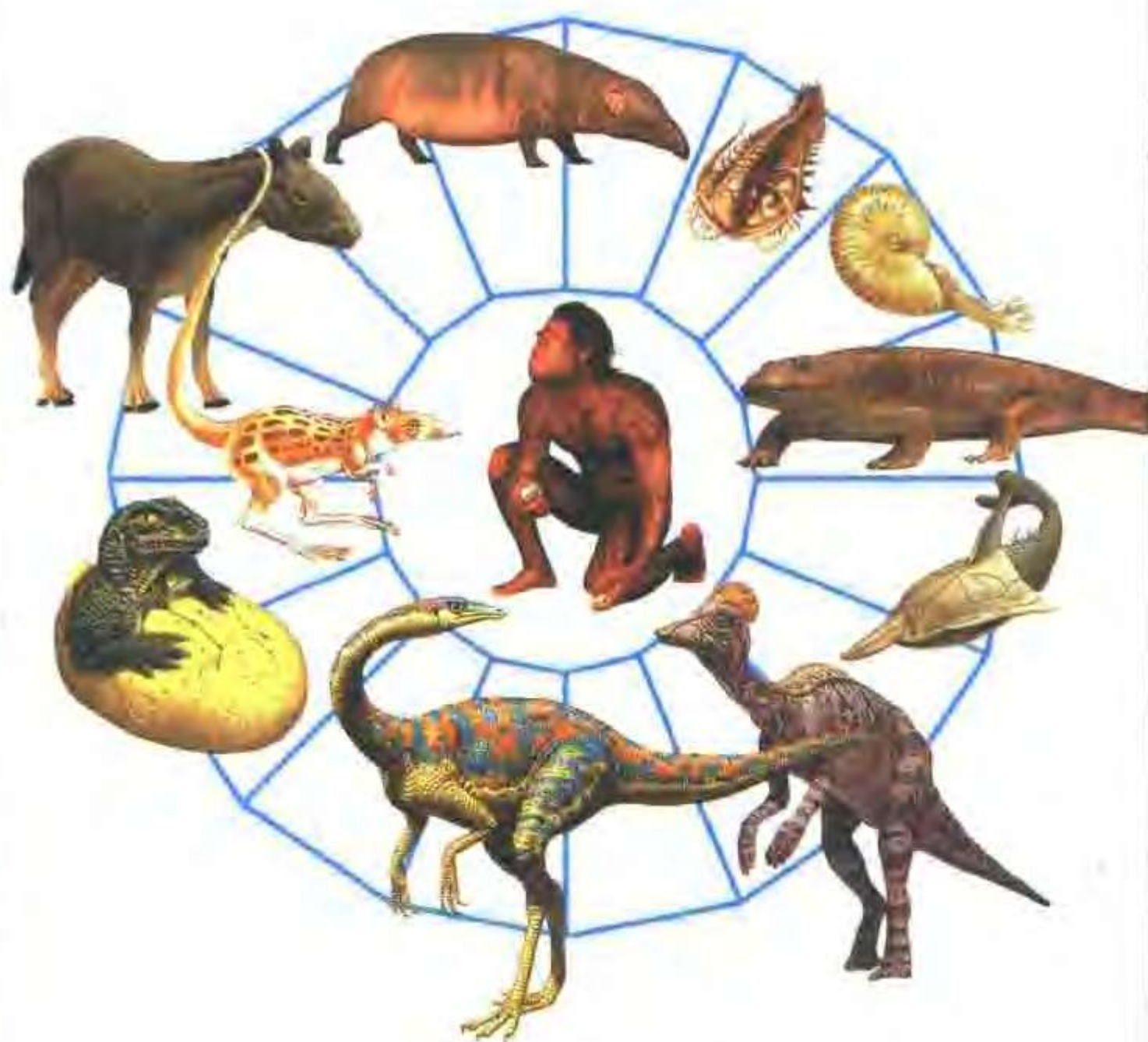


澄江动物群——辉煌的生命序幕

远古生命探秘

王绍芳 陈爱林 翟红
杨应康 周长生

编著



气象出版社

远古生命探秘

王绍芳 陈爱林 翟红 编著
杨应康 周长生

气象出版社

内 容 简 介

我国西南边陲的云南素以秀丽的风景闻名于世，而近十几年来云南省中部的澄江县以出土了大量、丰富和门类齐全的早期古生物化石令世人瞩目。本书介绍了被誉为“20世纪最惊人的科学发现之一”的澄江动物群及发现过程和研究成果，使人们能较为感性地了解地球早期生命和著名的“寒武纪生物大爆发”，从而对生命的起源和演化有更为科学的认识。

本书适用于广大青少年及生物爱好者。

图书在版编目 (CIP) 数据

远古生命探秘/王绍芳等编著. —北京:气象出版社, 2000.1

ISBN 7-5029-2833-2

I. 远… II. 王… III. 远古-生命起源-研究 IV. Q10

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (1999) 第 68137 号

远 古 生 命 探 秘

王绍芳 陈爱林 翟 红 编著
杨应康 周长生

责任编辑:黄丽荣 终审:周诗健

封面设计:华艺 责任技编:刘祥玉 责任校对:张若军

气象出版社出版

(北京市海淀区白石桥路 46 号 邮编:100081)

北京市京东印刷厂印刷

新华书店总店北京发行所发行 全国各地新华书店经销

* * *

开本:787×1092 1/32 印张:2.875 字数:63 千字

2000 年 1 月第一版 2000 年 1 月第一次印刷

印数:1~6000 定价:6.50 元

ISBN 7-5029-2833-2/G·0881



澄江动物群产地
——帽天山

澄江动物群标志碑



产出澄江动物群
化石的岩层



节肢动物——强钳虫



三叶虫——始莱德利基虫



昆虫“远祖”——抚仙湖虫



线形虫动物——帽天山虫



奇 虾



腕足动物——德氏贝



古介形虫



足杯虫

原始甲壳动物
——等刺虫



腕足动物——日
射水母贝



纳罗虫



林乔利虫



水母状动物——伊尔东钵



古虫



云南虫



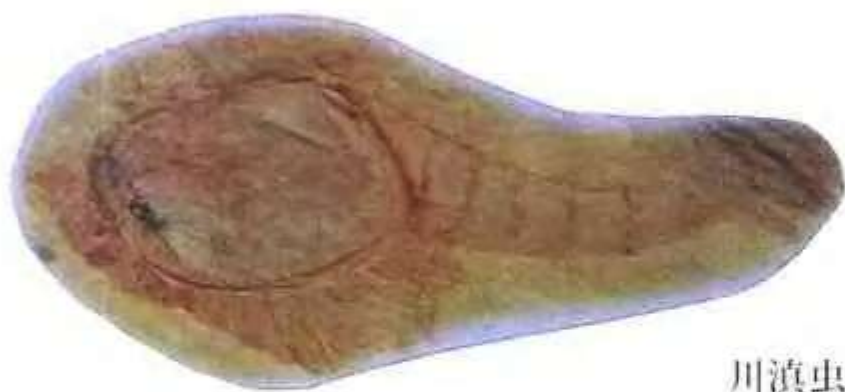
微网虫



活化石—小舌形貝



川滇蟲



川滇蟲（側視）

序 言

世界闻名的澄江动物群产地澄江县地处云南中部，离省会昆明 52 公里，属玉溪市管辖，位于北纬 $24^{\circ}29'$ 至 $24^{\circ}55'$ ，东经 $102^{\circ}47'$ 至 $103^{\circ}4'$ 之间。县境南北长 47.5 公里，东西宽 26 公里。全县总面积 755 平方公里，其中山地占总面积的 73.4%，水域占总面积的 18.6%，平坝占 8%，基本形成七山二水一平坝的格局。

澄江地形类似“H”形，全县地貌为中生代古夷平面被抬升、错断，经河流切割改造而成的滇中地区高原、丘陵地形。其山脉属云岭向东延伸辐射的正支乌蒙山系。最高点是位于境内西北部的梁王山主峰，海拔 2 820 米。最低点是南盘江与海口河交汇处，海拔 1 292 米。全县山脉多为南北走向，梁王山与太平山在中北部交汇，东部南盘江深切峡谷为温暖河谷地区，南北倾斜的凹陷部为坝子和湖泊，南部为澄江坝子和抚仙湖，北部为阳宗坝子和阳宗海。东、西、中为高低不一的山地。

距今 5.3 亿年前的澄江动物群就是埋葬于东部山脉的帽天山、马鞍山等区域，约 18 平方公里。1984 年 7 月中国科学院南京地质古生物研究所的研究员侯先光先生在帽天山采集高肌虫化石时发现埋葬于早寒武世海相泥质沉积岩中的这一动物群。从发现至今的十多年间，南京地质古生物研究所、西北大学、云南省地质科学研究所、北京自然博物馆等

单位的科学家和科研人员，都先后对澄江动物化石群进行了多次大规模考察和系统发掘，采集了近30 000多块化石标本。

澄江动物群的化石分属40多个门类，100余种动物，其中不仅有大量的海绵动物、腔肠动物、腕足动物、软体动物和节肢动物，而且有一些鲜为人知的珍稀动物以及形形色色形态难以归入任何已知动物门的疑难化石。为研究寒武纪早期动物大爆发及其这个时期动物的解剖构造、功能形态、生活习性、系统演化、生态环境、埋藏条件和保存方式提供了重要的实物依据。

澄江动物群不仅生物门类十分丰富，而且动物的软躯体保存极为精美、完整。它与澳大利亚埃迪卡拉动物群，加拿大布尔吉斯动物群并列为地球早期生命起源和演化实例的三大奇迹。澄江动物群再现了5.3亿年前海洋动物世界的真实面貌，被誉为“20世纪最惊人的科学发现之一”，帽天山被誉为“古生物圣地”，列入联合国教科文组织“全球地质遗址预选名录”。

经过我国科学家十多年的研究或跨国研究，成果丰硕，在国内外著名刊物已发表科学研究论文达120余篇。但是至今还没有一本针对青少年和普通大众介绍澄江动物群的普及性读物。现由北京自然博物馆和澄江动物化石办公室有关专家和科技人员编著的《远古生命探秘》，通俗易懂，图文并茂，让青少年、普通大众通过了解澄江动物群，认识地球生命起源及其演化，破除上帝造人等唯心史观，从而激发爱科学、学科学的信念，用科学技术建设我们伟大的社会主义祖国。

在编写中得到北京市自然科学基金委员会的支持和北京自然博物馆等单位的帮助。报刊上有关澄江动物化石群专稿、论文，曾作了引用。侯先光、舒德干先生等还提供了部分图片，对他们的支持和帮助，表示衷心感谢。虽然澄江动物群经过十多年的研究已取得显著成果，但仍属起步阶段，还须进一步的深入研究，故本书中有不足或错误之处，敬请专家、学者、读者指正。

云南省澄江动物化石群省级自然保护区

赵秉富

1999 年 9 月

目 录

序言

一、早期生物演化最佳窗口——澄江动物群·····	(1)
1. 地球——唯一有生命存在的星球 ·····	(1)
2. 地质时代 ·····	(2)
3. 生物进化历程 ·····	(4)
4. 澄江动物群——20 世纪惊人的发现 ·····	(7)
二、澄江动物群生物组成·····	(11)
1. 澄江动物群的发现 ·····	(11)
2. 澄江动物群特征化石 ·····	(13)
3. 澄江动物群的研究概况 ·····	(49)
三、寒武纪生物大爆发原因探讨·····	(55)
四、澄江动物群引发的思考·····	(61)
1. 生物大爆发 ·····	(61)
2. 生物演化事件 ·····	(62)
3. 人类是科学的最大受益者 ·····	(63)
4. 生物多样性 ·····	(64)
5. 地球生物圈 ·····	(65)
五、澄江动物化石的保护与科研、旅游的关系·····	(68)

一、早期生物演化最佳窗口 ——澄江动物群

1. 地球——唯一有生命存在的星球

宇宙是一个极其广袤的空间，它有无数的恒星、行星和各种星体。无边无际、变化万千的宇宙，像一团神秘的迷雾，在这个宇宙中，除了地球，难道其他星球没有生命存在吗？人类从很早以前就开始进行各种各样的太空探测活动，想知道更多有关宇宙的事物，其中一个主要目标就是寻找太空生命。

人类社会进入 20 世纪后，太空探索得到飞速发展。1961 年 4 月 21 日前苏联宇航员加加林驾驶“东方 1 号”宇宙飞船，开创了人类进入太空的历史。1969 年 7 月 18 日美国宇航员阿姆斯特朗乘“阿波罗 11 号”登月飞船登上月球，留下人类第一个足迹。从 1969 年 7 月到 1972 年 12 月阿波罗登月计划中，共有 6 批 12 名宇航员登上月球。随后人类向金星、木星、火星、土星、冥王星等太阳系的大部分行星发射了太空探测器，探测地球外的生命。然而，探测结果表明，目前地球仍是太阳系中唯一有生命存在的星球。

从太空中看地球，就像一个蓝色点缀着白云的球体，这是因为地球表面的 71% 是海洋。正像人们知道的那样，海洋是地球生命诞生的摇篮。

2. 地质时代

科学家告诉我们，我们赖以生存的地球已有 46 亿年的历史。对于我们人类来说，46 亿年的时间真是太漫长了。在这 46 亿年的时间里，地球从开始形成到逐渐长大，经历了不同的生长阶段。地质学家研究地球所取得的重要成果之一就是 will 地球历史划分成不同的地质时代（图 1-1），地质时代是地球的历史年代。

地质学家根据地球上的岩石成分、岩层变化和岩石中包含的生物化石来确定地球的地质时代。地质时代一般有绝对地质年代和相对地质年代。科学家利用岩石中的放射性元素测定岩石形成时期距今的年数，这就是绝对地质年代，以百万年为单位。相对地质年代只说明岩石在形成时间上的先后顺序。

地质学家根据地壳的巨大变动和生物的重大绝灭事件将地球历史分为五个代。从古到今分别是太古代（4 600 百万年~3 500 百万年）、元古代（3 500 百万年~570 百万年）、古生代（570 百万年~245 百万年）、中生代（245 百万年~65 百万年）、新生代（65 百万年~0 百万年）。不同的地质时期内，生活在地球上的生物种类也不相同。地质学家依据地质时期生物群面貌特征把地球历史分为宙、代、纪、世等单位。

研究地球及地球生命的科学方法就是要寻求有关地球及地球生命演变的充足证据。生物化石是记载地球生物进化历史的最佳证据。什么是化石呢？化石是生活在地球上的古老生物遗留在岩石中的遗体 and 活动遗迹。有的生物死亡后被泥




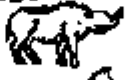












新生代	更新世	0	大冰期		
		2	现代人出现		现代人
	上新世	5	南方古猿出现		南方古猿
	中新世		骆驼、羊首次出现		
			哺乳动物大发展		
	渐新世	24	鹿、猴、猪、犀牛		恐象
	始新世	37	狗、猪、兔子、		独角犀
中生代		58	象和马出现		始马
	古新世	65	哺乳动物扩散		獭
	白垩纪	144	恐龙绝灭		三角龙
	侏罗纪	208	鸟类首次出现 恐龙时代		马门溪龙
古生代	三叠纪	245	恐龙、哺乳动物首次出现		水龙兽
	二叠纪	286	生物大绝灭 具背鳍的爬行动物		异齿龙
	石炭纪	360	成煤森林 爬行动物的首次出现		始蜥
	泥盆纪	408	两栖类、昆虫、蜘蛛首次出现 鱼类时代		沟鳞鱼
	志留纪	438	植物登陆 巨大海蝎		海蝎
	奥陶纪	505	半索动物——笔石繁盛		直角石
	寒武纪	570	鱼类首次出现 无脊椎动物时代		三叶虫
元古代		· 680	水母、蠕虫首次出现		水母
太古代		· 3 500			
		4 600 (百万年)	生命出现		

