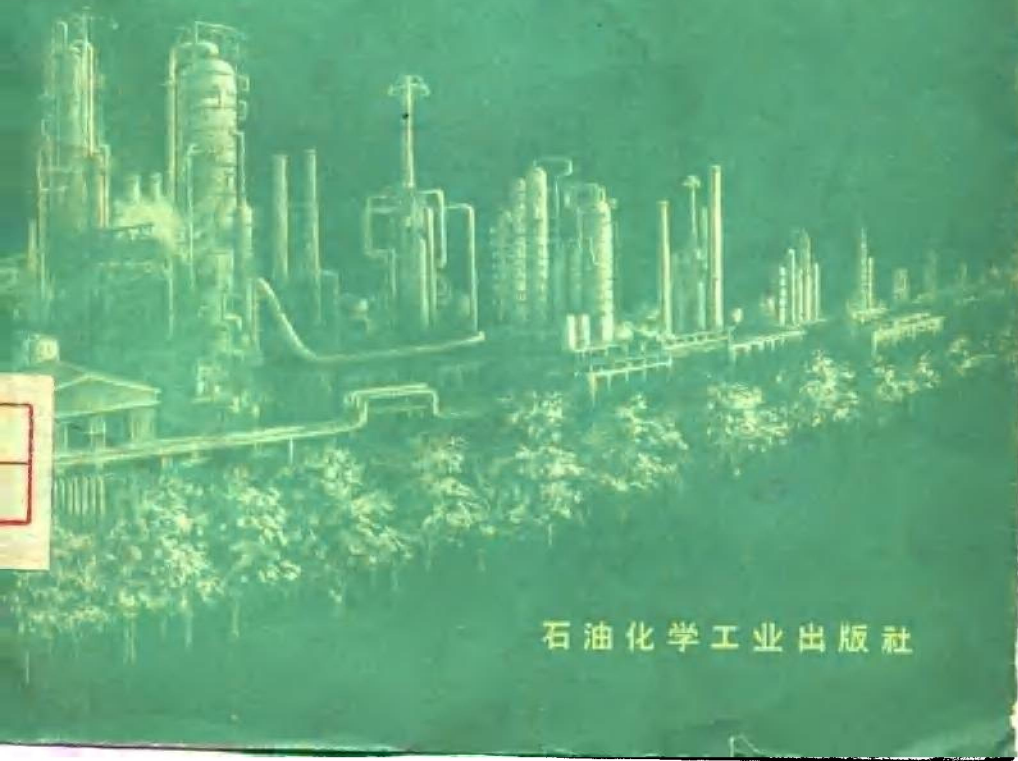


炼油工艺基础



石油化学工业出版社

炼油工艺基础

胜利炼油厂
华东石油学院 编

石油化学工业出版社

毛主席语录

教育必须为无产阶级政治服务，必须同生产劳动相结合。

我们的文学艺术都是为人民大众的，首先是为工农兵的，为工农兵而创作，为工农兵所利用的。

备战、备荒、为人民。

中国人民有志气，有能力，一定要在不远的将来，赶上和超过世界先进水平。

前 言

在毛主席的无产阶级教育路线的指引下，胜利炼油厂和华东石油学院于一九六九年底共同举办了教育革命试点班。通过试点班的实践，我们深感目前广大炼油工人迫切需要一本介绍炼油基础知识的读物。为此，试点班的工人、教员和学生三结合编写了本书。在这次出版前，我们进行了一些补充和修改。

这本读物的主要内容是介绍有关石油及石油产品、燃料及润滑油生产过程、炼油生产设备和仪表等方面的基础知识，读者对象主要是炼油生产装置上工作的操作工人。

本书一定存在很多缺点和错误，希望读者提出宝贵的批评和建议，帮助我们及时纠正。

胜利炼油厂
华东石油学院

一九七二年九月

目 录

前 言	
第 一 章 石油的组成及物理性质	1
第一节 石油的组成	1
第二节 石油及其馏分的物理性质	11
第 二 章 石油产品的应用	43
第一节 燃料	43
第二节 润滑油	61
第三节 添加剂	74
第 三 章 石油加工典型装置和流程	81
第一节 炼油厂典型流程	81
第二节 炼油生产装置	87
第 四 章 分馏塔	138
第一节 分馏的基本原理	138
第二节 分馏塔板的构造及选用	144
第三节 分馏塔的标定计算	156
第四节 分馏塔的操作	173
第 五 章 加热炉	178
第一节 加热炉的型式和结构	178
第二节 加热炉的操作	185
第三节 加热炉主要工艺指标的分析	189
第四节 加热炉的标定计算	196
第五节 空气-蒸汽清焦法	203
第 六 章 换热器	206
第一节 常用换热器的型式及结构	206
第二节 换热器主要工艺参数及其影响因素	213
第三节 换热器的标定计算	218
第 七 章 泵及管路	226
第一节 泵	226

