

全国高等医药教材建设研究会 卫生部规划教材
全国高等学校教材
供基础、临床、预防、口腔医学类专业用

有机化学

第 6 版

主 编 吕以仙
副主编 陆 阳

 人民卫生出版社

全国高等学校教材
供基础、临床、预防、口腔医学类专业用

有机化学

第 6 版

主 编 吕以仙

副主编 陆 阳

编 者(以姓氏笔画为序)

邓 键 (南华大学)	张喜轩 (中国医科大学)
刘文燊 (中山医科大学)	陆 阳 (上海第二医科大学)
刘俊义 (北京大学医学部)	陈洪超 (四川大学华西药学院)
吕以仙 (北京大学医学部)	庞 华 (山东大学)
余 瑜 (重庆医科大学)	林友文 (福建医科大学)
张鲁雁 (复旦大学化学系)	夏淑贞 (华中科技大学同济医学院)

人 民 卫 生 出 版 社

图书在版编目 (CIP) 数据

有机化学/吕以仙主编. —6 版. —北京:
人民卫生出版社, 2004. 6

ISBN 7-117-06156-1

I. 有… II. 吕… III. 有机化学-高等学校-教材 IV. 062

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 039447 号

有 机 化 学
第 6 版

主 编: 吕 以 仙

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

印 刷: 北京人卫印刷厂

经 销: 新华书店

开 本: 850×1168 1/16 **印张:** 22

字 数: 522 千字

版 次: 1978 年 10 月第 1 版 2004 年 7 月第 6 版第 41 次印刷

标准书号: ISBN 7-117-06156-1/R·6157

定 价: 35.00 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)

全国高等学校五年制临床医学专业

第六轮规划教材修订说明

为适应我国高等医学教育改革的需要,经全国高等医药教材建设研究会和卫生部临床医学专业教材评审委员会审议,决定从 2002 年 9 月开始进行五年制临床医学专业规划教材第六轮的修订。第六轮的修订工作要以《中国医学教育改革和发展纲要》和《关于“十五”期间普通高等教育教材建设与改革的意见》为指导,及时反映新世纪教学内容和课程改革的成果,在选择教材内容和编写体系时,应注意素质教育和创新能力与实践能力的培养,为学生知识、能力、素质协调发展创造条件。第六轮的修订要继承和发扬第五轮教材编写的优点,在坚持“三基”、“五性”、“三特定”的同时,提倡创新,可同时编写配套教材(含光盘);增加英文的词汇量;加强人文科学的内容;并强调增强学生的法律意识等,力争编出精品教材。

随着教材品种的不断增多和完善,第六轮教材将不再与七年制共用;并为适应各院校的具体情况,不再划分必修教材和选修教材,由各院校自行选择使用。

全套教材共 50 种,于 2004 年秋季全部出齐,其中 24 种同时为教育部确定的普通高等教育“十五”国家级规划教材。另根据学科发展的需要,本轮教材将原《耳鼻咽喉科学》更名为《耳鼻咽喉-头颈外科学》;将原《计算机应用基础》更名为《医学计算机应用基础》。

