

# 石油有机地球化学

贝 丰 主 编

成 都 地 质 学 院

石 油 地 球 化 学 研 究 室

1 9 9 0 . 3

# 编写说明

本教材是为适应石油地质与勘查及相关专业培养目标的要求而编写的，教材内容主要适用于本科，经适当取舍亦可用于专科，对研究生亦有重要参考价值。

教材内容按培养目标要求主要涉及四个方面，第一篇主要阐述有关生物体的生物化学组成及其在沉积水体的堆积与埋藏过程，是本教材的基础篇；第二篇主要为沉积有机质在成岩阶段的特征与演变，广泛涉及油气、相关可燃矿产的形成机理与产物特征等核心问题，为本教材的理论篇；第三篇主要为应用篇，是建立在基础与理论篇之后的，直接服务于生产实践的，即直接用于寻找油气藏，为油气动探服务的部分，它不仅指导对生油岩的判别与估价，亦为油气资源评价的重要组成部分；第四篇为实验技术篇，它详尽介绍当今用于石油地质与有机地球化学领域的各种实验手段与操作技术，以利于增强动手能力。本教材可供教学、科研与生产人员参考。

本教材由贝丰主编，各章编写分工为：第一章宋振亚；第二章、第三章扬元初；第四章、第五章及第六章贝丰；第七章、第八章及第九章吴征；第十章及第十一章宋振亚编写；印刷出版过程中得到付红、秦天我、高玲、谢觉新等大力协助，在此一并致谢。

由于编写时间匆促，加之水平限制，错误与不当在所难免，敬请批评指正。



# 目 录

第一篇 生物体的生物化学组成及其在沉积水体中的堆积.....	( 1 )
第一章 生物体的生物化学组成.....	( 1 )
第一节 蛋白质和氨基酸.....	( 1 )
一、蛋白质.....	( 1 )
二、氨基酸.....	( 3 )
第二节 脂类.....	( 5 )
一、脂肪.....	( 5 )
二、脂肪酸.....	( 6 )
三、蜡.....	( 9 )
四、萜类.....	( 9 )
五、甾族化合物.....	( 14 )
六、树脂.....	( 15 )
第三节 碳水化合物.....	( 17 )
一、单糖.....	( 17 )
二、低聚糖.....	( 18 )
三、多糖.....	( 19 )
第四类 色素类.....	( 21 )
一、叶绿素.....	( 21 )
二、类胡萝卜素.....	( 22 )
第五节 木质素及丹宁.....	( 23 )
一、木质素.....	( 23 )
二、丹宁.....	( 23 )
第六节 生物烃.....	( 23 )
一、生物体中的正烷烃.....	( 25 )
二、生物体中的异构烷烃.....	( 25 )
三、生物体中的烯烃.....	( 25 )
四、生物体中的芳烃.....	( 25 )
第二章 沉积水体中生物的堆积与分布.....	( 26 )
第一节 生物的地史演化.....	( 26 )
一、生命的起源.....	( 26 )
二、生物的进化.....	( 26 )

三、地史中沉积水体主要生物的发育与演化.....	( 27 )
第二节 不同沉积水体生物的堆积与分布.....	( 29 )
一、海洋浮游生物的繁衍与分布.....	( 29 )
二、海陆过渡水域中生物的繁衍与分布.....	( 32 )
三、湖泊中生物的繁衍与分布.....	( 32 )
四、沼泽中生物的繁衍与分布.....	( 33 )
五、河流中生物的繁衍与分布.....	( 33 )
六、黑海水域各生物的繁衍与分布实例.....	( 34 )
第三节 陆地生物分布.....	( 34 )
第四节 水体中生物繁衍及沉积水体中生物堆积的控制因素.....	( 35 )
一、水体含盐度对生物繁衍与堆积的影响.....	( 35 )
二、水盆的水体深度对生物繁衍及堆积的影响.....	( 35 )
三、水体运动强度、浊度、沉积速度等对生物繁衍及堆积的影响.....	( 36 )
四、海底底质对生物繁衍及堆积的影响.....	( 37 )
五、水温对生物繁衍的影响.....	( 37 )
第三章 地质体中沉积有机质的分布.....	( 38 )
第一节 沉积有机质的来源.....	( 38 )
第二节 有机质的沉积作用.....	( 38 )
第三节 影响有机质沉积和保存的主要因素.....	( 39 )
第四节 不同环境中沉积有机质的聚集和分布特征.....	( 40 )
一、海洋沉积有机质.....	( 41 )
二、湖泊沉积有机质.....	( 42 )
三、海陆过渡环境沉积有机质.....	( 44 )
四、沼泽中沉积有机质.....	( 44 )
本篇参考文献.....	( 45 )
第二篇 成岩作用中的沉积有机质及其演变.....	( 46 )
第四章 沉积有机质的分类及其在成岩阶段所经历的主要地球化学作用.....	( 48 )
第一节 沉积有机质的分类.....	( 48 )
第二节 沉积有机质在成岩阶段所经历的主要地球化学作用.....	( 49 )
一、自然界碳(含碳化合物)的循环.....	( 49 )
二、生物演化的地史追溯.....	( 49 )
三、成岩阶段沉积有机质的演化及其导致因素.....	( 52 )
四、成岩阶段主要地球化学作用的反应机制.....	( 55 )
第五章 油气的形成及其主要有机结构分子在成岩阶段的演变.....	( 68 )
第一节 干酪根降解及油气的形成.....	( 68 )
一、干酪根的定义.....	( 72 )
二、干酪根的组成与结构.....	( 74 )
三、干酪根的类型.....	( 79 )

四、干酪根降解及油气形成.....	( 82 )
第二节 与油气有关的主要有机结构分子在成岩阶段的演变.....	( 100 )
一、可溶有机质及其族组成数量上的变化.....	( 100 )
二、可溶有机质中烃类组成与结构的变化.....	( 100 )
三、甾萜生物标志物及其变化.....	( 106 )
四、卟啉化合物及其变化.....	( 111 )
五、氨基酸化合物及其变化.....	( 113 )
第六章 煤的形成及其在成岩作用阶段的演变.....	( 115 )
第一节 煤的有机显微组成及其成因.....	( 115 )
第二节 煤的显微组的煤的类型.....	( 117 )
第三节 成煤作用及煤的演变.....	( 120 )
本篇参考文献.....	( 124 )
第三篇 石油有机地球化学研究在油气勘探中的应用.....	( 127 )
第七章 生油岩的判别与估价.....	( 128 )
第一节 有机质丰度.....	( 128 )
一、总有机碳 (TOC) .....	( 128 )
二、 $C_{15}$ 抽提物 (EOM) 及 $C_{15}$ 总烃含量 (THC) .....	( 131 )
三、高温热解总烃生率 ( $S_1 + S_2$ ).....	( 135 )
四、氨基酸及干酪根总量.....	( 136 )
五、有机质丰度标志小结.....	( 136 )
第二节 有机质性质与类型.....	( 136 )
一、根据不同沉积环境及相带所确立的有机质性质与类型判别标志.....	( 137 )
二、根据干酪根物理化学特征所确立的有机质性质与类型判别标志.....	( 138 )
三、根据可溶有机质特征所确立的有机质性质与类型判别标志.....	( 144 )
四、根据甾萜类生物标志化合物所确立的有机质性质与类型判别标志.....	( 150 )
五、根据稳定碳同位素 ( $\delta^{13}C$ ) 所确立的有机质性质与类型的判别标志.....	( 155 )
六、根据卟啉化合物和金属元素(V、 $N_i$ ) 所确立的有机质性质与类型判别标志.....	( 156 )
七、有机质性质与类型标志小结.....	( 157 )
第三节 有机质成熟度.....	( 157 )
一、根据干酪根物理化学特征所确立的有机质成熟度标志.....	( 157 )
二、根据可溶有机质特征所确立的有机质成熟度标志.....	( 165 )
三、根据甾萜类生物标志化合物所确立的有机质成熟度标志.....	( 169 )
四、成岩作用与有机质的热演化.....	( 172 )
五、油气形成和演化的矿物裂变径迹标志.....	( 173 )
六、根据化学动力学所确定的有机质成熟度标志.....	( 176 )
七、成熟度标志小结.....	( 185 )

第八章 油源对比.....	(186)
第一节 油源对比概述.....	(186)
一、概述.....	(186)
二、油源对比理论基础及对比标志的选择.....	(186)
第二节 油源对比的主要标志与方法.....	(187)
一、生物标志化合物.....	(187)
二、稳定碳同位素 ( $\delta^{13}\text{C}$ ) .....	(193)
三、其它对比标志.....	(196)
第三节 多标志油源对比实例.....	(197)
一、印尼爪哇海区油源对比简介.....	(197)
第九章 油气资源评价中的石油地球化学研究.....	(200)
第一节 资源评价概述.....	(200)
第二节 资源评价中的石油地球化学研究.....	(200)
一、油源岩——生油层评价.....	(201)
二、生油量——资源量计算.....	(201)
三、再现油气形成历史.....	(212)
本篇参考文献.....	(213)
第四篇 石油有机地球化学分析测试技术.....	(214)
第十章 可溶有机质及原油的分析测试技术.....	(215)
第一节 岩石中可溶有机质的抽提和族组分分析.....	(215)
一、岩石中可溶有机质的抽提.....	(215)
二、可溶有机质族组分分析.....	(216)
三、抽提前样品的保存和预处理注意事项.....	(217)
第二节 气相色谱法.....	(218)
一、气谱法的分类.....	(218)
二、气相色谱法的基本原理.....	(219)
三、石油有机地球化学研究中气相色谱分析实例.....	(223)
第三节 气相色谱——质谱联用分析.....	(224)
一、分析原理.....	(224)
二、气相色谱——质谱仪有关部分介绍.....	(225)
三、某些有机化合物的质谱特征.....	(229)
四、石油地球化学研究中气相色谱——质谱联用分析条件及基本图谱.....	(234)
第四节 红外吸收光谱法.....	(237)
一、基本原理.....	(237)
二、红外光谱的吸收.....	(238)
三、石油有机地球化学研究中的红外光谱分析.....	(239)
四、一些常用吸收谱带的归属.....	(240)
第十一章 干酪根的分析测试技术.....	(241)

第一节 干酪根的分离制备.....	(241)
一、原理.....	(241)
二、制备方法.....	(241)
第二节 干酪根显微组分的镜下鉴定.....	(242)
一、干酪根显微组分分类.....	(242)
二、干酪根在透射光下的鉴定.....	(243)
第三节 镜质体反射率测定.....	(243)
一、基本原理.....	(243)
二、样品种类及备样要求.....	(243)
三、光片的制备.....	(244)
四、测试.....	(244)
第四节 生油岩和干酪根的热解分析.....	(245)
一、生油岩热解分析(生油势分析).....	(245)
二、生油岩的热解色谱分析.....	(246)
三、干酪根热失重分析.....	(246)
四、干酪根热解气相色谱分析.....	(247)
本篇参考文献.....	(248)
附：作业.....	(249)



蛋白质在生物界中的分布是不均匀的，动物组织中的蛋白质含量高于植物组织，而低等水生植物中蛋白质含量又高于高等植物。

从各种动植物组织中分离出来的蛋白质，经过元素分析表明，蛋白质均含碳、氢、氧、氮四种元素。大多数的蛋白质还含有少量的硫及部分含磷，有些蛋白质中还含有铁、铜、锰、锌等金属元素，个别蛋白质含碘，蛋白质中的主要元素都以大致一定的比例关系存在，一般干燥蛋白质的元素组成为：

碳：50~55%    氢：6.0~7.0%  
 氧：20~23%    氮：15~17%  
 硫：0.3~2.5%

含氮是蛋白质元素组成的特征，糖和脂肪中一般只含碳、氢、氧三种元素。在蛋白质样品中，每克氮的存在相当于6.25克蛋白质。

蛋白质是由多种氨基酸分子组成的复杂的高分子化合物。蛋白质中的多种氨基酸分子借肽键或酰胺键而缩合。蛋白质是大分子化合物，各种蛋白质分子量差别很大，一般将分子量大于10000者称为蛋白质，小于10000者称之为肽。蛋白质的结构为图1—1所示，蛋白质分子量的差别如表1—1所列。

蛋白质的分类是按它们的总体结构、组成或生理功能的差异而划分的。就形状而言，如丝纤蛋白和角蛋白，由于呈长条线型而称为纤维状蛋白质；另一些蛋白质，如卵清蛋白、酪蛋白和酶，接近球形而称为球形蛋白质。按蛋白质组成，一般分为简单

质和结合蛋白质，前者经水解仅有 $\alpha$ -氨基酸，后者的水解产物，除 $\alpha$ -氨基酸外，还有其它的化合物，属于简单蛋白质的有清蛋白和硬蛋白等；属于结合蛋白质的有磷蛋白、醣蛋白、色蛋白、脂蛋白、核蛋白等，磷蛋白是磷酸与蛋白质结合，醣蛋白是醣类与蛋白质结合，色蛋白是带着色部分与蛋白质结合，核蛋白是核酸与蛋白质结合。按溶解度可分为溶解蛋白和白蛋白、球蛋白、醇蛋白和不溶解蛋白—硬蛋白。按营养成分可分为：完全蛋白质（含有全部必需的氨基酸，如酪蛋白、卵白蛋白等）、不完全蛋白质（缺少一种或几种必需的氨基酸）。

蛋白质可以在酸、碱、酶的作用下产生水解。氨基酸是蛋白质水解的最后产物，蛋

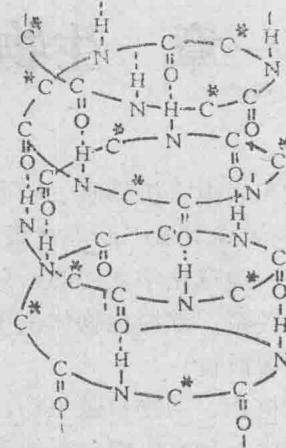
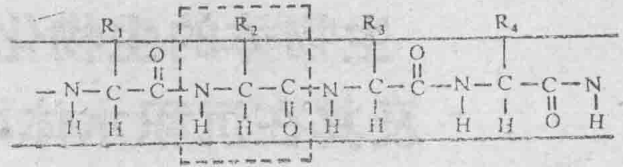


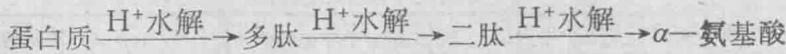
图1—1 蛋白质结构示意图

(据 Calvin, M. 1961)

表1—1 蛋白质的分子量

蛋白质	分子量	蛋白质	分子量
细胞色素G	15000	血清清蛋白	70000
乳清蛋白	17000	血清球蛋白	140000
麦胶蛋白	27500	脲酶	480000
胰岛素	41000	甲状腺球蛋白	650000
卵清蛋白	44000	矮枝病毒(蕃茄)	7600000

白质的水解，可以示意表示为：

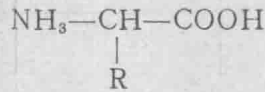


蛋白质易被微生物分解，所以在沉积岩中完整的蛋白质和多肽类少见，而其水解产物氨基酸则广泛存在于各类地质体中。

最后应该提到的是酶，酶也是一种蛋白质，同其它蛋白质结构相似，具两性电解质的性质。酶是生物催化剂，能在机体中高效率地起催化作用，酶催化反应速度比非催化反应速度高  $10^8 \sim 10^{20}$  倍，使生物体内的各种物质处于不断的新陈代谢之中，食物的消化、新细胞的产生等均依赖于酶的存在，所以酶在生物体的生命活动中占有重要地位。

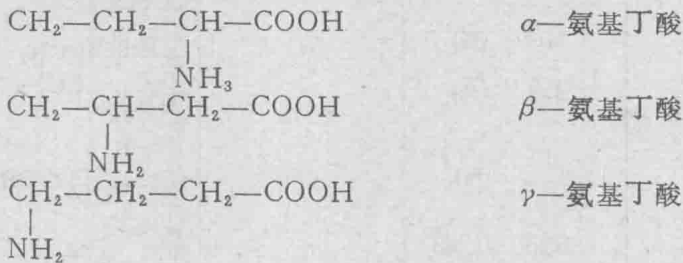
## 二、氨基酸

氨基酸是同时含有氨基和酸基的化合物，是组成蛋白质的基本结构单位，其化学通式为：



因此，可以认为氨基酸是羧酸分子中烃基上的氢原子被氨基（ $-\text{NH}_3$ ）取代的产物。

氨基酸的化学命名取决于氨基所取代的烃基上氢原子的位置，取代酸基最邻近的那个氢的氨基酸称为  $\alpha$ -氨基酸，依次分别为  $\beta$ 、 $\gamma$  氨基酸。下面以氨基丁酸为例：



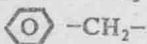



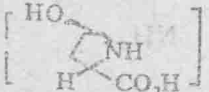
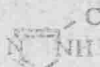
由蛋白水解生成的氨基酸有20多种，除个别例外，就是  $\alpha$ -氨基酸及其衍生物，由于连接在  $\alpha$ -碳原子上的 R 基团的不同，也将导致了蛋白质结构和种类上的差别。R 基团可以是非极性的、极性而呈中性的、酸性和碱性的；非极性的 R 基团是疏水的，能降低含这类基团的氨基酸的水溶性，R 越大影响越大；中性而呈极性的基团，由于氢键的形成而增大氨基酸的水溶性；而酸性和碱性基团更能加强氢键的形成能力，致使成为氨基酸的高度亲水部分。常见氨基酸的 R 基团结构如表1—2所示。

由表1—2还可以看出，在氨基酸分子中，氨基和羧基数目相等的叫做中性氨基酸；当氨基少于酸基时，氨基酸则呈酸性称之为酸性氨基酸，反之则为碱性氨基酸。

目前已知组成生物蛋白质的天然氨基酸都属于 L 型，但地质体中的氨基酸则有 D 型，不仅有 D、L 对映体，还有非对映体存在，同时还能够相互转化，从 L 型向 D 型转化，这种构型的转化程度与环境的温度和时间有关，有人通过研究骨化石中氨基酸的 D/L 比值，用来计算地质年代、古地温和沉积速度。

氨基酸是一类有一定稳定性的化合物，呈白色晶体，熔点较高，一般为  $200 \sim 300^\circ\text{C}$

表 1-2 天然  $\alpha$ -氨基酸的结构

名 称	用三个字母缩写	用一个字母缩写	R 基的结构
第一类:非极性 R 基团			
甘氨酸	Gly (甘)	G	H-
丙氨酸	Ala (丙)	A	CH <sub>3</sub> -
缬氨酸	Val (缬)	V	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CH-
亮氨酸	Leu (亮)	L	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CH-
异亮氨酸	Ileu (异亮)	I	$\begin{array}{c}   \\ \text{CH}_3 \end{array}$
苯丙氨酸	Phe (苯丙)	P	 -CH <sub>2</sub> -
脯氨酸	Pro (脯)		
第二类:极性而呈中性的 R 基团(PH=7)			
丝氨酸	Ser (丝)	S	HOCH <sub>2</sub> -
苏氨酸	Thr (苏)	T	$\begin{array}{c}   \\ \text{OH} \end{array}$
半胱氨酸	Cys (胱)	C	HSCH <sub>2</sub> -
蛋氨酸	Met (蛋)	M	CH <sub>3</sub> SCH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> -
色氨酸	Try (色)		 -CH <sub>2</sub> -
酪氨酸	Tyr (酪)	Y	HO-  -CH <sub>2</sub> -
羧脯氨酸	Hyp (羧脯)		
谷酰胺	Gln (谷)	Q	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N} \\   \\ \text{O} \end{array}$
第三类:酸性 R 基团			
天冬氨酸	Asp (天冬)	D	HO <sub>2</sub> CCH <sub>2</sub> -
谷氨酸	Glu (谷)	E	HO <sub>2</sub> CCH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> -
第四类:碱性 R 基团			
赖氨酸	Lys (赖)	K	H <sub>2</sub> NCH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> -
精氨酸	Arg (精)	R	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{NCNHCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2- \\    \\ \text{NH} \end{array}$
组氨酸	His (组)		 -CH <sub>2</sub> -

就热稳定性而言，属相对稳定的氨基酸有：谷氨酸、缬氨酸、甘氨酸、亮氨酸、脯氨酸、异亮氨酸及 $\alpha$ -氨基丁酸；中等稳定的氨基酸有：门冬氨酸、赖氨酸、酪氨酸及苯丙氨酸；不稳定的氨基酸有：丝氨酸、苏氨酸等。

氨基酸在热处理过程中，由于侧链的变化，可以形成另一种新的氨基酸，也可以脱氨酸而形成有机酸、还可脱羧基而形成胺类。

氨基酸受热分解时，若同时发生脱氨基和脱羧基作用，就形成烃类，其产物多为 $C_1 \sim C_{11}$ 轻烃，Thompson等的资料表明了这点(表1—3)。

自然界已发现40多种氨基酸，在沉积岩中也检出了23种。研究表明，不同沉积环境中，氨基酸的组成和含量不同，为研究沉积环境提供了很有意义的信息。

表1—3 由氨基酸所形成的烃类

氨基酸	所形成的烃
甘、精、组、胱、蛋氨酸	甲烷
丙、门冬、丝、胱氨酸	乙烷
$\alpha$ -氨基丁酸及谷、苏、亮氨酸	丙烷
氨酸	异丁烷
鸟、精、组、脯氨酸	正丁烷
亮及异亮氨酸	异戊烷
赖氨酸	正戊烷

(据Thompson及Creath 1966)

### 第三节 脂类

广泛存在于生物体中的脂以及类似脂肪且能被有机溶剂萃取(抽提)的化合物，称之为脂类化合物。显然，脂类是一个有广泛含意且其中包括有一些化学结构极不相同的物质；在通常情况下，脂类主要是指脂和蜡，但人们往往把类异戊二烯及固醇等，即萜类和甾族化合物等亦归属为脂类，这些化合物尽管在组成及结构上有很大差别，但其共同特点是不溶于水而易溶于氯仿、乙醚、苯等低极性有机溶剂中。

脂类亦可划分为真脂和类脂两类，真脂亦称为脂肪，是由甘油和脂肪酸构成的甘油三脂；类脂包括磷脂、糖脂、固醇及其脂蜡等。

根据脂类化学结构和组成，可以划为三类：1.单纯脂：包括脂肪和蜡；2.复合脂：包括磷脂(甘油磷脂和神经鞘磷脂)和糖甘脂(脂肪酸与鞘氨醇甘所构成的酯)；3.异戊二烯系类脂：包含萜类及甾类在内。

脂类是具有重要生理功能的化合物，脂肪提供生物体需要的能量和防止热量失散，磷脂又是细胞的重要组分，其它脂类有的是动物的激素和维生素，有的是动植物的色素物质。表1—4是生物体中脂类含量的一览表。

表1—4 生物体中脂类含量一览表

名称	脂肪、腊质 (占干重%)	名称	脂肪 (占湿重%)
细菌	10~20	一般食用植物叶	0.1~0.5
藻类	10~25	一般食用植物茎	0.1~0.3
苔藓	7~10	牛肉	10~25
蕨类	3~5	猪肉	10~40
木质部	2~3	植物油	99.5
叶子	5~8	鸡蛋黄	31
树皮	10	黄豆	17.2
茎部	3~4	胡萝卜	0.2

#### 一、脂肪

脂肪是指脂肪酸的甘油三元酯，从动植物中所取得的油脂(脂肪)是最重要的脂类，脂肪大量分布于动物皮下组织、植物孢子、种子及果实中，细菌和藻类也含有丰富的脂肪。

脂肪：主要是由长链脂肪酸和甘油组成

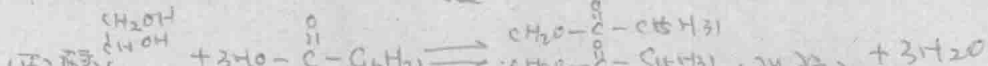




表1—5

天然脂肪中的常见脂肪酸

		分子式	熔点(℃)		
饱和脂肪酸	丁酸	C <sub>3</sub> H <sub>7</sub> COOH	-7.9	$R\text{COOH} \xrightarrow[-H_2O]{+H} R\text{H}$ <p>在强还原条件下。</p>	
	己酸	C <sub>5</sub> H <sub>11</sub> COOH	-3.4		
	辛酸	C <sub>7</sub> H <sub>15</sub> COOH	16.7		
	癸酸	C <sub>9</sub> H <sub>19</sub> COOH	31.6		
	月桂酸	C <sub>11</sub> H <sub>23</sub> COOH	44.2		
	蔻酸	C <sub>13</sub> H <sub>27</sub> COOH	54.4		
	棕酸	C <sub>15</sub> H <sub>31</sub> COOH	62.85		
	硬脂酸	C <sub>17</sub> H <sub>35</sub> COOH	69.6		
	花生酸	C <sub>19</sub> H <sub>39</sub> COOH	75.3		
	山酸	C <sub>21</sub> H <sub>43</sub> COOH	79.9		
	焦酸	C <sub>23</sub> H <sub>47</sub> COOH	84.2		
蜂酸	C <sub>29</sub> H <sub>50</sub> COOH	91			
		分子式	双键	熔点(℃)	
不饱和脂肪酸	蔻烯酸	C <sub>13</sub> H <sub>25</sub> COOH	Δ <sup>9</sup>	-0.5~+0.5	
	棕榈酸(鲨酸)	C <sub>15</sub> H <sub>31</sub> COOH	Δ <sup>9</sup>		
	油酸	C <sub>17</sub> H <sub>33</sub> COOH	Δ <sup>9</sup>		13
	廿碳烯酸	C <sub>19</sub> H <sub>37</sub> COOH			
	芥酸	C <sub>21</sub> H <sub>41</sub> COOH	Δ <sup>13*</sup>		34.7
	神经烯酸	C <sub>23</sub> H <sub>45</sub> COOH	Δ <sup>15</sup>		42.5~43
	亚油酸	C <sub>17</sub> H <sub>31</sub> COOH	Δ <sup>9 12</sup>		-5.0
	α-亚麻酸	C <sub>17</sub> H <sub>33</sub> COOH	Δ <sup>9 12 15</sup>		-1.4
	γ-亚麻酸	C <sub>17</sub> H <sub>33</sub> COOH	Δ <sup>6 9 12</sup>		
	花生四烯酸	C <sub>19</sub> H <sub>35</sub> COOH	Δ <sup>5 8 11 14</sup>		-49.5
桐油酸	C <sub>17</sub> H <sub>33</sub> COOH	Δ <sup>9 11 13</sup>			

Δ 上角数字表示双键位置，从-COOH端C开始

	H/C	O/C
10号油	2.04	0.114
石油	1.80	0.004
菜油	1.58	0.33

天然油酸(十八碳烯酸)都是顺式结构。

不同种类的生物含有不同种类和数量的脂肪酸，在高等植物、藻类和低温动物中，不饱和脂肪酸的含量高于饱和脂肪酸，在动物中普遍具有饱和脂肪酸的优势；植物油脂中脂肪酸碳数范围为16~22，以16、18为主，即油酸、亚油酸丰富而硬脂酸少；动物油脂中脂肪酸以C<sub>14</sub>、C<sub>16</sub>、C<sub>18</sub>为主，硬脂酸为主要成分；藻类脂肪中也同样以C<sub>16</sub>、C<sub>18</sub>烯酸为主，C<sub>20</sub>、C<sub>22</sub>烯酸也占有相当的比重；细菌所含的脂肪酸种类比高等植物、动物少得多，脂肪酸碳数在C<sub>12</sub>~18之间，个别可达C<sub>25</sub>以上，细菌中脂肪酸多为饱和脂肪酸，并常有甲基支链。表1—5及1—6详细地反映了上述情况。

脂肪酸失去CO<sub>2</sub>(羧基)，转化为相应的奇数脂肪烃，在强还原条件下，加氢脱水，生成保持原偶数碳的脂肪烃，且为人工热模拟实验所证明。

脂肪酸广泛分布于自然界中，在水体、土壤、泥炭、褐煤、烟煤、石油、现代海洋沉积物、淡水沉积物、古代沉积岩中都存在有脂肪酸，脂肪酸在地质体中的组成、分布及演化引起了有机地球化学研究者的重视，并取得了很多有重要意义的研究成果。

表1-6

某些动物植物脂肪中脂肪酸的含量

脂肪的名称	酸 (%)											羧酸
	丁酸	己酸	癸酸	月桂酸	豆蔻酸	软脂酸	硬脂酸	油酸	十二烯酸	十八烯酸	十八碳三烯酸	
亚麻油						8	9	15-20	25-35	35-45		
大麻油						4.5		14	65	16.9		
向日葵油						9		39	47.2			0.5
椰子油					0.3-0.5	20-22	2	30-35	40-45			
橄榄油						9.2	2	83.1	3.9			
椰子油		6.2-11.5	4.5-10.7	45-51	16.5-20	4.3-7.5	0.8-5.0	2-10.3	大约1			
蓖麻油							3	3-9	2-3			80-85
牛脂					2.0-2.5	27-29	24-29	43-44	2-5			
羊脂					2.0-4.6	24-27	25.0-30.5	36.0-43.1	4.3-7			
猪脂				12.4	15.4	5.3	9	47.2	10.7			
乳脂	2.9-4.5	2.3-4.2	1.0-1.5	3.6-6.4	10.4-20	11.8-17.5	1.4-5.9	27-47	少量			

(据傅家模等)

原  
书  
缺  
页