足多种机械润滑的需要。

(三) 石油是化学工业的重要原料

以石油为原料生产化工产品，并非起源于近代，但在第二次世界大战以后，石油化学工业发展非常迅速。

以石油为原料可以制得三烯（乙烯、丙烯、丁二烯）、三苯（苯、甲苯、二甲苯）、一炔（乙炔）、一萘及其他基础有机原料，进而制得醛、酮、酸、酯、酐等基本有机产品或原料，再进而制得合成纤维、合成塑料、合成橡胶、合成洗涤剂、涂料、炸药、农药、医药、染料、化学肥料等重要的各种各样的化工产品。

石油化工产品品种很多，数以千计，对工农业生产、国防建设、交通运输、日常生活都有很大的关系。

目前，全世界每年生产的石油虽然仅有5%左右用于化学工业，但石油化工的总产值却占化学工业总产值的60%左右，某些国家甚至达到80%。由此可知，石油在化工领域中占有重要的地位。

二、我国石油工业发展概况

我国是世界上最早发现和使用石油的国家之一。在周朝初期的《易经》一书中就有了

“泽中有火”的记载。将近二千年前，著名历史学家班固的《汉书》地理志中就记载“上郡高奴县有洧水，肥可燃”。上郡高奴县就是现在的革命圣地延安。李吉甫所著的《元和郡县志》一书中记载有：587年，甘肃酒泉居民利用石油“火攻”，焚烧突厥族的攻城工具，打退了突厥族的进攻。据今八百年前，宋代科学家沈括的《梦溪笔谈》记载，用石油烧火时所生成的炭黑可以作墨，用于书写，他第一次用了“石油”这个名词，并且预言：“此物后必大行于世”。公元十六世纪，我国明朝著名医药学家李时珍，在《本草纲目拾遗》中记载了石油在医疗上可治疮癰的用途。

据英国科学家李约瑟在他的《中国科学技术史》一书中记载，中国古代深井钻掘机械是于十一世纪左右传入西方的。我国在北宋年间（约公元1100年），就钻出了1066.8米的深井。

我国劳动人民用自己勤劳的双手谱写了我国古代石油和天然气史上光辉的篇章。

但是，由于我国受着长期的封建社会的统治，特别是近百年来，帝国主义的侵略和官僚买办资产阶级国民党反动派的统治，我国的石油工业长期处于发展迟缓的状态。从1907年到1949年的四十二年中，钻井总进尺只有六万七千多米。从1904年到1949年四十五年中，原油总产量仅有二百九十五万吨。旧中国搞了四十多年石油，解放时，留下来的只有八部破钻机，五十来口油井，石油地质勘探人员二十几名，钻井工程技术人员十几名，采油工程技术人员三名。

帝国主义为了维护他们在中国的统治，维护他们在中国市场的垄断地位，别有用心地捏造了“中国贫油”的谬论，以倾销其石油产品，极大地阻碍了我国石油工业的发展。

1949年新中国诞生后，在中国共产党和毛主席领导下，我国石油工人、革命干部和科学技术人员，坚决执行独立自主，自力更生的方针，不畏险阻，艰苦奋斗，用自己的双手日新月异地改变着我国石油工业的面貌。1952年，石油产量已恢复到历史最高纪录的137%。1957年的石油产量又是1952年的三倍半。50年代末期，加速了玉门、克拉玛依等油田的开发和建设，许多炼油厂相继建成，石油工业迅速发展。特别是六十年代里，用毛泽东思想武装起来的石油工人同全国人民一起，顶住了帝、修、反掀起的反华恶浪，高速度、高质量建成了举世闻名的大庆油田，接着又开发了胜利油田。在1963年，我国庄严宣布石油产品已经基本自给，这是对帝、修、反的迎头痛击。从此把帝国主义强加在我们头上“贫油”的帽子，甩到了太平洋里。七十年代又继续开发了大港油田、华北油田及其它油田，原油产量以平均每年26.8%的速度增长，发展之快，在世界上是少有的，我国已进入了世界主要产油国之列。1978年我国原油产量已达一亿零四百万吨。

