



普通高等教育“十二五”规划教材

炼油工艺学

王雷 李会鹏 编著

中国石化出版社

[HTTP://WWW.SINOPEC-PRESS.COM](http://www.sinopec-press.com)

普通高等教育“十二五”规划教材

炼油工艺学

王 雷 李会鹏 编著

中国石化出版社

内 容 提 要

本书介绍了石油及其产品的组成及性质；石油产品的应用及最新的规格指标；主要炼油工艺过程及主要的工艺设备以及国内外最新的科技进展及技术进步。

本书具有一定的系统性、知识性及专业深度，实用性强。适合非石油加工专业毕业的技术管理干部及生产一线人员阅读，可供石油院校石油加工和非石油加工专业的学生选用学习，也可供从事石油加工的技术人员和管理人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

炼油工艺学 / 王雷, 李会鹏编著. —北京: 中国石化出版社, 2011. 6
ISBN 978 - 7 - 5114 - 0916 - 4

I. ①炼… II. ①王… ②李… III. ①石油炼制
IV. ①TE62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 087179 号

未经本社书面授权，本书任何部分不得被复制、抄袭，或者以任何形式或任何方式传播。版权所有，侵权必究。

中国石化出版社出版发行

地址:北京市东城区安定门外大街 58 号

邮编:100011 电话:(010)84271850

读者服务部电话:(010)84289974

<http://www.sinopec-press.com>

E-mail:press@sinopec.com

北京科信印刷有限公司印刷

全国各地新华书店经销

*

787 × 1092 毫米 16 开本 19.25 印张 477 千字

2011 年 8 月第 1 版 2011 年 8 月第 1 次印刷

定价:46.00 元

前 言

我国现代化的炼油工业，是在中华人民共和国成立以后才开始建立的。在此之前，只有几个很小的炼油厂，大部分石油产品依靠进口。新中国成立后，一方面发展油母页岩和煤的低温干馏以及费一托合成以生产人造石油，同时重视石油资源的开发。1960年以来，随着大庆油田和其他许多新油田的开发，原油产量迅速增长，炼油工业的发展越来越快，为我国的经济建设提供了必要的基础。在21世纪，随着原油越来越重越劣质，环保要求越来越严格，我国现代化的炼油工业又迎来了新的发展阶段。目前，我国的炼油技术水平发展很快，新技术新工艺不断出现，已经具有了自己的特色，有些技术应用已跨入世界先进水平行列。培养我国现代化的炼油工业需要的后备技术人员，一直是石油高等院校的重要工作。而《炼油工艺学》是石油加工和相关专业学生的一门必修课程。

本书共计11章。第一章到第三章本书简介了石油及其产品的组成及性质，石油产品的应用及最新的规格指标；第四章介绍了石油的蒸馏过程；第五章到第九章重点介绍了石油二次加工的和清洁燃料生产的主要工艺过程；第十章介绍了润滑油的添加剂和基础油生产工艺；第十一章简介了石油沥青。本书力图将石油加工的基础知识和石油加工最前沿领域的新进展介绍给读者，尽可能做到深入浅出，其中的部分章节曾在辽宁石油化工大学校内讲授。

石油炼制工艺是一个非常复杂的工艺过程，需要大量的专业知识和实践经验。本书的在编写过程中参考和选用了大量的由炼油专家们发表的凝结着他们辛勤劳动和心血的专业文献，遇到问题时多次请教生产和科研一线的专家学者和技术人员，在此一并表示敬意和深深的感谢！

