

12.15
石油地质勘探技术培训教材

石油地质实验新技术

尚慧芸 李晋超 郭舜玲 陈丽华
缪昕 成芸心 朱恩灵 编著

勘探培训中心教材编写组 审校

石油工业部勘探培训中心

前 言

为了提高广大石油地质技术干部的业务水平,石油工业部地质勘探司组织了“教材编写组”,负责编写出版《石油地质勘探技术培训教材》。

随着科学技术的发展,在石油地质勘探技术领域内,存在着补充和更新有关科学知识的问题。本教材就是针对上述问题而编写的。它可作为现场地质技术干部的培训课本,对于从事石油地质勘探的教学、科研人员,也具有一定的参考价值。

本教材共六册。第一册包括油区岩相古地理、构造地质及石油地质学进展;第二册为地震勘探原理及资料解释;第三册为测井方法原理及测井地层分析与油气评价;第四册为试油工艺技术;第五册为石油地质实验新技术;第六册为油层评价技术。教材内容的选择,力求展示新理论、新方法及新工艺,并从基本原理和基本方法入手,照顾学科的系统性,着重于阐述该学科研究发展的近况和前景,以提供读者用新的概念和手段开展油气勘探工作。与其他教材相比,本教材更注重于现场的地质应用,希望能解决工作中遇到的理论和方法问题。

这套教材曾在石油工业部地质勘探司举办的石油地质勘探进修班试用过,并在广泛征求了各方面意见的基础上,进行了认真的修改和补充。

教材编写组的成员有:郝石生(主编)、胡朝元、李德生、吴崇筠、张恺、张万选、冯石、张一伟、赵激林、陆基孟、钟国森、尚作源、曾文冲、朱恩灵、尚慧云、郭舜玲及陈丽华等。教材编写组的编辑有:袁幼庸、鲁晶、俞天佑、王雪吾、饶钦祖、王汉生同志。吕志强同志清绘了部份插图。李平山同志在组织编辑出版教材方面做了许多工作。

陆邦干、王曰才、王鸿勋等同志对有关教材进行了审校。北京石油勘探开发科学研究院情报室、绘图室协助了教材的誊写及绘图工作。

海洋石油勘探局、华北石油管理局对教材的印刷出版给予了大力支持。华东石油学院、北京石油勘探开发科学研究院、新疆石油管理局、大港油田指挥部、胜利油田会战指挥部、地球物理勘探局、管道局设计院对教材的编写和出版也给予了大力协助,谨致深切的谢意。

由于教材编写组成员分散各地,且都以业余撰写为主;加以时间仓促,水平有限,不足和谬误之处难免,恳请读者批评指正。

书中作者姓名,按编写顺序排列。

石油工业部地质勘探司

1981年8月

第 一 部 份

有 机 地 球 化 学 在 石 油 勘 探 中 的 应 用

尚慧芸 李晋超 编 著

目 录

前言	1
第一部份 有机地球化学在石油勘探中的应用	1
第一章 基础知识	1
第一节 有机化学的基础知识	1
一、有机化合物的简单分类	1
二、具有地质意义的有机化合物结构	5
三、地质体中具有重要意义的有机化合物结构举例	10
四、石油的化学组成	13
第二节 仪器分析简介	20
一、化学分析及仪器分析	20
二、仪器分析的特点	20
三、分析仪器的主要类型	21
四、各种分析仪器在石油勘探中的应用	23
第二章 分析方法及其在石油地质上应用	25
第一节 有机碳	25
一、分析的基本原理	25
二、应用	26
第二节 氯仿沥青“A”及族组份分析	29
一、分析及原理	29
二、氯仿沥青“A”及族组份性质	29
三、应用	30
第三节 有机元素	32
一、有机元素分析原理	33
二、可溶有机质中元素的应用	33
三、干酪根中元素的应用	34
第四节 轻烃	35
一、分析原理及轻质烃类化合物	35
二、指标的意义	35
三、应用	36

