

我们从哪里来？
恐龙真的灭绝了吗？
先有鸡还是先有蛋？

.....

生命来自哪里？
生命是如何诞生的？
又是如何进化的？

这是人们数百年来一直在研究的问题。

.....

生命进化简史

王章俊 等 编著



地质出版社

生命进化简史

A Brief History of Life Evolution

王章俊 王 茵 编著



地质出版社

· 北 京 ·

内 容 提 要

您有初等知识水平,就能读懂这本科普读物。本书采用图文并茂的形式,从宇宙天体讲到生命细胞。以大进化的视角,阐述宇宙和生命的演化。以宇宙大爆炸为开端,讲述了宇宙的诞生、恒星与太阳系的形成、原始海洋的生成。生命由最原始的单细胞蓝藻进化成第一个多细胞动物海绵。

从 5.41 亿年前到 6500 万年前,地球共经历 6 次生物大灭绝事件。埃迪卡拉纪末期生物大灭绝事件之后,发生了生命大爆发事件。鱼类开始称霸海洋、两栖动物登陆亮相、爬行动物雄踞天下、千姿百态的恐龙称王称霸、哺乳动物占领全球、走出非洲的智人统治五洲。这一幕幕壮丽的史诗般生命进化剧,告诉读者每一次生物大灭绝事件都是一个生命时代的终结另一个新生命时代的开启。

本书将天文学、地学与生物学融会贯通,把科学性与趣味性融为一体。从动物的四肢、嘴巴、耳朵、眼睛、心脏、授精与生殖等不同侧面叙述了动物器官的演变与进化。

本书内容全面,知识系统,是一部了解天文学、地学、生物学等自然科学和生命进化历史的生动科普读物。

图书在版编目(CIP)数据

生命进化简史 / 王章俊, 王菡编著. —北京: 地质出版社, 2017.1

ISBN 978-7-116-10043-5

I. ①生… II. ①王… ②王… 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(2016)第254583号

Shengming Jinhua Jianshi

责任编辑: 林 建 朱晨光

责任校对: 王素荣

出版发行: 地质出版社

社址邮编: 北京海淀区学院路 31 号, 100083

电 话: (010) 66554577 (编辑室)

网 址: <http://www.gph.com.cn>

传 真: (010) 66554577

经 销: 北京·地质出版社发行中心

电 话: (010) 66554528 (发行部)

印 刷: 北京地大天成印务有限公司

开 本: 787 mm × 960 mm $1/16$

印 张: 27.5

字 数: 430 千字

版 次: 2017 年 1 月北京第 1 版

印 次: 2017 年 1 月北京第 1 次印刷

定 价: 98.00 元

书 号: ISBN 978-7-116-10043-5

(如对本书有建议或意见, 敬请致电本社; 如本书有印装问题, 本社负责调换)

序



被恩格斯誉为 19 世纪自然科学的三大发现是，细胞学说、生物进化论、能量守恒和转化定律。

20 世纪产生了两大理论、四大模型。两大理论是指相对论和量子力学；四大模型是指宇宙大爆炸模型、物质结构夸克模型、板块构造模型和 DNA 双螺旋模型。

时间和空间来自哪里？

宇宙是如何从无到有的？

太阳为什么会发光发热？

最初的生命是什么样子？

生命是如何进化 35 亿年的？

我们从哪里来？

恐龙真的灭绝了吗？

先有鸡还是先有蛋？

为什么美洲蛙类和刺尾蜥有第三只眼睛？

人类也有第三只眼睛吗？

有人把这些归于哲学问题，也有人认为是天文学和生物学问题，但其实都是宇宙和生物进化问题。

生命是一顶奇迹皇冠，智慧是皇冠上的宝石。世间万物，最伟大的莫过于生命。

生命是一个过程，每个生命都要经历从诞生、成长、衰老到死亡。

每个生命都是一个不朽的传奇，每个传奇背后都有一个精彩的故事。

究竟什么是生命？能够从外部获取能量，并具有自我复制能力的。简言之，具有自我复制能力的，叫生命。

生命来自哪里？生命是如何诞生的？又是如何进化的？这是人们数百年来一直在研究的问题。

生命在 35 亿多年前，最初出现在水里。

美国微生物进化学家，米切尔·索金利用基因排序技术，证明海绵是第一个多细胞动物，它位于动物家族的最底端，是所有动物的祖先。

生物的进化也是一个过程，它的时间跨度少则数百万年，多则上亿年。生命从最初诞生到现在，走过了 35 亿多年的历史。生命的进化是一个十分缓慢的过程，在有限的生命时间内根本无法观察到。生命的进化充满偶然性和必然性，可以说，是偶然与必然共同作用的结果。从 5.41 亿年前算起，地球上曾经发生过 6 次生物大灭绝事件，每次生物大灭绝事件，都造成了 75% 以上生物的灭绝，同时

