

■ 大学公共课系列教材

生命科学导论

S HENGMING
KEXUE DAOLUN

闫桂琴◎主 编



北京师范大学出版集团
BEIJING NORMAL UNIVERSITY PUBLISHING GROUP
北京师范大学出版社

■ 大学公共课系列教材

生命科学导论

S HENGMING
KEXUE DAOLUN

闫桂琴◎主 编

王祎玲 段江燕◎副主编



北京师范大学出版集团

BEIJING NORMAL UNIVERSITY PUBLISHING GROUP

北京师范大学出版社

图书在版编目(CIP) 数据

生命科学导论 / 闫桂琴主编. —北京: 北京师范大学出版社, 2010.9

(大学公共课系列教材)

ISBN 978-7-303-11393-4

I. ①生… II. ①闫… III. ①生命科学—师范大学—教材
IV. ①Q1-0

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 155166 号

营销中心电话 010-58802181 58808006
北师大出版社高等教育分社网 <http://gaojiao.bnup.com.cn>
电子信箱 beishida168@126.com

出版发行: 北京师范大学出版社 www.bnup.com.cn

北京新街口外大街 19 号

邮政编码: 100875

印 刷: 北京东方圣雅印刷有限公司

经 销: 全国新华书店

开 本: 170 mm × 230 mm

印 张: 18

字 数: 336 千字

版 次: 2010 年 9 月第 1 版

印 次: 2010 年 9 月第 2 次印刷

定 价: 29.00 元

策划编辑: 饶 涛 责任编辑: 姚斯研

美术编辑: 毛 佳 装帧设计: 毛 佳

责任校对: 李 茵 责任印制: 李 啸

版权所有 侵权必究

反盗版、侵权举报电话: 010-58800697

北京读者服务部电话: 010-58808104

外埠邮购电话: 010-58808083

本书如有印装质量问题, 请与印制管理部联系调换。

印制管理部电话: 010-58800825

《生命科学导论》编委会

主 编 闫桂琴

副主编 王祎玲 段江燕

编 者 闫桂琴 王祎玲 段江燕 那冬晨

郜 刚 张秀红 胡青平 王华峰

柏文琴 贾建河

内容简介

本书立足于高等师范院校非生命科学类专业学生使用的通识课教材，目的在于提升学生的生物科学素养，帮助他们树立科学的现代生命观。

本书以生命现象—生命科学—生命科学和人类社会为主线，概述了生命科学中重大而基本的内容，介绍了生命科学各主要分支学科的基础知识和发展动态，阐述了生命科学与人类社会的主要关系。内容涉及生命的起源、生命的基础、生命的结构、生命的本质、生命科学与农业、生命科学与工业、生命科学与医药、生命科学与健康、生命科学与生活、生命科学与发展等领域。

本书内容新颖丰富，语言深入浅出，文字通俗易懂。既可以作为综合性大学、师范、农林、医药院校非生命科学专业和生物学科相关专业的本科生、研究生、教师的课程教材和参考用书，也可供其他相关人士参考。

前言

知识经济时代对未来人才素质提出了新要求，当今社会既高度综合又高度分化的趋势加深了学科的交叉和渗透；自然科学与人文社会科学相互渗透和融合发展对知识和技能的需求无疑是多层面和多方位的；教育改革的深化将目标更明确地定位到培养具有积极应对挑战的能力和更高整体素质的人才上。仅靠单一的专业知识结构难以适应社会发展的需要，作为社会发展未来中坚力量的大学生应该具有更为全面的知识结构和能力。

“21 世纪将是生命科学的世纪”早已是一个全社会的共识，生命科学在自然科学中的位置将发生深刻的变革，这对高等教育无疑也会产生深刻的影响。而全面推进素质教育是中国教育面向 21 世纪的一场深刻变革，素质教育以提高学生的综合素质为根本宗旨，着眼于受教育者的全面和谐和科学发展，体现着教育的根本目的。这一现代化教育理念，是在我国高等教育进一步变革教育观念过程中提出并实施的重要战略步骤之一。