图 1-1 地质时代表

沙掩埋，长期与外界空气隔绝，经过地质石化作用慢慢形成化石。一般说来化石非常古老，大多是几百万到几亿年，现在都已变成石头。化石可以很大，如巨大的恐龙骨架。化石也可以很小，如只有在显微镜下才能看到的微体化石。绝大多数化石是由动、植物的硬体部分形成，如壳体、骨骼、牙齿、树干、树叶等。动物的卵、脚印、爬痕、洞穴也能形成化石。

著名的澄江动物群为什么被称为“20 世纪惊人发现”？因为这个动物群不但保存了完好的生物硬体化石，而且还十分罕见地保存了精美的生物软体印痕化石。同时这个动物群生存的时代是大量无脊椎动物在地球上突然出现的时代，也就是说，这一动物群非常接近无脊椎动物演化的源头。可想而知，这对于研究生物早期演化是多么珍贵和难得。地球上的生物是怎样演化的呢？让我们一起回顾一下生物进化的历程。

3. 生物进化历程

科学研究发现地球上最古老的岩石形成于 38 亿年前。科学家在 35 亿年前形成的岩石里，找到曾经生活在海洋里的单细胞生物——菌藻类——形成的化石。这是一些微小的化石，需要用电子显微镜才能看到。根据这些化石我们得知最早的地球生命出现在 35 亿年前。

生物在地球上出现以后的近 30 亿年里，一直是以单细胞的形式生活在海洋里。大约在 6.8 亿年前，海洋里突然出现了个体较大、结构复杂的多细胞生物。令人遗憾的是这些生物绝大多数没有硬体，很难保存成化石。古生物学家在澳

大利亚的埃迪卡拉，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。试想没有硬体的动物形成了化石，这是多么难得。科学家把这—个动物群命名为埃迪卡拉动物群，代表生活在6.8亿年前海洋中的生物群。

埃迪卡拉动物群—直延续到前寒武纪末。到了距今5.7亿年前（570百万年前），地球上出现许多新型海洋动物。大量带壳无脊椎动物的出现，极大地增加了它们保存为化石的机会，世界各地都有这类化石出现。这时的地质时代是寒武纪初期，也是古生代的开始。古生代的意思是古老生命的时代。古生代包括寒武纪到二叠纪（大约5.7亿年前~2.5亿年前）的地质时代。生活在这—时代的生物以海洋无脊椎动物为主，如三叶虫、腕足动物、笔石、四射珊瑚、菊石等。

鱼类在距今4亿年前的泥盆纪得以迅速发展。所以泥盆纪被称为鱼类时代。但是，那时的鱼不同于今天的鱼。例如，最原始的鱼形脊椎动物——甲冑鱼，头上有像头盔—样的骨质外壳，称为甲冑。它们没有上下颌骨，口不能自由开合。后来出现的盾皮鱼类和棘鱼类才是真正的鱼类，它们已具有原始的上下颌骨，但体表也有甲冑。颌的出现是脊椎动物进步的重要—步，颌使动物的口可以自由开合，从被动取食转向主动取食。

古生代后期（约距今4.1亿年）植物开始登陆。最简单的陆地植物是裸蕨类。裸蕨占领陆地，使昔日的荒山秃岭披上绿装。植物在陆地的发展为生活在水中的动物登陆创造了食物条件。陆生脊椎动物的祖先在泥盆纪晚期向陆地挺进。

那时气候变得炎热干燥，生活在水里的真掌鳍鱼类被迫上陆。真掌鳍鱼是陆生脊椎动物的祖先类型。

石炭纪中晚期，地球上出现大规模的森林，大量蕨类沼泽森林形成煤矿。与石炭纪茂盛森林密切相关的各种巨翅昆虫飞翔在丛林之中。两栖动物在石炭纪和二叠纪得以全面发展，这两个地质时代被称为两栖动物时代。两栖动物是脊椎动物中最早登上陆地的类群，它们既有鱼类的某些原始特点，又有初步适应陆地的躯体结构。它们还不能完全脱离水域，产卵、体外授精、孵化仍需要在水中进行。

中生代是指中间生命时代，爬行动物和裸子植物大发展。原始爬行动物开始出现于石炭纪晚期，这是脊椎动物发展中的一次重要飞跃。爬行动物以陆生卵（即羊膜卵）繁殖后代，彻底摆脱了对水的依赖，可以适应更加广阔的陆地生态环境，成为真正的陆生动物。到了中生代，爬行动物成为地球上的霸主，鱼龙、恐龙、翼龙等遍及海、陆、空，尤其是恐龙类盛极一时。所以，中生代也被称为爬行动物时代。

从距今 65 百万年起，地球发展进入新生代。由于恐龙等爬行动物在中生代末期绝灭，在恐龙的阴影下生存 1 亿多年的哺乳动物，开始占据恐龙绝灭空出的生态领域和生活空间，并得以蓬勃发展，同时被子植物也极度繁盛。

人属于哺乳动物的灵长类。分子人类学证据表明，大约在 7 百万年前，猿人从猿类系统中分化出来，才有了“人”。最早的人类出现于 5 百万年前。

古生物化石清楚地告诉我们，自 30 多亿年前原核生物在原始海洋中出现以来，地球上的生物就不断地演变和发展，也就是生物进化。不同的地质时代里，生存着不同的动

物和植物。地质时代越久远，生活在那个时期的动物和植物就越古老、越原始。

4. 澄江动物群——20 世纪惊人的发现

什么是澄江动物群？澄江动物群是我国古生物工作者在云南省澄江县帽天山寒武纪早期地层里发现的一个多细胞动物化石群。这个化石群不但保存了生物硬体形成的化石，而且更为珍贵的是还保存了生物软体形成的化石。这一个动物群包含的化石种类非常多，可以说，囊括了所有现生动物门类的远祖代表，同时还有许多已经绝灭生物门类的代表。古生物学家把这一动物群命名为“澄江动物群”。这一名称有三个含义：①这一动物群产出的地点在澄江；②这一动物群生活的时代是寒武纪早期；③这个动物群是多细胞动物群，而且是多门类后生动物群。

寒武纪是古生代的第一个地质阶段。人们在世界各地的寒武纪形成的岩石里找到大量三叶虫化石，这与寒武纪之前的地质时代里化石极度贫乏形成鲜明对比。三叶虫是一种已经绝灭的原始节肢动物，身体前后分为头部、胸部和尾部三部分，而且身体横切面也分为三部分。三叶虫生活在古生代的海洋中，具有矿化了的背甲，这为形成化石创造了条件。

我们知道现生无脊椎动物从简单到复杂的排列基本是：原生动物、海绵动物、腔肠动物、扁形动物、线形动物、环节动物、软体动物、节肢动物、苔藓动物、腕足动物、帚虫动物和棘皮动物。除原生动物以外的其他多细胞动物门类统称为后生动物。化石记录告诉我们，在寒武纪初期大量出现的后生动物是结构比较复杂的三叶虫，这使人困惑不解。也

就是说，当多细胞动物在地球上大量出现时，首先出现的是比较进步类型的种群，这真是一个谜。多细胞动物的早期演化究竟是怎样的呢？这一直是科学家们致力于研究的课题。

达尔文在《物种起源》一书中，对寒武纪三叶虫动物群的突然出现表示“令人费解”。他把原因归结于“地质记录的不完备性”，认为有关多细胞动物早期演化的证据似乎都隐藏起来了。

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发现了寒武纪中期的化石。其后的十多年里，维尔卡特在布尔吉斯山多次发掘，采集了6万多块化石标本。这就是著名的布尔吉斯动物群（距今5.15亿年）。这个动物群是一门类众多的后生动物群，其中还保存有动物软体形成的化石。保存各种各样精美的蠕虫、腔肠动物、海绵动物、腕足动物、节肢动物等动物化石。其中有些动物非常奇怪，如怪诞虫（Hallucigenia）身体下方长有七对硬刺，而背上长着七个灵活的触手（图1-2）。有些动物奇形怪状，简直就像来自另一个星球。如奥帕宾虫（Opabinia）的前方长着5个大眼睛，还有一个长鼻子，鼻子的顶端长着取食用的爪（图1-3）。该动物群的发现，以大量的化石表现了寒武纪多细胞动物的蓬勃发展，改变了人们对寒武纪动物群的认识。

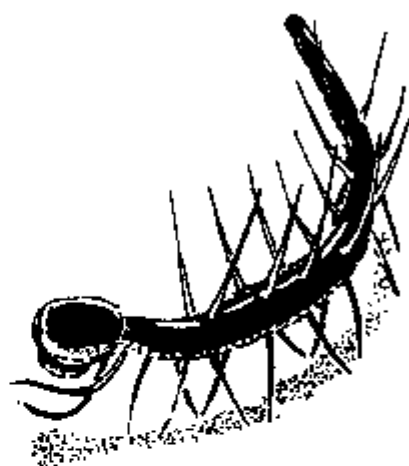


图 1-2 怪诞虫

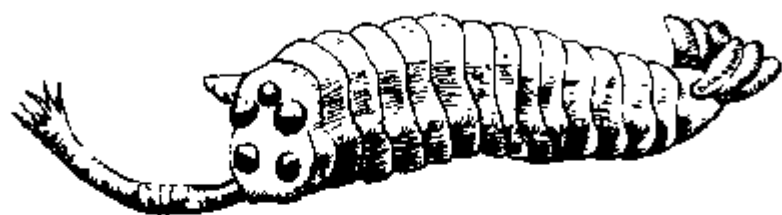


图 1-3 奥帕宾虫复原图

地球生命进化历史中有五大里程碑事件，这就是：①原生生命体的出现；②单细胞生物的形成和演化；③后生动物的产生；④真体腔动物的涌现；⑤植物登陆。其中第四大里程碑事件以“突发”和“宏伟”尤其引人注目。单细胞生物演化到后生动物至少经历了 25 亿年，而寒武纪初期短短的几百万年间，便产生了绝大多数动物门类。这就是长期令人迷惑不解的“寒武纪生物大爆发”。尽管经过近一百年的探索，但是后生动物的起源问题仍众说纷纭，远未解决，其主要原因是缺少古生物化石的直接证据。

我国云南省澄江县产出的澄江动物群的时代是距今 5.3 亿年，比布尔吉斯动物群的时代早 1500 万年。澄江动物群云集了所有现生动物门类的早期代表以及许多已绝灭的生物。这个动物群的发现使人们认识到，在距今 5 亿多年的寒武纪早期，地球生命演化史上发生了一场大规模生物爆发式的演化。具硬体的多细胞动物突发性地在海洋中出现，迅速地发展出形体多样、构造复杂的类群。这一事件使地球上的生物世界完全改观。到目前为止，还没有在更古老的地层里发现类似的化石。而且，这一动物群仅分布在云南省澄江县及其周边的几个县境内。

我国云南产出的澄江动物群是一个多门类动物群，其中有些动物的构造相当复杂。例如，依尔东钵是一种分节的三胚层真体腔动物；固着海底的高足杯虫是一类绝灭了的纤毛动物；形态奇特的微网虫、怪诞虫、爪网虫是绝灭了的叶足类动物，营外寄生生活；抚仙湖虫是昆虫的远祖；双瓣壳节肢动物的代表瓦普塔虾群居在海底，在当时生态体系的食物链中是重要的原始消费层；身体长可达2米的巨型食肉动物奇虾，是寒武纪海洋里不可一世的霸主。

经历了亿万年沧桑巨变的澄江动物群化石，不仅保存了动物的骨骼，还保存了表皮、纤毛、消化道、神经等各种软组织。澄江动物群以丰富生动、形态各异的化石，展现寒武纪早期地球生命大爆发的过程，为人类认识后生动物演化提供了客观、直接的证据。史前生物能保存骨骼残片已是十分难得，能够保存软组织的动物化石更是极为罕见。因而古生物学家认为“寒武纪大爆发是生命历史中最伟大、但也是了解最少的一次生物事件，澄江动物群拥有解开这个谜的线索”。因而，这一动物群的发现被称为“20世纪重大科学发现之一”。

(王绍芳 翟 红)

二、澄江动物群生物组成

1. 澄江动物群的发现

南京地质古生物研究所是我国知名的古生物研究机构，李四光等一大批著名地质专家曾在该所任过职。并收藏有极为珍贵的古今中外有关地质研究的图书和资料。侯先光先生在研究所图书馆，查阅了前辈科学工作者留下来的实地调查、考察所写的资料和地质古生物的专著。两名法国科学家早在 1909 年就对滇东南以及澄江东山进行了地质古生物的调查，其后写成“滇东地质状况备忘录”，这份备忘录中曾提到“见到地表有化石裸露”；继后在查阅何春荪教授（台湾文化大学任教）在 1940 年到澄江东山调查磷矿资源后发表的《云南澄江东山磷矿地质》的报告（刊在前经济部中央地质调查所于 1942 年出版的《地质汇报》期刊上）中曾提到帽天山“页岩内有一种低等生物化石”、“德国米士教授获有三叶虫化石”；同时侯先光先生还查阅了解放后全国一些大专院校地质科系、地质部门到帽天山、马鞍山、小团坡、大坡头调查、勘察后写的澄江东山地层地质资料。根据这些资料，侯先光先生立志要来云南澄江实地考察，探索奥秘。

在研究所的支持下，1984 年 6 月中旬，侯先光先生从南京来到了澄江，为揭示澄江东山及帽天山寒武纪地层的古生物奥秘，住在东山搞野外地质勘察工作人员的工棚里。虽

然条件艰苦，山道崎岖，但从这天开始，侯先光先生与民工一道早出晚归，爬山坡、下谷底剥土选点寻找古生物化石，每天劈下的石头平均在2至3吨左右。功夫不负苦心人，经过十余天的艰辛采掘、寻找，1984年7月1日这一天，当他来到帽天山北坡继续细心地寻找时，劈开一块石头后，一条保存了软体而又奇特的纳罗虫化石显露出来。这时，他激动得几乎惊叫起来，用他所学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。

这一天的重大发现，侯先光先生坚信还有其他软体动物的埋藏，他更加起劲地工作，在新发现地帽天山扩大采集范围，告一段落后又采集到了节肢动物、水母化石、蠕虫等几种同一时期的古生物化石。告一段落后，他带着这一重大成果返回南京，研究采集的古生物化石，查找依据，写出了初期的调查报告，并与他的导师张文堂教授首先发表了研究探讨澄江古生物的科研论文“纳罗虫在亚洲大陆的发现”。师生两人在论文中把在澄江发现的动物化石正式命名为“澄江动物群”，作者认为：“这个动物群在澄江，……一个（名）词的建立代表了这个动物群的产地、时代、内容和它的意义等”。实践表明，命名为“澄江动物群”比较科学，现已被世界古生物界公认，并且都以“澄江动物群”名称引用。

1985年和1986年，侯先光先生继续来澄江进行深入细致的考察、发掘和采集。根据侯先光先生采集的大量化石标本，研究成果及其研究价值，中国科学院南京地质古生物研究所于1987年4月17日，在南京召开了新闻发布会，正式对世界公布，引起了轰动。同年7月，中国科学院南京地质古生物研究所组成了以当时的陈均远副教授和澄江动物群发

现者侯先光先生为首的 10 余名专家组到澄江帽天山开展了系统的发掘和综合性的地质和古生物的科学研究工作。

经过多年来地质勘探和实地考察，现已查明，在澄江县内以帽天山为核心，向南北各延伸十多公里，地层厚 50 米内都有丰富的澄江动物化石埋藏。1997 年 5 月由云南省人民政府发文将帽天山及其周边的 18 平方公里划为省级自然保护区，并已向国家申报为国家级自然保护区，还向联合国教科文组织申报“世界自然遗产”。

(杨应康)

2. 澄江动物群特征化石

澄江动物群发现 15 年来，经过科学家的详细研究，宏观生物面貌已基本弄清，生物种类超过 90 属、100 余种，现今生物的所有门类如多孔动物、腔肠动物、线形动物、叶足动物、腕足动物、软体动物、节肢动物、棘皮动物、脊索动物等都可找到其远祖代表，还有许多已灭绝的生物类群，与现今生物无法进行对比、比较，确定其生物分类位置，如水母状生物伊尔东钵、足杯虫、火把虫等等。随着采集规模的扩大和研究深入，最高等的脊椎动物也浮出水面，使澄江动物群涵盖今天所有的动物门类，是“寒武纪生命大爆发”的记事影碟。这些奇形怪状的生物是寒武纪海洋中的重要角色，是科学家认识生命本质的重要感性材料。

