

有机及生物化学

(試用教材)

广东师院生物系编

1973年3月

前

言

在毛主席革命路线指引下，无产阶级教育革命迅猛发展，对教材建设提出迅速跟上形势的要求，为了满足教学需要，我们赶编了这本《有机及生物化学》（试用教材），供师范学院生物系学生使用。（讲课数约72学时，实验另外。）

根据理科教材基础理论不应削弱和师范教材宜尽可能知识面宽些的精神，以及新编教材要贯彻理论联系实际和少而精的原则，要做到革命性科学性实践性的统一。本教材在时间极为仓促的情况下，自信未能达到要求。加上我们毛泽东思想水平和业务水平不高，学习与列、毛主席著作不够，和缺乏实践经验，教材中肯定存在许多缺点和错误。但为了今后更好培养工农兵学员，我们还是把这份仓促付印的初稿拿出来，请大家批评指正。我们热诚地希望广大工农兵、兄弟院校的革命教师和工农兵学员，阅读本教材时先按勘误表改正错处。重阅后向我们提出批评意见，以供我们暑假后修订时能吸收到宝贵意见。希望靠集体的智慧，早日使教材趋于完善，以便更好为培养工农兵学员服务。

广东师院 生物系

化学微生物教学小组

1973.4.

目 录

第一章 有机化学基础知识

第一节 概论	1—1
第二节 羧类	1—6
第三节 醇、酚	1—55
第四节 醛、酮、醌	1—64
第五节 羧酸及其衍生物	1—75
第六节 胺类	1—89
第七节 杂环与生物碱	1—93

第二章 糖

概论	2—1
第一节 糖类的分类与命名	2—2
第二节 单糖的结构与构型	2—5
第三节 单糖的物理、化学性质	2—8
第四节 单糖的重要衍生物	2—14
第五节 多糖	2—16
第六节 糖类对有机体及国民经济的意义	2—25

第三章 脂类

概论	3—1
第一节 真脂的化学	3—2
第二节 类脂	3—7
第三节 脂类在生物学和国民经济中的意义	3—12

第四章 蛋白质的化学

概论	4—1
第一节 氨基酸的化学	4—4

第二节	蛋白质的化学键与水解	4—1 2
第三节	蛋白质分子形状与结构	4—1 5
第四节	蛋白质的性质	4—2 1
第五节	蛋白质的分类	4—3 0
第六节	蛋白质的生产与应用	4—3 6
第五章 核酸的化学		
概论		5—1
第一节	组成与结构	5—1
第二节	核酸的性质与鉴定	5—7
第六章 激素		
概论		6—1
第一节	高等动物激素	6—1
第二节	高等动物激素作用机制及应用	6—1 3
第三节	低等动物激素	6—1 5
第四节	植物激素	6—1 7
第七章 酶		
概论		7—1
第一节	酶的生成与分布	7—3
第二节	影响酶作用的因素	7—5
第三节	酶催化作用的机制	7—7
第四节	酶的命名及分类	7—9
第五节	酶制剂的应用与制备	7—1 3
第八章 维生素		
第一节	维生素A族	8—1
第二节	维生素B族	8—7
第三节	维生素C族	8—1 7

第四节	维生素 D	8—19
第五节	维生素 E	8—21
第六节	维生素 K	8—23
第七节	维生素 PP	8—24
第八节	泛酸	8—26
第九章 新陈代谢与生物氧化		
第一节	新陈代谢概论	9—1
第二节	生物氧化	9—4
第三节	氧化还原酶类	9—7
第四节	代谢水与 CO_2 生成的机制	9—25
第五节	新陈代谢中高能键的生成与转移	9—31
第十章 糖的代谢		
	概论	10—1
第一节	糖的酶解、吸收与运转	10—2
第二节	糖的无氧分解	10—4
第三节	糖的有氧分解——三羧循环	10—
第四节	磷酸戊糖旁路代谢	10—19
第五节		
第十一章 脂类的代谢		
	概论	11—1
第一节	脂类的消化、吸收	11—2
第二节	脂肪酸的分解	11—3
第三节	脂肪酸合成与真脂的合成	11—7
第四节	类脂的代谢	11—11
第十二章 蛋白质与核酸的代谢		
	概论	12—1

