

卫生部
规划教材

全国成人

高等医学学历(专科) 教育教材

供药学专业用

有机化学

卫生部教材办公室组织编写
田昌荣 主编

Y



人民卫生出版社

全国成人高等医学学历（专科）教育教材

供药学专业用

有机化学

卫生部教材办公室组织编写

田昌荣 主编

编者（以姓氏笔画为序）

王玉玲（沈阳药科大学）

田昌荣（山西医科大学）

李生正（西安医科大学）

赵正保（山西医科大学）

赵彦伟（山东医科大学）

徐瑞兴（首都医科大学）

徐 镰（江苏职工医科大学）

薛华珍（河南医科大学）

人 民 卫 生 出 版 社

有 机 化 学

主 编: 田 昌 荣

出版发行: 人民卫生出版社(中继线 67616688)

地 址: (100078)北京市丰台区方庄芳群园3区3号楼

网 址: [http://www. pmph. com](http://www.pmph.com)

E - mail: [pmph @ pmph. com](mailto:pmph@pmph.com)

印 刷: 北京人卫印刷厂

经 销: 新华书店

开 本: 850×1168 1/16 印张: 22.5

字 数: 469千字

版 次: 2000年7月第1版 2000年7月第1版第1次印刷

印 数: 00 001—5 000

标准书号: ISBN 7-117-03972-8/R·3973

定 价: 32.00元

著作权所有, 请勿擅自用本书制作各类出版物, 违者必究

(凡属质量问题请与本社发行部联系退换)

出版说明

成人医学教育是我国医学教育的重要组成部分,为加强成人医学教育教学管理,完善教学基础建设,保证教育质量,卫生部、教育部联合颁发了《全国成人高等医学学历教育主要课程目录及课程基本要求(试行)》,这是国家为实现成人医学教育培养目标和要求,根据各门课程在某一专业中地位和作用而确定的,是该专业学生在学习课程时必须达到的基本合格标准,是编审规划教材、组织对教学水平进行监督检查和评价的重要依据,是规范我国成人高等医学学历教育的重要指导性文件。为了配合这一要求的顺利实施,卫生部教材办公室成立了全国成人高等医学教育教材评审委员会,组织编写全国成人高等医学学历(专科)教育规划教材。本套教材的主编、编者从全国推荐的600名候选人中选出,均为一线教学人员,具有丰富的成人医学学历教育教学经验;教材内容根据《全国成人高等医学学历教育主要课程目录及课程基本要求(试行)》确定,由全国成人高等医学教育教材评审委员会审定,突出成教学员在一定工作经验基础上学习的特点,篇幅适中,针对性强。

本套教材包括4个专业(临床医学、预防医学、护理学、药学),共38种,均由人民卫生出版社出版。

临床医学、预防医学、护理学、药学专业共用

人体解剖学	孙荣鑫主编	生物化学	查锡良主编
生理学	倪江主编	卫生法学概论	樊立华主编
药理学	李元建主编		

临床医学、预防医学、护理学专业共用

病理学	李玉林主编
-----	-------

临床医学、预防医学、药学专业共用

医学微生物学与免疫学	刘晶星主编
------------	-------

临床医学、预防医学专业共用

内科学	吕卓人主编	儿科学	徐立新主编
外科学	孙靖中主编	诊断学	汤美安主编
妇产科学	李荷莲主编		

临床医学专业用

预防医学	仲来福主编	全科医学概论	顾浚主编
------	-------	--------	------

预防医学专业用

卫生化学	计时华主编	环境卫生学	王振刚主编
卫生统计学	马燕主编	营养与食品卫生学	凌文华主编
卫生毒理学	石年主编	劳动卫生与职业病学	陈自强主编
儿童少年卫生学	孙江平主编	社会医学	肖水源主编
流行病学	王建华主编		

护理学专业用

护理学基础	张景龙主编	儿科护理学	童秀珍主编
内科护理学	李改焕主编	护理管理学	成翼娟主编
外科护理学	鲁连桂主编	护理心理学	张树森主编
妇产科护理学	何仲主编		

药学专业用

高等数学	马湘玲主编	天然药物化学	吴立军主编
有机化学	田昌荣主编	药物化学	徐文方主编
物理化学	曹宗顺主编	药剂学	梁文权主编
分析化学	李发美主编	药物分析	晁若冰主编

全国成人高等医学教育教材评审委员会

主任委员：唐建武

委员：(以姓氏笔画为序)

