



上海科普图书创作出版专项资助

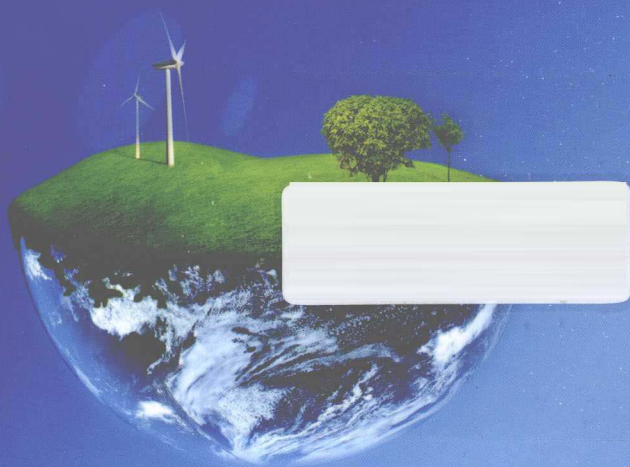


# 科普大讲坛

## ——从进化论到能源未来

上海科技馆 / 编

5位院士、13位著名科学家及科普作家、  
3位外国科学家的精彩科普讲座实录



上海科学技术出版社



# 科普大讲坛

## ——从进化论到能源未来

上海科技馆 编

上海科学技术出版社

---

图书在版编目(CIP)数据

科普大讲坛:从进化论到能源未来 / 上海科技馆编.  
—上海:上海科学技术出版社,2013.7  
ISBN 978-7-5478-1553-3

I. ①科… II. ①上… III. ①自然科学-普及读物  
IV. ①N49

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 268586 号

---

责任编辑 曾文 张帆 段韬

上海世纪出版股份有限公司 出版、发行  
上海科学技术出版社  
(上海钦州南路71号 邮政编码200235)  
新华书店上海发行所经销  
常熟市兴达印刷有限公司印刷  
开本 700×1000 1/16 印张 16  
字数: 250 千字  
2013年7月第1版 2013年7月第1次印刷  
ISBN 978-7-5478-1553-3/N·36  
定价: 29.80 元

---

此书如有缺页、错装或损坏等严重质量问题,  
请向承印厂联系调换

## 序言

欣闻上海科普大讲坛精华文集——《科普大讲坛——从进化论到能源未来》付梓出版、堪足称贺。

2008年底,我和上海科技馆馆长王小明教授讨论,如何进一步加强和提升科普教育功能,打造和培育科普教育品牌。我们一致认为应该搭建一个多元化,集科学性、前瞻性、亲和性和开放性为一体的,科学家和社会公众面对面沟通与交流的大科普平台,“上海科普大讲坛”就这样应运而生。2009年5月,上海科普大讲坛正式开讲,首讲迎来了时任中国工程院院长徐匡迪院士,以深入浅出、通俗易懂的语言为观众讲述了“应对气候变化、发展低碳经济”的话题,社会反响热烈、好评如潮。此后,市科委希望将“上海科普大讲坛”打造成全市性重要科普讲坛,推动并成立了由中国科学院上海分院、上海科技馆、中国工程院院士咨询与学术活动中心、上海科普教育发展基金会四家发起单位和有关政府部门组成的上海科普大讲坛管理办公室,挂靠市科委。至此,上海科普大讲坛已发展成为市科委主导,全市各重要科普基地共同参与的上海市重要科普品牌。

2009年至今,历时四年,举办讲座上百场,百余名国内外科学家参与,数千名听众现场聆听,深受各方好评。为了让更多的社会公众能享受到这一科普大餐,组委会整理出版了《科普大讲坛——从进化论到能源未来》一书。本书以“人类对自然的认知和影响”为主线,遴选了21位活跃在科研和科普一线的中外著名科学家的演讲精华,内容涵盖进化论、古生物、极地与气候变化、天文学、转基因、病毒和能源七个当今的热点话题,带领读者寻根觅源,边看边品、边赏边议。纵观本书,主要有以下特点:

第一,选题精心、视角多元。本书涉猎的七大主题,要么是当今社会的热点话题,如气候变化、转基因、能源等;要么是科学爱好者长期追逐和探究的经典话题,如人类的起源、日全食等。每个选题均收集了3~4位科学家的演讲内容,他们从不同侧面进行讲述,力求打破固有思维框架、倡导多元思维,彰显怀疑、求知和探索的科学精神。