第二节	管子和管件、阀件	245
第三节	管路计算	251
第八章	仪表自动化	261
第一节	概述	261
第二节	测量和变送	265
第三节	气动薄膜调节阀	282
第四节	气动调节器	285
第五节	自动调节系统的分析与操作	297
第九章	污水处理	321
第一节	炼油厂污水的性质	321
第二节	含油污水的处理	324
第三节	工艺污水的处理	326
第十章	腐蚀及防腐	330
第一节	炼油厂设备腐蚀的几类原因	331
第二节	测试设备腐蚀的几种方法	337
第三节	炼油厂设备的防腐措施	339
第十一章	安全知识	347
第一节	防火	347
第二节	防爆	351
第三节	防毒	355
附录一	常用理化数据	359
附录二	单位换算	369
附录三	常用数学	374

第一章 石油的组成及物理性质

第一节 石油的组成

一、元素组成

石油主要由碳和氢两种元素组成，它们在石油中占96~99%。碳和氢结合成的化合物称为碳氢化合物，简称为烃，烃类是加工和利用的主要对象。此外，石油中还含有硫、氮、氧等元素，它们的含量虽然通常在1%以下，但它们与碳、氢形成的化合物含量就常达10~20%，通常称为非烃化合物。非烃化合物，特别是硫化化合物的存在，对石油加工和产品质量会造成严重的不良影响，常成为加工过程的突出矛盾。在石油中还有微量的铁、镍、钒等金属元素，它们也是以化合物形式存在，在催化裂化中，这些元素会使催化剂的性能变坏。

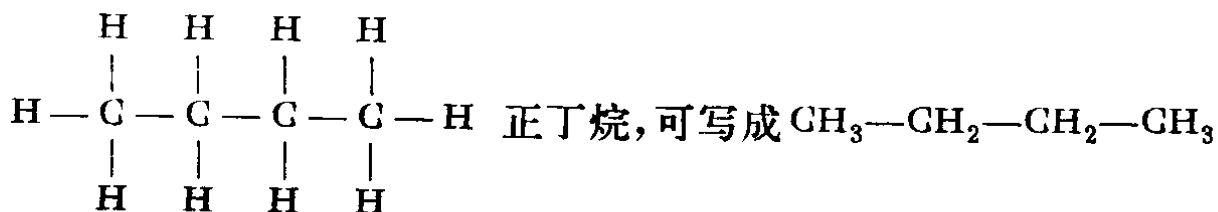
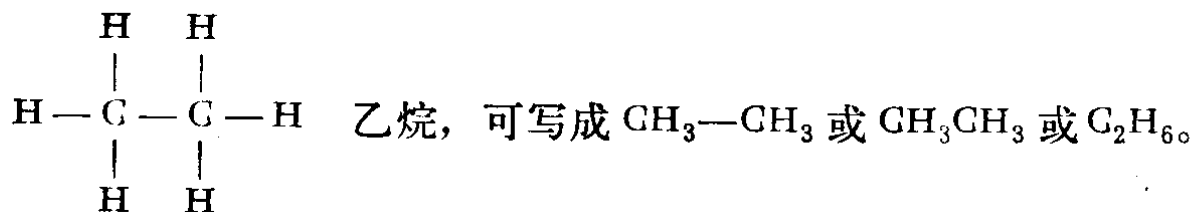
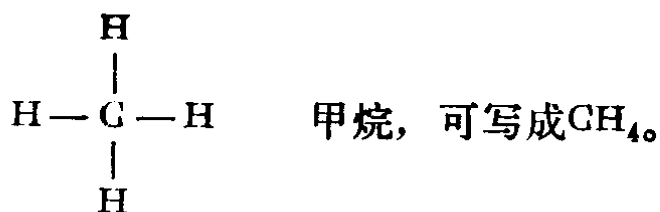
二、烃组成