本书由辽宁石油化工大学王雷和李会鹏共同编写。本书第一章、第二章、第三章及第四章由李会鹏编写；第五章到第十一章由王雷编写，曹萍、胡阳等

人协助编写，赵明飞和单宝龙也做了大量的文字输入工作，王雷负责全书的统稿。本书的编写还得到了辽宁石油化工大学石化学院领导和老师的大力支持，在此致以由衷的感谢。

本书编著者能力水平有限，书中的疏漏和错误在所难免，敬请批评指正。

编著者

目 录

第一章 石油的化学组成	(1)
第一节 石油的元素组成与馏分组成	(1)
一、石油的元素组成	(2)
二、石油的馏分组成	(2)
第二节 石油及石油馏分的烃类组成	(4)
一、石油的烃类组成	(4)
二、石油馏分烃类组成表示法	(5)
三、汽油馏分的烃类组成	(6)
四、中间馏分的烃类组成	(8)
五、高沸点馏分油的烃类组成	(9)
第三节 石油中的非烃化合物	(9)
一、含硫化合物	(10)
二、含氮化合物	(12)
三、含氧化合物	(12)
四、胶质、沥青质	(13)
第二章 石油及其产品的物理性质	(15)
第一节 蒸气压、沸程和平均沸点	(15)
一、蒸气压	(15)
二、沸程	(15)
三、平均沸点	(16)
第二节 密度、平均密度、特性因数和平均相对分子质量	(18)
一、密度和相对密度	(18)
二、特性因数	(19)
三、平均相对分子质量	(20)
第三节 黏度和黏温性质	(21)
一、黏度的表示方法	(21)
二、黏度与化学组成的关系	(21)
三、黏度与压力的关系	(22)
四、黏度与温度的关系	(22)
五、油品的混合黏度	(23)
六、石油及石油馏分的黏度和黏温性质	(23)
第四节 热性质	(24)
一、比热容	(24)
二、汽化潜热	(24)
三、热焓	(25)

第五节 其他物理性质	(25)
一、低温流动性	(25)
二、燃烧性能	(26)
三、溶解性质	(28)
四、光学性质	(29)
第三章 石油产品分类和石油燃料的使用要求	(30)
第一节 石油产品分类	(30)
一、燃料	(30)
二、润滑剂	(30)
三、蜡、沥青和焦	(30)
四、石油化工原料	(30)
第二节 石油燃料的使用要求	(30)
一、汽油	(30)
二、柴油	(38)
三、喷气燃料	(43)
四、燃料油	(50)
第四章 原油蒸馏	(53)
第一节 原油脱盐脱水	(53)
一、原油含水、含盐的影响	(53)
二、原油脱盐、脱水原理	(54)
第二节 蒸馏与精馏原理	(54)
一、基本概念	(54)
二、蒸馏方式	(55)
三、精馏及实现精馏的条件	(58)
第三节 原油常减压蒸馏	(59)
一、原油三段汽化常减蒸馏工艺流程	(59)
二、常压精馏塔的工艺特征	(60)
三、回流方式	(62)
四、减压精馏塔的工艺特征	(63)
五、减压蒸馏塔的抽真空系统与抽真空设备	(64)
六、干式减压蒸馏	(66)
第四节 原油蒸馏装置的设备防腐	(67)
一、低温 HCl - H ₂ S - H ₂ O 腐蚀	(67)
二、高温硫腐蚀	(67)
三、高温环烷酸腐蚀	(67)
第五节 常减压装置的能耗及节能	(68)
一、常减压蒸馏装置能耗分析	(69)
二、原油蒸馏装置的节能途径	(70)
第五章 催化裂化	(71)
第一节 概述	(71)

第二节 催化裂化的原料和产品	(73)
一、催化裂化原料	(73)
二、衡量原料性质的指标	(75)
三、催化裂化产品特点	(76)
第三节 催化裂化的化学反应	(78)
一、正碳离子反应机理	(78)
二、催化裂化的化学反应类型	(78)
三、催化裂化反应的特点	(81)
四、石油馏分的催化裂化反应	(82)
五、渣油的催化裂化反应	(83)
第四节 催化裂化催化剂	(83)
一、裂化催化剂的种类、组成和结构	(84)
二、催化剂载体	(86)
三、裂化催化剂的使用性能	(87)
第五节 裂化催化剂助剂	(91)
一、CO 助燃剂	(91)
二、辛烷值助剂	(91)
三、金属钝化剂	(92)
四、SO _x 转移助剂	(92)
五、固钒剂	(92)
第六节 催化剂的配方设计	(92)
一、重油催化裂化催化剂	(92)
二、生产高辛烷值汽油的催化剂	(95)
三、提高柴油收率的催化剂	(96)
四、增产低碳烯烃的催化剂	(96)
五、生产清洁催化裂化汽油的催化剂	(97)
六、适应短接触反应的催化剂	(99)
第七节 催化剂的失活与再生	(99)
一、催化剂的失活	(99)
二、催化剂的汽提	(100)
三、催化剂的再生	(101)
四、堆积与二次燃烧	(102)
第八节 操作参数对催化裂化反应的影响	(103)
一、催化裂化反应过程中的有关概念	(103)
二、影响催化裂化反应速度的一些主要参数	(104)
第九节 催化裂化装置组成	(114)
一、反应-再生系统	(114)
二、分馏系统	(119)
三、吸收稳定部分	(122)
第十节 再生工艺流程	(124)

