



职业技能鉴定培训教程

化学检验工系列

化学检验工 中级

化学工业职业技能鉴定指导中心 组织编写
李淑荣 主编

● 依据国家职业标准

● 紧密结合生产实际

● 面向国家职业资格培训



化学工业出版社



职业技能鉴定培训教程
化学检验工系列

化学检验工 中级

化学工业职业技能鉴定指导中心 组织编写

李淑荣 主 编



化学工业出版社

· 北 京 ·

本书是《职业技能鉴定培训教程（化学检验工系列）》中的一本。本书依据化学检验工国家职业标准中级的工作要求编写，首先介绍了有机化合物的分类、同分异构体和基本性质；采样部分介绍了采样方案的制定和固体采样；检验准备部分重点介绍了实验室用三级水的制备、贮存和检验，常用标准溶液的制备以及玻璃量器的校正；称量部分介绍了挥发性、腐蚀性液体和空气中不稳定、带静电粉末状固体的称量；化学分析部分介绍了酸碱滴定、配位滴定、氧化还原滴定法、沉淀滴定法、称量分析法；仪器分析部分介绍了可见分光光度法、电化学滴定法；物理参数（物理性能）检测部分介绍了折射率、比旋光度、闪点、沸点（沸程）、白度、色度的测定；测后工作部分介绍了系统误差检验和检验报告的基本知识；在安全实验部分介绍了化验室防火防爆、中毒、灼伤的预防和处理以及实验室的试剂管理和废液处理。

本书内容与职业技能鉴定题库衔接，并选编了部分鉴定考核试题，适用于化学检验工（分析工）职业技能鉴定培训，也可供分析检验技术人员参考。

图书在版编目（CIP）数据

化学检验工（中级）/李淑荣主编；化学工业职业技能鉴定指导中心组织编写. —北京：化学工业出版社，2007.10

职业技能鉴定培训教程（化学检验工系列）

ISBN 978-7-122-01260-9

I. 化… II. ①化…②李… III. 化工产品-检验-技术培训-教材 IV. TQ075

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2007）第 152931 号

责任编辑：李玉晖 赵丽霞

文字编辑：刘志茹

责任校对：凌亚男

装帧设计：于 兵

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：大厂聚鑫印刷有限责任公司

装 订：三河市延风装订厂

720mm×1000mm 1/16 印张 20 字数 364 千字 2008 年 1 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：29.00 元

版权所有 违者必究

《职业技能鉴定培训教程 (化学检验工系列)》

编委会

主 副 委	任 主 任 员	张永清					
		乔子荣	黄一石	袁 骥			
		(按拼音排序)					
		曹承宇	陈宏愿	陈仪取	崔玉祥	丁敬敏	
		范东升	方 路	方俊天	冯 颖	冯彩英	
		何晓敏	黄一石	李宝城	李淑荣	李亚秋	
		刘 刚	刘东方	刘迺兰	楼少巍	乔子荣	
		孙西平	王 萍	王鹏飞	王秀萍	徐 瑾	
		徐 科	闫锦平	杨 波	杨艳芳	应 英	
		袁 骥	张少军	张永清	赵慰慈	周国庆	
		周学庆	左银虎				

组织编写 化学工业职业技能鉴定指导中心

参编单位 上海化工研究院

北京市化工学校

常州工程职业技术学院

内蒙古化工职业技术学院

中国农药工业协会

中国石油吉化集团公司

中国石化燕山石化公司

福建化工学校

北京市炼焦化学厂

上海焦化有限公司

上海市涂料研究所

北京市化工产品质量监督检验站

国家农药质量监督检验中心

河北省农药产品质量监督检验站

浙江省化工产品质量监督检验站

山西省化肥农药质量监督检验站

分析工是化工行业技术工人的主要工种之一。分析工工作技术含量高，岗位责任重。分析检验结果的准确性和可靠性，直接影响到企业正常运行、产品质量、生产效益和环境安全。为推行国家职业资格证书制度，促进高技能人才快速成长，劳动和社会保障部颁布了《国家职业标准·化学检验工》。按照《中华人民共和国职业分类大典》对化学检验工的定义，分析工等 15 个工种归入化学检验工。

