

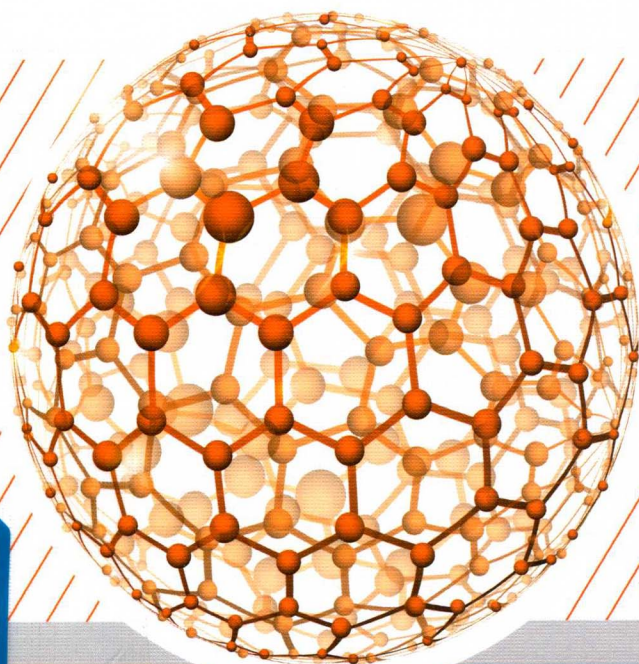
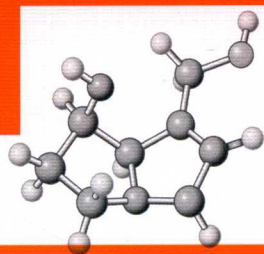
普通高等教育“十三五”规划教材



# 有机化学学习指导 与习题解析

董宪武 马朝红 主编

吴 华 主审



化学工业出版社

普通高等教育“十三五”规划教材

# 有机化学学习指导 与习题解析

董宪武 马朝红 主编

吴 华 主审

参考文献 目录附录

第一章 绪论  
第二章 烷烃  
第三章 烯烃  
第四章 炔烃  
第五章 芳香烃  
第六章 醇  
第七章 酚  
第八章 醚  
第九章 胺  
第十章 羰基化合物  
第十一章 羧酸  
第十二章 含氮杂环化合物  
第十三章 杂环芳香族化合物  
第十四章 杂环非芳香族化合物  
第十五章 杂环含氧非芳香族化合物  
第十六章 杂环含硫非芳香族化合物  
第十七章 杂环含磷非芳香族化合物  
第十八章 杂环含砷非芳香族化合物  
第十九章 杂环含硒非芳香族化合物  
第二十章 杂环含碲非芳香族化合物  
第二十一章 杂环含钨非芳香族化合物  
第二十二章 杂环含钼非芳香族化合物  
第二十三章 杂环含铬非芳香族化合物  
第二十四章 杂环含钴非芳香族化合物  
第二十五章 杂环含镍非芳香族化合物  
第二十六章 杂环含铜非芳香族化合物  
第二十七章 杂环含银非芳香族化合物  
第二十八章 杂环含汞非芳香族化合物  
第二十九章 杂环含镉非芳香族化合物  
第三十章 杂环含锌非芳香族化合物  
第三十一章 杂环含锡非芳香族化合物  
第三十二章 杂环含铅非芳香族化合物  
第三十三章 杂环含铋非芳香族化合物  
第三十四章 杂环含铊非芳香族化合物  
第三十五章 杂环含铟非芳香族化合物  
第三十六章 杂环含铊非芳香族化合物  
第三十七章 杂环含铊非芳香族化合物  
第三十八章 杂环含铊非芳香族化合物  
第三十九章 杂环含铊非芳香族化合物  
第四十章 杂环含铊非芳香族化合物



