



全国普通高等院校工科化学规划

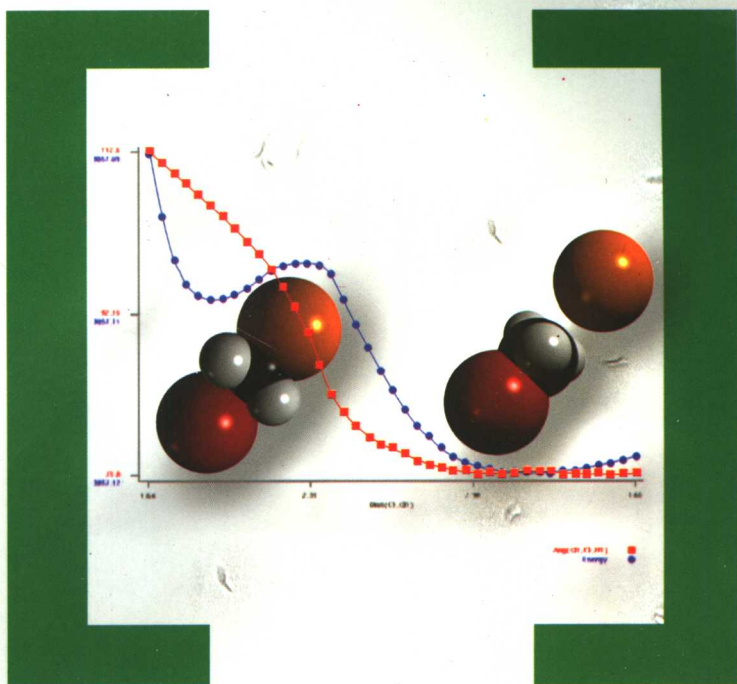
精品教

有机化学

Organic Chemistry

李东风 李炳奇 主编

Q G R T G D Y X G K H X G H J P J C



华中科技大学出版社
<http://www.hustp.com>

有机化学

主 编:李东风 李炳奇
副主编:邓 健 蓝文祥 尚雪亚 易 兵
参 编:李占才 李淑勉 罗 虹 宁志刚
宋欣荣 薛 梅 伍平凡

华中科技大学出版社
中国·武汉

图书在版编目(CIP)数据

有机化学/李东风 李炳奇 主编. —武汉:华中科技大学出版社,2007年8月
ISBN 978-7-5609-4126-4

I. 有… II. ①李… ②李… 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(2007)第130993号

有机化学

李东风 李炳奇 主编

责任编辑:王新华

封面设计:刘 卉

责任校对:陈 骏

责任监印:熊庆玉

出版发行:华中科技大学出版社(中国·武汉)

武昌喻家山 邮编:430074 电话:(027)87557437

录 排:武汉正风图文照排中心

印 刷:湖北新华印务有限公司

开本:710mm×1000mm 1/16

印张:36.5

字数:758 000

版次:2007年8月第1版

印次:2007年8月第1次印刷

定价:48.00元

ISBN 978-7-5609-4126-4/O·417

(本书若有印装质量问题,请向出版社发行部调换)

全国普通高等院校工科化学规划精品教材

编委会

主任

- 吴元欣 武汉工程大学校长, 化学工程与工艺专业教学指导分委员会委员
孙兆林 辽宁石油化工大学校长, 化学类专业教学指导分委员会委员
郑旭煦 重庆工商大学副校长, 制药工程专业教学指导分委员会委员

副主任

- 程功臻 武汉大学教授, 化学类专业教学指导分委员会委员
代斌 石河子大学教授, 化学类专业教学指导分委员会委员
刁国旺 扬州大学教授, 化学基础课程教学指导分委员会委员
樊君 西北大学教授, 制药工程专业教学指导分委员会委员
马万勇 山东轻工业学院教授, 化学基础课程教学指导分委员会委员
杨亚江 华中科技大学教授, 化学工程与工艺专业教学指导分委员会委员
张珩 武汉工程大学教授, 制药工程专业教学指导分委员会委员

编委(按姓氏拼音排序)