第一节	蛋白质的分解代谢.....	12-2
第二节	氨基酸的一般代谢.....	12-5
第三节	氨基酸分解产物的去路.....	12-10
第四节	蛋白质的生物合成.....	12-16
第五节	核酸的分解代谢.....	12-23
第六节	核酸的生物合成.....	12-27
第七节	糖、脂肪、蛋白质和核酸代谢的相互关系.....	12-33

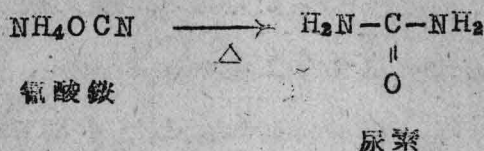
第一章 有机化学基础知识

第一节 概 论

一、有机化学的研究对象及其发展简史

有机化学是化学的一个分科，它是研究自然界中存在的和人工合成的有机化合物的组成、性质、合成及其应用的一门科学。

什么叫有机化合物呢？这是首先要明确的问题。但是关于有机化合物的涵义，历史上有过错误的理解。十七世纪后期，化学家把物质分为无机物（矿物）和有机物。他们认为，无机物是来源于非生物界的物质，是可以在实验室内用化学的方法制造出来的；而有机物是来源于生物界，它们只能在有生命的生物体才能制造出来。生物具有“生命力”，因此，“生命力”的存在是创造有机化合物的必要条件。贝齐里斯认为研究无机物质所用的化学定律，不能适用于研究有机物质，因此他在1806年提出有机化学这个名词。因为有机物质是在生命力影响下所生成的物质，而生命力是神秘的、不可知的东西。所以人们不敢对有机物质进行研究，这种当时流行一时的“生命力学说”阻碍了有机化学的发展。1828年德国化学家魏勒第一次在实验室内加热氰酸铵制得尿素。



尿素是一种典型的有机物，存在于哺乳动物的尿中。尿素合成的成功给生命力学说以致命的打击。以后又有许多化学家成功地用简单的无机物质为原料合成了许多有机物质。例如1845年柯尔贝用木炭、硫磺、氯气和水做原料合成醋酸；1854—1860年柏尔

德合成了很多复杂的有机物质包括脂肪，1861年布特列洛夫用甲醛合成糖类物质。有机合成的成就，彻底推翻了生命力学说，因为它使人们确信有机物质的制取并不需要什么“生命力”，完全可由人工的方法来合成。因此人工合成有机物质成功之后，有机化合物和有机化学这个名词都失去原来的意义。

根据分析一系列有机化合物的元素组成的结果，发现絕大多數的有机化合物皆含有碳、氢两种元素，所以我们可以把碳氢化合物及其衍生物統称为有机化合物。按照有机物的这个概念，现代认为：有机化学也就是研究碳氢化合物及其衍生物的化学。

二、有机化合物的来源和特点

有机化合物广泛存在于动植物体内。动物和植物体是有机化合物的重要来源。例如，糖、脂肪、蛋白质主要来自动植物体；动物的内脏可以分离提取各种激素维生素等貴重药物；植物体可以加工或提炼出工业上或医药上极为有用有机化合物，如，芳香油、橡胶、生物碱、药物、染料等。

依赖微生物的发酵作用可合成許多重要的有机物，如维生素、抗菌素、酒精等。

有机物的另一重要来源是煤和石油。煤干餾的产物是煤焦油、焦炉气和焦炭。煤焦油可分餾出苯、甲苯、苯酚等有机物，从这些物质又可合成炸药、染料、药物等。焦炭可制成碳化钙（电石），碳化钙可制成乙炔，乙炔是现代有机化学工业的重要原料，可用它来合成塑料、合成树脂、合成纤维、合成橡胶等。石油作为有机物的来源，现在显得越来越重要。从石油可以分离出汽油、煤油、凡士林和石蜡等，石油热裂的产物都是有机合成工业的原料。