第五节 热解	37
一、生油岩评价仪 (RockEval) 原理及方法	37
二、参数的获得及意义	39
三、应用	41
第六节 气相色谱	44
一、气相色谱分析的原理	44
二、选用的指标及其计算	47
三、应用	50
第七节 干酪根	52
一、干酪根的分离及性质	52
二、干酪根的鉴定及应用	55
第八节 孢粉及干酪根的颜色	56
一、孢粉或干酪根颜色的划分	56
二、孢粉颜色与古地温的关系	57
第九节 镜质体反射率	58
一、镜质体反射率 ($R_o\%$) 值的测定	58
二、应用	58
第十节 红外吸收光谱	61
一、方法原理	61
二、红外光谱区及吸收峰的特征	63
三、应用	66
第十一节 紫外可见光谱	68
一、紫外可见光谱的基本原理	68
二、应用	68
第十二节 气相色谱——质谱联用仪	69
一、基本原理及方法	70
二、留烷、三萜烷的基本知识	70
三、指标的应用及意义	74
四、应用实例	83
第十三节 稳定同位素质谱	87
一、质谱的基本原理	87
二、标准及数据报道	87
三、应用	90
第十四节 电子顺磁共振	92
一、分析的基本原理	92
二、电子顺磁共振的参量	93
三、应用	95

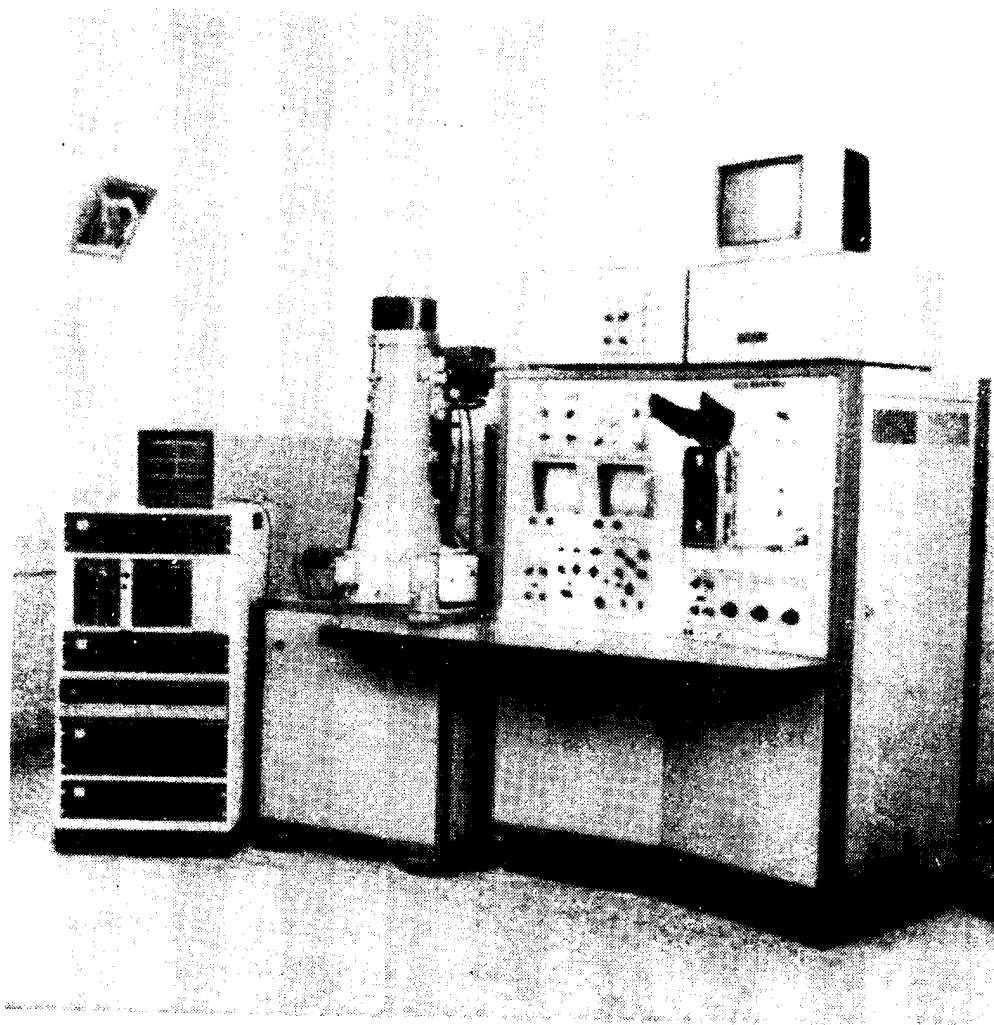
第十五节 有机差热分析	98
一、差热分析的基本原理	98
二、应用	99
第十六节 氨基酸	103
一、分析方法	103
二、沉积岩中的氨基酸	103
三、应用	105
第十七节 原子吸收光谱	105
一、基本原理	105
二、微量元素在石油地质上的应用	106
第三章 综合研究	108
第一节 生油岩的评价方法	108
一、生油岩评价	108
二、热解及轻烃法	111
三、评价生油岩的其它方法	114
第二节 有机质成熟度研究方法	114
一、煤岩学方法	114
二、有机颗粒颜色的变化	116
三、仪器方法	117
四、古地温测定研究成熟度	124
五、粘土矿物与成熟度	127
第三节 油源对比指标	128
一、物性类	128
二、原油孢粉	128
三、钒、镍及硫元素含量	129
四、族组成类	129
五、正构烷烃及一般环烷烃类	129
六、基团类	131
七、同位素类	131
八、生物标记(化学化石)	132
第四节 陆相石油生成的地球化学特征	141
一、湖泊沉积中有机质的丰度及组成	142
二、生油岩中有机质的类型	144
三、地球化学相	154
四、有机质的演化	158
五、油源对比	161
第五节 松辽盆地生油特征及烃类演化	175
一、生油岩的沉积特征	175

