

石油工人初级技术培训教材

烃化学及石油产品性能

(试用本)

石油五厂 刘振儒 编



石油工业出版社

TE626

3
3

石油工人初级技术培训教材

烃化学及石油产品性能

(试用本)

石油五厂 刘振儒 编

12-11



石油工业出版社

B 189146

内 容 提 要

本书主要介绍烃类及其衍生物化学的基础知识，石油及其产品的组成、物理性质、石油产品的分类和使用要求，最后简要介绍了石油产品的化验分析。

本书为石油工人初级技术培训试用教材，供炼油工和炼厂油品储运工阅读。

石油工人初级技术培训教材

烃化学及石油产品性能

(试 用 本)

石油五厂 刘振儒 编

石油工业出版社出版发行

(北京安定门外外馆东后街甲36号)

妙峰山印刷厂排版印刷

787×1092毫米 32开本 6¹/₂ 印张143千字 印1—19,000

1984年11月北京第1版 1984年11月北京第1次印刷

书号：15037-2526 定价：0.68元

前 言

本书是根据石油部劳资司一九八三年制订的炼油工技术培训教学大纲编写的，可作为石油工人初级技术培训试用教材，供炼油工和炼油厂油品储运工阅读。

本书以烃化学为基础，进而概述了石油的化学组成及油品的物理性质、石油产品的分类和使用要求等有关基础理论知识。在本书编写中，编者力求通俗易懂、突出重点。

本书初稿编出后，曾召开了审稿讨论会，参加审稿的有：上海炼油厂孙焯、涂作为、钟志勤、杨惠仁、柳民极、周忠泉，兰州炼油厂的刘迪忻、抚顺石油二厂的陈正全等同志。由石油五厂刘振儒编写和修改定稿。

由于本书编写时间仓促，加之经验不足，肯定会有不少缺点和错误，欢迎读者批评指正。

编 者

一九八三年五月

目 录

绪论.....	1
第一章 烃类.....	4
第一节 烃类的分子结构.....	4
第二节 烷烃.....	7
第三节 烯烃.....	20
第四节 二烯烃.....	29
第五节 炔烃.....	32
第六节 环烷烃.....	40
第七节 芳香烃.....	42
第二章 烃的衍生物.....	54
第一节 卤代烃.....	54
第二节 羟基化合物.....	57
第三节 羰基化合物.....	67
第四节 羧酸及其衍生物.....	72
第五节 含氮有机化合物.....	81
第六节 含硫有机化合物.....	84
第三章 石油的组成.....	91
第一节 石油的外观及其元素组成.....	91
第二节 石油中的烃类组成.....	92
第三节 石油中的非烃组成.....	96
第四章 石油及其产品的物理性质.....	101
第一节 油品的比重与密度.....	101

第二节	馏程(沸程)	106
第三节	特性因数与分子量	110
第四节	蒸汽压	113
第五节	油品的粘度	114
第六节	闪点、燃点和自燃点	120
第七节	油品的低温流动性	123
第八节	油品的热性质	125
第五章	石油产品的分类和使用要求	131
第一节	石油产品的分类	131
第二节	燃料油的使用要求	132
第三节	润滑油的使用要求	156
第四节	其它石油产品的使用要求	176
第五节	润滑脂的分类和使用要求	182
第六章	石油及其产品分析简介	191
第一节	石油产品分析任务和试验方法标准化	191
第二节	油品分析项目及化验分析简介	193

绪 论

石油主要是由碳氢化合物组成的复杂混合物，碳、氢两种元素约占石油元素组成的96~99%。此外，石油中还含有少量的氧、硫、氮等其它元素。石油中所含的有机化合物按其元素组成可分为两类：一类是仅由碳、氢两种元素所组成，称为烃类化合物，烃类化合物是有机化合物中最基本、最简单的化合物，也是石油的主要组成；另一类是非烃化合物，这类化合物的元素组成中除含有碳、氢元素外，还含有氧、硫、氮、卤素等其它元素，故又称为烃的衍生物，这类化合物在石油中含量较少。

石油埋藏在地下深达三、四千米，浅的也有几百米。经过地质勘探、钻井、采油，从油井中开采出来的石油称为天然原油。天然原油在矿场上脱水脱盐后送往炼油厂进行加工。

从原油到各种石油产品(如汽油、煤油、柴油、润滑油、蜡、沥青等)，都是烃类的复杂混合物。烃类及其衍生物的化学属于有机化学研究的范畴，更确切地说，有机化学是研究烃类及其衍生物的化学。