植物界

澄江动物群虽以动物占绝对优势，名称也以动物命名，但其中还发现有大量的低等藻类植物，它们是由细胞构成的

原植体，没有根、茎、叶分化。对现代藻类研究探知：它们包含叶绿素 a 作为基本的光合作用色素，没有真正的维管（导水）系统，在生殖器官周围也没有不育的细胞层。澄江动物群的藻类有单细胞微型藻类和多细胞宏观藻类。宏观藻类有约克藻、细丝藻、螺旋藻等，它们虽貌不出众，但却是动物生存的基础，为动物提供食物和氧气。

澄江动物群藻类化石复原图（图 2-1）。



A. 约克藻



B. 细丝藻



C. 螺旋藻

图 2-1 澄江动物群藻类化石

动物界

澄江动物群特征化石分别属于十多个动物门类，还有一些分类位置不定的动物。主要动物门有：海绵动物门（多孔动物门）；刺细胞动物门（腔肠动物门）；线形动物门；叶足动物门（原节肢动物门）；动吻动物门；腕足动物门；软体动物门；节肢动物门；脊索动物门。

(1) 海绵动物门（多孔动物门）

目前已知的海绵动物约有 1 万种。因其适应于固着生活方式，以前一直被认为是植物，直到 19 世纪中叶方肯定为动物。

海绵为固着的底表生物，除根部外，海绵体均参与取食活动。以腐烂的有机质、菌、藻类和生物幼虫为食，还能吸收溶解在水中的氨基酸。

海绵的再生能力很强，如把海绵切成小块，每块都能成活且继续长大。海绵的大部分结构与机能的原始性与原生动物相似，无神经系统和消化腔，其体内又具与原生动物领鞭毛虫相同的领细胞，因此过去有人认为它是与领鞭毛虫有关的群体原生动物。但是海绵动物在个体发育中有胚层存在，而且海绵动物的细胞不能像原生动物那样无限制生长下去，因此海绵动物肯定属于多细胞动物。近年来生化研究证明，海绵体内具有与其他多细胞动物大致相同的核酸和氨基酸。但是海绵的胚胎发育又与其他多细胞动物不同，有逆转现象，以及水沟系、领细胞、骨针等特殊构造，所以科学家认为这是很早由原始的群体领鞭毛虫发展而来的一个侧支，因而又称“侧生动物”，以便与其他多细胞动物（总称为“真后生动物”）相区别。

海绵动物和真后生动物出现时间的前后是动物起源和早期生命演化研究领域中的一个有争论性的问题。很长时间以来，人们认为侧生动物比真后生动物原始，它的出现要早于真后生动物，是动物演化史中的一个早期事件。但随着研究的深入，对上述结论的可靠性产生了动摇。因为最可靠的海绵骨针直到前寒武纪末期（约距今 5.8 亿年）才开始出现。而真后生动物的化石记录最早出现于 7.4 亿年前，痕迹化石则广泛分布于 10 亿年前的地层中，有可能是后生动物的活动遗迹。

澄江动物群中的海绵化石是目前层位最低，保存大量完整海绵骨骼化石唯一的化石产地。它们为动物的早期演化、显生宙早期生物辐射演化和矿化事件等研究领域提供了极珍贵的科学资料。这些海绵化石呈集群式或分散式保存，以压扁方式平行岩石层面分布，大都是动物死后就地埋起来，即原地埋藏。

澄江动物化石群中的海绵化石现已发现 10 余属 20 余种。与加拿大布尔吉斯海绵化石组合相类似，以普通海绵类占优势，六射海绵次之。几种澄江海绵动物化石如图 2-2~2-4：

①对角四层海绵（图 2-2）个体大，通常高 20~30 厘米，宽 10~20 厘米，海绵体呈长椭圆形，由四层单轴四射骨针组成（属六射海绵纲）。

②网状拟小细丝海绵（图 2-3），海绵体呈长锥形，个体长者可达 11 厘米，宽 2 厘米，由单轴骨针组成双层结构（属普通海绵纲）。

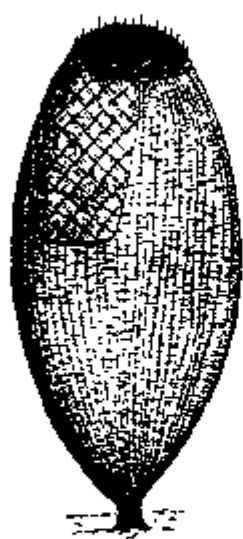


图 2-2 对角四层海绵



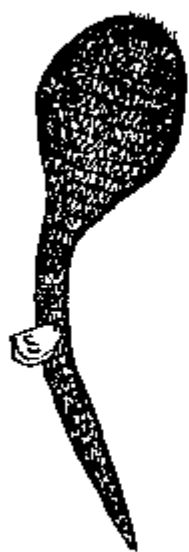
图 2-3 网状拟小细丝海绵

③球状拟小细丝海绵，斗篷海绵，钱包海绵，软骨海绵；

(2) 刺细胞动物门（腔肠动物门）

海绵动物在动物演化史上是一个侧支，腔肠动物才是真正后生动物的开始。这类动物在进化史上占有重要地位，从理论上说，所有其他后生动物都是经由这个阶段发展起来的。肠腔动物体型呈辐射对称，有组织分化，具两胚层，原始的消化腔及原始神经系统的低等后生动物特征。人们所熟知的珊瑚和食用的海蜇就属于腔肠动物。

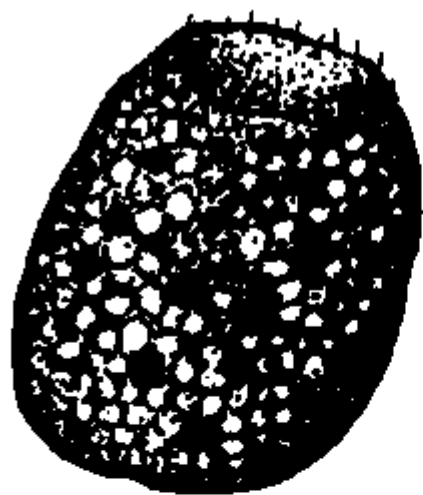
澄江动物群的腔肠动物有先光海葵（如图 2-5）和栉水母（如图 2-6）等。1991 年由陈均远、艾德曼用人名法命名了先光海葵，目前共发现 30 余块标本。其形态非常类似于现代海葵，可能与这类动物有亲缘关系。整个动物体由基盘、口盘、16~18 条触手组成。基盘可能行固着海底的功能。



A. 球状拟小细丝海绵



B. 斗蓬海绵



C. 线包海绵



D. 软骨海绵

图 2-4 几种澄江海绵动物化石



图 2-5 先光海葵

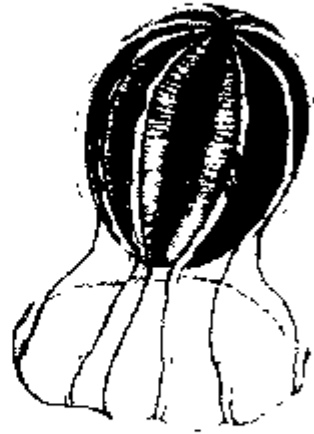


图 2-6 栉水母

现生栉水母类不到 100 种，全部生活在海水中，能发光，营漂浮生活。栉水母的身体呈辐射对称，形状像胡桃，俗称“海胡桃”。这类动物具有初级的组织分化和原始神经系统。栉水母的身体柔软，主要为胶质体，很难保存为化石。产地除澄江外，化石仅见于布尔吉斯页岩和德国泥盆纪宏斯维克板岩。

(3) 线形动物门

线形动物门也称袋虫动物门，属假体腔动物。体长而圆，身体不分节或仅具环状纹。两侧对称，具三胚层，雌雄异体。消化道具肛门，肛门的出现促进了肠在生理机能上的分化。

此前线形动物的化石仅发现于石炭纪、白垩纪和新生代岩层。澄江动物群中的古蠕虫、晋宁环饰蠕虫、圆筒帽天山蠕虫填补了该类动物在寒武纪早期的空白（图 2-7）。



A. 帽天山虫

B. 晋宁环饰蠕虫

图 2-7 线形动物化石

在前几年的分类中，科学家把他们置于真体腔动物鳃曳动物门。最近的科研成果表明，古蠕虫、环饰蠕虫等尚是假体腔蠕形动物（假体腔又称初生体腔，是囊腔胚遗留的空腔，非中胚层来源，在体壁中胚层与肠壁内胚层之间，无体腔膜，肠壁上没有肌肉层）。这类动物以体内液压进行蠕动，平时潜居海底泥中，以软泥为生，身体前端有一肉质的软管，可以迅速伸出体外捕捉小动物。

(4) 叶足动物门（原节肢动物门）

节肢动物与环节动物之间在分类学上存在着一些中间性地位的生物分支，由于这些动物对解开节肢动物起源和系统发生之谜具有重要科学意义，科学家对其兴趣很大。

这类动物身体不分节，躯干没有明显功能分化，附肢短而不分节，只具环纹，有环节动物的特点。但附肢末端有两个爪，大颚由附肢变成，又是节肢动物的特点。科学家把这些处于中间地位的现生有爪类和缓步类动物以及绝灭的化石类型合称为叶足类。

现生有爪类不到 80 种，全部生活于陆地，分布在现代

热带和亚热带丛林地带潮湿的枯叶和枯枝堆中。缓步类是微型后生动物，个体0.05~1.2毫米，主要分布在短暂性的小水塘，在永久性水体中，由于竞争激烈和众多捕食者的存在，不利于缓步类的生存。

由于叶足类动物体都为软躯干，不易成为化石。以前唯一可靠的这类动物的化石发现于美国晚石炭世地层中，被命名为“海洋爪网虫”。这类动物在晚古生代从海洋爬上陆地的过程中有一种潜在的捕食能力（如附肢带钩）。

这类动物的远祖是什么？出现于何时？有什么特征？澄江动物化石群的发现告诉我们，这类动物在寒武纪生物大爆发开始就已出现，而且比现今有爪类更加丰富多彩。

许多科学家都支持叶足类与有爪类有亲缘关系，但很难发现其直接祖先。比如，美国科学家本格森指出：有爪类的嘴位于腹部，而产于布尔吉斯页岩的叶足类——阿乌舍虫的嘴位于末端（图2-8）。头部的分节更不相同。另一重大差别是大多数有爪类是沿着背部蜕皮，而寒武纪异虫却是沿着腹部，其他的化石种尚未发现蜕皮的情况。澄江动物群中的叶足类为解开这些谜提供了线索。



图2-8 阿乌舍虫

九“眼”精灵——微网虫

1986年，瑞典古生物学家本格森等人，对广泛分布在

寒武纪早、中期地层中的多边形网鳞状骨片命名为微网虫，因为缺少软体组织，对它们的解释真是离奇古怪：一是完整的包壳类群体生物；二是储卵仓；三是生长在动物表皮的骨片，甚至被认为是最早的放射虫。侯先光等研究人员 1987 年在澄江发现完整的微网虫化石，结果令人惊讶，因为谁也未曾想到，这些奇形怪状的骨板竟然长在蠕形动物的身上，因此荣登 1991 年英国《自然》杂志 6323 期封面，成为化石明星。

微网虫（图 2-9）身体呈次圆柱形，体长可达 8 厘米，两侧具有 9 对矿化骨板和 10 对足。骨板表面有多边形网状结构，每个网眼中有一圆管状构造。有的专家认为其形态近似于节肢动物的复眼，可能有感光作用。也有的学者对骨板是复眼提出疑议，认为是连接身体和腿的“腓骨”。也有观点认为这些管道是物质交换和呼吸的通道。

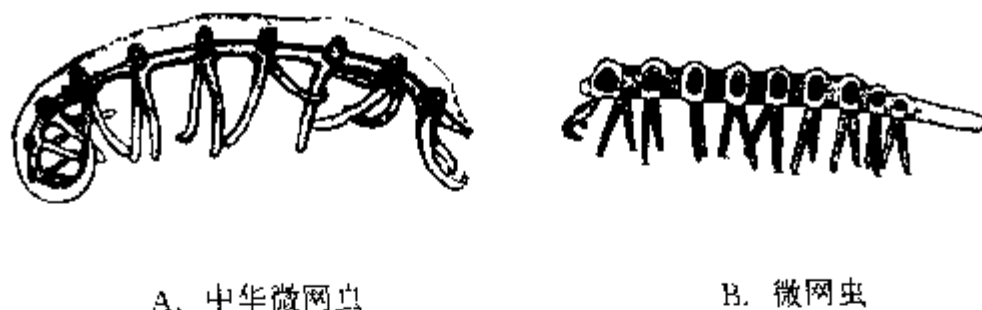


图 2-9 微网虫化石

由于水母与微网虫化石经常在一起保存，专家结合微网虫身体呈两侧对称，软附肢具两个小钩的特点，认为微网虫借助于软肢的攀附作用寄居在水母伞体之上，并随着水母四处漂浮。本格森等人又根据微网虫骨片化石分布广泛的特点，进一步认为微网虫有多种生活方式，如游泳、滑行以及

吞食动物尸体等。

美国《纽约时报》这样评论微网虫：一些寒武纪生物很容易就扮演科幻小说里的角色，最奇形怪状的家伙就是一种身上长着 10 对足和覆盖有鳞片状骨骼的蠕形动物。

梦幻生物——怪诞虫

怪诞虫头大，侧视呈椭圆形，躯干背侧具 7 对斜向上生长的强壮长刺；每对长刺腹侧部具一对长的叶足，共计 10 对，叶足末端有成对的爪（图 2-10）。



图 2-10 强壮怪诞虫

怪诞虫是早寒武纪最著名的动物。最初美国古生物学家维尔卡特在布尔吉斯发现时描述为环节动物。1977 年，英国古生物学家莫瑞斯观察到其身体上规则分布两排刺，他因其奇异形状，只见于梦中而命名为“怪诞虫”。他解释怪诞虫用刺行走，用触手游泳。因此它与现今生物对比有天壤之别，真是梦幻动物。后来中国科学家在澄江发现的怪诞虫订正了因布尔吉斯化石保存不好而导致的错误解释。中国古生物学家在怪诞虫的“触手”端发现了爪，表明原先的复原是背腹颠倒了。1991 年，侯先光先生和拉姆斯古尔德对采自澄江的最好一块怪诞虫标本修理后揭示，原先复原的怪诞虫头尾也颠倒了。在研讨动物演化时，怪诞虫被作为“寒武纪

大爆发产生了比现代多得多的门（门一级生物），后来大部分绝灭”的理论柱石。通过对澄江化石的研究使人们认识到“怪物”并不怪。

链状心网虫

链状心网虫于 1991 年由侯光光先生等人命名，名称来自该虫筒状身体躯干两侧的 23 对六角形骨板如链子状排列。该虫每一骨板之下有一对叶足，足端具 4 至 5 个爪，可能用于攀附于其他动物身上（图 2-11）。



图 2-11 链状心网虫

凶猛爪网虫

该动物因有强健的爪和带刺的背板而得名。身体最大有 9 对盾状骨板。每一骨板上有一向上延伸的刺。骨板的腹侧有强健的足。爪网虫全身布满长的、类似触手状的突。这些毛状物可能用来游泳。