- | | | | |
|-----|---------|-----|----------|
| 蔡定建 | 江西理工大学 | 聂长明 | 南华大学 |
| 车振明 | 西华大学 | 庞素娟 | 海南大学 |
| 丁一刚 | 武汉工程大学 | 邱凤仙 | 江苏大学 |
| 傅敏 | 重庆工商大学 | 宋欣荣 | 湖南工程学院 |
| 贡长生 | 武汉工程大学 | 王金华 | 湖北工业大学 |
| 郭书好 | 暨南大学 | 许培援 | 郑州轻工业学院 |
| 胡立新 | 湖北工业大学 | 姚国胜 | 常州工学院 |
| 李炳奇 | 石河子大学 | 易兵 | 湖南工程学院 |
| 李东风 | 长春工业大学 | 尹建军 | 兰州理工大学 |
| 李华 | 郑州大学 | 张光华 | 陕西科技大学 |
| 李宪臻 | 大连轻工业学院 | 张金生 | 辽宁石油化工大学 |
| 李再峰 | 青岛科技大学 | 张龙 | 长春工业大学 |
| 李忠铭 | 江汉大学 | 郑燕升 | 广西工学院 |
| 林树坤 | 福州大学 | 钟国清 | 西南科技大学 |
| 刘彬 | 黄石理工学院 | 周梅村 | 昆明理工大学 |
| 刘志国 | 武汉工业学院 | 周仕学 | 山东科技大学 |

内 容 提 要

本书是为普通工科高等院校编写的有机化学教科书。本书是根据教育部高等学校化学与化工学科教学指导委员会教学指导意见的要求编写的。

本教材按官能团体系讲授各类化合物的结构、性质和合成方法。全部教学内容分为三部分：第一部分为有机化学基本理论及烃类，包括化学键理论、化合物命名、立体化学基础、有机化合物的结构表征、烷烃、环烷烃、不饱和烃、芳香烃；第二部分为烃的衍生物，包括卤代烃，醇、酚、醚，醛、酮，羧酸及其衍生物，含氮化合物；第三部分为专论，包括杂环化合物、天然有机物（糖，氨基酸、蛋白质、核酸）、有机合成等选学部分。

该教材主要针对学时数在 70~100 的普通工科高等院校的教学需要，供化工、生物工程、材料、食品、环境、高分子、制药等专业的本科生使用，也可作为其他相关专业的教学用书或学习参考书。

前 言

近几年来,国内出版的《有机化学》教材有多种,每种教材各有其特色和针对的学生,但适合一般工科院校的少学时教材还相对较少。基于这一点,华中科技大学出版社组织了一些工科院校的具有多年有机化学教学经验的教师编著了这本《有机化学》教材。本教材主要针对 70~100 学时的普通工科高等院校的教学需要。

本教材充分注意到普通工科高等院校学生的学习能力,并注意到化工、生物工程、材料、食品、环境、高分子、制药等专业的要求。在教材编写时注意知识由浅入深,通俗易懂,便于教师讲授与学生自学。注意教材编写的趣味性,充分调动学生学习的积极性和主动性。注意学生的能力培养,培养学生对知识的总结与归纳能力,努力培养学生的创新思维 and 创新能力。

本教材的编写力求体现以下特色:

(1)以教育部化学与化工学科教学指导委员会提出的工科有机化学教学要求为指导原则,既保证有机化学基本理论体系的系统性和层次感,又突出适当精简的原则;

(2)注意用有机化学理论去理解有机反应和有机化合物的性质,注意安排结构与化合物性质和反应之间的内在联系,建立构效关系;

(3)在内容选取和安排形式上注意创新思维的培养(章节中安排思考题、讨论题等);

(4)课后习题采取少而精的原则,不搞题海战术,适当增加查文献解题和非单一答案的习题,培养学生查阅文献的能力和求异创新思维能力;

(5)增加立体化学内容和波谱内容篇幅,反映当代科技发展,适应后续学习、研究与工作需要;

(6)增加专业术语与常用有机化学词汇的英文标注,提高学生专业英语能力,为学生查阅英文文献和双语教学打下一定的基础;

(7)注意安排教师讲解部分和自学扩展部分(用小字排出),以适合不同专业和不同学时的教学要求。注意反映科学进步与时代气息,举例时注意联系生产和生活实际。

全书分三部分,第一部分为有机化学基本理论及烃类(约 30 学时:化学键理论、化合物命名、立体化学基础、有机化合物的结构表征、烷烃、环烷烃、不饱和烃和芳香烃);第二部分为烃的衍生物(约 40 学时:卤代烃,醇、酚、醚,醛、酮,羧酸及其衍生物,含氮化合物);第三部分为专论,包括杂环化合物,糖,氨基酸、蛋白质、核酸,有机合成等,此部分为选学部分,由各院校根据具体情况安排。