一、石油在国民经济和国防建设上的重要性

1. 石油是当代主要动力资源

自十九世纪内燃机出现以后，由石油炼制成的汽油、煤油、柴油就成为汽车、拖拉机、内燃机车、船舶等交通工具不可缺少的燃料，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、飞机、装甲车、舰艇等都以石油产品为燃料，而且近代火箭燃料有一部分也是从石油中获得的。

2. 石油是优质的润滑材料

石油是提取润滑油的主要原料，目前全世界每年生产的石油约有2%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消耗。随着科学技术的发展，近代的许多设备都需要在高速、高温、高压或低温、低压下运转，因此，对润滑材料的性能和质量要求也日益提高。量大、面广的各种润滑油、脂，都是从石油中提取的，这是因为从石油中提取润滑油比较经济，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。

3. 石油是化学工业的重要原料

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)、一萘及其它基础有机原料，进而又可以制得醛、酮、酸、酯、酐等基本有机产品或原料，以及合成纤维、合成橡胶、合成洗涤剂、涂料、炸药、农药、医药、染料、化肥等重要的各种各样化工产品。石油在化工领域中的重要地位日益显著。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的总产值的60~80%左右；据不完全统计，石油化工产品已多达七千多种。由此可见，石油在化工领域中占有的地位非常重要，今后将有更广阔的前景。

二、本课程的内容和学习方法

本书重点论述了烃类及其衍生物化学的基础知识，石油及其产品的组成、物理性质和油品的使用性能要求等有关内

容，学好本课程，可为进一步学好炼油专业课和搞好生产打下基础。

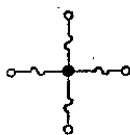
学习中要注意前后各章的联系，达到融会贯通，反复应用，及时复习，总结巩固；对一些名词术语、符号和产品牌号等应当记牢；学习中要与工厂实践中所获得的知识相联系，以消化课堂上所学的知识；既要重视实践经验的总结，也要重视运用所学的理论作指导，善于从生产现象、分析数据的分析出发，引出规律性的结论。

第一章 烃 类

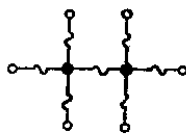
第一节 烃类的分子结构

碳和氢两种元素组成的化合物叫做烃。烃是有机化合物中最基本的一类，也是石油的主要成分。

碳和氢两种元素化合时，由于碳原子的化合价是4，氢原子的化合价是1，所以一个碳原子可和四个氢原子结合，这就是最简单的烃类——甲烷。这种结合关系可用下图作比喻。图中●、○分别代表碳、氢原子，每个钩子代表化合价的数目。碳原子化合价是4，相当于有4个钩子；氢原子化合价是1，相当于有1个钩子。



甲烷



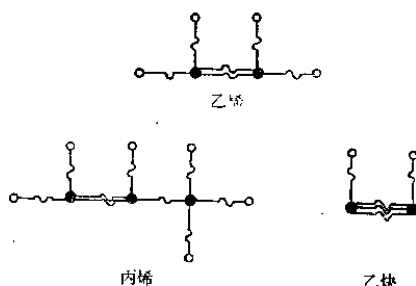
乙烷



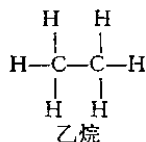
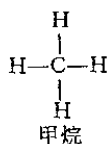
丙烷

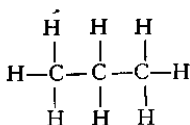
在有 2 个以上碳原子的烃分子中，碳原子还可以相互结合，如乙烷、丙烷。

在任何一种化合物的分子中，原子化合价是不允许空着的，也就是说，它必须连着其它原子。由于碳原子化合价是 4，即相当于有 4 个钩子，当分子中氢原子数目不能满足碳原子需要时，根据氢原子的多少，碳原子就会相互连接，形成二对钩子或三对钩子，如乙烯、丙烯、乙炔。

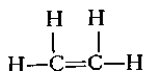


为了书写方便，可将上述图形用元素符号和短线“—”表示为：

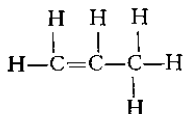




丙烷



乙烯



丙烯



也可以简写成下式：

甲烷 CH_4 ；乙烷 CH_3-CH_3 ；丙烷 $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_3$ ；
 乙烯 $\text{CH}_2=\text{CH}_2$ ；丙烯 $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_3$ ；乙炔 $\text{CH}\equiv\text{CH}$ 。