一、单段再生	(125)
二、两段再生	(128)
三、循环床再生	(130)
第六章 加氢裂化	(131)
第一节 加氢裂化的原料和产品	(131)
一、加氢裂化的原料	(131)
二、加氢裂化产品	(132)
第二节 催化加氢过程的化学反应	(134)
一、加氢精制过程的化学反应	(134)
二、加氢裂化过程的化学反应	(139)
第三节 催化加氢催化剂	(144)
一、加氢精制催化剂	(144)
二、加氢裂化催化剂	(145)
三、加氢催化剂的预硫化和再生	(150)
四、几种典型的催化剂及其性能	(152)
第四节 加氢过程的主要影响因素	(153)
一、氢分压	(153)
二、反应温度	(155)
三、空速	(158)
四、氢油比	(159)
第五节 催化加氢工艺过程	(160)
一、直馏石脑油加氢精制工艺	(160)
二、焦化石脑油加氢精制	(162)
三、催化裂化石脑油加氢精制	(163)
四、柴油加氢精制	(164)
五、加氢裂化工艺流程	(167)
第六节 渣油加氢技术	(170)
一、背景和发展历程	(170)
二、重要技术发展	(171)
三、渣油加氢的化学反应	(172)
四、渣油固定床加氢技术特点	(173)
五、主要的渣油加氢技术	(174)
第七节 催化加氢主要设备	(177)
一、高压加氢反应器	(177)
二、高压换热器	(179)
三、冷却器	(180)
四、高压分离器	(180)
第八节 加氢过程氢耗量的计算	(180)
一、影响氢耗量的因素	(180)
二、氢耗量的计算	(181)

三、化学耗氢量的计算方法	(182)
第七章 催化重整	(184)
第一节 概述	(184)
第二节 催化重整的原料和产品	(185)
一、重整装置原料油的来源和特性	(185)
二、催化重整的产品	(186)
第三节 重整原料的预处理	(186)
一、原料油杂质含量对催化剂的危害	(186)
二、重整原料预处理	(187)
三、预处理装置的组成	(187)
四、预加氢流程	(188)
五、带脱氯功能的预处理装置	(188)
六、带脱砷功能的预处理装置	(189)
七、带液相脱硫保护器的预处理装置	(189)
八、原料油馏分对重整产物的影响	(190)
九、原料油组成对重整过程的影响	(191)
第四节 催化重整的化学反应	(191)
一、催化重整的化学反应	(191)
二、催化重整化学反应的热力学和动力学分析	(194)
第五节 重整催化剂	(196)
一、重整催化剂的历史发展情况	(196)
二、重整催化剂的种类和组成	(196)
三、重整催化剂性能	(197)
四、催化重整催化剂的特点	(199)
五、重整催化剂开工工艺技术	(201)
第六节 重整催化剂的失活与再生	(202)
一、催化剂失活	(202)
二、重整催化剂再生	(203)
第七节 影响催化重整的操作因素	(207)
一、反应温度对重整反应过程的影响	(207)
二、反应压力对重整反应过程的影响	(210)
三、空速对重整反应的影响	(211)
四、氢油比对重整反应的影响	(212)
第八节 催化重整的工艺流程	(213)
一、固定床半再生过程	(213)
二、连续重整工艺技术概况	(214)
第九节 芳烃抽提	(218)
一、芳烃抽提原理	(218)
二、抽提溶剂	(219)
三、工艺流程和操作条件	(220)