近代有机合成工业的发展，使有机物的种类迅速增多。通过人工合成，不仅可以制取自然界中存在的有机物，而且还能合成自然界中

所沒有的有机物，如染料、塑料、藥物、合成橡胶等。

由于有机化合物有多方面的来源，特别是近代有机合成的迅速发展，使有机物的数量与日俱增。据目前估计，有机物有一百万种以上，而无机物仅有五万种左右。有机物和无机物不但在数量上差距悬殊，在性质上也有显著的不同。有机物比较共同的显著特点如下：

(1) 易燃性：大多数有机物都含有碳、氢两种元素，故容易燃烧，无机物则不然。因此我们常用燃烧的方法来区别有机物和无机物。

(2) 熔点沸点低：因为多数有机物是非极性分子，分子间的吸引力很小。当其为液体者，很容易气化，故沸点低；当其为固体者，由于分子间引力小，稍为受热晶格即被破坏，故熔点低。有机物的熔点、沸点一般在 400°C 以下。无机物的熔点、沸点则较高，因为无机物的结晶体多数是由离子排列而成的，正负离子间的吸引力很大，要破坏其晶格则需要较高的能量。

(3) 难溶于水：水是极性化合物，而一般有机物则是非极性的化合物，因此多数有机物难溶于水，而易溶于酒精、乙醚等有机溶剂中。

(4) 反应速度慢 付产物多：因为有机物之间一般都是以分子起反应的，不是离子反应，故反应很慢；同时，有机物的分子比较复杂，当某有机物与一个试剂起反应时，可能分子的各部分都受影响，换句话说，反应并不局限在分子的某一定的部位，所以反应后常产生一种或一种以上的产物，使主要的产物大大降低。

以上这些特点并不是有机物的绝对标志，例如，有些有机物的熔点很高或不能燃烧，有些有机反应也非常快。但是这些相对性的标志综合起来，却在很大程度上反映出有机物的共同特性。这就是把无机物和有机物分开来研究的依据。把化学分为无机化学和有机化学的道理就在于此。

三、有机化学的重要性

在过去漫长的岁月里，劳动人民在同自然作斗争中，在生产实践中，积累了许多有机化学方面的知识，如造纸、染色、酿造等在我国已有悠久的历史。现在，有机化学已成为一门基础科学，它与工农业生产与许多理论科学的研究都有密切的联系。

许多在国民经济上极为重要的工业，例如石油、合成纤维、塑料、合成橡胶、炸药等工业，它们的发展都有赖于有机化学的成就。

农业生产水平的提高与有机化学也有密切的联系，为了提高农作物的产量和防止病虫害的发生，可用有机化学的方法合成新型的生长刺激素和农药。

随着人民生活水平的提高，保健事业的发展，需要有新型特效的药物的研究和生产。许多新型特效的药物绝大多数是有机物。

生物体内存在着大量的有机物，如糖、脂肪、蛋白质、维生素、激素等。对这些有机物的组成、结构、性质以及变化规律的研究，对于了解生命现象有着极其重要的作用。因此有机化学也是生物学的基础课程。

由于有机化学已渗透到各门学科之中，因此，目前它已成为理、工、农、医各专业的基础科目。

随着科学的发展，近几十年来根据生理科学发展的需要，在有机化学中分出一门独立的新学科——生物化学。生物化学就是研究生物体内物质的组成、结构、性质及其变化规律的科学。生物化学的发展，有力地推动着生物科学的发展。因此，要学好生物学必须掌握必要的生物化学知识。当然，要学好生物化学，必需掌握一定的有机化学基础知识。

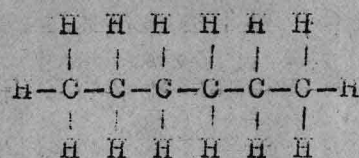
我们把有机化学和生物化学合为一门课程，重点是讲授生物化学，有机化学是为生物化学提供必要的基础知识。