王怀良 冯美丽 白继荣 朱立华 汤恢焕 吴仁友 吴坤
张爱珍 张鹏 李守国 李继坪 沈彬 陈金华 梁万年
董崇田 樊小力

秘书：郭明

前 言

本书是根据 1999 年 9 月卫生部教材办公室召开的全国成人高等医学教育规划教材编写工作会议精神，按照药学专业规定的有机化学计划教学时数（140 学时）组织编写的供成人高等医学学历教育药学专业使用的规划教材之一。

本书编写的指导思想是：根据有机化学是药学专业基础课的地位，适应药学专业培养目标的要求，适应成人教育学员和学制学时的要求，因而在教材内容上，突出基本理论知识，基本思维方法，基本实践技能，突出实用性；在内容编排上，不过分强调学科完整性，而强调教材整体优化；在内容的阐述上，按照逻辑推理，循序渐进，文字力求简明扼要，便于自学。

教材以官能团类别为红线，按脂肪族，芳香族混合编排。分子轨道、电子效应、共振论、反应历程、几何异构及构象异构等基本理论知识分散在前五章有关章节中介绍。对映异构安排在靠前的第三章专章介绍，目的是在后面各章节中有较多的机会在应用中加以巩固和扩展。而作为有机化合物结构测定的波谱方法，则安排到最后一章，只简单介绍目前应用较多的红外光谱和磁共振谱，使学生在仪器分析课之前，具有一些波谱的常识。与专业关系较密切的杂环化合物、萜类与甾体化合物等，系统命名的篇幅较大，目的是为专业课打基础，体现教材整体优化。

每章后均有用于复习巩固的习题，书后并附有相应的参考答案，以方便成教学员自学。

参加本书编写工作的有山西医科大学田昌荣教授（主编并编写第 1、3、11 章）、沈阳药科大学王玉玲副教授（编写第 12、15 章）、西安医科大学李生正教授（编写第 5、6 章）、山西医科大学赵正保副教授（编写第 7、14 章）、山东医科大学赵彦伟教授（编写第 2 章）、首都医科大学徐瑞兴副教授（编写第 4、9 章）、江苏职工医科大学徐镰副教授（编写第 8、13 章）、河南医科大学薛华珍副教授（编写第 10 章）。

为了保证教材编写质量，卫生部设立了规划教材评审委员会。本教材责任评委，上海医科大学张鹏教授，对本书编写大纲的审订和书稿的审阅修改等做出了卓有成效的工作，在此表示衷心的感谢。

本教材是我国医学成教领域首次在全国范围内组织编写的规划教材之一，加之编者水平有限，缺点错误在所难免。我们诚恳欢迎读者对本教材提出意见和建议。

编者

2000 年 2 月于山西太原

目 录

第1章 绪论	(1)
第1节 有机化合物和有机化学	(1)
一、有机化合物和有机化学.....	(1)
二、有机化合物的特性.....	(1)
三、有机化合物的分类.....	(2)
第2节 有机化合物的结构	(3)
一、共价键理论简介.....	(3)
二、共价键的性质.....	(4)
第3节 有机化学反应类型	(7)
一、按共价键断裂方式分类.....	(7)
二、按反应前后的组成和结构变化分类.....	(8)
习题.....	(8)
第2章 链烃	(10)
第1节 烷烃	(10)
一、同系列及分子通式.....	(10)
二、分子结构及异构现象.....	(11)
三、烷烃的命名.....	(19)
四、烷烃的性质.....	(21)
第2节 单烯烃	(28)
一、乙烯的结构.....	(28)
二、烯烃的异构现象.....	(31)
三、烯烃的命名.....	(32)
四、烯烃的物理性质.....	(35)
五、烯烃的化学性质.....	(36)
第3节 二烯烃	(45)
一、二烯烃的分类和命名.....	(45)
二、共轭二烯烃.....	(46)
三、共轭二烯烃的性质.....	(50)
第4节 炔烃	(51)
一、乙炔的分子结构.....	(51)
二、炔烃的命名.....	(53)

