

21世纪高等院校教材

有机化学

谷文祥 王奎堂 主编



科学出版社

www.sciencep.com

21 世纪高等院校教材

有机化学

谷文祥 王奎堂 主编

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书是根据高等农业院校有机化学教学研讨会指定的教学大纲,结合有机化学当前世界发展的动态和趋势,有机化学教学计划、培养目标、教学手段等的综合改革而编写的。本书在内容上除旧推新,尽量减少重复,在保持系统性的基础上,分散难点、突出重点。全书共 16 章。主要内容有:各类有机化合物的结构与性质、立体化学及波谱技术等。书中含有不少专题介绍,如立体异构与药物、不对称合成、金属有机化合物、有机合成、有机磷农药、酶等,这些内容分散在各章节中,可以帮助学生扩大知识面,提高对有机化学的兴趣。

本书可作为高等院校农、林及生物专业本科学生的基础有机化学教材,也可供相关人员参考阅读。

图书在版编目(CIP)数据

有机化学/谷文祥,王奎堂主编. —北京:科学出版社,2003.3

(21 世纪高等院校教材)

ISBN 7-03-011134-6

I. 有… II. ①谷…②王… III. 有机化学-高等学校-教材 IV. O62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 005596 号

责任编辑:刘俊来 杨向萍 周巧龙/责任校对:朱光光

责任印制:安春生/封面设计:王 浩

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

新蕾印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2003 年 3 月第 一 版 开本:720×1000 1/16

2003 年 3 月第一次印刷 印张:19 3/4

印数:1—5 000 字数:374 000

定价:25.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈环伟〉)

序

有机化学是一门内容丰富而又影响面极广的基础学科。有机化学源于对生物体组成物质的结构、反应和功能的研究,进而发展为创造新的有机化合物、发现新的功能并改造世界的科学。现在有机化学已发展应用到社会生产、生活的方方面面。有机化学既是分子生物学、药物化学、高分子化学等的学科基础,又是创新药物、农药、染料等精细化工工程技术的出发点。

农业包括林、牧、渔业,实际上是人类社会创造有机化合物的一个最大的生产活动,因此一个现代农业科技工作者应该要具备良好的有机化学基础。谷文祥教授等为此为高等农业院校编写了有机化学的教材,在此教材内既介绍了有机化学分子结构的基础知识,也提到了波谱和手性的问题,在按传统教科书中的烃、卤代烃、醇、醛酮、羧酸这些章节的安排后,还简单介绍了多步有机合成以及合成设计的基本概念。教材的后半部分则论述了氮、硫、磷等杂原子有机化学和生物体中最重要的四类化合物——蛋白、核酸、糖和脂类化合物。虽然后面这一部分的内容由于篇幅和学时所限显得较为单薄了一些,但是对于读者将来在自己的进一步深造时不失为一个良好的起始平台,读者可以由此进一步去掌握与自己专业相应的植物化学、天然产物化学、农用化学品化学乃至分子生物学等等。

有机化学是一门传统但又处在迅速发展中的学科,同时有机化学也正不断地与其他学科交叉、渗透。21世纪必将是有有机化学又一个辉煌发展的时期。借此给本书写几句话之际,希望本书的读者能有兴趣于有机化学,能够在进一步的学习和工作中应用和发展有机化学。

