



走近科学
APPROACHING SCIENCE



探索与发现丛书

进化的秘密

— CCTV《走近科学》编辑部 编 —

- 生命大爆发 ■ 生死白垩纪 ■ 进化的故事
- 进化之千姿百态 ■ 进化之飞行 ■ 进化之繁衍 ■ 进化之内脏
- 进化之眼睛 ■ 进化之皮肤 ■ 进化之下颌 ■ 神秘的自然

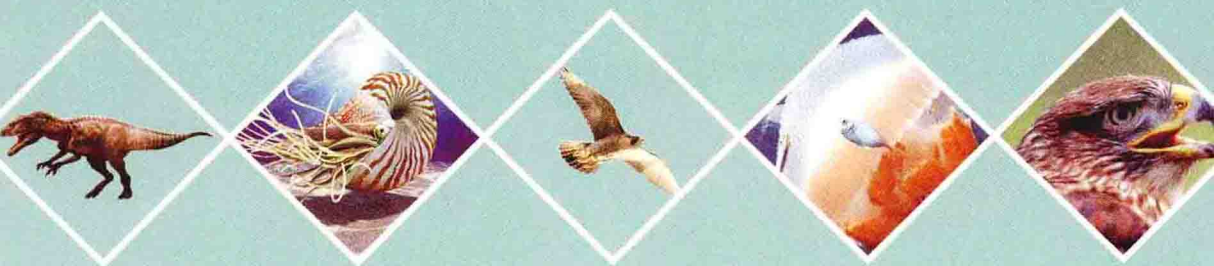


长江出版社
CHANGJIANG CHUBANSHE



探索与发现丛书

CCTV TANSUO YU FAXIAN CONGSHU



进化的秘密

CCTV《走进科学》编辑部 编

长江出版社

图书在版编目(CIP)数据

进化的秘密 / CCTV《走近科学》编. —武汉:长江出版社, 2014.4

(CCTV 探索与发现丛书)

ISBN 978-7-5492-2561-3

I. ①进… II. ①C… 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(2014)第 062722 号

JINHUA DE MIMI

进化的秘密

CCTV《走近科学》编辑部 编

责任编辑: 高伟

装帧设计: 泽雨

封面设计: 张亮

出版发行: 长江出版社

地 址: 武汉市解放大道 1863 号

邮 编: 430010

E-mail: cjpub@vip.sina.com

电 话: (027)82927763(总编室) (027)82926806(市场营销部)

经 销: 各地新华书店

印 刷: 四川省南方印务有限公司

规 格: 700mm × 1000mm 1/16

版 次: 2014 年 5 月第 1 版

印 次: 2014 年 5 月第 1 次印刷

印 张: 10

字 数: 200千字

书 号: ISBN 978-7-5492-2561-3

定 价: 26.00 元

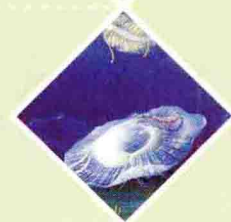
目录



生命大爆发 / 1



生死白垩纪 / 13



进化的故事 / 33



进化之千姿百态 / 43



进化之飞行 / 59



进化之繁衍 / 77



目录



进化之内脏 / 93



进化之眼睛 / 111



进化之皮肤 / 129



神秘的自然 / 147



[生命大爆发]

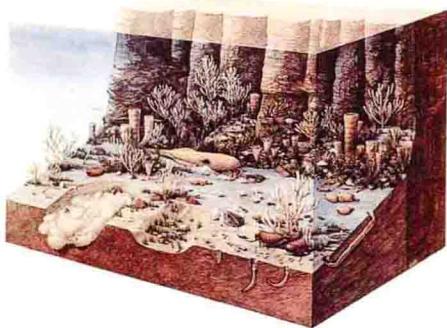




发现动物化石

1984年，研究古生物的云南大学的侯先光院士看到一份帽天山生物化石的资料。他心有所感，立即从南京来到云南，直奔帽天山。他风里来雨里去，上山下坡辛苦寻找，一连十几天都没收获。

功夫不负有心人。1984年7月1日，侯先光在帽天山西山坡劈开一块石头后，带有一条奇特软体纳罗虫的化石显露出来。



寒武纪早期海洋地质横切面

他激动得几乎惊叫起来，根据丰富的专业知识判明，这是一块寒武纪早期的无脊椎动物化石。

在随后的一个多月时间里，侯先光又发现了大量的动物化石。

1985年11月，侯先光与其

纳罗虫：分布于距今5.3亿年前寒武纪海洋的无脊椎动物，是目前已知最古老、最完整的软体动物。以纳罗虫化石为代表的澄江生物群的发现，为寒武纪生命大爆发提供了新的佐证，也为研究生命起源、无脊椎动物的演化提供了科学依据。