第十节 催化重整装置反应器	(223)
一、半再生式重整装置固定床反应器	(223)
二、移动床反应器	(224)
第八章 延迟焦化	(226)
第一节 概述	(226)
第二节 延迟焦化的反应机理及技术特点	(227)
一、延迟焦化过程的反应机理	(227)
二、焦炭的生成机理	(227)
三、延迟焦化的技术特点	(228)
第三节 延迟焦化的原料和产品质量指标	(228)
一、原料的种类及性质	(228)
二、焦化原料的预处理	(229)
三、延迟焦化的产品	(230)
第四节 延迟焦化过程的工艺流程	(234)
一、焦化、分馏(包括气体回收)	(234)
二、放空系统	(236)
三、焦炭处理系统	(237)
四、主要的延迟焦化工艺	(237)
五、延迟焦化的发展趋势	(238)
第九章 高辛烷值汽油组分	(239)
第一节 醚类汽油调合组分	(239)
一、醚类含氧化合物	(239)
二、醚类含氧化合物的性能和特点	(239)
三、合成 MTBE 的基本原理	(240)
四、合成 MTBE 的工艺装置	(241)
五、乙基叔丁基醚(ETBE)	(241)
六、甲基叔戊基醚	(242)
七、轻汽油醚化	(243)
八、二异丙基醚	(243)
第二节 烷基化油、异构化油与醇类汽油调合组分	(243)
一、烷基化汽油	(243)
二、轻直链烷烃异构化技术	(243)
三、醇类汽油调合组分	(244)
第十章 润滑油及生产工艺	(246)
第一节 概述	(246)
一、润滑油发展的简史	(246)
二、润滑油技术现状	(246)
三、中国润滑油生产面临的大环境	(247)
四、润滑油技术发展趋势	(247)
第二节 现代润滑剂及其构成	(248)

一、润滑油的组成	(248)
二、现代润滑剂及其功能	(248)
三、现代润滑材料分类	(250)
第三节 润滑油添加剂	(250)
一、清净分散剂	(250)
二、抗氧腐蚀剂	(253)
三、极压抗磨剂	(254)
四、油性剂和摩擦改进剂	(254)
五、抗氧剂和金属减活剂	(254)
六、黏度指数改进剂	(255)
七、防锈剂	(256)
八、降凝剂	(256)
九、抗泡剂	(256)
十、抗乳化剂	(256)
十一、润滑油复合添加剂	(257)
第四节 润滑油	(257)
一、润滑油的化学组成	(257)
二、内燃机润滑油	(258)
三、齿轮油	(259)
四、液压油	(259)
第五节 润滑脂	(260)
一、润滑脂的结构及组成	(261)
二、润滑脂的分类及特性	(261)
第六节 润滑油基础油	(262)
一、润滑油基础油的分类	(262)
二、润滑油基础油的生产路线	(263)
第七节 溶剂精制	(265)
一、溶剂精制的基本原理	(265)
二、溶剂精制基本生产过程	(265)
三、影响抽提过程的重要因素	(266)
四、溶剂精制工艺过程	(268)
五、酚的精制过程	(270)
六、 <i>N</i> -甲基吡咯烷酮精制	(271)
第八节 溶剂脱蜡	(272)
一、溶剂脱蜡的基本原理	(272)
二、溶剂的类型与组成	(273)
三、溶剂脱蜡工艺流程	(273)
四、主要工艺设备	(274)
第九节 溶剂脱沥青工艺	(275)
一、溶剂脱沥青的原理	(276)

二、影响溶剂脱沥青的因素	(276)
三、丙烷脱沥青工艺流程	(277)
第十节 白土精制	(279)
一、白土精制的作用及机理	(280)
二、白土精制工艺流程	(280)
第十一节 润滑油加氢	(281)
一、加氢补充精制	(281)
二、加氢处理	(282)
三、临氢降凝	(282)
四、催化脱蜡生产润滑油基础油	(283)
五、异构脱蜡生产Ⅱ/Ⅲ类基础油	(283)
第十一章 石油沥青	(284)
第一节 概述	(284)
一、石油沥青发展概况	(284)
二、石油沥青的用途	(284)
第二节 石油沥青的分离分析方法及化学组成	(284)
一、石油沥青的分离分析方法	(284)
二、石油沥青的化学组成	(284)
第三节 石油沥青生产工艺	(286)
第四节 聚合物改性沥青	(287)
一、聚合物改性沥青类型	(287)
二、聚合物改性沥青的相容性和稳定性	(291)
第五节 乳化沥青工艺	(292)
一、原材料的选择	(292)
二、橡胶胶乳改性乳化沥青稳定机理	(293)
三、工业生产装置原则流程	(293)
参考文献	(294)