根据国家职业标准的要求，结合行业技术工人培训和技能鉴定的实际情况，化学工业职业技能鉴定指导中心组织编写了《职业技能鉴定培训教程（化学检验工系列）》。本套教程经劳动和社会保障部职业培训教材工作委员会备案，被劳动保障部培训就业司推荐为行业职业教育培训规划教材。教程与化学工业职业技能鉴定指导中心开发的技能鉴定题库配套，可以满足石油化工、化肥、农药、医药、涂料、焦化、高分子等行业化学检验工学习、培训、考核的需求，促进相关工种职业技能鉴定工作的规范化开展。题库包括理论知识题库和技能操作题库，已进入试运行阶段。

根据行业特点及基础知识的相关性，配合题库的设计，本套培训教材分为基础知识和专业技能两大部分。

基础知识部分以分析方法为主线进行编写，基本知识、原理结合分析方法组织内容，包括《化学检验工 初级》《化学检验工 中级》《化学检验工 高级》《化学检验工 技师》和《化学检验工 高级技师》。各分册内容与化学检验工（分析工）理论知识鉴定题库的内容，为便于读者备考，这五个分册中收录了化学检验工职业技能鉴定题库鉴定细目表的部分内容，可供读者参考。

专业技能部分以化工行业的各专业和主要分析项目为主线，按照模块方式分等级编写，包括《无机化工分析》《有机化工分析》《石油化工分析》《溶剂试剂分析》《水质分析》《化肥分析》《农药分析》《催化剂分子筛分析》《药品分析》《涂料分析》《焦化分析》《生化分析》《金属材料分析》《塑料分析与测试》等 14 个分册。这些分册依据《国家职业标准·化学检验工》对各等级操作技能水平的要求，对职业标准中未能涉及的专业按照行业的实际情况进行了扩展。教材中的每个项目内容包括：项目名称、分析对象；采用的方法和参照的标准；药品、仪器；操作步骤；注意事项及技巧；数据处理和允差；适用范围等。对部分分析项目给出了评分标准，既可以用于技能鉴定实际操作考试，也可以在日常工作中参考。

本书为《化学检验工 中级》。本书的结构与国家职业标准的职业功能对应,参照行业对技术工人知识和技能的实际情况增加了部分内容。本书首先介绍了有机化合物的分类、同分异构体和基本性质;在采样部分介绍了采样方案的制定和固体采样;在检验准备部分重点介绍了实验室用三级水的制备、贮存和检验,常用标准溶液的制备以及玻璃量器的校正;在称量部分介绍了挥发性、腐蚀性液体和空气中不稳定、带静电粉末状固体的称量;在化学分析部分介绍了酸碱滴定、配位滴定、氧化还原滴定法、沉淀滴定法、称量分析法;在仪器分析部分介绍了可见分光光度法、电化学滴定法;在物理参数(物理性能)检测部分介绍了折射率、比旋光度、闪点、沸点(沸程)、白度、色度的测定;在测后工作部分介绍了系统误差检验和检验报告的基本知识;在安全实验部分介绍了化验室防火防爆,中毒、灼伤的预防和处理以及实验室的试剂管理和废液处理。

本书第1章由梁卫平编写;第2章由杨小林编写;第3章由李亚秋编写;第4章中的4.1、4.2由冯颖编写,4.3~4.6由李淑荣编写,4.7、4.8由徐科编写;第5章由徐谨编写;第6章的两节分别由李文和张永清编写;第7章由丁敬敏编写;第8章由张永清编写。试题库选自化学工业职业技能鉴定指导中心编制的化学检验工(分析工)技能鉴定题库。全书由李淑荣主编并统稿。

由于编者水平有限,加之时间仓促,书中的不妥之处在所难免,敬请专家、读者批评指正(E-mail: lyh@cip.com.cn)。

编者

2007年7月

目录

1 有机化合物	1
1.1 概述	1
1.2 有机化合物的分类	1
1.2.1 按碳架分类	2
1.2.2 按官能团分类	2
1.3 有机化合物的同分异构体	3
1.3.1 分子结构与物质性质的关系	3
1.3.2 有机物表示法	4
1.4 有机化合物的基本性质	4
1.4.1 烯烃	4
1.4.2 醇与醚	10
1.4.3 醛与酮	19
练习题	27
2 采样的基本程序	30
2.1 采样方案的制定	30
2.1.1 样品数和样品量	30
2.1.2 采样安全	31
2.1.3 采样记录	32
2.2 固体样品的采集	32
2.2.1 子样数目	33
2.2.2 子样质量	33
2.2.3 采样方法	34
2.2.4 样品的处理方法	35
2.3 易挥发液体的采样	38
2.3.1 直接注入法	38
2.3.2 通过盖帽注入法	38
复习思考题	38
练习题	39
3 检验准备	40
3.1 实验室用水	40