第六轮教材目录

1. 《医用高等数学》第 4 版	主编 张选群	14. 《病理学》第 6 版	主编 李玉林
△2. 《医学物理学》第 6 版	主编 胡新珉		副主编 唐建武
3. 《基础化学》第 6 版	主编 魏祖期	△15. 《病理生理学》第 6 版	主编 金惠铭
4. 《有机化学》第 6 版	主编 吕以仙		王建枝
	副主编 陆 阳	16. 《药理学》第 6 版	主编 杨宝峰
5. 《医学生物学》第 6 版	主编 傅松滨		副主编 苏定冯
△6. 《系统解剖学》第 6 版	主编 柏树令	17. 《医学心理学》第 4 版	主编 姜乾金
△7. 《局部解剖学》第 6 版	主编 彭裕文	18. 《法医学》第 4 版	主编 王保捷
△8. 《组织学与胚胎学》第 6 版	主编 邹仲之	△19. 《诊断学》第 6 版	主编 陈文彬
△9. 《生物化学》第 6 版	主编 周爱儒		潘祥林
	副主编 查锡良		副主编 康熙雄
△10. 《生理学》第 6 版	主编 姚 泰	△20. 《医学影像学》第 5 版	主编 吴思惠
	副主编 吴博威		副主编 冯敢生
11. 《医学微生物学》第 6 版	主编 周正任	△21. 《内科学》第 6 版	主编 叶任高
	副主编 李 凡		陆再英
12. 《人体寄生虫学》第 6 版	主编 李雍龙		副主编 谢 毅
13. 《医学免疫学》第 4 版	主编 陈慰峰		王 辰
	副主编 金伯泉		

△22.《外科学》第6版	主编 吴在德 吴肇汉	△35.《预防医学》第4版	副主编 刘移民 主编 傅 华
	副主编 郑 树 安 洪	36.《中医学》第6版	副主编 段广才 主编 李家邦
△23.《妇产科学》第6版	主编 乐 杰	37.《医学计算机应用基础》第3版	副主编 高鹏翔 主编 邹赛德
24.《儿科学》第6版	副主编 谢 幸 丰有吉	38.《体育》第3版	副主编 杨长兴 主编 裴海泓
	主编 杨锡强	39.《医学细胞生物学》第3版	主编 宋今丹
	副主编 易著文	40.《医学分子生物学》第2版	主编 药立波
	副主编 沈晓明 常立文		副主编 冯作化 周春燕
△25.《神经病学》第5版	主编 王维治	41.《医学遗传学》第4版	主编 左 伋
△26.《精神病学》第5版	副主编 罗祖明	△42.《临床药理学》第3版	主编 徐叔云
△27.《传染病学》第6版	主编 郝 伟		副主编 魏 伟
	主编 彭文伟	43.《医学统计学》第4版	主编 马斌荣
	副主编 李兰娟 乔光彦	△44.《医学伦理学》第2版	主编 丘祥兴
△28.《眼科学》第6版	主编 惠延年	△45.《临床流行病学》第2版	副主编 王明旭 主编 王家良
29.《耳鼻咽喉-头颈外科学》第6版	主编 田勇泉	46.《康复医学》第3版	主编 南登崑
	副主编 孙爱华	47.《医学文献检索》第2版	主编 郭继军
△30.《口腔科学》第6版	主编 张志愿	48.《卫生法》第2版	主编 赵同刚
△31.《皮肤性病学》第6版	主编 张学军		副主编 达庆东 汪建荣
32.《核医学》第6版	主编 李少林	49.《医学导论》第2版	主编 文历阳
	副主编 张永学	△50.《全科医学概论》第2版	主编 杨秉辉
△33.《流行病学》第6版	主编 王建华		
34.《卫生学》第6版	主编 仲来福		

注：画△者为普通高等教育“十五”国家级规划教材

全国高等学校临床医学专业 第五届教材评审委员会

名誉主任委员 裘法祖
主任委员 陈灏珠 副主任委员 龚非力

委员（以姓氏笔画为序）

于修平 王卫平 王鸿利 文继舫 朱明德 刘国良
李焕章 杨世杰 张肇达 沈 悌 吴一龙 郑树森
原 林 曾因明 廖秦平 樊小力

秘书 孙利军

前 言

根据全国高等医药教材建设研究会和卫生部教材办公室于2003年1月在北京召开的临床医学专业本科生规划教材主编人会议精神为指导,修订和编写第6版《有机化学》规划教材。第1~4版由徐景达教授主编,第5版由吕以仙教授主编(陆阳教授副主编)。第6版《有机化学》是在吸取了前几版的优点,倾听了部分师生的意见与建议,参考了国内外近年出版的各种档次的有机化学教科书及其相关学科的文献的基础上编写了新版本。

