

石油炼制工程

上册

[美国] W·L·纳尔逊著 左鹿笙译

中国工业出版社

石油炼制工程

上册

[美国] W·L·纳尔逊著 左鹿笙译

中国工业出版社

石油炼制工程第四版共二十四章，中译本分上下两册出版。
本书上册包括第一至十五章，书内着重叙述了石油的组成、油料的评价、石油的物理化学性质及蒸馏和润滑油精制的主要流程；同时对炼制过程中的腐蚀问题及流体力学等也作了介绍。

下册包括第十六至二十四章，书内着重叙述了分馏塔、换热器、加热炉等主要加工设备的构造、操作条件及计算方法；热裂化、催化裂化及催化重整等装置的工艺流程；以及天然气和炼厂气的加工利用。最后还介绍了设计中的经济问题和设计的典型计算。在下册附录中附有世界主要油田所产原油的分析数据。

本书可供炼厂工程技术人员、设计人员及石油院校炼制专业师生参考。

W. L. Nelson

PETROLEUM REFINERY ENGINEERING
McGRAW-HILL BOOK COMPANY, INC.
NEW YORK, TORONTO, LONDON, 1958

根据第四版翻译

* * *

石油炼制工程

上册

左鹿笙译

*

石油工业部编辑室编辑（北京北郊六铺炕石油工业部）

中国工业出版社出版（北京东单福寿胡同10号）

北京市书刊出版业营业许可出字第110号

中国工业出版社第三印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

*

开本 850 × 1168 $\frac{1}{32}$ · 印张 16 $\frac{9}{16}$ · 插页 2 · 字数 407,000

1964年9月北京第一版·1964年9月北京第一次印刷

印数 0001—2,370 · 定价（科七）3.00元

*

统一书号：15165 · 1636（石油-119）

第四版序言

本书第一次出版是在1936年，当时的主要目的是把化学工程的原理介绍到石油炼制工业中来。可是现在的情况却有了相反的变化：在化学工程的许多方面，特别是在发展有关大规模的炼制流体以及应用催化剂方面，化学工业还有待于石油炼制工业来引导。炼油工程的许多组织，早期在工业上制备铀或原子燃料方面，曾经作出重要的贡献。

本书原先是想作为教科书的，然而事实上很快表明，工业上也需要这本书。因此，以后几版就更多地注意提供工业上应用的实际资料。在第四版中，介绍了多种类型的外国原油和更为详尽的原油评价数据。委内瑞拉、中东和加拿大的原油输出量在增加。炼制者必须熟悉国外原油以及国内不同类型的原油，因为原油的性质不仅会影响产品的性质及规格，而且会影响到整个炼油工业的经济。第四版的附录B介绍了70多种国外原油的分析数据，以作比较。

在撰写本书第一版的时候，许多有关设计计算的资料还没有发表，而且这些方法对于当时的炼油工业的许多方面来讲还是新的东西。现在，这种情形也已经完全不同了，现在炼油工业中计算方法的发展速度，连新出版的书籍都不能与之相适应。

1939年以前，出版的有关石油炼制的重要著作，至少有12种。但是其中只有几种重版过，而且直到现在还没有发现新的版本。诚然，炼油工业的日益复杂化和近代文献的大量发表，使许多作者不敢动笔。如果要恰当的整理这些文献，看来需要许多工程师不间断地从事这项工作，并且需要二至三年的时间才能出版。本书第一版没能包括重要的工程方面的资料，在以后几版中，这种情况就更不能令人满意了。最近十年间，炼油工业发展得特别快，

而且出現了以石油为原料的全新的化学工业部門。本书第四版則体现了化学工业的发展，特别是有关炼制方法、化学和溶剂精制、热分解，以及气态烴的轉化等章节更为明显。催化裂化和催化重整，几乎已經在所有炼厂中采用，而加氢裂化和加氢脫硫等过程也都已經完全研究成功，因此它們也会得到广泛应用。至于原子能在石油炼制中的应用情况，并没有編入本书第四版中。以前各版中每一章后面的冗长的参考文献，在第四版中已經刪去。