化学工业出版社

· 北京 ·

3190.04 1-1 1

《有机化学学习指导与习题解析》是依据新世纪对应用型本科生的培养目标,坚持“能力本位”思想,为了提高学生发现问题、分析问题和解决问题的能力需要而编写的学习指导书。

本书是董宪武、马朝红主编的普通高等教育“十三五”规划教材《有机化学》配套的学习指导书。本书内容包含三个部分:第一部分,有机化学学习指导;第二部分,各章“知识点提要”、例题及解析、习题及参考答案;第三部分,选取了近年来农学类硕士研究生入学联考有机化学真题及参考答案、期末综合测试题及参考答案,供教学和学生复习时参考。

本书可作为高等院校农、林、牧、渔、生物、食品等专业及其他相关专业的教学用书,也可作为考研的参考资料,还可供社会相关读者阅读。

### 图书在版编目(CIP)数据

有机化学学习指导与习题解析/董宪武,马朝红  
主编.——北京:化学工业出版社,2018.3  
普通高等教育“十三五”规划教材  
ISBN 978-7-122-31299-0

I. ①有… II. ①董… ②马… III. ①有机化  
学-高等学校-教材 IV. ①O62

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第330927号

---

责任编辑:旷英资 林媛

责任校对:王素芹

装帧设计:王晓宇

---

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印刷:北京市振南印刷有限责任公司

装订:北京国马印刷厂

787mm×1092mm 1/16 印张19¼ 字数487千字 2018年5月北京第1版第1次印刷

---

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

---

定 价:49.00元

版权所有 违者必究

## 编 审 成 员

主 编 董宪武 马朝红

副 主 编 姜 辉 尤莉艳 刘 强

编写人员 (按姓氏笔画顺序排列)

马朝红 丰 利 王凤云 尤莉艳 刘 强

李 雪 金 鑫 姜 辉 董宪武

主 审 吴 华

# 前言

---

本书是依据新世纪对应用型本科生的培养目标，即培养“有充足基础知识，有较强应用能力，有较高综合素质”的应用型人才，以提高学生发现问题、分析问题和解决问题的能力为目的，同时配合董宪武、马朝红主编的普通高等教育“十三五”规划教材《有机化学》的内容编写的。

本书注重培养学生的科学思维等能力，通过系统地学习，使学生对有机化学的基础理论、基础知识得到加深理解和巩固。本书内容包含三个部分：第一部分，有机化学学习指导，以专题形式总结《有机化学》教材的主要内容，供平时学习、期末复习和考研复习时参考。第二部分，对应教材各章设有“知识点提要”“例题及解析”“习题及参考答案”。例题类型包括命名、写结构式、完成反应方程式、合成、选择填空、化合物性质比较、分离提纯、鉴别、推断结构等。通过典型例题的示范解析，使学生对各种类型有机化学习题的解题思路、解题方法和解题步骤更加清晰。通过各种习题的练习，帮助学生深入理解所学的有机化学基础理论和基础知识，培养学生发现问题、分析问题和解决问题的能力。每章附有习题参考答案，有利于学生做题后核对。第三部分，选取了近年来农学类硕士研究生入学联考有机化学真题及参考答案和期末综合测试题及参考答案，供教学和学生复习时参考。

本书由吉林农业科技学院董宪武、马朝红主编，姜辉、尤莉艳、刘强任副主编。参加编写的有：姜辉（绪论、第一、第二章，第一部分的六、七）；刘强（第三章）；马朝红（第五~第七章，第一部分的五）；董宪武（第八~十章，第一部分的一、二、四），尤莉艳（第四、第十二、第十三章、第一部分的二、三）；丰利、王凤云（第十一章）；金鑫、李雪（第三部分）。初稿完成后，由董宪武、马朝红通读、修改、统稿，并由南京农业大学有多年教材编写经验的吴华教授主审后定稿。

本书编写和出版得到了化学工业出版社、编写学校的领导和教研室同志的有力支持与热情帮助，在此表示最衷心的感谢。对责任编辑对本书稿的润色和编辑工作表示最深深的谢意。限于编者水平，书中难免有不妥之处，恳请同行和读者批评指正，我们当虚心听取意见，一定在再版时改正。我们确信本书将通过教学实践不断得到完善。