又开启了新的生命时代。从某种意义上说，生物大灭绝事件促进了生命的进化。

简单来说，生物的进化由简单到复杂，由低级到高级，由单细胞到多细胞。从生物的外部形状来看，生物的进化由不对称到辐射对称，再到两侧对称。所有脊椎动物和昆虫，都是两侧对称的，它是生命的最高形式。

生物的进化是由内因和外因共同作用的结果。内因是遗传和变异，外因是自然选择。俗话说“种瓜得瓜，种豆得豆”，这叫遗传；“母生九子，各子不同”这叫变异。遗传是生命延续的基础，变异是生物多样性的前提。遗传和变异共同造就了地球生命的生生不息和千姿百态。

美国现代生态学之父、耶鲁大学教授哈钦森对生物进化形象地描述为，环境是舞台，进化现象是剧本；进化发展过程的遗传规则是语言，突变是即兴台词；最后，自然选择就是策划、编剧与制片。

但是如果没有最初级的生命形式——海绵，地球上的千万种生物就无从谈起。

组成生物的基本单元是细胞，DNA 和蛋白质又是细胞的主要组成，是生命延续的根本。而每个 DNA 分子，又由几百万个原子组成，但最基本的物质是氢、氧、碳、氮和磷，其中氢氧碳又是构成千万种生命的最重要的元素。

而构成生命的最重要的氢氧碳，都是由 137 亿年前的宇宙大爆炸产生的。

宇宙大爆炸理论指出，在 137 亿年前，一个小于万亿分之一厘米的点，天文学上称奇点。它具有无限能量、无限密度和无限温度，发生大爆炸后，在一万亿亿亿亿分之一（ 10^{-36} ）秒内，发生戏剧性膨胀，形成了宇宙。

这与我国数千年前《易经》中说到的相吻合，即“无极生太极，太极生两仪，两仪生四象，四象生八卦，而后万物生”。

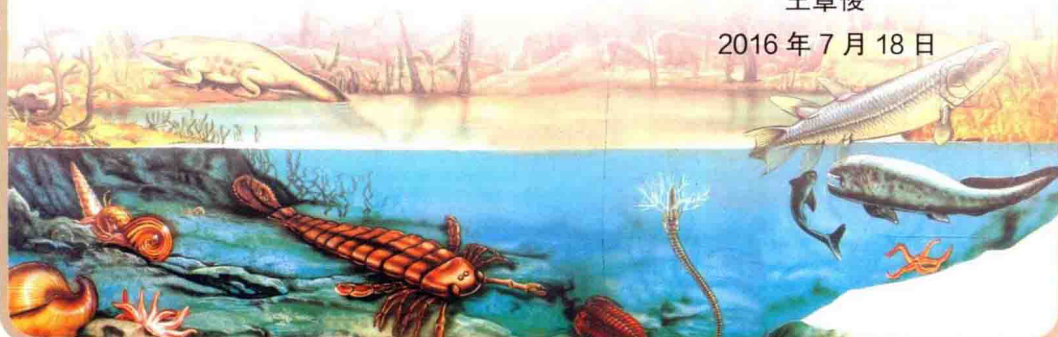
可以说，宇宙大爆炸产生了时间、空间和物质，小到肉眼看不见的原子，大到超过人们难以想象的恒星，甚至包括我们人类在内的一切生物。

所以，在讲生物进化时，首先从宇宙大爆炸讲起，因为宇宙大爆炸是世间万物的起点，也就是说，在宇宙大爆炸之前，没有空间、时间，也没有任何物质，只有一个天文学上所称的奇点。

全国首席科学传播专家

王章俊

2016 年 7 月 18 日



前言



英国生物学家、进化论奠基人查尔斯·罗伯特·达尔文于1831—1836年，随贝格尔号军舰，进行环球考察。1859年，发表了影响世界的鸿篇巨著《物种起源》，提出了进化论的观点。进化论被誉为人类历史上第二次重大科学突破，它证明了所有的生物都不是上帝创造的，而是在遗传、变异、生存竞争和自然选择中，由简单到复杂，由低等到高等，不断进化来的，摧毁了千百年来统治人们思想的“神造论”和“物种不变论”。“进化论”说明人类与地球上的其他生物一样，也是一个物种，她是由鱼类进化来的，处于生物进化的最高阶段，也是地球上具有最高智慧的生物。如果把地球46亿年的历史浓缩成24小时的话，从出现露西算起，人类的历史不足60秒，晚期智人出现的历史仅仅一二秒。而生物的进化原点可以追溯到35亿年前那个能够自我复制的有机大分子。

达尔文进化论的核心观点有四个。观点一，物种是可变的，即生物可以从一个物种进化成另一个物种，已经被科学实验所证实；观点二，物种同祖，即所有的物种都源自于一个共同的祖先，现在分子生物学、遗传基因学都证实所有物种都源自于记载所有遗传密码并能够自我复制的DNA，现在地球上近千万个物种都是由一种最原始的物种进化来的；观点三，自然选择，它是生物进化的驱动力，是一切生物为了适应环境的变化而发生的适应性改变，将这种有利的个体变异保存，有害变异毁灭，叫自然选择，或称为“最适者生存”，也就是，只有有利于生物生存的基因变异才可以遗传下去，而不利于生物生存的有害基因变异，无法遗传下去；观点四，生物是渐进变化的，生物的进化是一个十分缓慢的过程，少则百万年，多则上亿年，而事实上，千万年基因变异的积累，才导致了基因突变的发生，产生新的物种，生物的进化是基因变异与突变共同作用的结果。