四、有机化合物的分类

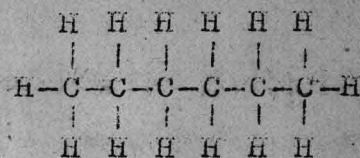
有机物的数量庞大，为了学习和研究的方便需要进行分类。按照有机物的碳链结构可分为三大类：

(一) 开链化合物：这类化合物分子中碳原子連結成链状。因为脂肪（即油脂）中含有这种开链结构的化合物，故称脂肪族化合物。

如：



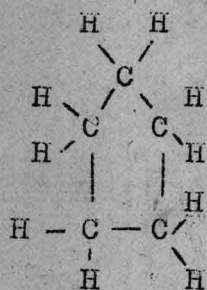
正己烷



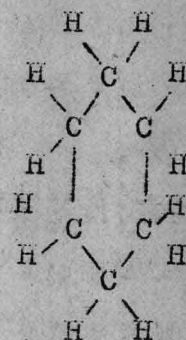
正戊醇

(二) 碳环化合物：

1. 脂环化合物：这类化合物中，具有由碳原子所連接而成的环状结构。它们的性质与脂肪族化合物相似。如

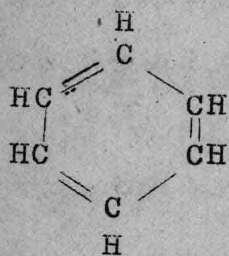


环戊烷

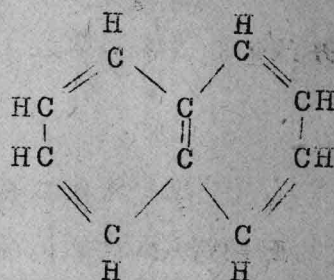


环己烷

2. 芳香环化合物：含有苯环的化合物即属此类。如

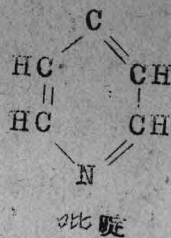
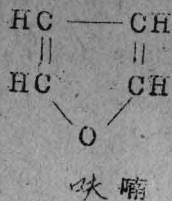


苯



萘

(三) 杂环化合物：这类化合物分子中都含有碳原子和别的原子（如氮、硫、氧等）所组成的环。如：



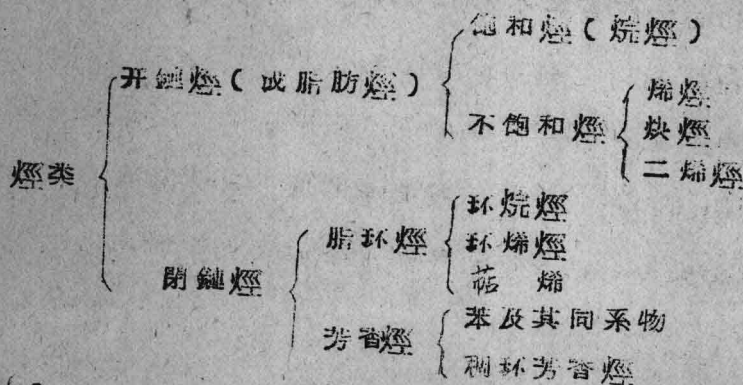
另一种是根据有机物分子中所含的官能团不同来分类的。所谓官能团是指能决定一类化合物化学性质的特殊原子或原子团，如卤原子、羟基（ $-\text{OH}$ ），羰基（ $>\text{C}=\text{O}$ ），氨基（ $-\text{NH}_2$ ），羧基（ COOH ）等。

一般是把这两种分类方法结合起来。本书是以官能团为基础而分为醇、酚、醛、酮和羧酸等，每一类化合物中又按不同的碳干而分为若干系。

第二节 烃 类

只有碳、氢两种元素所组成的有机化合物叫做碳氢化合物，简称**为烃（音听）**。烃类是有机化合物中在元素组成上最简单的一类，它可以看成是其他有机化合物的母体，而其他所有的有机物可视为是烃的衍生物。