三、炔烃的物理性质·····	(54)
四、炔烃的化学性质·····	(54)
习题·····	(58)
第 3 章 对映异构·····	(61)
第 1 节 偏振光和物质的旋光性·····	(61)
一、偏振光和物质的旋光性·····	(61)
二、旋光度和比旋光度·····	(62)
第 2 节 分子的对称性、手性和旋光性·····	(63)
一、分子的对称因素·····	(63)
二、分子的手性和旋光性·····	(64)
第 3 节 含一个手性碳原子的化合物·····	(66)
一、对映异构·····	(66)
二、费歇尔投影式·····	(67)
三、构型的标示方法·····	(70)
第 4 节 含两个手性碳原子的化合物·····	(73)
一、含两个不同手性碳原子的化合物·····	(73)
二、含两个相同手性碳原子的化合物·····	(75)
第 5 节 具有手性轴分子的对映异构·····	(76)
一、丙二烯型化合物·····	(76)
二、联苯型化合物·····	(78)
第 6 节 外消旋体的拆分·····	(78)
一、化学拆分法·····	(79)
二、诱导结晶拆分法·····	(79)
习题·····	(80)
第 4 章 脂环烃·····	(82)
第 1 节 脂环烃的分类和命名·····	(82)
一、脂环烃的分类·····	(82)
二、脂环烃的命名·····	(82)
三、桥环脂环烃的命名·····	(83)
四、螺环脂环烃的命名·····	(84)
第 2 节 环烷烃的结构和稳定性·····	(85)
一、环丙烷的结构和稳定性·····	(85)
二、环丁烷和环戊烷的结构和稳定性·····	(85)
三、环己烷的稳定性·····	(86)
第 3 节 环己烷的构象·····	(87)

一、环己烷的椅式和船式构象·····	(87)
二、直立键和平伏键·····	(88)
第 4 节 取代环己烷的构型和构象·····	(88)
一、单取代环己烷的构象·····	(88)
二、二取代环己烷的构型和构象·····	(89)
习题·····	(91)
第 5 章 芳香烃 ·····	(92)
第 1 节 单环芳烃·····	(92)
一、苯的结构·····	(92)
二、同分异构和命名·····	(95)
三、单环芳烃的物理性质·····	(96)
四、单环芳烃的化学性质·····	(97)
五、芳烃亲电取代反应定位效应·····	(103)
第 2 节 稠环芳烃和非苯芳烃·····	(108)
一、稠环芳烃·····	(108)
二、非苯芳烃·····	(111)
习题·····	(113)
第 6 章 卤代烃 ·····	(115)
第 1 节 卤代烃的分类和命名·····	(115)
一、分类·····	(115)
二、命名·····	(116)
第 2 节 卤代烃的性质·····	(116)
一、卤代烃的结构·····	(116)
二、卤代烃的物理性质·····	(117)
三、卤代烃的化学性质·····	(119)
第 3 节 卤代烯烃和卤代芳烃·····	(126)
一、卤代烯烃和卤代芳烃的分类·····	(126)
二、不饱和键对卤素反应活性的影响·····	(127)
习题·····	(128)
第 7 章 醇、酚、醚 ·····	(131)
第 1 节 醇·····	(131)
一、醇的分类和命名·····	(131)
二、醇的结构·····	(133)
三、醇的物理性质·····	(133)

四、醇的化学性质·····	(135)
五、多元醇的特性·····	(138)
第2节 酚·····	(138)
一、酚的分类和命名·····	(138)
二、酚的结构·····	(139)
三、酚的物理性质·····	(140)
四、酚的化学性质·····	(141)
第3节 醚·····	(144)
一、醚的分类和命名·····	(144)
二、醚的性质·····	(145)
三、环氧乙烷·····	(146)
第4节 硫醇和硫醚·····	(147)
一、硫醇·····	(147)
二、硫醚·····	(148)
习题·····	(148)
第8章 羰基化合物·····	(151)
第1节 醛与酮·····	(151)
一、醛与酮的分类和命名·····	(151)
二、醛与酮的结构·····	(153)
三、醛与酮的物理性质·····	(153)
四、醛与酮的化学性质·····	(154)
第2节 α 、 β -不饱和醛酮的特性·····	(165)
一、迈克尔加成·····	(166)
二、扞烯规则·····	(167)
第3节 醌类·····	(167)
一、烯键的加成·····	(168)
二、羰基的加成·····	(168)
三、1,4和1,6-加成·····	(169)
习题·····	(170)
第9章 羧酸及取代羧酸·····	(172)
第1节 羧酸·····	(172)
一、羧酸的分类和命名·····	(172)
二、羧酸的结构·····	(173)
三、羧酸的物理性质·····	(174)
四、羧酸的化学性质·····	(175)