二、陆相生油环境及有机母质特点	176
三、干酪根的热演化与油气形成阶段	182
四、大型湖盆的油气演化模式	184
第六节 某井生油岩分析	187
一、轻烃	187
二、总有机碳 (TOC)	189
三、可抽提有机质 (EOM) 和色谱分析	191
四、镜质体反射率	196
五、干酪根分析	198
六、结论	200
主要参考文献	204
后记	204
第二部分 荧光显微镜	205
绪言	207
第一章 基本原理	209
第二章 荧光显微镜的结构及各系统的性能	210
一、透射光系统	210
二、落射光系统	211
第三章 显微镜下观察	213
一、准备工作	213
二、镜下观察	214
三、沥青的组份、含量及性质的确定	214
第四章 沥青的成因分类	216
一、按沥青与矿物的联系形式划分	216
二、按沥青的形成和运移与岩石的成岩阶段组合划分	219
第五章 荧光显微镜在石油地质中的应用	221
一、生油层研究	221
二、储集层研究	223
三、石油运移	228
四、华北古潜山碳酸盐岩的现场荧光地质工作	232
五、荧光镜下预示含油实效	236
主要参考文献	236
第三部分 扫描电镜	237

第一章 扫描电镜的工作原理	239
第一节 概述	239
第二节 电子显微镜及其种类	240
一、放大倍数和分辨率	240
二、光学显微镜与电子显微镜的分辨率	240
三、电子显微镜的种类	241
第三节 扫描电子显微镜结构和工作原理	242
一、扫描电镜的仪器结构	242
二、扫描电镜成像原理	244
三、扫描电子像衬度原理	244
第四节 扫描电子显微镜的特点	246
一、样品制备简单	246
二、样品消耗少、损伤小、污染轻	246
三、能观察大样品、原始样品、样品自由度大	246
四、观察样品的视场大	246
五、景深大、扫描电子像立体感强	246
六、放大倍数范围宽且连续可调	247
七、能进行动态分析	247
八、能对样品表面进行各种信息的综合分析	247
第五节 扫描电子显微镜的功能	248
一、电子束和样品相互作用产生的信息	248
二、扫描电镜的功能	249
第二章 扫描电镜在石油地质上的应用	253
第一节 古生物学的研究	253
一、不同门类化石的扫描电镜图版	253
二、超微化石的研究	254
三、生物化石钙质结构的分类研究	254
四、古生物微量元素的检测	254
第二节 矿物学、沉积岩石学——沉积相、沉积环境的研究	255
一、粘土矿物的研究	255
二、未知矿物的鉴定	258
三、宇宙尘埃的研究	260
四、石英颗粒表面特征研究	261
五、黄铁矿的研究	265
六、现代碳酸盐胶结物的研究	266
第三节 储集层研究	267
一、碎屑岩储集层	268

二、碳酸盐岩储集层	271
三、白垩储集层	273
四、火山碎屑岩储集层	273
第四节 生油岩的研究	274
一、生油岩	274
二、干酪根	274
第五节 其它方面的应用	275
一、开发	276
二、钻井	276
三、工程地质	276
四、测井	276
五、煤形成气、油特征的扫描电镜研究	277
六、其它	278
附 样品及样品处理方法	278
一、样品	278
二、样品处理方法	278
三、样品的特殊处理	279
图版	281
图版说明	296
第四部分 含油岩石物性测定方法	305
序	307
第一章 岩心的处理	308
第一节 岩心的选取与保存	308
一、岩心的选取	308
二、岩心的包装和保存	308
三、岩样的记录要求	309
第二节 岩心分析前的准备工作	310
一、钻切岩样	310
二、岩样的清洗	310
三、岩样的烘干	311
四、岩样清洗干净程度的判断	311
第二章 岩心常规分析方法	313
第一节 砂岩的粒度组成和比面	313
一、砂岩的粒度组成	313
二、砂岩的比面	314

