

寒武纪生命大爆发——真相不止一个

作者：冯伟民（中国科学院南京地质古生物研究所）

距今约 5.3 亿年前，一场地球生物进化史上最壮观的“寒武纪生命大爆发”“骤然”上演，几乎所有门类现生动物的祖先分子在很短的时间里涌现了出来，其复杂而多样的生命形态与之前漫长演化过程中出现的原始生命体截然不同。

达尔文的困惑

——谜题的产生

其实，早在一百五十多年前，这一奇特而重大的生物进化事件就引起了达尔文的高度关注。

那时，科学界还没有发现寒武纪之前的化石，因而科学家们对这一生物重大进化现象困惑不已。达尔文甚至认为这一事实会被用作反对其进化论的有力证据。但他同时解释到，寒武纪的动物祖先一定来自前寒武纪动物，是经过很长时间的进化过程产生的；寒武纪动物化石出现的“突然性”和前寒武纪动物化石的缺乏，是由地质记录的不完全或是老地层淹没在海洋中造成的。

自那以来，科学家不断探索，寻找化石，孜孜以求地研究，以期解开国际学术界所列的“十大科学难题”之一——“寒武纪生命大爆发”（Cambrian Explosion）之谜。

三叶虫一统天下？

——NO！

1909 年 7 月，美国史密森自然博物馆馆长维尔考特（WALCOTT）在加拿大布尔吉斯山发现了 6 万多块 5.15 亿年前寒武纪时期海生无脊椎动物的化石，颠覆了之前“寒武纪乃是三叶虫一统天下”的认识，展现了寒武纪绚丽多彩的生命现象，进一步放大了寒武纪生物与前寒武纪生物数量和种类上的巨大反差。



布尔吉斯页岩生物群

1946年，澳大利亚地质学家斯帕林格（SPRIGG）在澳大利亚埃迪卡拉山前寒武纪晚期（5.65亿年前-5.42亿年前）的砂岩中发现了一些大型多细胞生物留下来的印痕化石，其形态与现代水母、海鳃、蠕虫和节肢动物有些相像，但他们没有口、肛门和消化道等器官的分化，这首次从化石上印证了前寒武纪存在着多细胞生物。然而，除了极少数类型外，埃迪卡拉生物群几乎与现代动物毫无相关。

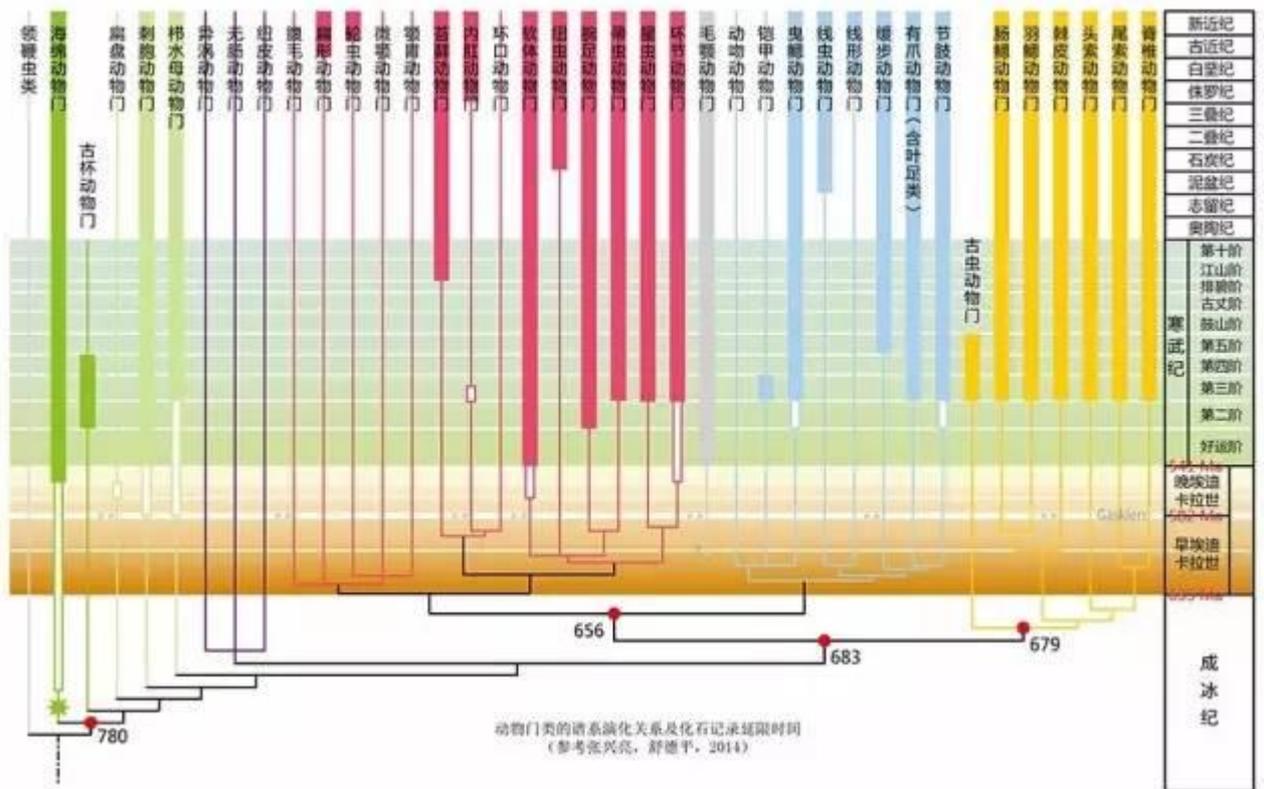
这两个著名生物化石群是上世纪上半叶世界上最伟大的自然科学的发现，被视为研究早期生命最经典的化石群。