## 前言

第二,内容科学、语言亲切。本书内容源自科学家的现场演讲,以科学家及其研究团队科研成果为基础,既确保了内容的科学性、权威性和前沿性,又以通俗的语言娓娓道来,努力再现科学家言语之间流露的对科研工作的挚爱之情,在自然科学中渗入了浓浓的人文气息,严谨而又不失亲切。

第三,知识丰富、启迪读者。本书不完全局限于讲座内容,在此基础上进行了知识点的纵向深入,配以简洁明了的科学图画,并由学术研究联系到成果应用,深入到人类日常生活的方方面面,激发读者的关联思维。

相信本书的出版能够为广大读者带来又一道精神大餐。在此,我谨对为本书出版付出了艰辛努力的各位科学家、编委会成员表示衷心的祝贺和诚挚的谢意!

全国政协常委、上海科技馆理事长  
上海科普教育发展基金会理事长

左焕琛

2012年12月

# 目 录

## 序言

### 第 1 章 进化论的昨天、今天和明天 / 1

- 1.1 达尔文与生物进化：来自化石的证据 / 2
- 1.2 分子进化 / 17
- 1.3 进化论与海洋 / 28
- 1.4 互动问答 / 40

### 第 2 章 从中华龙鸟到远古昆虫——化石诉说的古老故事 / 45

- 2.1 鸟类起源研究的历史与现状 / 46
- 2.2 昆虫与植物协同演化的自然历史 / 68
- 2.3 互动问答 / 81

### 第 3 章 沉睡的巨人正在苏醒——地球之极与气候变化 / 85

- 3.1 极地变化之快前所未有 / 86
- 3.2 冰芯中隐藏的气候秘密 / 94
- 3.3 南极冰盖之巅的科考探索 / 99
- 3.4 北极动物的变化证实了气候变化 / 103
- 3.5 中国极地科考第一人与 PANDA 熊猫计划 / 108
- 3.6 互动问答 / 115

### 第 4 章 天文盛世 日食奇观 / 121

- 4.1 平凡人看不平凡之事——日全食 / 122
- 4.2 双喜临门：从太阳元素到天文望远镜 / 133
- 4.3 我国大型天文仪器的发展与展望 / 145
- 4.4 互动问答 / 154

## 目录

### 第5章 转基因，让我欢喜让我忧 / 157

5.1 番木瓜的故事 / 158

5.2 转基因技术的诞生和发展 / 162

5.3 转基因生物安全 / 170

5.4 转基因产品检测 / 177

5.5 互动问答 / 186

### 第6章 病毒性传染病的防控 / 189

6.1 病毒性传染病 / 190

6.2 艾滋病在中国 / 199

6.3 互动问答 / 208

### 第7章 中国能源之路能走多远 / 213

7.1 全球能源危机与中国能源发展之路 / 214

7.2 生物质能与能源植物 / 228

7.3 风力发电与上海风能资源开发 / 239

7.4 互动问答 / 246

# 进化论的昨天、今天和明天

150多年前,达尔文明确提出世界上所有生物都有着亲缘关系,有着共同的祖先,所有生物都在自然选择的驱使下发生进化,正是自然选择和进化,造就了今天的生物多样性。古生物的化石研究和现代分子生物学研究在验证达尔文进化论的同时,不断挑战并进一步地发展着它。近三十年来,对于深海的研究又为进化论提出了全新的命题和机会。上海科普大讲坛特邀三位科学家分别从古生物学、分子生物学、海洋学三个角度为公众解读进化论的昨天、今天和明天,寻找生命演化过程中缺失的证据,探讨生命起源之谜。

俞文宏 著



### 专家简介

戎嘉余,地质古生物学家,中国科学院院士,中国科学院南京地质古生物研究所研究员。长期致力于地质历史时期(早、中古生代)腕足动物的系统分类研究,建立了中国该时期的化石序列,揭示了各动物群的多样性和特殊性,在深化基础薄弱的早古生代腕足动物研究的基础上,对发生在奥陶纪末的生物大灭绝事件及其后的复苏研究做出了贡献。

