

参照美国哈佛大学历史教本编写

彩版人类发现之旅



THE BIOLOGICAL EVOLUTION COURSE

生物进化的历程

李哲 编著

人类发现之旅

生物进化的历程

李哲 编著



中国书画出版社
CHINA PICTORIAL PUBLISHING HOUSE

图书出版编目 (CIP) 数据

生物进化的历程 / 李哲编著. -- 北京 : 中国画报出版社, 2012.7

ISBN 978-7-5146-0497-9

I. ①生… II. ①李… III. ①生物-进化-普及读物

IV. ①Q11-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 135878 号

生物进化的历程

出 版 人: 田辉

责任编辑: 卓娜

助理编辑: 李媛

出版发行: 中国画报出版社

(中国北京市海淀区车公庄西路 33 号, 邮编: 100048)

电 话: 010-88417359 (总编室兼传真) 010-88417409 (版权部)

010-68469781 (发行部) 010-88417417 (发行部传真)

网 址: <http://www.zghbcbs.com>

电子信箱: cpqh1985@126.com

经 销: 新华书店

海外总代理: 中国国际图书贸易集团有限公司

印 刷: 三河市南阳印刷有限责任公司

监 印: 傅崇桂

开 本: 700mm × 1000mm 1/16

印 张: 13

插 图: 400

版 次: 2012 年 8 月第 1 版第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-5146-0497-9

定 价: 29.80 元

如发现印装质量问题, 请与承印厂联系调换。

版权所有, 翻印必究; 未经许可, 不得转载!

一看就懂的
生物进化
的历程



I 前言 Introduction

在生存压力与好奇心的驱使下,人类开始了漫漫的发现之旅,就在这发现的历程中,人类自身发展壮大起来。这历程中发生的故事趣味横生,丰富多彩。本套丛书便分门别类地告诉你这一切。

在地球形成具备生物生存条件之日起,生物就为了自己的生存抗争着,在这漫长的时间历程中,一些生物灭亡了,一些生物存活了,而活着的生物都经历了巨大的变迁。它们的进化过程非常缓慢,有的甚至要花几百万年或上千万年的时间。

从地球上出现单细胞生物起,直到出现人类,一共经过了至少33亿年。如果把物种的演变过程拍成一部电影,用每一分钟来表现3 000万年之间的变化,那么从最初的单细胞生物开始,一直看到现代人种出现,我们必须在电影院里坐上1小时50分钟。

因此,生物的进化是一个很复杂、很漫长的过程,无不是经历由简单到复杂、由水生到陆生、由低等到高等这样一个漫长的演化过程。但是这个进化过程并不是一帆风顺、直线上升的,而是曲折的以螺旋式上升的,它的每个循环在生物史上都是一次飞跃。在漫长的历史长河中,所有的动物都会随时间的改变而发生变化,而这种变化是一个非常缓慢而渐进的过程,这在生物学上就叫做进化。本书采用大事典的形式,像播放电影一样再现了生物进化过程中的重要时刻。

我们还是先来观看电影中的一些精彩镜头吧。在观看之前需要说明的是,尽管地球的历史至少有46亿年了,但我们今天仅对它近6亿年来的这段历史了解得比较清楚。因此,我们这部电影中重点记录的是近6亿年间的画面。

地球上最初的动物都是生活在海洋里的原生动物,因此首先

进入我们镜头的是单细胞生物，它们渐渐变得复杂起来，出现了各种不同的形状，发展成为最简单的植物和动物。这时候，这部电影已经演过了一半。接着，到距今6亿年前才出现水母、珊瑚和蠕虫等软体动物；又经过几百万年的进化，海洋中才出现鱼类。大约距今3.6亿年前，两栖动物才首次登上陆地，进而有了爬行动物。又过了约1亿年，恐龙才出现，地球上呈现出最繁荣的景象，不过，它们在我们的这部电影中只占了大约5分钟的时间，然后出现了哺乳类动物。早期猿人，要在电影结束之前的五六秒钟才出现在银幕上。等到现代人出场，银幕上立刻映出两个大字：“再见！”