第2节 取代羧酸	(182)
一、取代羧酸的分类和命名	(182)
二、羟基酸	(183)
三、氨基酸	(185)
习题	(191)
第10章 羧酸衍生物及碳酸衍生物	(194)
第1节 羧酸衍生物	(194)
一、羧酸衍生物的分类和命名	(194)
二、羧酸衍生物的结构	(196)
三、羧酸衍生物的物理性质	(197)
四、羧酸衍生物的化学性质	(197)
五、重要的羧酸衍生物	(210)
第2节 碳酸衍生物	(218)
一、脲	(218)
二、胍	(221)
三、硫脲	(222)
第3节 有机合成简介	(222)
一、有机合成	(222)
二、有机合成路线选择的原则	(223)
三、有机合成需要解决的问题	(223)
四、有机合成方法简介	(226)
习题	(228)
第11章 有机含氮化合物	(232)
第1节 硝基化合物	(232)
一、硝基化合物的结构、分类和命名	(232)
二、硝基化合物的性质	(233)
第2节 胺	(236)
一、胺的结构、分类和命名	(236)
二、胺的性质	(238)
第3节 重氮化合物和偶氮化合物	(246)
一、重氮化反应和重氮盐的结构	(246)
二、重氮盐的性质及在合成上的应用	(247)
习题	(250)
第12章 杂环化合物	(253)

第1节 杂环化合物的分类和命名	(253)
一、杂环化合物的分类	(253)
二、杂环化合物的命名	(255)
第2节 五元杂环化合物	(260)
一、含一个杂原子的五元杂环	(260)
二、含两个杂原子的五元杂环	(264)
三、重要的五元杂环衍生物	(266)
第3节 六元杂环化合物	(268)
一、含一个氮原子的六元杂环	(268)
二、含两个氮原子的六元杂环	(275)
三、由两个杂环形成的稠杂环	(277)
四、 α -吡喃酮和 γ -吡喃酮	(278)
五、重要的六元杂环衍生物	(279)
习题	(281)
第13章 糖类	(284)
第1节 单糖	(284)
一、单糖的构型	(284)
二、葡萄糖和果糖的结构	(286)
三、单糖的化学性质	(289)
四、重要的单糖化合物	(293)
第2节 双糖	(294)
一、蔗糖	(294)
二、麦芽糖	(295)
三、乳糖	(295)
第3节 多糖	(296)
一、淀粉	(296)
二、纤维素	(298)
习题	(299)
第14章 萜类与甾体化合物	(300)
第1节 萜类	(300)
一、萜类的结构与分类	(300)
二、重要的单萜类化合物	(301)
第2节 甾体化合物	(305)
一、甾体化合物的结构	(305)
二、甾体化合物的构型和构象	(306)

三、甾体化合物的命名·····	(307)
四、重要的甾体化合物·····	(311)
习题·····	(312)
第15章 红外光谱与核磁共振谱 ·····	(316)
第1节 电磁波谱与分子吸收光谱 ·····	(316)
一、电磁波谱·····	(316)
二、分子吸收光谱·····	(316)
第2节 红外吸收光谱 ·····	(317)
一、分子振动与红外光谱·····	(317)
二、红外吸收光谱的表示方法·····	(318)
三、特征吸收频率与指纹区·····	(319)
四、红外吸收光谱的应用·····	(320)
第3节 核磁共振谱 ·····	(321)
一、基本原理·····	(321)
二、化学位移及表示方法·····	(322)
三、自旋偶合与自旋裂分·····	(324)
习题·····	(326)
习题参考答案 ·····	(327)

第 1 章 绪 论

第 1 节 有机化合物和有机化学

一、有机化合物和有机化学

人们对有机化合物的认识是逐步发展的。18 世纪末，人们开始从动植物中提取一系列较纯的有机化合物，例如先后从葡萄汁中取得酒石酸，从柠檬汁内取得柠檬酸，从哺乳动物排泄的尿中取得尿素和尿酸，从酸牛奶中得到乳酸等。1806 年贝齐里乌斯 (J. Berzelius) 首先把从动植物体内分离出来的物质定义为有机化合物，意思是“有生机之物”。当时人们认为只有动植物依靠其神秘的生命力才能创造出有机化合物，并以此区别无机物。但是，随后德国化学家魏勒 (F. Wöhler) 在蒸发氰酸铵溶液时，得到了尿素，柯尔柏 (H. Kolbe) 又合成了醋酸，于是关于创造有机化合物的神秘生命力学说彻底破产。