## 1.1 达尔文与生物进化:来自化石的证据

首先我们来思考三个问题:第一,从近代史的眼光来看达尔文;第二,从地质历史的视角看生物进化;第三,地质历史上的事件尽管其本身发生的时间有长有短,但很多是以百万年为单位的,所以我们要从大时间尺度去看待和思考地质历史事件。这样我们就把历史的镜头拉回到过去,由此看到生物进化实际上是一种机遇和自然可能性的完美结合。

生物进化中最关键的因素是变异,没有变异就谈不上进化。但是进化并不简单地表示进步,各种变异都有机会,它是一个非常复杂的过程。生物进化是分层次的,第一层次是微进化,第二层次是宏进化。

微进化(又称小进化)以生物个体为进化基本单位,其差异主要发生在“种”以下的分类等级,包括基因层面的差异等,微进化是生物多样性的来源,如现代世界各地人种的差异。对于这方面的研究,现代生物学发挥着很大的作用。

宏进化(又称大进化)以生物物种或生物类群为进化单位,反映物种的纵向演化,包括生物进化的趋势,进化中发生的突然出现、辐射、灭绝等,如:人类与灭绝祖先的关系、寒武纪地层中保存大量化石的现象。对于这方面的研究,古生物学发挥着很大的作用。

### 达尔文之前

200 多年前,正是西方文艺复兴时期,宗教唯心主义对人们思想的束缚非常严

重,基督教把上帝尊为世界万物的创造者,但同时也有相当一批自然科学家兢兢业业地在探索整个世界的物质变化。在达尔文之前有两位是值得我们记住的。

一位是法国博物学家乔治·布丰(Georges-Louis Leclerc de Buffon, 1707—1788年)(图1.1),他认为物种是可变的,大胆推测所有动物都来自同一祖先,并把物种的变化和地球环境的变化联系起来。但是迫于社会压力,他最终放弃了自己的观点。

还有一位是法国生物学家让·拉马克(Jean-Baptiste de Lamarck, 1744—1829年)(图1.2),他是第一位系统研究生物进化的人,他明确指出,现在地球上的一切生物都是在自然界中长期发展变化形成的,生物经历了由简单到复杂、由低级到高级的发展过程。这在当时是非常了不起的,但他不明白生物的变化是如何进行的。



图1.1 乔治·布丰  
(1707—1788年)



图1.2 让·拉马克  
(1744—1829年)

## 达尔文与贝格尔号环球航行

达尔文(Charles Robert Darwin, 1809—1882年)生于英国西部什鲁斯伯里一个世代行医的家庭。从小爱打猎、采集矿物和植物标本。父亲将他送到剑桥大学学习神学,希望他成为一个牧师。但在剑桥大学期间,达尔文对博物学的兴趣变得越加浓厚,完全放弃了对神学的学习。就在达尔文准备退学之时,他听说有机会可以参加英国海军军舰贝格尔(Beagle)号的环球海洋学调查航行,就在剑桥大学亨斯洛(J. S. Henslow)教授的推荐下,以“博物学家”的身份自费搭船参与考察。这艘军舰于1831年12月起航,穿越大西洋、太平洋,经过澳大利亚,越过印度洋,绕过好望角,于1836年10日回到英国(图1.3)。



图 1.3 贝格尔号与贝格尔号航行路线

贝格尔号只有 20 多米长,载重量 200 多吨,在茫茫大海里就像一片树叶,非常危险。达尔文踏上这条船,冒着巨大的风险做他喜欢的事情,体现了一种志向、一种追求、一种精神,没有这一切,就没有以后的一切。上船时他带着两本书,一本是赖尔(C. Lyell)的《地质学原理》,另一本是《圣经》。可以说达尔文上船之前还是信教的,但之后的航行生活改变了他的信仰。

贝格尔号的环球考察持续了 5 年,其中 3 年多时间停留于南美洲,用来测量南美洲的海岸线。当船在海上测量时,达尔文常常花上数周到陆地上采集动物标本和化石标本。

加拉帕戈斯群岛(Galapagos)由 19 个火山岛组成,岛屿本身由巨大的海底火山喷发形成,从南美大陆延入太平洋约 1 000 公里,横跨赤道,是四股主要洋流的汇合处。当贝格尔号来到加拉帕戈斯群岛时,达尔文发现岛上生活着各种各样的生物,多数生物举世无双,各岛之间虽只相距八九十公里,但每个岛上的生物都不一样:岛上有许多燕雀(图 1.4),但它们的鸟喙形态、大小各异,可以吃不同食物;有的雀喙尖细,专吃昆虫;有的雀喙短粗,可啄食坚硬的种子;还有其他形状的雀喙,可以吃多种食物,如幼芽、树叶、昆虫等。加拉帕戈斯群岛的陆龟(图 1.5)给达尔文留下了深刻的印象,他曾深为这种庞大的动物所着迷。当地人告诉他,看到一只陆龟就能判断出它来自哪个岛,因为加拉帕戈斯群岛中不同岛上的陆龟形态都不同。