近代分子生物学、遗传基因学、基因技术等都充分证明了生物进化论的正确性。由于许多关键物种化石的缺失，有些人对进化论提出疑义，但实践和新方法证明，进化论仍是当今最伟大的科学理论之一。

本书充分利用近些年来，古生物学的研究成果，结合分子生物学和基因排序技术的分析数据，简要讲述了生物35亿年的进化历史。同时特别强调了地质历史时期中6次生物大灭绝事件在生物进化历程中所起的重要作用。

从35亿年前蓝藻诞生到5.41亿年埃迪卡拉纪末期，从原核细胞组成的单细胞生物，经过近30亿年的演化，进化出第一个多细胞动物——海绵。

5.41亿年前，地球上发生了第一次生物大灭绝事件，也称埃迪卡拉纪末期灭绝事件。它为5.3亿年前的寒武纪生命大爆发拉开了序幕，并带来了具有重大进

化意义的第一种脊椎动物——昆明鱼，它是地球上所有脊椎动物的始祖，甚至包括我们人类。寒武纪生命大爆发事件为后来生物的进化奠定了基础，甚至可以说，现在地球上绝大多数多细胞动物都是由生命大爆发时的生物进化而来的。

4.4 亿年前，地球上发生了第二次生物大灭绝事件。一二千万年后，即 4.20 亿年前水里出现了最原始的高等植物——裸蕨，4.23 亿年前，第一个有颌鱼类——初始全颌鱼出现，从此鱼类可以主动掠食，地球才真正进入了“鱼类时代”，初始全颌鱼是所有有颌脊椎动物的祖先，人类的颌部和鸟儿的喙，都是由此进化而来的。

3.75 亿年前，第三次生物大灭绝事件，拉开了陆生脊椎动物进化的序幕。最早长出肉足的肉鳍鱼，后来进化成两栖动物。肉鳍鱼向陆地迈出一小步，却开启了脊椎动物陆地生活的一大步，从此陆地更加充满生机。以后脊椎动物的四肢，甚至鸟类的翅膀，都是由此进化来的。

2.5 亿年前，第四次生物大灭绝事件，也是最为严重的一次生物大灭绝事件，拉开了爬行动物繁衍的序幕。2.48 亿年前水里出现了温柔短吻龙，2.34 亿年前陆上发现了始盗龙，2.3 亿年前天上有了会飞的沛温翼龙。从此，爬行动物称霸陆海空，松树、柏树、银杏和苏铁等裸子植物繁茂兴盛，脊椎动物发育出中耳，听力大幅提升。

2 亿年前，第五次生物大灭绝事件，拉开了恐龙繁盛的序幕，1.8 亿年前巨大的蜥脚类恐龙称霸全球，最重的发现于阿根廷的雷龙，有 77 吨重；1.6 亿年前，出现了第一只会飞的长羽毛的恐龙——近鸟龙；1.45 亿年前，出现了真正的鸟类——热河鸟。

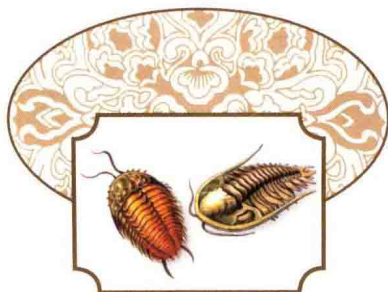
6500 万年前，最为著名的第六次生物大灭绝事件，拉开了哺乳动物繁盛，灵长类动物进化的序幕。5500 万年前，出现了最早的灵长动物阿喀琉斯基猴，320 万年前，在东非埃塞俄比亚出现了最像人类的阿法南方古猿，大约在 70 万年前，在非洲出现了海德堡人，大约 10 万年前，非洲海德堡人走出非洲，先后迁徙到中东、欧洲和亚洲，他们是 72 亿现代人最近共同的祖先。

笔者在大量古生物数据分析的基础上，经过科学推演，精心设计绘制出“脊椎动物进化示意图”，展现了 35 亿年生物进化的历史，直观生动，通俗易懂。书中的文图都紧紧围绕这棵“生命进化树”展开。愿本书能使您对生物进化的历史有进一步认识。如果能够激发您对自然科学的兴趣，笔者将深感荣幸。

笔者 2014 年出版的《化石与生命——生命的进化》一书，被评为科技部 2015 年全国 50 部优秀科普作品。本书在此基础上，增补了大量内容，并更名为《生命进化简史》。