3.1.1	实验室用三级水的制备及贮存	40
3.1.2	实验室用三级水的检验	42
3.2	溶液	43
3.2.1	常用标准物质的特点及应用	43
3.2.2	标准溶液的制备	44
3.3	常用仪器和器皿的准备	51
3.3.1	玻璃量器影响因素的校正	51
3.3.2	滴定分析用玻璃器皿的选择与维护	56
	复习思考题	59
4	检测与测定	60
4.1	称量	60
4.1.1	液体试样的称量	60
4.1.2	固体试样的称量	61
4.2	酸碱滴定	62
4.2.1	弱酸(弱碱)滴定分析的判据	62
4.2.2	滴定方式	66
4.2.3	应用及计算	67
4.3	配位滴定	73
4.3.1	基本原理	73
4.3.2	金属指示剂	78
4.3.3	提高配位滴定选择性的方法	80
4.3.4	滴定方式	82
4.3.5	应用	85
4.4	氧化还原滴定法	88
4.4.1	基础知识	89
4.4.2	高锰酸钾法	95
4.4.3	碘量法	98
4.4.4	重铬酸钾法	103
4.4.5	溴酸钾法	104
4.4.6	铈量法	105
4.5	沉淀滴定法	105

4.5.1	概述	105
4.5.2	莫尔法	106
4.5.3	佛尔哈德法	108
4.5.4	法扬司法	110
4.6	称量分析法	112
4.6.1	概述	112
4.6.2	称量分析对沉淀的要求	113
4.6.3	沉淀的类型	113
4.6.4	影响沉淀纯度的主要因素	114
4.6.5	沉淀条件的控制	115
4.6.6	应用——称量分析法测定氯化钡含量	117
4.7	可见分光光度法	119
4.7.1	操作条件的选择	119
4.7.2	定量方法与计算	125
4.7.3	应用	129
4.8	电化学滴定法	130
4.8.1	电位滴定法	130
4.8.2	卡尔·费休法测定微量水	134
	复习思考题	137
	练习题	137
5	物理参数(物理性能)检测	140
5.1	折射率的测定	140
5.1.1	基本原理	140
5.1.2	仪器的使用	141
5.1.3	仪器介绍	144
5.2	比旋光度的测定	145
5.2.1	基本原理	145
5.2.2	仪器的使用	147
5.2.3	仪器介绍	150
5.3	闪点的测定	150
5.3.1	基本原理	150

5.3.2	仪器的使用	151
5.3.3	仪器介绍	155
5.4	沸点和沸程的测定	156
5.4.1	基本原理	156
5.4.2	仪器的使用	157
5.4.3	仪器介绍	163
5.5	白度的测定	163
5.5.1	基本原理	163
5.5.2	仪器的使用	164
5.6	色度的测定	166
5.6.1	基本原理	166
5.6.2	铂-钴色度标准法	166
5.6.3	加德纳色度标准法	168
	复习思考题	169
	练习题	169
6	检验结果报出	172
6.1	原始记录	172
6.1.1	极差、允差和中位值	172
6.1.2	精密度的表示方法	173
6.1.3	系统误差检验方法的基本知识	174
6.2	检验报告	179
6.2.1	检验报告的格式	179
6.2.2	检验结果的判定	180
6.2.3	检验报告的书写与报出	181
6.2.4	检验报告的管理	181
	附: 检验报告示例	182
	练习题	187
7	实验室的安全操作	190
7.1	化学实验室的安全知识	190
7.1.1	化验室防火与防爆常识	190
7.1.2	化学毒物的中毒和救治方法	194