编者

2018年2月



## 第一部分 有机化学学习指导 / 001

一、有机化合物同分异构现象 .....	001
二、有机化合物的命名 .....	002
三、有机化合物的物理性质 .....	013
四、有机化合物电子效应及应用 .....	022
五、有机反应主要类型及典型的反应机理 .....	027
六、有机化合物的鉴别 .....	050
七、有机化合物的结构推测 .....	063

## 第二部分 各章知识点提要、例题与习题 / 071

绪论 .....	071
知识点提要 .....	071
例题及解析 .....	072
习题 .....	073
习题参考答案 .....	074
第一章 饱和烃 .....	075
知识点提要 .....	075
例题及解析 .....	078
习题 .....	081
习题参考答案 .....	084
第二章 不饱和烃 .....	087
知识点提要 .....	087
例题及解析 .....	089
习题 .....	093
习题参考答案 .....	094
第三章 芳香烃 .....	099
知识点提要 .....	099
例题及解析 .....	101
习题 .....	106
习题参考答案 .....	108
第四章 旋光异构 .....	112
知识点提要 .....	112
例题及解析 .....	114

习题 .....	117
习题参考答案 .....	119
<b>第五章 卤代烃</b> .....	122
知识点提要 .....	122
例题及解析 .....	125
习题 .....	129
习题参考答案 .....	131
<b>第六章 醇、酚、醚</b> .....	135
知识点提要 .....	135
例题及解析 .....	140
习题 .....	146
习题参考答案 .....	148
<b>第七章 醛、酮、醌</b> .....	152
知识点提要 .....	152
例题及解析 .....	156
习题 .....	162
习题参考答案 .....	164
<b>第八章 羧酸、羧酸衍生物和取代酸</b> .....	172
知识点提要 .....	172
例题及解析 .....	175
习题 .....	179
习题参考答案 .....	181
<b>第九章 含氮有机化合物</b> .....	186
知识点提要 .....	186
例题及解析 .....	188
习题 .....	191
习题参考答案 .....	193
<b>第十章 杂环化合物</b> .....	197
知识点提要 .....	197
例题及解析 .....	199
习题 .....	202
习题参考答案 .....	203
<b>第十一章 油脂和类脂化合物</b> .....	206
知识点提要 .....	206
例题及解析 .....	209
习题 .....	210
习题参考答案 .....	211
<b>第十二章 糖类</b> .....	214
知识点提要 .....	214
例题及解析 .....	220
习题 .....	224
习题参考答案 .....	225
<b>第十三章 氨基酸、蛋白质、核酸</b> .....	229
知识点提要 .....	229

例题及解析 .....	233
习题 .....	238
习题参考答案 .....	239

### 第三部分 硕士学位研究生入学考试试题选编及期末综合测试题 / 245

2011年农学类硕士研究生入学考试试题——有机化学(一) .....	245
2012年农学类硕士研究生入学考试试题——有机化学(二) .....	251
2013年农学类硕士研究生入学考试试题——有机化学(三) .....	257
2014年农学类硕士研究生入学考试试题——有机化学(四) .....	263
2015年农学类硕士研究生入学考试试题——有机化学(五) .....	270
期末综合测试题(一) .....	277
期末综合测试题(一) 参考答案 .....	280
期末综合测试题(二) .....	282
期末综合测试题(二) 参考答案 .....	284
期末综合测试题(三) .....	286
期末综合测试题(三) 参考答案 .....	288
期末综合测试题(四) .....	291
期末综合测试题(四) 参考答案 .....	294
参考文献 .....	297




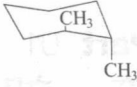
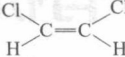
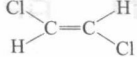
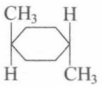
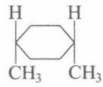
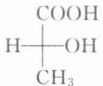
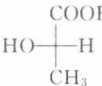
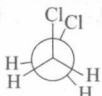
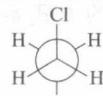
该部分以七个专题的方式系统地总结了《有机化学》教材的知识体系，供教师备课和学生复习时参考。