在编著过程中，得到多位古生物专家的帮助与指导。我国著名古生物学家季强教授和金昌柱教授分别对前十章和最后一章进行了审定，提出了宝贵的意见，在此，深表谢意。书中复原图引自 Nobu Tamura, Dmitry Bogdanov, Funk Monk, Дибгд 等，谨在此向他们表示最诚挚的感谢。

目 录



序

前 言

【第一章】 宇宙诞生	1
1.1 宇宙大爆炸	1
1.2 恒星的一生	4
1.3 太阳的形成	7
1.4 八大行星及月球的形成	8
1.4.1 地球的形成	9
1.4.2 月球的形成	10
【第二章】 原始海洋与生命进化	11
2.1 原始海洋的形成	11
2.2 地球生命进化历程	15
【第三章】 藻类时代 (约 35 亿至 6.5 亿年前)	17
3.1 最早的生命——细菌与蓝藻	17
3.2 叠层石	18
3.3 细胞的进化	20
3.4 DNA 与生命	21

【第四章】 多细胞动物时代 (6.5 亿至 5.3 亿年前)	23
-----------------------------------	----

4.1 雪球地球事件	24
4.2 瓮安动物群	25
4.3 埃迪卡拉生物群	26
4.4 第一种多细胞动物——海绵	28
4.5 腔肠动物	30
4.6 环节动物	35

第一次生物大灭绝事件：拉开了 脊椎动物进化的序幕	36
-----------------------------	----

发生在 5.41 亿年前的埃迪卡拉纪末期，也称埃迪卡拉生物大灭绝事件。氧气的增加为大量多细胞动物的诞生创造了条件，从此拉开了生命大爆发的序幕，出现了第一种脊椎动物——昆明鱼

【第五章】 寒武纪生命大爆发 ——澄江动物群 (5.3 亿年前)	37
--	----

5.1 澄江动物群	37
5.2 三叶虫称雄	42

【第六章】 鱼类时代 (5.3 亿至 3.6 亿年前)	47
--------------------------------	----

6.1 最原始的无颌鱼类	47
--------------	----



6.1.1 云南虫与海口虫	47
6.1.2 昆明鱼与海口鱼	49
6.1.3 七鳃鳗与盲鳗	50

第二次生物大灭绝事件：拉开了 有颌鱼类进化的序幕 51

发生在4.4亿年前的奥陶纪末期，无颌鱼类灭绝，从此拉开了有颌鱼类繁衍的序幕，4.23亿年前，出现了第一个有颌鱼类——初始全颌鱼，此后脊椎动物才开始有了真正的嘴

6.2 甲胄鱼类	52
6.3 盾皮鱼类	55
6.4 软骨鱼类	62
6.5 硬骨鱼类	64
6.6 肉鳍鱼登陆	66
——拉开了陆生脊椎动物的序幕	

第三次生物大灭绝事件：拉开了 陆生脊椎动物进化的序幕 71

发生在3.75亿年前的泥盆纪末期，具有四足的肉鳍鱼登陆，拉开了陆生脊椎动物进化的序幕，最早出现的陆生脊椎动物有两栖类鱼石螈，开始了用肺呼吸，心脏多了一个心房，即为3缸心脏

【第七章】 两栖动物时代 75 (3.6亿至2.99亿年前)

7.1 两栖动物的特征	75
7.2 迷齿亚纲	77
7.3 滑体亚纲	82
7.4 壳椎亚纲	85
7.5 植物进化史	86
7.5.1 藻类	86
7.5.2 裸蕨植物	86
7.5.3 蕨类植物	87
7.5.4 裸子植物	88
7.5.5 被子植物	88

【第八章】 爬行动物时代 91 (2.99亿至2亿年前)

8.1 爬行动物的特征	91
8.2 第一阶段：似哺乳类爬行动物阶段	93
8.2.1 单孔亚纲：似哺乳类爬行动物	94
8.2.2 无孔亚纲：副爬行动物	110

第四次生物大灭绝事件：拉开了 恐龙进化的序幕 115

发生在2.5亿年前二叠纪末期，天上出现了翼龙(2.3亿年前)，水里有了鱼龙(2.48亿年前)，始盗龙是目前世界上发现的第一种恐龙，拉开了恐龙进化的序幕。脊椎动物的中耳开始形成，从此动物的听力有了明显提高

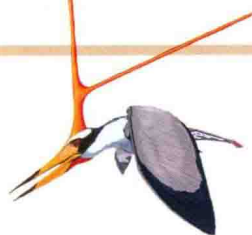
8.3 第二阶段：真爬行动物阶段	117
8.3.1 双孔亚纲：真爬行动物	117
8.3.2 主龙形下纲	119
8.3.3 镶嵌踝类主龙	121
8.3.4 鸟颈类主龙	125
8.3.5 恐龙形态类爬行动物	126
8.3.6 三叠纪翼龙目	128
8.3.7 三叠纪鱼龙超目	130
8.3.8 三叠纪鳍龙超目	136

第五次生物大灭绝事件：拉开了 恐龙大繁盛的序幕 141

发生在2.00亿年前的三叠纪末期。从此拉开了恐龙大繁盛的时代。出现了长毛的恐龙、长羽毛的恐龙和会飞的恐龙，并进化出翱翔天空的鸟

【第九章】 恐龙(鸟类)时代 143 (2亿至0.65亿年前)