本书作者分工情况如下:第1章、第18章由李东风编写,第2章、第3章由蓝文祥编写,第4章由宋欣荣编写,第5章由薛梅编写,第6章由宁志刚编写,第7章由尚雪亚编写,第8章由李占才编写,第9章由李淑勉编写,第10章由伍平凡编写,第11章、第12章由李炳奇编写,第13章由邓健编写,第14章、第16章由罗虹编写,第15章由李占才、尚雪亚编写,第17章由易兵编写。全书由长春工业大学李东风教授统稿,由长春工业大学吴臣教授审稿。华中科技大学龚跃法教授和张方林博士审读了教材并提出了宝贵意见。最后由龚跃法教授主审。

在本教材编写过程中,我们参阅了国内外一些比较好的教材,得到了各编委所在学校和华中科技大学出版社的大力支持,在此一并表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,时间仓促,教材的特色还有待进一步完善,书中难免还有不当之处,希望得到各位专家及同行们的批评指正。

编 者

2007年6月

目 录

第 1 章 绪论	(1)
1.1 有机化学和有机化合物概述	(1)
1.1.1 有机化合物和有机化学的概念	(1)
1.1.2 有机化学的发展史	(1)
1.1.3 有机化合物的特点	(3)
1.2 有机化合物的结构理论	(3)
1.2.1 原子轨道	(4)
1.2.2 价键理论	(4)
1.2.3 分子轨道理论	(9)
1.2.4 共价键的参数	(10)
1.2.5 共价键的均裂和异裂	(12)
1.3 有机化学中的酸和碱	(13)
1.3.1 布朗斯特酸碱质子理论	(13)
1.3.2 路易斯酸碱电子理论	(14)
1.4 有机化合物的分类	(14)
1.4.1 按碳骨架分类	(14)
1.4.2 按官能团分类	(15)
1.5 有机化学的现状与展望	(16)
1.6 如何学好有机化学	(17)
第 2 章 有机化合物的命名和异构	(18)
2.1 有机化合物的命名	(18)
2.1.1 普通命名法名称和俗名	(18)
2.1.2 衍生物命名法	(19)
2.1.3 系统命名法	(19)
2.2 同分异构	(29)
习题	(32)
第 3 章 饱和烃	(33)
3.1 烷烃	(33)
3.1.1 烷烃的结构	(33)
3.1.2 烷烃的构象	(33)
3.1.3 烷烃的物理性质	(36)
3.1.4 烷烃的化学性质	(38)

3.2 环烷烃	(44)
3.2.1 环烷烃的结构	(44)
3.2.2 环烷烃的性质	(49)
3.3 烷烃和环烷烃的主要来源和用途	(50)
3.3.1 烷烃的主要来源	(50)
3.3.2 环烷烃的主要来源	(51)
3.3.3 烷烃和环烷烃的用途	(52)
习题	(53)
第4章 不饱和烃	(55)
4.1 烯烃	(55)
4.1.1 烯烃的结构	(55)
4.1.2 烯烃的物理性质	(56)
4.1.3 烯烃的化学性质	(57)
4.1.4 烯烃的制法	(71)
4.2 炔烃	(72)
4.2.1 炔烃的结构	(72)
4.2.2 炔烃的物理性质	(73)
4.2.3 炔烃的化学性质	(74)
4.2.4 炔烃的制法	(78)
4.3 二烯烃	(79)
4.3.1 二烯烃的分类及命名	(79)
4.3.2 共轭体系及共轭效应	(80)
4.3.3 共轭二烯烃的化学性质	(83)
4.3.4 萜类化合物	(87)
习题	(91)
第5章 旋光异构	(96)
5.1 旋光异构的基本概念	(97)
5.1.1 偏光与旋光性	(97)
5.1.2 旋光仪与比旋光度	(98)
5.2 手性和对称性	(100)
5.2.1 手性与旋光性的关系	(100)
5.2.2 对映体和外消旋体	(101)
5.2.3 对称因素	(102)
5.3 手性碳原子的构型表示式与标记	(104)
5.3.1 构型的表示式	(104)
5.3.2 费歇尔投影式与分子构型	(105)