第二节 储油岩石的孔隙度	315
一、基本概念	315
二、影响孔隙度大小的因素	316
三、孔隙度的测定方法	318
第三节 储油岩石的渗透率	320
一、基本概念	320
二、渗透率与其它岩石物性参数的关系及影响因素	323
三、岩石和流体之间的作用及其对渗透率的影响	326
四、气体渗透率及滑动效应的校正	326
五、渗透率的测定方法	329
第四节 流体的饱和度	333
一、饱和度的概念	333
二、过渡带的饱和度分布与毛管压力曲线图	333
三、取心用泥浆对油水饱和度的影响	336
四、测定饱和度的方法	337
第五节 其它的岩心分析方法	339
一、全直径岩心分析方法	339
二、疏松岩样及井壁取心岩样分析方法	341
第六节 岩石孔隙结构及毛管压力的测定	342
一、孔隙结构的研究	342
二、毛管压力曲线测定及其应用	344
第七节 岩石的润湿性及其测定方法	347
第八节 岩心分析数据的平均值	351
参考资料	353



荧光显微镜及附属设备外观

第一章 基础知识

第一节 有机化学的基础知识

一、有机化合物的简单分类

通常把碳氢化合物总称为有机化合物。在自然界中有机化合物约有二百万种以上，而无机化合物仅不过近五万种左右。沉积岩中的沥青、石油均属于有机化合物之列。尽管有机化合物的种类多，结构又复杂，但仍可归纳为两种分类方法，一种是按碳链骨架分类，一种是按官能团分类。

1、按碳链骨架分类

(1) 开链化合物：在这类化合物中，碳原子与碳原子接成链状的骨架，因而也称为无环化合物。又因为脂肪也具有这样的结构，所以也常把这类化合物称为脂肪族化合物。包括饱和烃和不饱和烃。

饱和烃：通式 C_nH_{2n+2} 、如图 1-1 所示：

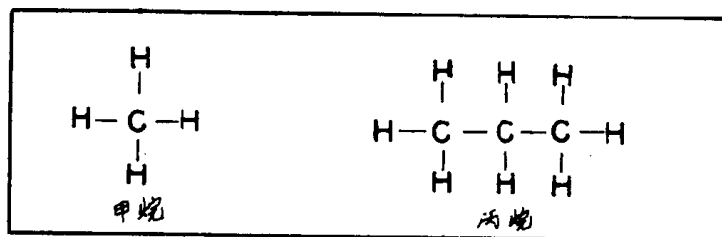


图 1-1 甲烷 (CH₄)、丙烷 (C₃H₈)

不饱和烃：通式 C_nH_{2n} 、 C_nH_{2n-2} 如图 1-2 所示：

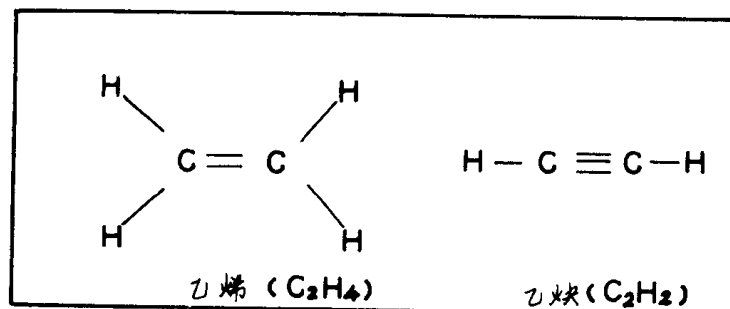


图 1-2 乙烯 (C₂H₄) 和乙炔 (C₂H₂)