导师——地质古生物学家张文堂合写的《纳罗虫在亚欧大陆的发现》一文，发表的古生物学报上。他们把在帽天山发现的众多古生物化石命名为“澄江动物化石群”。

这一发现轰动了国际古生物学界。

帽天山上发现的动物化石群犹如一本天书，记载着生命演化的巨大奥秘。它透露了这样的天机：地球在寒武纪早期经历了一场爆发式的生物演化，在短短 300 万年时间里，几乎所有现生动物门类的祖先以及许多已经灭绝的生物门类的代表，都在那次大爆发中出现了。

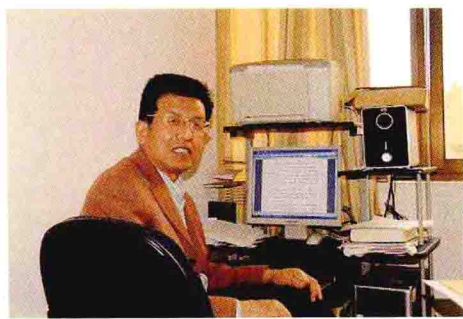
这一事件被科学家称之为寒武纪生命大爆发。

为什么在地球生命历史上会出现如此奇妙的演化？它的过程又是怎样的呢？

1859 年，英国伟大的生物学家达尔文发表了科学巨著《物种起源》，创立了进化论。达尔文的进化论认为：生命的形成和发展是以自然选择为动力，自然选择通过遗传变异，推动生命存在形式由低级向高级、由简单向复杂进化，而且这个进化过程是渐变的、定向的。

虽然这种理论在很长一段时期内占据着主导地位，但也有一些科学家提出质疑，认为生命的演化不止是渐变，还存在受外部条件影响出现的突变，只是长期以来，人们找不到生命突然爆发的确切证据。

一个多世纪过去了，在中国云南澄江出土的动物化石群，以丰富、生动、形态各异的化石形象展现了寒武纪早期地球生命大爆发的过程，为人类认识无脊椎动物的生命演化提供了可观、直接的证据。



古生物专家侯先光



澄江动物群化石发现点

寒武纪生命大爆发同以前生命极其缓慢的演化，形成了鲜明的对比。通过天文、地质、物理、古生物等诸多学科科学家的综合研究探知，地球迄今已存在 46 亿年。在距今约 38 亿年的时候，地球上开始出现生命的迹象，那是海洋中单

细胞的原核生物。但这种结构简单的原核生物，在随后的 30 多亿年中几乎没有变化。

生命的起源

寒武纪到来了，也是古生代的开始。

古生代的意思是古老生命的时代，这时，生命演化的缓慢过程中断了。地球上突然出现多门类、多细胞的高等生命，它们迅速地发展出形体多样、构造复杂的类群，这使地球上的生物世界完全改观。

从此，在广袤的地球海洋里，开始上演生命大爆发的精彩剧目。

从科学家们找到的古生物化石看，澳大利亚埃迪卡拉生物是最早登台

▼ 词 彙 ▲

原核生物：由原核细胞组成的生物，包括蓝细菌、细菌、古细菌、放线菌、立克次氏体、螺旋体、支原体和衣原体等，拥有细菌的基本构造，并含有细胞质、细胞壁、细胞膜、以及鞭毛的细胞。原核生物中，支原体是唯一不具有细胞壁的原核生物。





的演员，可惜它们的演出不成功。

1947年，地质学家在澳大利亚弗林德斯山脉发现前寒武纪末期化石。他们劈开褐色的薄层泥岩，发现许多不同动物的印模化石。有的像水母蠕虫，有的像珊瑚动物以及其他动物。这些动物没有骨骼、没有腿脚，甚至没有消化器官。科学家把这一动物群命名为埃迪卡拉动物群，代表生活在5.8亿年前海洋中的生物群。

这类生物与后来的生物世界没有任何联系。它们的出现是偶然的，至多是透露了生命大爆发即将到来的某种信息。

加拿大不列颠哥伦比亚省发现的布尔吉斯化石群，在寒武纪生命大爆发中扮演了配角。

1909年7月，美国史密逊研究院自然博物馆馆长、古生物学家维尔卡特在加拿大布尔吉斯山的岩层中，发现了距今5.15亿年的化石。其后的10多年里，维尔卡特在布尔吉斯山多次挖掘采集了6万多块化石标本。