石油中有各种不同的烃类，按其结构可分为烷烃、环烷烃、芳香烃等。一般天然石油中不含烯烃，而二次加工产物中常含有数量不同的烯烃。

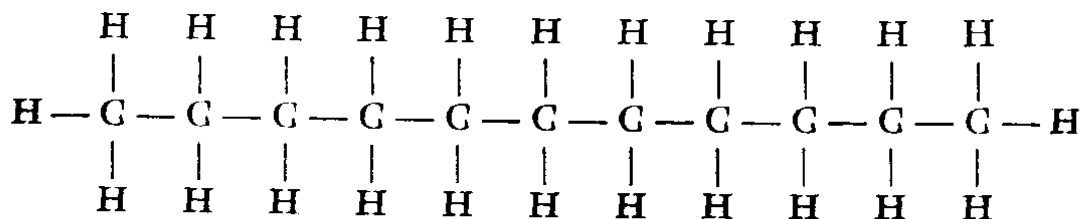
1. 烷烃

通式 $C_nH_{2n+2}(n=1, 2, \dots)$

(1) 直链烷烃 直链烷烃也叫正构烷烃。烷烃分子中碳原子数在十以下的，用甲、乙、丙、丁、戊、己、庚、辛、壬、癸命名，碳原子数目在十以上的，则用中文数字十一、十二……等命名。例如：

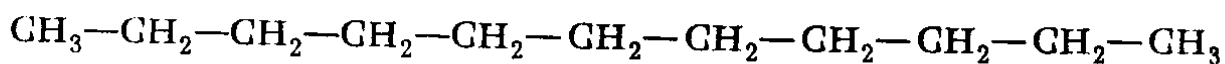


或 $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$ 或 $n\text{C}_4\text{H}_{10}$ 。



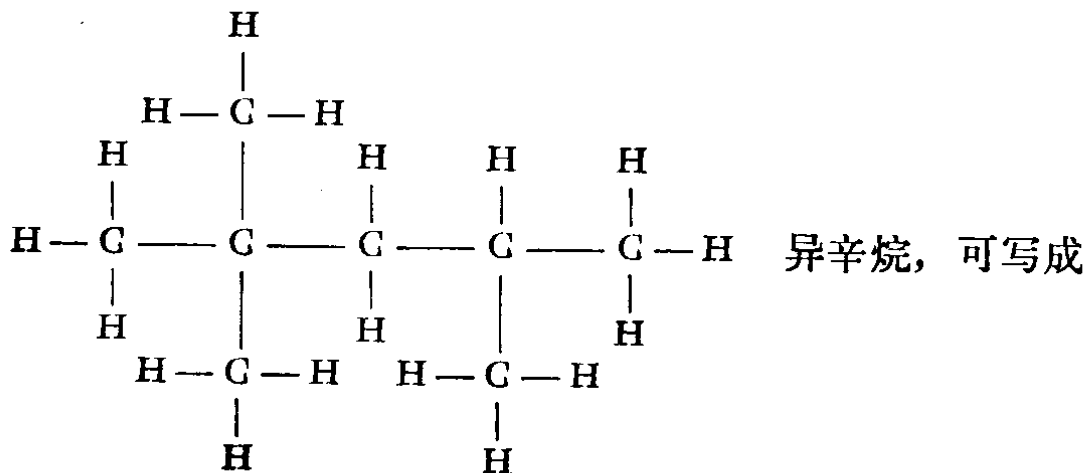
正十一烷,

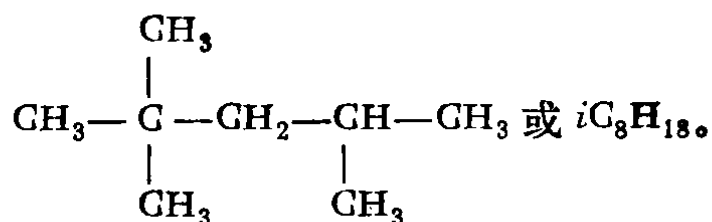
可写成



或 $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$ 或 $n\text{C}_{11}\text{H}_{24}$ 。

(2) 有支链的烷烃 带支链的烷烃称异构烷烃。异构烷烃按其总碳原子数命名为异“某”烷。例如:





一般总碳数相同的异构烷烃由于支链的位置及支链上的碳数不同，又可分成许多种，故按以下法则命名。

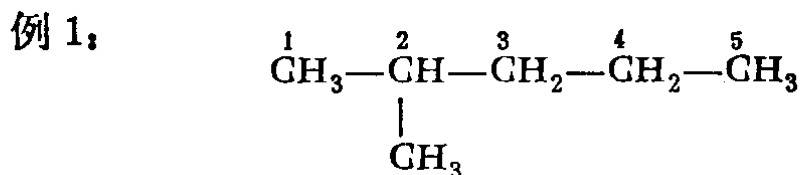
1) 烷烃分子去掉一个氢原子所剩下的部分称烷基，简写成R—，如：



2) 选择一个最长的碳链为主链（当有两条最长碳链时，则取支链最多的为主链，将支链看作取代基）。以主链的碳原子数来命名，称其主链为“某烷”。

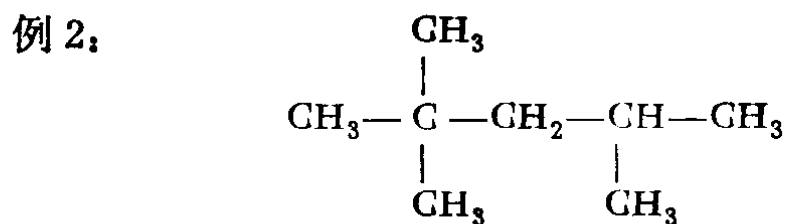
3) 将主链上的碳原子依次编号，以确定取代基的位置，编号的原则是：使取代基的碳原子号码最小。一般从靠近取代基的一端开始编号。

4) 用阿拉伯数字表示取代基的位置，汉字数字表示取代基的数目，将取代基的位置、数目、名称写在“某烷”的前面。有几个不同的取代基时，简单的取代基写在前面，复杂的取代基写在后面。



主链有五个碳原子，故主链为戊烷。

从靠近取代基编号，甲基在第二个碳原子上，所以它的名称是2-甲基戊烷。



主链有五个碳原子，故主链为戊烷。

从左边开始编号，则三个甲基的位置是 2, 2, 4，若从右开始编号，则是 2, 4, 4，号码 2, 2, 4 比 2, 4, 4 要小，按编号原则则应从左边开始编号，故它的名称是：2, 2, 4-三甲基戊烷，也称异辛烷。

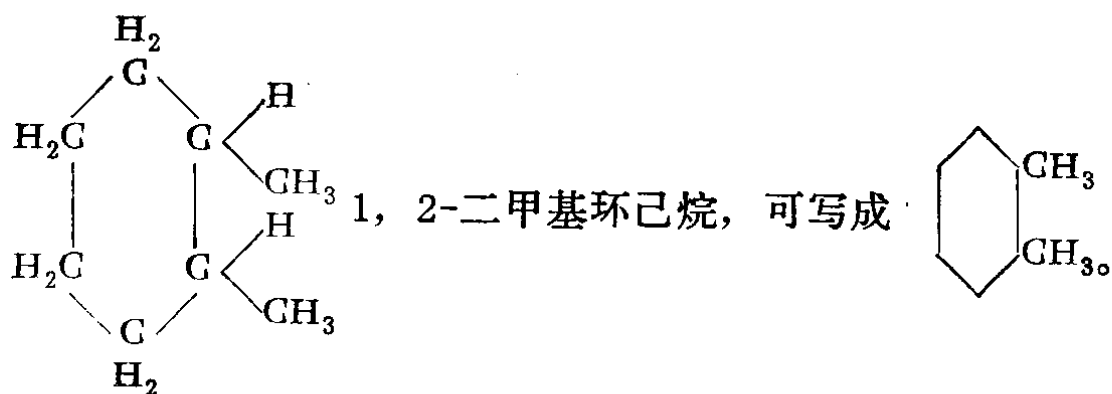
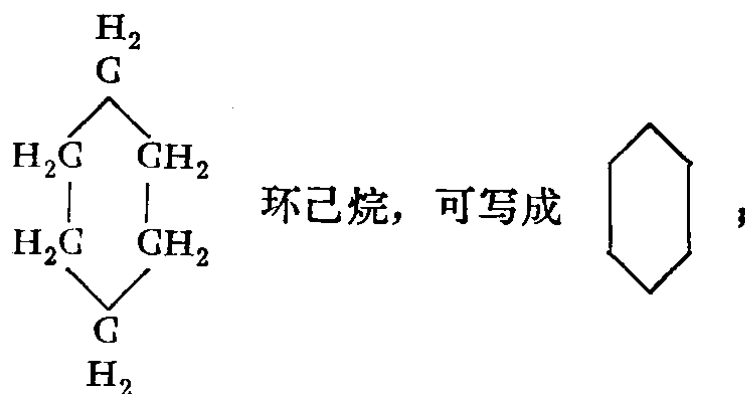
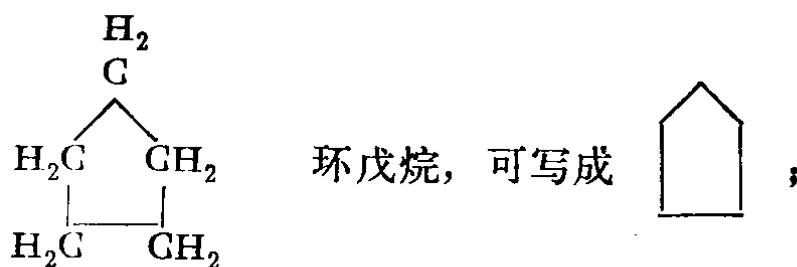
在室温及常压下， $C_1 \sim C_4$ 的烷烃为气体， $C_5 \sim C_{15}$ 的烷烃为液体，16 个碳原子以上的烷烃为固体。