下列文字原来发表在本书第一版中，現在看来仍旧可以采用：

“工程是要实际运用科学知識，因此我尽力強調工程的实际应用方面。这样就常常需要用到許多有关經驗性的材料。但是，不必为这一点进行解释，因为，尽管资料不充分，工程师們也必須进行工厂的建設工作和进行生产。实际上，工业发展的历史表明，在对于生产的理論还没有完全了解以前，工厂通常就建立起来了。科学研究工作常常是随着經驗的发展而进行的，而科学本身最后又促进那些具有真正巨大作用的新过程的改进。因此，从事实际工作的科学家或工程师永远有一个积累經驗的过程。

为了同样的理由，本书第四版介紹了一些手册資料。虽然这类資料并不丰富，但它却是使理論得到运用的工具。这类資料在解例题时也是需要的，而且我相信，在工程研究中，沒有一种方法比詳細举例更为有效。再者，一个工程师應該以更多的時間来应用資料，而不是去导出或搜集这些資料，所以本书第四版提供了手册資料和丰富的参考文献。近代的文献里，有許多有用的东西，但是由于内容过多，如果不加以組織、整理就提出，对于一个忙碌的工程师來說，可能沒有什么用处。对这些文献，我已經試加組織，但是尽量少选，以便不让一般讀者因太多的参考資料和不同的意見而感到厌烦。”

W. I. 納尔逊

目 录

第四版序言

第一章	石油炼制的历史与发展	1
第二章	石油的組成	10
第三章	炼制产品及試驗方法	22
第四章	油料的評价	95
第五章	石油的物理性质	193
第六章	炼制过程	249
第七章	炼制及蒸餾过程	260
第八章	輔助过程及操作	299
第九章	炼厂设备的腐蝕及金属材料	314
第十章	化学精制	333
第十一章	溶剂精制和抽提方法	394
第十二章	脫蜡	423
第十三章	流体力学	445
第十四章	燃烧	468
第十五章	汽化和冷凝	491

第一章 石油炼制的历史与发展

当1859年狄拉克钻第一口油井时^①，一般燃烧器是利用煤炼油及鲸油作为燃料的。在1852—1859年期间，估计有60个煤干馏工厂在操作。然而第一个真正的石油炼制工厂，却是威廉巴斯达及威廉A.阿巴特在1860年于宾夕法尼亚的提多斯威尔所建造的。该厂价值约15,000美元，不过记载中也曾指出俄国在1735年^②曾经蒸馏过石油。

连续蒸馏 早先的炼油者，是采用间歇分离方法来操作的，不过对连续操作的实际情况也曾进行过研究，并且早在1860年就发表了专利。但是第一个被广泛承认的连续工厂是M.J. 屈波工厂（1912年）。这种工厂要采用管式炉及连续分馏塔两种设备。

近代蒸馏工厂，除了焦化釜是间歇操作或半连续操作外，其他都是连续式的。在近代工厂中，几个蒸馏装置常常是相连的，因此，从一个装置来的热产品（常常是残油）可以直接用泵送到其他装置。同时，几个装置也可以有一个总的换热系统，某一装置用的原料可以在其他装置中加热。至于有关炼制的其他方面，例如洗涤、脱蜡、掺和及包装等，仍旧是部分地采用间歇式或半连续式的操作过程，不过在這些过程中，连续过程的意义并不大。

裂化或热分解 裂化并不是现在才发展起来的。不过，用大型工厂大规模地制造分解产品却是新近才兴起的，然而热分解甚

^① 俄国在1846年就开始了机械钻井。早在1746年于烏赫塔便已经有了一个Ф.普里业杜諾夫的石油蒸馏厂。1823年杜宾宁兄弟在莫兹多建造了一个用蒸馏方法把“黑色的石油转化为白色的”工厂〔参见“石油工学”（Технология нефти），1952年增订第二版译本，石油工业出版社出版〕。——编者