在石油炼制方面，六十年代里突破了帝国主义的技术封锁，较快地掌握了Ⅳ型催化裂化、铂重整、延迟焦化等先进炼油技术；七十年代里掌握了分子筛提升管催化裂化、多金属催化重整、加氢精制技术；我国自己发展的分子筛脱蜡水蒸汽脱附、喷雾脱油和塔式氧化沥青等新工艺已在工业上应用；炼油厂机械化和自动化水平也有了进一步提高，随着石油加工的催化剂和添加剂制备和研究的进展，石油产品品种更加齐全，质量不断提高。

我国石油工业已具有一定的水平，但还是一个发展中的国家，摆在我们石油工作者面前的任务仍是繁重的。炼油工业要对现有炼油厂进行技术改造，继续坚持“自力更生，革新挖潜，全面提高，综合利用，大搞化工原料，赶超世界先进水平”的发展方针。要立足现有基础，搞好一、二次加工和系统工程的配套，扩大综合生产能力；要革新工艺，革新技术，革新设备，把老装置开出新水平；要发展加氢技术，发展新型催化剂和添加剂，全面提高产品

质量，增加品种；要开展综合利用，大搞三次加工，增产有机化工原料；要充分利用热能，大力降低消耗，各项经济技术指标要创出新水平；要治理“三废”，保护环境，为实现社会主义四个现代化，为实现赶超世界先进水平而奋斗。

三、国外炼油工业发展特点

国外原油加工能力到1977年底为379150万吨。近十年来，国外炼油工业的发展具有下列几个特点：

1. 炼油能力的扩大主要依靠老厂的改建和扩建，老厂改建和扩建，与新建炼厂相比，具有投资省、工期短、见效快、节省人力的优点。为使炼油厂改建和扩建顺利进行，在新厂选厂址和设计上，一般都考虑留有余地。

2. 炼油厂和工艺装置日趋大型化，但新建厂仍以中型为主。1966年到1975年，美国炼油厂平均规模增大45%，日本增大87%，西德增大62%，英国增大58%，苏联增大62%。加工能力超过2000万吨/年的炼油厂，国外共有15个，其中最大的炼油厂是美国维尔京群岛炼油厂，加工能力每年为3640万吨，大型炼油厂是经过多次改建和扩建而达到的。大型炼油厂的单位能力的投资和操作费用都可以大大减少。单项工艺装置最大能力为：原油蒸馏每年超过1000万吨以上，催化裂化每年400万吨以上，催化重整每年250万吨，加氢裂化每年306万吨，汽油加氢每年480万吨，重油加氢脱硫每年750万吨，延迟焦化每年300万吨，烷基化每年105万吨，制氢每年490万标米³。

3. 二次加工过程中以加氢精制发展最快，1975年加氢能力占原油加工能力的33%。加氢精制发展较快的原因是：含硫原油在加工量中所占比例越来越大；对低硫燃料的需求越来越大；对环境保护的要求越来越高。加氢精制产品质量和收率都较高，可以满足这种要求。

4. 采取有力措施减少炼油厂燃料消耗和改善环境保护。国外有些炼油厂的自用燃料已降到原油加工量的3%以下。注意减少三废（废气、废水、废渣）和对三废进行处理，如改善工艺，最大限度采用空冷，尽量降低用水量，采用废水净化和循环使用，含硫气体尽可能脱硫，综合利用；催化裂化装置建造一氧化碳废热锅炉，减少一氧化碳污染，烟气高空排放；提高设备检修质量，防止泄漏，减少噪音等。

5. 人员定额较少、劳动生产率较高。国外炼油厂的人员定额少，除了一些社会原因之外，主要是炼油厂检修外包，定员中仅有少数日常维修人员；多数炼油厂只设有一个中心操作室，采用质量控制仪表、以及电子计算机，自动化程度较高；装置和设备大型化，运转可靠性不断提高。实物劳动生产率多在每年每人10000~17000吨之间，最高达每年每人53000吨。