第一章 石油的化学组成

第一节 石油的元素组成与馏分组成

石油(或称原油, petroleum 或 crude oil)是一种从地下深处开采出来的可燃性黏稠液体。石油主要是由远古海洋或湖泊中的生物在地下经过漫长的地球化学演化而形成的烃类和非烃类的复杂混合物。其沸点范围很宽,从常温到 500℃以上,相对分子质量的范围为数十至数千。

石油大部分是暗色的,呈暗绿、深褐以至深黑色,还有一些石油则呈赤褐、浅黄色。如我国四川盆地开采出来的原油是黄绿色的,玉门原油是黑褐色的,大庆原油则是黑色的。

在常温下,多数石油是流动或半流动的黏稠液体。相对密度一般小于 1,绝大多数石油的相对密度在 0.8~0.98 之间。表 1-1 为我国主要石油的一般性质,表 1-2 为国外若干种石油的一般性质。由表可见,我国石油的相对密度大多在 0.85~0.95 之间,属偏重的常规石油。

表 1-1 我国主要石油的一般性质

石油名称	大庆	胜利	孤岛	辽河	任丘	中原	新疆土哈
密度(20℃)/(g/cm ³)	0.8554	0.9005	0.9495	0.9204	0.8837	0.8466	0.8197
运动黏度(50℃)/(mm ² /s)	20.19	83.36	333.7	109.9	57.1	10.32	2.72
凝点/℃	30	28	2	17(倾点)	36	33	16.5
蜡含量(吸附法)/%(质)	26.2	14.6	4.9	9.5	22.8	19.7	18.6
庚烷沥青质/%(质)	0	<1	2.9	0	<0.1	0	0
残炭/%(质)	2.9	6.4	7.4	6.8	6.7	3.8	0.90
硫含量/%(质)	0.10	0.80	2.09	0.24	0.31	0.52	0.03
氮含量/%(质)	0.16	0.41	0.43	0.40	0.38	0.17	0.05

表 1-2 国外部分石油的一般性质

原油名称	沙特 (轻质)	沙特 (中质)	沙特 (轻重混合)	伊朗 (轻质)	科威特	阿联酋 (穆尔班)	伊拉克	印尼 (米纳斯)
密度(20℃)/(g/cm ³)	0.8578	0.8680	0.8716	0.8531	0.8650	0.8239	0.8559	0.8456
运动黏度/(50℃)/(mm ² /s)	5.88	9.04	9.17	4.91	7.31	2.55	6.50(37.8℃)	13.4
凝点/℃	-24	-7	-25	-11	-20	-7	-15(倾点)	34(倾点)
蜡含量/%(质)	3.36	3.10	4.24		2.73	5.16		
庚烷沥青质/%(质)	1.48	1.84	3.15	0.64	1.97	0.36	1.10	0.28
残炭/%(质)	4.45	5.67	5.82	4.28	5.69	1.96	4.2	2.8
硫含量/%(质)	1.91	2.42	2.55	1.40	2.30	0.86	1.95	0.10
氮含量/%(质)	0.09	0.12	0.09	0.12	0.14		0.10	0.10

一、石油的元素组成

石油产地不同，其在组成和性质上差别很大，即使在同一油区不同油层和油井的石油在组成和性质上也可能有很大差别。

石油的物理性质与其化学组成关系密切，为了较深刻地认识石油，必须研究其化学组成，而化学组成的研究应从分析其元素组成入手。

组成石油的元素主要有碳、氢、硫、氮、氧等。表 1-3 是某些石油的元素组成。

表 1-3 某些石油的元素组成

原油名称	元素组成/%(质)				H/C (原子比)
	C	H	S	N	
大庆	85.87	13.73	0.10	0.16	1.90
胜利	86.26	12.20	0.80	0.44	1.68
孤岛	85.12	11.61	2.09	0.43	1.62
辽河	85.86	12.65	0.18	0.31	1.75
新疆	86.13	13.30	0.05	0.13	1.84
大港	85.67	13.40	0.12	0.23	1.86
欢喜岭	86.36	11.13	0.26	0.40	1.53
井楼	85.06	12.10	0.32	0.74	1.69
江汉	83.00	12.81	2.09	0.47	1.84
伊朗(轻质)	85.14	13.13	1.35	0.17	1.84
印度尼西亚(米纳斯)	86.24	13.61	0.10	0.10	1.88
加拿大(阿萨巴斯卡)	83.44	10.45	4.19	0.48	1.49
美国(加州文图拉)	84.00	12.70	0.40	1.70	1.80
美国(堪萨斯)	84.20	13.00	1.90	0.45	1.84
前苏联(格罗兹尼)	85.59	13.00	0.14	0.07	1.81
前苏联(杜依玛兹)	83.90	12.30	2.67	0.33	1.75