5.3.3	构型与旋光方向的标记	(106)
5.3.4	含有多个手性碳原子的光学异构现象	(108)
5.3.5	含手性轴及手性面的化合物的对映异构	(111)
5.3.6	碳环化合物的对映异构	(112)
5.3.7	以非碳原子为手性中心的光学活性化合物	(112)
5.3.8	外消旋体的拆分	(113)
5.3.9	不对称合成	(114)
	习题	(115)
第6章	有机化合物的波谱分析	(118)
6.1	概述	(118)
6.2	紫外光谱	(119)
6.2.1	紫外光谱图	(119)
6.2.2	紫外光谱的基本原理	(120)
6.2.3	紫外光谱图的解析	(121)
6.3	红外光谱	(123)
6.3.1	分子振动、分子结构与红外光谱	(123)
6.3.2	脂肪族烃的红外光谱	(126)
6.3.3	芳香族烃的红外光谱	(129)
6.3.4	醇、醚的红外光谱	(130)
6.3.5	胺的红外光谱	(130)
6.4	核磁共振谱	(131)
6.5	质谱	(136)
6.5.1	质谱的基本原理	(137)
6.5.2	质谱仪和质谱图	(137)
6.5.3	质谱图的解析	(138)
	习题	(139)
第7章	芳香烃	(143)
7.1	单环芳烃及其衍生物的命名	(144)
7.2	苯分子的结构	(145)
7.2.1	苯分子的凯库勒结构及分子轨道	(145)
7.2.2	苯环的稳定性	(149)
7.3	芳香烃的物理性质	(150)
7.3.1	芳香烃的宏观物理性质	(150)
7.3.2	芳香烃的波谱性质	(151)
7.4	单环芳烃的化学性质	(153)
7.4.1	苯环上的亲电取代反应	(153)

7.4.2	单环芳烃的加成反应和氧化反应	(163)
7.4.3	芳烃侧链上的反应	(164)
7.4.4	苯环上亲电取代反应的定位规律	(167)
7.5	稠环芳烃	(175)
7.5.1	萘	(175)
7.5.2	其他稠环芳烃	(177)
7.6	休克尔规则及非苯芳烃	(179)
7.6.1	休克尔规则	(179)
7.6.2	非苯芳烃	(180)
7.7	芳烃的来源、制法与应用	(181)
	习题	(183)
第8章	卤代烃	(187)
8.1	卤代烃的制备	(187)
8.2	卤代烃的物理性质	(189)
8.3	卤代烃的化学性质	(192)
8.3.1	亲核取代反应	(192)
8.3.2	消除反应	(196)
8.3.3	与活泼金属反应	(197)
8.4	亲核取代反应历程及影响因素	(199)
8.4.1	双分子亲核取代(S_N2)反应	(200)
8.4.2	单分子亲核取代(S_N1)反应	(201)
8.4.3	影响亲核取代反应的因素	(204)
8.5	消除反应历程及影响因素	(207)
8.5.1	双分子消除($E2$)反应	(208)
8.5.2	单分子消除($E1$)反应	(209)
8.5.3	影响消除反应的因素	(210)
8.6	不饱和卤代烃和卤代芳烃	(213)
8.6.1	分类	(214)
8.6.2	不饱和卤代烃的化学活性	(214)
8.6.3	不饱和卤代烃的结构对化学活性的影响	(214)
8.7	重要的卤代烃	(218)
8.7.1	一卤代烷	(218)
8.7.2	多卤代烷	(219)
8.7.3	有机氟化物	(220)
8.7.4	其他重要的卤代烃	(221)
	习题	(223)

第9章 醇、酚、醚	(226)
9.1 醇	(226)
9.1.1 醇的分类	(226)
9.1.2 醇的结构	(227)
9.1.3 醇的物理性质	(228)
9.1.4 醇的化学性质	(231)
9.1.5 多元醇	(238)
9.1.6 醇的制法	(240)
9.1.7 重要的醇	(243)
9.2 酚	(245)
9.2.1 酚的分类	(245)
9.2.2 酚的结构	(245)
9.2.3 酚的物理性质	(246)
9.2.4 酚的化学性质	(248)
9.2.5 酚的制法	(258)
9.2.6 重要的酚	(261)
9.3 醚	(263)
9.3.1 醚的分类、构造异构	(263)
9.3.2 醚的结构	(263)
9.3.3 醚的物理性质	(264)
9.3.4 醚的化学性质	(266)
9.3.5 醚的制法	(270)
9.3.6 重要的醚	(272)
9.4 环醚	(273)
9.4.1 酸催化下的开环反应	(273)
9.4.2 碱催化下的开环反应	(275)
9.4.3 开环反应的立体化学	(276)
9.4.4 环氧化合物的制备	(276)
9.5 冠醚	(278)
9.5.1 概述	(278)
9.5.2 冠醚的命名和合成	(279)
9.5.3 冠醚的性质	(280)
9.6 硫醇	(281)
9.6.1 硫醇的化学性质	(281)
9.6.2 硫醇的制备	(282)
9.7 硫醚	(283)