^② 在1735年以前，希罗多德（纪元前450年）及其他历史学家，曾经报道过石油及焦油（当时用其他的名称），但是并没有讲明这种油是如何炼制的。

至在石油工业有史以前，就在煤及油頁岩干餾中实际应用过。在石油工业的初期，曾經采用过“裂化蒸餾”以及慣用的水蒸汽蒸餾。据說裂化蒸餾是在1861年偶然发现的。当时是在一个处理量为16桶的蒸餾釜中进行蒸餾，当蒸餾过程已完成了一半的时候，司炉已經把火烧得很旺了，这时司炉企图离开一小时，然而他直至4小时以后才回来，回来后，他发现在設備中已收集了一种浅色及比重低的餾出物，这种餾出物的比重甚至比在它餾出之前的产品还要低。經過調查，发现在設備的較冷地方存有被冷凝的重油，并且这部分冷凝重油又滴回到釜中，当时在滴有重油的地方具有相当高的溫度，以致使重油分解成为沸点較低的产品。在工业的初期，汽油是没有用的，实行裂化的目的是为了比用水蒸汽或單純的蒸餾可以产生更多的煤油。初次試用用裂化法生产汽油时，是将石油蒸汽分解。直到1925年吉罗方法出現为止，这些嚐試在工业上都沒有成功。当时对于从蒸汽中消除微量的液体是得到了成功的。液体顆粒潤湿了加热管的管壁以后，被分解成为焦子而将管子堵塞。近代热重整及气体裂化过程之所以可能，就是因为发现了这个原理。

在工业上首先采用的是液相裂化过程，而第一个广泛采用的是柏尔頓过程。柏尔頓法是1910年开始发展的，于1912年发行了专利^①，1918年柏尔頓博士的方法得到了认可，并获得威拿德吉浦斯奖章，到了1921年就有800个以上的柏尔頓蒸餾釜在操作。其他早先的液相裂化过程尚有費列門、艾苏及耶墨尔逊过程。

裂化在近代炼厂中的重要性，可以用表1—1，6—1，6—2以及第二十一章开头的有关数据表中的数字来表示。

近代热裂化装置的流程，大体上是相同的。裂化原料仅限于

^① 俄国的В.Г.舒霍夫和С.加弗里洛夫在1890年，也就是說当在美国出現裂化作业的二十年以前，便已研究出了液相裂化作业的装置設備，并且获得了专利〔參見“石油工学”（Технология нефти），1952年增訂二版譯本，石油工业出版社出版〕。——編者

采用不含裂化焦油的原料，这一优点也是大家承认的。重油也是常在裂化装置进行蒸馏的，目的是将原料的轻质部分蒸出去进行深度裂化。在大多数近代工厂中，重油是通过高温裂化蛇管而送到裂化装置中去的，这样可以大大地增加重油中的馏出物数量。

表 1-1

炼厂生产情形统计	1931年 1月	1941年 1月	1951年 1月	1956年 1月
处理量, 1000美国桶/日①.....	3,707	4,181	6,702	8,381
裂化汽油生产量, 1000美国桶/日②	560③	1,103	1,853	2,777
裂化汽油占炼厂总汽油量的 %③ ...	41.0	51.3	60	70.3
美国炼厂的平均产量, 桶/日.....	10,700	10,000	20,600	28,200
在操作中的炼厂数目(美国)④.....	346	420	325	294
国外产量(苏联除外), 1000桶/日⑤	1,577	2,588	4,300	7,244

①、②、④ 美国矿业情报期刊。

③、⑤ 系大约值。

热裂化后来的发展是“减粘分裂”及“重整”。前者只发生轻微的裂化，并且是用残油或含沥青油为原料，原先的目的是降低油的粘度及倾点，以后很快就知道了在通常裂化装置中进行减粘分裂时也可以得到大量的裂化瓦斯油。重整装置是以石脑油或低辛烷值汽油为原料的裂化装置。石脑油分解而成为产率很高的高辛烷值汽油。这些装置的发展，是由于抗爆汽油需要量的增长以及日益需要大量的发动机燃料的缘故。

在热裂化中会产生活泼的高沸点迭合物，这可以利用蒸馏方法把它们作为残余燃料油除去。在裂化中，也可以利用所谓“循环油”进行稀释，以防止迭合反应和焦化作用的发生。性质活泼的迭合物，在热裂化中所造成的困难，在近代催化裂化过程中是不会发生的，因为催化裂化，采用了吸附催化剂，它可以使迭合物成为焦炭被吸附在催化剂表面上。在这种过程中，裂化反应可以进行得更完全，并且产品的抗爆性能也可相应地提高。