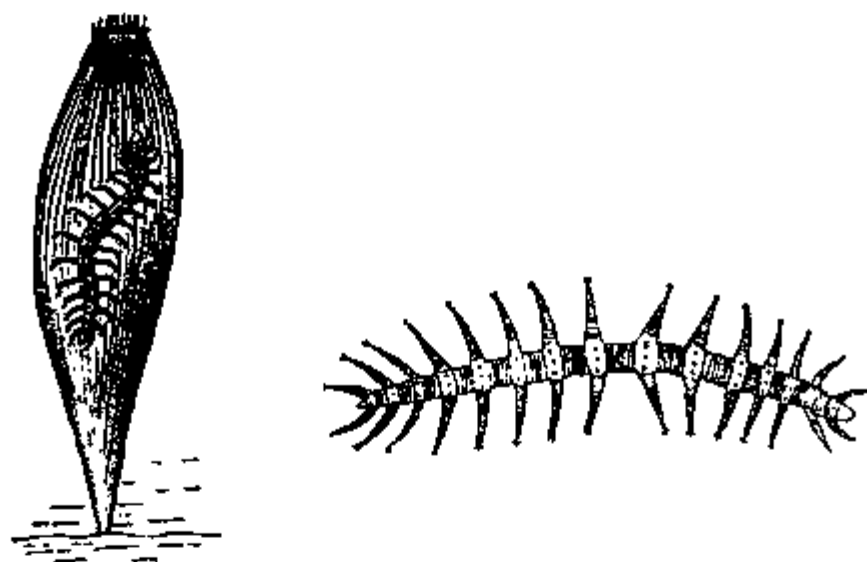


图 2-12 凶猛爪网虫

罗哩山虫

罗哩山是帽天山东南侧的一个山丘。1989 年侯先光等研究人员用地名命名了一种新的化石动物。该虫细长，呈次圆柱形。前部有一单枝型附肢，专家认为节肢动物中的单枝型动物起源与它有关。躯干分节长度不一致，腹侧部长有 15 对叶足。细长的叶足末端有 4 或 5 个爪。

科学通过对当时生态环境研究后认为：当时海底表面海绵丛生，罗哩山虫具有细长带爪的足可以攀登于海绵体上，以海绵体软躯干为食，海绵丛也为其提供避敌场所。



A. 罗哩山虫附在海绵上

B. 罗哩山虫

图 2-13 罗哩山虫化石

云南火把虫

云南火把虫身体呈蠕虫状，全体长约 4 厘米。前末端有一可伸缩的吻，吻上分布有突起。躯体前端的背部具 5 对分

节的触手，状似云南农村农历六月二十四日点的火把而得名（图2-14）。躯体表面布满横纹，除此外光滑无装饰。肠道位于体腔中央，有的标本显示可能是高肌虫碎片，表明它可能是食肉类或者食腐类动物。躯体后端有骨化的特征，显示其平时可能常穴居生活。

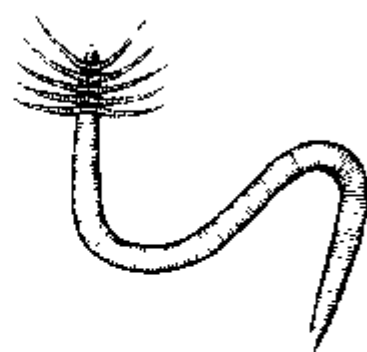


图 2-14 云南火把虫

科学家通过与环节动物多毛类对比后认为：火把虫前端具触手和外翻吻，与多毛类较为相似。所不同的是多毛类触手一般长在头部，躯体上各环节具有疣足和刚毛。有的科学家又认为火把虫与叶足动物有关。

(5) 动吻动物门

寒武纪海洋巨无霸——奇虾

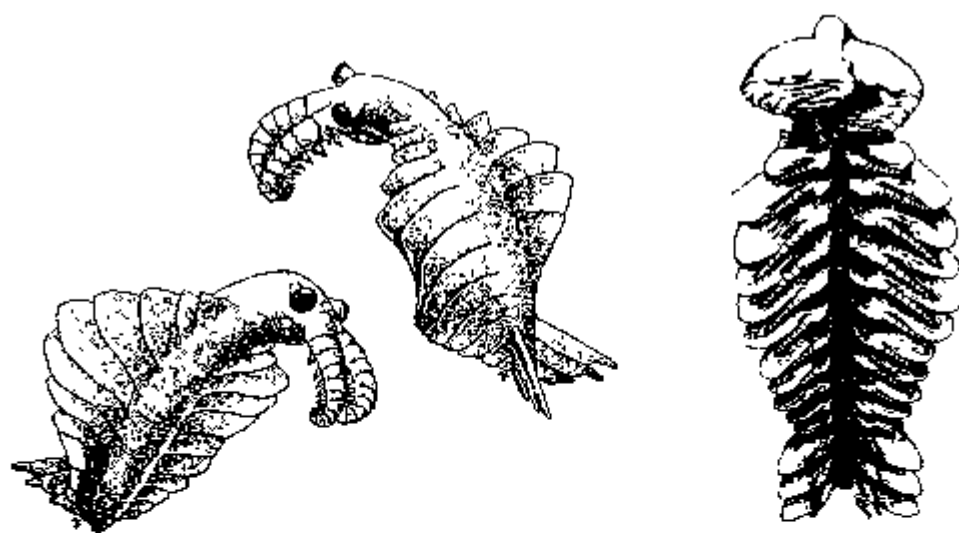
奇虾是一类已绝灭的化石动物。发现的化石表明，该类动物口器最大直径可达 25 厘米，粪便化石长达 10 厘米，粗达 5 厘米。由动物相关性原理推测，其体长可达 2 米以上，是寒武纪海洋霸主（图 2-15A）。

奇虾的最初记录是关于它的碎片。1892 年，怀特乌斯描述了采自加拿大斯特劳山奥古格匹斯页岩的单独保存的附肢，他认为是虾状节肢动物的一部分，因此命名“奇虾”。1911 年，维尔卡特发现它的环状口器，被解释为水母状生物，后命名为“巨虾”。奇虾的捕食肢又被三位学者怀特乌斯、亨利肯森、罗瑟认定为虾状节肢动物的尾肢。身体的分

节碎片被瓦尔考特描述为棘皮动物。

在澄江发现的奇虾完整化石被命名为“麒麟虾”，头部前上方长有一对带柄巨眼，尾部长有 11 对叶状尾翼。完整奇虾化石的发现表明，它是寒武海洋中一类大型无脊椎动物，分布于世界许多地方。

最近引起人们兴趣的是奇虾的宏大体型和组合特征。尽管它的捕食肢与许多节肢动物相似，人们普遍认为它不同于一般的节肢动物。1995 年，中国学者陈均远等人推测它有蜕皮生长方式和真分节的特征，暗示它是真节肢动物。而美国学者布瑞格丝、罗宾逊、威廷顿等人认为奇虾及其相同类型代表一个独立的门，瑞典学者伯格斯琼、狄丝凯、伦德逊认为它代表节肢形动物的一个干枝。侯先光先生发现的证据表明奇虾接近于袋形动物而非节肢动物，并显示奇虾腹部长有成对的腿，能在海底爬行（图 2-15B）。



A. 奇虾

B. 奇虾腹面复原图

图 2-15 巨虾化石

新的研究成果表明，奇虾的捕食肢能够弯曲，长腿能在海底行走，宽宽的附肢片和发达的 11 对叶状尾翼表明其有很强的游泳能力，附肢片甚至用来作氧气交换。奇虾嘴的方向向后（与奥帕宾虾一样，如图 1-3）意味着它不能袭击大的个体，但是食物能够通过捕食肢和腿送到嘴里（如图 2-15B）。在布尔吉斯页岩中发现的奇虾化石，其口器中的牙齿呈楔形，表明其牙齿不能咬合到中心点，因此不能处理三叶虫和有坚硬外骨骼的节肢动物，而以蠕虫和软体动物为食。内肢很少矿化表明其抓捕能力较弱。

奇虾的附肢没有分化，节之间缺少关节；体表没有矿化，露着软软的皮肤；身体缺少分节；口器呈菱形而非环形不能咬合，也不能张开；有的化石类型发现背部有 2 到 5 个复眼，表明它不是真正的节肢动物，原始的节肢动物有一对复眼。奇虾的巨大体型表明其有发达的肌肉，以及背部有细长的、纵向排列的尾翼等这些特征而把它归入动物门。

（6）腕足动物门

腕足动物以其双瓣的贝壳与软体动物瓣鳃类相类似，长期以来被认为是软体动物，直到 19 世纪中叶才将两者区分出来。其实两者的结构完全不同，腕足动物的两个壳是背壳和腹壳，而瓣鳃动物的壳是左右两个壳。

现存的腕足动物有 300 余种，全部生活在海中。在地质时期腕足动物是一个大门类，尤其在古生代是海洋中的主要动物。因此，腕足动物以化石种类为主，已鉴定描述的种类有 3 万多种。

腕足动物的软体具体腔，两侧对称不分节。腹壳常有一小孔，肉茎从小孔伸出，使壳体固着在海底或它物之上。体

腔内有一对腕（或称纤毛环），上有纤毛可激动水流使食物流进口中。腕还兼具呼吸功能。早在 19 世纪早期，“腕足动物”一名的命名者杜美露（Dumeril, 1806）认为腕有“足”的功能，故定“腕足”一名。

腕足动物在寒武纪早期就已出现。澄江动物群的腕足类化石如澄江小舌形贝，马龙磷舌形贝，日射水母贝是目前所知最早的腕足类化石。

活化石——小舌形贝

小舌形贝是澄江动物群最常见的化石之一，贝壳呈三角形，长约 8~12 毫米，宽约 6 毫米，壳的矿化程度低，肉柄长，可达壳的 15 倍（图 2-16）。它们除了以肉茎着在海底表层之外，根据这类化石经常与伊尔东钵埋藏在一起的特征，表明它们活着时可能寄居在伊尔东钵上营假漂浮生活。其解剖特征与现代海豆芽极为相似，被认为是慢速进化的典型。专家分析说，小舌形贝在潮间带的不利环境下蛰居潜穴生活，很少有生物竞争，因此自早寒武纪出现以来进化很慢，是渐变论的重要支持证据。



A. 澄江小舌形贝

B. 马龙小舌形贝

图 2-16 腕足动物化石

假水母——日射水母贝

日射水母贝（见彩图 5-3）是澄江动物群底栖生物中最常见的类型之一。1987 年发现时被错认为水母，加之圆形动物体四周分布有纤毛，如太阳光向四周发射，因此命名为“日射水母”。1992 年，金玉珏等研究人员重新研究后认为该动物属腕足类。

该动物壳体近圆形，直径可达 3 厘米，壳薄，矿化程度很低，壳体四周覆显有细密的坚硬纤毛。一般不见肉径和肉径孔。专家研究指出，日射水母贝是直接以腹壳平卧在海底表面上营滤食生活，它具有明显的梨形肌痕表明其有坚强的肌肉开闭外壳，进行物质交换和躲避敌害。

（7）软体动物门

软体动物在无脊椎动物中数量和种类都很多，仅次于节肢动物。已知的种类约有 17 万种，其中化石种类 6 万多种。现生动物多数海生，少数生活于陆地、淡水。人们所熟悉的蜗牛、河蚌和乌贼是它们的代表。

虽然各类软体动物的外形差异很大，但有若干相似特征：如身体柔软、不分节，都包含有头、足、内脏团和背部皮肤扩张而成的外套膜四个部分。软体动物的大小悬殊很大，小者不及 1 毫米，大者如王乌贼，长度可超过 36 米，是最大的现生无脊椎动物。地球历史上奥陶纪最大的海洋霸王鹦鹉螺也属于软体动物。

澄江动物群中的软舌螺是软体动物最古老的代表，在寒武纪和奥陶纪时曾盛极一时，到志留纪以后逐渐衰落，最后在古生代末期的大绝灭中难逃噩运。

软舌螺外形呈长锥形，口端有一口盖，口盖两端伸出一

对弯月形的附肢。通常长 3 厘米左右。软舌螺多营底栖生活，很少活动。



图 2-17 软舌螺

有的学者鉴于软舌螺的壳形和壳体里有横隔板，认为软舌螺是一个独立的门类。

(8) 节肢动物门

节肢动物门是动物界最大的一门，包括人们熟知的虾、蟹、蜘蛛、蚊、蝇、蜈蚣以及大量绝灭类型。现生种类已知有 100 多万种，占现生物种数的 75%。现生种类绝大多数是昆虫，它们在水体、陆地、空中都可生活。

节肢动物是两侧对称的真体腔动物。身体有许多体节组成，分化明显，属异律分节。体节愈合成不同部分，一般分为头、胸、腹或头、胸、尾三个部分。

节肢动物自外骨骼形成后不能随生长而增大，而要定时脱落表皮层，这就是蜕皮。节肢动物的呼吸器官因适应各种生活环境可有各种变化，水生类型用鳃或者长于腿肢的外肢鳃呼吸，陆生类型用气孔或者气管呼吸，有些类型用体表直接呼吸。

澄江动物群中的节肢动物种类现已超过 40 种。

一百多年来，科学家对化石节肢动物分类处于混乱状

态。一般情况下，动物的软体组织不能形成化石，科学家只能凭借动物的外形进行分类，不能揭示动物内在的本质规律。1909年在布尔吉斯发现带软体组织印痕的节肢动物化石，给节肢动物的分类增添一新线索。但布尔吉斯页岩化石有轻微的钙化，像纸一样薄，不能清晰显示附肢构造。澄江动物化石保存在泥质页岩中，像雕塑一样明显易见，通过修理能揭示出附肢的显微构造。中外古生物学家通过详细研究澄江动物群、布尔吉斯动物群中保存完美的节肢动物化石，建立了新的分类体系，结束了一百多年来节肢动物化石的混乱分类状态（图 2-18）。研究表明有些是现代节肢动物的远祖，如甲壳类、昆虫；有的是绝灭的独特类群。

三叶虫

三叶虫是地球上最古老的节肢动物之一，在寒武纪海洋中遍布洋底的每个角落，是洋底清道夫，为高等无脊椎动物提供肉食。

三叶虫是地球上生命骨骼化的第一批受益者，因为具有矿化的背甲，因此在地层中形成化石的机会大大增加。虫体背甲被身体两条纵沟横向分为左、中、右三个部分，纵向分为头、胸、尾三部分，因此科学家命名为三叶虫。头甲中部称头鞍（像马鞍形），两侧长有复眼，有的三叶虫复眼与身体之间长有柄，使眼能前后左右转动。穿过头甲复眼的线称为缝合线，把头甲分为固定颊与活动颊，三叶虫死亡后，活动颊易散失单独保存。