2. 环烷烃

通式为 C_nH_{2n} 。是环状结构，分五碳环及六碳环两种。

其命名与烷烃命名相似，所不同之处：(1) 主体不是碳链，而是碳环；(2) 在名称前加一“环”字，称环“某”烷。

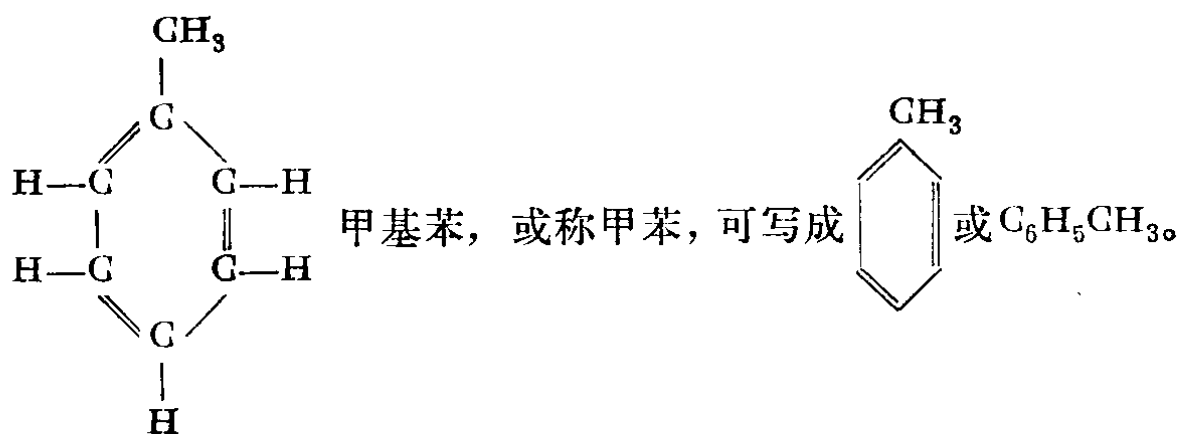
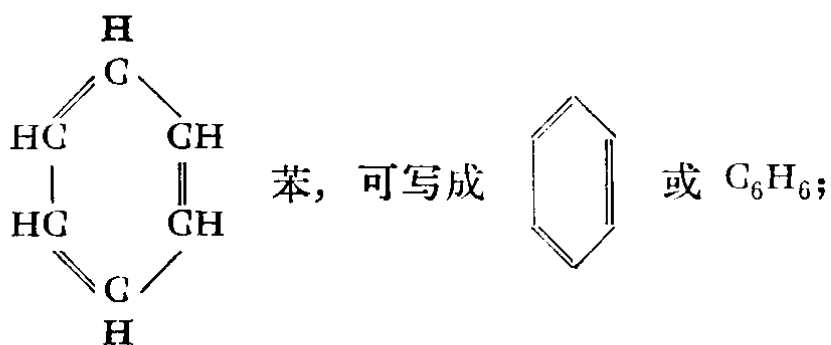
例：