7.1.3	化学灼伤的预防和急救处理	197
7.2	实验室的管理	199
7.2.1	化学药品库的管理	199
7.2.2	化学试剂的管理	201
7.2.3	化验室废液处理方法	203
	练习题	210
8	标准和标准化基础知识	212
8.1	标准化与标准的概念	212
8.2	标准的分类与分级	212
8.2.1	标准的分类	212
8.2.2	标准的分级	214
8.3	标准的代号与编号	215
8.3.1	国家标准的代号与编号	215
8.3.2	行业标准的代号与编号	215
8.3.3	地方标准的代号与编号	216
8.3.4	企业标准的代号与编号	217
	复习思考题	218
	试题库	219
	理论知识鉴定要素细目表 (部分)	219
	理论知识试题	222
	答案	237
	理论知识模拟试卷	238
	答案	244
	技能操作考核内容结构表	245
	技能操作鉴定要素细目表 (部分)	246
	技能操作考核试题名称 (部分)	247
	技能操作试题	248
	一、对复混肥料产品进行采样	248
	二、钢瓶装工业用液氯产品进行采样	251
	三、氯化锌含量的测定	253
	四、卡尔·费休法 (目测) 测定未知样中水分含量	256

五、邻菲罗啉分光光度法测定未知样中铁含量——标准比较法·····	259
六、用气相色谱法热导检测器测定化学试剂三氯甲烷的含量·····	262
七、未知物比旋光度的测定·····	265
八、氯磺化聚乙烯防腐涂料的黏度测定·····	268
九、自动电位滴定仪的一般故障判断·····	271
十、阿贝折光仪的一般故障判断·····	273
十一、实验室内灭火·····	276
十二、酸或碱液溅入人体时的急救·····	278
附：随机数表·····	281
附录 常用化学常数·····	284
表 1 弱酸、弱碱在水中的离解常数·····	284
表 2 强酸、强碱、氨水溶液的质量分数与密度及基本单元浓度·····	286
表 3 常用的缓冲溶液·····	287
表 4 氨羧配合剂类配合物的稳定常数 ($18\sim 25^{\circ}\text{C}$, $I=0.1$)·····	288
表 5 配合物稳定常数 K 及 $\lg K$ ·····	289
表 6 标准电极电位 ($18\sim 25^{\circ}\text{C}$)·····	292
表 7 条件电极电位·····	296
表 8 难溶化合物的溶度积 ($18\sim 25^{\circ}\text{C}$)·····	299
表 9 常见化合物的摩尔质量 (1989 年)·····	300
表 10 元素的相对原子质量 (1989 年)·····	304
参考文献·····	306

1 有机化合物

1.1 概述

自然界的物质有几类呢？一般来说按其组成有两大类：即单质与化合物。而化合物又可分为两大类：即无机化合物（简称“无机物”）和有机化合物（简称“有机物”）。

无机化学中所用的酸、碱、盐、氧化物等都是无机物，如水、硫酸、食盐、石灰、二氧化碳气体等。而生活中所见的许多东西属于有机物，如酒精、石油、油脂、食糖、淀粉、药材、尿素、有机肥、橡胶、人造纤维、塑料等。

“有机物”一词最早来源于“有生机之物”。它们最早是从有生命的物质（指动、植物）中提取的，而且与人们的生活密切相关。但有机化合物并不局限于此。随着科学的进展，许多有机物被人工制造出来。1824年德国科学家维勒首次合成了尿素 $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ ，从那以后不断有有机物被人工制造出来。有机化学这一专门研究有机化合物的学科也就应运而生了。而且有机物的范围不断扩大，有许多有机物并不是从有生命的动、植物中提取的，但它们的性质、结构、组成等与从有生命的物质中提取的物质的性质相同或类似，故均归类于有机物，如合成塑料、合成橡胶、合成纤维等。

现在科学飞速发展到了今天，绝大多数有机物都不是从动、植物身上提取的，而是人工制造出来的，其数目达 1100 多万种之多，但为了照顾历史沿袭下来的习惯，“有机物”一词一直沿用至今。那么到底什么是有机物呢？其组成、结构上有什么共性呢？我们说，有机物的组成共性主要有三点：①都含有 C 元素；②绝大多数都含有 H 元素；③部分含有 O、S、N、X（卤素）元素。因此把有机化合物称为碳氢化合物及其衍生物，有机化学就是研究有机化合物的学科。