根据烃类的结构和性质的不同，可以分为下列几种类型：



一、烷烴

烷烴是含氫比例最多的烴。烷烴分子內碳原子彼此以單鍵互相連接，其餘的碳化合價全部與氫原子相連接。因為分子里碳原子充分地與氫原子結合達到飽和的極限，所以也稱飽和烴。

(一) 烷烴的通式、同系列和烷基

烷烴中最簡單的化合物是甲烷，它是由一個碳原子和四個氫原子組成的。其他的烷烴隨著碳原子數目的增加，氫原子數目也相應地增加。現將幾種簡單的烷烴的分子式和結構式列於下：

名稱：	甲烷	乙烴	丙烴	丁烴
分子式：	CH_4	C_2H_6	C_3H_8	C_4H_{10}
結構式：	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{H} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\ \quad \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\ \quad \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \\ \quad \quad \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\ \quad \quad \\ \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \\ \quad \quad \quad \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\ \quad \quad \quad \\ \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \end{array}$

從上列幾種烷烴的分子式可以看出，任何一個烷烴分子中，碳和氫的原子數目存在着一定的數量關係。當碳原子為1時，氫的原子數為 $2 \times 1 + 2$ ，當碳為2時，氫則為 $2 \times 2 + 2$ ，當碳為3時，氫則為 $2 \times 3 + 2$ ，依此類推，當碳原子為 n 個時，氫則為 $2n + 2$ 。那麼可以用一個共同的式子 $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$ 來表示烷烴的組成。這個式子稱為烷烴的通式。按照這個通式可以寫出一系列的烷烴。此一系列化合物前後相鄰的兩個化合物僅差一個 CH_2 原子團（稱亞甲基），它們的性質相似，因此，這一系列化合物稱為同系列。

烷烴減少一個氫原子後所成的原子團叫做烷基。烷基是一價的基團，可用通式 $-\text{C}_n\text{H}_{2n+1}$ 表示，習慣上常用“R”表示。烷基的名稱由相對應的烷烴來命名，稱“某”基。下面是幾個簡單的烷基和它們的名稱：