吴毓林

2003年新春于中国科学院上海有机化学研究所

前 言

本书是根据高等农业院校有机化学教学研讨会指定的教学大纲,结合有机化学当前世界发展的动态和趋势、有机化学教学计划、培养目标、教学手段等的综合改革而编写的。在编写过程中,考虑到目前农业院校基础课程学时的不断减少,在基本内容上尽量与相关学科衔接,减少重复,始终将结构和活性的关系贯穿始终,力争做到理论知识与实际应用相结合,能够反映有机化学与其他学科的相互交叉、相互渗透,在内容上做到前呼后应,同时结合本学科的发展趋势与科研动态,增设一些世界发展前沿课题内容,借以扩大学生的知识面和提高学生的学习兴趣。除此之外,我们力求所编教材适合具有高中化学水平的学生自学,但决不是知识的简单重复。全书共分16章。在内容上除旧推新,尽量减少重复,在保持系统性的基础上,分散难点,突出重点。在绪论后首先介绍了波谱技术,同时在各章节分别论述,使学生了解现代物理分析方法在有机化学中的应用。根据有机化学在农业领域有广泛应用的特点,适当介绍一些与生产实际相关的化合物。本书始终把结构和活性的关系作为主线,分析结构特点,进行逻辑推理,借以培养学生分析问题和解决问题的能力。此外将有机合成,硫、磷元素有机化学部分分别组成章节,以利于学生学习。

本书由华南农业大学谷文祥和王奎堂担任主编。参加编写的人员有:华南农业大学谷文祥(第1、2、3、9章)、王奎堂(第4、5、6、8章)、何庭玉(第15、16章)、万新(第13、14章)、张淑婷(第10、11、12章),仲凯农学院陈睿(第7章)。全书统稿由谷文祥完成。

在本书的编写过程中,得到了华南农业大学理学院应用化学系有机化学教研室老师们的支持与帮助,以及华南农业大学《农科有机化学课程教学综合改革》校长基金项目资助,在此表示感谢。

本书主要以我校有机化学教学实践所积累的资料为依据,结合流行

专业参考书和国内外农业院校有机化学教材,力求做到适合于学生素质和能力的培养。虽然我们尽了很大的努力,但由于水平所限,书中难免存在错误和不当之处,恳切希望同行与读者批评指正。

编 者

目 录

序

前言

第1章 绪论	1
1.1 有机化学的研究对象	1
1.2 有机化合物中的结构理论与化学键	4
1.3 有机化合物的分类	6
1.4 酸碱理论的扩展	8
1.5 研究有机化合物的一般步骤	11
1.6 有机化学与农业的关系	11
习题	13
第2章 波谱简介	14
2.1 紫外光谱	14
2.2 红外光谱	16
2.3 核磁共振谱	19
2.4 质谱	25
第3章 开链烃	27
3.1 烷烃	27
3.2 烯烃	37
3.3 炔烃	45
3.4 烯烃和炔烃的光谱分析	48
3.5 共轭二烯烃	49
3.6 诱导效应和共轭效应	51
3.7 萜类化合物	54
3.8 重要开链化合物	60
习题	64
第4章 碳环烃	68
4.1 脂环烃	68
4.2 芳香烃	74
习题	85

第 5 章 旋光异构	87
5.1 对映体和手性	87
5.2 物质的旋光性	88
5.3 旋光性与分子结构的关系	89
5.4 含手性碳原子化合物的旋光异构	89
5.5 不含手性碳原子化合物的旋光异构	92
5.6 某些化学反应中的立体化学	93
5.7 立体异构与药物	95
5.8 不对称合成	97
习题	100
第 6 章 卤代烃	102
6.1 命名和分类	102
6.2 卤代烃的制备	103
6.3 一些有用的卤代烃	104
6.4 卤代烃的光谱特性	105
6.5 卤代烃的反应	105
6.6 金属有机化合物	109
习题	112
第 7 章 醇、酚、醚	114
7.1 醇、酚	114
7.2 醚	128
7.3 醇、酚、醚的代表化合物与用途	131
习题	137
第 8 章 醛、酮、醌	139
8.1 醛酮	139
8.2 醌	147
8.3 醛、酮、醌的重要代表化合物及其应用	148
习题	150
第 9 章 羧酸、羧酸衍生物和取代酸	153
9.1 羧酸	153
9.2 羧酸衍生物	159
9.3 取代酸	164
9.4 羧酸类化合物的制备及其代表化合物的应用	167
习题	174