(2) 脂环化合物：在这类化合物中碳原子与碳原子连接成环状的骨架。它们的性

(2) 脂环化合物: 在这类化合物中碳原子与碳原子连接成环状的骨架。它们的性质与脂肪族化合物相似, 因而称为脂环化合物。如图 1-3 所示。

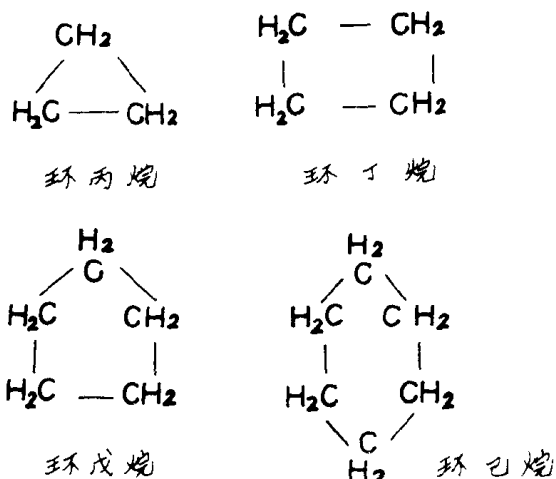


图 1-3 脂环化合物

(3) 芳香族化合物: 这类化合物的分子都含有苯环, 如单环芳烃, 多环芳烃及稠环芳烃等。

单环芳烃: 分子中含有一个苯环的芳烃, 称单环芳烃。其中包括苯及其同系物。如图 1-4 所示。

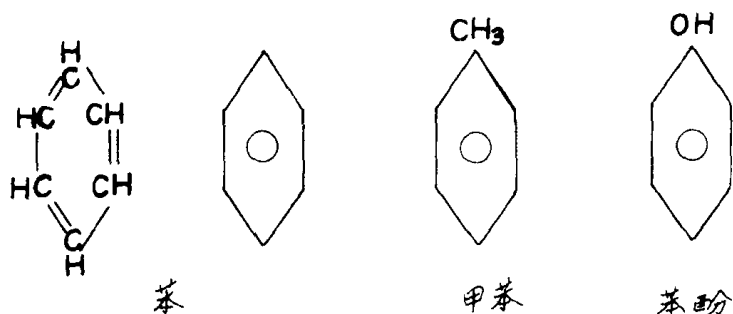


图 1-4 单环芳烃

多环芳烃: 分子中含有两个或两个以上独立苯环的芳烃, 称多环芳烃。如图 1-5 所示。

稠环芳烃: 分子中含有两个或多个苯环, 它们彼此之间通过共用两个相邻碳原子稠合而成的芳烃, 统称稠环芳烃, 如图 1-6 所示。

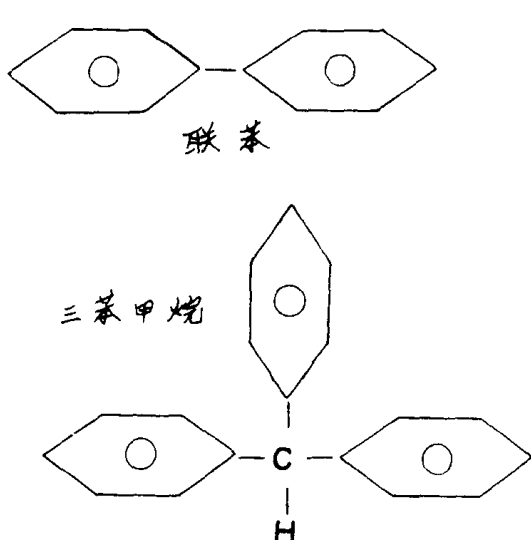


图 1-5 多环芳烃

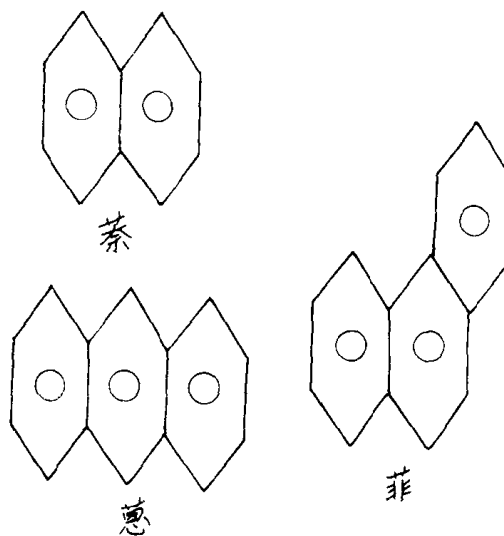
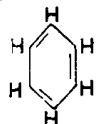
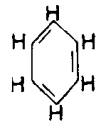