寒武纪生命大爆发是地球生命进化史上的一大奇观，其最显著的标志是“突然”涌现了大量的动物门类。

前寒武纪埃迪卡拉世晚期仅出现少数动物门类，如硅质海绵动物门，刺丝胞动物和栉水母动物等基础动物门类。此阶段动物造型以辐射对称、二极或单极为主。但是，在寒武系前三个阶段，即好逊阶、第二阶和第三阶大约二千万年内，动物门类的数量快速增长，新门类不断地出现。

尤其是第三阶，门类数量呈跳跃式增长，新出现了 14 个动物门，主要是两侧对称的后生动物，同时现代具矿化骨骼的生物门类全部产生。

截至寒武系第三阶，共有 20 个现生动物门类相继出现，如硅质海绵动物、钙质海绵动物、刺细胞动物、栉水母动物、软体动物、腕足动物、帚虫动物、星虫动物、环节动物、毛颚动物、铠甲动物、曳鳃动物、有爪动物、节肢动物、肠鳃动物、羽鳃动物、棘皮动物、头索动物、尾索动物和脊椎动物，另有许多已灭绝的动物门类。



同样令人叫绝的是，澄江生物群大量原位埋藏的软躯体化石组合在揭示以澄江生物群为代表的寒武纪早期海洋生物群落方面显示了巨大的科学价值。

其中，动物化石的软躯体保存极为完整，90%以上还保留了诸如眼睛、附肢、口器、消化道（有的消化道中有食物残留）等软体组织印痕，其姿态千奇百怪，有站立、爬行、进食、钻孔等姿态，还有大量遗迹化石，如粪便、运动痕迹等等，为研究寒武纪早期动物大爆发及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、埋藏条件和保护方式提供了重要的化石依据。

这对推动生命起源和进化理论等方面的研究具有非凡的价值。因而，澄江动物化石群与澳大利亚埃迪卡拉动物群、加拿大布尔吉斯动物群一起被古生物学家列为地球早期生命起源和演化实例的三大奇迹。