第 10 章 有机合成	176
10.1 合成路线设计	176
10.2 合成反应举例	185
习题	188
第 11 章 含氮有机化合物	191
11.1 胺类	191
11.2 重氮盐和偶氮化合物	206
习题	212
第 12 章 含硫与含磷化合物	215
12.1 含硫有机化合物	215
12.2 含磷有机化合物	224
习题	230
第 13 章 碳水化合物	232
13.1 概论	232
13.2 单糖	232
13.3 二糖	248
13.4 多糖	251
习题	255
第 14 章 杂环化合物和生物碱	258
14.1 杂环化合物	258
14.2 生物碱	269
习题	272
第 15 章 氨基酸、蛋白质和核酸	275
15.1 α -氨基酸	275
15.2 蛋白质	280
15.3 核酸	285
15.4 酶	290
习题	294
第 16 章 油脂和类脂化合物	296
16.1 油脂	296
16.2 类脂化合物	300
习题	304
主要参考书	305

第 1 章 绪 论

1.1 有机化学的研究对象

1.1.1 有机化学和有机化合物

有机化学是化学的一个分支,是与人们的生活有着极其密切关系的一门学科。有机化学是研究碳氢化合物的化学。

“有机”这个容易被人误解的名称是从前根据来源把化合物分为无机和有机两类时代的产物。“有机”一般是指有生命的东西。在 18 世纪,人们从动物和植物体内分离得到一些化合物,其性质和组成不同于从矿物中得到的化合物,故称为有机化合物。这些来源于生物体的化合物都有一个共同的特点,即都含有碳氢元素,以后的研究发现除了碳氢元素外,有的还含有氧、氮、硫、磷和卤素。尽管有机化合物所含元素的种类远不如无机化合物多,但有机化合物的种类和数量却远远比无机物多,且性质也有较大的差异。

有机化学做为—门学科,是在 19 世纪发展起来的。自从创造了有机化合物的分析方法之后,发现有机化合物均含有碳元素,大多数还含有氢元素,于是认为碳是有机化合物的基本元素,从而把碳的化合物称为有机化合物,而把有机化学定义为碳化合物的化学。后来发展了这一观点,认为碳的四个价键除自相连接外,其余和氢相结合,这样就形成了各种各样的烃类,其他元素取代烃中的氢原子而得到烃的衍生物。这样有机化学又被定义为研究烃及其衍生物的化学。

为什么要把有机化学作为—门独立的学科研究呢?其主要原因是因为有机化合物种类繁多,而且重要;其次是因为有机化合物具有与典型无机物明显不同的特性。

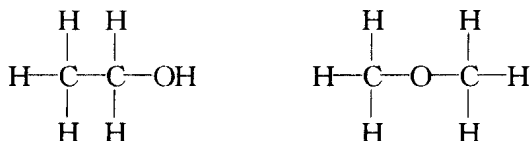
1.1.2 有机化合物的特性

如果将有机化合物和无机化合物比较,我们不难发现有机化合物具有以下一些特性。

1. 结构特性

有机化合物结构特殊。在有机化合物中,组成有机化合物的元素并不多,但有机化合物数量繁多,其主要原因是有机化合物具有同分异构现象。在有机化合物中,构成有机化合物主体的碳原子之间结合能力强,且以多种方式相互连接,如环

状、链式等,同时同一个分子式也可以代表多种不同性质的化合物,如 C_2H_6O , 就可以代表乙醇和甲醚:



这种具有相同分子式而结构和性质不同的化合物称为同分异构体,这种现象称为同分异构现象。因此在有机化合物中分子仅用分子式表示是不行的,必须使用构造式或结构式表示。在异构现象中还包括几何异构和旋光异构,这里述及的只是构造异构。

碳原子还可以与其他原子结合。在有机化合物中碳原子总是以四价出现,而且由于它在周期表中的特殊位置使得它不易失去或得到电子,一般均以共价键的形式与氢原子或其他原子结合,这是典型的有机化合物结构特征。

2. 性质上的特征

有机化合物在性质上有与无机化合物显然不同的特点,其主要表现在:

(1) 有机化合物一般均易燃烧,生成二氧化碳和水

在我们的日常生活中,糖和盐是有机化合物和无机化合物的典型代表,糖加热熔融、发烟、变黑、发焦,而盐则不是这样。酒精、棉花、石油、脂肪均是易燃的物品。在实验室中可采用灼烧实验区分有机物和无机物。

(2) 有较低沸点和熔点

大多数固体无机化合物依正负离子的顺序排列成晶格,正负离子之间靠静电吸引力来获得晶格能,形成离子晶体。要破坏这种排列,需要较大的能量来克服晶格能,从而使得无机物一般熔点较高。而有机物是分子间的排列形成的晶体,靠分子间力来维持分子晶体,从而其熔点一般较低。通常有机物熔点在 400°C 以下,而且液体有机物沸点也较低。鉴定有机化合物,测定熔点或沸点是常用的方法之一。

(3) 一般不溶于水而溶于有机溶剂

水是一种极性较强的液体。无机物一般在水中的溶解度较大,而有机物在水中的溶解度很小。当然在水中也有与水完全相溶的有机物,如乙醇、乙酸,这是因为在这类比较小的分子中,含有较大的极性基团。根据相似相溶原理,使得它在水中的溶解度变大。而一般的有机物均是非极性或弱极性的化合物,从而它们在水中的溶解度很小。但它们易溶于有机溶剂,这为我们提取有机化合物提供了条件,如分离提取中草药中的有效成分时,我们常用酒精、甲醇作溶剂。

(4) 有机化合物反应慢而且复杂,反应副产物多

大多数有机反应是在分子间进行的,需要足够的能量且碰撞到适当的反应部

位,反应才能发生。因此大多数有机反应速度慢,需要一定的反应时间,有些甚至要很长时间才能发生。如乙酸和乙醇的酯化反应在常温下约需 16 年才能达到平衡。为了加速反应的进行,可以采用加热、搅拌以及加催化剂的方法。

由于有机分子结构复杂,起反应部位常常不止一点,这就使得反应复杂,产率很少有 100%,在主反应进行的同时,还常常伴随着副反应,使得产物为混合物,为分离纯化有机物带来许多麻烦。因此分离技术是研究有机化合物的重要手段之一。

1.1.3 有机化学的产生和发展

科学的产生和发展都是与当时的社会生产水平和科学水平相联系的。18 世纪末,人们开始用科学的方法对有机化合物进行研究,使有机化学得到了较快的发展。然而人类应用有机物的历史可以追溯到很久很久以前。据史料记载,我国劳动人民很早就知道利用谷物酿酒作醋,以后逐渐发展到使用染料、香料、中草药等。我国是一个文明古国,在有机化学发展的早期阶段,中华民族一直处于世界领先地位。但由于生产力不发达,人们对有机物的认识仍然处于初级阶段,致使没有形成一门学科。

随着欧洲工业革命的发生,社会需要与科学技术的进步使有机化学逐渐形成,尤其是分离提取有机化合物的技术发展很快。1769 年 G. W. Scheele 发现并最先确认了一些最重要的有机酸,如酒石酸、柠檬酸、五倍子酸、乳酸和尿酸等;1773 年,人们从尿中提取获得纯的尿素;1805 年当时享有盛名的化学家 J. J. Berzelius 首先应用有机化学这个名字,以区别于无机化学。当时,人们不仅发现了许多有机物而且也测定了许多有机物的结构与组成,对有机物的认识进入到一个新的阶段。1828 年德国化学家 F. Wöhler 冲破生命力论,在实验室里第一次用人工合成的方法获得尿素,在有机化学的发展史上具有划时代的意义,为有机物的人工合成开辟了前进的道路。1845 年 H. Kolbe 合成了乙酸;1854 年 M. Berthelot 合成了属于油脂的物质;1850~1900 年,成千上万的药品、染料被合成出来,从此有机化学进入了合成的新时代。