图 1-6 稠环芳烃

表 1 - 1 有关官能团及结构式

序号	名称	通式	结构式	烷烃	芳烃
1	烷烃	C_nH_{2n+2}	$\begin{array}{c} & & & \\ -C- & C- & C- & C- \\ & & & \end{array}$		
2	烷基(R)	C_nH_{2n+1}	$\begin{array}{c} & & & \\ -C- & C- & C- & C- \\ & & & \end{array}$		
3	烯烃	单烯 C_nH_{2n} 二烯 C_nH_{2n-2}	$\begin{array}{c} & & & \\ -C- & C= & C- & C- \\ & & & \end{array}$ $\begin{array}{c} & & & \\ -C= & C= & C- & \\ & & & \end{array}$		
4	炔烃	C_nH_{n-2}	$-C \equiv C-$		
5	苯	C_6H_6			
6	苯基(Ar)	C_6H_5			
7	羟基	OH	$-O-H$	$R-O-H$	$Ar-O-H$
8	醛基	CHO	$\begin{array}{c} O \\ \\ C-H \end{array}$	$\begin{array}{c} O \\ \\ R-C-H \end{array}$	$\begin{array}{c} O \\ \\ Ar-C-H \end{array}$
9	羰基	CO	$>C=O$	醛 酮 中	醛 酮 中
10	羧基	COOH	$\begin{array}{c} OH \\ \\ C=O \end{array}$	$\begin{array}{c} O-H \\ \\ R-C=O \end{array}$	$\begin{array}{c} O-H \\ \\ Ar-C=O \end{array}$
11	酰基	RCO	$\begin{array}{c} O \\ \\ R-C- \end{array}$	羧基失去羟基后	
12	酮基		$>C=O$	$\begin{array}{c} O \\ \\ R-C-R' \end{array}$	$\begin{array}{c} O \\ \\ Ar-C-R \end{array}$
13	醚		$-O-$	$R-O-R'$	$Ar-O-R$
14	酯			$\begin{array}{c} O \\ \\ R-C-OR' \end{array}$	$\begin{array}{c} O \\ \\ Ar-C-OR \end{array}$
15	酚		$-OH$	—	$Ar-O-H$
16	醌			—	

(4) 杂环化合物：具有环状结构。所构成环的原子除碳氢外，还有其它杂原子，如氧、硫、氮等。如图 1 - 7 所示。

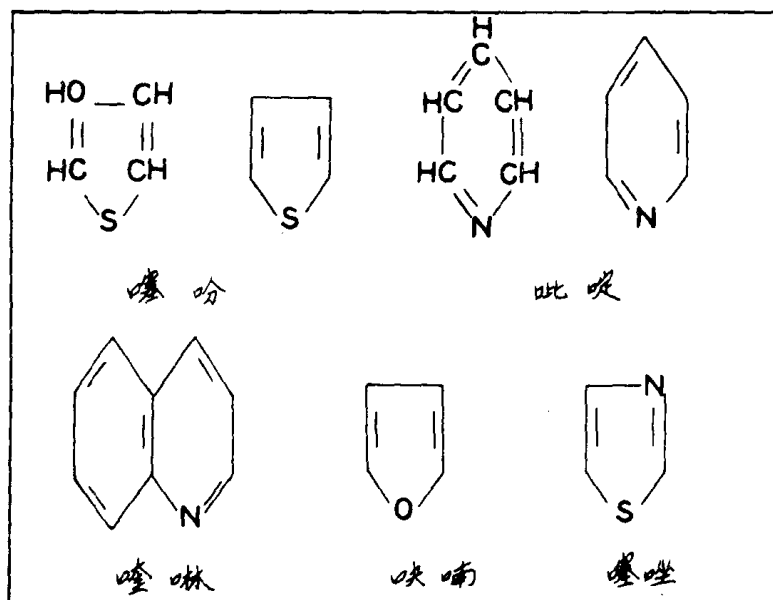


图 1 - 7 杂环化合物

2、按官能团分类

所谓官能团是指与碳键连结在一起的、具有一定特性的原子团，称官能团（或功能基）。它是分子中比较活泼而易发生反应的原子或原子团，常决定化合物的主要性质，含有相同官能团的化合物具有相似的性质。下面是按官能团分类的一些常见类别：

类 别	官 能 团	化 含 物
烷烃	无	CH_4 甲烷
烯烃	$>\text{C}=\text{C}<$	$\text{CH}_2=\text{CH}_2$ 乙烯
炔烃	$-\text{C}\equiv\text{C}-$	$\text{CH}\equiv\text{CH}$ 乙炔
卤代烃	$-\text{X}$	$\text{C}_2\text{H}_5-\text{Br}$ 溴乙烷
醇	$-\text{OH}$	$\text{C}_2\text{H}_5-\text{OH}$ 乙醇
酚	$-\text{OH}$	$\text{C}_6\text{H}_5-\text{OH}$ 苯酚
醚	$-\text{O}-$	$\text{C}_2\text{H}_5-\text{O}-\text{C}_2\text{H}_5$ 乙醚
醛	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ -\text{C}=\text{O} \end{array}$	$\text{CH}_3-\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{C}=\text{O} \end{array}$ 乙醛
酮	$>\text{C}=\text{O}$	$\text{CH}_3-\text{C}(=\text{O})-\text{CH}_3$ 丙酮
羧酸	$\begin{array}{c} \text{O} \\ // \\ -\text{C} \\ \\ \text{OH} \end{array}$	$\text{CH}_3-\begin{array}{c} \text{O} \\ // \\ \text{C} \\ \\ \text{OH} \end{array}$ 乙酸
胺	$-\text{NH}_2$	CH_3-NH_2 甲胺
硝基化合物	$-\text{NO}_2$	CH_3-NO_2 硝基甲烷
腈	$-\text{CN}$	CH_3-CN 乙腈
磺酸	$-\text{SO}_3\text{H}$	$\text{CH}_3-\text{SO}_3\text{H}$ 苯磺酸