这些化石表现了寒武纪中晚期多门类、多细胞动物的蓬勃发展状况。由于此前科学家还没有发现过如此大规模反映寒武纪生物突变的证据，因此，布尔吉斯动物化石的发现，具有很重要的价值，在科学界产生了极大的震撼，被誉为加拿大五大国际奇迹之一。布尔吉斯作为国际重要的科学遗址列入世界自然遗产名录。

但是，布尔吉斯动物化石大部分已经变质。动物体被压得扁平，许多信息丢失了，难以观察到生物体的构造细节。从它们身上科学家看不到生命大爆发的真实面貌。

生命大爆发舞台上真正的主角是澄江动物群。

澄江县帽天山



帽天山动物化石



埃迪卡拉生物化石

代距今 5.3 亿年。它们生活的年代晚于埃迪卡拉生物群，但早于布尔吉斯生物群。它填补了这两者之间大约 8000 万年的古生物资料的空白。

古生物学家们在澄江动物化石中，发现了 200 多种动物。

令人惊奇的是，现今地球上所有门类的动物，包括人类在内，都可以在这些动物中找到它们的远祖。

人类是脊椎动物家族中的一员。脊椎动物的远祖赫然立在澄江动物群中，它的名字叫云南虫。

云南虫最重要的器官是一根贯穿全身的软管，生物学家称其为脊索。正是这根软管最终演化为脊柱，形成庞大的脊椎动物家族，并且从中走出了能够认识世界和改造世界的人类。

1995 年，古生物学家陈均远等研究者在英国《自然》杂志上率先提出：云南虫可能是脊索动物的最早祖先。而在此之前，布尔吉斯页岩生物群中的皮凯亚虫，曾被认为是最早的带有脊索构造的生物。

因此，陈均远这一论点，将脊索动物在地球上出现的历史向前推进了 1500 万年。

1997 年 8 月，古生物学家在海口地区进行野外考察时，发现了与澄江动物化石群中的脊索动物云南虫大不一样的东西。他们认定这是一条鱼的化石，并取名为海口鱼。

化石显现，这些最早的鱼有头颅、原始脊柱和双室型心脏，有发达的肌节和鳍条，还有一对大眼睛，能在海水中游泳。它属于最早的脊椎动物。

1999 年，昆明鱼、海口鱼化石被英国《自然》杂志称赞为“逮住第一鱼”。

据统计，我们今天生活的大自然中，约有植物 40 万种、动物 100 万



种。在芸芸众生中，生物通过复杂的能量流通和物质循环，构成一个生态系统。

那么，在 5.3 亿年前的澄江动物群中，那些当今动物的远祖是怎样形成一种生态循环的呢？

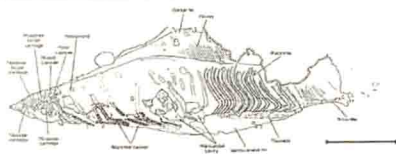
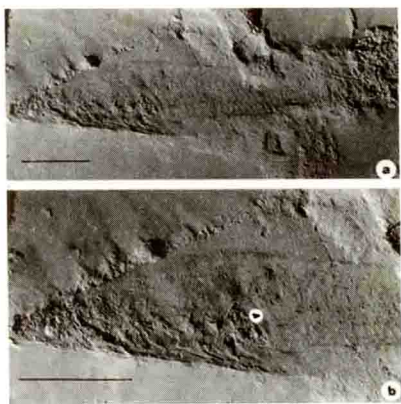
澄江动物群化石不但让人们看到了当今动物的远祖模样，而且还生动地展示出寒武纪早期海洋中奇妙的生态系统。

当我们观察现代海洋动物时，最令人迷惑不解的是那些身体表皮长满棘刺的各种棘皮动物，如彩色海星、海参、海胆等。这些看起来非常像植物的动物美丽多彩，它们是从哪里演化出来的呢？

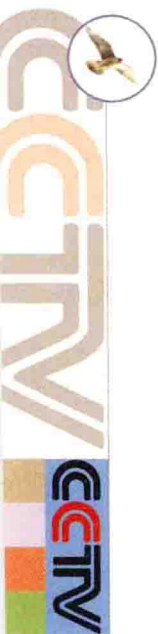
从澄江动物群中可以找到它们的先祖，那就是各种各样的古囊虫。这些古囊虫和其他大小只有几毫米到几厘米的动物一样，以泥沙为食，它们构成了生态系统食物链的底端。