总之，生物界从古到今在不断变化，动物的进化路线是无脊椎动物—脊椎动物，鱼类—两栖动物—爬行动物—哺乳动物；植物进化的路线是藻类植物—蕨类植物—种子植物。生物的进化过程是漫长的，在这漫长的过程中，是环境的变化促使了生物的进化和灭绝。

本书虽然带有一般大事典的性质，但不限于简略的概括性写法，而是在有限的篇幅内，较为充分地反映生物进化历程的丰富与还原其完整的面目，提供的信息量比一般大事典要大，这也反映了我们重新改变大事典形式的一种新的意图。

“大事不漏，小事不录”是大事典设置条目、材料取舍的基本要求。本书也以此为要求，精心选材，遴选出生物进化过程中的重要事件。因此，尽管本书的篇幅不长，但已经粗线条地勾勒出了生物进化的全貌。

全书还配有400多幅精美的彩色插图，立体、直观、全面地展现出生物进化的画卷，也增强了本书的可读性和趣味性。

目录 CONTENTS

第一章 生命：如何起源

起源的条件 /12

原始地壳的形成 /12

孕育生命的条件 /12

原核单细胞出现 /14

“原生体”的出现 /14

原核单细胞的出现 /15

崛起 /16

真核细胞的起源 /16

真核细胞出现的意义 /17

壮大 /18

多细胞生物的出现 /18

海绵动物 /19

第二章 主体：微生物界

病毒 /22

发现病毒 /22

病毒的结构 /23

病毒的增殖过程 /23

动物病毒的增殖 /24

病毒与疾病 /25

细菌 /26

细菌的形状构造 /26

细菌的生长和繁殖 /26

细菌的多样性 /27

对人类有益和有害的菌 /29

微生物世界中出现的大家族——真菌 /30

真菌的特征 /30

真菌与人类 /31

第三章 植物：繁荣的王国

地球上最早植物——藻类植物 /34

原核藻类 /34

真核藻类 /35

藻类的基本特征 /36

藻类的分类 /37

藻类的生活习性 /37

“诺曼底登陆” /38

裸蕨类植物登陆 /38

裸蕨类植物形态 /39

裸蕨植物的类型 /40

植物界系统演化中的主干 /41

成为陆地生活的真正“居民”——蕨类植物 /42

蕨类植物的演化 /42

蕨类植物的特征 /43

蕨类植物的分布 /44

蕨类植物之王——桫欏 /45

裸子植物的繁盛 /46

裸子植物的起源 /46

裸子植物的特征 /47

“活化石”银杏和水杉 /48

铁树开花 /49

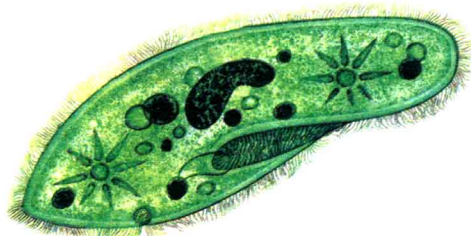
“突然”出现的被子植物 /50

“辽宁古果”破解“讨厌之谜” /50

被子植物的起源 /51

形态与分类 /52

分布地区 /53



第四章 无脊椎动物

最原始最低等的多细胞动物出现 /56

海绵动物的形态 /56

奇特的生殖和摄食方式 /57

原始的多细胞动物进化为腔肠动物 /58

腔肠动物的形态特征 /58

轻盈飘逸的水母 /58

长寿的“海菊花” /59

色彩绚丽的珊瑚 /59

三胚层蠕虫动物 /60

形态分类 /60

种群庞大 /61

深海蠕虫 /62

软体动物进化出具有保护性的背壳 /64

形态分类 /64

石鳖与宝贝 /65

牡蛎与鲍鱼 /66

乌贼与章鱼 /66

海兔与鹦鹉螺 /67

节肢动物 /68

形态分类 /68

三叶虫 /69

最早的飞行家——昆虫 /70

棘皮动物 /72

形态特征 /72

海百合 /73

海星 /74

海胆 /74

海参 /75

第五章 鱼类：最古老的脊椎动物

向脊索方向进化 /78

形态分类 /78

笔石 /79

鱼类的祖先 /80