分馏 分馏系指利用汽化的方法将液体混合物分离成为沸程范围更小的几种产品。在早先的炼厂中，这种分离是用一系列的

蒸餾而達到的，首先利用不精確的分离方法，然后将部分分离的产品（如果需要的話）再蒸餾几次，直到最后所得产品符合市场上的要求为止。今后发展的方向，是利用部分冷凝的分餾方法，即利用逐步冷却的方法使蒸汽部分地冷凝，并逐渐降低到更低的溫度。这种性质是H. L. 爱伦发现的（英国专利117,277—1918）〔1〕。他利用一套空气冷凝器将蒸汽逐步冷却，使其成为几种液体产品。

炼制的新时代是应该从利用管式炉及泡帽塔的时候算起。

“泡帽塔”这个名詞已經成为通用的名詞，因为塔中的蒸汽是在塔盘上以发泡的形式通过液体的；在泡帽塔中，上升蒸汽是被下流的油来淋洗的。泡帽塔仅在数年内就成为了通用的塔，不过这不能归于某一个人的发明，事实上分餾的基本理論是直接从化学蒸餾工业中得来的。今日泡帽塔是用于初餾装置、再蒸餾装置、真空装置、裂化装置、天然汽油稳定塔、吸收装置以及水蒸汽汽提的操作中。

天然汽油工厂 直到1912年，天然汽油才引起人們注意。在这个时期发动机燃料的需要很迫切。目前10%以上的汽油是从天然气制造的，而第一个广泛应用的回收方法是采用压缩过程。当气体压缩以后，露点就升高了，因之当冷却到原来溫度时，烃混合物就可以冷凝。冷凝液中含有百分率很大的挥发性烃类，例如丙烷。这部分挥发性烃类应该在汽油成为适当的发动机燃料以前除去。最初从粗汽油中除去这些烃类所采用的方法，是所謂“风化”（weathering）。风化是把粗汽油放在开口的容器中并經過若干時間以后达到的。在风化时也损失了一部分汽油。

在第一次世界大战后的几年間，吸附过程得到了重視，不过以后又差不多放弃了这个方法。在吸附过程中是用活性炭吸附汽油，并且利用水蒸汽从活性炭中回收汽油。

在以后的过程中，是将天然气通过吸收塔或填充塔，这时汽油就被石脑油吸收。这些石脑油塔的操作过程最后发展成为今日的吸收过程。天然汽油在吸收过程中，被低沸点的瓦斯油所吸

收，然后把富瓦斯油加热，用水蒸汽解吸，再将汽油回收。高压是有助于吸收的，然而压力超过每平方吋 130 磅以上时，除了在油气田中具有高压条件外，一般是不经济的。高压分馏塔（150 磅/吋²，表压）已代替了“风化”作用，前者可以从待稳定的天然汽油中很精密的分出气体烃类来。

脱蜡 在石油工业发展以前，原苏格兰所用的从页岩油中经压滤脱蜡而后将蜡进行发汗的方法，现仍是轻质含蜡油的一个广泛应用的脱蜡方法。至于含蜡重质残油，首先是采用冷却沉降脱蜡的过程；在这个过程中是将油冷冻，而后静置在保温的油槽内。残油的离心脱蜡方法，在沒有完全成功以前，曾经作了很多年的研究工作。其中存在的问题是离心机的离心速度不够高，并且还要从离心机的碗中除去石蜡脂。到了1921年，曾建议用温水作为热载体，把它送到碗的边缘上，进行清蜡。这种方法获得了成功。目前的离心方法，基本上仍与过去所用方法相同。

近来溶剂脱蜡已经成为重要的方法了。这些方法的重要优点是：只用一个简单的过程就可以处理轻质及重质含蜡油料。工业上曾经采用过很多种类的溶剂，其中，甲乙酮比其他溶剂要好一些。甲乙酮也可用于石蜡脱油。