9.1 恐龙概述	143
9.2 最原始的鸟臀目恐龙	144



9.3 鸟臀目恐龙	149
9.3.1 鸟臀目剑龙类(下目)恐龙	149
9.3.2 鸟臀目甲龙类(下目)恐龙	156
9.3.3 鸟臀目鸟脚类(下目)恐龙	161
9.3.4 鸟臀目角龙类(下目)恐龙	169
9.3.5 鸟臀目肿头龙类(下目)恐龙	180
9.4 最原始的蜥臀目恐龙	182
9.5 蜥脚形亚目恐龙	184
9.5.1 蜥脚形亚目原蜥脚下目恐龙	184
9.5.2 蜥脚形亚目蜥脚下目恐龙	189
9.6 蜥臀目兽脚亚目	205
9.6.1 较原始的兽脚亚目恐龙	205
9.6.2 兽脚亚目腔骨龙超科恐龙	209
9.6.3 兽脚亚目坚尾龙类恐龙	212
9.6.4 兽脚亚目坚尾龙类肉食龙下目恐龙	220
9.6.5 兽脚亚目虚骨龙类美颌龙科恐龙	226
9.6.6 兽脚亚目虚骨龙类暴龙超科恐龙	229
9.6.7 兽脚亚目虚骨龙类似鸟龙下目恐龙	240
9.6.8 兽脚亚目虚骨龙类手盗龙类阿瓦拉慈龙科恐龙	245
9.6.9 兽脚亚目虚骨龙类手盗龙类镰刀龙下目恐龙	249
9.6.10 兽脚亚目虚骨龙类手盗龙类窃蛋龙下目恐龙	254
9.6.11 兽脚亚目虚骨龙类手盗龙类恐爪龙下目恐龙	260
9.6.12 兽脚亚目虚骨龙类手盗龙类鸟翼类恐龙	275
9.7 鸟纲:真正的鸟类	279
9.8 水生爬行动物	293

9.8.1 侏罗纪鱼龙目	293
9.8.2 蛇颈龙目	297
9.8.3 沧龙类	301
9.9 侏罗纪翼龙目	307
9.9.1 较为原始的翼龙目	307
9.9.2 喙嘴翼龙类	310
9.9.3 其他翼龙类	315
9.10 白垩纪翼龙目	317
9.10.1 翼手龙亚目鸟掌翼龙超科	317
9.10.2 翼手龙亚目梳颌翼龙超科	326
9.10.3 翼手龙亚目准噶尔翼龙超科	327
9.10.4 翼手龙亚目神龙翼龙超科	329

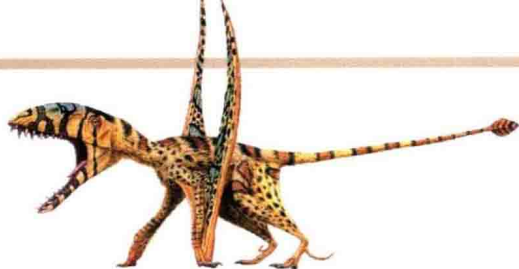
第六次生物大灭绝事件:拉开了

灵长类进化的序幕 334

发生在6500万年前的白垩纪末期。天上飞的翼龙,水里游的鱼龙、蛇颈龙,以及称霸陆地恐龙,都销声匿迹,在地球上灭绝,哺乳动物开始了大繁盛,并拉开了灵长类进化的序幕

【第十章】哺乳动物时代 335 (6500万至260万年前)

10.1 最早和最原始的哺乳动物	335
10.1.1 摩尔根兽——地球上发现最早的哺乳动物	335
10.1.2 侏罗纪—白垩纪哺乳动物	337
10.1.3 鸭嘴兽——现生最原始的哺乳动物之一	344
10.2 已经灭绝的哺乳动物	345
10.2.1 剑齿虎	347
10.2.2 猛犸象、中爪兽、鬣齿兽	347
10.2.3 星尾兽、雕齿兽	349
10.2.4 铲齿象	349



10.2.5 心脏的进化	350
10.3 几种哺乳动物的演化史	352
10.3.1 象的演化史	352
10.3.2 犀牛的演化史	355
10.3.3 马的演化史	359
10.3.4 长颈鹿的演化史	362
10.4 现代陆生哺乳动物	362
10.5 水生哺乳动物	364
10.6 哺乳动物时代已经灭绝的 其他动物	368

【第十一章】 人类时代 371

(260 万年前至现今)

11.1 早期灵长类阶段 (5500 万至 1300 万年前)	371
11.1.1 更猴——最早的似灵长类	371
11.1.2 阿喀琉斯基猴—— 最古老的灵长类	372
11.1.3 中华曙猴——高等灵长类	372
11.1.4 甘利亚——早期的类人猿	373
11.2 古猿阶段 (1300 万至 260 万年前)	373