甲胄鱼 /82

甲胄鱼的形态分类 /82

退出历史舞台 /83

脊椎动物开始张开了“血盆大口” /84

无颌类动物进化为有颌脊椎动物 /84

最原始的硬骨鱼类——棘鱼类 /85

有颌类的远祖——盾皮鱼类 /86

沟鳞鱼 /87

恐鱼 /87

高等鱼类 /88

高等鱼类出现 /88

高等鱼类的进步 /89

软骨鱼类 /90

软骨鱼类形态 /90

最早的鲨鱼 /90

令人生畏的海洋杀手 /91

硬骨鱼类成为地球上真正的水域征服者 /92

硬骨鱼类的进化 /92

辐鳍鱼类和肉鳍鱼类 /93

第六章 两栖动物：水陆现身影

离开水的摇篮 /96

肉鳍鱼类 /96

从水到陆要解决的三大问题 /98

谁是两栖动物祖先 /99

长出脚的鱼 /100

发现鱼石螈 /100

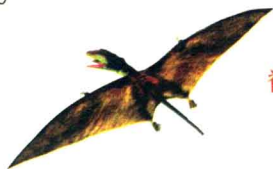
“活化石”拉蒂迈鱼惊现 /101

刺鱼石螈的发现 /103

古老的两栖动物 /104

迷齿类 /104

壳椎类 /107



滑体两栖类 /108

有尾两栖类 /108

水中精灵——蝾螈 /108

娃娃鱼 /109

无尾两栖类 /110

三燕丽蟾 /110

三叠蛙 /111

无足两栖类 /111



第七章 爬行动物登场

爬行动物的起源 /114

爬行动物的出现 /114

爬行动物成功登陆的奥秘 /115

爬行动物家谱 /116

龟鳖类爬行动物 /118

龟鳖类爬行动物的起源 /118

龟的种类 /119

长寿的动物 /120

奇特的龟壳 /121

鳄鱼成为原始爬行动物的“活化石” /122

凶恶杀手 /122

帝王鳄 /123

恐鳄 /124

尼罗鳄 /124

扬子鳄 /125



蜥蜴类和蛇类的出现 /126

蜥蜴类形态特征 /126

科摩多龙 /127

变色龙 /127

蛇类形态特征 /128



第八章 恐龙：奇妙的世界

恐龙化石的发现 /132

发现奇特的牙齿化石 /132

命名为“鬣狗的牙齿” /133

“恐龙”之名的由来 /133

恐龙的出现 /134

初龙类的兴起 /134

恐龙正式登场 /135

海中称霸 /136

鱼龙 /136

蛇颈龙 /138

翼龙飞向蓝天 /140

飞翔的秘密 /140

翼龙分类 /141

温血爬行动物 /142

翼龙突然灭绝 /143

蜥臀类恐龙 /144

蜥臀类恐龙在侏罗纪迅速发展 /144

兽脚恐龙 /144

蜥脚恐龙 /145

最大的陆生动物 /146

进入盛世 /148

鸟臀类恐龙因何进入盛世？ /148

鸟脚龙类 /148

剑龙类 /149

甲龙类 /150

肿头龙类 /150

角龙类 /151

恐龙等大灭绝 /152

陨星撞击地球说 /152

其他猜想 /153

第九章 鸟儿飞向天空

发现始祖鸟 /156

始祖鸟化石 /156

鸟的始祖 /157

鸟类的起源 /158

恐龙起源说 /158

槽齿类起源说 /159

鳄类起源说 /159

鸟类的飞行 /160

两大假说 /160

小盗龙的发现 /161

发现孔子鸟 /162

孔子鸟 /162

孔子鸟复原图 /163

发现中华龙鸟 /164

中华龙鸟 /164

发现的意义 /165



第二次物种大井喷 /178

大间断 /178

奇蹄类动物 /179

偶蹄类动物 /181

剑齿王朝的兴衰 /182

剑齿显形 /182

群虎纷争 /184

长鼻类哺乳动物的演化 /186

古乳齿象 /186

真象 /187