化学过程 虽然胥黎曼〔2〕教授在1865年4月16日的报道中承认了石油化学加工的可能性，然而直到1912年裂化出现为止，是沒有实行过大规模的石油转化的。利用硫酸和苛性硷，可以把少量的不纯物质除去，这是一种目前已被采用并将继续采用的方法。1927年美孚建设公司所发展的加氢过程是引人注意的。这个过程主要是一个在高压及氢存在下进行的热分解（裂化）的过程。虽然已有几个大型工厂在操作，然而大规模加氢的经济地位至今（1957年）尚未确定。

虽然很多年来，就已知道了吸附土以及其他物质的用途，可是直到1937年固定床催化裂化出现以前，尚沒有见到成功的工业上操作的催化裂化过程。催化剂主要是吸附从热裂化产生的活性焦状物质，不过对于裂化反应，也可以产生一些影响。从第二次

世界大战以来，所有主要炼制者，都采用了某种形式的催化裂化装置。

在1935年迭合过程发展之后，接着也发展了很多如何利用裂化气体中的烯烃的过程，其中有烷化、烯烃的加氢、脱氢、催化脱硫以及制造很多有机化合物的过程。虽然所制出的化学品，在数量上要比石油工业一般蒸出的产品为少，可是这些方法是很重要的，因为这可以告诉我们：许多过去稀少的物质，今后可以大规模地廉价生产。

市場需要的年代表 在下面的纲要中，没有把新过程出现的日期写出来，这要等到在石油工业里广泛应用时，才能认为新的过程已建立。

1860—1885年。炼制主要产品是煤油或灯用煤油。在这个期间，石油炼制工业中的不幸事情是在销售的灯用煤油中多了过多的汽油。这时法律上曾经限制过它们的闪点。

1885—1900年。矿物润滑油得到了大众的喜爱。直到这个时候，植物油被认为是最好的油。石蜡基润滑油，得到了好的声誉，这种声誉一直保持到今天。

1900—1914年。1900年之后，汽油很快就开始有了用途，并且在几年之内，就变成了最有用的炼制产品。汽油的需要量已经很大，以致发现了很多的新油田，并且发表了炼制的基本改良方法。回收天然汽油的压缩过程已经建立，并且还进行了裂化的实验。

1914—1925年。由于汽油需要的不断增长，使得炼制人员特别注意研究如何从原油中提出更多的汽油的方法。裂化过程已发展到很完全的地步，加热、分馏、传热及吸收原理也已经建立，并且应用在实际中。利用分馏塔、管式炉及换热器的连续过程系统也得到了发展。对于高压及高温下所用的设备已制造出来。在1920年，市场上利用燃料油作为动力的情况已逐渐普遍起来，并且这种现象一直继续到今天。

1925—1929年。在1925到1935年期间，由于化学工程在实

际中的应用，使得石油工业得到了很快的发展；同时年青的而尚未被普遍接受的化学工程，由于在石油工业上的实际应用，也使自己得到了巩固。今日石油工业已是化学工程师的主要出路。在这个时期中，生产润滑油的大量利润吸引了人们的注意，并且发展了减压蒸馏。不过直到这个时候，减压蒸馏是没有真正成功的，因为还必须利用间歇式或釜式加热。对于管式炉及分馏塔设计的新知识，为发展连续减压蒸馏系统提供了合理的步骤。油的低凝固点试验，已不是用普通盐水循环方法进行，而是利用氨的直接膨胀。连续管式炉设备已用于所有蒸馏操作中，其中，包括裂化汽油的再蒸馏以及润滑油油料蒸馏操作。爱第里诺用二氧化硫的溶剂精制方法已在工业上被证明是有成效的。

1929—1935年。由于高度抗爆性汽油的需要，结果就发展了汽相裂化装置、汽油重整装置，并使裂化装置的用途逐渐增加。加氢过程也发展了，不过没有广泛地被采用，这是因为它的不良的经济条件的关系。几种有成效的溶剂脱蜡以及溶剂精制方法也产生了。利用溶剂精制方法就可以生产高粘度指数的润滑油。减压蒸馏被广泛地用来制造道路油及瀝青。四乙基铅已成为用来作为改良发动机燃料抗爆性能的一种方法。