三叶虫的生存年代从早寒武纪出现开始，经过奥陶纪、志留纪、泥盆纪、石炭纪，到二叠纪末期完全绝灭，共存活了2亿多年。寒武纪时期最繁盛，称为“三叶虫时代”，寒

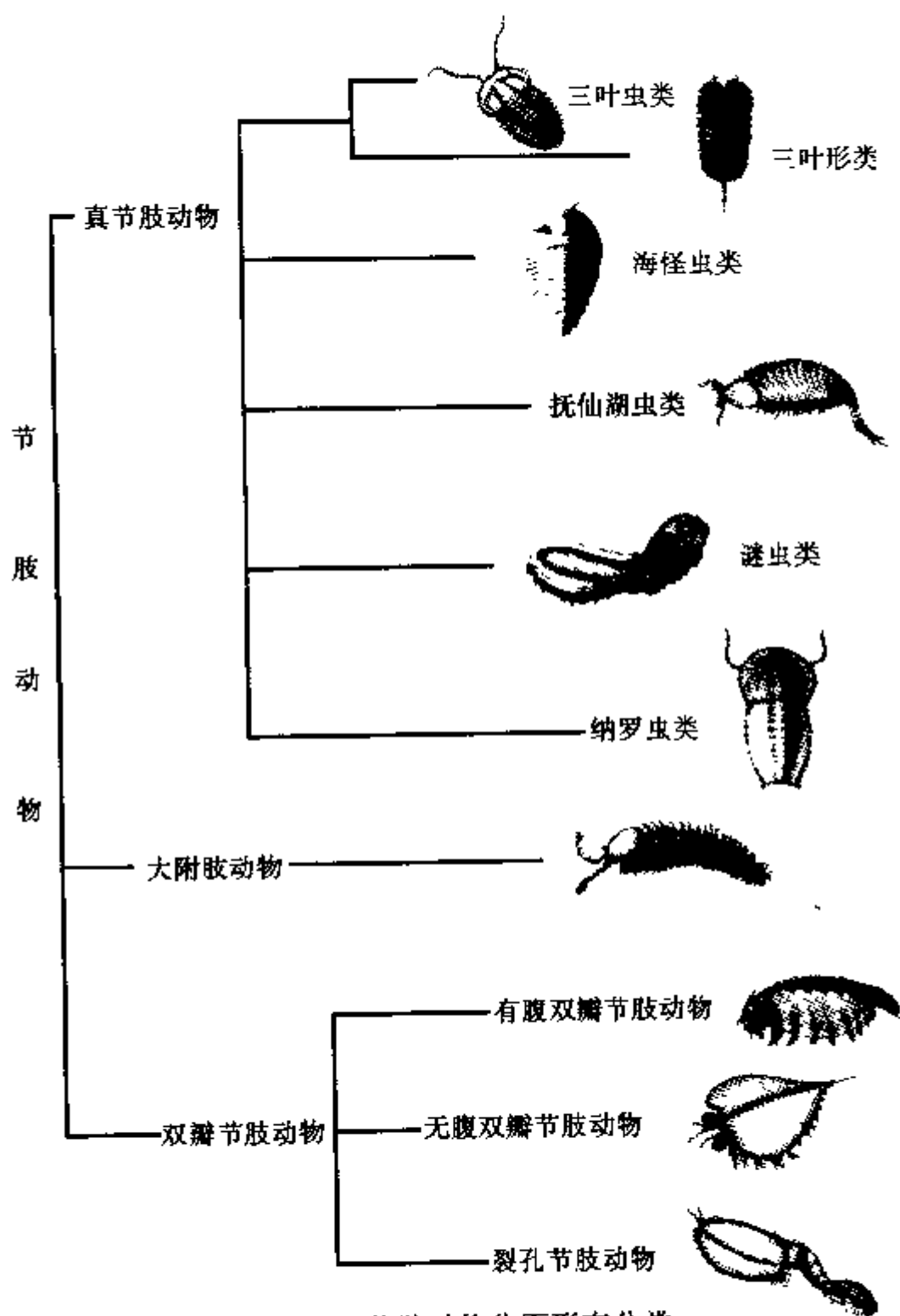
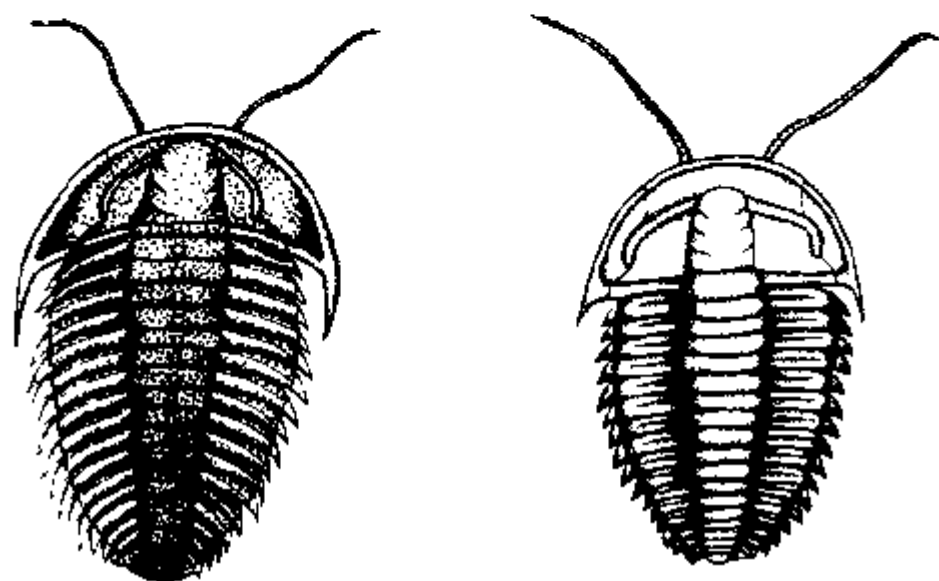


图 2-18 节肢动物化石形态分类

武纪以后的三叶虫尾部变大，眼睛远离头鞍变大，出现裂膜眼，壳刺增多。

澄江动物群的三叶虫以云南头虫、始莱德利基虫为主，还发现少量的武定虫、关扬虫等。



A. 武定虫

B. 关扬虫

图 2-19 三叶虫化石

云南头虫：虫体较小，成体普遍长 2 至 3 厘米，背甲呈长卵形，前宽后窄。活动颊小而窄，无颊刺。胸部有 14 节构成。

始莱德利基虫：虫体通常长 7 至 8 厘米，背甲呈长卵型，固定颊窄，活动颊宽大，具有很长的颊刺，眼叶长，呈新月形。胸部由 15 节构成，在第 9 节中轴节上有一长刺。尾部小，由三节构成。

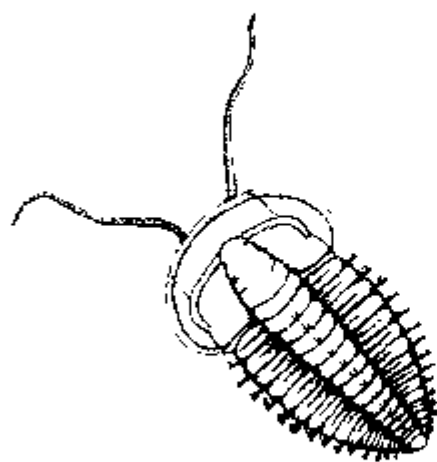


图 2-20 云南头虫

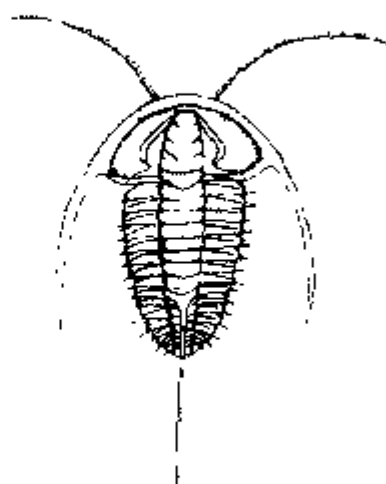


图 2-21 始莱德利基虫

纳罗虫

1984 年 7 月 1 日，侯先光在帽天山发现的第一块软躯体化石纳罗虫揭开澄江动物群的面纱。1985 年，侯先光与导师张文堂先生合作的学术论文《纳罗虫在亚洲大陆的发现》发表在《古生物学报》上，正式命名了“澄江动物群”。

纳罗虫是最原始节肢动物的一群，外壳未矿化，没有胸节，只有头部和尾部，因此又名“双节虫”。纳罗虫无眼，头前方长有一对长长的触须。澄江动物群中的纳罗虫有两类：一类是周边长刺的称为“具刺纳罗虫”（图 2-22），个体较小；一类是周边光滑的称为“长尾纳罗虫”，个体较大，有的科学家又命名为“周小姐虫”。纳罗虫最初发现于加拿大布尔吉斯，后来又陆续发现于美国内华达州和犹他州，以及中国贵州凯里。犹他州化石所在层位时代是寒武纪中期末。因此，纳罗虫的生存年代可能从早寒武纪到中寒武纪。

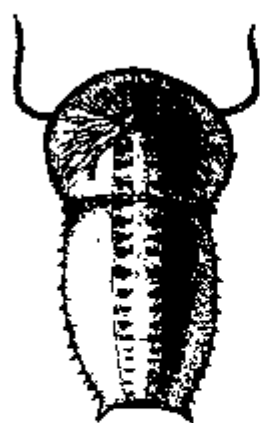


图 2-22 具刺纳罗虫

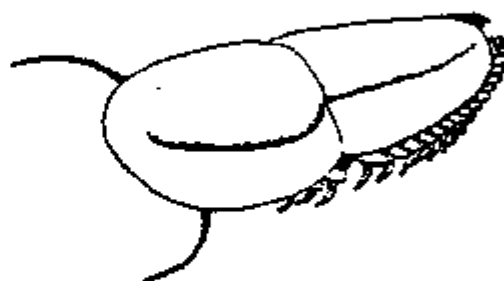


图 2-23 长尾纳罗虫

有的科学家认为纳罗虫是三叶虫类，是三叶虫停滞发生的产物。科学家新的研究成果认为它与三叶虫是两类关系较疏远的动物。大量化石标本显示纳罗虫肠中充满泥沙，表明它是海底爬行的泥食性动物。

昆虫“远祖”——抚仙湖虫

抚仙湖虫为澄江动物群特有化石。属于真节肢动物中较原始类型。成虫体长大约 10 厘米，有 31 个体节。外骨骼分为头、胸、腹三个部分。头甲有两个部分，前面部分称原头，原头上具一对侧向外延伸的带柄眼。头甲上长有一对触角和一对螯肢。抚仙湖虫的背腹分节不一致，每个体节上超出一对附肢，最多达 4 对（图 2-24）。1993 年，瑞典古生物学家伯格斯琼根据它们背视特点处于分节和假分节之间，认为它是囊虫动物或者扁虫动物；1996 年，陈均远等人认为它是直虾类的祖先，而直虾类是现代昆虫的祖先，间接表明抚仙湖虫是昆虫的远祖。侯先光先生还发现抚仙湖虫消化道中充满泥沙，表明它是食泥者，用头部的螯肢不加鉴别地把

泥沙送进口中，食取泥中的有机物。

无腹双瓣节肢动物

澄江动物群中有一类无腹双瓣节肢动物，数量巨大，是澄江动物群中最丰富的化石种类，有三个共同特征：具有双瓣的甲壳，壳面扁平，两壳之间有长而直的一铰合线，分节的软体包裹在甲壳内，没有腹部。代表类型有等刺虫、高肌虫和融壳虫。

等刺虫（图 2-25）个体稍大，普遍长 3 至 4 厘米，在外壳弧形弯度大的相应软体部位长有眼。铰合线向前后延伸成刺状，长度相等者称“耳形等刺虫”，不等者称“奇异等刺虫”。



图 2-24 抚仙湖虫



图 2-25 耳形等刺虫

高肌虫又名“金臂虫”（见彩图），壳体大小普遍 5 毫米左右。根据保存软躯体构造的化石研究得知：它们有 6 对附肢，无腹部，躯体的大部分包裹于甲壳之内。高肌虫类为底栖性生物。根据动物粪便化石常包含有高肌虫碎片判知，高肌虫为大型动物的捕食对象。

有腹双瓣节肢动物

与无腹双瓣节肢动物相反，这一类动物有分节的腹部，由于腹部未矿化，不易形成化石，留存下来的大都仅是甲壳。

而已，它们也是一些大型动物粪球中的重要组成分子。澄江动物群中这类动物有加拿大虫（图 2-26），川滇虫（图 2-27），奥代雷虫（图 2-28，29）盾板虾等。

加拿大虫：加拿大虫最初发现于布尔吉斯页岩动物群。外表像甲壳类节肢动物，软体藏于矿化外壳中，从头到尾甲的整个身体呈圆柱形，头尾之间共 21 节。在头部的腹侧前面有一对柄状眼和一对单枝触角。在触角后有 10 对双枝附肢。消化道一直通到尾节后部，一些标本还显示其中充满很厚的泥。



图 2-26 加拿大虫



图 2-27 川滇虫



图 2-28 奥代雷虫侧面

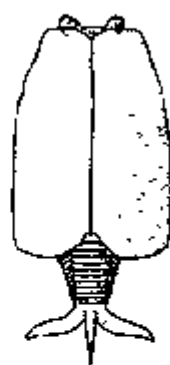


图 2-29 奥代雷虫背视图

专家研究显示：加拿大虫缺少无节幼虫，外附肢有取向归巢能力等，因此其外形虽像甲壳动物，但它不是真的甲壳动物。它们之间的形似是生物中的趋同演化现象。

川滇虫：大部分川滇虫仅发现头壳而已，因而采化石的民工戏之曰“简单虫”。川滇虫与布尔吉斯的瓦普塔虾很相似，但其珍珠形的头壳和细长的腹部与瓦普塔虾相异，它们是外延扩大的甲壳动物，但具体的分类位置仍不清楚。

裂孔节肢动物

这是一类造型非常奇特的双瓣节肢动物，它们甲壳的两侧具有一排呈纵向排列的裂孔，可能是排水通道。甲壳后面长有腹部，由7节组成，尾端呈扁圆形。此类动物已发现两种：楔形古虫、斑府虾。



A. 楔形古虫

B. 斑府虾

图 2-30 裂孔节肢动物

古虫在澄江动物群中较为常见，约占化石总数的 2% 以上。虫体长约 10 厘米左右。甲壳由两瓣组成，还能张开，大都单独保存。生活时，甲壳两侧向外凸起，让带微生物的水流通过裂孔进行滤食。肛门位于身体的末端。

大附肢动物

这一类动物最明显的特征是身体细长，呈虾形，第二触

角粗壮。经侯先光先生等科学家研究表明，它们与甲壳纲动物有亲缘关系，如林乔利虫、尖峰虫、强钳虫。

林乔利虫又称“始虫”，是澄江动物群中的常见分子。虫体小、细长，大都1至3厘米，整体呈虾形。身体分为头和躯干两部分，身体末端有桨状尾板。头前面有一对茎状眼，头尾之间有12节。第1触角退化，第2触角强壮，末端扩展成长细的三叉鞭毛。

尖峰虫与林乔利虫形似，差别在于头尾之间有22节，尾甲细长。第二附肢粗壮，末端成刺状，未扩展成纤毛。



图 2-31 林乔利虫



图 2-32 尖峰虫

强钳虫由短的头，无明显差别的20节体节和5个宽骨片构成的尾三部分组成。头前部长有一对棒状眼。第1触角小，第2触角强壮，如林乔利虫的“手”，但无外鞭毛。

刺节虫

个体小，外壳近长方形，通常3至4厘米。身体分为头胸尾三个部分。头甲呈半椭圆形，被面线分成固定甲和活动甲。身体无矿化，有11个肋节，尾具一窄的尾刺。第1到第9个肋节两侧的刺向后逐渐变长，第9节最长。第10、11



A. 侧视图

B. 尾部背视图

图 2-33 强铅虫

节无肋刺。肋节之间显锯齿状联合。目前尚未发现带附肢的标本。

网面虫

外形呈椭圆形。背甲分为头、尾和 10 个胸节，背部无眼，一对茎状眼位于头部腹侧，与触角相连。躯干各节之间相互叠覆。前节边缘叠覆在后节边缘之上形成一凸起条带。背甲中部是有身体 1/4 宽的轴部。外骨骼表面装饰是不规则的、大的多边形网状结构。尾部有细长的尾刺。网面虫个体较大。根据采集到的碎片估计，包括触角和尾在内，至少长 55 厘米。



图 2-34 刺节虫



背面

腹面

图 2-35 网面虫

跨马虫

跨马虫得名于帽天山西边的一个村名，即跨马村。跨马虫外骨骼扁平，呈亚卵形，长可达40厘米以上。活时背甲凸起如猪背形。中部无轴区，表面光滑。背甲由具有一对无柄眼的头甲，7节组成的胸甲和一个尾甲组成。头甲由横向面线从复眼前面分开，前面是喙板，后面是拟喙板。胸节之间在轴区叠覆，侧肋边与边相连。尾甲宽大，呈三角形，有一末端刺和两对侧刺。



图 2-36 跨马虫

海怪虫

海怪虫有半圆形头甲，在头甲左右两半中心处，有一对小的肾形眼睛，上有一面线穿过。头部长有一对触角和5对腿。在头甲和胸节之间中部有一分离背甲，下具1对腿。胸部有7节，每节有一对腿。尾部4节，腿的数目从2增加到5对。尾甲最末端有一中刺。