在寒武纪的海洋中，在各类柔弱的蠕虫旁边，游弋着强大的猎食者，奇虾是其中最突出的代表。奇虾身长可达 2 米以上，相当于一条巨大的鳄鱼。它硕大的口腔里长有坚硬的牙齿，张开时口径可达 25 厘米，可以吞食当时任何大型生物。奇虾头部有一对带柄的大眼睛，身体呈流线型，背腹扁平善于游泳。它还有一对巨大的爪子，那是它战无不胜的武器。它主要攻击对象是水中的大型动物，是名副其实的巨无霸。

古生物学家根据对这些动物化石的分析发现，在寒武纪早期，海洋的



▶ 海口鱼化石



CCTV 探索与发现丛书

CCTV TANSUO YU FAXIAN CONGSHU

生态系统已经相当完整。在寒武纪初期的海洋舞台上，云南虫、昆明鱼、微网虫、三叶虫和奇虾等，上演了无比精彩的戏剧：生命大爆发。

现今地球上所有动物的先祖都登台表演了。正是它们的登台它们的演出，创造了无比壮丽的生命系统。这场创造生命系统的精彩演出经历了约300万年。这300万年，仅相当于生命历史38亿年的一千分之一。如果生命历史是一天，这300万年只是一分钟。

这就是寒武纪生命大爆发。

生命漫长演化

寒武纪生命大爆发虽然表现得很突然、短暂，但却经历了极其漫长的酝酿过程。

在可见的宇宙中，地球是生命的唯一家园。

地球诞生于46亿年前，那时，地球与太阳的距离只有现在的十分之一。地表温度高达 700°C ，到处喷洒着灼热的岩浆。如此严酷的环境不可能存在生命。



寒武纪早期水下景观图

距今38亿年时，地表温度降到 38°C 左右。海水中的物质发生了化学

三叶虫：最有代表性的远古生物，出现于距今5.6亿年前的寒武纪，至2.4亿年前的二迭纪完全灭绝，前后在地球上生存了3.2亿多年，其中一些三叶虫进化出了脊椎似的结构。三叶虫化石被用做标准化石，以此来确定含有石头的年代。





变化和改组，生命开始萌发，并诞生了最早的生命：细菌。

距今 25 亿年，出现了多细胞植物藻类。

又过了 10 亿年，海洋中诞生了新型植物：绿藻。

绿藻有一个至关重要的功能，就是能够产生比较多的氧气。这时大气中逐渐形成臭氧层，它可以阻挡紫外线和宇宙射线直接照射而杀死脆弱的生命。

距今 7 亿年的时候，气候变温暖了一些，原生生物在浅水处繁殖起来。

距今 5.8 亿年时，出现了埃迪卡拉生物。这种生物最后完全灭绝了，但它传达出了灿烂的生命体系即将诞生的讯息。

到寒武纪初期，生命大爆发的条件完全齐备了。

生命离不开氧气。海洋藻类几十亿年的光合作用，生产出越来越多的氧气。到寒武纪初期，大气中氧气含量已达 10%，约为现代氧气含量的一半。

生命离不开磷元素。由于大陆上的岩层被雨水长期冲淋，磷元素逐渐聚集到海洋中。

被发现和挖掘出澄江动物化石群的帽天山一带，磷矿品位高达 30% 以上，总储量达 6 亿多吨。这足以为生命体的生成和发展提供无穷无尽的磷元素。

生命离不开适当的温度，生物最适合的温度范围在 0°C 到 45°C 之间。

在寒武纪之前，地球上出现过长达 6000 万年的冰期。冰雪把整个地球包裹起来，厚厚的冰把绝大部分日光反射回宇宙空间，地球表面温度一直在零下 50°C 左右，当时的生物只能在低温中勉强度日。