这种式子不仅表明了一个烃分子的元素和原子数目，而且还能表示它们相互结合的关系，因此叫作分子结构式。分子结构式中原子间的短线代表原子间结合的化合价，也叫化学键。碳原子间画一条短线的叫一价键，画两条和三条短线的分别是二价键和三价键。

从烃类分子结构式可以看出，当分子中只有一个碳原子时，它和氢原子只能有一种结合方式，形成一种化合物。如果烃分子中有两个碳原子，它和氢原子就会有三种结合方式，形成三种化合物：乙烷、乙烯和乙炔。不难想象，随着碳原子数目的增多，碳氢两种原子将会有多种结合方式，形成更多的化合物。

虽然烃类分子中只有碳、氢两种元素，但由于碳、氢原子数目的不同，二者结合方式的差别就使得烃类化合物会多到难以想象的程度。譬如含有十个碳原子的烃类，碳原子间

只按照一价键的形式结合，就会有七十五种不同分子结构的化合物，这正象用砖瓦可以盖成许多形状不同的房屋一样。

最常见的烃类化合物有烷烃、烯烃、炔烃、环烷烃和芳香烃。天然石油中含有烷烃、环烷烃和芳香烃。

第二节 烷 烃

烷烃的分子结构特点是：分子中各个碳原子用单键连接成链状，而每个碳原子余下的化合价都与氢原子相连接，因此把这类烃叫烷烃。“烷”读“完”，表示碳原子上没有空闲着化合价，都被氢原子占完了或饱和了，因此烷烃也叫饱和烃。

烷烃分子中各个碳原子可连接成直链状，也可能在直链上带有一些支链。通常把直链烷烃叫正构烷，把带支链的烷烃叫异构烷。

一、烷烃及其同系物

烷烃包括一系列的化合物，例如甲烷、乙烷、丙烷、丁烷、十二烷等。它们的结构式和分子式如下：

名称	分子式	结 构 式	简 化 结 构 式
甲 烷	CH_4	$ \begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{H} \end{array} $	
乙 烷	C_2H_6	$ \begin{array}{cc} \text{H} & \text{H} \\ & \\ \text{H}-\text{C} & -\text{C}-\text{H} \\ & \\ \text{H} & \text{H} \end{array} $	CH_3-CH_3

续表

名称	分子式	结 构 式	简 化 结 构 式
正丁烷	C_4H_{10}	$ \begin{array}{cccc} H & H & H & H \\ & & & \\ H-C & -C & -C & -C-H \\ & & & \\ H & H & H & H \end{array} $	$CH_3-CH_2-CH_2-CH_3$
异丁烷	C_4H_{10}	$ \begin{array}{ccc} H & H & H \\ & & \\ H-C & -C & -C-H \\ & & \\ H & H-C-H & H \\ & & \\ & H & \end{array} $	$ \begin{array}{c} CH_3-CH-CH_3 \\ \\ CH_3 \end{array} $
正戊烷	C_5H_{12}	$ \begin{array}{ccccc} H & H & H & H & H \\ & & & & \\ H-C & -C & -C & -C & -C-H \\ & & & & \\ H & H & H & H & H \end{array} $	$ \begin{array}{ccccccc} CH_3 & -CH_2 & -CH_2 & -CH_2 & -CH_2 & -CH_2 & -CH_3 \\ & & & & & & \\ & & & & & & CH_3 \end{array} $
异戊烷	C_5H_{12}	$ \begin{array}{ccc} & H & \\ & & \\ & H-C-H & \\ H & & H \\ & & \\ H-C & -C & -C-H \\ & & \\ H & H-C-H & H \\ & & \\ & H & \end{array} $	$ \begin{array}{c} CH_3 \\ \\ CH_3-C-CH_3 \\ \\ CH_3 \end{array} $
十二烷	$C_{12}H_{24}$	$ \begin{array}{c} CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2- \\ -CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3 \end{array} $	