由于这些独特特征，科学家不能和所知的节肢动物对比，它的外形就像传说中的海怪，因此命名为“海怪虫”。

灰姑娘虫

灰姑娘虫1996年由陈均远、周桂琴等科研人员命名。原意或许与“丑小鸭”差不多，显示其外表虽不出众，但内蕴丰富，意义重大。

灰姑娘虫外形与海怪虫相近，有头和躯干组成。头甲半圆形，长有一对细长的触须。一对带柄巨眼从头甲腹侧边缘伸出。头甲部有3对附肢。躯干部有26节背甲，前5节为



背面

腹面

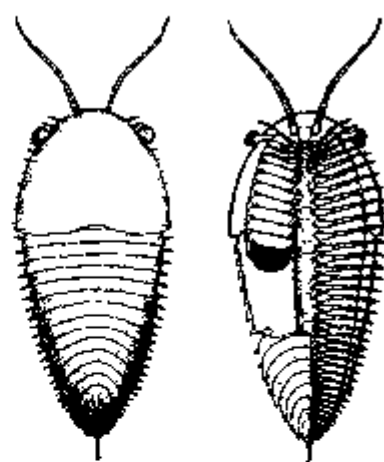
图 2-37 海怪虫

头甲覆盖，其余 21 节裸露在外，每节背甲之下的附肢数目不一致，从 1 到 5 节有一对，6~22 节有 2 对，23~24 有 3 对，25 有 4 对，26 节（即尾节）有 6 对。

灰姑娘虫的独特造型受到建筑设计大师齐康先生钟爱，帽天山古生物研究站造型即由此虫抽象而成，在琉璃瓦当上烧制有灰姑娘虫图案。

谜虫

谜虫由侯先光先生等研究人员在 1991 年依据一块背甲标本命名，因所采标本仅显示在长卵形背甲上有 20 条分节纹，不能区分出头、胸、尾等动物分化构造和已知动物对比，故命名谜虫。1996



背面

腹面

图 2-38 灰姑娘虫

年，陈均远等人发现两块完整带软体的标本，才使谜虫得以露出真容。

新的发现表明：谜虫背甲不分节，呈长卵形。触须很短。附肢双枝型，在口后有 26 对附肢，附肢末端带钩。

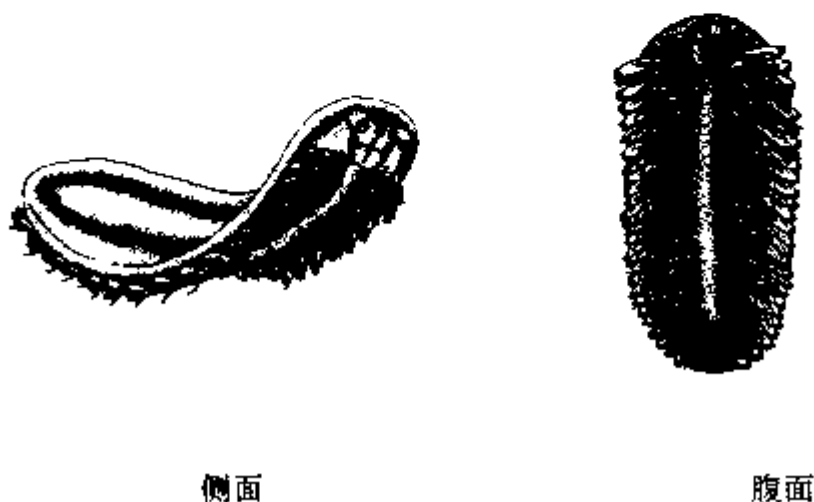


图 2-39 谜虫

中华月亮谜虫

头甲大，呈新月形，中侧位置有一对复眼，头甲之下有一对触角和 4 对腿。胸节 7 节，每节之下有一对双枝型腿；尾甲呈次正方形，具一末刺和两对侧刺，共分 10 节，前 6 节每节一对腿，后 4 节无腿。

据侯先光先生研究：中华月亮谜虫形似三叶虫，但缺少面线和矿化又与三叶虫同形异质，是三叶虫的衍生物。



图 2-40 中华月亮谜虫

(9) 分类位置不定的生物

洋底之“花”——奇妙足杯虫

足杯虫虫体呈高脚杯状，高度可达10厘米以上，由柄、萼和苞片组成。细管状的柄下端具一膨大的灯泡状固着器，用于固着在泥质海床表面。萼腔呈上宽下窄的酒杯状，上缘环绕有18个能自由转动的苞片。在萼腔中心部位有一长的、向上伸展的细管状构造，科学家解释为排泄管。科学家解释说：萼片呈棱角状，不能伸屈，只能靠定向水流把食物颗粒带进萼腔。水流在萼腔中形成涡流，涡流作用使悬浮食物颗粒与苞片上布满纤毛的内壁充分接触，提高采食效率。萼腔中的长管状构造把消化废物排泄到远离虫体的水层中，通过定向水流带走，不会污染虫体自身。有的科学家还解释这个构造能保持身体平衡，使萼片充分对着水流取食。

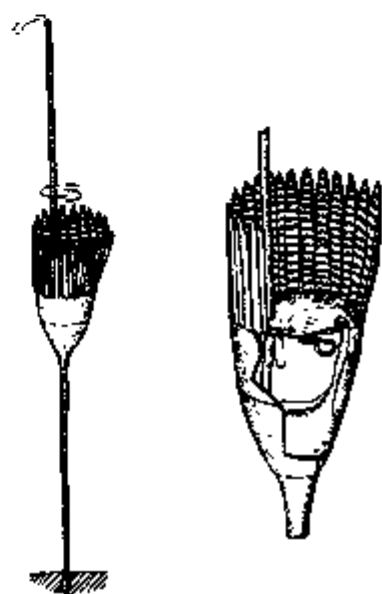


图 2-41 奇妙足杯虫

足杯虫最初发现于布尔吉斯，仅有3块标本，分藏于美国华盛顿国家博物馆、哈佛大学动物馆和加拿大安大略皇家博物馆。发现于澄江的足杯虫化石比布尔吉斯丰富，构造更清晰，通过研究否定了国外科学家提出足杯虫肛门位于萼腔的推测。有的科学家认为足杯虫与现代内肛虫有关系。而另外一些科学家则认为足杯虫不是内肛虫，它们之间主要差异在于内肛虫自寒武纪以来肛门一直位于萼腔内。并把足杯虫、伊尔东钵、火把虫、腕足类、帚

虫类合并为纤毛腕动物超门。

所发现足杯虫化石都呈单个保存，表明它不是群集生活，而是独自占据一块领地觅食。

伊尔东钵

在寒武纪海洋中曾漂浮着许多被称之为“伊尔东钵”的圆盘状生物，其外形酷似现代海洋中的海蜇水母。动物个体较大，最大直径可达 15 厘米以上，从中央腔向周边延伸有 40 多条辐管。U 型消化道常呈现黑色，宽大清晰，有时充填有泥质。消化道被隔膜分成许多节。口端具有触手环。这些特征显示它是具有分节特点的真体腔三胚层动物。

伊尔东钵的分类位置仍不明确。由于其圆状外形的误导，在最初发现时被作为刺细胞动物水母，定名为“星口水母”和“云南水母”。后来英国科学家康威·英瑞斯及其合作者研究后认为这些所谓“水母”乃是 1911 年维尔卡特所定伊尔东钵的同物异名，



图 2-42 伊尔东钵

在加拿大和美国都有发现。最初维尔卡特认为这是棘皮动物海参。最近有的科学家认为它与腕足类和苔藓虫类有亲缘关系，合并定为“触手动物类”。

伊尔东钵常与小舌形贝、微网虫、怪诞虫等保存在一起，科学家推测它们可能是共生或寄生关系。

与伊尔东钵相类似的一类被称为“轮盘钵”的生物，体直径可达 20 厘米，从体腔中心有 88 根水管向外辐射，放射纹之间有斑点状构造。在贵州台江中寒武纪的凯里化石群中

也有其踪影。其分类位置科学家仍然没有研究清楚。



图 2-43 轮盘钵

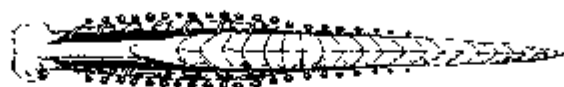
(10) 脊索动物门

云南虫——人类远祖

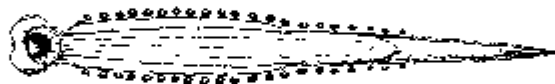
云南虫，1991 年由侯先光研究员发现和命名。身体呈蠕形，一般长度 3 至 4 厘米，大者可达 6 厘米，常呈侧视保存，显铅灰色，因而命名为“铅色云南虫”。身体前部有一个开口向前、呈漏斗状的吻。吻后有 7 对鳃弓。背部有 23 个骨骼化的肌节。身体中部有一肠索状构造贯穿头尾，其下有 13 对生殖囊。



A. 侧面



B. 背面



C. 腹面

图 2-44 云南虫

侯先光先生最早在描述云南虫时，因某些性质难以解释而把它作为分类位置不明的动物。1995年陈均远等研究者在《自然》杂志发表文章，提出“云南虫是脊索动物”的论证，这个论点把脊索动物的起源从布尔吉斯的“皮凯亚虫”向前推进了15百万年。作者专门写了一首英文诗赞美云南虫，译成中文为：那是一条漫漫长路，从云南虫到我们/那是一条阴阳道，从云南虫到人类/告别了鳃和鳍，迎来了秀发和肺/路漫漫其修远兮，但我们成功了。美国《纽约时报》配发了专文介绍云南虫，并作了评论：如果这种古脊索动物夭折，那么动物的中心神经系统将永远不会发展，地球也就像遥远的月亮一样寂寞冷清。

1996年，西北大学舒德干等研究人员在《自然》杂志上撰文论述“云南虫是半索动物”。1997年国内《奥秘》杂志第1期还专门为云南虫配了连环画。1999年，侯先光研究员再次撰文说：云南虫是一类三胚层蠕形动物。论述要点是：在被确定为脊索的构造中发现有泥沙充填，显示那是肠道而非脊索；云南虫背部体节未显示V字型特征，不是肌肉纹；背鳍占身体的2/3且和肠道相连，在生物学上解释不通。

总之，云南虫给我们的启示很多，学者们的争论就表明其确实蕴涵某种玄机，使人们感觉到那次生命大爆发给我们今天的影响。

1996年底，舒德干等研究人员在《自然》杂志撰文发表“华夏鱼是脊索动物”的文章，使产“华夏鱼”化石的马鞍山继帽天山之后倍受世人瞩目。

现在有的信息表明，澄江动物群还蕴含着脊椎动物的起

源，这是生命演化史上的又一重大突破。舒德干等人 1999 年 8 月在《自然》杂志发表了“皮鱼”形动物化石——西大动物。这一动物的重要性在于，它兼有原口动物和后口动物的特征，处于两者之间的过渡类型，为探索这两大类之间的演化关系带来希望，为早期动物谱系演化提供了重要证据。这一动物的另一重要性在于，它与无颌鱼类——皮角极为相似，而后者是最原始的脊椎动物，出现时代比它晚 2.5 亿年。如果两者之间存在亲缘关系，那就意味着寒武纪早期脊椎动物已在地球上生存。

(陈爱林、翟红)

3. 澄江动物群的研究概况

自 1984 年 7 月 1 日，南京地质古生物研究所的年轻科学工作者侯先光在帽天山一锤敲出了精美的纳罗虫化石，1985 年由张文堂先生和侯先光在“中国古生物学报”发表了澄江动物化石群的科研论文“纳罗虫在亚洲大陆的发现”之后，澄江动物群的研究开始拉开了序幕。中国科学院南京地质古生物研究所的侯先光、陈均远、孙卫国、张文堂；西北大学早期生命研究所的舒德干、张兴亮；云南地质研究所的罗惠麟、蒋志文；北京自然博物馆的王绍芳、魏明瑞等一批地质古生物学家组成课题研究组，先后对澄江动物化石群进行了多次大规模考察和系统发掘，采集了近 3 万余件珍稀的化石标本，结合各自的特长和科研课题，运用课题组，或者进行跨国研究，对各门类化石进行了深入细致的化石生物学、功能解剖学、演化生物学、古生态学、古地理学、埋葬

学等多学科的研究，从而拓宽了研究领域，取得了一系列举世瞩目的重大突破和进展。

中国古生物学家发现澄江动物群有丰富的叶足类化石，如罗哩山虫、凶猛爪网虫、链状心网虫、强壮怪诞虫、中华微网虫等。在对澄江动物群中的叶足类化石研究中，通过恢复动物体原貌，证明它们是现代有爪类的祖先。

对澄江帽天山保存有精美的躯干和完好的头部构造的蠕虫化石进行研究后，大胆论证，这种化石不属于环节动物，而与现代线形动物有亲缘关系。

节肢动物是澄江动物化石群中的一大类，动物群中近一半动物化石属于节肢动物。对澄江动物群中的节肢动物化石进行深入研究后，不但发现了许多新类型、新属种，而且还建立了节肢动物化石分类新体系。

研究澄江动物化石大型奇虾类后，发现该动物腹部有成对的腿，这是对加拿大布尔吉斯动物化石大型奇虾类无腿的论证作了补正。对澄江 4 个新的大型奇虾动物的探讨论证，表明这类动物不但广布于寒武纪时期的海洋中，种类形态也多种多样。我国古生物学家在美国《科学》杂志上发表论文，阐述巨虾是寒武纪巨型肉食类，并且生物之间已有了较为复杂的食物链之说，又大大拓宽了“寒武纪生命大爆炸”的科学内涵。

云南虫是研究澄江动物群的热点之一。云南虫是不是与人类的祖先有直接关系，是不是属脊索动物还是半脊索动物，都引起科学家们的讨论，发表论文阐述自己的观点。1995 年陈均远研究员在英国《自然》杂志上率先提出云南虫属于脊索动物，为地球人类最早祖先的新见解。舒德干教

授等人 1996 年在英国《自然》杂志联名发表了《云南虫被证实是地球上最古老的半索动物》，在进化生命科学上提出了自己的观点。

马鞍山产出一块距今 5.3 亿年前的即称之为华夏鱼的化石，是地球上已知最古老的原始脊索动物，这种脊索动物是脊椎动物的祖先。这一重大发现表明脊索动物于寒武纪生命大爆发之初就已出现，将脊索动物的演化历史向前推进了 1 000 多万年。

产出在早寒武纪的软体袋状动物化石——西大动物，使全球的古生物界震惊。舒德干等古生物学家命名的西大动物与 2.5 亿年前的无颌类皮鱼极为相似，这意味着澄江动物群孕育着最早的脊椎动物。无颌鱼类是最低等的脊椎动物，没有上、下颌骨，没有附肢，终身有脊索而没有脊椎，如现代的七鳃鳗和盲鳗。古生物学家认为，皮鱼是无颌鱼类最早期的代表。不寻常的西大动物如果与比它晚 2.5 亿年的皮鱼动物有亲缘关系，那么，脊椎动物的出现又提前了 2.5 亿年。

开展澄江动物群研究的十几年间，我国古生物工作者获得许多重大成就和突破。这些研究成果不但在国内科学刊物上发表，还先后发表于美国、德国、英国、加拿大、瑞典、巴西等国家的世界著名的科学刊物上或有影响的科研刊物上。我国古生物学家在美国《研究与探索》发表论文“软体与化石群”，提出寒武纪生命大爆炸引发的生物多样性科学模式，引起国际科技界的重视和注目。

在第 84 届诺贝尔学术报告会上，我国古生物学家对澄江动物群在多细胞生物早期演化中的地位作了详细介绍，使

澄江动物群被联合国教科文组织列为世界地质遗产 A 级候选点。

目前一个以跨国科学家小组为核心的早期生命研究中心，已经形成和逐步发展，瑞典、澳大利亚、美国、英国的古生物学专家，每年都轮番来中国一起合作研究澄江动物群。

经过地质古生物工作者十几年不懈的努力，澄江动物群的分布区域不断扩大。除澄江县外晋宁、海口、安宁等地都有分布。在研究生物群面貌的同时，已经探明寒武纪生物大爆发的不同发展阶段。研究结果表明，整个寒武纪时期，动物生命形式经历过四次大飞跃。第一次飞跃发生在距今 6.5 亿年的前寒武纪晚期，以水母、腔肠动物为主，且还没有出现硬壳动物，只有软体的节肢动物形成的化石为沙岩中的印痕。代表是澳大利亚埃迪卡拉动物群。第二次飞跃距今为 5.7 亿年的寒武纪初期，那时由于海水磷含量增多，动物开始有了硬质的外壳，其代表为晋宁梅树村小壳动物化石。第三次飞跃距今为 5.3 亿年寒武纪早期，化石出现了个体大、门类多，其代表为澄江动物化石群。第四次飞跃为距今 5.1 亿年的中寒武纪，其代表为加拿大布尔吉斯页岩动物群。正是有了寒武纪生命的大爆发，才形成了现代生命的丰富多彩。