烷烴名稱

基的名稱

烷烴名稱

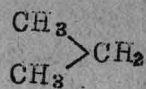
基的名稱



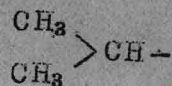
甲烷



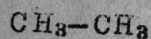
甲基



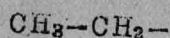
丙烷



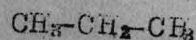
異丙基



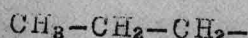
乙烷



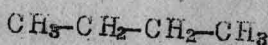
乙基



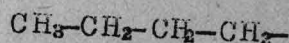
正丙烷



正丙基



正丁烷

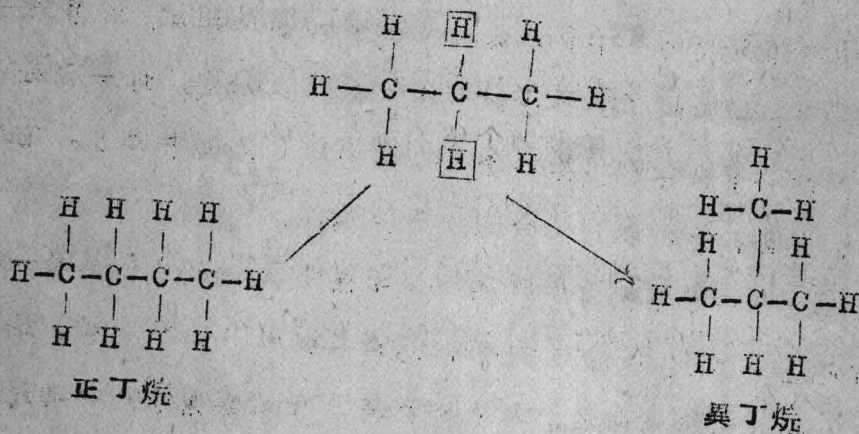


正丁基

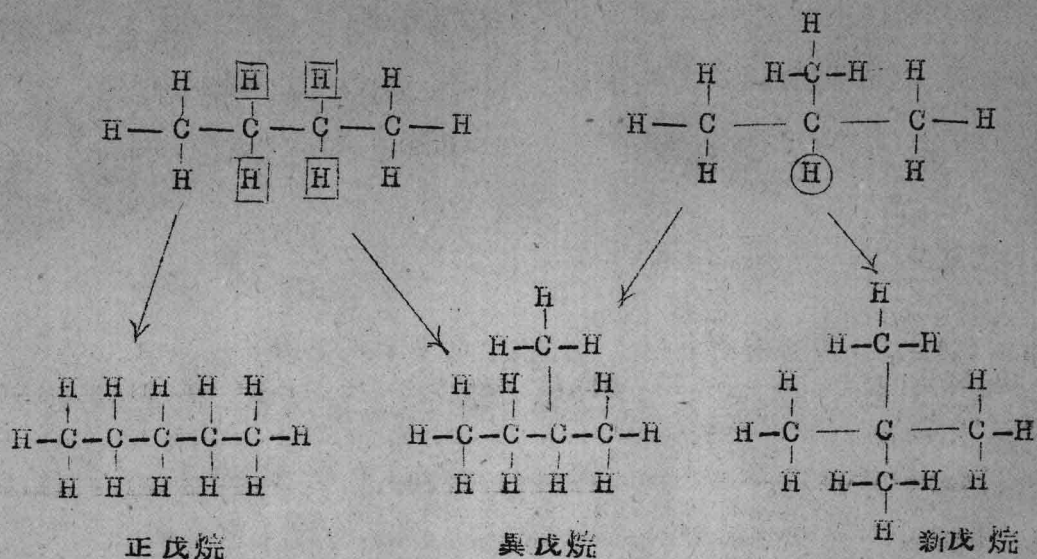
(二) 烷烴的同分異構與命名原則

1. 烷烴的同分異構現象：任何一個烷烴都可以看做是由低一級（少一個碳原子）烷烴中的一個氫原子被甲基取代而制得的。在甲烷和乙烷分子中，所有的氫原子都是等同的，用甲基取代其中的任何一個氫原子，都將得到同樣的化合物，因此乙烷和丙烷都無異構體。

在丙烷分子中，碳鏈兩端碳原子上的氫和中間碳原子上的氫就不等同了。用甲基取代碳鏈兩端碳原子上的氫，都得到直鏈的正丁烷；如果甲基取代中間碳原子上的氫，則得到帶支鏈的異丁烷。因此丁烷有兩種異構體

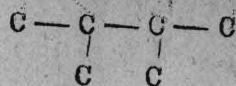
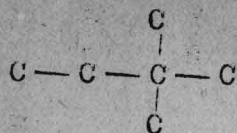
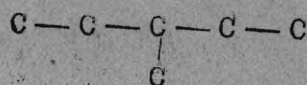
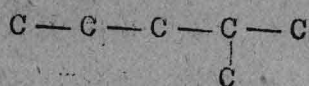


同理：由兩個丁烷可导出戊烷的三種異構體：



从上面的例子可以看出，正丁烷和異丁烷都具有相同的分子式 C_4H_{10} ，但由于在分子中碳原子排列不相同，形成结构不同的化合物，互为同分异构体，这种现象称为同分异构现象。正戊烷、異戊烷和新戊烷也是同分异构体。烷烃的同分异构现象是由于分子中碳干不同而产生的，这种异构称为碳干异构。