## 一、有机化合物同分异构现象

同分异构现象是有机物数目繁多的主要原因。同分异构现象可分为构造异构和立体异构两大类，每大类又分有若干类，见表 1-1。

表 1-1 同分异构现象的分类

分类	同分异构产生的原因	举例
构造异构	碳链异构 分子中碳原子连接方式(碳骨架)不同	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$ $\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\   \\ \text{CH}_3\text{CHCH}_3 \end{array}$
	官能团位置异构 取代基或官能团在碳链或环上位置不同	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$ $\begin{array}{c} \text{OH} \\   \\ \text{CH}_3\text{CHCH}_3 \end{array}$
	官能团异构 官能团不同	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ $\text{CH}_3\text{OCH}_3$
	官能团互变异构 不同官能团迅速互变达到动态平衡	$\begin{array}{c} \text{O} \quad \text{O} \\    \quad    \\ \text{CH}_3\text{CCH}_2\text{COC}_2\text{H}_5 \end{array} \rightleftharpoons \begin{array}{c} \text{OH} \quad \text{O} \\   \quad    \\ \text{CH}_3\text{C}=\text{CHCOC}_2\text{H}_5 \end{array}$

分类		同分异构产生的原因	举例
立体异构	构型异构	双键或环的存在,使分子中原子或基团在空间的排列方式不同	 和   和   和 
	旋光异构	实物和镜像不能重合的分子或整个分子不对称(手性)	 和 
	构象异构	分子中 C—C $\sigma$ 键的旋转,使分子中原子或基团在空间的排列方式不同	 和 

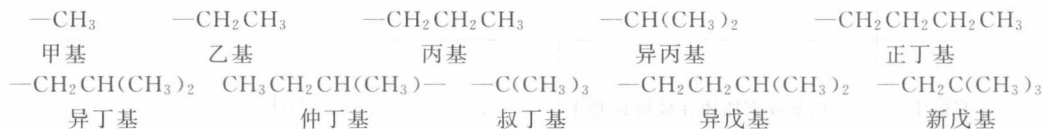
## 二、有机化合物的命名

结构简单的有机物用普通命名法和衍生物命名法；结构复杂的有机物用系统命名法；某些有机物又可采用俗名命名。

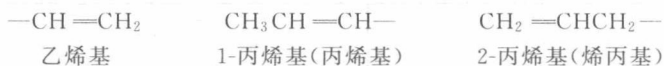
### 1. 常见取代基的命名

(1) 烃基 从烃分子中去掉一个或几个氢原子后剩余的基团叫做烃基。常见的烃基有烷基、烯基、炔基、环烃基和芳基。

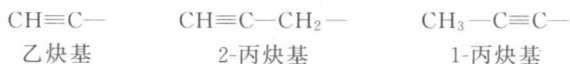
#### ① 常见的烷基



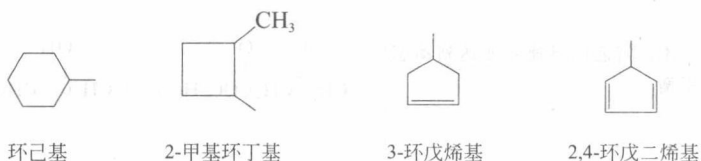
#### ② 常见的烯基



#### ③ 常见的炔基



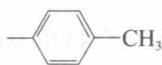
#### ④ 常见的环烃基



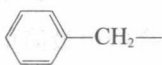
## ⑤ 常见的芳基



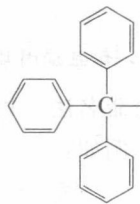
苯基



4-甲基苯基

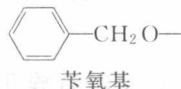
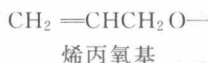
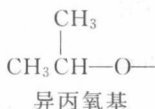
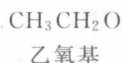


苯甲基(苄基)



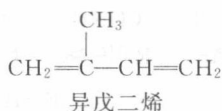
三苯甲基

(2) 烷氧基 将醇分子中羟基的氢原子去掉后剩余的基团叫做烷氧基。

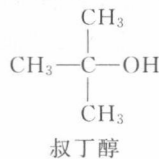
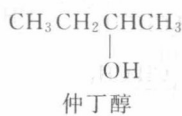
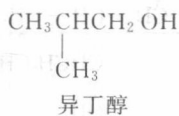
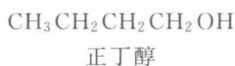
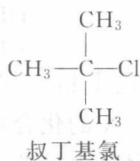
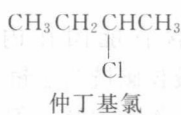
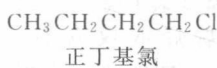