目前，国内外各高校逐渐形成了以更加具有生命力的生命科学导论或概论为主的通识课教学。越来越多的教学实践证明，这一举措是更好地实现人才培养过程中的文理交叉渗透与互补、实施素质教育的一种有效途径，适应了培养高水平复合型人才的需要。

了解基础生命科学在社会经济和发展中所体现的重要作用不仅有助于大学生在更高层次上意识到生命科学对今后生活和工作的重要性和重要性，而且可以引导其他学科领域的人才逐步

参与到与生命科学交叉的边缘领域的研究与开发中来。

生命科学自身的发展突飞猛进，而它对人类经济、科技、政治和社会发展等各方面的影响是全方位的、巨大的和深远的，它将成为自然科学乃至社会科学发展的基础，并将成为 21 世纪的带头学科。

很多学生也希望能对 21 世纪现代生命科学的发展趋势和热点有基本的认识，对带动未来生命科学发展的重大学科方向和领域的有关知识有所涉猎，以便在专业学习中发现生物学知识与所学专业知识的结合点，发现学科间的交叉点，开拓创新，为今后的发展奠定基础。因此，让大学生全面深入地了解生命科学，无疑具有重要的作用与意义。

本书各部分的编写人员如下：第 1 章由那冬晨编写；第 2、7 章由段江燕、贾建河编写；第 3、4 章由王祎玲、闫桂琴编写；第 5 章由郜刚编写；第 6 章由张秀红编写；第 8 章由胡青平编写；第 9 章由柏文琴、张秀红编写；第 10 章由王华锋编写。

鉴于生命科学与技术是一个非常庞大而复杂，同时又迅猛发展和创新的领域，因此在编写时不可能做到完美，错误及不妥之处在所难免，恳请广大读者提出宝贵的批评、意见和建议，全体编写人员将不胜感激。

编 者

2010 年 4 月

目 录

第 1 章 生命的起源	1
1.1 生命的概述	1
1.2 生命的起源	2
1.3 生命的进化	13、
1.4 人类的起源与进化	17
第 2 章 生命的基础	27
2.1 生命的元素	27
2.2 生命的源泉	30
2.3 生命的物质基础	31
第 3 章 生命的结构	52
3.1 细胞的发现	52
3.2 细胞的形状和大小	53
3.3 细胞的结构	54
3.4 细胞的功能	62
3.5 细胞的分化、凋亡与癌变	66
第 4 章 生命的本质	71
4.1 基因的发现	71
4.2 基因的本质	77
4.3 基因的表达	87
4.4 基因的改变	94
第 5 章 生命科学与农业	100
5.1 粮食危机挑战社会文明	100
5.2 粮食安全呼唤农业革命	102
5.3 分子育种武装现代农业	105

第 6 章 生命科学与工业	124
6.1 生产发酵食品	124
6.2 开发食品资源	136
6.3 改良食品品质	139
6.4 食品检测	142
6.5 其他工业应用	144
第 7 章 生命科学与医药	151
7.1 概述	151
7.2 疫苗	153
7.3 抗生素	160
7.4 干扰素	167
7.5 生物技术与药物的未来发展	171
第 8 章 生命科学与健康	177
8.1 微生物与人类健康	177
8.2 遗传与人类健康	187
8.3 食品与人类健康	190
8.4 生态环境与人类健康	197
第 9 章 生命科学与生活	203
9.1 生命科学解码生命	203
9.2 生物能源	214
9.3 生物安全	223
9.4 生命伦理	231
第 10 章 生命科学与发展	249
10.1 人是什么	249
10.2 人的发展	251
10.3 人类发展	259
10.4 生物多样性与人类发展	262
10.5 计划生育与人类发展	269
主要参考文献	276
后记	280

第 1 章 生命的起源

1.1 生命的概述

在我们生活的自然界里，到处都可见各种各样的生物。30 多亿年来，生物生生不息，顽强地繁衍着，直至今天形成了超过 200 万物种的大千世界。小到肉眼看不见的微生物，大到世界上最大的动物蓝鲸，虽然形态结构、生活习性、生活环境千差万别，但都有一个共同的特点，使它们截然有别于非生物：它们都是“活的”，是有生命的。它们都要经历一个生长、发育、繁殖、衰老和死亡的过程，这一生命现象就是生物界的共性。

1.1.1 生命的定义

恩格斯在《自然辩证法》中写道：“运动，就最一般的意义来说，就它被理解为存在的方式、被理解为物质的固有属性来说，它包括宇宙中发生的一切变化和过程，从单纯的位置移动起直到思维。”根据恩格斯的观点，生命是物质的一种特殊运动形式，它既区别于物质的简单位移，又区别于一般的化学变化。从不同的角度来认识生命，将会给出不同的生命定义。从构成生命的物质结构着眼，生命是一类特殊的物质结构；从生命的基本特征着眼，生命是一种特殊的现象。总的来说，生命的定义可以归纳为以下两类：结构定义（structural definition）和运作定义（operational definition）。

曾经有两种不同的结构定义。一是将生命定义为特殊的大分子，生命现象源于这类大分子的特殊结构，生命特征即为这类大分子的物理化学特征。最简单的生命就是某种生物大分子。二是把生命看做一种特殊的形态结构，一种细胞形式或“准细胞”形式的结构，生命特征即是通过这种结构的膜与外界进行的物质交换（代谢）。最简单的生命就是最简单的细胞。

结构定义虽然从分子层次和细胞层次对生命进行了定义，但是并没有涉及生命起源的实质问题，也没有明确判断生命和非生命标准。运作定义综合了现代物理学、化学的新理论，强调生命的动态的功能特征，认为生命需要从外环境输入和转换能量以驱动和维持其自身生产过程，并保持其自身远离平衡的状态。即生命就是一个能连续地自我生产其本身结构的组织系统。个体生命就是一个生产组织，这个组织在空间上是整体的、不可分的，在时间上又是连续运作的。

综合结构定义和运作定义，生命的定义应当包含结构和功能两个方面。生命是自然界物质运动的高级形式，是高度组织化的特殊的物质结构，是实现某些特殊功能的反应系统。

1.1.2 生命的基本特征

自然界中，丰富多彩、千差万别的生物都蕴含着生命的基本特征，归纳如下：

(1) 新陈代谢

生物有机体通过一系列的化学和生理学活动提供能量，从而维持自身的生命，这一过程称为新陈代谢。包括营养的摄取，物质的运输，能量的转换、分解与合成等。生物有机体与周围环境之间不断地进行物质交换，构成了生命的基础。所有的生物有机体都具有新陈代谢的功能，新陈代谢一旦停止，生命也就终止了，它是生命得以生存、延续的核心要素。所以，新陈代谢是一切生命的最基本特征。

(2) 繁殖、遗传和变异

自我繁殖保持了生命的连续性。繁殖在分子水平上与遗传物质核酸有密切关系。核酸的自我复制是生物有机体自我繁殖的重要的物质基础。遗传与变异使生物有机体在繁殖过程中既保持了物种的相对稳定性，又能使自身在历史长河中不断演进，推陈出新。繁殖、遗传和变异是生命的普遍特征。

(3) 生长发育

生长发育是生物有机体成长、壮大、走向成熟的基本保证，其中经历了从量变到质变、生老病死的发展过程。

(4) 应激性与活动性

应激性与活动性是生物有机体对自然信息的本能反应，也是生物生存的前提。

(5) 复杂性

生物有机体通过错综复杂的新陈代谢过程维持生命，为了能在变化的环境或逆境中完成生存的任务，生物有机体必须是复杂的，包括分子层次、结构层次和功能层次。所以，复杂性是生命的重要特征之一。

(6) 调控

生物有机体是一个复杂而有序的整体，它的错综复杂的新陈代谢过程是受自身“精心”调控的，在这种“精心”调控下，有机体各部分才能以一种相对稳定的方式各尽其责。

1.2 生命的起源

.....

长期以来，存在着两种根本对立的宇宙观，即唯物主义与唯心主义、辩证法与形而上学两种对立的宇宙观。生命起源是自然的过程还是超自然的“神”的有意创造？生物物种是变化发展的还是永恒不变的？唯物主义者坚持前一种观点，而唯心主义者则宣扬后一种观点。

随着科学的迅猛发展，越来越多的证据显示了生命起源是一个自然的过程。

这里的生命是指地球上的生命，生命的落脚点是地球，所以生命的起源问题就涉及地球的起源，乃至宇宙的起源。

1.2.1 宇宙大爆炸理论

宇宙大爆炸理论于20世纪40年代由美国天体物理学家伽莫夫等人正式提出，是现代宇宙学的一个主要流派，它较圆满地解释了宇宙中的一些根本问题。

宇宙大爆炸理论的主要内容是：

(1) 宇宙最初是一个质量极大，体积极小，温度极高（100亿摄氏度以上）的点。宇宙间只有中子、质子、电子、光子和中微子等基本粒子形态的物质。

(2) 大爆炸后，整个体系不断膨胀，温度不断下降。

(3) 当温度降到10亿摄氏度左右时，中子衰变或与质子结合成重氢、氦等元素。温度进一步下降到100万摄氏度后，早期化学元素的形成过程结束，宇宙间的物质主要是质子、电子、光子和一些比较轻的原子核。

(4) 温度降到几千摄氏度时，辐射减退，宇宙间主要是气态物质，在自引力作用下逐渐凝聚成密度较高的气体云块，进一步形成各种恒星体系。

宇宙大爆炸模型（big-bang model）基于两个假设：一是爱因斯坦的广义相对论，它正确地描述了宇宙物质的引力作用；二是宇宙学原理，即宇宙中的观测者所看到的事物既同观测的方向无关也同所处的位置无关。宇宙学原理只适用在宇宙的大尺度上，意味着宇宙是无边的。依据这两个假设，可以计算出宇宙从某一确定时间（称为普朗克时间）起始的历史。宇宙从那时起迅速膨胀，使密度和温度从原来极高的状态迅速降下来，然后宇宙中的基本粒子形成原子核、原子，进而形成化学元素，而宇宙中的辐射（宇宙微波背景辐射）则在宇宙间自由传播。

根据宇宙大爆炸理论，宇宙是150亿年前从一个极小的点诞生的，从此诞生了时间和空间、质量和能量。在大爆炸发生前，宇宙中没有物质，没有能量，没有生命。

“大爆炸”理论最大的缺陷就是无法回答大爆炸之前这一奇异点的来源。

近年来，电磁宇宙的设想解释了许多疑问。该理论认为，宇宙是一个超环面系统，其中的众多星系都是由宇宙磁场连接在一起，螺旋形的超环面宇宙磁场控制着所有的星系流。各个星系群由黑洞带隔开，而黑洞带则是孕育和产生星系之处，部分科学家称之为星系“产房”。宇宙中的大爆炸就是星系的诞生过程。宇宙间的大爆炸每时每刻都在发生，也就是说，宇宙间的星系诞生和灭亡每秒都在发生着。

1.2.2 原始地球

空间探索证明了太阳系中唯有地球具有生物圈。太古之初，从分异的地球表层物质中经过化学进化过程产生出生命。随着生命的进化与扩展，逐渐形成覆盖整个地球表面的生物圈。这个由形形色色生命组成的生物圈经历了漫长的演变过

程和无数的盛衰变化延续至今，终于产生了能够认识地球、认识生命自身的人类。那么，作为生命载体的地球又是如何诞生的呢？根据现在的理论，行星和恒星的形成是同时的，太阳系的各个行星（包括地球）和太阳的形成是同时的，都来自于宇宙埃云。

1.2.2.1 地球的形成

宇宙大爆炸以后，逐渐形成了许许多多气体云块（星际物质聚集体），它们的基本组成成分是以氢、氦为主的气体以及一些固体尘埃。这些气体云块在自身引力的作用下收缩、聚合，并发生旋转运动，先收缩成扁平状。据理论推算，气体云块的质量至少要比太阳现有的质量大一千倍以上，才能开始发生收缩、聚合过程。收缩前云块的温度很低，约为 $20\sim 60\text{K}$ ，收缩时分子之间由于摩擦、碰撞而产生热量，产生的热不能很快地完全辐射出去，造成内部温度逐渐升高。云块的内部收缩较快，外部收缩较慢。当收缩进行到一定程度时，内部质量大大增加，引力场作用也显著增加，从而加快了收缩过程，旋转速度加快，形成旋涡状尾流，内部物质密度较大，温度继续升高，这个内部物质就是正在形成的恒星，称为原始星（Protostar）。原始星外围的物质不断地继续落到它的表面，使它的质量不断增加，温度迅速上升到几千摄氏度以上，在原始星中心（主要成分是氢）极高压力的作用下，产生了热核反应，释放出巨大的能量，热核反应不断地维持下去，诞生了恒星。

恒星外围环绕的大量埃云，并不能无限制地被吸引到恒星上，据理论推算，如果星云内部仅形成一颗恒星，那么这颗恒星的旋转速度将会很高，而把外围的旋转物质甩开，被甩开的外围物质仍围绕着恒星旋转，但不会再被它吸引到恒星表面。这些外围物质之间相互碰撞、吸引而聚合起来，先从微小的质点聚合成较大的团块，再依靠重力的作用吸引更多的质点，体积逐渐增大，这一过程继续下去，就形成了行星。形成的行星仍然按照原来的轨道围绕恒星旋转，并能吸引它附近的较小的物体变成它的卫星。

太阳系就是按照上述过程形成的。地球就是被太阳甩出来的外围物质之一，月球就是被地球吸引的较小的外围物质，是地球的卫星。

据科学家推算，地球诞生至今约 46 亿年，而太阳系的其他行星也都是这个年龄。刚刚诞生的地球与多个小行星互相碰撞，释放的能量使地球变暖。地球内部温度不断升高，铁沉积到地心。原始地核就是熔化了的铁形成的液体。随着对流的冷却，地核中心部位的温度降到铁的熔点以下，最后在中心部位析出固态铁，形成内核。

1.2.2.2 原始大气

原始地球形成后，强烈的太阳风把邻近太阳的行星的外围较轻的气体分子（如氢、氦等）吹到宇宙深处。同时由于地球的质量不够大，当温度升高时，大气层中气体分子运动速度增高，一些分子量较小的气体摆脱地球的引力飘散到宇宙中。即便是氮、氩等分子量较大的惰性气体，现在在大气层中也很少找到。它

们很难与其他元素反应而形成化合物,可见绝大部分也是在地球形成初期逃逸到宇宙中。所以,在地球的形成历史上,曾经有一段时期,它的大气层几乎消失殆尽。

当地球表面的温度逐渐降下来之后,才重新产生了新的大气层。地球表面的温度虽然降下来了,但是内部温度仍然很高,火山活动极其频繁。地球内部的物质分解产生大量的气体冲破地表释放出来。大多数学者认为,原始地球从火山中喷出的气体有二氧化碳、甲烷、氮、水蒸气、硫化氢、氰化氢、氨等。这些新产生的气体释放出来之后,很快冷却,其温度不足以使它们运动速度太高而脱离地球的引力,从而保留在地球的外围,逐渐形成了新的大气层,气压是现在的100多倍。此外,由于强烈的紫外线的照射,少量的水蒸气分子被分解为氢和氧分子。由于氢分子质量小而浮在大气层的外层,大部分消失在宇宙中;氧分子则很快与地面上的一些岩石结合为氧化物,所以,原始大气中没有游离的氧分子。

我们所说的原始大气一般都是指地球形成历史上第二次形成的大气层,它来自地球内部物质的分解,它的成分与以后地球上产生生命有很大关系。

1.2.2.3 原始海洋

最初的地球表面是干燥的,没有河流和海洋。地球形成后,一直处于不断的变化中,地壳也在不断发生变动,有些地方隆起形成高原和山峰,有些地方收缩下陷形成低地和山谷。地表温度继续降低,大气中的水蒸气很快达到饱和,冷却形成雨,降落到地面。当地表温度降到 100°C 以下时,地面上的水就不再立即蒸发,而是聚集在一些低凹处,逐渐积累形成湖泊和河流,最后汇集在地表最低的区域,形成海洋。

当大气层中的水蒸气凝结成水滴降落到地面时,大气中的一些可溶性化合物也被带到地面上来。当地面上的水经过大小河流汇集到海洋时,又把分散在地球表面上的许多可溶性化合物带到海洋中,甚至沿岸的一些不溶性物质也被冲刷进入海洋。随着海洋持续不断的扩大,大气中和地球表面各处的无机化合物以及地球上最初形成的一些有机化合物都被运送到海洋中,使原始海洋成为无机和有机化合物的汇总地,从而使进一步产生更为复杂的高分子有机化合物成为可能,甚至进而产生生命。原始海洋不仅是原始生命诞生的摇篮,而且海水阻止了强烈的紫外线对原始生命的破坏杀伤作用,为原始生命的生存和发展提供了有利的条件。

1.2.3 生命起源

地球形成后,在一望无际、山峦起伏的原始地球表面,狂风夹着暴雨无情地鞭挞着裸露的山川大地,无数的无机化合物和最初形成的一些有机化合物被水流带到海洋,并陆续沉积到洋底。在38亿年前,洋底出现第一批水成岩,表明原始海洋的无机物组成基本趋于稳定,从而为化学演化和生命的诞生奠定了基础。

1.2.3.1 生命起源假说

(1) 无生源论和有生源论

无生源论又称自生论或自然发生说。该学说认为,生命是从无生命物质自然发生的。如“腐草化为萤”,腐肉生蛆等。

17世纪,意大利的医生 Francesco Redi 认为生物是由生殖产生,而不是自然发生的。1668年他通过实验证明昆虫并不是自然发生的产物,而是由受精后的雌虫排出的卵发育而成。Francesco Redi 以他的科学实验和严谨的结论否定了无生源论,为有生源论奠定了基础。

19世纪,法国微生物学家 Louis Pasteur 用曲颈瓶实验证明细菌也不能自然发生,只能由亲代细菌或孢子繁殖而来。有生源论用确凿的实验又一次否定了无生源论。但是有生源论并没有解决最初生命的起源问题。

(2) 生命永恒论

该假说认为生命和物质一样古老,不存在生命起源的问题。例如德国著名农业化学家 J. von Liebig (1803~1873) 说:“我们只可以假定,生命正像物质本身那样古老,那样永恒。关于生命起源的一切争端,我认为都由这个简单的假定给解决了”。但是现代科学研究表明,地球上原来并没有生命,生命是物质发展到一定阶段的产物,所以生命绝不是永恒的,也不像物质那样古老。

(3) 泛生论

泛生论又称宇宙生命论或宇宙胚种论。该假说认为一切生命都来自生命;认为地球上最初的生命来自宇宙间的其他星球或宇宙的“胚种”。宇宙太空中的“生命胚种”可以随着陨石或其他途径落到地球表面,成为最初的生命起点。这个假说缺乏令人信服的证据,而且仍然没有解释宇宙中的生命是怎样起源的问题。

现代科学研究表明,在已发现的星球上,没有氧气,温度接近绝对零度,又充满具有强大杀伤力的紫外线、X射线和宇宙射线等,任何“生命胚种”都是不可能保存的。

(4) 宇生论

该假说认为,地球上最早的生命或构成生命的有机物,来自于其他宇宙星球或星际尘埃,某些微生物孢子可以附着在星际尘埃颗粒上落入地球,从而使地球有了初始生命。但现代科学研究表明,宇宙空间的物理条件,如紫外线等各种射线以及温度等条件对生命都是致命的,即使存在这些生命,在它们随着星际尘埃穿越大气层到达地球的过程中,也会因温度太高而被杀死。但是,一些学者认为,一些构成生命的有机物有可能来自宇宙空间。1969年9月28日,科学家发现,澳大利亚麦启孙镇的一颗炭质陨石中就含有18种氨基酸,其中6种是构成生物的蛋白质分子所必需的。研究表明,一些有机分子如氨基酸、嘌呤、嘧啶等可以在星际尘埃的表面产生,可能由彗星或其陨石带到地球上,并在地球上演变为原始生命。

(5) 化学起源说

化学起源说又称化学进化论,是目前被广大学者普遍接受的生命起源假说。该假说认为,在原始地球的条件下,无机物可以转变为有机物,有机物可以发展为生物大分子和多分子体系,最后出现原始生命体。地球上的生命是由非生命物质经过长期演化而来的,这一过程称为化学进化。

1924年苏联学者奥巴林,1929年英国学者霍尔丹先后提出了生命起源的“原始汤”假说(奥巴林-霍尔丹假说)。奥巴林的《地球上生命的起源》(1936)一书,是世界上第一部全面论述生命起源问题的专著。他认为原始地球有一个无游离氧的还原性大气圈,地表上布满了“温暖的小水池”,大气中的无机分子在“小水池”中合成简单的有机分子,“小水池”就变成了含有有机物的“原始汤”——生命诞生的摇篮,简单的有机分子可生成复杂有机物(生物大分子),进而形成多分子体系的团聚体,再经过长期的演变和“自然选择”,最终出现原始生命即原生体。

(6) 热泉生态系统

20世纪70年代以来,部分学者提出生命的起源可能与热泉生态系统有关。

20世纪70年代末,在东太平洋的加拉帕戈斯群岛附近发现了几处深海热泉,这些热泉(温度达300℃以上)里存在着兴旺发达的生物群落,包括管栖蠕虫、蛤类和细菌等。这些生物生活在一个高温、高压、缺氧、偏酸和无光的环境中。这些化能自养型细菌利用热泉喷出的硫化物(如 H_2S)所得到的能量去还原 CO_2 而制造有机物,其他动物以这些细菌为食物而维持生活。迄今为止,已发现了数十个这样的深海热泉生态系统,它们一般位于两个板块结合处形成的水下洋脊附近。

热泉生态系统与生命起源相联系的主要证据:

① 现今所发现的古细菌,大多都生活在高温、缺氧、含硫和偏酸的环境中,与热泉喷口附近的环境极其相似;

② 热泉喷口附近不仅温度非常高,还有大量的硫化物、 CH_4 、 H_2 和 CO_2 等,与地球形成的早期环境相似。

1.2.3.2 前生物的化学演化

前生物的化学演化是指地球上最简单的生命出现之前的演化过程。它涉及的化学过程包括从无机小分子到简单的生物小分子(氨基酸、嘌呤、嘧啶、单核苷酸、ATP、脂肪酸、卟啉等);从生物小分子聚合为生物大分子(多肽或蛋白质、多核苷酸等);从生物大分子到多分子体系;从多分子体系到原始生命。