（注：含 C 的化合物不一定是有机物，CO、CO₂、碳酸盐虽然含有碳元素，但它们的性质与无机物更相似，故应属于无机物）

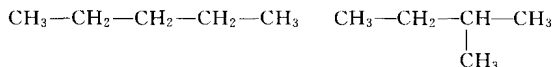
1.2 有机化合物的分类

有机化合物的分类方法一般有两种，即按碳架分类和按官能团分类。

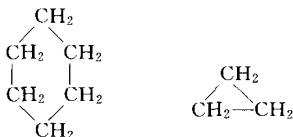
1.2.1 按碳架分类

按碳架分类可将有机物分为四类。

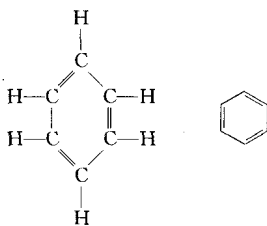
① 开链化合物（脂肪族化合物） 链打开着。由于最初在脂肪中发现，故又称为脂肪族化合物。



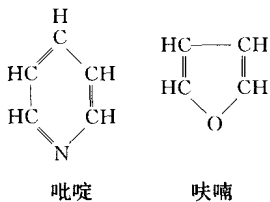
② 脂环族化合物 链闭合成环状。由于与脂肪族化合物化学性质相似，故称为脂环族化合物。



③ 芳香族化合物 含苯环的化合物。虽都有苯环，但苯环性质与脂环族性质不同。



④ 杂环化合物 环中除含 C、H 元素外，环中还有 O、S、N 等杂原子。如下两式



1.2.2 按官能团分类

有机物的官能团是指决定有机化合物主要化学性质的原子或基团。按官能团分类是将具有相同官能团的有机物归为同类。一般来说，具有相同官能团的物质，具有相同的化学性质，故将其归为同类物质。一些常见的官能团见表 1-1。

表 1-1 官能团及所代表的有机物

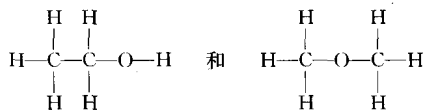
化合物类别	官能团结构	官能团名称	实 例	化合物名称
烯烃		碳碳双键	$\text{CH}_2=\text{CH}_2$	乙烯
炔烃	$-\text{C}\equiv\text{C}-$	碳碳三键	$\text{HC}\equiv\text{CH}$	乙炔
卤代烃	$-\text{X}(\text{F}, \text{Cl}, \text{Br}, \text{I})$	卤原子	$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{Cl}$	氯乙烷
醇	$-\text{OH}$	醇羟基	$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{OH}$	乙醇
酚	$-\text{OH}$	酚羟基		苯酚
醚	$-\text{O}-$	醚基	$\text{CH}_3-\text{O}-\text{CH}_3$	甲醚
醛		醛基	$\text{CH}_3-\text{C}-\text{H}$	乙醛
酮		羰基(酮基)	$\text{CH}_3-\text{C}-\text{CH}_3$	丙酮
羧酸		羧基	$\text{CH}_3-\text{C}-\text{OH}$	乙酸
胺	$-\text{NH}_2$	氨基	CH_3-NH_2	甲胺
硝基化合物	$-\text{NO}_2$	硝基		硝基苯
腈	$-\text{CN}$	氰基	CH_3-CN	乙腈
磺酸	$-\text{SO}_3\text{H}$	磺酸基		苯磺酸

1.3 有机化合物的同分异构体

1.3.1 分子结构与物质性质的关系

有机化合物的分子结构可以从以下几个角度描述：①构造——分子中原子的排列顺序、结合方式及键类型；②构型——分子的几何形状；③构象——分子立体构造的一种。

【例 1-1】 下列两式都是用分子式 $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$ 写出的式子，它们是同一化合物吗？为什么？



答：不是同一化合物。分子中原子的结合顺序不一样即构造不一样。由于构造不一样，它们是性质完全不同的两种物质。尽管它们具有相同的碳数、氧数、氢数，但左边化合物为乙醇；右边化合物为甲醚。

像以上这样的情况，我们称为同分异构现象。这两种分子式相同而构造不同的物质（乙醇和甲醚）互称为同分异构体。因此同分异构体（构造异构体）可以定义为分子式相同，构造不同而性质不同的化合物互称同分异构体。