一般常将两种分类结合起来应用，现将有关官能团与结构式列于表 1 - 1。

二、具有地质意义的有机化合物结构

1、饱和烃：包括下列有机物（参见图 1 - 8）。

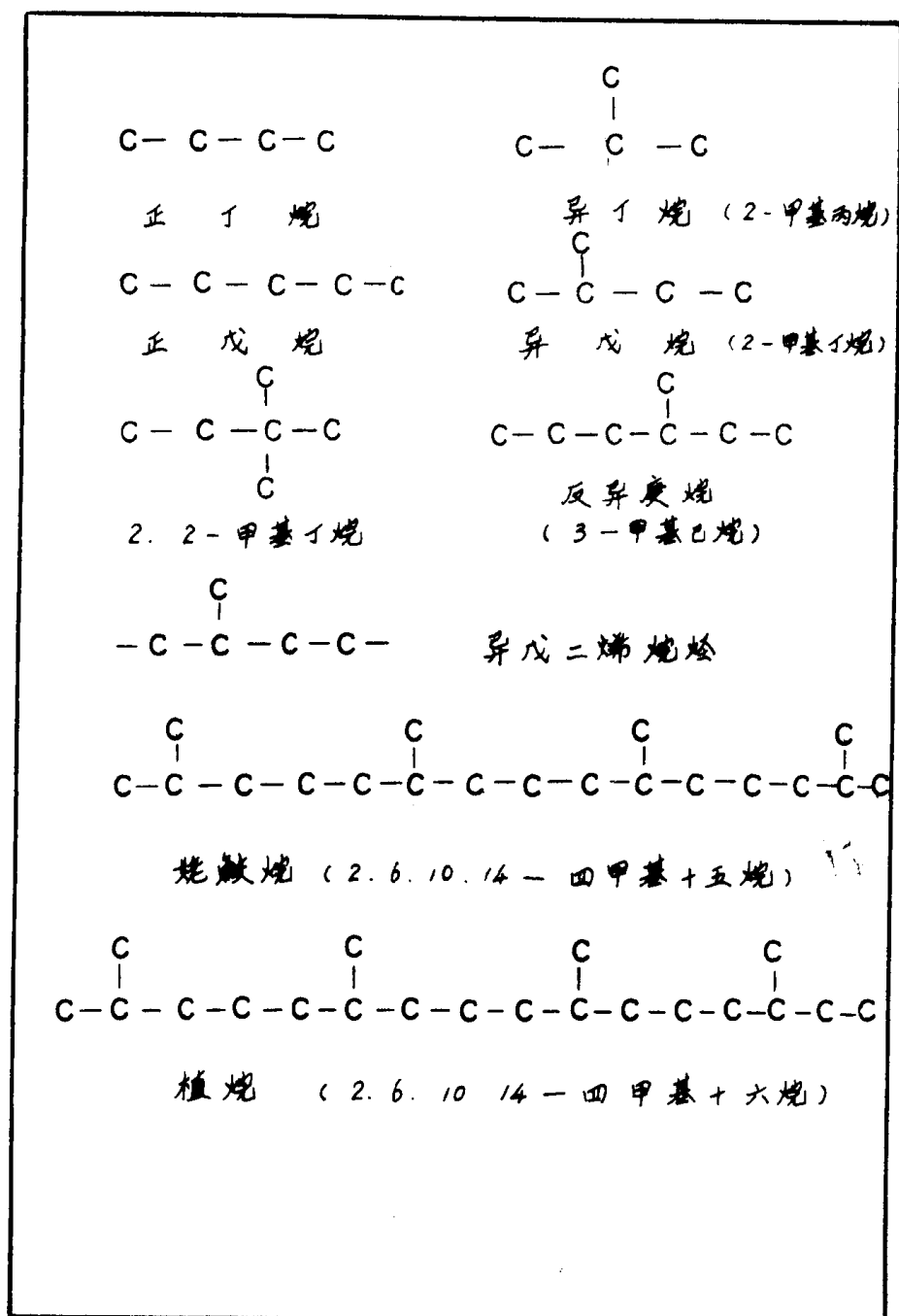


图 1 - 8 饱和烃

2、环烷烃：包括下列有机化合物（参见图 1 - 9）

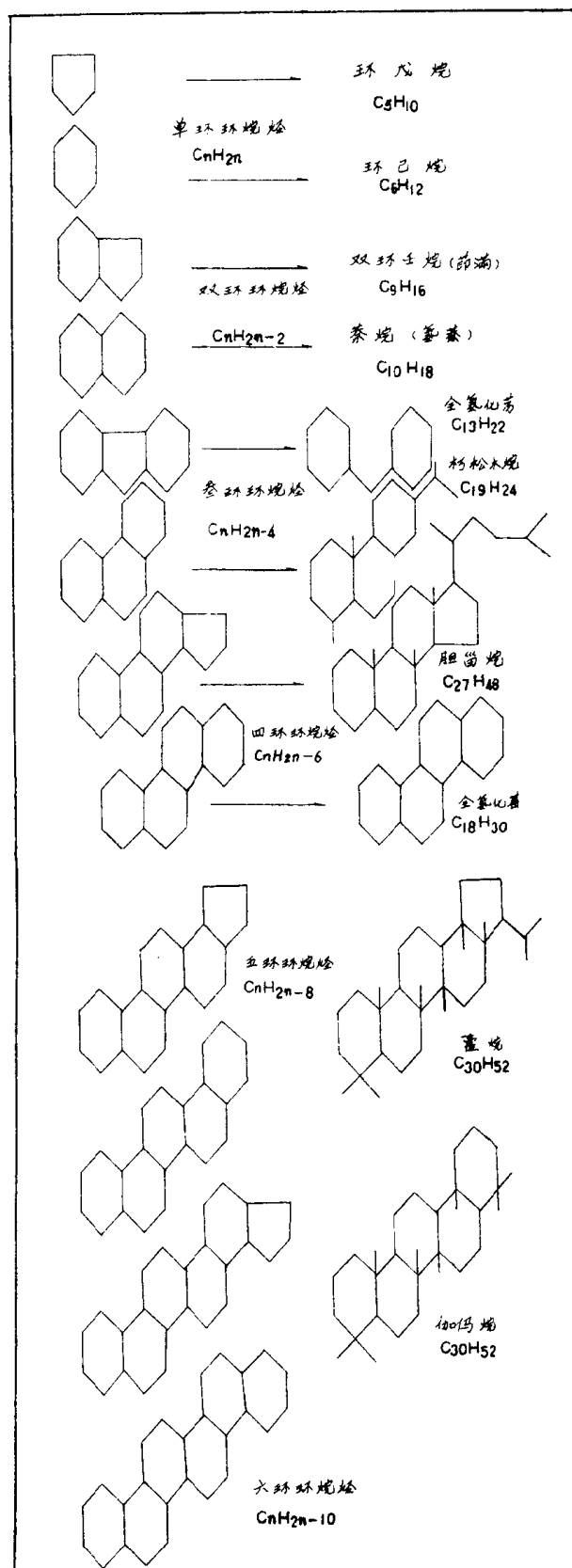


图 1 - 9 环烷烃