这些现象使达尔文对“上帝造物论”产生了怀疑:上帝为什么要如此麻烦地在这么小的一块地方造出如此众多不同的生物?从而激发了他开始思考物种形成的问题:这些不同的燕雀可能是南美洲大陆同一种燕雀的后代,为了取食当地的食物而演化出不同的形态,即一种动物会演化出许多不同的新种。

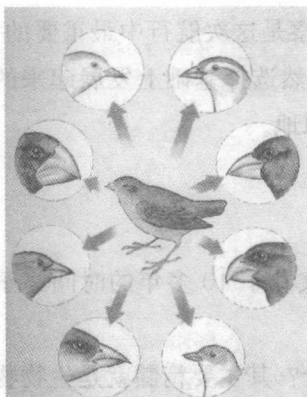


图 1.4 加拉帕戈斯燕雀

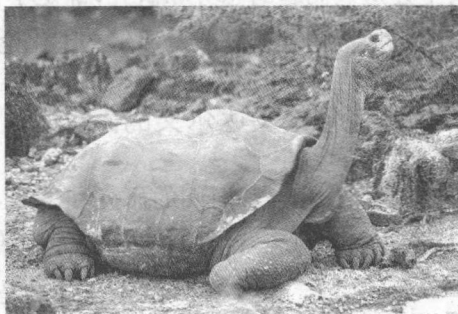


图 1.5 加拉帕戈斯群岛的陆龟

同时,达尔文也通过化石发现同一大陆已绝迹的生物与现存的生物间有着绝妙关系。最明显的一个物种就是犰狳,达尔文在南美洲挖到了一些已灭绝的犰狳(图 1.6)的化石,它与当地现生的犰狳(图 1.7)的骨架几乎一样,但是要大多得多。在他看来,可以认为现今的犰狳就是由这种已经灭绝的大犰狳进化而来的。

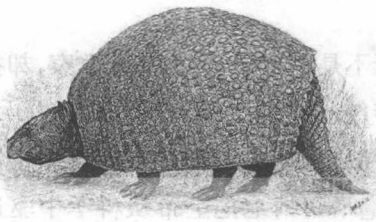


图 1.6 灭绝物种犰狳的复原

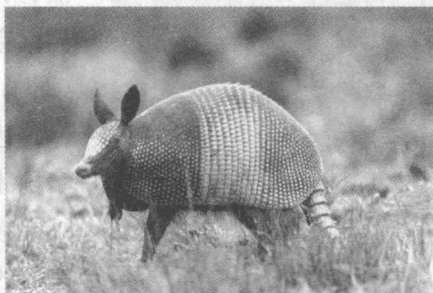


图 1.7 现今生存于南美洲的犰狳

另外,达尔文也发现相邻地区生活着相近的物种,从北到南可排成系列。距离越远,区别越大,可见地理隔离与物种变化关系密切。不同生物为适应环境,往往演化出特别的特征。如啄木鸟的爪适于爬树,长而坚硬的嘴适于到树洞内捉虫;带绒毛的树木种子更易于传播;鼠类若长期生活在地下,则几乎都会成为瞎子。

当达尔文穿越南美洲大草原时,他注意到某种鸵鸟逐渐被另一种不同的、然而很相似的鸵鸟所取代。每个地区都有既不完全相同但又相似的特有物种。这与其说是上帝创造的结果,不如说是同一祖先在处于地理隔绝状态下分别进化

的结果。

对达尔文来说,在加拉帕戈斯群岛上进行的考察是这次航行中最重要的一站。正是对上述这些问题的思考和研究,确定了他在自然选择基础上发展起来的生物进化理论。加拉帕戈斯群岛是达尔文进化论的发源地。