重新回到海洋 /188

鳍脚类 /188

海牛类 /188

鲸类 /189

第十章 物种大井喷

哺乳动物的起源 /168

哺乳动物的祖先 /168

成为新生代的统治者 /169

哺乳动物分类 /171

躲过大劫难 /172

生物大灭绝 /172

劫后余生的哺乳动物 /173

鸭嘴兽 /173

针鼹 /175

第一次物种大井喷 /176

来到地面的先驱者 /176

安氏中兽 /177



第十一章 我们：从猿到人

人类的祖先 /192

树上生活的灵长类 /192

从树上来到地面 /193

南方古猿 /194

发现南猿化石 /194

南方古猿 /195

能人出现了 /196

发现能人化石 /196

能人的生活 /197

直立人现身 /198

爪哇猿人的发现 /198

北京猿人的发现 /198

北京猿人的生活 /200

智人接近我们 /202

早期智人 /202

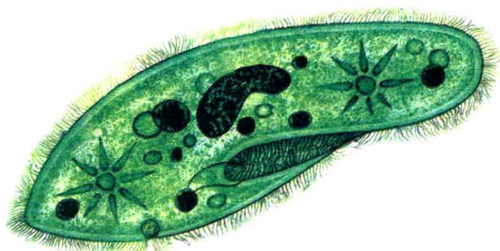
晚期智人 /204

生物进化大事年表 /206





第一章



生命：如何起源

现在找到的最早的化石，是细菌之类的微生物的化石。这些最早的微生物，大约生长在 33 亿年之前。地球的年龄将近 50 亿年。最初的地球不是现在这个样子，海洋是后来才形成的。雨水和河水不断地把各种化合物带到海洋里。越来越多的化合物在海水里相互作用，渐渐地产生了一些结构越来越复杂的化合物，一些蛋白质状的东西。后来又逐渐产生出能进行生命过程的小物体，这就是蛋白体。它是生命的起点，主要成分是蛋白质和核酸。原始的蛋白体还没有细胞的结构，但是已经有了生命的现象，自己能进行新陈代谢。新陈代谢是生命的最基本的过程，也是生命的最基本的特征。有了新陈代谢，生物才有可能生长和繁殖。

原始蛋白体进一步发展，就出现了细胞。细胞是各种植物和动物的身体结构的基本单位。细胞进一步发展，即在其内出现了细胞核。细胞核的主要成分是染色体，这是一种核蛋白，是核酸和蛋白质的结合物。染色体被核膜包围着，形成了细胞核。有细胞核的细胞，叫做真核细胞。现在绝大多数生物的身体，都由真核细胞所组成。在进化的过程中，某些单细胞生物的遗传性发生了变化，它们所产生的子细胞彼此不再分开，联合成为细胞集团，于是，多细胞生命出现了。

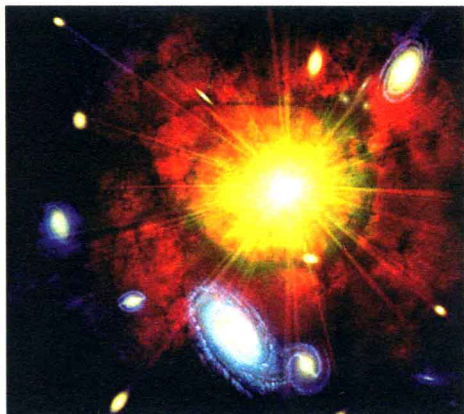
起源的条件

在我们居住的这个美丽的浅蓝色地球上，繁衍生息着十几万种微生物，30多万种植物和100多万种动物，那么人们不禁要问，如此丰富多样的生物最初是从哪里来的呢？科学家研究发现，今天我们地球上的生物，无论大小，都是由细胞组成的，细胞里与生命活动有关的主要是一些结构复杂的生物分子，这些生物分子是怎样起源的呢？故事得从地球的诞生讲起。

原始地壳的形成

生命的起源应当追溯到与生命有关的元素及化学分子的起源。因而，生命的起源过程应当从宇宙形成之初、通过所谓的“大爆炸”产生了碳、氢、氧、氮、磷、硫等构成生命的主要元素谈起。

大约在66亿年前，银河系内发生过一次大爆炸，其碎片和散漫物质经过长时间的凝集，大约在46亿年前形成了太阳系。作为太阳系一员的地球也在46亿年前形成了。接着，冰冷的星云物质释放出大量的引力势能，再转化为动能、热能，致使温度升高，加上地球内部元素的放射性热能也发生增温作用，故初期的地球呈熔融状态。高温的地球在旋转过程中其中的物质发生分异，重的元素下沉到中心凝聚为地核，较轻的物质构成地幔和地壳，逐渐出现了圈层结构。这个过程经过了漫长的时间，大约在38亿年前出现原始地壳，这个时间与多数月球表面的岩石年龄一致。