寒武纪早期，冰雪消融，地表开始升温，赤道附近的海洋水温达 20°C 以上，非常适合生物大规模生长。

外因是变化的条件，内因是变化的根据。生命大爆发的根据还是在生物体内部。种瓜得瓜种豆得豆，是生命传承的普遍现象。

决定这种现象的根本力量是生命体内部的基因。基因有多种，最重要





的是同源异形框基因，它是生物多样性的设计师，能精确安排生物体各部分的形成位置和发育次序。

这种基因的多少决定着生物构造的复杂程度。同源异形框基因数量越多，动物造型就越复杂。

寒武纪初期，同源异形框基因已经增加到 8 个左右，这是生物多样性得以爆发出来的重要根据。另一个内部根据是，生物的有性繁殖。

一般生物繁殖后代，无性繁殖比有性繁殖简单、省力，是一种一分为二的方式。有性繁殖的优势是后代多，一次可繁殖成千上万的后代，另一个优势是增加基因变异量。

地球历经了几十亿年的演化，到寒武纪初期，生物的有性繁殖已经很普遍，从而使物种个体数量激增和不同种类的爆发成为可能。

万事俱备只欠东风，只欠一股来自宇宙的东风把五彩缤纷的生命之花吹开。

东风正好到来，它是某种恰到好处的宇宙射线。

寒武纪初期，太阳和地球恰好处在银河旋臂中。这时地球可以接收到来自银河旋臂内很多恒星的宇宙射线。这些宇宙射线经过臭氧层和海面水体吸收过滤后，恰到好处地成为生命机体变异的激发器。

几十亿年的酝酿、演化，遇到寒武纪初期宇宙射线，凝聚着的生命力

同源异形基因：在胚胎发育过程中将空间特异性赋予身体前后轴不同部位的基因，进而影响细胞分化。同源异形基因在胚胎发育中起着类似万能开关的作用，保证生物在正常的位置发育出正常形态的躯干、肢体、头颅等器官。





量爆发了，广袤的海洋中出现了五彩缤纷的生命世界。

生命遭遇灾难

生命大爆发后，动物王国的居民们享受着生存的自由和快乐。



帽天山古生物化石馆

但是，无论是云南虫、昆明鱼、奇虾还是怪诞虫都不会想到，它们和它们的子孙会面临多少灾难和浩劫。

宇宙的威力实在太大了，它可以满怀热情地将生命托起，也可以轻而易举地将生命毁灭。

澄江动物群就是死于一场巨大的风暴之灾。

我们看到，在抚仙湖虫和纳罗虫化石的肠胃里，充满了未消化的食物，表明它们是在享受美餐盛宴时非正常死亡的。

蠕虫死亡后，它的部分躯体还在虫管里，表明它们是在巢穴里被埋葬的。

微网虫、贫腿虫的化石告诉人们，它们是站立觅食时突然死亡的。

一块昆明鱼化石呈弯曲状，鱼头向下，鱼尾上翘，保留着死前痛苦挣扎的形状。由于强力挣扎，鳃囊因灌进大量泥沙而明显鼓胀，表明这条鱼

宇宙射线：来自外太空的带电高能次原子粒子，它们能够产生二次粒子穿透地球的大气层和表面。有的科学家认为，宇宙射线通过改变低层大气中形成云层的方式来促使地球变暖。还有科学家认为，宇宙射线很可能与生物物种的灭绝与出现有关。



是被活埋的。

地质学家们仔细分析了埋葬化石的岩层，发现这些岩层是由细颗粒泥岩组成。

据分析，澄江动物群所在海洋旁的陆地，经过几十万年甚至上百万年的风化剥蚀，堆积了厚厚的粉砂，厚度可达成百上千米。

在暴风雨来临时，陆地上大量的泥沙冲向海洋，越过风暴进入浅海，截断了三叶虫、纳罗虫、蠕虫等低等动物的氧气供应，它们便窒息死亡。

动物被掩埋后立刻同氧气隔绝，细菌等微生物来不及分解，或是缺少微生物和食腐动物，导致这些生物永远完好地留在泥沙里。即使处于生态系统金字塔顶端的奇虾，也难逃厄运，在几亿年的地质作用下，形成化石永久地保存下来。

经过亿万年沧桑巨变，当年埋葬寒武纪动物群的深海沉积物被抬升了2000多米，形成了状如草帽的帽天山，为世界保留了一本生动记录寒武纪生命大爆发的无字天书。

为了回答“生命从何而来”、“最初的生命怎样演化为人类”这些天问，一代又一代的科学家都在研读生命天书。

达尔文是最杰出的生物学家之一，他创立的进化论为破解生命天书作出了重要贡献。可惜达尔文把生命进化的渐变性绝对化了。

他无法理解生命进化中，有飞跃和突变现象的存在。他最担心寒武纪生命大爆发的研究会挑战他钟爱的进化论。

达尔文担心的事情果然发生了，寒武纪生命大爆发已经得到证实。

但是他完全不必为此懊恼，因为像宇宙间一切事物的变化那样，生命的演化也是既有量变也有质变，既有缓慢的进化也有突然的飞跃和爆发。

寒武纪生命大爆发的研究，不是否定了进化论，而是发展、完善了进化论，使人们对生命天书的破解大进一步。