11.2.1 森林古猿	374
11.2.2 西瓦古猿与红毛猩猩	375
11.2.3 巨猿	377
11.2.4 人类的摇篮	380
11.2.5 乍得人猿与大猩猩	382
11.2.6 地猿与黑猩猩	383
11.2.7 南方古猿	385
11.3 人属阶段 (260 万年前至现今)	388
11.3.1 能人	388
11.3.2 直立人	389
11.3.3 海德堡人	394
11.3.4 早期智人：尼安德特人	396
11.3.5 晚期智人：克罗马农人与 山顶洞人	399
11.4 动物器官的进化	405
11.4.1 动物眼睛与视觉进化	405
11.4.2 动物的第三只眼睛	408
11.4.3 动物的授精与生殖进化	411
11.5 世界人口的增长	416

后 记 417

已经灭绝的物种 418

濒临灭绝的物种 424

主要参考文献 428

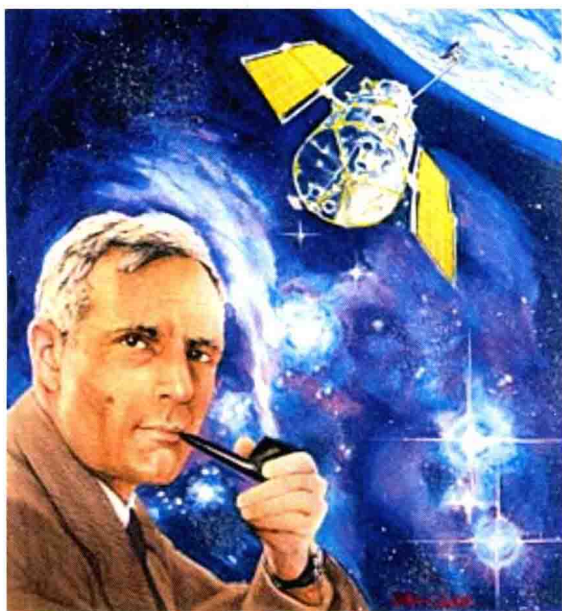


【第一章】

宇宙诞生

1.1 宇宙大爆炸

1929年，在美国洛杉矶的威尔逊山天文台，天文学家埃德温·哈勃发现星系在以难以置信的速度飞离地球，所有的一切都在远离我们而去，而且距离地球越远的星系，飞离地球的速度越大，这就是哈勃定律。哈勃定律说明宇宙在不断地膨胀。宇宙大爆炸产生了空间、时间和宇宙万物，甚至我们人类。

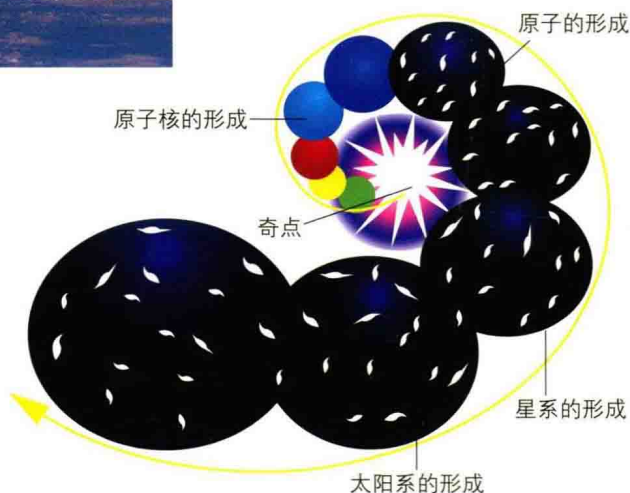


美国天文学家埃德温·哈勃。1929年，发现了“哈勃定律”，被称为“20世纪天文学最伟大的发现”，为宇宙膨胀说开辟了道路



哈勃望远镜

哈勃望远镜于1990年4月25日由美国航天飞机成功送上太空。它长13.3米，直径4.3米，重11.6吨，它以2.8万千米的时速沿太空轨道运行。它帮助天文学家解决了许多天文学上的基本问题，使人类对天文物理有了更多的认识，是天文学史上最重要的仪器之一。2011年11月，天文学家们利用哈勃空间望远镜，首次拍摄到围绕遥远黑洞存在的盘状星云。