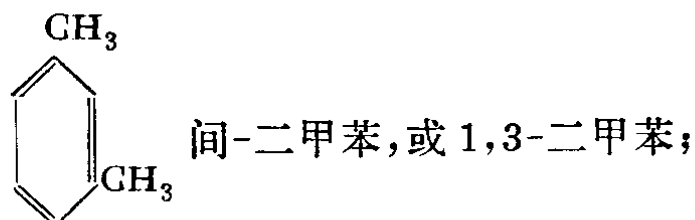
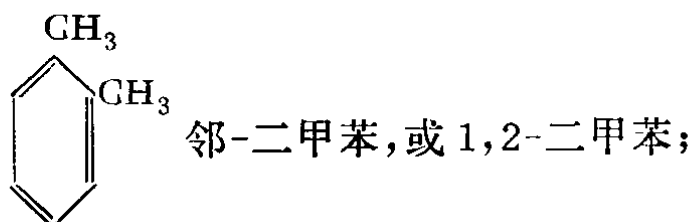
3. 芳香烃

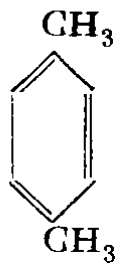
是带苯环的碳氢化合物，有单环及稠环之分。

单环芳香烃的命名是以苯为主体，烷基作为取代基，取代基部分的命名与烷烃命名相似。例如：



当环上有几个取代基时，命名时则必须把取代基位置表示出来，如：

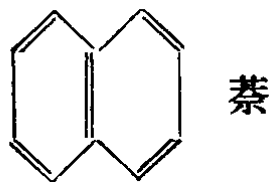




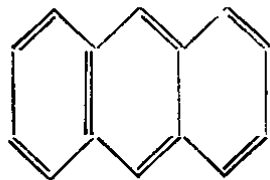
对-二甲苯，或 1,4-二甲苯。

稠环芳烃的命名与单环芳烃基本相似。

常见的稠环芳烃有：

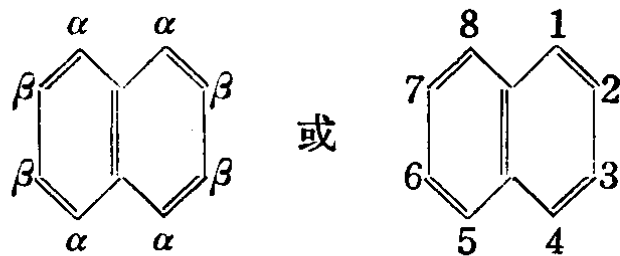


萘



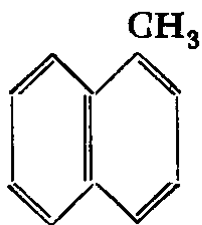
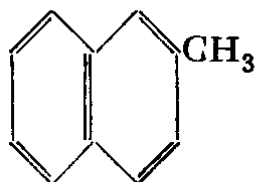
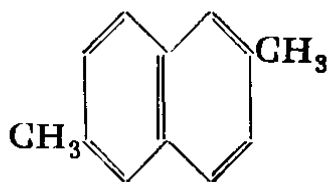
蒽

萘环的编号：



或

例：

 α -甲基萘，或 1-甲基萘； β -甲基萘，或 2-甲基萘；

2,6-二甲基萘。

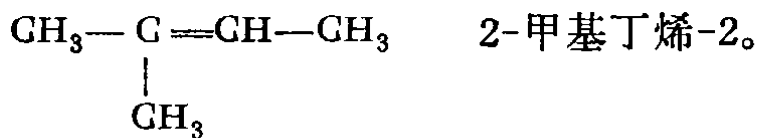
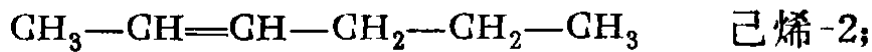
4. 烯烃与二烯烃

分子结构中有一个双键的叫做烯烃，如果有两个双键，则叫二烯烃。烯烃通式为 C_nH_{2n} ，二烯烃通式为 C_nH_{2n-2} 。

烯烃与烷烃命名法相似，所不同之处：

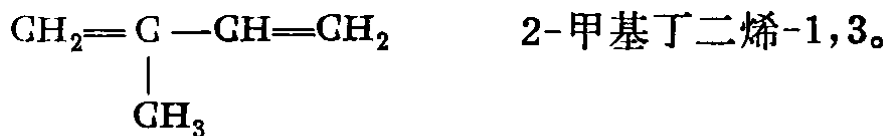
- (1) 选择包含双键在内的最长碳链为主链；
- (2) 编号时自靠近双键的一端开始；
- (3) 双键的位置用阿拉伯数字标在名称后面。