## 2. 有机化合物的命名法

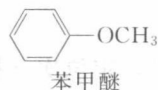
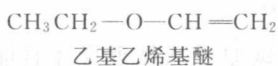
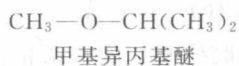
(1) 普通命名法 烃的普通命名法是按烃分子中含碳原子的个数命名为某烃。碳原子数在十以内的,用天干顺序甲、乙、丙、丁、戊、己、庚、辛、壬、癸表示,碳原子数在十以上的,用汉字十一、十二等表示。例如:



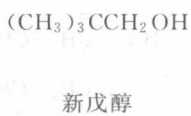
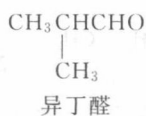
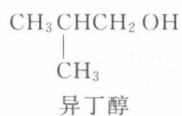
卤代烃和醇的普通命名法是按烷基的名称来命名。例如:



醚的普通命名法是按氧原子所连的两个烃基来命名。例如:



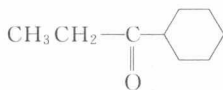
醛的普通命名可从相应的醇的名称衍生出来。例如:



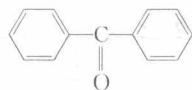
酮的普通命名是按照羰基所连的两个烃基的名称来命名,较小烃基写在前面。例如:



甲基烯丙基酮

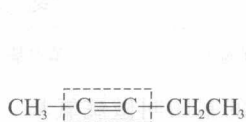


乙基环己基酮

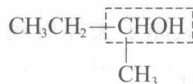


二苯酮

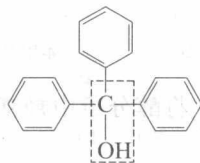
(2) 衍生物命名法 规定化合物中最简单的一个化合物作为母体，其他部分均看成这一母体的衍生物。例如：



甲基乙基乙炔



甲基乙基甲醇



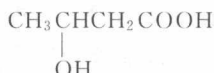
三苯基甲醇

(3) 脂肪族化合物系统命名法 对结构复杂的化合物命名用系统命名法，是根据 IUPAC 命名原则和我国文字特点制定的，也就是 CCS80 命名法。系统命名法原则可归纳如下：

① 选母体 有机物分子中所含的官能团和取代基在命名时作为母体还是作为取代基，以优先的官能团作为母体官能团来决定化合物的类别名称，其他基团作为取代基。

—COOH —SO<sub>3</sub>H —COOR —COCl —CONH<sub>2</sub> —C≡N —CHO —OH —SH —NH<sub>2</sub>  
—C≡C— —CH=CH— —OR —OAr —R —NO<sub>2</sub> —X

例如：



3-羟基丁酸

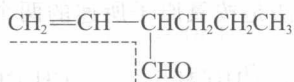
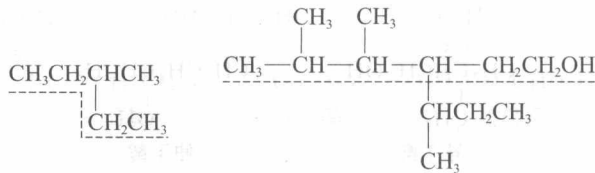


2-丁烯-1-醇

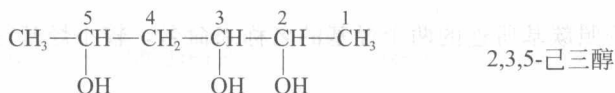
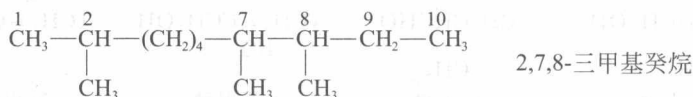