从表 1-3 可以看出，组成石油的最主要元素是碳和氢，它们约占 95%~99%，其中碳为 83%~87%，氢为 11%~14%。大部分石油中硫、氮、氧总量不超过 1%~5%，各种石油中所含的硫、氮、氧等杂原子的含量相差甚大，单纯用它的碳含量或氢含量不易进行比较，而碳、氢这两种元素的比值则可以作为反映石油化学组成的一个重要参数。这两者的比值，可以用碳氢重量比、氢碳重量比或氢碳原子比来表示，其中以氢碳原子比最为直观。

除碳、氢、硫、氮、氧外，石油中还含有微量的金属和非金属元素，它们的含量一般只是百万分之几 $\mu\text{g/g}$ 甚至十亿分之几 ng/g 。这些元素虽然含量甚微，但往往对石油炼制过程中的催化剂有很大影响，甚至会使之丧失活性，因此也必须加以重视，并设法予以脱除。石油中含量较多的微量金属元素为镍(Ni)、钒(V)、铁(Fe)、铜(Cu)。我国石油中的含镍量一般为几十 $\mu\text{g/g}$ ，而钒最多也只有几个 $\mu\text{g/g}$ 。除上述 4 种金属元素外，石油中还含有许多微量元素，如氯(Cl)、硅(Si)、磷(P)、砷(As)等。

二、石油的馏分组成

石油是由相对分子质量为数十到数千的、数目众多的烃类和非烃类化合物组成的复杂混合物，其沸点范围很宽，从常温一直到 500℃ 以上。所以，无论是对石油进行研究还是进行加工利用，都必须首先用分馏的方法，将原油按其沸点的高低切割为若干部分，即所谓

馏分，每个馏分的沸点范围简称为馏程或沸程。从原油直接蒸馏得到的馏分称为直馏馏分，以便与二次加工产物相区别，如表 1-4 所示。一般把石油中从常压蒸馏开始馏出的温度（初馏点）到 200℃（或 180℃）之间的轻馏分称为汽油馏分，也称轻油或石脑油；常压蒸馏 200（或 180）~350℃之间的中间馏分称为柴油馏分，或常压粗柴油；而 >350℃的馏分则称为常压渣油或常压重油。由于原油一般从 350℃开始即有明显的分解现象，所以对于沸点高于 350℃的馏分必须在减压下蒸出，一般情况下，减压蒸馏只能蒸出相当于常压下 <500℃的馏分。所得的减压馏分，可根据其利用途径称为润滑油馏分或减压馏分油，而减压蒸馏后残留的油则称为减压渣油。

表 1-4 石油馏分划分

沸点范围/℃	名称
初馏点 ~ 200(或 180)	汽油馏分、轻油或石脑油
200(或 180) ~ 350	柴油馏分、常压粗柴油(AGO)
350 ~ 500	减压馏分、润滑油馏分、减压馏分油(VGO)
> 500	减压渣油

馏分并不等同于石油产品。如汽油馏分、煤油馏分、柴油馏分、润滑油馏分，只是从沸程上看可作为制取汽油、煤油、柴油及润滑油产品的原料，它们往往要经过进一步的加工处理才能符合相应的石油产品规格要求。表 1-5 为国内外部分石油的馏分组成。

表 1-5 国内外部分石油的馏分组成

原油名称	初馏点 ~ 200℃/%(质)	200 ~ 350℃/%(质)	350 ~ 500℃/%(质)	> 500℃/%(质)
大庆	11.5	19.7	26.0	42.8
胜利	7.6	17.5	27.5	47.4
辽河	9.4	21.5	29.2	39.9
新疆	15.4	26.0	29.9	29.7
孤岛	6.1	14.9	27.2	51.8
沙特(轻质)	23.3	26.3	25.1	25.3
沙特(混合)	20.7	24.5	23.2	31.6
英国(北海)	29.0	27.6	25.4	18.0
印度尼西亚 (米纳斯)	11.9	30.2	24.8	33.1