四、本门课程的内容和学习方法

炼油工艺学是在学习了有机化学、物理化学、炼油过程及设备 etc 课程的基础上进行学习的，是石油炼制专业的专业课。

本门课程由五篇组成：第一篇，石油及其产品的性质；第二篇，原油的评价和初馏工艺；第三篇，燃料油生产；第四篇，润滑油生产；第五篇，油品精制与调合。

本门课程将论述石油及其产品组成与性质，论述各种石油加工方法的原理、生产过程及典型设备、基本工艺计算方法与生产经验总结。炼油工艺学是一门研究石油加工方法的技术科学。

炼油工艺学是一门应用科学，实践性较强，变动发展较快，在学习方法上要注意下列几个问题。

第一，要认识不断满足社会主义国民经济增长的需要，是推动炼油工业发展的动力，而炼油工业生产的发展又是推动炼油科学技术发展的动力，因此，对于任何一种炼油加工方法的评价，都要放在一定的社会历史条件下来考察，注意时间、地点、条件，同时，要了解炼油方法由低级到高级发展的线索。

第二，既要重视感性知识的积累以及实践经验的总结，也要重视综合应用基础课、基础技术课和专业课的理论知识作指导，掌握从生产现象、操作数据的分析出发，引出规律性结论来的方法。

第三，对于任何生产过程中各种因素相互关系的分析，必须抓住主要矛盾和矛盾的主要方面，同时要全面认识这些矛盾的存在条件和转化的条件。

总之，要用历史唯物主义和辩证唯物主义的观点作指导来学习和掌握本门课程。

第一篇 石油及其产品的性质

第一章 石油及其产品的组成和性质

要将石油进行合理的加工，制取国民经济所需要的产品，首先必须对石油及其产品的组成和性质有一个比较充分的认识，这样，在加工各种原油的时候，就可以根据原油的组成和性质以及所要求的产品质量，确定加工方案和炼制方法。

第一节 石油的一般性状及其化学组成

一、石油的一般性状

地下开采出来的石油，未经加工时称为原油。

石油主要是碳氢化合物组成的复杂混合物。外观是一种流动和半流动的粘稠液体，颜色大部分是暗色的，从褐色以至深黑色。石油能发出绿色或蓝色的荧光。比重一般都小于1，大约在0.65~1.06之间。石油有特殊的气味。石油组成相当复杂，是由C₁以上的碳氢化合物组成，含有分子量很小的气体烷烃（CH₄），也含有分子量为1500~2000的烃类。

原油的性状因产地不同而异，加工后的产品品种、产率、性质等也不尽相同。

二、石油的元素组成

石油主要由碳和氢两种元素组成，它们占元素总量的95~99%，其中碳占83~87%，氢占11~14%，此外，还含有氧、硫、氮等元素。大部分石油中氧、硫、氮等元素总含量占总重量的1%以下，但部分石油的含硫量很高，如伊朗原油含硫量1.36%，伊拉克原油含硫量2.3%，阿尔巴尼亚原油含硫量高达4.1%。在石油的灰分中还发现有：氯、碘、磷、砷、硅、钾、钠、钙、铁、铜、镍、钒等微量非金属和金属元素，虽然含量极微，但对石油的炼制工艺过程影响很大。

一些不同产地的石油的元素组成如表1-1所示。

表1-1 石油的元素组成

原油名称	比重 d_4^{20}	元素组成, % (重)				
		C	H	O	N	S
大庆原油	0.8615	85.74	13.31	0.12	0.26	0.11
胜利原油	0.8917	86.26	12.20	—	0.41	0.8
苏联杜依玛兹	—	83.9	12.3	0.74	0.33	2.67
墨西哥	0.9250	84.2	11.4	0.80	—	3.60
美国宾夕法尼亚	0.8740	84.9	13.7	0.90	—	0.50
印度尼西亚沙拉巴克	0.899	85.5	12.4	0.68	0.13	0.25
抚顺页岩油	0.9033	85.89	13.09	0.71	1.27	0.51