▲宇宙大爆炸

宇宙大爆炸学说

宇宙大爆炸仅仅是一种学说，是根据天文观测研究后得到的一种设想。大约在150亿年前，宇宙所有的物质都高度密集在一点，有着极高的温度，因而发生了巨大的爆炸。大爆炸以后，物质开始向外大膨胀，就形成了今天我们看到的宇宙。大爆炸的整个过程是复杂的，现在只能从理论研究的基础上，描绘过去远古的宇宙发展史。在这150亿年中先后诞生了星系团、星系、我们所在的银河系、恒星、太阳系、行星、卫星等。现在我们看见的和看不见的一切天体和宇宙物质，形成了当今的宇宙形态，人类就是在这一宇宙演变中诞生的。

原始地壳的出现，标志着地球由天文行星时代进入地质发展时代，具有原始细胞结构的生命也有可能由此开始逐渐形成。

孕育生命的条件

刚刚诞生的地球十分寒冷、荒凉，没有结构复杂的物质，当然也不会有生命。生命是随着原始大气的诞生开始孕育的。

在早期太阳系里，一些处于原始状态的天体频繁地和幼小的地球相撞，这一方面增大了地球体积，另一方面运动的能量转化为热能贮

存在了地球内部。撞击不断地发生，地球内部蓄积了大量热能。地球的平均温度高达摄氏几千度，内部的金属和矿物变成了炽热岩浆。岩浆在地球内部剧烈运动着，不时冲出地球表面形成火山爆发。在原始地球上，火山爆发十分频繁。随着火山爆发，地球内部一些气体被源源不断地释放出来，形成了原始大气。不过，这时的地球上仍然没有生物分子。

生命的诞生与原始大气十分有缘。据推测，原始大气的主要成分是一氧化碳、二氧化碳、甲烷、水蒸气、氨气。这些简单的气体分子要想成为生物分子，就必须变得足够复杂。合成复杂物质是需要消耗能量的。

值得庆幸的是，在原始地球上各种形式的能量可供利用。首先，原始大气没有臭氧层，阳光中的紫外线可以毫无顾忌地进入大气，这为地球带来了能量。其次，原始大气中会出现闪电，闪电是一种能量释放现象。再次，原始地球上火山活动频繁，火山喷发可以释放大量热量。

简单的气体分子在吸收了能量之后，它们会变得异常的活跃，进而产生化学反应，形成复杂的生命物质。

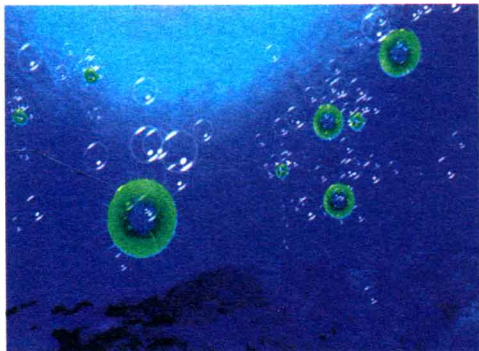
在以后的岁月里，由于日积月累，原始大气中的水蒸气越来越多，地球表面温度开始降低。当降低到水的沸点以下时，水蒸气就化作倾盆大雨降落到了地面上。倾盆大雨不分昼夜地下着，形成了最初的海洋，这为生命的诞生准备了摇篮。

那时地球表面的温度仍然很高，到了大约 36 亿年前，海水的温度已降为 80°C 左右，然而在此之前，原始生命就已悄悄孕育了。

▼火山喷发。地球形成之初，地壳运动非常活跃，地球上处处出现炽热的岩浆喷涌而出。



原核单细胞出现



▲生物大分子

从古至今，有很多说法来解释生命起源的问题。如西方的创世说，中国的盘古开天地说等。但直到19世纪，伴随着达尔文《物种起源》一书的问世，生物科学发生了前所未有的大变革，同时也为人类揭示生命起源这一千古之谜带来了一丝曙光，这就是现代的化学进化论。