例：

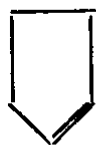


二烯烃的命名法是：选择包含两个双键的最长链为主链，称为“某二烯”，其它链则看成取代基，编号时使两个双键所在的碳原子有最小号码。双键的位置用阿拉伯数字写在名称的后面。

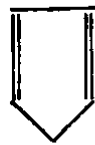
例：



如果双键的位置在环上，则称环“某”烯或环“某”二烯。例如：



环戊烯；



环戊二烯-1,3。

以上各种烃类的物理及化学性质将在油品的性质及加工过程的化学反应中分别结合不同的具体情况进行讨论。

三、非烃组成

天然石油中的非烃化合物主要指含硫、含氧、含氮化合物而

言。

1. 含硫化合物

石油中存在的含硫化合物有：硫化氢、硫醇、硫醚、二硫化物以及噻吩等。

(1) 硫醇 烃分子中氢原子被羟基（即OH）取代就成为醇。如 $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ 称为乙醇（即酒精），醇的羟基中的氧原子被硫置换后，形成的化合物称为“某”硫醇，简写成 RSH ，例如 $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{SH}$ 称为乙硫醇。

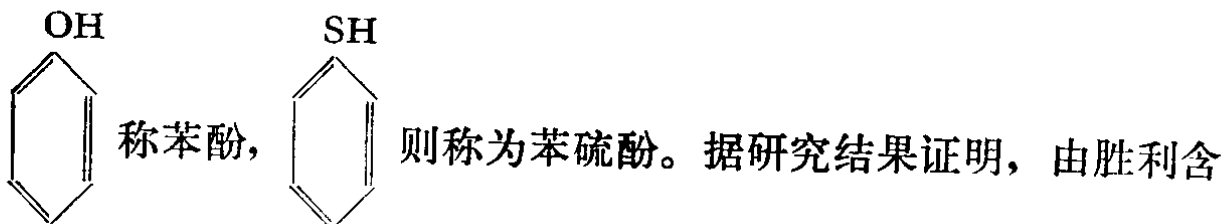
石油中硫醇的含量较少，它们多存在于低沸点馏分中。硫醇有极难闻的臭味，空气中如含有 1×10^{-8} 克/升的低分子量硫醇，即可嗅出。硫醇可与铁作用，腐蚀管线及设备，但可利用其弱酸性，与碱（氢氧化钠）作用从油中除去。

(2) 硫醚 醇中羟基(OH)的氢原子为烃取代后所形成的化合物称为醚，如

$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OCH}_2\text{CH}_3$ 称二乙醚，简称乙醚。醚中的氧原子被硫取代后所形成的化合物称为“某”硫醚。简写成 RSR ，如 $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{-SCH}_2\text{CH}_3$ ，称乙硫醚。

硫醚是石油中含量较多的含硫化合物，其分布随沸点上升而增加，在高沸点馏分中硫醚形态的硫有时可以占总硫量的70%以上。

(3) 硫酚 酚中羟基(OH)的氧原子为硫原子取代所形成的化合物称为硫酚，如

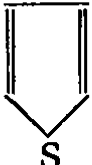


硫原油生产的焦化汽油变质生胶的主要成分是苯硫酚。

(4) 二硫化物 在烃分子中有两个硫原子的称二硫化物，简写成 RSSR ，如 CH_3SSCH_3 ，称为二甲基二硫化物。

石油中二硫化物含量较硫醚为少，且较集中于高沸点馏分

中，它们的热安定性差，在 $180\sim 200^{\circ}\text{C}$ 就开始分解成硫醇、硫醚及硫化氢等。

(5) 噻吩 噻吩  及其同系物^① 为芳香烃的杂环化合物，

它们的热安定性较高，在石油馏分中的含量也较多。

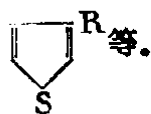
在一般的储存或使用条件下，硫醚、二硫化物及噻吩呈中性，对金属没什么腐蚀作用，故人们常称此类硫化物为中性硫化物或“非活性硫化物”。而硫化氢、硫醇和元素硫，因对金属的腐蚀作用较大，故称为“活性硫化物”。然而“活性硫化物”与“非活性硫化物”的意义并不是绝对的，石油中的这些含硫化合物在不同条件下可以互相转化，如硫化氢被空气氧化可生成元素硫，硫与石油烃作用 (150°C) 也可以生成硫化氢和其他含硫化合物，二硫化物受热又可分解成为硫醚、硫醇、硫化氢等。在高温燃烧时，以上含硫化合物均可变成对金属有腐蚀作用的二氧化硫 (SO_2) (如在柴油机的燃烧室中)。