9.7.1 硫醚的化学性质	(283)
9.7.2 硫醚的制备	(284)
习题	(285)
第 10 章 醛、酮、醌	(289)
10.1 醛、酮的结构和物理性质	(289)
10.1.1 羰基的结构	(289)
10.1.2 醛、酮的物理性质	(290)
10.2 醛、酮的化学性质	(292)
10.2.1 醛、酮的加成反应	(292)
10.2.2 α -氢原子的反应	(299)
10.2.3 醛、酮的氧化和还原	(306)
10.3 醛、酮的制备	(310)
10.4 二羰基化合物	(314)
10.4.1 α -二羰基化合物	(314)
10.4.2 β -二酮	(316)
10.4.3 γ -二酮和 δ -二酮、 ϵ -二酮	(318)
10.5 α, β -不饱和醛、酮及取代醛、酮	(319)
10.5.1 α, β -不饱和醛、酮	(319)
10.5.2 取代醛、酮——羟基醛、酮	(322)
10.6 酚醛和酚酮	(325)
10.7 醌类化合物简介	(328)
10.7.1 醌类化合物的结构和命名	(328)
10.7.2 醌类化合物的性质	(329)
习题	(335)
第 11 章 羧酸和取代羧酸	(340)
11.1 羧酸	(340)
11.1.1 羧酸的结构与物理性质	(340)
11.1.2 羧酸的化学性质	(343)
11.1.3 羧酸的来源与制备	(353)
11.2 取代羧酸	(356)
11.2.1 羟基酸	(356)
11.2.2 巯基酸	(358)
11.3 重要的羧酸类化合物	(358)
习题	(363)
第 12 章 羧酸衍生物	(366)
12.1 羧酸衍生物的物理性质	(366)

12.2	羧酸衍生物的化学性质	(368)
12.3	乙酰乙酸乙酯和丙二酸二乙酯	(377)
12.3.1	乙酰乙酸乙酯	(377)
12.3.2	丙二酸二乙酯	(383)
12.4	其他活泼亚甲基化合物的反应	(386)
12.5	其他重要羧酸衍生物	(387)
	习题	(390)
第13章	有机含氮化合物	(392)
13.1	硝基化合物	(392)
13.1.1	硝基化合物的结构与物理性质	(392)
13.1.2	硝基化合物的化学性质	(394)
13.2	胺	(399)
13.2.1	胺的分类和命名	(399)
13.2.2	胺的结构	(401)
13.2.3	胺的物理性质	(403)
13.2.4	胺的化学性质	(406)
13.2.5	烯胺	(413)
13.2.6	季铵盐和季铵碱	(414)
13.2.7	胺的制法	(415)
13.3	重氮及偶氮化合物	(418)
13.3.1	重氮盐的制备及结构	(419)
13.3.2	重氮盐的化学性质及其应用	(420)
13.3.3	重要的重氮和偶氮化合物	(424)
13.4	脞、异脞和异氰酸酯	(430)
13.4.1	脞	(430)
13.4.2	异脞和异氰酸酯	(432)
	习题	(434)
第14章	杂环化合物	(439)
14.1	杂环化合物的分类和命名	(439)
14.2	单杂环化合物的结构与芳香性	(441)
14.2.1	五元单杂环化合物	(441)
14.2.2	六元单杂环化合物	(442)
14.3	五元杂环化合物	(443)
14.3.1	五元杂环化合物的化学性质	(444)
14.3.2	重要的五元杂环化合物及其衍生物	(446)
14.4	六元杂环化合物	(449)

14.4.1 吡啶	(449)
14.4.2 喹啉和异喹啉	(452)
14.4.3 嘧啶和嘌呤	(454)
14.5 生物碱	(455)
14.5.1 生物碱概述	(455)
14.5.2 生物碱的通性	(458)
14.5.3 重要的生物碱	(458)
习题	(460)
第 15 章 糖类化合物	(463)
15.1 糖类化合物概述	(463)
15.2 单糖的结构	(464)
15.2.1 葡萄糖的结构	(466)
15.2.2 果糖的结构	(471)
15.3 单糖的化学性质	(472)
15.3.1 氧化反应	(472)
15.3.2 还原反应	(475)
15.3.3 成脎反应	(475)
15.3.4 成苷反应	(476)
15.3.5 成醚、成酯反应	(476)
15.3.6 递升与递降反应	(477)
15.4 重要的单糖	(478)
15.5 低聚糖	(480)
15.6 多糖	(483)
15.6.1 淀粉	(484)
15.6.2 纤维素	(488)
习题	(490)
第 16 章 氨基酸、蛋白质和核酸	(492)
16.1 氨基酸	(492)
16.1.1 氨基酸的分类、命名与结构	(492)
16.1.2 氨基酸的来源及制法	(495)
16.1.3 氨基酸的性质	(496)
16.2 肽	(499)
16.2.1 肽的基本结构	(499)
16.2.2 多肽	(500)
16.3 蛋白质	(505)
16.3.1 蛋白质的分类、组成与性质	(505)