通过对有机化合物的元素组成的分析发现，有机化合物均含有碳元素，绝大多数还含有氢元素，有的还含有氧、氮、硫、磷等元素。所以人们把有机化合物定义为碳化合物。多数有机化合物除含有碳元素外，还含有氢元素，所以有机化合物，又可定义为“碳氢化合物及其衍生物”。因此研究碳氢化合物及其衍生物的组成、结构、性质、合成及其变化规律的科学，称为有机化学。

在药学专业中，防病治病的药物大多数是有机化合物。所以对于药学工作者来说，掌握有机化学的基本知识、基本理论和基本操作技能，无论对从事药物合成、提取、分析、制剂、贮存，还是有效、合理的使用化学药物，无疑都有重要的意义。因此，有机化学是药学专业的重要基础课。

二、有机化合物的特性

有机化合物组成的基本元素是碳，碳原子最外层有 4 个电子，要完全失去 4 个电子或取得 4 个电子，形成离子键都是不容易的，它往往通过电子对的共用，来与其他原子相结合。即有机化合物的化学键主要是共价键。因此有机化合物与离子键结合的无机物相比，主要有以下一些特性：

(一) 可燃性

大多数有机化合物都可以燃烧，如酒精、汽油等。这与有机化合物中含有碳和氢元素有关。无机物一般不易燃烧，可用这一性质与无机物区别。

(二) 熔点低

有机化合物熔点较低，一般在 400℃ 以下。这是由于固体有机化合物一般为分子型晶体，分子之间的作用力仅为很微弱的范德华力，故熔点低。而固态无机化合物一般为离子型或原子型晶体，是通过较强的离子键或共价键结合的，故熔点较高。

(三) 难溶于水，易溶于有机溶剂

这是因为多数有机化合物是弱极性或非极性化合物，根据“相似相溶”原则，故难溶于极性较强的水，而易溶于弱极性或非极性的有机溶剂中。但低级醇或羧酸，因其分子可与水分子形成氢键而易溶于水。

(四) 反应速度慢，副反应多

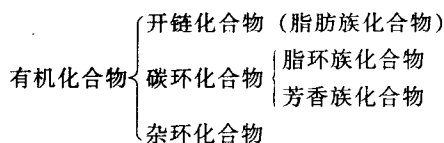
因为有机化合物一般是分子之间的反应，需要较高的活化能才能进行，所以有机化合物之间的反应速度一般较慢。常需要数小时甚至几十个小时才能完成，因此经常采用搅拌、加热、添加催化剂等方法，以加速反应。有机化合物分子庞大、结构复杂，常含有多个官能团和反应中心，所以常伴有副反应发生，因而反应产物复杂，需要分离提纯。

上述有机化合物的特性是相对大多数有机化合物而言的。个别例外也是有的，例如四氯化碳不但不易燃烧，还可作灭火剂；个别有机反应速度很快，可以爆炸方式进行等。

三、有机化合物的分类

有机化合物虽然数目繁多，但结构相似的化合物其性质也相近似。因此按结构特征进行分类来研究有机化合物，可起到提纲挈领的作用。常用的分类方法有两种：一种是按碳骨架分类，另一种是按官能团分类。

(一) 按碳骨架分类

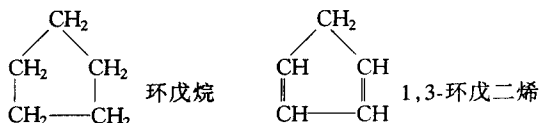


1. 开链化合物 碳原子依次连接成链状，首尾碳原子不连接。例如：

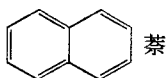
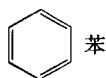
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_3$ 丙烷， $\text{CH}_3\text{CH}=\text{CH}_2$ 丙烯， $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{C}\equiv\text{CH}$ 1-丁炔。

2. 碳环化合物 碳原子连接成碳环。又可分为两类：

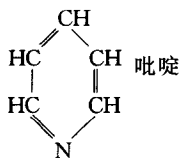
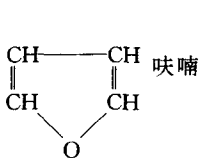
(1) 脂环族化合物：性质上与脂肪族化合物相似的碳环化合物。例如：