1935—1941年。裂化气体中所得到的丙烷、丁烷以及不饱和烃类，已被利用于迭合、脱氢及氢化过程。将烯烃迭合成的“迭合汽油”的过程差不多在各个大型裂化装置中都实行了。固定床催化裂化过程已被介绍出来。炼制人员利用氧化-抑制化学品延迟了裂化汽油胶质的生成。市场上一般已采用了染色汽油。同时利用了添加剂以降低润滑油的倾点、改良粘度指数，并且给润滑油以耐极限压力的性质，从而加强了润滑油的性质。将乙烷、丙烷及丁烷气相裂化，可以得到浓度很高的乙烯及气体烯烃。从天然气中已制出大量的甲醛及酒精。在汽车引擎中应用了较低粘度的车用机油。

1941—1947年。产生了性能很强的润滑油。这是在润滑油中加入很多种类的化学添加剂，以改良润滑油的倾点、粘度指数、

浮游性、悬浮性、氧化稳定性、以及防止泡沫的构成和腐蚀的发生。许多大的化学制造公司第一次制造了非石油的合成润滑油。柴油以及家用馏分燃料油的需要量在迅速地增加。第二次世界大战加速了从石蜡脂或原油槽脚油中制取高熔点微结晶的石蜡，以及大规模地从石油中制取很多的化学品，其中包括有甲苯、甘油、丁二烯、苯乙烯、异戊烷以及供航空汽油用的异辛烷烃化油；同时在商业上利用超精馏过程，分离了很多的烃类。大多数的车胎橡胶是从石油中得来的，并且找出：从油中所得到的粗碳黑与新橡胶调合时，要比天然气中所得的碳黑还好。利用费-托过程从天然气中制造汽油，得到了广泛的重视。所有大炼厂中都应用了固定床、移动床、流化床或临氢重整的催化裂化过程，并且广泛地采用了催化脱硫。100辛烷值航空汽油的生产，在1945年每天达到了500,000桶，不过第二次世界大战終了以后，生产量却迅速的降下来了。在1944年中，联合企业有11个以上的炼厂在操作，并且有2327个地方企业经营石油产品。分析油分子化学结构的物理方法也发展起来，化学家是第一次能够广泛地将化学科学应用到高沸点的油类上面。

1947—1957年。石油化学制造工业得到了巨大的增长。采用合成橡胶比天然橡胶更为广泛。从炼厂及天然气得来的硫，在总的硫产量中占了重要的数字。天然汽油、液化石油气及天然气，已经能贮存在地下储器中了。某些缺少冷却水的地区，加速发展了用空气冷却的产品冷却器。喷气及涡轮飞机引擎的发展，使得喷气燃料的制造迅速增长，因此石油的中等馏出部分对于馏分油、柴油、喷气燃料及火箭燃料的需要就很大了。塞因福及胡特雷过程所用的空气或废气升举催化剂方法，对于催化裂化是一项重要的贡献。第一个能够大规模精制石油的真正催化过程，是铂重整或类似铂催化剂的重整过程。从1950年开始，到1955年时催化重整增加到近乎每日100万桶，并且几乎每一个炼厂，都建有一个重整装置。现在已能保证供应适当数量的苯及甲苯了，因为铂炼汽油是富于芳香烃的。也曾介绍了利用抑制剂而不是用化

学精制的脱硫方法。由于润滑油制造的改良，就可以销售高粘度指数的油，所以每种品质纯的油，可以在一年中的所有季节里使用。国内残余燃料油的连续过剩，使得我们更广泛地采用焦化，并且发展了连续焦化过程。现已采用冷冻而不是用压力以贮存及输送丙烷甚至液化天然气的挥发性产品。由于新近发现的油中含硫百分数增高，促使发展了几种加氢方法，以脱除瓦斯油及馏分油中的硫分。1956年第一次在市上出售了辛烷值为100的优等汽油（研究法），并且还建立了许多的烃化工厂，以保持所谓“辛烷值竞赛”。已经可以利用尿素在商业规模的工厂中和在室温之下进行脱蜡，尿素能与烷烃生成络合物。

参 考 文 献

- [1] Eng. Pat. 117,277(1918).
- [2] Am. Chem., 2, 18(1871—1872).