由于我国地质古生物学家、科学工作者经过十多年对澄江动物群的研究，取得了丰硕的成果，特别是澄江动物群在研究生命起源上具有极其深远的意义，从而震动了世界古生物学界和新闻界，都纷纷发表意见或载文评论。

美国自然科学院院士、哈佛大学有机体和演化生物系主

任诺尔教授，把中国澄江动物群看作是了解动物早期演化历史科学的最前沿；并确认由此展示的“寒武纪生物大爆发”，……为当今世界自然科学十大难题之一。

德国古生物学家赛拉赫等一批著名专家则认为，“寒武纪生物大爆发”是生命历史中最伟大，但也是了解最少的一次生物事件，中国澄江动物群拥有解开这个谜的线索。澄江动物群告诉我们，许多生物造型地在布尔吉斯页岩动物群之前，紧接在寒武纪大爆发之后就出现了。澄江动物群的发掘和继续研究应是科学计划中最优先发展的部分。

1991年4月23日，美国最有影响、最有权威的《纽约时报》在头版曾刊登一长篇配有彩色图片的文章，文中有这样一段话：“中国澄江动物群的发现，是本世纪中最惊人的发现之一”，“澄江化石不仅是地球上所发现的最老的，保存最完美的软体动物化石，更令人吃惊的是，其软体结构及其骨骼保存非常完美”。文章最后称澄江动物群是“最拨动人心的发现”。

同年初，美国比较有影响的杂志《研究与探索》也曾发表长达十多页介绍澄江动物群的文章，配有非常精美的大型彩色动物化石图片，该杂志以《澄江动物群——地球上最古老的软体动物群》为题。一语道破澄江动物群的价值和重大意义。而美国《国家地理》杂志，在1993年以标题为《灿烂的新谜出现在中国大地》的文章，较详细地记述了发现澄江动物群的经过、科研的进展和发现澄江动物群的重大价值。《科学与美国人》还制作了专题节目，将澄江动物群列入生命科学的五大难题之一在美国播放。其次还有《美国科学新闻》、美国《发现》杂志、《瑞典日报》、巴西《圣保罗

周报》以及荷兰、德国、加拿大、英国、法国的大众传媒和权威报刊，都以整版或较大篇幅，刊载了中国这个举世瞩目的重大发现，表述了澄江动物化石群发现的重大意义。

(杨应康)

三、寒武纪生物大爆发原因探讨

“寒武纪生物大爆发”形象地描绘了寒武纪生物的快速演化及辐射发展。正如澄江动物群向我们展示的那样，寒武纪的生物门类与以前相比，成倍地增加。澄江动物群包含了近 100 个化石种。然而，这个“快速”、“爆发”是以地质时代为尺度。也就是说从地球整个历史来看寒武纪生物演化事件，这一事件是快速的、所用时间是短暂的。而不是像人们想像的那样：“绝大多数动物门类在寒武纪就像‘爆炸’一样突然出现。”

本世纪 40 年代，科学家提出了“寒武纪大爆发”的理念。半个多世纪过去了，科学家只能凭借加拿大布尔吉斯页岩动物群去判断寒武纪时期地球上后生多细胞动物突然出现的生物面貌，而对于比布尔吉斯动物群古老的生物面貌究竟如何，科学家只能根据那些冷不防从地球角落里冒出的化石群碎片做种种推测、臆想，提出许多奇谈怪论，复原出若干幻想中的生物。澄江动物群的发现，让我们得以窥视 5.3 亿年前的寒武纪海洋迷宫——一幅真实记录从微观自养生物到宏观肉食生物的宏伟画卷。

用科学的方法分析，澄江动物群所证实的寒武纪生命大爆发不是上帝的恩赐，也不是无源之水，无根之木，这是一个自然演化过程，是各种物质因素的综合诱导，从量的积累到质的飞跃。生命本身在寒武纪大爆发中的自我设计事件是

生物学家探讨和研究的主题。

生命的演化进程除生命自身内在因素外，还与外界因素有着密切的关系。众多互不相关的生物门类同时卷入了寒武纪早期生命辐射演化和生物矿化事件，这一事件的发生除了生物本身为这一过程准备好条件外，显然还与我们所知不多的当时全球性环境变化有关。从环境来说，元古代末至寒武纪初期，海水中磷元素的增加，全球大气含氧量的上升，冰期造成的气候分带、洋流变化、海陆格架的变迁等无不是生命大爆发的有利因素。从生命本身来说，生命遗传密码的数量突变、性别分化以及物种的竞争等都是爆发的关键因素。作为一种自然规律，外因是通过内因起作用的，内因是事物发展变化的决定因素。综合当今多种最新科研成果，分析如下：

外因之一，寒武纪初期大气含氧量的上升。地球经过太古代、元古代近 40 亿年的演化，火山活动和外星碰撞减少，地球大气趋向稳定，大气中大规模 CO_2 已经转移到海水中生成 CaCO_3 ，成为岩石圈的一部分，为氧气贮存腾开了空间。加之在大量的藻类植物经过长时间辛勤劳动后，氧气含量急剧上升。据科学家估计，至寒武纪初期，大气中含氧量已达现代大气含氧量的 10%，大大激发了生命进化。大多数科学家相信，宇宙中的总能量是有限的，生命必须沿着高效利用能量的方向发展，以利于生命本身天然存在的种族繁衍定势。从厌氧生活到喜氧生活是生命生存方式的一个巨大转折。寒武纪初期氧气的增加强烈地影响了细胞内部结构和功能的进一步改善，要求有氧化酶以适应由还原生活环境向氧化生活环境转变，大大加快了细胞的进化活动，促使动物矿

化骨骼的生成和较大的复杂动物产生。

外因之二，海水中磷的增加。地球由于长达十数亿年的频繁岩浆和火山活动，以及陆表水对陆地岩石的风化淋滤搬运作用，海水中磷的含量稳步上升，形成全球性的元古代末期大型磷矿床。特别在近海岸河流入海口附近海域，磷元素含量呈梯度性变化，有可能使微小生命结合水中的磷、钙元素形成内外骨骼来躲避天灾。在这些自养生物发展到一定程度，自然环境的供载能力达到极限，周边环境已无食可觅时，它们相互吞食，从此引发“军备竞赛”，利用周围磷、钙元素组成“盔甲”和“刀枪”（如外骨骼、捕食肢、牙齿等），这些特别的生活方式促使生物多样性产生。如怪诞虫武装有背刺（很可能如现代生物的“警戒色”，但怪诞虫的刺是警戒刺，不作攻击用）；海绵武装有骨针对付偷猎者，那些体大笨重或纤细弱小的个体不便移动觅食，便只好落地生根，占据海底有利地形或钻入泥中，守株待兔，并且次生出刺细胞、触手等捕食工具，如海葵。有些受害者也被迫武装有外骨片，但仍不能逃脱被食命运，只好卷入泥中或攀附“权贵”觅一杯羹，如微网虫攀附在水母身上。

外因之三，冰期束缚的解除。在晚元古代末期，地球上出现了大规模的冰川事件，这个被称为瓦伦吉（挪威北部的一个地名）冰期的沉积广泛出现在地球的大部分地区。在这个长达千万年的冰封时期，生命调整自己的适应能力，一组合试验基因组合，老弱病残被淘汰，保留那些最牢靠、最顽强的遗传密码，那些能适应环境生存的优秀分子被留下来。冰期过后，地表开始升温，陆地冰川消融，海平面上升，大陆架面积增大，各种自然环境更丰富。研究表明，到寒武纪

初期，地球大气具备了基本分带，存在多种气候环境，那些经过冰期洗礼的优秀生命分子在束缚解除后，出现适应辐射，种类和数量都急速扩张。

外因之四，地球在宇宙中的恰当位置开启了生命的遗传密码。现代天文学知识告诉我们地球不是静止不动的，也不是宇宙的中心。地球除自转形成昼夜，绕太阳公转形成一年四季外，还与整个太阳系一起绕银河系中心运动，整个银河系也在围绕宇宙中心运动。根据天文观测，太阳系绕银河系运转一周约需3亿年。太阳在带领地球绕银河系运转时，要穿过星际介质不同的地区，如旋臂、中性氢云、超行星相对密集区、银河系磁场相对强烈区、宇宙射线密集区等，这些宇宙作用会使地球表面接受太阳能的多少发生变化，宇宙射线有时直接触及到生命组成元素的原子结构，引发基因的重组。在大量的重组过程中，有些基因适应新的环境而保存下来，从宏观上产生出异于旧时的生命组成面貌。对基因来说，它是一个具有自组性的体系，在一定外力作用下可自行重组、融合、突变、移码，更何况在寒武纪初期，地球环境的有利因素在适当宇宙外部条件引导下，基因数量能急速重排、扩增，表现出来的形式就是生命多样性的产生。

如果仅有外因的话，而没有生命本身的自主配合，那么一切都可能不会发生。外因是通过内因起作用的，那么生命自身的原因又有哪些呢？

其一，性别分化为生命从数量上增加打开了缺口。中国科学家最近从距今5.8亿年前晚元古代末期震旦纪地层中找到藻类生命出现性别分化的痕迹，这为我们探索寒武纪生物大爆发提供了一条重要线索。一般说来，在生物繁殖后代方

面，无性生殖比有性生殖更为简单省力，但高等的真核生物为什么要采取这种复杂、耗能的有性生殖行为呢？科学家通过考察这一现象在历史上的起源、进化来寻求答案。生命从38亿年前诞生至今，其中近一半的时间在原核阶段度过，生殖行为是天生的一分为二方式。由于真核生物的出现，随之带来了有性生殖，使生命进化大大加快。这是因为在有性生殖中，一次就可繁殖成千上万的后代，双亲的遗传物质发生重组，从而大大加快了后代变异性状出现的几率，这就为自然选择提供了源泉。举例来说，人类男性一次射精的精子数目为2~3亿个，如果这些精子同时与卵子结合，那么就能发育成上亿个生命个体，但这种情况并未发生，原因在于物质的限制和生命在进化过程中形成的自我保护机理，即只能让最优秀的分子发育成熟并长大。有性生殖出现后，先有了物种个体数量的大幅增加，然后有了多种类的爆发。当然生命也为此付出了代价，这就是死神的降临，有性生殖也意味着死亡，因为永存的是生殖细胞（遗传基因），而体细胞不可避免要死去。这也是我们永远对后代寄予厚望的缘故。

其二，寒武纪初期，生物组成基因数目达到临界点。美国科学家瓦楞泰结合现代生物研究成果提出，在寒武纪初期生物形态呈现显著复杂化，是因为在此期间基因的数量达到40~50种的临界点。细胞类型的多样性显示大量构造基因的存在与基因调控机制的复杂化有关。

在5.6~5.3亿年前的3 000万年间，生物基因由简单的6个到8个不断扩增到临界点，导致原口类和后口类生物分化以及许多多细胞动物支系的产生。

其三，生物之间的竞争、共生等关系可产生新物种。生

物间的竞争、合作现象会导致新的构造和新的生理现象产生，这些信息通过酵素的放大，作用于遗传信息，濒临危险时生物会产生一种信息的传递，当临近的其他个体感受到这种信息时，体内的酵素和荷尔蒙会产生一种抗体（如昆虫的抗药性），又如面对危险食物时，动物有特殊的感知能力（如老鼠从其他受害者那里获得信息产生预警能力）。在寒武纪初期的钙沉淀细菌与软体生物共生导致基因重组产生带壳动物。

总之，寒武纪生命演化辐射使达尔文进化论之自然选择和地理隔离解释陷入泥潭，澄江化石群印证的生物大爆发理论需要更多的精英科学家去探索。

（陈爱林）

四、澄江动物群引发的思考

1. 生物大爆发

寒武纪生物大爆发是有一个发展过程的。从 5.6 亿年前的梅树村动物群开始，经过最古老带壳三叶虫动物群，到澄江动物群，一共经历了近 3 百万年的时间。3 百万年对我们人类来说真是太漫长了。但是把 3 百万年放入地球生物历史的 38 亿年中，只占生物历史的 $1/1270$ 。如果把 38 亿年看作 24 小时，那么，3 百万年在一天的时间里只有 1 分钟。可见，寒武纪生物演化真是一瞬间的事。

澄江动物群是寒武纪生物大爆发的高峰，也是最突出的一幕，但不是唯一的代表。在此之前，寒武纪生物的演化经历了梅树村动物群和最古老带壳三叶虫动物群。梅树村动物群是以小壳动物为特征的动物群，伴有软舌螺、腹足类、单板类、喙壳类和腕足类。最古老带壳三叶虫动物群的主要代表动物是三叶虫、腕足动物、软舌螺和开腔骨动物。寒武纪生物大爆发经历了前两个发展阶段后进入第三个发展阶段——澄江动物群的发展。澄江动物群使寒武纪生物的种类成倍增加，生活方式多样化，生存体系趋于完善。这之后发育的马龙动物群使寒武纪生物大爆发形成一个完整的演化事件。

2. 生物演化事件

生物进化过程是多种多样的。生物演化过程中的“灾变”即绝灭事件和“大爆发”都是进化过程中多样性的自然过程，而不是生物界的毁灭和重生。所谓“绝灭事件”，是指生物演替变化最大的时期，而不是生物的全面“毁灭”，是指某一类或一批生物门类，在或长或短的一段时间内逐渐或突然消失。绝灭事件的原因很多，有地球外的（宇宙的）原因，也有地球内部的原因。例如众所周知的恐龙绝灭事件，专家们提出的原因假设有数十种之多。这一绝灭事件听起来吓人，我们通常用“突然绝灭”来形容，而实际上这个“突然”是一个经历了大约 3000 万年之久的漫长过程。

地球上的生物事件中，最引人注目和最耸人听闻的生物绝灭事件，其实并不可怕，是很正常的生物演化过程。生物绝灭事件之后，接着就是生物的复苏事件。“旧的不去，新的不来”，这是生物界进化的普遍规律。在生物进化历程中，发生过多次生物大绝灭事件。例如，在早古生代与晚古生代之交，三叠纪与二叠纪之交，中生代与新生代之交都发生了生物大绝灭事件。每次大绝灭事件之后，都是生物的复苏和大发展。例如中生代与新生代之交的恐龙绝灭事件之后，是哺乳动物和鸟类的大发展。

随着科学家对生物绝灭事件和复苏事件的深入研究，达尔文的进化论在实践中得到修正和完善。科学也会得出不正确的结论，但是，这些结论不是最终的，而是暂时的。科学是不断地发展和完善的。

3. 人类是科学的最大受益者

什么是科学？诺贝尔物理奖 1965 年获得者，美国物理学家理查德·费恩曼说得好，“科学就是在改正一个又一个的错误的基础上发展起来的。……科学是经过探索的曲折，才逐步加深对事实本身的了解”。

在人类历史上的大部分时期，人类对于外部世界是恐惧和害怕的。因为人类对可能发生的危险不能预测。人类对于任何能够减少他们恐惧的解释都欣然接受。因此，迷信**大**行其道，迷惑人们的思想，对复杂的问题作出轻率和随意的回答。

然而，无论人类怎样看待科学，人类的一切都与科学紧密地联系在一起。人类不可能回到愚昧中去。当我们最终认识到科学的美妙绝伦和其极大的力量的时候，我们就会发现，无论是精神还是实际物质方面，科学都给我们带来了极大的益处。

科学在了解自然、掌握事物的发展规律、控制自身和指导安全航行等方面取得了极大的成功。科学是客观的，客观就是事物实际的存在状况。掌握科学知识就可避免一些灾难的发生。反之，一个国家也会因没有科学知识而灭亡；可以避免的灾难，因人们的无知和愚蠢而更多地发生。认识事物的科学态度就是要依据科学实验或掌握科学证据。任何没有实验依据的言论，没有科学证据的理论都是胡言乱语；不能得到实践检验的观点是不可信的。