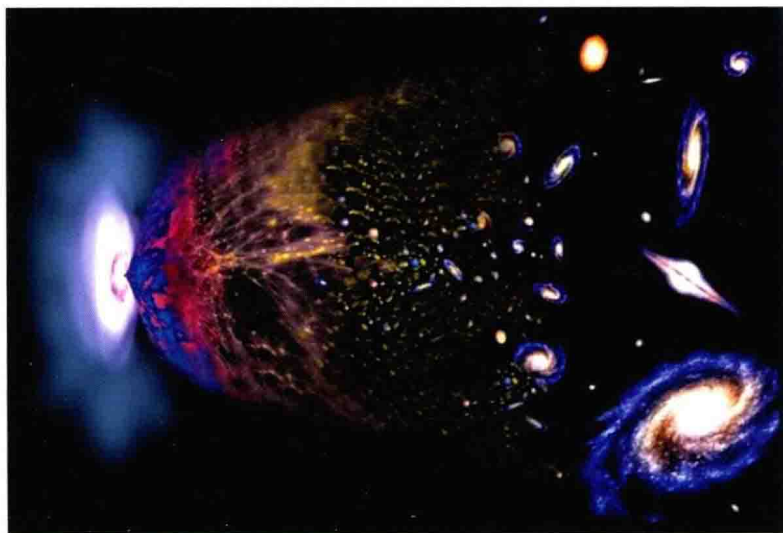
最初的宇宙——一个比原子还小的奇点

根据宇宙膨胀理论反演，最初的宇宙也许只有不到亿万分之一厘米，是一个有着无限密度、无限温度和无限能量、比原子还小的奇点。



137 亿年前，宇宙大爆炸

通过测量膨胀速度，天文学家逆向计算出，在137亿年前，这个奇点发生大爆炸，在时间上，这一点称作大爆炸时刻，也被称为时间起点。在大爆炸的一瞬间，一种能量波猛然迸发，并以惊人的速度向外扩张。

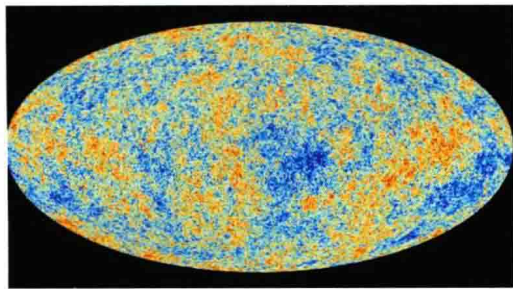


宇宙大爆炸之后，发生戏剧性膨胀

宇宙大爆炸后的一刹那，宇宙以惊人的速度戏剧性膨胀。扩张速度为每一亿亿亿分之一秒，空间就扩展一亿亿亿倍，可以形象地说，在不到一亿亿亿分之一秒时间内，宇宙从一个原子（氢原子直径 $1/1$ 亿厘米）大小扩展到棒球那么大；在同样的时间内，又从一个高尔夫球的大小（直径 4.267 厘米）扩展到地球的大小（直径 12742 千米）



宇宙微波 背景辐射



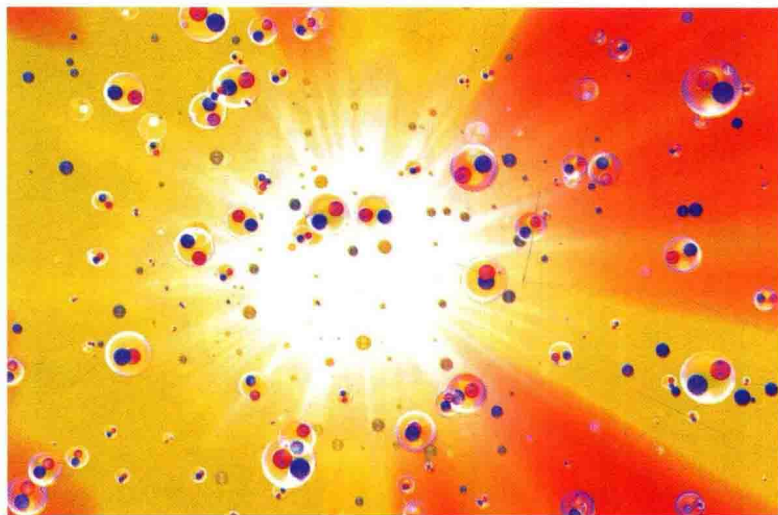
2013 年最精确宇宙微波背景辐射图

宇宙大爆炸后 38 万年，第一道光线穿过混沌在宇宙中穿梭

在宇宙大爆炸最初的 1 秒钟，温度超过 100 亿度，质子、中子和电子具有巨大的能量，可以不受强核力的束缚，处于离散状态，光因离散的粒子弹回而无法穿过。也就是说，在宇宙大爆炸最初的时间内，宇宙处于混沌状态，犹如黑暗的浓汤，即所说的太极。太极是阴阳未分，混沌未开。随着温度的降低，在大爆炸后的 38 万年，温度降至 3000 度，质子、中子和电子的能量降低，无法挣脱强核力的束缚，结合在一起，最先形成氢，然后是氦和锂等最基本物质，宇宙开始变得透明，第一道光才穿过混沌的宇宙，从此，阴阳分明。在宇宙大爆炸 10 亿年后，形成了第一批恒星和原始星系。

美国宇航局发射了宇宙背景探索者卫星，通过测量太空中不同区域的温度，他们创造出了第一张宇宙早期的图像，这个影像被称为“上帝的面容”。红色和黄色区域较为温暖，而蓝色和绿色的区域则较冷。