用常减压蒸馏方法所得到的、石油中沸点范围不同的一系列馏分的百分含量，就是它的馏分组成。我国原油馏分组成的特点是 >500℃的减压渣油的含量较高，有不少是占 40% 以上，汽油馏分含量较少。

直馏馏分基本上不含不饱和烃。若是经过催化裂化(二次加工)得到的，其所得的馏分与相应的直馏馏分不同，其中含有不饱和烃。

第二节 石油及石油馏分的烃类组成

石油是由碳、氢两种元素组成的烃类和碳、氢与其他元素组成的非烃类所组成的化合物。这些烃类和非烃类的化学组成和结构决定了石油及其产品的性质。

一、石油的烃类组成

石油中的烃类，按其结构可分为烷烃、环烷烃、芳香烃。一般天然石油中不含有烯烃，而二次加工产物中常含有数量不等的烯烃。

1. 烷烃

烷烃是组成石油的基本组分之一。石油中的烷烃总含量一般约为 40% ~ 50% (体)。在某些石油中烷烃含量可达到 50% ~ 79%，然而也有一些石油的烷烃含量只有 10% ~ 15%。我国石油的烷烃含量一般较高，随着馏分变重，烷烃含量减少。

烷烃以气态、液态、固态三种状态存在于石油中。

$C_1 \sim C_4$ 的气态烷烃主要存在于石油气体中。石油气因其来源不同，可分为天然气和石油炼厂气两类。从纯气田开采的天然气主要是甲烷，其含量大约为 93% ~ 99%，还含有少量的乙烷、丙烷以及氮气、硫化氢和二氧化碳等。从油气田得到的油田气除了含有气态烃类外，还含有少量低沸点的液体烃类。石油加工过程中产生的炼厂气因加工条件不同可以有很大的差别。这类气体的特点是除了含有气态烷烃外，还含有烯烃、氢气、硫化氢等。

$C_5 \sim C_{11}$ 的烷烃存在于汽油馏分中， $C_{11} \sim C_{20}$ 的烷烃存在于煤油、柴油馏分中， $C_{20} \sim C_{30}$ 的烷烃存在于润滑油馏分中。 C_{16} 以上的正构烷烃一般多以溶解状态存在于石油中，当温度降低时，以固态结晶析出，称为蜡。蜡又分为石蜡和地蜡(微晶蜡)。

石蜡主要分布在柴油和轻质润滑油馏分中，其相对分子质量为 300 ~ 500，分子中碳原子数为 17 ~ 35，熔点在 30 ~ 70℃。地蜡主要分布在重质润滑油馏分及渣油中，其相对分子质量为 500 ~ 700，分子中碳原子数为 35 ~ 55，熔点在 60 ~ 90℃。从结晶形态来看，石蜡是互相交织的片状或带状结晶，结晶容易；而地蜡则是细小针状结晶，结晶较困难。

石蜡与地蜡的化学结构不同导致了其性质之间的显著差别。石蜡主要由正构烷烃组成，还含有少量异构烷烃、环烷烃以及微量的芳香烃；地蜡则以环状烃为主，正、异构烷烃的含量都不高。

存在于石油及石油馏分中的蜡，严重影响石油及油品的低温流动性，对石油的输送和加工及产品质量都有影响。但从另一方面看，蜡又是很重要的石油产品，可以广泛应用于电气工业、化学工业、医药和日用品等工业。

2. 环烷烃

环烷烃是石油中第二种主要烃类，石油中所含的环烷烃主要是环戊烷和环己烷的同系物。此外在石油中还发现有各种五元环与六元环的稠环烃类，其中常常含有芳香环，称为混合环状烃。

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，只是在沸点较高的润滑油馏分中，由于芳香烃的含量增加，环烷烃逐渐减少。

石油低沸点馏分主要含单环环烷烃，随着馏分沸点的升高，还出现了双环和三环环烷烃等。研究表明，分子中含 $C_5 \sim C_8$ 的单环环烷烃主要集中在初馏点 ~ 125℃ 的馏分中。石油高沸点馏分中的环烷烃包括从单环、双环直至六环甚至高于六环的环烷烃，其结构以稠合