2-甲基-3-氯丁烷

② 选主链 选择包含官能团在内的最长碳链作为主链；烷烃或仅含有—NO<sub>2</sub>、—NO、—X 的化合物，选最长碳链为主链。如果分子中含有等长的几条最长碳链，要选择取代基数目最多，位号最小的作为主链。下面例子应以标有虚线的碳链定为主链：



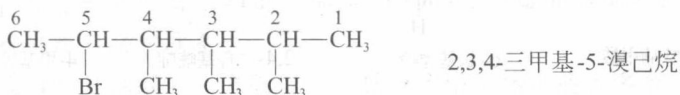
③ 编序号，定位次 把主链碳原子从靠近母体官能团（取代基）的一端依次用阿拉伯数字编号，编号时要遵循“最低系列”原则，即碳链以不同方向编号，依次逐项比较各方向编号的不同位次，最先遇到位次最小者为“最低系列”。例如：



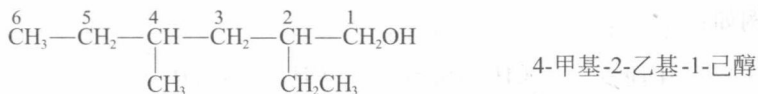
主链中连有含碳原子的官能团，如 $-\text{COOH}$ ， $-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-$ ， $-\text{CHO}$ ， $-\text{C}\equiv\text{N}$ 等，官能团中的碳原子应计在主链碳原子数内。若该碳原子作为碳链的第一号原子编号时，命名时不需标出。例如：



④ 写出全名 写名称时，在某烃或母体名称前写上取代基的名称及位次，阿拉伯数字与汉字之间用半字线隔开。如果主链上有几个相同的取代基或官能团时，要合并写出，用二、三等数字表示其数目，位次仍用阿拉伯数字表示，阿拉伯数字之间要用“,”号隔开。例如：

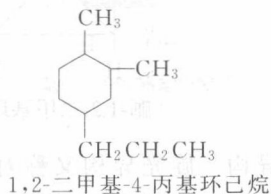
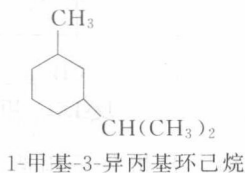
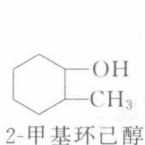
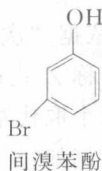
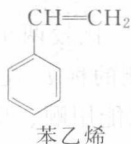
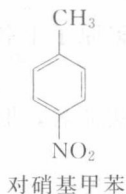


若主链上连有几个支链，或同时存在两个以上取代基时，命名时则需按“次序规则”，“较优”基团后列出。例如：



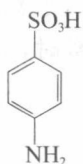
#### (4) 环状化合物系统命名法

① 当脂环或芳环上连有简单烷基、硝基、亚硝基、卤素等取代基时，以环为母体；连有复杂烷基或 $-\text{CH}=\text{CH}-$ 、 $-\text{C}\equiv\text{C}-$ 、 $-\text{NH}_2$ 、 $-\text{OH}$ 、 $-\text{CHO}$ 、 $-\text{SO}_3\text{H}$ 、 $-\text{COOH}$ 等官能团时，以环为取代基，烷烃或官能团为母体。环上编号或主链编号都以“最低系列”为原则，命名时各种基团的排列次序同前。例如：