(1) 从无机小分子到简单的生物小分子

① 原始地球大气圈中发生的前生物的化学演化

地球形成初期,火山活动频繁,大气中充满了各种还原性气体—— N_2 、 CO 、 H_2 和水蒸气等。原始地壳上布满了小湖泊、水池,混合着火山灰。在紫外线、闪电、宇宙射线等提供的各种形式能量的条件下,大气圈中的气体成分发生了各种化学反应。例如: $\text{CO} + 3\text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O}$, $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \rightarrow 2\text{NH}_3$ 等。1953年,

Harold Urey 和 Stanley Miller 模拟这种原始大气的组成, 以 CH_4 、 NH_3 、 H_2 和水为反应物, 在放电的条件下, 合成了多种氨基酸等有机物。安德等芝加哥大学的研究小组通过 Fischer-Tropsch 反应和流体化状态的催化合成方法, 以 CO_2 、 NH_3 和 H_2 为反应物, 以铁为催化剂, 在 $600\sim 900^\circ\text{C}$ 的高温下, 合成了碳氢化合物、氨基酸、糖、脂肪酸、嘌呤和嘧啶等。

②宇宙中发生的前生物的化学演化

宇宙中的星际物质包括原子(氢、氦、氧、碳、氮、镁、硅、铁和硫等)、气态分子(CO 等)和星际尘埃。星际尘埃与化学演化关系最大, 它的年龄与地球相仿。光谱分析结果表明, 星际尘埃表面冻结的物质有 H_2O 、非晶质的氧化硅、 NH_3 、 CO 、 $\text{C}\equiv\text{N}$ 和 H_2CO_3 。光、宇宙射线和紫外线促成了最初的有机合成, 氨基酸、嘌呤、嘧啶等生物小分子可能形成于星际尘埃颗粒中。迄今为止, 已发现和认证的天文分子已有 100 多种, 大多数都是由氢、氧、碳、氮、硫和硅这六种元素组成。现有人推测, 在月球和地球形成初期, 在凝聚的最后阶段曾经遭受过彗星的大规模“轰击”, 彗星的尾巴把大量含有有机物的尘埃撒到地球和月球上, 或许它们就是地球上生命起源的生物化学分子。

(2) 生物小分子聚合为生物大分子

在原始地球大气圈中形成的简单生物小分子, 或落到地球上的星际尘埃颗粒中的生物小分子被运送到原始海洋中, 在洋底(高温)及火山活动区(有气体喷出)可能发生有机合成和聚合反应, 形成生物大分子。

模拟实验证明, 在放电或高温条件下, 氨基酸可以聚合成多肽。另一合成途径是用脱水的氰化氢为原料, 用脱水的液态氨处理, 可发生聚合反应, 产物中含有 12 个 α -氨基酸的多肽。实验表明, 即使在原始地球大气圈中没有氨基酸也可以合成多肽(以氰化氢为原料)。氰化氢在原始大气圈中可能是重要的组分。

(3) 从生物大分子到多分子体系

从生物大分子到原始生命之间仍然存在着很大的距离, 主要是组织化水平的差异。德国科学家、诺贝尔化学奖获得者 Eigen 提出了超循环组织模式。他认为在化学演化与生物学演化之间存在着一个分子自我组织阶段, 通过生物大分子的自我组织建立起超循环组织并过渡到原始的有细胞结构的生命。

① 团聚体假说

奥巴林等人做了如下实验: 把白明胶水溶液和阿拉伯胶水溶液混合在一起, 混合之前, 上述两种溶液都是透明的、均匀的, 混合一会儿后, 混合物变混浊了。经显微镜观察发现, 从原来均匀的溶液中分离出来一些小滴, 以明显的界限与周围溶液分开。这种小滴就是团聚体。实验证明, 能组成团聚体的物质有很多, 如蛋白质、核酸、多糖、磷脂、多肽和多核苷酸等。团聚体具有某些生命现象, 并在结构和功能上不断完善, 进而进化为原始生命。

② 微球体假说

美国生物化学家福克斯提出氨基酸无水热聚合形成蛋白质的观点。1955 年,