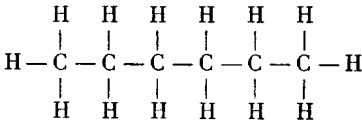
第二章 石油的組成

在石油中所找到的大部分化合物，是由碳及氢組成的。除了这些所謂烴类之外，还含有其他少量的硫、氧及氮的化合物。炼制的物理过程，例如汽化、分餾及冷却，在很大程度上，取决于这些烴类的性质，因为这些烴类組成了石油的主体；不过化学过程，例如精制及过滤，却是受硫、氧及氮化合物存在的影响，并在某种程度上，尚受着可能存在的少量活性烴类影响。苏联的原油〔1〕以及某些环烷基油，含有比較大量的氧。这种氧常常化合成为环烷酸的形式。环烷基油中也常可見到氮，并且一般是假定它是与烷基喹啉相似〔2〕的硷性化合物。硫可以是溶解的游离硫、硫化氢、或者是成为有机化合物〔3〕，例如噻吩、磺酸、硫醇、烷基硫酸盐及烷基硫化物。这些硫化物有些在原油中是找不到的，然而它們可以在蒸餾及精制时从其他化合物中产生。硫化物是特別棘手的，因为它们常常有恶臭味，并且其中有些是有腐蝕性的。在某些石油中，曾經找到含量为百万分之几的铁、鋳、鈾、砷等的金属有机化合物，这种含量，对于某些催化剂是有害的。

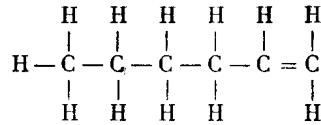
在石油中，可以找到很多的烴系，并且在裂化及加氢时，尚可以产生其他的烴系。这些烴系，在石油中已經檢驗出来的計有下列的形式： C_nH_{2n+2} ， C_nH_{2n} ， C_nH_{2n-2} ， C_nH_{2n-4} ， C_nH_{2n-6} ， C_nH_{2n-8} ， C_nH_{2n-10} ， C_nH_{2n-14} ，以及 C_nH_{2n-20} 。因为这些烴系中的碳元素多的烴类尚沒有合成出来，或是說尚沒有制出足够的数量以供研究使用，所以我們就缺少化合物以与从石油中分出的化合物相比較。再者，分离出純的化合物也是特別困难的，因为一种烴系中碳元素相近的烴类的性质彼此相差是很小的，同时也因为恒沸点混合物不能用分餾的办法分开。由于这些困难，以及石油中存有极多的烴类〔4〕，就使得石油化学的研究受到阻

碍。

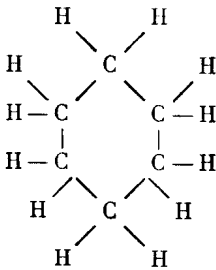
烃系 对于石油中存在的很多烃系，其中只有少数几个被彻底研究过，以指导工业上的发展。最熟悉的一些烃系是烷烃、烯



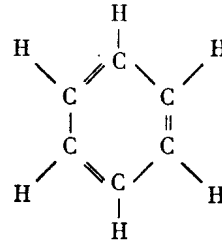
(1) 正己烷, C_6H_{14}



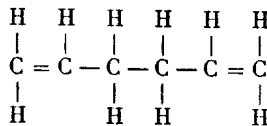
(2) 正己烯, C_6H_{12}



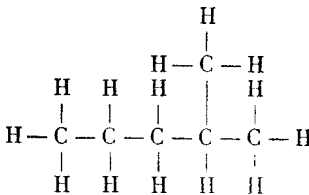
(3) 环己烷, C_6H_{12}



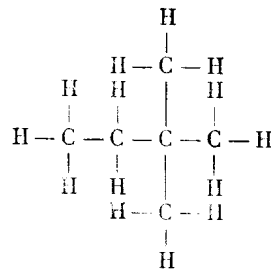
(4) 苯, C_6H_6



(5) 己二烯-1,5, C_6H_{10}



2-甲基戊烷, C_6H_{14}



2,2-二甲基丁烷, C_6H_{14}

(6) 异构烷烃

图 2-1 烃类的结构式