在人们对有机物的组成和性质有了一定认识的基础上,有机结构理论也得到了蓬勃发展。1858 年,德国化学家 F. A. Kekulé 和 A. S. Couper 提出了碳原子在有机化合物中是四价及碳原子之间相互连接成碳链的概念,成为研究有机化合物分子结构的最原始和最基础的理论;1861 年,Butlerow 对有机化合物的结构提出了比较完整的概念,他指出原子之间存在着相互影响,化合物的结构决定化合物的性质;1865 年 Kekulé 提出了苯的构造式;1874 年荷兰化学家 van't Hoff 和法国化学家 LeBel 建立了分子的立体概念,说明了对映异构和几何异构现象;1885 年 A. von Baeyer 提出了分子张力学说,到此经典有机化学结构理论基本建立起来。

20 世纪初,在物理学一系列新发现的推动下,建立了价键理论。当量子力学原理引入化学领域后,则建立了量子化学,使化学键理论获得理论基础。量子化学阐明了化学键的微观本质,使得诱导效应、共轭效应理论及共振论相继出现。20 世纪 60 年代,波谱技术在化学上开始得到广泛应用,这对测定分子结构提供了强有力的手段。分子轨道理论、对称守恒原理的提出,使有机化学进入一个辉煌的阶段。与此同时,大量复杂的有机化合物被合成出来,如牛胰岛素、维生素 B₁₂、海葵毒素等。

1.2 有机化合物中的结构理论与化学键

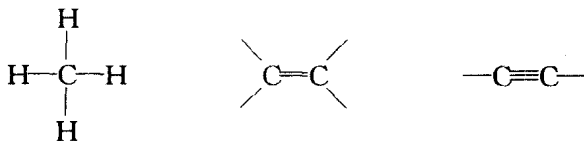
有机化合物中的原子都是用共价键结合起来的,而对共价键本质的解释常用的是价键理论和分子轨道理论。在 20 世纪初和 19 世纪末,一大批科学家致力于碳的结构研究。荷兰化学家 van't Hoff 和法国化学家 LeBel 提出了有机分子三维空间的概念及碳的四面体学说,指出有机化合物的结构是建立在碳原子的价键理论上的。美国化学家 G. N. Lewis 提出的共价键电子理论认为,碳碳之间的成对电子可以是单键、双键(两对电子)和叁键(三对电子)。在化合物中,当一个碳原子周围具有外层 8 电子结构后,共价键达到饱和,这样便解释了碳四价的结合力。而有机化合物中碳原子的方向性问题直到 Pauling 提出价电子的杂化轨道理论后才确定。在本书中我们仅介绍一些基本概念。

1.2.1 价键理论

价键理论的要点如下:

(1) 价键的形成是原子轨道的重叠或电子配对的结果

如果两个原子都有未成对电子并且自旋相反,就能配对形成共价键。由一对电子形成的共价键称为单键;由两对或三对电子形成的共价键分别称为双键或叁键。共价键的实质是原子轨道的重叠。如:



(2) 共价键的饱和性

在形成共价键时,一个电子和另一个电子配对之后就不能再与其他电子配对,这种性质称为共价键的饱和性。

(3) 共价键的方向性

成键的两个电子的原子轨道只有在一定方向上才能达到最大重叠,形成稳定

的共价键,这就是共价键的方向性。

1.2.2 分子轨道理论

分子轨道理论认为化学键是原子轨道重叠产生的,当任何数目的原子轨道重叠时就可以形成相同数目的分子轨道,而分子中的电子沿着一个多核的分子轨道运动。分子轨道理论的要点如下:

分子中每一电子的运动状态可用波函数 Ψ 来描述, Ψ 称为该电子的分子轨道函数或分子轨道, Ψ 可用原子轨道的线性组合来表示。

$$\Psi_1 = C_1 \Psi_a + C_2 \Psi_b \quad (1)$$

$$\Psi_2 = C_2 \Psi_a - C_2 \Psi_b \quad (2)$$

当然分子轨道也可以由多个原子轨道组成。

每一个分子轨道 Ψ_i 上最多只可能容纳二个电子,且自旋相反;每一个分子轨道有它相应的能量 E_i ,在不违背 Pauli 原则的前提下,分子中的电子将尽可能先占有能量最低的轨道。在双原子分子中,当两原子轨道形成分子轨道时,生成的两个分子轨道中,一个的能量比原子轨道的能量低,电子处于该分子轨道上,有能量放出,两原子结合成为稳定的分子,该轨道称为成键轨道;另一个的能量高于原子轨道,电子从原子轨道进入该轨道时需补充能量,所以称为反键轨道(参见图 1-1)。

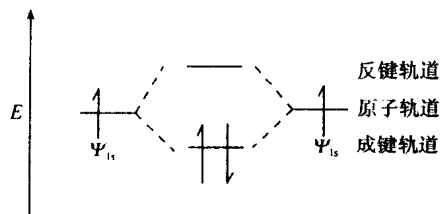


图 1-1 氢的分子轨道

在原子轨道形成分子轨道时,必须满足三个条件:①对称性匹配条件 只有位相相同的原子轨道才能匹配形成分子轨道。②最大重叠原则 原子轨道相互交盖的程度越大,形成的共价键越稳定。③能量相近原则 只有能量相近的原子轨道才能组成分子轨道。

1.2.3 σ 键和 π 键

共价键按其共用电子对的数目不同可以分为单键和重键;按成键原子轨道的重叠方式不同又可分为 σ 键和 π 键。

1. σ 键

两个成键的原子轨道沿着其对称轴的方向相互交盖而形成的键,叫做 σ 键。构成 σ 键的电子称为 σ 电子。在 σ 键中成键电子云沿键轴成圆柱形分布,因此用这种键连接的两个原子或基团,可以绕键轴自由旋转。同时由于成键原子轨道是在直线上相互交盖,交盖程度较大,因此 σ 键较牢固,在化学反应中不易断裂。

2. π 键

如果成键原子轨道除了以 σ 键相互结合外,他们的 p 轨道又相互平行交盖形成键,此时成键的两个 p 轨道的方向刚好与连接两个原子的轴垂直,这种键称为 π 键。在 π 键中,成键电子云分布在键轴的上下方,而且有一个对称平面,在该平面上的电子云密度为零。与 σ 键相比,两个 p 轨道交盖程度较小,因此 π 键的强度一般不如 σ 键,在化学反应中容易断裂,同时碳原子有形成较牢固 σ 键的倾向,因此有 π 键的化合物容易发生加成反应。

1.2.4 共价键的断裂和有机反应类型

旧键的断裂和新键的形成是化学反应的本质。在化学反应中,共价键有两种断裂方式,即均裂和异裂。

1. 均裂

在化学反应中共价键断裂时,如果共用电子对平均分配给两个成键原子或原子团,这种断裂方式称为均裂。均裂所生成的两个带有单电子的原子或原子团称为自由基或游离基。这种经均裂生成游离基的反应称游离基反应,这种反应一般在光照或加热的条件下进行。

2. 异裂

在共价键断裂时,如果成键电子对完全转移给成键原子的一方,这种断裂方式称为异裂。异裂生成正离子和负离子。这种经异裂生成的离子反应称为离子型反应,这种反应一般在酸碱或极性物质催化下进行。

游离基、碳正离子、碳负离子都是有机反应活性中间体,它们产生、存在的时间很短,但能证明和测定其确实存在。

1.3 有机化合物的分类

有机化合物种类繁多,严谨的科学分类是十分必要的,一般按以下两种方式分

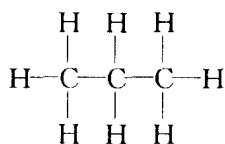
类。

1.3.1 按碳架分类

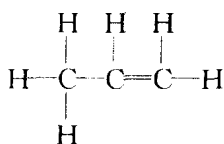
按碳架分类,可以将有机化合物分为三类:开链化合物、碳环化合物和杂环化合物。

1. 开链化合物

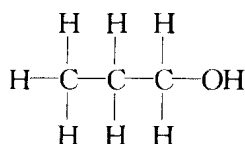
在开链化合物中碳原子互相结合形成链状化合物。如:



丙烷



丙烯



丙醇

2. 碳环化合物

(1) 脂环化合物



环己烷



环戊烷

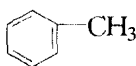


环戊烯

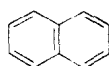
(2) 芳香族化合物



苯



甲苯



萘

(3) 杂环化合物



噻吩



吡唑



呋喃

这种分类方法是从有机化合物的母体(或碳骨架)结构形式出发,即按链状和环状来分,但并不反映化合物的性质特征,也不反映结构的本质。由于脂环化合物的性质和开链化合物性质相似,也可将其分为一类而统称脂肪族化合物。而杂环化合物中许多具有芳香性,也可并入芳香族。碳氢化合物从性质上又可分为饱和烃、不饱和烃和芳香烃三类,其中饱和烃包含烷烃和环烷烃,不饱和烃包含烯烃和炔烃,芳香烃可分为苯系芳烃和非苯芳烃,其他有机化合物可作为这三类烃的衍生物。

1.3.2 按官能团分类

官能团是指有机化合物分子中特别能起化学反应的一些原子或基团。它常常可以决定化合物的主要性质,如乙醇中的羟基($-\text{OH}$)、乙酸中的羧基($-\text{COOH}$)等。一般来说,含有相同官能团的化合物能起相似的化学反应,我们把它看作一类化合物。常见官能团见表 1-1。

表 1-1 重要官能团的名称和实例

化合物类型	官能团的结构	官能团的名称	实 例	
烯烃	$\begin{array}{c} \diagup \quad \diagdown \\ \text{C}=\text{C} \end{array}$	双键	$\text{H}_2\text{C}=\text{CH}_2$	乙烯
炔烃	$-\text{C}\equiv\text{C}-$	叁键	$\text{H}-\text{C}\equiv\text{C}-\text{H}$	乙炔
卤代烃	$-\text{X}$	卤素	$\text{C}_2\text{H}_5\text{Cl}$	氯乙烷
醇和酚	$-\text{OH}$	羟基	$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$	乙醇
			$\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$	苯酚
醚	$\text{C}-\text{O}-\text{C}$	醚键	$\text{C}_2\text{H}_5-\text{O}-\text{C}_2\text{H}_5$	乙醚
醛和酮	$\begin{array}{c} \diagup \quad \diagdown \\ \text{C} \\ \parallel \\ \text{O} \end{array}$	羰基	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{CH}_3-\text{C} \\ \diagdown \\ \text{H} \end{array}$	乙醛
			$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{CH}_3\text{CCH}_3 \end{array}$	丙酮
			CH_3COOH	乙酸
羧酸	$-\text{COOH}$	羧基		
硝基化合物	$-\text{NO}_2$	硝基	CH_3NO_2	硝基甲烷
胺	$-\text{NH}_2$	氨基	$\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2$	苯胺
偶氮化合物	$-\text{N}=\text{N}-$	偶氮基	$\text{C}_6\text{H}_5-\text{N}=\text{N}-\text{C}_6\text{H}_5$	偶氮苯
硫醇和硫酚	$-\text{SH}$	巯基	$\text{C}_2\text{H}_5\text{SH}$	乙硫醇
			$\text{C}_6\text{H}_5\text{SH}$	苯硫酚
磺酸	$-\text{SO}_3\text{H}$	磺酸基	$\text{C}_6\text{H}_5\text{SO}_3\text{H}$	苯磺酸

1.4 酸碱理论的扩展

酸和碱都是重要的化学物质。随着科学的发展,酸和碱的范围越来越广泛,很多的化学物质包含在它们的范围之中,因而对它们系统的认识显得更加重要。

1.4.1 酸碱质子理论

J. N. Brönsted 和 T. M. Lowry 在 1923 年同时提出该理论,由于前者在这方