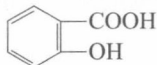


② 若环上有几个不同的官能团，按优先次序选择主要官能团为母体，其余当作取代基。

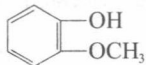
例如：



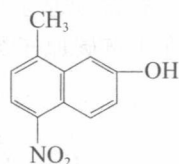
对氨基苯磺酸



邻羟基苯甲酸

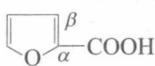


邻甲氧基苯酚

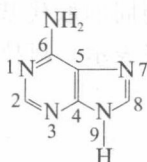


8-甲基-5-硝基-2-萘酚

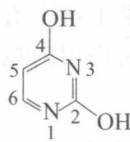
③ 杂环化合物的命名一般采用译音法命名，编号有一定的原则。例如：



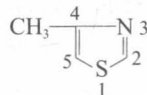
$\alpha$ -呋喃甲酸



6-氨基嘌呤



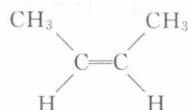
2,4-二羟基嘧啶



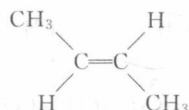
4-甲基噻唑

(5) 立体异构体的命名

① 顺反异构 若两个双键碳原子各连有两个不同的原子或基团时，在空间就有两种不同的构型，若两个双键碳原子连有相同原子或基团时，既可采用顺、反命名法也可采用  $Z/E$  命名法命名。例如：

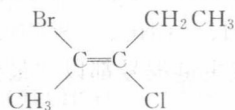


顺-2-丁烯或( $Z$ )-2-丁烯

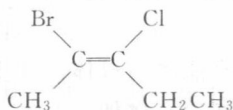


反-2-丁烯或( $E$ )-2-丁烯

若两个双键碳原子连有四个不同的原子或基团时，不能用顺、反命名法命名，只能采用  $Z/E$  命名法命名。例如：



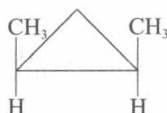
( $E$ )-3-氯-2-溴-2-戊烯



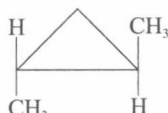
( $Z$ )-3-氯-2-溴-2-戊烯

用  $Z/E$  命名法时，依据“次序规则”比较两个双键碳原子上各自连接取代基的大小，较优基团在双键同一侧的称  $Z$  式；在反侧的称  $E$  式。

单环化合物上若有两个取代基时，只能用顺、反命名法命名，取代基在环平面同侧的称顺式；在异侧的称反式。例如：



顺-1,2-二甲基环丙烷

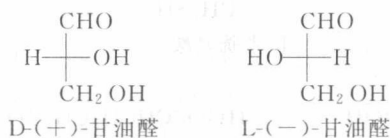


反-1,2-二甲基环丙烷

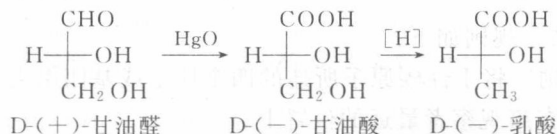
② 旋光异构 旋光异构又称对映异构，是指分子构造式相同，旋光性不同的异构现象。构型的标记可采用  $D/L$  法或  $R/S$  法，在天然产物中常用  $D/L$  法标记旋光活性物质的构型。