上述各种元素并非以单质出现，而是相互以不同形式结合成含碳和氢元素的化合物存在于石油中。

三、石油的族组成

石油是复杂的有机化合物的混合物，它包括由碳和氢两种元素组成的烃类和碳、氢与其他元素组成的非烃类。这些烃类和非烃类的结构和含量决定了石油及其产品的性质。

(一) 烃类

烃类是石油的主要成分，在石油中主要含有烷烃、环烷烃、芳香烃，一般不含烯烃。只有在石油的二次加工产品中中和页岩焦油中含有烯烃。

1. 烷烃 烷烃是石油的主要组分之一，在常温常压下，正构烷烃分子中含有一个碳原子到四个碳原子的是气体，含有五个碳原子到十五个碳原子的是液体，含有十六个碳原子以上的是固体。

含有大量的甲烷和少量的乙烷、丙烷的天然气称为干气，除含有较多的甲烷、乙烷外，还含有少量易挥发性液态烃的蒸汽（如戊烷、己烷、辛烷）的天然气称为湿气。通常以天然气中丁烷以上的液态烃气体汽油含量大小来区分，若在每立方米天然气中含有低于100克气体汽油时，称为贫气，在富气中，一般含有100克以上的气体汽油，有些甚至达到700~800克。 $C_9 \sim C_{11}$ 的烷烃，主要存在于汽油及煤油中，小分子的烷烃沸点低，容易挥发，对油品的性质影响很大。 C_{10} 以上的烷烃一般多以溶解状态存在于石油中，当温度降低时，即以固态结晶析出，称为蜡。通常在柴油馏分中含有蜡，蜡的含量多少，对油品的凝固点高低有很大的影响。蜡又分为石蜡和地蜡。石蜡主要由正构烷烃组成，地蜡主要由异构烷烃及环烷烃组成，石蜡为板状或带状结晶，而地蜡则为针状结晶。大庆原油含蜡量高达25%以上，为世界上罕见的高含蜡原油。

烷烃在一般条件下，化学性质较为安定，但在特殊条件下，它也会发生氧化、卤化、硝化及热分解等反应。

2. 环烷烃 环烷烃是饱和的环状化合物，也是石油的主要组分之一。在石油中主要含五元环和六元环的环烷烃及其同系物，其中六元环的环烷烃比五元环的环烷烃多，在高沸点的石油馏分中，还含有双环和多环的环烷烃。

环烷烃在石油馏分中含量不同，它们的相对含量随馏分沸点的升高而增多，在更重的石油馏分中则因芳香烃的含量增加而有所减少。

环烷烃有较高的抗爆性能，低凝固点，有较好的润滑性能和粘温特性，是汽油、喷气燃料、润滑油的良好组分。

环烷烃性质与烷烃相似，但比重、熔点、沸点较相应的烷烃为高，其化学性质稍活泼，它同样在一定的条件下可以发生氧化、卤化、硝化、热分解等反应，更重要的是环烷烃在一定的条件下能脱氢生成芳香烃。

3. 芳香烃 芳香烃是指含有苯环的烃类，也是石油的主要组分之一。在汽油中芳香烃含量较少，而在高沸点馏分中含量较多。在石油中除含有单环芳香烃外，还含有双环和多环芳香烃，有些多环芳香烃具有荧光，这是石油能发出各种荧光的原因。

芳香烃具有良好的抗爆性，是汽油的优良组分。但在灯用煤油中燃烧时会产生灯烟和使灯芯结焦，反而成为有害组分，需限制灯用煤油中的芳香烃含量。存在于润滑油中的多环稠环芳香烃，使润滑油的粘温特性变坏，高温时易为空气中的氧所氧化而生胶，因此，