硫化物除对金属有腐蚀作用外，还会恶化油品使用性能，含硫化合物易使汽油的感铅性降低，恶化汽油的抗爆性，易使储存和使用中的油品氧化变质，生成粘稠状沉淀，进而影响发动机或机器的正常工作。目前认为，喷气燃料的氧化安定性首先决定于非烃化合物的含量，而含硫化合物在非烃类中起主要作用。

由于含硫化合物有以上害处，故炼厂常采用精制法将其除去。如在炼油厂中建立硫磺回收的装置，还可以加工废气中的硫化氢以生产硫磺。

随着我国新油田的不断发现，开采储运、加工和使用含硫石


① 同系物是指具有同一通式、结构相似，具有相似的化学性质的一系列化合物。如前所述烃类中，正庚烷即甲烷的同系物，甲苯即苯的同系物。噻吩的同系物即



油的问题已提到日程上来。因此我们对含硫石油的特性的认识也是急需解决的问题。由含硫石油带来的石油加工技术和设备方面的困难，以及探索解决这些困难的途径，都是我们石油工人急需努力的。

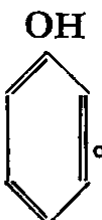
2. 含氧化合物

石油中的含氧化合物，含量最多的是环烷酸及少量的酚等酸性物质，通常总称为石油酸。

(1) 环烷酸 石油中的环烷酸主要为  $(\text{CH}_2)_n\text{COOH}$ ，分

子式中的一COOH称羧基，环烷酸中的羧基不直接连于环。 $n=1, 2, 3, \dots$ ，环上可能有甲基等取代基。环烷酸在石油馏分中的分布较特殊，即在中沸点馏分（ $250\sim 300^\circ\text{C}$ ）最多，而在低沸点及高沸点馏分中较少。环烷酸呈弱酸性，但也能腐蚀金属，故石油馏分中的环烷酸一般用碱洗的办法除去，从所得的碱渣可回收环烷酸。

(2) 酚 羟基直接与芳香烃相连接的化合物称为酚。最简单

的酚是苯酚 。

酚有强烈的气味（如常用的药皂），呈弱酸性，故石油馏分中的酚可以用碱洗法除去。因酚能溶于水，故炼厂污水中常含有酚。污水中的酚必须除去后才能排入沟渠，否则污水会毒害庄稼和鱼类。

3. 含氮化合物

石油中的含氮化合物主要有吡啶 、吡咯  等。

吡咯在空气中易氧化，颜色逐渐变深，最后成树脂状物，故

汽油变色与其有关。据研究证明，原油生产出的焦化汽油变色的主要成分是含氮化合物。

4. 胶状沥青状物质

石油中的氧、氮、硫绝大部分都以胶状沥青状物质的形态存在，它们是一些分子量很高、分子中杂原子不止一种的复杂化合物。由于结构不明，我们只能根据其外观形状称之为胶状沥青状物质。

胶质一般能溶于石油醚（30~90℃的烷烃及环烷烃）及苯，也能溶于一切石油馏分。在石油馏分中，从煤油开始均有胶质存在。沥青质是一种深褐或黑色的无定型固体，没有挥发性，不溶于石油醚而溶于苯。石油中的沥青质全部集中在渣油中。渣油中的高分子烃类可制取高粘度的润滑油，脱出的沥青可以经过氧化制造出道路、建筑以及电器绝缘用沥青。

第二节 石油及其馏分的物理性质

石油及其馏分的物理性质是科学研究和生产实践中评定油品质量和控制加工过程的重要指标，也是设计和计算石油加工过程的必要数据。油品的物理性质和其化学组成及结构有密切的关系。油品是复杂的混合物，所以它的物理性质是其中各种组成的性质的综合表现。与纯化合物的性质有所不同，油品的物理性质往往是条件性的，离开了测量方法、仪器和条件，这些性质就没有意义。

一、比 重

油品的比重在生产及储运中有着重要意义，如在产品计量、炼油厂工艺设计、计算等处常用到。在某些产品规格中，为了严格控制原料来源及馏分性质，有时对比重也有一定要求。由于比重是与原油或产品的物理、化学性质有关的，所以根据比重也可大致估计原油的类型，如含烷烃多的原油的比重常较含环烷烃及芳香烃多的原油的比重低。含硫、氧、氮等化合物越多的，胶质