a. D/L 构型标记法 规定了右旋甘油醛的构型为 D-构型，即—OH 在费歇尔投影式右侧；左旋甘油醛的构型为 L-构型，即—OH 在费歇尔投影式左侧：

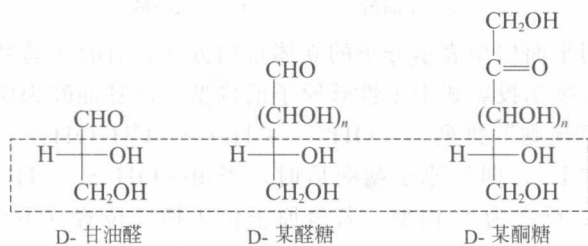


其他旋光物质的构型通过化学转变方法与甘油醛相联系。例如：

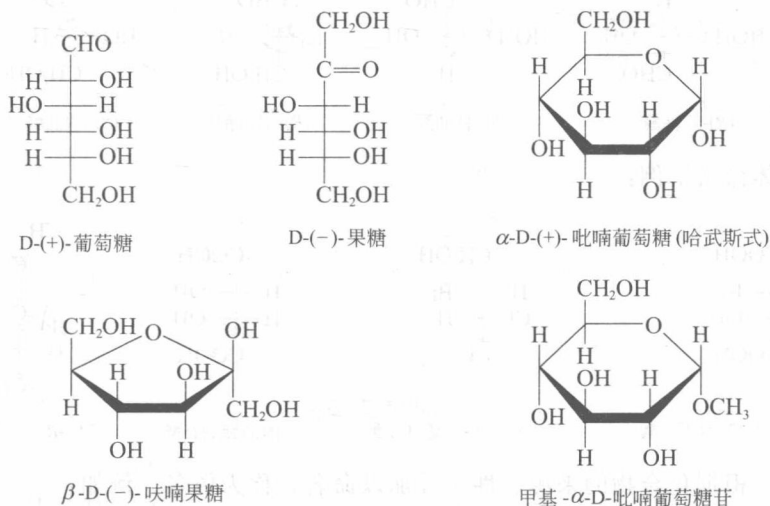


与手性碳原子相连的共价键未断键，都是 D-构型，但旋光方向不同。旋光方向是用旋光仪测得的，与构型没有必然联系。

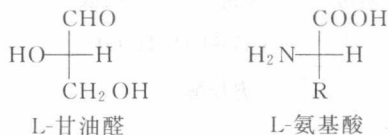
单糖的构型通过与甘油醛对比来确定。单糖分子中虽然可能有多个手性碳原子，但决定其构型的仅是距羰基最远的手性碳原子。其构型若与 D-甘油醛相同，称为 D-糖；若与 L-甘油醛相同，则称为 L-糖。

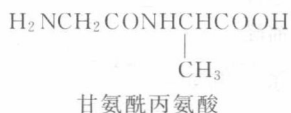
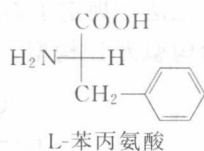
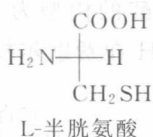
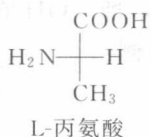


部分单糖、糖苷命名举例：



常见的天然氨基酸都是 L-构型的：



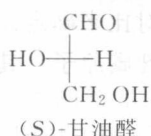
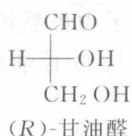


b. R/S 构型标记法 规则如下:

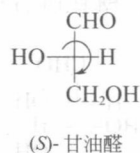
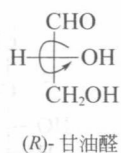
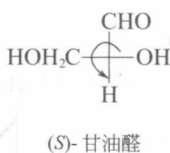
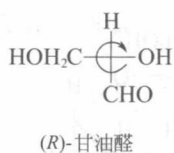
(a) 根据“次序原则”将手性碳原子所连的四个原子或基团由大到小排序。

(b) 将最小基团放在离观察者最远的位置上。

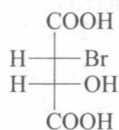
(c) 其他三个原子或基团由大到小如是顺时针方向排列, 为 R-构型; 若是反时针方向排列, 则为 S-构型。



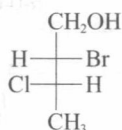
费歇尔投影式是用平面构型表示分子的立体排列方式, 有时不易判断其构型。下面介绍一种简单方法来确定费歇尔投影式中手性碳原子的构型。以甘油醛为例, 手性碳原子所连四个原子或基团按“次序规则”排列,  $-\text{OH} > -\text{CHO} > -\text{CH}_2\text{OH} > -\text{H}$ , 若氢原子位于竖向位置 (不管在上或在下), 即氢原子朝向后时, 当由  $-\text{OH} \rightarrow -\text{CHO} \rightarrow -\text{CH}_2\text{OH}$  为顺时针方向排列为 R-构型; 反之为 S-构型。若氢原子位于横向位置 (不管在左或在右), 即氢原子朝前时, 当  $-\text{OH} \rightarrow -\text{CHO} \rightarrow -\text{CH}_2\text{OH}$  为逆时针方向排列为 R-构型; 反之为 S-构型。



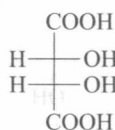
旋光异构体命名举例:



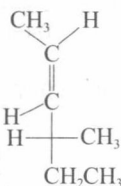
2R,3R-2-羟基-3-溴丁二酸



2S,3S-3-氯-2-溴-1-丁醇



内消旋酒石酸



2E,4R-4-甲基-2-己烯

(6) 俗名 根据化合物的来源、性质等加以命名, 称为俗名。例如:

