

49720

高等学校教材

油气地球化学

王启军 陈建渝 编著

中国地质大学出版社

前 言

油气地球化学(石油*及天然气地球化学)是应用化学原理研究地质体中生成油气的有机质、石油、天然气及其次生产物的组成、结构、性质及分布,并深入讨论石油和天然气形成、运移、聚集和次生变化的有机地球化学机理及其在勘探中应用的科学。它是由地质学(特别是沉积学和石油地质学)、有机化学和生物学相互渗透而迅速发展起来的一门新兴边缘学科。作为有机地球化学的重要分支,油气地球化学的深入研究促进了石油有机成因理论的极大发展,并在油气的地质勘探和远景评价中获得了很大成功,成为目前油气勘探的三大学科(石油地质、地球物理和有机地球化学)支柱之一。该学科的基本原理则是石油地质专业学生及从事油气勘探与开发的地质人员所必备的。特别需要指出的是我国广大石油地质及油气地球化学工作者为发展这门学科作出了重要贡献,目前已逐渐形成了我国以陆相油气地球化学为重点的学科特色和优势。

本书作为石油地质专业的教科书,努力综合国内外研究的主要成果,以油气形成的理论及其在油气勘探中的应用为中心,系统地阐述了该学科的基本理论、基本知识和研究方法,并适当介绍了该学科的最新进展,以保持教材的系统性、科学性、先进性。目前由于这门学科尚不十分成熟,已有的国内外著作结构各异,本书按油气形成的自然过程和从理论到应用的认识过程组织体系。第一篇从生物的发育、有机沉积作用和生物有机质的化学组成阐明各种环境生油母质的来源、分布及特征。第二篇按照油气形成的阶段顺序阐述了有机质在成岩阶段、深成阶段和准变质阶段的演化及形成油气的机制。其中还介绍了相应阶段的各种产物——腐植质、生物标志化合物、干酪根、石油、天然气及其次生产物的地化特征。这两篇为基本理论、基本知识部分。第三篇是分析方法和应用部分。该篇扼要介绍了一些主要的油气地化分析方法,并讨论了本学科在油气勘探中应用的几个方面——油气源岩的评价、油源对比、生油气量计算和油气地化勘查。每章后面都列有主要补充读物以利于学生自学和深入研究。此体系是经过内部教材三年教学试用,并几经修改而确定的。教学实践证明这一体系基本符合本学科的内在联系和学生学习的认识规律。同时,作者特别注意理论与应用并重;结合中国实际,努力反映国内重要成果;将油气地化实验分析与地质分析融为一体。面对国内外璀璨夺目的丰富成果,本书的目标是:博采众长,简明扼要,以一斑而见全豹。所以,本书也可供广大从事油气地化科研和生产人员参考。

本教材由中国地质大学王启军教授、陈建渝副教授合作编著,其中第一、二、四、五、十三、十四章由王启军编写,其余各章由陈建渝编写。由王启军负责统稿。

本书是在1984年《石油地球化学》试用教材的基础上修改编著的。比之试用教材,本书在体系上作了局部调整,内容上作了重大增删修改,若干章节基本重新撰写。为了适应油气勘探的新形势,对天然气的地化问题也作了较详细的阐述,故将书名改为《油气地球化学》。

*“石油”一词在本书中仅指天然液态(常温常压下)、以烃为主的成分复杂的有机混合物,不包括气、固相有机化合物。

原试用教材承蒙著名有机地球化学家傅家谟研究员、黄第藩高级工程师、王廷栋副教授评审,提出了详尽的宝贵意见,极大帮助了我们的修改编著工作。试用教材的初稿还承蒙我们的老师、著名石油地质学家陈发景教授全面审阅。多年来与我们合作的卢松年教授、田世澄副教授、高品文副教授、徐献中副教授及我校有机地化实验室的同志们对本书的编著给予了热情支持和帮助。书中引用的国内资料是中国科学院贵阳地球化学研究所、兰州地质研究所、石油工业部和地质矿产部所属研究机构、各油田及大专院校广大油气地化工作者辛勤劳动的结晶。本书得到地质矿产部石油地质专业教学指导委员会、中国地质大学出版社和印刷厂的热情支持、推荐和帮助。袁学勤同志进行了认真负责的编辑。唐核之、熊丽、陈思群负责绘图。正是以上这些难能可贵的支持和帮助,才使本书得以问世。在此一并表示衷心的感谢。由于作者水平有限,书中难免有不少缺点和错误,敬请读者指正。

作者

1987年12月

目 录

第一篇 生油气母质的来源及特征

第一章 生物的发育	(3)
§1-1 生命的起源和进化	(3)
§1-2 生物发育的基本原理	(7)
§1-3 不同环境的生物发育	(10)
§1-4 结论	(23)
第二章 有机沉积作用	(26)
§2-1 有机圈及有机碳的地化循环	(26)
§2-2 有机质来源与有机沉积环境	(27)
§2-3 不同环境中有机质沉积特征	(35)
§2-4 结论	(56)
第三章 生物有机质的化学组成	(58)
§3-1 碳水化合物	(58)
§3-2 脂类	(59)
§3-3 蛋白质和氨基酸	(72)
§3-4 木质素和丹宁	(74)
§3-5 生物的平均组成	(75)
§3-6 结论	(78)

第二篇 油气的生成及各阶段产物

第四章 成岩阶段有机质的微生物分解和演变	(83)
§4-1 微生物的作用	(83)
§4-2 腐植质的组成、结构及性质	(88)
§4-3 缩合作用——腐植质的形成	(92)
§4-4 腐植质的演化及成岩阶段产物	(92)
§4-5 结论	(95)
第五章 生物标志化合物	(97)
§5-1 基本概念	(97)
§5-2 正构烷烃	(99)
§5-3 无环的类异戊二烯烃类	(104)
§5-4 甾萜化合物	(108)
§5-5 卟啉化合物	(118)
§5-6 异构和反异构支链烷烃	(121)
§5-7 芳香烃化合物	(122)
§5-8 结论	(124)

第六章 干酪根.....	(126)
§6-1 干酪根的定义及重要性.....	(126)
§6-2 干酪根的组成及其研究方法.....	(127)
§6-3 干酪根的类型.....	(132)
§6-4 干酪根的结构.....	(136)
§6-5 结论.....	(142)
第七章 石油的形成.....	(145)
§7-1 生油理论的发展.....	(145)
§7-2 深成阶段干酪根的热演化.....	(146)
§7-3 干酪根演化的实验模拟.....	(155)
§7-4 沥青的演化.....	(156)
§7-5 油气形成的模式.....	(161)
§7-6 油气形成的化学动力学.....	(162)
§7-7 原始有机质性质对油气形成的影响.....	(170)
§7-8 油页岩、煤与石油形成的关系.....	(175)
§7-9 结论.....	(176)
第八章 天然气的形成及地化特征.....	(179)
§8-1 概述.....	(179)
§8-2 生物气的成因.....	(180)
§8-3 热成因气.....	(183)
§8-4 煤系气的成因.....	(184)
§8-5 非烃类气体的成因.....	(189)
§8-6 天然气的空间分布.....	(193)
§8-7 天然气的成因研究.....	(194)
§8-8 结论.....	(199)
第九章 石油的组成及次生变化.....	(201)
§9-1 石油的元素组成及馏分组成.....	(201)
§9-2 石油的族组成.....	(202)
§9-3 石油的分类.....	(209)
§9-4 影响石油组成的因素.....	(211)
§9-5 油气运移中的有机地球化学研究.....	(216)
§9-6 储层中石油的次生变化.....	(220)
§9-7 结论.....	(224)

第三篇 油气地化的分析方法和应用

第十章 油气地球化学的分析方法.....	(229)
§10-1 有机质的分离.....	(229)
§10-2 色谱法.....	(232)
§10-3 光谱法.....	(236)
§10-4 质谱法.....	(240)

§10-5	热分析法	(246)
§10-6	稳定同位素法	(246)
§10-7	结论	(250)
第十一章	油(气)源岩的研究与评价	(251)
§11-1	有机质的数量	(251)
§11-2	有机质的类型	(253)
§11-3	有机质的成熟度	(259)
§11-4	油气源岩的时空分布特征	(271)
§11-5	碳酸盐岩油(气)源岩的研究	(275)
§11-6	结论	(279)
第十二章	油源对比	(280)
§12-1	油源对比的基本原理	(280)
§12-2	有机地化对比参数	(281)
§12-3	结论	(290)
第十三章	生油(气)量的计算	(291)
§13-1	生油(气)量计算方法	(291)
§13-2	模拟生油机理电算生油量的数学模型	(293)
§13-3	生油(气)量计算中主要参数的研究和测定	(295)
§13-4	结论	(308)
第十四章	油气地球化学勘查概况	(309)
§14-1	地面油气地球化学勘查	(309)
§14-2	井下地球化学勘探和研究	(312)
§14-3	在今后油气勘探中油气地球化学的作用	(315)
§14-4	结论	(316)
参考文献		(317)

第一篇

生油气母质的来源及特征

第一章 生物的发育

“默想一下这些生物类型，都是由在我们四周起着作用的法则所产生，岂不十分有趣！”

——达尔文（1859）

综合化是当代科学的主要发展趋势，也是新兴边缘科学——油气地球化学的主要学科特征。本章简述生物的发育，旨在运用生物科学的先进成果，“追根求源”地考察石油、天然气的原始母质特征。

§1-1 生命的起源和进化

一、生命的起源 (The origin of Life)

生命的曙光何时从地球上升起？研究的困难首先在于，它们是一去不复返的遥远历史过程。应坦率承认：虽然人类智慧在生命起源的研究中屡有建树，但至今仍未完全解开这个著名的科学之谜。古老地层中古生物化石向我们提供了生命起源的时间信息。图1-1表示在过去5000Ma主要事件的“地质钟”，包括生命起源的大致时间表。产自南非德兰士瓦、约3200Ma前的奥维瓦斯特（Onverwacht）浅燧石，A. E. J. Engel在其中发现球状、环状有机物，可能是最古老的细菌和类藻化石。在我国，天津地质矿产研究所在蓟县雾迷山组石灰岩（约1300Ma）中发现震旦塔藻“高级”多核体藻和丝状体真核管藻。由此推断真核生物至少出现在2000Ma前。在南非无花果树（Fig Tree）浅燧石等老地层中还发现姥蛟烷、植烷、卟啉等来源于色素的生物标志化合物。说明3100Ma前就有行光合作用的生物。

一般认为太阳系是由同一宇宙尘云在同一时间形成。用同位素测定地球和陨石的年龄为4600Ma。而最早的细菌和藻类化石约出现于3200~3500Ma前。故推断，大约在地球起源以后1000Ma就有了生命。

生命是怎样在地球上起源的？古今假说纷云。苏联生物化学家A. И. Опарин提出的异养假说（heterotroph hypothesis）是最有影响、最具说服力的。其要点是：①原始大气是还原性的。主要含甲烷、氨、硫化氢、水、氢；②通过缓慢的化学途径在原始海洋中形成前生命有机物。美国生物化学家S. L. Miller用简单的仪器、精心的设计，模拟原始地球条件，将原始大气成分的混合体装入一封闭系统内，连续一周火花放电，得到大量有机化合物。这是生命起源研究史上一个关键性实验。原始海洋中的有机小分子再合成大分子，大分子凝聚成团聚体和类蛋白微球体；③由团聚体、微球体经亿万次聚合成具生命特征（繁殖、新陈代谢）的最初异养体；④行光合作用的原始自养生物发展起来。这时，生命才在地球上真正形成。地球诞生后的最初1000Ma是生命起源的化学进化阶段。生命起源的后一阶段是由原始细胞（团聚体、微球体）向原核细胞、真核细胞的进化，即细胞起源阶段。可见，在生命与非生命之间并没有截然的界限。我们甚至无法断言，生命是哪一特定时间产生的。正如恩格斯所说“生命是整个自然界的結果”。

生命起源的研究远未完善。但人类“智慧之光”定将解开“生命起源之谜”。

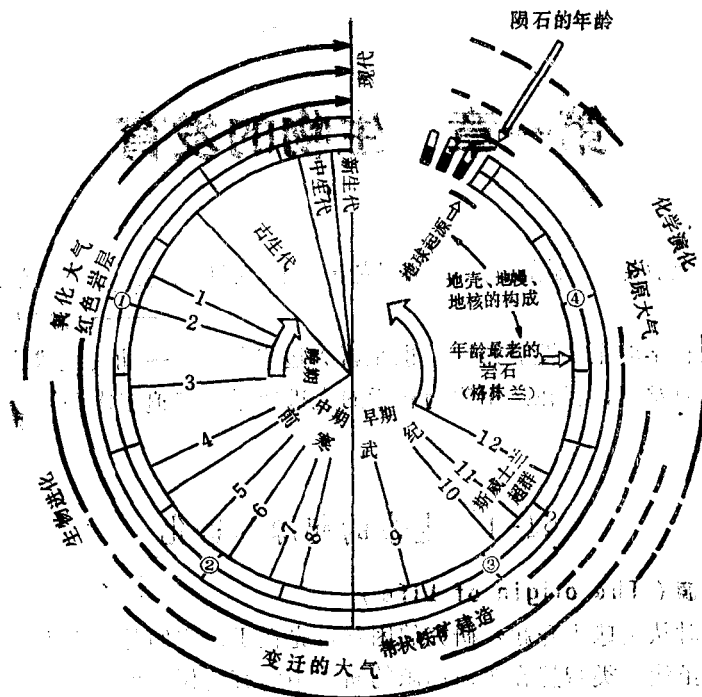


图1-1 发生在过去5000Ma期间的各种事件的“地质钟”

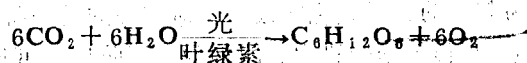
(据K. A. Kvenvolden, 1975)

1. 苦泉 (Bitter spring) 建造 (700—900Ma) 多细胞、单细胞化石 2. 诺内萨希 (Nonesuch) 页岩 (1050Ma) 藻类、细菌化石、姥鲛烷、植烷、卟啉 3. 溪泉 (Beck spring) 白云岩 4. 麦克明 (Mc Minn) 建造 5. 打火石 (Gunflint) 含铁建造 (1900Ma) 藻类、细菌化石、姥鲛烷、植烷 6. 德兰士瓦 (Transvaal) 超群 7. 威特沃特斯兰德 (Witwatersrand) 超群 8. 波克加马 (Bokkegama) 石英岩 9. 苏丹 (Sudan) 含铁建造 (2700 Ma) 古菌藻化石、姥鲛烷、植烷 10. 布拉瓦亚 (Bulawayan) 群 (2900Ma) 藻类群体化石、脂肪酸、烃类 11. 无花果树 (Fig Tree) 群 (3100Ma) 古细菌 (Eobacterium isolatum) 遗骸、姥鲛烷、植烷 12. 奥维瓦斯特 (Onverwacht) 群 (3200Ma) 古细菌、类藻化石。

三、生物的进化

尽管地球上凡探险者足迹所到之处，都发现有生命。然而，生命并非在地球上无所不在。生物生存和分布的地球外圈，称为生物圈 (biosphere)。包括接近地表的太空气圈、水圈和地壳表层。生物圈概念首先由苏联著名地球化学家B. N. Вернадский N. 所阐明，生物圈及其中生物经历从简单到复杂，从单一到多样，由低级到高级的进化。各时代古生物化石记载了生物进化的历程。其重大变革有：

①从异养生物 (heterotroph) 到自养生物 (autotroph) 和从无氧呼吸到有氧呼吸的进化：原始异养生物以有限的前生命有机物为食，无法大量长久繁殖。自养生物克服了生命发展史上的主要障碍。它通过叶绿素利用取之不尽的太阳能将二氧化碳和水转化成有机物。可用下式表示：



自养生物成为生物界食物和能量的主要提供者。约在2000Ma前，光合作用成为全球性现象。伴随着还原性大气向含氧大气转化，生物进化到有氧呼吸。实验证明，有氧呼吸获得能量的效率比无氧（发酵）呼吸的效率19倍。从而大大提高了生物新陈代谢的效能。

②从原核生物到真核生物和从无性生殖到有性生殖的进化：这是生物从简单到复杂的转折点。一切高等多细胞生物都以真核细胞为基本单元。有性生殖的出现，大大提高了生物的变异性和适应性。

③动植物的分化：最早动物出现在约1000Ma前。这是生物区系和生态系统的最大演变。从此确立了生物三极系统（动、植、菌）。进入古生代，动植物化石剧增达1200多种。

④生物占领陆地：奥陶纪，陆地淡水出现原始鱼形动物。志留纪开始出现陆生高等植物。到泥盆纪陆生植物大规模繁殖。

⑤人类的起源：揭开了生命历史最辉煌的篇章。

Fairbridge从有机地球化学角度总结了特别有意义的生物五大变革（图1-2）：a. 最初的生命出现于 $3800 \pm 300\text{Ma}$ 前；b. 3000Ma前出现自养生物；c. 600Ma前海生动物繁盛，形成最初碳酸盐介壳；d. 300Ma前高等植物繁茂。全球第一个大成煤期；e. 100Ma前远洋

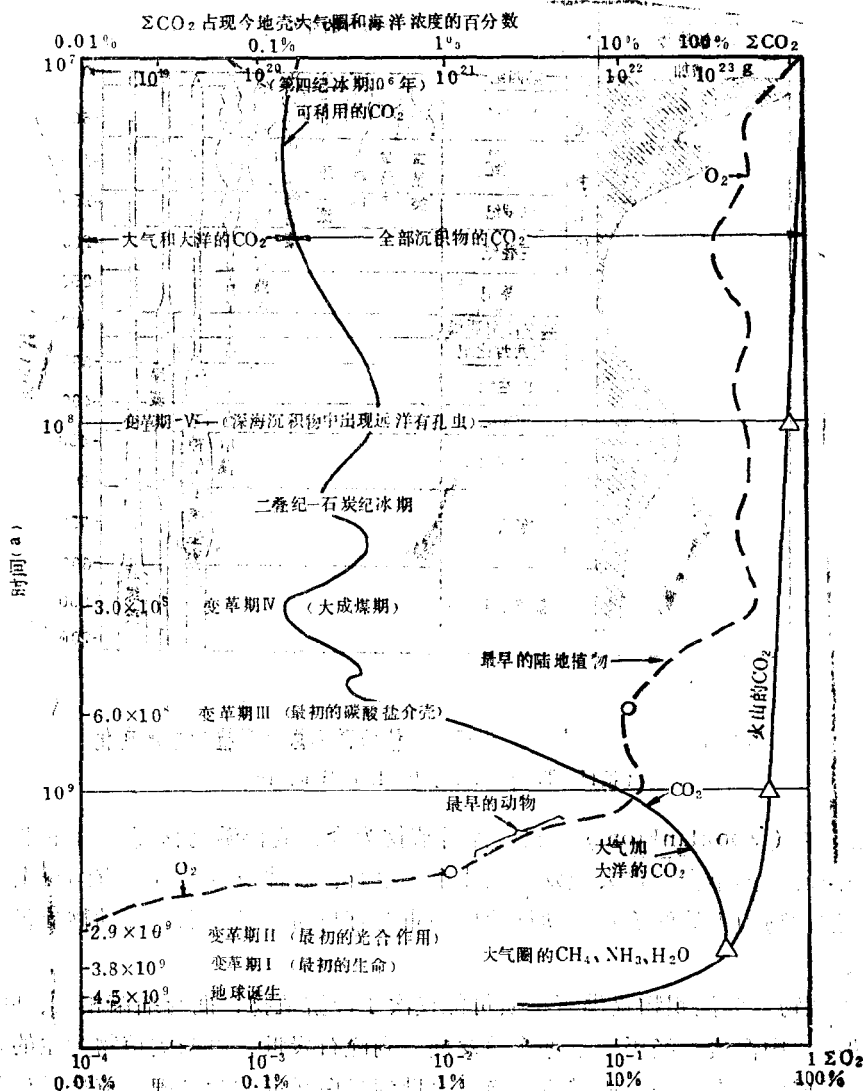


图1-2 地球历史上的重大生物变革
(据F. W. Fairbridge, 1967)

有孔虫和颗石藻繁盛，使碳酸盐沉积移向深海。

三、地史时期的生物

各类生物在地史时期产量的变化及对沉积岩中有机质来源的贡献正是我们需要研究的。现简述如下：

①浮游植物 (phytoplankton)：它可能是有机质第一位来源。Tappan和Loeblich曾估算了它们在地史时期的丰度 (图1-3)。浮游植物有四个高产期：a. 前寒武纪晚期至早泥盆世，盛产具有有机壁的生物；b. 晚侏罗世到白垩纪，盛产钙质、硅质浮游植物；c. 晚古新世到始新世；d. 中新世达最高峰。其它时期产量较低。

②细菌：由于细菌在生理方面巨大的应变性，使其存在于有生命的整个地史时期并遍及生物圈任何地方。对于保存于沉积物中有机质，它可能是仅次于浮游植物的第二大来源。

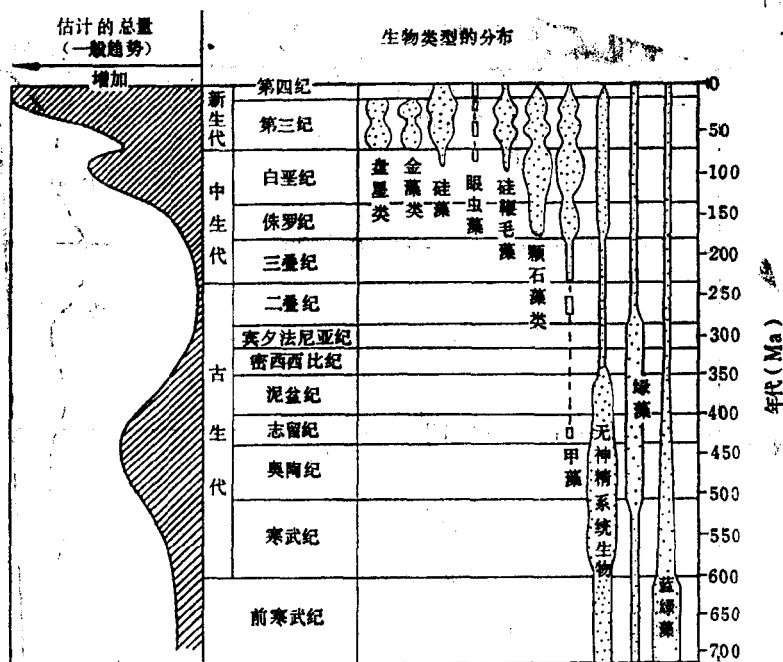


图1-3 在地质历史中，化石浮游植物群和总浮游植物丰度变化
(据H. Tappan和A. R. Loeblich, 1976)

③浮游动物 (Zooplankton)：它以浮游植物为食，故浮游动物高产期往往紧接浮游植物高产期而出现。如早古生代大量发育三叶虫、笔石；晚侏罗世大量发育纺锤虫。从寒武纪以后，以浮游动物为主的低等水生动物才成为重要有机质来源。而高等动物提供的有机质始终非常有限。

④高等植物：为沉积物提供有机质可能仅次于浮游植物，而与细菌相当。陆地高等植物始于志留纪。中泥盆世经历一个爆炸性发展，到晚石炭世，以蕨类植物为主的陆生植物群达到高峰，形成世界上第一大成煤期。晚二叠世到早白垩世称为“裸子植物时代”。以后迅速进入“被子植物时代”。适应性强的被子植物的繁衍是植物界最重大变革。使白垩纪和第三纪的内陆盆地内形成大量煤层。图1-4表示了陆地植物的演化过程。

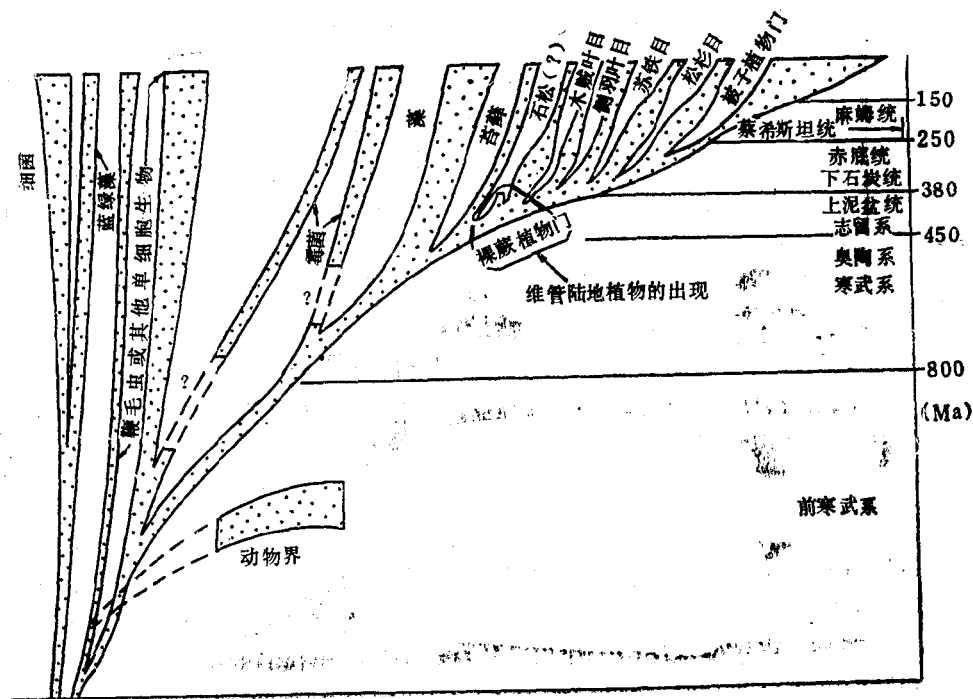


图1-4 维管陆地植物的出现和演化
(据 W. Zimmermann, 1969)

§1-2 生物发育的基本原理

生物的进化包括系统发育和空间扩展两方面。其中心都是生物与环境的关系。研究生物与环境间关系的型式或总体，是生态学的任务。

本节简述的生态学的基本原理，适用于不同地史时期不同生活环境中生物的发育。

一、生物与环境整体性原理

某一种生物所有个体的总和称为种群 (population)。生活在一定区域内的所有生物种群组成群落 (community)。群落与之相互作用的生活环境组成统一体，形成特定的群落组成、能量结构、食物关系、物质循环，称为生态系统 (ecosystem)。生物圈实质是最大和接近自我满足的生态系统，整个生命世界组成多层次的谱系 (图1-5)。

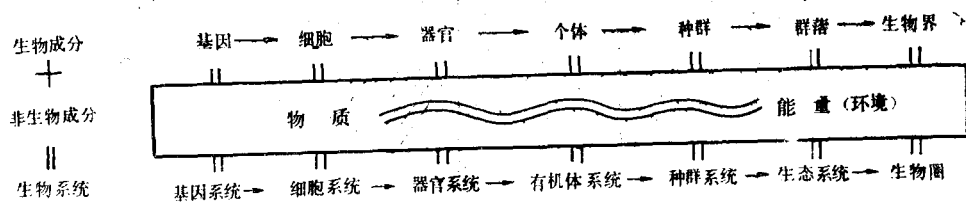


图1-5 生物组织层次的谱系。生态学集中在谱的右侧部分
(据 E. P. Odum 修改)

生态系统的一般组成是：①生产者：自养生物，主要为行光合作用能从无机物制造食物的绿色植物。②消费者：异养生物，以其它生物或有机质为食的动物。以生产者为消费者为

级消费者；以一级消费者为食者称二级消费者，乃至更高级。③分解者：异养生物，以分解死亡有机质供自身发育和供生产者再利用的细菌和真菌。以上三者组成生态系统中的群落。

④参加生态循环的无机物质。⑤联结生物和非生物的有机物。⑥气候环境因素。

生物与环境整体性原理起码包含两层含义：①生物之间、生物与环境之间不是互不相干，各行其事，而是有规律地共处、互关联而依存、相统一成整体。②生态系统的特征不等于各生物个体或种群特征的汇总。正如生物的功能不等于各细胞、器官功能之和一样。

“生命谱”中每一新层次，必有自己的特征。古希腊先哲亚里士多德在阐明整体性原理时说的好：“整体大于部分之和”。这是生态学最重要的原理之一。

二、生态系统的“能量金字塔”（pyramid of energy）原理

生长、自我繁殖、新陈代谢是生命的本质。没有与之相伴的能量流动（简称“能流”）和物质循环（简称“物流”），就不可能有生命和生态系统。“能流”和“物流”是生态系统的基本功能。太阳能是能流最原始的能量来源。生产者将太阳能转化成生物化学能。消费者、分解者再从生产者获取能量。能流服从热力学第一、第二定律。第一定律是关于能量守恒的定律，即能量可以从一种形态转变成另一种形态，但它既不能创造也不能消灭。第二定律是关于能量转换的定律，即由于部分能量必以不能作功的热能散失，因此，任何能量都不能百分之百地自然转变为能作功的自由能。这就说明能量流在生态系统中是一种依次传递和单向流失过程。

绿色植物一般只能捕获照射于自身的太阳光能的1%，栽培植物可达5%。而在生态系统内能流只有约10%传递给高级消费者。大部分能量用于维持自身的新陈代谢和呼吸作用，并以热的形式散发到环境中去。这种生态能量流的逐级递减原理可用能量金字塔（图1-6）形象地表示。能量逐级递减，生物量（总干重）自然也逐级递减。生物个体大小不一，个体数量不一定逐级递减。

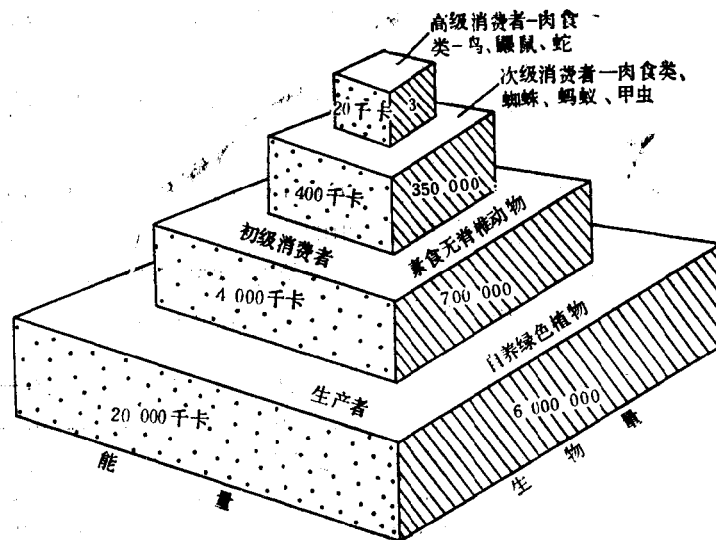


图1-6 生态学能量金字塔图解
(据S. L. Weinberg)

生物的产量可用生产力概念定量表示。生物在单位时间内生成有机质的总数量称总生产力(量)。除去自身消耗的有机质储藏量称净生产力(net productivity)。生产者的净生

产力称初级生产力。次级消费者的净生产力称次级生产力。最高级消费者的净生产力称终极生产力。按生态金字塔原理，初级生产力最大，次级生产力依级次减小，终极生产力最小。

三、生态系统的物质地球化学循环原理

营养物质在生态系统中作循环运动（图1-7）。在供食关系上，生物以链状方式，依次取食，这种链状关系称食物链（food chain）。食物链分生食型（grazing）和腐食型（detritus）。食草动物以活的植物为原始食物开始的食物链，称生食型；真菌、细菌、食腐动物以死的有机质为原始食物开始的食物链称腐食型。在复杂的供食关系中，食物链相互交叉组成食物网（food web）。

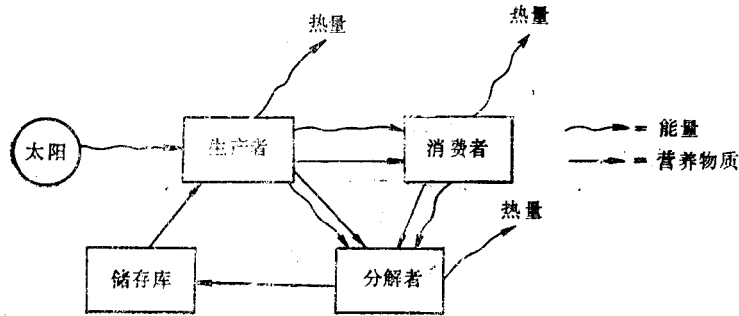


图1-7 生态系统中，营养物质的循环运动。能量的单向流失

自然界已知元素90多种，有30~40种为生物所需。按需要量分三类：①基本元素。碳、氢、氧、氮，占原生质的97%以上；②大量营养元素。如钙、镁、磷、硫、钾、钠等；③微量营养元素。如铁、铜、锌、硼等。如果说，生命的能量来于太阳的“赐给”，那末生命的物质则是地球本身的“馈赠”。生物所需的各种元素，沿着特定途径，从周围环境到生物体，再从生物体回到环境中，称之为生物物质的地球化学循环。每个循环由两个库组成：①储存库：容积大而循环慢的非生物部分。②交换库：生物与环境间迅速交换的小而活跃的部分。生物地球化学循环按储存库性质分两大类型：①流体型：储存库为大气或水圈；②沉积型：储存库为沉积地层。以沉积地层中天然可燃矿产为储存库的特殊循环是本学科最感兴趣的生物地化循环。

四、限制因子（limiting factor）原理

一种生物在某个环境中生存和繁殖，必须得到各种基本物质条件。这些基本物质条件称为环境因子或生态因子。

对生态系统中环境诸因子的作用是否应等量齐观？1840年J. Liebig在作物栽培实验基础上提出“植物的生长取决于最小的营养物的量”的原理，被称为最小因子定律。以后的学者把此定律扩展到包括所有环境的物理化学因子。

进一步研究发现：某些因子，象热、光、水，太少或太多都会限制生物生长。V. E. Shelford提出耐性定律：生物的生态因子都有其最小量和最大量，两者之间的限度称耐性限度（limit tolerance）。任何因子超出耐性限度（不足或过多），都使该生物衰退或不能生存。

把最小因子定律和耐性定律综合起来，可得到更普遍、更有用的限制因子原理：一种生物或生物群落的生存和繁衍取决于综合环境因子的状况。其中接近或超过耐性限度的因子称“限制因子”。生物的生存和繁盛主要受“限制因子”限制。研究复杂的环境因子对生物发

育的影响，首先应研究限制因子的决定性作用。

对所有因子的耐性范围都很广的生物，分布广泛。称为“广适性生物”或“世界性生物”。相反，耐性范围狭窄的生物，称“狭适性生物”。根据耐性范围广窄，生物分狭温性和广温性；狭盐性和广盐性；狭深性和广深性；狭食性和广食性；狭栖性和广栖性等。最典型的世界性生物占据生物界的两极——最低等的细菌和最高等的人类。生物分布在狭窄范围的现象称“狭区现象”。

五、生态优势种 (dominant species) 原理

对生态系统中生物诸种群的作用是否应等量齐观？在种群中控制大量能流，具有最大生产力、对其他生物和环境有强烈影响的种群，被称为生态优势种。把优势种除去，会使生态系统发生重大变化。然而除去非优势种，影响小得多。如在陆地群落中，种子植物常是主要优势种。自然环境极端的地方，优势种数目少。