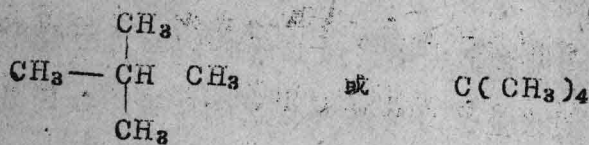
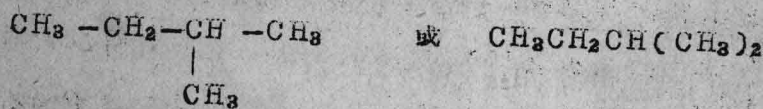
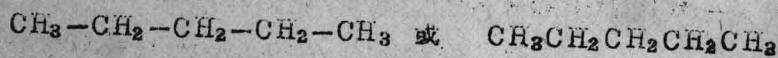
既然烷烃的异构是由于碳干不同而引起的，因此我们可以利用不同的碳干法来推导烷烃的异构体。其步骤是：先写出一个最长的直链，然后又写出少一个碳原子的直链，而把一个碳原子当做侧链加在主链上，并依次变动侧链的位置，就可得到主链上少一个碳原子的所有可能异构体；然后再写出少两个碳原子的直链，把两个碳原子当做一个侧链或分做两个侧链加在主链上，又可得到少两个碳原子的直链的所有可能异构体；依次类推，可推导出烷烃的所有可能异构体。例如用此方法可推导出己烷的五种异构体（下列结构式中，碳价数不足者皆为氢所饱和）：



用同样的方法可推导出庚烷 (C_7H_{16}) 的 9 种异构体。

随着碳原子数目的增加，烷烃的异构体急速增多。例如，辛烷 (C_8H_{18}) 有 18 个异构体；壬烷 (C_9H_{20}) 有 35 个异构体；癸烷 ($\text{C}_{10}\text{H}_{22}$) 有 75 个异构体；二十烷 ($\text{C}_{20}\text{H}_{42}$) 有 366319 个异构体。九个碳原子以下的烷烃，其实际得到的异构体与理论推测出的数目完全相符合，十个碳原子的烷烃目前实际得到的只有理论推测数目的一半，更高级的烷烃其实际得到的异构体的数目就更少了。因此，十个碳以上的烷烃不必要花过多的精力去排列其异构体，我们主要的目的是掌握推导异构体的方法。

结构式虽然能明确地表示出分子中碳氢联结的顺序，但书写麻烦。为了方便起见，通常可用简便的式子。例如，戊烷、异戊烷和新戊烷可表示如下：



从戊烷的三种异构体的结构式可以看出，分子中的碳原子所处的位置并不相同，有的只与另外一个碳原子相连，有的与另外二个、三

个或四个碳原子相连。凡是与一个碳原子、三个氢原子相连接的碳原子称第一碳原子（或伯碳）；与二个碳原子、二个氢原子相连接的碳原子称第二碳原子（或称仲碳）；与三个碳原子、一个氢原子相连接的碳原子称第三碳原子（或称叔碳）；与四个碳原子相连接的碳原子称第四碳原子（或称季碳）。

2. 烷烃的命名

(1) 普通命名法：此命名法是将直链烷烃叫做“正”某烷，带支链的烷烃叫做“异”某烷。烷烃含碳原子数在十个以内的用天干名称（甲、乙、丙、丁、戊、己、庚、辛、壬、癸）冠于烷字前面，含十个碳原子以上的则用中文小写数字表示：例如，正丁烷，异丁烷、正己烷、正十二烷等。含碳原子数多的烷烃，由于异构体很多，用“正”“异”不能完全区别它们的异构体，如戊烷有两个支链的异构体，按此命名法则无法区别。因此，普通命名法只适用于含碳原子数较少的烷烃。

(2) 系统命名法：为了找出一个普遍适用的命名方法，1892年在日内瓦召开一次国际会议，规定了一个广泛而有系统的命名原则，这个命名原则称为日内瓦命名法，亦称国际命名法。我国有机化学命名原则是根据日内瓦命名法制订的，我们称它为系统命名法。

此命名法规定：直链烷烃基本上按普通命名法，而将“正”字省去，如 C_5H_{12} 叫戊烷， $C_{12}H_{26}$ 叫十二烷。

支链烷烃则根据下列规定，给予适当的名称。

(1) 从结构式中选定连续的、最长的碳链做为主链，其他支链都当做取代基。以主链为母体，根据它所含碳原子的数目而称为“某”烷。

(2) 主链上的碳原子从靠近支链的一端开始，依次标以阿拉伯号码1、2、3、4……。取代基的位置由它所在的主链上碳原子的号