《有机化学》第6版的修订和编写,突出以学生为本,力求达到使学生在有限的时间内,能学到更多更有用的基础理论、基本知识和基本技能;有利于培养学生的应用能力和创新能力。为达到此目的,本版教材主要作了以下几点变更:

1. 加强了直观感:全书主要的示图均采用套色印刷,并对较抽象难懂的文字内容尽量附加图示,使复杂的内容简明化。

2. 各章内容的选取既保持有机化学的系统性,又突出了与医学课程的结合点。全书仍为19章,但删除了原5版中的第19章“生物体内有机反应简介”,增加“代谢途径中的辅酶”。此章内容力图作为基础有机化学与生物化学的纽带或桥梁。

3. 本书第2~17章中以“文本框”形式介绍“专题阅读材料”,目的是扩大知识面,增强学生的阅读能力。

4. 全书内容编排注重知识的循序前进,便于自学。第19章“代谢途径中的辅酶”涉及的化合物结构较复杂,排在卷末,可作为应用能力的自学考查内容。

5. 考虑到各学校教学学时上的差异,有些内容以“小字”展现;章末的习题也分为两个层次,星号“*”之后的习题较难一点。可酌情选用。

本书套色位图由邓键教授及其夫人樊芬芳老师共同绘制;其他图、表和文字的套色由吕以仙教授完成。

本书在编写过程中还得到卫生部教材办公室、北京大学医学部、上海第二医科大学和四川大学领导的大力支持,在此一并表示衷心的感谢。

由于我们水平有限,不妥之处在所难免,诚请广大师生和读者批评指正。

主 编

2004年3月

目 录

第一章 绪论	1
第一节 有机化合物和有机化学	1
第二节 共价键	2
一、经典共价键理论	2
二、现代共价键理论	3
三、杂化轨道	3
四、共价键的属性	5
第三节 分子的极性和分子间的作用力	7
一、分子的极性	7
二、分子间的作用力	8
第四节 有机化合物的官能团和反应类型	9
一、官能团	9
二、有机化合物反应类型	10
第五节 有机酸碱概念	11
一、勃朗斯德酸碱理论	11
二、Lewis 酸碱	11
第六节 确定有机化合物结构的步骤与方法	12
一、分离纯化	12
二、元素分析	12
三、确定实验式和分子式	13
四、结构式的测定	13
第七节 分子轨道和共振结构	14
一、分子轨道	14
二、共振结构	15
习题	16
第二章 烷烃和环烷烃	18
第一节 烷烃	18
一、烷烃的结构	18
二、烷烃的构造异构和命名	20
三、烷烃的构象异构	23
四、烷烃的物理性质	26

五、烷烃的化学性质	27
第二节 环烷烃	32
一、环烷烃的分类和命名	32
二、环烷烃的结构与稳定性	34
三、环烷烃的性质	35
四、环烷烃的构象	36
习题	40
第三章 烯烃和炔烃	43
第一节 烯烃	43
一、烯烃的结构	43
二、烯烃的命名和异构现象	44
三、烯烃的物理性质	48
四、烯烃的化学性质	48
五、共轭烯烃	57
六、烯烃聚合物	60
第二节 炔烃	62
一、炔烃的结构	62
二、炔烃的异构和命名	63
三、炔烃的物理性质	63
四、炔烃的化学性质	64
习题	66
第四章 芳香烃	70
第一节 苯及其同系物	70
一、苯的结构	70
二、苯同系物的命名	71
三、苯及其同系物的物理性质	73
四、苯及其同系物的化学性质	73
五、苯环亲电取代反应的定位效应	76
第二节 稠环芳香烃	80
一、萘	80
二、蒽和菲	81
三、致癌芳香烃	82
第三节 芳香性: Hückel 规则	82
一、Hückel 规则	83
二、重要的非苯型芳香烃	83
习题	84