六、生态平衡 (ecological balance) 原理

生态系统内各个因素在发展中定向趋于成熟，逐步建立相互补偿的协调关系，使系统达到一定的稳定动态平衡称生态平衡。这包括生态结构上、功能上、输出输入物质上的平衡。达到生态平衡的生物群落称顶极群落 (climax community)。保持生态平衡对人类至关重要。在漫长的地史时期，生态系统经历了无数不平衡—平衡—不平衡的演替，促进了生物的进化。

§1-3 不同环境的生物发育

在领域广阔的生物圈内生物发育极不平衡，是沉积物中有机质极不均衡的重要原因之一。我们有必要认识不同生活环境的生物发育。

生物生活环境按地理区划分海洋、海陆过渡、大陆三大环境；按生态特征分水生和陆生、气生两大环境（表1-1）。

表1-1 生物生活环境的简单分类

按地理区别	生活环境	按生态特征
海洋	远洋、深海	水生
	半深海 浅海 滨海(潮间带)	
海陆过渡	三角洲、河口湾港湾、 泻湖、堤礁、障壁岛	气生
大陆	湖泊、池塘 河流	陆生、水生
	沼泽	
	陆地 平原、山地 沙漠 极地、冰川	陆生、气生

一、海洋环境的生物发育

对于生物生活来说海洋环境的主要特征是：

①基质特征：水生环境的共同基质（水）有其共同的特征：水热容量大，吸收热多；导热性小，散热慢。因此，水温比气温稳定得多。海洋水温在 $-2\sim 36^{\circ}\text{C}$ 。同时，水中含氧量比大气中含氧低得多，常常直接影响生物的发育。透光性也比大气差，清水透光层约200m。

②空间巨大：现代海洋总面积 $361\times 10^6\text{km}^2$ ，占地球面积71%。且深度大，海洋总体积 $137\times 10^7\text{km}^3$ ，全部可供生物生活。约为陆地

和淡水生物生活空间的300倍。

③水体连片，组成连续循环：海洋不象陆地和淡水环境那样被分隔。由于阳光、大气

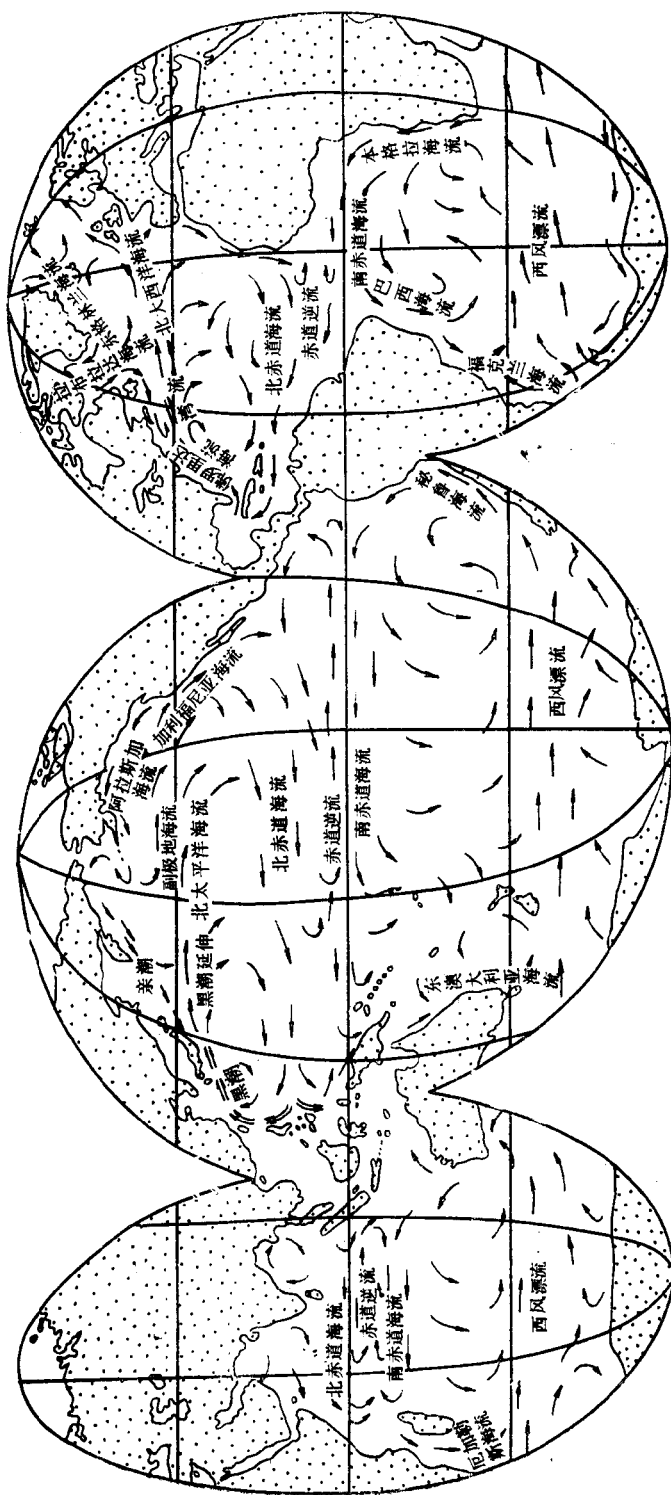


图 1-8 海洋表面盛行流，图示印度洋海流是冬季的状况
(据 H. V. Sverdrup 等, 1942)