从上述几种烷烃可以看出，它们在分子组成上具有一定规律，也就是任意两个烷烃之间相差一个或几个 CH_2 原子

团。在这些烷烃分子里，如果把碳原子数定为 n ，那么氢原子数就是 $2n + 2$ 。可见，烷烃都可以用 C_nH_{2n+2} 这个通式来表示它们的分子组成。

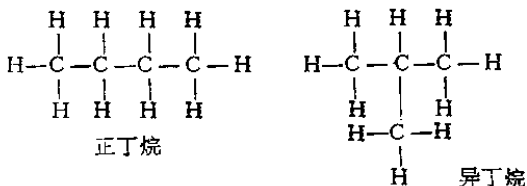
甲烷、乙烷、丙烷等结构相似，在分子组成上相差一个或几个 $-CH_2-$ 原子团，这种具有同一通式的一系列化合物称为同系列。同系列中各化合物互为同系物。相邻两个同系物在组成上相差一个 CH_2 ，称为系差。

二、烷烃的同分异构体

在研究物质的组成和性质过程中，发现有许多物质具有相同的化学组成，但性质上有差异。例如，分子式都是 C_4H_{10} 的正丁烷和异丁烷，其物理性质都不一样。

	正 丁 烷	异 丁 烷
熔 点	$-138.4^{\circ}C$	$-159.6^{\circ}C$
沸 点	$-0.5^{\circ}C$	$-11.7^{\circ}C$
液态时密度 (克/厘米 ³)	0.5788	0.557

这说明物质的性质除决定于它们的组成外，还决定于它们的分子结构。例如：

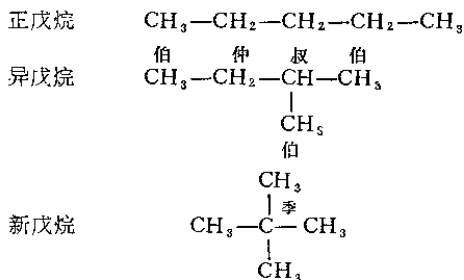


化合物具有相同的化学组成和分子量，但具有不同结构和性质，这一现象叫作同分异构现象，具有同分异构现象的

化合物叫做同分异构体。例如，正丁烷和异丁烷就是丁烷的两种同分异构体。

随着烷烃分子里碳原子数的增多，碳原子的结合方式就越趋复杂，同分异构体的数目也就越多。例如，戊烷(C_5H_{12})有三种，己烷(C_6H_{14})有五种，庚烷(C_7H_{16})有九种等等。同分异构现象是有机物种类极其众多的原因之一。

在写结构式时，为了着重表示出碳原子间的连接方式和次序，常采用简化的结构式。例如， C_5H_{12} 的三种异构体可简写为：



三种戊烷分子中的碳原子地位不完全相同，有的在碳链的末端，只与另外一个碳原子相连；有的则在碳链中间，分别与另外二个、三个或四个碳原子相连。与一个碳原子相连的称为伯碳原子；与二个、三个、四个碳原子相连的，分别称为仲、叔、季碳原子。而伯、仲、叔碳原子上所连接的氢分别称为伯、仲、叔氢原子。

从烃分子中去掉一个或几个氢原子后所剩下的原子团叫做烃基。烷烃分子中去掉一个氢原子后所得的烃基叫做烷基。烷基是常见的一种取代基，它的通式是 C_nH_{2n+1} ，一般

用“R”来表示。烷基的名称是由相应的烷烃得来的，它们都是一价基。例如：

CH_3 —甲基

CH_3CH_2 —乙基

$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2$ —正丙基

$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \backslash \\ \text{CH} \text{—异丙基} \\ \text{CH}_3 / \end{array}$

三、烷烃的命名法

有机物的分子结构复杂，同分异构体多，所以有机物的命名具有很重要的意义。烷烃的命名方法常用以下两种：

1. 习惯命名法

习惯上把碳原子数从一到十个的烷烃分别叫做甲、乙、丙、丁、戊、己、庚、辛、壬、癸烷，碳原子数在十个以上的直接用十一、十二、十三烷等来表示。如 C_9H_{20} 叫壬烷， $\text{C}_{24}\text{H}_{50}$ 叫二十四烷。

显然这种命名法不能把许多同分异构体区别开来。例如 C_5H_{12} 有三个异构体都叫戊烷，为了进一步相区别，把直链的称为“正”戊烷；带一个支链的称“异”戊烷；带有二个支链的称“新”（或“季”）戊烷。但是，这样也只能对一部分简单的有机物命名，对于比较复杂的烷烃命名就很困难。

2. 系统命名法

其主要特点是把带支链的烷烃看成是直链烷烃的衍生物。具体步骤是：

(1) 选择主链 从化合物的结构式中选择一条最长的碳链看作主链，把支链看成取代基，按主链碳原子数命名该化合物为“某烷”。例如：