## 达尔文进化论及达尔文的困惑

下船后,经过相当长时间的研究和思考,达尔文花了 10 多年的时间终于完成了一部巨著《物种起源》,由此奠定了生物进化论。

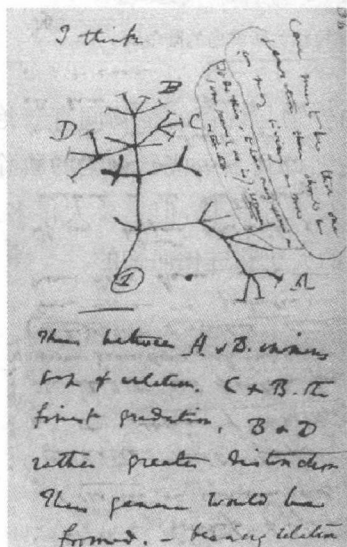


图 1.8 达尔文进化树手稿 当时达尔文正埋头苦思物种从亲本中分离出去以后如何形成新物种的问题。这幅图展示了达尔文对于物种分化的看法:一个物种经过一段时间会变化,然后会分化;每一个物种经过一段时间都会分化

什么是进化论?其主要精髓就是生物物种会变化、生物的物种会分化。“变化”和“分化”是进化论最重要的四个字。达尔文进化论的创新处主要体现在哪些方面?

首先他相信物种是变化的,所有生物都来自于它们共同的祖先;第二,自然选择是生物进化的驱动力,那些不适应环境的生物不断地被淘汰;第三,生物通过变异产生性状分歧,有利的变异保存在基因库里,使得生物能产生新的适应(图 1.8)。

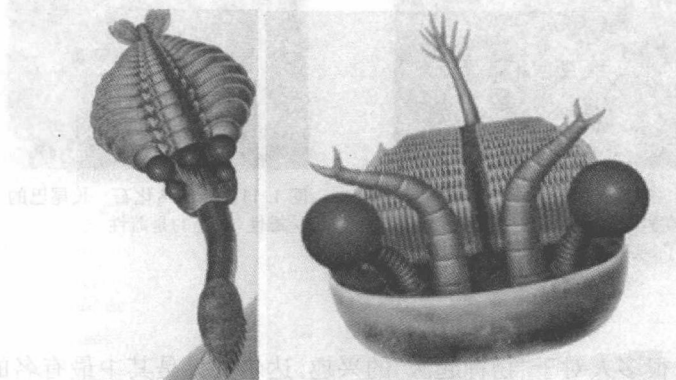
达尔文既不是思想家,也不是哲学家,却扛起了挑战西方传统思想的大旗,斩断了 2 000 多年来宗教束缚的思想,完成了哲学家和思想家没有完成的革命,毫不留情地把上帝从科学中驱逐出去,这样的卓越贡献必然要载入史册。他知道与他同时期的以及之前的科学家,也多次想提出与他类似的想法,却遭到了宗教的迫害。

但是,达尔文也有忧心忡忡的问题,最让他担心的问题主要有这样几个。第一,达尔文曾经说过:如果任何复杂器官不是从无数连续微小的突变而来,“我的学说将要瓦解”;其次,如果自然选择需要借助突变进化过程才能说得通,达尔文表示“我将弃之如粪土”;第三,他认为,如果任何步骤须加上神奇的进步(所谓的神创论),那么自然选择论就分文不值。他举例,“寒武纪生命大爆发”现象仍未能解释,而且确实可用来作为证据打击他的观点。他不明白为什么三叶虫在寒武纪突然出现了?

### 三叶虫起源的最新研究成果

最新研究表明:三叶虫祖先可能类似于节肢动物,如斯普里格蠕虫或其他隐生宙埃迪卡拉纪时期类似三叶虫的动物。早期三叶虫与伯吉斯页岩和其他寒武纪的节肢动物化石有许多相似之处。因此三叶虫与其他节肢动物可能在埃迪卡拉纪和寒武纪交界之前就有共同的祖先。三叶虫发展迅速,在寒武纪晚期达到繁盛时代。为适应不同的生活环境,形态演变多种多样。

使达尔文不寒而栗的问题是动物的眼睛,眼睛怎么会产生?寒武纪早期的一些节肢动物的眼睛(图 1.9)不是一下子就出现的,而是有一个漫长的历史。与达尔文进化论对抗的如“智慧设计”论者,否定眼睛这样精确和复杂的器官可以进化出来。在寒武纪出现的有眼动物,有不少动物的眼睛类似于现生昆虫的复眼,这种结构在寒武纪以前的化石中是找不到的。