16.3.2 蛋白质的结构	(509)
16.4 核酸	(513)
16.4.1 核酸的组成	(513)
16.4.2 脱氧核糖核酸和核糖核酸	(517)
习题	(522)
第 17 章 周环反应	(523)
17.1 周环反应的理论	(523)
17.1.1 周环反应的定义及其特点	(523)
17.1.2 分子轨道对称性守恒原理	(523)
17.1.3 前线轨道理论	(525)
17.2 电环化反应	(526)
17.2.1 含 $4n+2$ 个 π 电子的体系	(526)
17.2.2 含 $4n$ 个 π 电子的体系	(529)
17.3 环加成反应	(531)
17.3.1 $[4\pi+2\pi]$ 环加成反应	(531)
17.3.2 $[2\pi+2\pi]$ 环加成反应	(534)
17.4 σ 键迁移重排反应	(536)
17.4.1 氢原子的迁移反应	(537)
17.4.2 碳原子的迁移反应	(539)
17.4.3 $[3,3]\sigma$ 键迁移	(541)
习题	(543)
第 18 章 有机合成	(546)
18.1 分子的拆分	(547)
18.1.1 逆合成法	(547)
18.1.2 分子结构变化的分类	(548)
18.1.3 分子拆分方法的选择	(549)
18.1.4 分子拆分部位的选择	(552)
18.2 各类特定结构化合物的拆分与合成	(555)
18.2.1 β -羟基、羰基化合物和 α,β -不饱和化合物	(555)
18.2.2 1,3-二羰基化合物	(558)
18.3 芳香族化合物的制备	(563)
习题	(566)
参考文献	(568)

第 1 章 绪 论

1.1 有机化学和有机化合物概述

1.1.1 有机化合物和有机化学的概念

有机化合物(organic compound)指碳氢化合物及其衍生物。

有机化学(organic chemistry)是化学的一个分支,是研究有机化合物的组成、结构、性质、制备及变化规律的一门科学。

我们身边到处存在有机化合物,它与我们的生活息息相关,如粮、油、棉、麻、毛、丝、木材、糖、蛋白质、农药、塑料、染料、香料、医药、石油等主要是由有机化合物组成的。现代社会处处离不开有机化学。有机化学是核心的基础科学之一,是许多学科,如化学工程、高分子科学与工程、环境工程、生命科学、药物科学、材料科学、食品科学等的基础。没有有机化学基础知识,就很难学好后续的相关课程。

1.1.2 有机化学的发展史

人类对于有机化合物和有机化学的认识,与人类社会不同的发展阶段相对应,是随着人类认知科学和技术的进步逐渐发展而来的。

人类使用有机化合物的历史很悠久,世界上几个文明古国很早就掌握了酿酒、造醋和制饴糖等技术。据记载,中国古代曾制取到一些较纯的有机物质,如没食子酸(982—992年)、乌头碱(1522年以前)、甘露醇(1037—1101年)等。

但有机化学作为一门科学,奠基于18世纪中叶。当时发现一些动、植物体内得到的物质与发现于矿物中的物质在性质上有许多不同之处,如前者不易分离与纯化,得到的物质容易分解等。由于这些化合物都是直接或间接地来自动、植物体,因此,1777年瑞典化学家 Bergman 将从动、植物体内得到的物质称为有机物(organic compound),以区别于矿物质的无机物(inorganic compound)。1808年瑞典化学家 Berzelius 首先使用了“有机化学”这个名词,之后“有机化学”被逐渐广泛使用。

当时有机化合物都来自动、植物体,人们因此认为有机物只能在有生机的生物体中制造出来。生物是具有生命力的,因此生命力的存在是制造或合成有机物质的必要条件。这就是生命力学说。

对于有机化合物与有机化学含义的不正确理解直到19世纪初才逐步改变。1828年,德国科学家魏勒(Wöhler F, 1800—1882)合成出了尿素,他给 Berzelius