这是一幅最精确地反映宇宙诞生初期情形的全景图，几近完美地验证了宇宙标准模型。见证了宇宙诞生 38 万年后的情形



宇宙的暴胀——能量转换成物质

宇宙大爆炸发生 10^{-36} 秒之后，经过一个极短的“暴胀”阶段，可以形象地说，宇宙在大爆炸一万亿亿亿亿分之一 (10^{-36}) 秒内，一下膨胀了一百万亿亿亿亿亿亿亿亿 (10^{78}) 倍！而这一切只持续了一亿亿亿亿分之一 (10^{-32}) 秒。在不到 60 秒的时间，宇宙的直径就达到 1600 万亿千米，而且一直都在迅速膨胀，现在宇宙的直径有 930 亿光年，约合 9300 亿亿千米。38 万年后宇宙才从无物质的纯能量状态变成了物质的粒子世界。（爱因斯坦公式： $E=mc^2$ 。假设把一个质量仅为 1 克的小砝码全部转化成能量的话，则它的总能量相当于 2500 万度的电能。）

1.2 恒星的一生

宇宙中有数不清的恒星，甚至比地球上的沙砾还要多。每颗恒星都威力无穷，它们创造了基本物质，组成了宇宙万物，其中包括我们人类。恒星的形成需要氢气、引力和时间。

宇宙大爆炸后，宇宙中充斥着大爆炸残留的气体云，即无数星尘，形态各异的星云漂浮在太空，蔚为壮观，有火状星云、马头星云以及密度很大的尘埃星云，每个星云都是恒星的摇篮，其中孕育着数百万颗恒星。

2004 年，美国发射了一个斯皮策红外望远镜，它可以深入尘埃星云内部，观测星云内部新恒星的生成。



旋涡星云

一小块氢气团在自身的引力下坍缩，其中的原子相互碰撞，使气体温度升高，尘埃和气团在引力的作用下不断聚集，形成庞大的旋涡状星云



盘状星云

物质在引力作用下聚集，温度不断升高，数十万年后，星云的密度不断增大，形成巨大的盘状星云，直径甚至超过太阳系



巨大的气柱从中心喷射出来

位于盘状星云中心的气体在重力的作用下不断被挤压，形成超高密度和温度的球体，随着压力不断地增大，巨大气体柱从中心喷射出来



气体和尘埃颗粒不断吸入，形成吸积盘

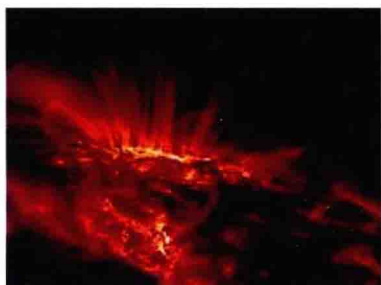
巨大气体柱从中心喷射出来，使物质加速运动，引力作用持续加强，气体和尘埃颗粒不断吸入，并相互挤压，产生越来越多的热量〔恒星孕育场致密云中的吸积盘（黄色/橘色）圆环体（盘周围的暗环）和向外喷出的双极喷流〕



新恒星形成

当一颗恒星度过漫长的青壮年期，步入老年期，行将死亡时，它将首先变为一颗红巨星，体积将膨胀近 10 亿倍，外表面温度随之降低，发出的光也就越来越偏红，但极为明亮。我们肉眼看到的最亮的星星中，许多都是红巨星。

在未来 50 万年，这个恒星还将变得更小更热，核心温度达到 1500 万摄氏度，气体原子在高温下聚变并释放出巨大能量，一颗恒星就这样诞生了，一颗恒星可生存几亿甚至几十亿年，并不断放出光和热，恒星的能量来自于自身内部的核聚变。这是最新观测发现的 S1020549 恒星



红巨星内部的热核聚变

红巨星依靠内部的氢聚变而熊熊燃烧着。氢聚变的结果是把4个氢原子核聚变成1个氦原子，虽然只有7%的物质转换成能量，但释放出的能量却十分巨大。氢的“燃烧”消耗极快，形成的氦原子的核心不断增大



形成的红巨星



人马座白矮星 BPM37093 的钻石核心

白矮星是一种晚期的恒星。它呈白色，体积小，亮度低，质量大，密度极高，约是地球的100万倍，为10吨/立方厘米。白矮星的核心是一块硕大的纯碳晶体——金刚石，直径有数千千米

红巨星一旦形成，被压缩的物质不断变热，最终内核温度将超过1亿摄氏度，点燃氢聚变，恒星核心的氢原子核聚变成成为碳原子核。每3个氢核聚变成1个碳核。最终将在中心形成一颗白矮星。

从此，恒星走完了其诞生、成长和死亡的一生。

当恒星内部的氢燃烧耗尽时，恒星就死亡了。在引力的作用下，恒星的物质收缩而挤压在一起，小质量的恒星（具有1个太阳质量）坍缩形成一颗白矮星；大质量的恒星（具有30个太阳质量）就会发生超新星爆炸，并形成黑洞，为孕育新的恒星提供物质——星云。

恒星消亡，形成黑洞

超大质量的银河系中心黑洞被周围碟状星云环绕，大质量恒星正孕育其中