综上所述，分子的结构不同，其化学性质也就不同，如乙醇和甲醚是性质完全不同的两种物质。由此可以得出结构决定性质的结论。

1.3.2 有机物表示法

由于同分异构现象在有机物中普遍存在，仅用分子式尚不能准确地表达某一种有机物，必须用另两种式子来表达，它们称为：构造式和构造简式。下面将分子式与构造式及构造简式对比一下：

名称	甲烷	乙醇	甲醚
分子式	CH_4	$\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$	$\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$
构造式	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{H} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\ \quad \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{O}-\text{H} \\ \quad \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \quad \text{H} \\ \quad \quad \\ \text{H}-\text{C}-\text{O}-\text{C}-\text{H} \\ \quad \quad \\ \text{H} \quad \quad \text{H} \end{array}$
构造简式	CH_4	$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{OH}$	$\text{CH}_3-\text{O}-\text{CH}_3$

从以上对比可看出，仅根据分子式是无法分辨出乙醇和甲醚的，只有用构造式或构造简式才可准确表达。分子式只可以表示分子中原子间的数量关系。而构造式可以表示分子中原子间的数量关系和原子的排列顺序。构造简式指把与同一个 C 相结合的几个 H 缩写写在 C 周围，并用下标 2、3、4 表达 H 的数目。

1.4 有机化合物的基本性质

1.4.1 烯烃

烯烃是指含有碳碳双键 $\text{C}=\text{C}$ 官能团的有机化合物。碳碳双键是由一个 σ 键和一个 π 键组成的。所有烯烃中的双键中 C 原子都是经过 sp^2 杂化形成的。碳碳双键的不饱和性给予了烯烃某些特殊的化学性质。

1.4.1.1 烯烃的同分异构体

由于烯烃含碳碳双键官能团，所以它比烷烃多了某些异构现象。

(1) 构造异构 碳链异构指支链与直链的异构。位置异构指双键位置不一样产生的异构。

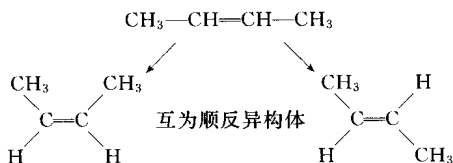
例如丁烯：它既有碳链异构，又有因双键位置不同而产生的位置异构。

$\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$ 和 $\text{CH}_2=\underset{\text{CH}_3}{\text{C}}-\text{CH}_3$ 互为碳链异构

$\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$ 和 $\text{CH}_3-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_3$ 互为位置异构

(2) 顺反异构 (立体异构)

① 生成原因 由于双键的不可旋转性, 使双键两碳原子上所连接的原子或基团在空间上的排列方式不同而引起的异构现象。如 2-丁烯:

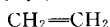


② 物质特点 构造相同, 空间排列方式不同。化学性质相同, 物理性质不同。如左边的异构体的熔点为 -139.3°C 、沸点为 3.5°C , 右边的异构体的熔点为 -105.5°C 、沸点为 0.9°C 。

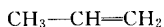
③ 形成条件 分子中有限制旋转的因素 (如 π 键); 双键上的两个碳原子必须和两个不同的成分相连。

1.4.1.2 烯烃的命名

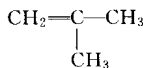
(1) 习惯命名法 只适于几个简单的烯烃, 如



乙烯



丙烯



异丁烯

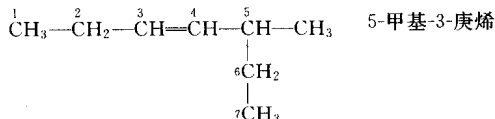
(2) 系统命名法

① 主链 找一个含碳碳双键的最长链为主链, 以主链所含的碳数称为“某烯”。

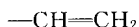
② 始端 靠近双键的一端为始端, 依次给主链上各碳编上序号。

③ 双键的位置 以两个双键碳中位数较小的序号作为双键的位置, 写在烯烃的名称前。

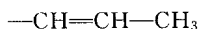
④ 全称 烷基——双键位置——“某烯”, 例如



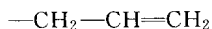
(3) 烯基的命名 烯基为烯烃去掉一个 H 后剩余的基团。去掉 H 的碳原子为烯基的始端。如



乙烯基



丙烯基(1-丙烯基)



烯丙基(2-丙烯基)