第五章 立体化学基础：手性分子	87
第一节 手性分子和对映体	87
一、手性	87
二、手性分子和对映体	88
三、对称面和非手性分子	89
四、判断对映体的方法	90
第二节 费歇尔投影式	90
第三节 旋光性	91
一、偏振光和旋光性	91
二、旋光度与比旋光度	92
第四节 外消旋体	93
第五节 非对映体和内消旋化合物	94
一、非对映体	94
二、内消旋化合物	95
第六节 构型标记法	96
一、D/L 构型标记法	96
二、R/S 构型标记法	97
第七节 无手性碳原子的对映体	99
第八节 外消旋体的拆分	100
第九节 手性分子的形成和生物作用	101
一、手性分子的形成	101
二、手性分子的生物作用	102
习题	104
第六章 卤代烃	107
第一节 分类和命名	107
第二节 物理性质	108
第三节 化学性质	109
一、卤代烷的亲核取代反应	109
二、卤代烷的消除反应	112
三、不饱和卤代烃的取代反应	115
四、卤代烃与金属反应	117
习题	118
第七章 醇、硫醇、酚	121
第一节 醇	121
一、醇的结构、分类和命名	121
二、醇的物理性质	123

三、醇的化学性质	124
四、甲醇、乙醇的功能与毒性	129
第二节 硫醇	130
一、硫醇的结构与命名	130
二、硫醇的物理性质	131
三、硫醇的化学性质	131
第三节 酚	133
一、酚的结构、分类和命名	133
二、酚的物理性质	134
三、酚的化学性质	134
习题	139
第八章 醚和环氧化合物	142
第一节 醚	142
一、醚的结构和命名	142
二、醚的物理性质	143
三、醚的化学性质	144
第二节 环氧化合物	146
一、环氧化合物的结构和命名	146
二、环氧化合物的开环反应	146
习题	149
第九章 醛和酮	151
第一节 醛酮的分类和命名	151
第二节 醛酮的结构和物理性质	152
第三节 醛酮的化学性质	153
一、亲核加成反应	154
二、 α -碳及 α -氢的反应	158
三、氧化反应和还原反应	161
习题	163
第十章 羧酸和取代羧酸	165
第一节 羧酸	165
一、羧酸的结构、分类和命名	165
二、羧酸的物理性质	167
三、羧酸的化学性质	168
第二节 取代羧酸	172
一、羟基酸	173

二、酮酸	176
习题	178
第十一章 羧酸衍生物	181
第一节 羧酸衍生物的命名	181
一、酰卤的命名	181
二、酸酐的命名	181
三、酯的命名	182
四、酰胺的命名	182
第二节 羧酸衍生物的性质	183
一、物理性质	183
二、化学性质	184
三、碳酸衍生物	189
四、尼龙和聚酯	192
习题	193
第十二章 胺和生物碱	195
第一节 胺	195
一、胺的分类和命名	195
二、胺的结构	197
三、胺的物理性质	199
四、胺的化学性质	200
第二节 重氮盐和偶氮化合物	205
一、重氮盐的制备及结构	206
二、重氮盐的性质	206
第三节 生物碱	208
一、生物碱的概念及临床应用	208
二、生物碱的通性	210
三、吗啡、可待因和海洛因的结构、功能与毒性	211
习题	211
第十三章 有机波谱学基础	214
第一节 吸收光谱的一般原理	214
第二节 紫外光谱	215
一、紫外光谱的基本原理	215
二、紫外光谱在有机结构分析中的应用	217
第三节 红外光谱	218
一、红外光谱的基本原理	218