“原生体”的出现

宇宙大爆炸产生了宇宙后，银河系、太阳系、地球相继形成。当地球这个星体稳定后渐渐冷却，地表开始划分出了岩石圈、水圈和大气圈。那时大气圈中没有氧气，宇宙紫外线辐射是产生化学作用的主要能源，化学反应就在这样的条件下不断地进行着。由于缺氧，合成的有机分子不会遭受氧化的破坏，得以进化出具有生命现象的物质，最终产生了生命。生命的产生过程可以概括为四个阶段：

第一阶段，有机小分子的形成。原始海洋中的氮、氢、氧、一氧化碳、二氧化碳、硫化氢、氯化氢、甲烷和水等无机物，在紫外线、电离辐射、高温、高压等一定条件影响和作用下，形成了氨基酸、核苷酸及单糖等有机化合物。

美国的一位年轻学者米勒用自己设计的实验装置证明，在原始地球条件下有可能形成有机化合物。米勒的报告引发许多实验室重复和发展类似的实验，总的目标是模拟原始大气、海洋、江水和雷电。在水溶液中——相当于原始海洋的海水中——先后找到了20种氨基酸，各种单糖、脂酸、脂类分子，甚至是核苷酸分子。

第二阶段，生物大分子的形成。氨基酸、核苷酸等有机物可能因吸附作用，在原始海洋岸边的岩石或黏土表面浓集，受到热的催化，进而合成为生物大分子。

奥巴林的团聚体模式

大分子的胶体溶液在一定条件下能发生团聚现象。苏联的奥巴林和他的研究小组从20世纪30年代开始就详细研究了某些蛋白质胶体形成的团聚体，发现它们具有许多有趣的类似细胞的特征。奥巴林把这种团聚体视为前细胞的生命模型。当混合两种蛋白质胶体（例如明胶和阿拉伯胶）或一种蛋白质，一种多肽溶液，在一定的pH条件下，溶液发生混浊，无数的团聚体形成于溶液中。团聚体最有趣的特征是通过它的外膜而选择性地吸收周围的物质。例如，它们能吸收氨基酸、催化剂、酶等。当把反应物和酶一起放在溶液中，团聚体吸收了它们并且在团聚体内部发生酶促反应。例如，将糖和酶导入团聚体，可以在团聚体内部形成淀粉。还可以在团聚体内部诱发核苷酸合成以及聚核苷酸分解等复杂的生物化学反应。奥巴林等认为，在早期地球表面上会产生这种类似团聚体的前细胞生命结构，由它们再演化到真正的细胞。这是细胞进化的重要一环。

美国科学家福克斯做过这样的实验：把氨基酸混合物倒在 160°C — 200°C 的热沙土或黏土上，随着水分蒸发，氨基酸浓缩并化合，经0.5—3.0小时，生成类似蛋白质的大分子。

第三阶段，多分子体系形成。许多生物大分子聚集、浓缩形成以蛋白质和核酸为基础的多分子体系，它既能从周围环境中吸取营养，又能将废物排出体系之外，这就构成了原始的物质交换活动。

苏联的奥巴林做了一系列实验，证明如何由生物大分子形成团聚体小滴。他把蛋白质（白明胶）溶液和多糖（阿拉伯胶）溶液混合，产生出团聚体小滴。

第四阶段，“原生体”的形成。在多分子体系的界膜内，蛋白质与核酸的长期作用，终于将物质交换活动演变成新陈代谢作用并能够进行自身繁殖，这是生命起源中最复杂的最有决定意义的阶段。技术改造构成的生命体，被称为“原生体”。

这种“原生体”的出现使地球上产生了生命，把地球的历史从化学进化阶段推向了生物进化阶段，对于生物界来说更是开天辟地的第一件大事，没有这件大事，就不可能有生物界。

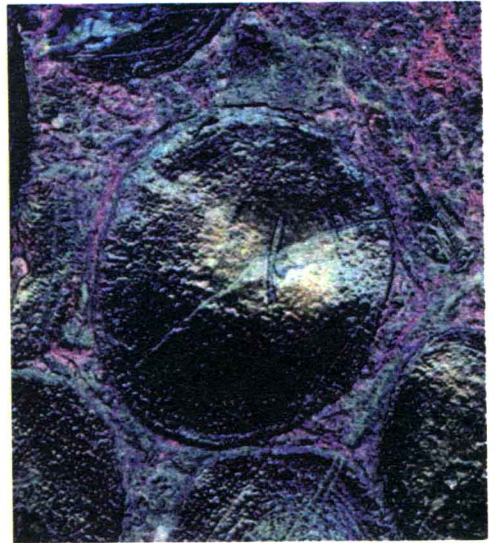
原核单细胞的出现

有生命的“原生体”是一种非细胞的生命物质，有些类似于现代的病毒，它出现以后，随着地球的发展而逐步复杂化和完善化，演变成具有较完备的生命特征的细胞，到此时才产生了原核单细胞生物。最早的原核单细胞细菌化石是发现在距今33亿年前的地层中，那就是说非细胞生命物质出现的时间，还要远远地早于33亿年以前。

地球上最初出现的生命是一些生活在海洋中的原核单细胞生物。它们结构简单，没有细胞核，与今天的蓝菌（也称蓝藻）和细菌在形态上很相似，在生物学上统称为原核细胞生物。它们还没有真正分化出细胞核和细胞器，只能进行无性繁殖，因此它们的遗传变异和进化过程十分缓慢。

开始的原核细胞生物是以环境中的有机物质为食，属于异养生物。由于地球早期有机物质来源极为有限，因此会对生物进化产生选择性压力，使部分生物在进化中演化出了利用周围环境中丰富的无机物合成自己所需食物的能力。我们把这种能自己制造食物的生物称为自养生物。根据获取营养方式的不同，生物的自养又可分为化学自养和光合自养，代表了生物早期演化的分异。

光合自养生物是通过光合作用分解二氧化碳获得能量。由于光合作用生物的出现和发展，大量的自由氧释放到环境中，使地球早期的环境和大气性质开始发生变化，从无氧环境向有氧环境转变，为生物进化的下一个重要阶段创造了环境条件。



▲蓝藻又称蓝绿藻，藻体具有特殊的色素，一般呈现蓝色，是藻类中最原始的类群，细胞内没有真正的细胞核，仅有核质，没有核仁和核膜。

崛起

在经历了大约20亿年的漫长演化之后，在距今约14亿年左右时，从原核生物中演化出了具有细胞核和细胞器分化的单细胞生物。我们把这种具有细胞核和细胞器的生物称为真核细胞生物。真核细胞内的细胞核和细胞器可能都曾是由于捕食或其他原因进入到原核细胞生物体内的另外一些未被消化的原核细胞生物。在进化过程中，它们与寄主细胞之间逐渐建立起了共生的关系，从而逐渐演化成细胞核和细胞器。



▲林恩·马古利斯，是一位美国生物学家，天文学家卡尔·萨根的第一任妻子。因有关真核生物起源的理论而著名，也是现今生物学所普遍接受的内共生学说的主要建构者，此学说解释了细胞中某些细胞器，如粒线体的由来。

真核细胞的起源

真核细胞的起源，是由于某种原核生物在某种古核生物细胞内形成了内共生关系的结果。由于迄今所知最古老的真核生物化石已有近21亿年的历史，许多科学家推测，最早的真核生物可能早在30亿年前就出现了。真核细胞的直接祖先很可能是一种巨大的具有吞噬能力的古核生物，它们靠吞噬糖类并将其分解来获得其生命活动所需的能量。当时的生态系统中存在着另一种需氧的真细菌，它们能够更好地利用糖类，将其分解得更加彻底以产生更多的能量。

在生命演化过程中，这种古核生物将这种原核生物作为食物吞噬进体内，却没有将其消化分解掉，而是与之建立起了一种互惠的共生关系：古核细胞为细胞内的真细菌提供保护和较好的生存环境，并供给真细菌未完全分解的糖类，而真细菌由于可以轻易地得到这些营养物质，从而产生更多的能量，并可以供给宿主利用；这

种细胞内共生关系对双方都有益处，因此双方在进化中就相互建立起了一种逐步固定的关系体。

在古核细胞内，共生的真细菌由于所处的环境与其独立生存时不同，因此很多原来的结构和功能变得不再必要而逐渐退化消失殆尽。结果，细胞内共生的真细菌越来越特化，