(2) 芳香族化合物：这类化合物含有苯环或稠合苯环，其性质与脂环族化合物不同。例如：



3. 杂环化合物 由碳原子和其他杂原子如氧、氮、硫等所连接的环状化合物。例如：



(二) 按官能团分类

含有相同官能团的有机化合物，其化学性质相似，所以有机化合物按官能团进行分类，对学习有机化学是比较方便的。表 1-1 列出了一些常见的官能团和有机化合物的类别。

表 1-1 常见的官能团和有机化合物类别

有机物类别	官能团	官能团名称	有机物类别	官能团	官能团名称
烯烃	>C=C<	双键	羧酸	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{—C} \\ \\ \text{OH} \end{array}$	羧基
炔烃	$\text{—C}\equiv\text{C—}$	叁键	硝基化合物	—NO_2	硝基
卤代烃	$\text{—X (Cl, Br}\cdots\text{)}$	卤基	胺	—NH_2	氨基
醇、酚	—OH	羟基	偶氮化合物	—N=N—	偶氮基
醚	$(\text{C})\text{—O—}(\text{C})$	醚键	腈	$\text{—C}\equiv\text{N}$	氰基
醛、酮	>C=O	羰基	磺酸	$\text{—SO}_3\text{H}$	磺酸基

第 2 节 有机化合物的结构

一、共价键理论简介

有机化合物分子中的原子大都是通过共价键结合的，对共价键的形成和本质的解释，最常用的是价键理论和分子轨道理论。

(一) 价键理论

价键理论的基本要点是：共价键的形成是原子轨道（或电子云）的交盖或电子配对的结果。参与形成共价键的两原子，在成键前必须含有自旋方向相反的未成对电子才能成键，否则不能成键。成键后由于构成键的两原子核之间电子云密度增大，因而两原子核对共用电子云的吸引力增强，所以降低了两原子核之间的斥力，使整个体系能量降低，于是形成了共价键。如果两原子各有一个未成键电子配对

后, 就不再与其它电子配对了, 这是共价键的饱和性。如果两个原子各有两个或三个未成对电子, 则彼此结合可形成双键或叁键。通常原子的价键数等于它的未成对电子数。共价键有方向性, 原子轨道交盖越多, 即成键两原子核之间电子云密度越大, 形成的共价键越牢固。

(二) 分子轨道理论

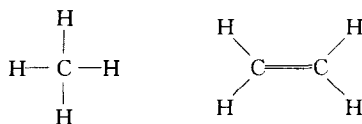
分子轨道理论认为共价键是成键原子轨道相互作用形成分子轨道的结果。分子轨道是电子在整个分子中运动的状态函数。分子中的电子不再属于原来的原子轨道, 而是按能量最低原理, 鲍里(Pauli)原理和洪特(Hund)规则重新分配在相应的分子轨道中。分子轨道可利用原子轨道的线性组合近似求出。分子轨道理论与价键理论不同的是成键电子不再定域于成键的两原子之间, 而是在相应的分子轨道中运动。

价键理论比较直观, 易于理解, 应用较多。分子轨道理论比较确切, 但较复杂。

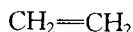
(三) 表示有机化合物结构的方法

有机化合物的结构, 是指分子中各原子或原子团相互连接的顺序和它们在空间的位置。有时化合物分子式相同, 但分子结构不同, 就是不同的物质。因此有机化合物一般都用结构式来表示。在结构式中, 以一短线表示一个电子对。例如:

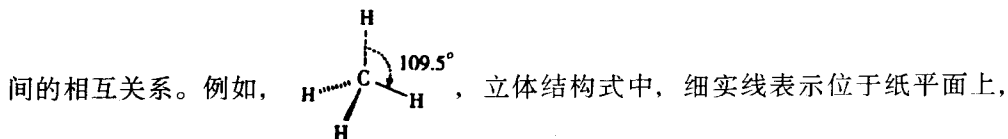
结构式:



结构简式:



为了表示分子的立体形象, 可用立体结构式, 以便描述分子中原子或基团在空间的相互关系。例如,



实箭头表示指向纸平面的前方, 虚线表示指向纸平面的后方。

二、共价键的性质

在各类化合物中, 共价键都有一些基本特性, 主要是键长、键角、键能和键的极性。共价键的这些特性, 对研究有机化合物的结构和性质是十分重要的。

(一) 键长

成键两原子核之间的距离称为键长。利用光谱法可测定各种键的键长。一般情况下, 同一种共价键在不同化合物中, 其键长大体上是相同的。但由于在不同化合物中, 原子之间的相互影响情况不同, 因而不同化合物中同一种共价键的键长稍有差异。表 1-2 列出常见共价键的键长。