二、红外吸收峰的位置和强度	218
三、各类化合物的红外光谱举例	220
四、红外光谱的解析	224
第四节 核磁共振谱	225
一、核磁共振基本原理	225
二、化学位移	226
三、吸收峰的面积——质子的数目	228
四、自旋偶合-裂分	228
五、 ^1H NMR 谱的解析	231
习题	232
第十四章 芳香杂环化合物	236
第一节 芳香杂环化合物的分类与命名	236
第二节 芳香六元杂环	237
一、吡啶的结构	237
二、吡啶的性质	238
三、嘧啶及其衍生物	240
第三节 芳香五元杂环	240
一、吡咯、呋喃和噻吩的结构	240
二、吡咯、呋喃和噻吩的性质	241
三、吡咯衍生物	242
四、咪唑的结构与功能	243
第四节 稠杂环化合物	243
习题	245
第十五章 糖类	248
第一节 单糖	248
一、单糖的构型和开链结构	249
二、单糖的变旋光现象和环状结构	250
三、单糖的物理性质	253
四、单糖的化学性质	253
第二节 双糖和多糖	256
一、双糖	256
二、多糖	258
习题	262
第十六章 脂类	263
第一节 油脂和蜡	263

一、油脂	263
二、蜡	267
第二节 磷脂	268
一、甘油磷脂	268
二、神经磷脂	269
三、磷脂与细胞膜	270
第三节 甾族化合物	272
一、甾族化合物的结构	272
二、甾醇类	274
三、胆甾酸	276
四、甾体激素	276
习题	279
第十七章 氨基酸、多肽和蛋白质	281
第一节 氨基酸	281
一、氨基酸的结构、分类和命名	281
二、营养必需氨基酸	284
三、修饰氨基酸和非蛋白质氨基酸	285
四、氨基酸的性质	286
第二节 肽	289
一、肽的结构和命名	289
二、肽键平面	290
三、多肽的结构测定	291
四、生物活性肽	292
第三节 蛋白质	294
一、元素组成和分类	294
二、蛋白质的分子结构	294
三、蛋白质的性质	298
习题	300
第十八章 核酸	302
第一节 核酸的分类和化学组成	302
一、核酸的分类	302
二、核酸的化学组成	302
第二节 核苷和核苷酸	304
一、核苷	304
二、核苷酸	305
三、ATP 的结构与功能	306

第三节 核酸的结构	307
一、核酸的一级结构	307
二、DNA 的双螺旋结构	308
第四节 核酸的理化性质	309
一、物理性质	309
二、酸碱性	309
习题	310
 第十九章 代谢途径中的辅酶	311
第一节 代谢的概述	311
第二节 酶的化学组成和活性中心的概念	313
第三节 辅酶的结构和功能	314
一、 NAD^+ 和 NADP^+	314
二、FAD	316
三、辅酶 A	317
四、生物素	318
五、四氢叶酸	318
六、硫辛酸	319
习题	320
 主要参考书目	321
 附录 一些化合物的 pK_a	322
 汉英索引	323

第一章 绪 论

本章内容是学习后续章节必备的基础知识,虽然有些内容在基础化学中已经接触过了,但有必要重温这些内容。有机化合物分子中,原子间主要以共价键相结合,掌握共价键的本质是学习和理解有机化合物结构与性质关系和反应机制以及化合物稳定性的基础。因此本章对 Lewis 结构和现代共价键理论作简要回顾;有些化合物的结构用单一 Lewis 结构式不能准确表达,然而运用共振结构却有它的独到之处,为此对共振概念作一简介;掌握酸碱概念对理解有机反应机制也是决不可缺的,故将其作一简明重温。了解有机化合物分类和反应类型及确定结构式的步骤与方法对提高学习有机化学的综合分析能力也是十分必要的,本章对此方面内容作一扼要介绍。

第一节 有机化合物和有机化学

最初化学物质来源于两个途径:其一,来源于无生命的矿物质中;其二,取之于有生命的动植物体中。化学家发现来源不同的两类化合物有着显著不同的性质。例如来源于动植物体中的化合物,一般对热不稳定,加热易分解等特性。早期化学家就根据来源不同将化合物分为无机物和有机物两大类。把从矿物中得到的化合物称无机物;从动植物体中获得的物质称为有机物。在化学发展史的长河中曾经有过一段时期,有些化学家认为有机化合物只能来源于有生命的机体,不可能由无机物合成。然而,1828年德国的一位年轻化学家—F. Wöhler (魏勒)在实验室中,从典型的无机化合物—氰酸钾与氯化铵成功地合成了有机化合物—尿素。从此打破了只能从有生命的机体得到有机化合物的错误理念。此后,人们又陆续地合成了成千上万的有机化合物。如今,许多生命物质,例如蛋白质、核酸和激素等也都成功地合成了。由于历史的沿用,现在人们仍然使用“有机”两个字描述有机物和有机化学。不过它的含义与早期“有机”的含义有着本质上的差异。无机化合物与有机化合物在组成上也有着明显不同之处,构成无机化合物的元素有一百余种,而在有机化合物中只包含碳、氢、氧、氮、硫、磷和卤素等为数有限的几种元素。尽管组成有机化合物的元素种类为数不多,但有机化合物的数目却是十分惊人的,已达到上千万。而无机化合物却只有几十万。所有的有机化合物都含有碳元素,多数的含有氢,其次含有氧、氮、卤素、硫和磷等元素。因此,有机化合物的现代定义是指含碳的化合物称为有机化合物 (organic compounds)。不过要把 CO、CO₂ 和碳酸以及碳酸盐等除外。因为它们的性质与无机化合物相同。有机化学的现代定义是指研究有机化合物的结构、性能和合成方法的一门科学。

有机化学是医学课程中的一门重要基础课,也是生命科学不可缺少的化学基础。人体的组成成分除了水分子和无机离子外,几乎都是由有机分子组成的;机体的代谢过程,同样遵循有机化学反应的活性规律。因此只有掌握了有机化合物结构与性质的关系,才能认识蛋白质、核酸和

酶等生命物质的结构和功能,为探索生命的奥妙奠定基础。

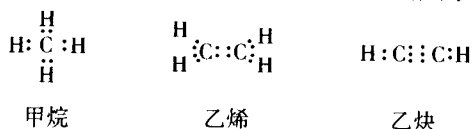
第二节 共 价 键

为什么为数有限的几种元素竟能键合成上千万有机化合物? 有机化合物都含有碳元素,碳原子不仅与氢、氧、氮和卤素等其他元素以共价键(covalent bonds)相结合,碳原子之间也是以共价键相结合,可以形成碳碳单键、双键和三键。因此,只要掌握了共价键的本质,对上述问题也就迎刃而解了。

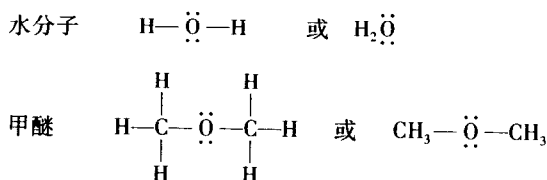
一、经典共价键理论

1916年 W. Kossel(柯塞尔)和 G. N. Lewis(路易斯)提出了离子键和共价键的概念。离子键是原子间通过电子转移产生的正负离子相互结合而形成的。无机化合物分子大多是以离子键结合。共价键是原子间通过共享电子对相互结合而形成的。碳原子既不容易得到电子,也不容易失去电子。因此有机化合物分子主要是以共价键相结合。除惰性气体外,原子间无论以离子键还是以共价键形成的分子,通常都比单原子稳定,这是什么原因? 原子总是倾向获得与惰性气体相同的价电子排布,由于惰性气体具有完全充满的价电子层而使其稳定。除氦仅有两个价电子外,其他惰性气体在价电子层中均为八个电子(八隅体)。绝大多数其他元素之间键合成分子,也是达到外层电子满足八隅体电子结构(氢为两个电子,与氦相同)。

根据价键理论,甲烷、乙烯和乙炔等有机化合物分子都可用共享电子对表示其相应的结构。



这种用电子对表示共价键结构的化学式称为 Lewis(路易斯)结构式。Lewis 结构式(Lewis structures)对于说明有机化学反应及其反应机制中电子的转移是很有用。书写 Lewis 结构式一般写成简化的 Lewis 结构式,只标出孤对电子(即未共享电子对),其余成键电子对用短横线表示,每一个短横线代表一对电子,即一个共价键。也可只标出电子对,其余部分写成简化结构式。例如:



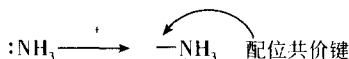
含有氮氧键化合物的 Lewis 结构式,往往带有正负分离的电荷。例如, HNO_3 分子的 Lewis 结构式就展现这种行为。



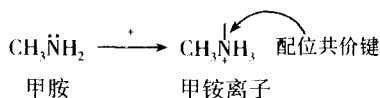
问题 1-1 写出下列分子或基团的 Lewis 结构式。



另外,还有一种特殊的共价键,形成共价键的一对电子是由成键的两个原子中的一个原子提供。这种共价键称为配位共价键。例如:氨分子与氢质子结合生成铵离子时,就是由氨分子中的氮原子提供一对电子形成 N-H 配位共价键。



同样,有机胺(见第十二章),例如甲胺($\text{CH}_3\ddot{\text{N}}\text{H}_2$)与质子结合,也是由氮提供一对电子形成 N—H 配位共价键。



配位键通常用箭头“ $\longrightarrow$ ”表示,指示从提供电子的原子(例如甲铵离子中的 N)指向接受电子的原子(例如甲铵离子中的 H)。但在有机化学中一般可以省略,不必写出。

二、现代共价键理论

Lewis 共价键理论虽然揭示了共价键与离子键的区别,但未能说明共价键是怎样形成的,也不能解释共价键为什么具有饱和性和方向性等诸多问题。许多化学家相继运用量子力学理论研究共价键的本质,逐渐形成了现代共价键理论:当两个原子互相接近到一定距离时,自旋方向相反的单电子相互配对(即两原子轨道重叠)。使电子云密集于两核之间,降低了两核间正电荷的排斥,增加了两核对电子云密集区域的吸引。因此使体系能量降低,形成稳定的共价键;每个原子所形成共价键的数目取决于该原子中的单电子数目。这就是共价键具有饱和性;当形成共价键时,原子轨道重叠程度越大,核间电子云越密集,形成的键就越强,称为最大重叠原理。因此,共价键的形成必须尽可能沿着原子轨道最大程度重叠的方向进行。这就是共价键具有方向性的道理;在形成共价键过程中,由于原子间的相互影响,同一个原子中参与成键的几个能量相近的原子轨道可以重新组合,重新分配能量和空间方向,组成数目相等的,成键能力更强的新的原子轨道,称为杂化轨道。

三、杂化轨道

在有机化合物中,碳原子的杂化形式有三种: sp^3 、 sp^2 和 sp 杂化轨道(hybrid orbitals)。它们的杂化过程是怎样的呢?在基础化学中只学过碳原子的 sp^3 杂化轨道。因此这儿回顾碳原子的 sp^3 杂化轨道,介绍碳原子的 sp^2 和 sp 杂化轨道。

(一) sp^3 杂化轨道

碳原子在基态时的电子构型为 $1s^2 2s^2 2p_x^1 2p_y^1 2p_z^0$ 。按理只有 $2p_x$ 和 $2p_y$ 可以形成共价键,键角应为 90° 。但实际在甲烷分子中,是四个完全等同的键,键角均为 $109^\circ 28'$ 。这是因为在成键过程中,碳的 $2s$ 轨道有一个电子激发到 $2p_z$ 轨道,成为 $1s^2 2s^1 2p_x^1 2p_y^1 2p_z^1$ 。然后 3 个 p 轨道与一个 s