欧巴宾虫有 5 只眼,  
分类不明

节肢动物萨罗托虫,伸出 2 只大眼

图 1.9 寒武纪早期一些节肢动物的眼睛

达尔文深感困惑的问题是,很多生物的中间类型很难找到。另一个问题也使达尔文非常犯难,羽毛怎么产生的,有什么意义。达尔文自己认为最疏忽的问题是,他在早期比较多地推崇自然选择,实际上还有一些既无益又无害的驱动力。他注意到自然界中存在着突变,但是与缓慢的渐进相比,他认为突变是微不足道的。

### 化石:了解生物进化最可靠的证据

生物多样性究竟是从哪里来的?这是一个今天需要回答的问题。

到目前为止,全世界已描述过的物种将近 200 万种,其中,植物 26 万种,昆虫 75 万种,脊椎动物 50 万种,还有其他一些物种。那么,到底世界上有多少物种呢?至今没有一个可靠的数据。有估计 500 万,甚至 3 000 万种或更多。大部分尚未被命名,已命名过的史前生物(化石)只有约 50 万种,而这仅仅是地质历史时期全部生物的 1%,所以我们还有大量的工作要做,下面是一些来自化石的证据(图 1.10、图 1.11)。

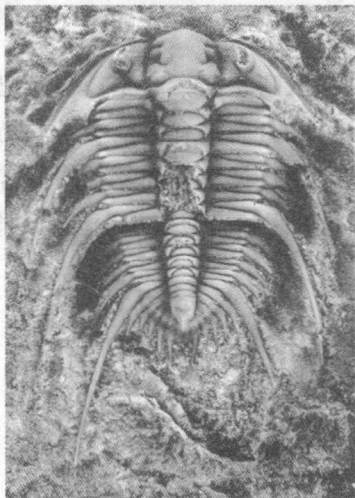


图 1.10 寒武纪的三叶虫 这样的三叶虫你在野外发现时一定会惊呼,因为太难得了,头、胸、尾在一起保存,没有分离



图 1.11 孔子鸟化石 长尾巴的是雄性,短尾的是雌性

化石引发了很多人对于“物种起源”的兴趣,达尔文只是其中最著名的一个人。化石很清楚地显示了在遥远的过去,地球上生存着一些与现在完全不同的物种。在地质历史的不同时期,许多物种灭绝了,许多新物种又诞生了。

化石是地球历史的见证者,要了解生物的进化过程,最可靠的证据就是从地层中出土的古生物化石。目前发现的化石记录证实,生物的确是适应环境、进化的结果。虽然化石记录还不完备,但它是客观可信的,是栩栩如生的。没有这些化石,演化进程和模式是很难相信的,或者说是不可能相信的。

首先,让我们来了解一下地球的地质年表(图 1.12)。距今 5 亿多年以前是太古代和元古代;其后是早古生代和晚古生代,距今 5.4 亿年到 2.5 亿年;然后是中生代,从距今 2.5 亿年到 6 500 万年(即恐龙大灭绝时期);距今 6 500 万年到现在是新生代。

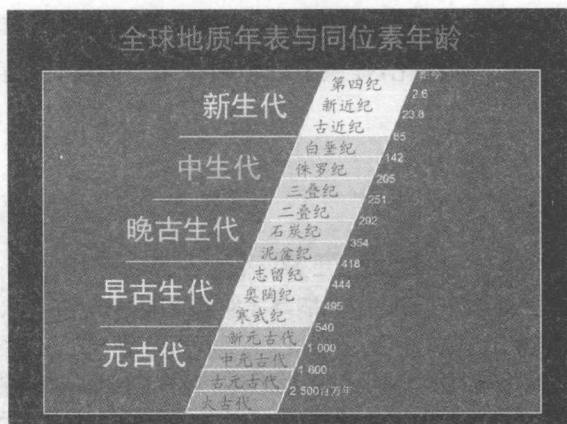


图 1.12 地球的地质年表

如果用一天 24 小时作为生物进化的全部进程,而将大约诞生于 38 亿年之前的地球生命起源时刻作为零点的话,那么单细胞生命诞生于凌晨 4 点,多细胞生命则诞生于晚上 8 点。从早上 4 点到晚上 8 点,经历了这么漫长的时间,地球上始终非常平静,直到大概晚上 9 点 15 分左右,即 5 亿多年前寒武纪生命开始大爆发。随后,地球上出现了很多无脊椎动物。再紧接着有两次很著名的生物大灭绝事件,第一次是 2.5 亿年前,当时全球有 95% 的物种灭绝;另一次是恐龙大灭绝,发生在 6 500 万年前,以恐龙为主的大型爬行动物永远离开了地球。哺乳动物诞生于晚上 11 点 40 分,而人类则是在最后一分十几秒才出现的。人类的出现极其偶然,有人说就好比投一万次骰子,必须每次都六点全部朝上才代表人类出现,而这种概率极其微小、极其偶然。

### 寒武纪生命大爆发

从生命起源到寒武纪生命大爆发,经历了一个十分漫长的过程,将近有 30 亿年时间。最古老的原核生物、真核生物和叠层石都是在距今 5 亿年以前出现的,5 亿年以后出现了大量以三叶虫为标志的生物,那就是寒武纪大爆发时期。而对寒武纪之前生命的了解,来自在贵州瓮安发现的距今 6 亿年前后的多细胞生物化石——瓮安生物群(图 1.13)。它的发现不仅为解决“寒武纪生命大爆发”之谜提供证

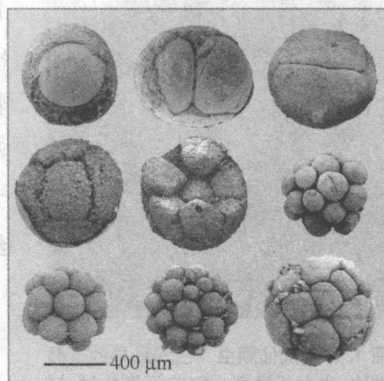


图 1.13 华南保存的 6 亿年前后多个多细胞生物化石库(瓮安生物群)

据,还使进化论走出理论困境,更重要的是,它为探究包括两侧对称动物在内的后生动物起源和地球早期生命演化,提供了一个独一无二的窗口,有着重要的地质学和生物学意义。

## 瓮安生物群

发育于贵州省瓮安地区震旦纪陡山沱期含磷地层中的一个多门类、种属丰富、类型多样、保存完美的晚前寒武纪化石生物群。20 世纪 80 年代以来,经过 20 多年的研究,发现瓮安生物群不仅包含具细胞组织结构和组织分化的多细胞藻类原叶体、多细胞藻类集合体、丝状藻类、球状藻类、疑源类等化石,还包括后生动物休眠卵和胚胎化石以及早期后生动物的遗体或遗迹等化石。

在距今 5.4 亿年之后的早古生代是海生无脊椎动物的繁盛时代,诸如节肢动物门的三叶虫和腕足动物门等动物几乎遍布整个海域。其时,从底栖、游泳到浮游生物,很多类群都有代表。这些丰富多彩的生物几乎突然出现于寒武纪早期,不但生物数量巨大,而且门类也迅速丰富,由较单一的单细胞生物,在短时间内发展成与现今生物门类相当的复杂生物群,被称为“寒武纪生命大爆发”。如今地球上大多数动物的祖先,差不多都在那个时代诞生了,开始了各自的进化历史。这样的推断来自于在云南澄江县发现的“澄江动物群”。

“澄江动物群”是目前世界上发现的最古老、保存最完整的软躯体海洋动物化石群,曾被国际学术界列为“20 世纪重大科学发现之一”。自 1984 年发现以来,科学家在这里发现了 40 多门、80 多种动物。更为难得的是,这些化石保存了动物的软躯体构造,首次栩栩如生地再现了远古海洋生命的壮丽景观和现生动物的原始特征,以及大量的复杂生物的特征,如大脑和骨骼,为“寒武纪生命大爆发”研究提供了直接证据(图 1.14)。



图 1.14 抚仙湖虫 已知最早的节肢动物,生存于海底。它曾经挣扎过,尾巴往右边甩去,但是回天乏力

谁是最早的脊椎动物呢?中国的古生物学家开始在澄江动物群中寻找最早的脊椎动物。有些学者认为云南虫(图 1.15)很可能是脊椎动物的祖先,后来又发现了海口虫(图 1.16)。有专家说,