古生物学使人类认识了地球生物演化的历史，看到生物进化的事实，这比古生物学本身的价值更巨大。人类作为地

球生物的最高等类群，是生物经过 30 多亿年进化的结果。地球上根本不存在超自然的力量（如上帝、鬼神等），我们必须以科学的精神对待、探索未知的世界。

人类认识生物进化的背后，就是一个个化石证据的事实。研究生物进化的严格方法，就是要在大自然中不断地寻找证据，改正以前的错误认识，作出更符合事实的解释。科学家在 35 亿年的岩石里发现原核生物，使我们得知地球上的生命在 35 亿年前就已经存在。最近，科学家在 27 亿年前的岩石里发现与真核生物有关的生物化学物质，使人类认识真核生物出现的时间提前了 10 亿年。从 27 亿年前至 6 亿年前，更复杂的多细胞生物经过了 21 亿年的进化历程。多细胞生物的进化为什么要花费如此长的时间呢？面对这些疑惑，科学的态度就是不断地寻找开启不解之谜的钥匙，使我们得出的结论具有充足的证据。

4. 生物多样性

在 46 亿年前，地球刚刚诞生时，还没有生命存在，空气里主要是沼气、氨气、二氧化碳和氢气。地表到处是火山岩浆，天空中电闪雷鸣。

生命在地球上出现以后，经过大约 20 亿年的时间，才从简单的单细胞生物进化成一些更复杂的生命。这一点一滴的变化都是生命的重大突破。能够依靠光合作用、吸收二氧化碳、放出氧气的生物，花费了如此漫长的时间，才让地球大气中充满氧气，为多细胞后生动物的演化发展创造了条件。

生物第一次从海洋爬上陆地后，就不断地开发新的栖息

地，直到布满地球上的每一角落。现在南极 -23°C 的严寒冰层中，有自在生活的藻类和真菌；海底火山附近达到沸点的开水中，也有安详生活的生命；世界最低处生活着像虫子一样的生物；珠穆朗玛峰海拔6 000米以上的地方仍然有生命存在。

当今地球上的生物是多种多样的。如世界上最大的动物蓝鲸，身长达30米，体重150吨。蓝鲸是无法在陆地上生活的，它会被自己的体重压垮；世界上最小的生命要数病毒，必须用电子显微镜才能看到它。有些鸟可以在空中、水里、陆地穿行无阻。但是有些鸟却一辈子也离不开陆地。有些动物生性孤僻，离群索居；有些却成群结队，分工明确，靠集体生存。论速度，猎豹是世界短跑冠军；而蜗牛1小时大约只能爬几米。

生物多样性还体现在同一类生命中，苔藓就有13 000种之多。大多数人以为植物是不会动的，其实不然，在特殊摄影机记录的画面上，许多植物的枝叶都随着日出抬起，随着日落放下；一些豆科植物夜间还跳舞。

地球生命30多亿年的历史中，曾经生活着数以亿计的我们未曾见过的生物物种，它们都是生命为创造今天的地球生态系统所付出的代价。我们当今的生命，只是他们中间的幸存者。生命变得如此的多种多样，也正是它们几十亿年来与生态环境共同演化的结果。

5. 地球生物圈

地球生物圈是人类唯一的家园。从地球诞生到今天46亿年来，大自然在缓慢地变化着，磨平着地面上的一切。大

地板块的相互撞击，又把地层深处的巨大岩层顶向空中，让温暖的洼地变成寒冷的高原。在地球表面，造就了无数相互关联、又截然不同的生态系统，正是这多种多样的生态系统构成了生命的家园。

动物也是生态系统的一部分。生态系统不一样，生活在其中的动物也会不一样。非洲东部的草原为食草动物提供了丰富的食物，这里有大群的斑马、野牛。浅海生态系统是地球生命的摇篮。西沙群岛的海底，珊瑚礁为大大小小的海洋生命提供了栖息地。许多生态系统中都有一些关键的物种，当海底的珊瑚礁被人炸平了，五颜六色的浅海生命也就荡然无存了。热带雨林是地球上最重要的生态系统之一，因为它是生物多样性最集中的地方，仅厄瓜多尔的热带雨林中就有1300种鸟。世界各地的各种动物更是种类繁多，千奇百怪。

生命的存在，首先要靠能量。几乎所有地球生命所需要的能量都来自太阳。但对于包括人类在内的所有动物来说，太阳能实际上是通过物种间的传递，才养活了所有生命。日复一日，太阳光穿透密林，植物的叶子有一种独特本领，能将太阳光吸收下来，固定在植物体内。这就是光合作用。光合作用是由叶绿素在叶子的细胞中完成的。这是地球上最重要的生化反应。光合作用一旦停止，地球将变成一颗死星。植物在固定太阳能的过程中吸进二氧化碳，然后释放出氧气。地球上的氧气30%来自陆地上的绿色植物，70%来自海洋中数量最大的物种——藻类。动物要获取太阳能，除了用植物做食物，没有别的办法。

整个地球生态系统也遵守着同样的规律，植物吸收利用太阳光，为所有的其他动物提供食物，所以植物在生态系统

中是生产者。其他动物，人类也是动物，直接或间接以植物为主，微生物把所有丧失了生存能力的动物和植物分解掉，它们合成的物质又成了植物的营养。所以，维护地球生命的过程是由多样性的生命来完成的。

(翟红、王绍芳、周长生)

五、澄江动物化石的保护与 科研、旅游的关系

1991年6月在法国迪尼召开的第一届“保护我们的地质遗产”国际讨论会上，大会通过了《地球历史保护国际宣言》，宣言第七条曾指出“今天人类一直善于保护自己的历史，即人类的文化遗产。现在该是保护人类的自然遗产——环境的时候了。地球历史的重要性并不亚于人类的历史。现在人类应该学习如何保护地球的历史，并在这个过程中，了解地球的历史，去研究在人类出现之前就已存在的历史篇章，地质遗产”。

我们保护澄江动物群遗址，也是保护着地球的历史。因为，距今5.3亿年前的澄江动物群为一特异埋藏的多门类化石群，以含大量保存特别完整的软躯体原生物为特征，包括海绵动物、腔肠动物、腕足动物、软体动物、环节动物，以及三叶虫和多种其他节肢动物，还有一些很奇异的分类不明的种类。由于澄江动物群正处于寒武纪早期地球生命存在形式突然出现了从单样性到多样性的飞跃，为“寒武纪生物大爆发”开辟了一条崭新的大道。保护好澄江动物群遗址，就是保护好地球生命演化的历史。因此，联合国教科文组织对保护澄江动物群地质遗址非常重视。1992年2月在巴黎召开的“世界地质（含化石）遗址工作组特别会议”，经我国

与会的专家介绍了澄江动物群的情况后，与会的各国代表一致同意将其列入了东亚区优先一等，第4号古生物遗址（代号A），认为其符合国际评估标准第一条，编入了《全球地质遗址预选名录》。1993年10月，联合国教科文组织又召开工作会，工作组在年度报告中，再次确认了澄江动物群为A类，符合评选第一条标准，即“为代表地球的主要历史阶段，并包括生命纪录的突出模式”。

为了有效地保护具有重大科学研究价值的澄江动物群产地，云南省人民政府根据《中华人民共和国自然保护区条例》等有关法律、法规的规定，于1997年12月发布了第51号令，即《云南省澄江动物化石群保护规定》。法规明确规定“澄江动物化石群属国家所有，任何单位和个人不得破坏或者非法转让”。并“建立澄江动物化石群省级自然保护区”，实行特殊保护和管理。保护区的范围及其核心区、缓冲区、实验区的界线，由省人民政府批准划定。还明确规定“禁止在保护区内进行砍伐、开垦、采石、取土、开矿以及其他对保护对象有损害的活动”。“禁止在保护区的核心区和缓冲区内建设任何生产设施。在保护区的实验区内，不得建设污染环境、破坏地质遗迹的生产设施、建设其他项目，其污染物排放不得超过国家和省规定的污染物排放标准”，同时还规定“未经省地质矿产行政主管部门或者保护区管理机构批准，任何单位和个人不得在保护区采集化石标本，不得收购、买卖化石标本”。

根据省人民政府关于建立澄江动物化石群省级自然保护区的批复，保护区以澄江帽天山为中心，向南、向北各延伸4公里，面积约18平方公里，并依据国际惯例向地下延伸

50 米。管理委员会办公室，依据已发现动物化石的情况，地层分布状况以及研究程度，结合云南省制定的《澄江动物化石群保护规定》，又将保护区的三个功能区，详细地作出了不同级别的保护。

①中心区：帽天山及周缘为重点保护区，这是澄江动物群首先发现地，原始剖面所在地及古生物群集中分布区，面积约 1.2 平方公里，实施一级保护。原始剖面用玻璃钢棚保护，周围设置两层围栏圈闭，培植围栏花卉，严格控制，不许采挖，非经特许批准，一律不得入内。原始剖面附近修建首发地标志碑，入口处建大门，还建立值班房舍等设施。

②南部实验区（南区）：为中心区向南延伸的化石群潜在分布区，包括罗哩山、大坡头、小团坡、者北村等，实施二级保护。主要化石点、剖面设立标志，周围置等距水泥桩标界，可供科学研究、参观、考察。

③北部缓冲区（北区）：为中心区向北延伸的含化石群地层分布区，包括小烂田、马鞍山、郭家山、东溪哨等，实施二级保护。区内不允许建任何生产设施。主要化石点、剖面设立标志，周围置等距水泥桩标界，可供科学研究、参观、考察。

我国政府在对文化与自然遗产的保护方面提出了“保护为主，抢救第一”的方针，和“有效保护，合理利用，加强管理”的指导思想。在自然遗产方面提出了保护放在首位，合理利用开发，加强管理的方针。这是与世界遗产委员会制定的规章、办法相一致的。首先要加强保护，另一方面保护的目的在于要发挥遗产的作用，如果利用得不好，反而会影响保护，甚至造成破坏，所以又必须“合理利用，加强管

理”。这就必须根据实际，处理好保护、管理、研究方面的协调关系，才能推动各方面的工作。就澄江动物群的保护、研究、管理，结合现实，应抓好如下几方面的协调关系：

第一，应解决好科研与保护之间的关系。在不破坏资源的前提下，应积极支持科研。被誉为古生物圣地的澄江动物化石群，是研究地球生命历史的宝库，但是研究工作尚处于起步阶段。若与澳大利亚埃迪卡拉动物群和加拿大布尔吉斯动物群的研究工作相比，埃迪卡拉动物群在 1947 年发现至今，科研工作已进行了近 60 年时间，而布尔吉斯动物群在 1909 年发现至今，科研工作已有 90 余年的历史。但是澄江动物化石群的研究工作仅仅十余年的时间，虽然，澄江动物群的研究工作取得了一些突破性的进展，要真正揭开其神秘的面纱还需要做大量的艰苦而细致的工作，摆在科研工作者面前的课题，还很多很多。比如，生物演化的速度和生物群的面貌为什么在寒武纪到来时发生如此巨大的变化？寒武纪突然出现的动物门类是否曾经经历过寒武纪之前的早期演化阶段？地球环境变化的主要特点及其对早期生命进化的影响是什么？在此基础上，才能进一步揭示寒武纪生命大爆发的形成背景，成因机制和基本模式以及开展与其密切相关的诸如“真核生物的早期演化”、“多细胞生物的早期演化”、“原始多细胞动物”、“动物门类的起源与早期分异”、“生物矿化作用的发生与演化”等重大科学疑难问题的科学研究，进而重新评价达尔文的进化论，实现在生命演化理论上的重大突破与创新。从这一系列的研究课题表明，在有效保护的基础上，提供科学研究，才能使我国在世界基础理论的研究中占有一席之地。才能解决地球生命演化的疑难问题。

第二，在加强保护，提供科学研究的同时，积极推进科学普及工作，用辩证唯物主义和历史唯物主义的观点，对全民进行科学知识的教育。大力推动科技进步的发展，用人类的一切文明科技成果教育启迪人民，致力于劳动者素质的提高。澄江动物群及其相关项目的研究，将在生命演化理论的基础上，推出一批重大的科技成果，这批成果将会影响人们的世界观和思维方式，特别是对青少年世界观的形成产生深远的影响。只保护和研究，不推进科学普及，不利于社会主义精神文明的建设，不利于发展生产力。因此，科学普及同保护与研究都具有同样重要意义。

澄江动物群的科学普及，可以利用发挥研究过程中揭示出来的大量新、奇、特化石，化石复原模型、化石复原图、化石的声光录相带，通过时间隧道，形象地展示生命的起源、爆发与演化，进行科普教育，从而强化头脑中的唯物主义的世界观，抵制形形色色的唯心主义和封建迷信的愚昧观。进而提高学科学、用科学的积极性。同时，在科普教育中应向人民展示中国科学家在研究生命演化上所取得的重大科研成果。特别是攀登世界高峰，突破世界研究领域的成果，能激发人们的爱国进取思想，并为我国科研工作跻身世界而感到自豪。所以搞好澄江动物化石群的保护和科研来推动科学普及，同样重要。

第三，澄江是个风景名胜区，抚仙湖以及深透清沏的湖水，迷人的自然景色，神秘莫测的生态环境，被认定为兼有度假、旅游、科研等多学科的省级风景名胜区。每年到澄江旅游度假、科学研究的达一百余万人，而澄江又是以昆明为中心，滇中旅游、度假的重要一条线路，为此，应该把旅游

与称之为“古生物圣地”的澄江动物群及古生物展厅联为滇中旅游度假的一条重要旅游线，即科技旅游线或地球生命起源与演化旅游线，寓科研与科普于游乐之中，让旅游者在旅游、度假中受到教育。同时，可制作与动物化石相关的旅游纪念品，以丰富旅游内容，形成与云南是旅游大省相配套的工程。这样就能更好的发挥澄江动物化石群、化石陈列馆的功能。

为保护好澄江境内的这一世界奇观，难得的文化地质遗址，世界古生物圣地，并为研究地球生命的起源、演化等等科研难题提供有力的依据。中央、省、市、县的领导及有关部门非常重视保护和研究工作。早在1987年6月，云南省人民政府办公厅根据澄江县的报告，发文“关于澄江无脊椎动物化石群保护问题复函”，责成澄江县做好动物化石群的初级保护管理工作，要求省地矿厅、省环保委给予指导，并安排了适量的初级保护启动资金。自省发文以后，澄江县一直坚持不懈地做好初级保护与管理，接待国内外参观、考察者和研究人员。还制订了县级“保护澄江无脊椎动物化石群的暂行规定”，多次发文强调研究与保护的重要关系，常年雇请人员巡察看守。自己动手在化石发现地帽天山建造了“澄江动物化石群”标志碑，在县文化馆筹建了“澄江动物化石群展览陈列室”，组建了县级澄江动物化石群管理委员会，设立了办公室。县级管理委员会和办公室的工作一直坚持到1997年5月云南省人民政府和中国科学院在澄江召开现场工作会。

根据省现场会议精神，在澄江建立了澄江动物化石群省级自然保护区管理委员会办公室。由于省级管理委员会办公

室的建立，使澄江动物化石群的保护管理工作走上了正轨。现在省级管理委员会办公室按中央、省、市的规划安排，要将澄江动物化石群省级自然保护区，积极向国家申报列为国家级自然保护区，继后向联合国教科文组织申报，正式列入“地球地质遗址”。同时还要在澄江建立展示云南寒武纪年代的地层、矿产、古生物、古地理等的寒武纪博物馆，在化石埋葬地的帽天山建立揭示化石埋葬环境地质，代表寒武纪地层的化石剖面。以便为国内外古生物学家，地质学家提供良好的科研场所和丰富的科研内容，为科普教育提供良好的基地，也为云南的旅游业增添大景点，集科学研究、教学实验(习)、普及地质学和旅游为一体，并且，这一宏大工程正在计划和实施之中。

(杨应康)

封面
书名
版权
前言
目录
正文