动物世界的曙光

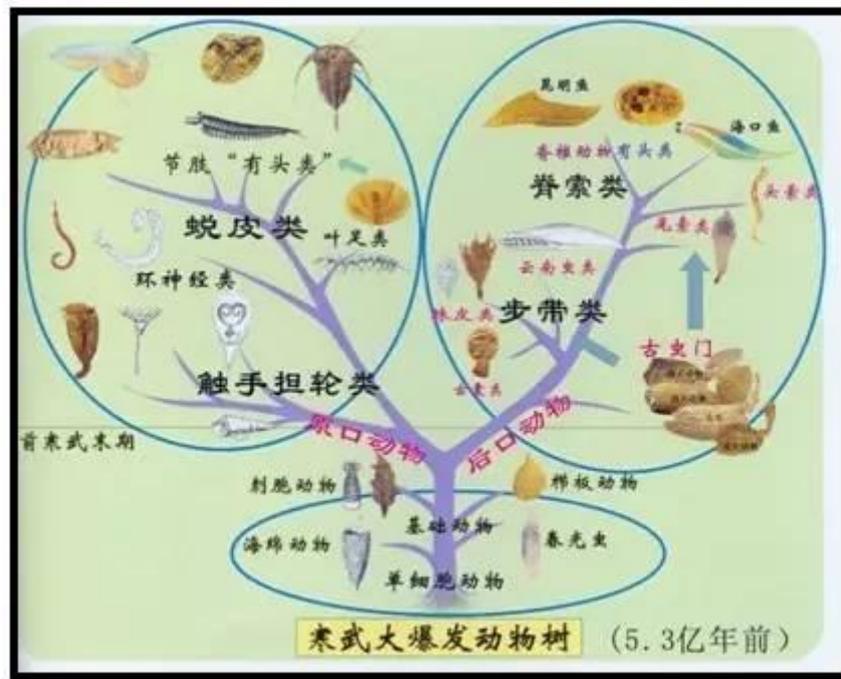
澄江动物群研究表明，寒武纪生命大爆发是地球历史时期成种作用和生物分异最强烈、高级分类阶元诞生最频繁、最集中、功能形态悬殊度最显著、生物结构造型可塑性最强的一次特大型生物演化辐射事件，是地球生命进化史上最壮观的辐射事件。

这一系列早期生命化石群的发现，揭示了寒武纪生命大爆发是由序幕、次幕和主幕组成的。

序幕可以追溯到六亿年前瓮安生物群和稍后的埃迪卡拉生物群，它们主要构建了基础动物，迎来了动物世界的黎明。

次幕则是梅树村生物群，形成了原口动物的框架，从此开始了骨骼生物大发展的时代。

而澄江动物群毫无疑问代表了寒武纪生命大爆发的主幕，因为在不到地球生命史千分之一的时间内，建立起由基础动物、原口动物和后口动物组成的完整生命之树，引发了之后五亿年来生生不息的生物进化浪潮，直至当今地球生物圈的形成。



寒武纪生命大爆发

的原因是什么？

是什么原因导致了寒武纪生命大爆发？这是今天地球生命科学的一大悬案，吸引了古生物学家、生物学家、生态学家、物理学家等许多学科的科学家持续不断地探究。

前寒武纪化石资料表明，真核藻类至少在距今 12 亿年前就出现了有性生殖现象。有性生殖的发生在整个生物界的进化过程中有着极其重大的作用，它加速了遗传变异性，大大增加了生物的多样性。

其次，寒武纪之初，地球大气的氧水平达到一定的临界点，不仅使后生动物得到了用于呼吸作用所需要的氧，而且使动物的机能和器官得以充分发育，出现了口器、眼睛、触手、脊索等。同时臭氧在大气中吸收大量有害的紫外线，使得后生动物免于有害辐射的损伤。

再如，寒武纪大爆发的关键是动物“收割者”的出现和进化，即食用原核细胞（蓝藻）的原始动物的出现和进化。“收割者”为生产者有更丰富的多样性制造了空间，而这种生产者多样性的增加导致了更特异的“收割者”的进化。

这一时期，营养级金字塔按两个方向迅速发展：较低层次的生产者增加了许多新物种，丰富了物种多样性。在顶端又增加了新的“收割者”，丰富了营养级的多样性。从而使得整个生态系统的生物多样性不断丰富，最终导致了寒武纪生命大爆发。

动物形态蓝图设计师

——Hox 基因

此外，几乎所有动物的门类在这较短的时间内进化出来，可能与 Hox 基因的调控有直接的关系。

Hox 基因是一种“同源异形”基因，是动物形态蓝图的设计师，在发育过程中控制身体各部分形成的位置。如果 Hox 基因发生突变，会使动物某一部位的器官变成其他部位的器官，这就叫做“同源异形”。比如，让某个“同源异形”基因发生突变，能使果蝇的身体处长眼睛，或者在该长眼睛的地方长出翅膀，在该长触角的地方长出了脚。

Hox 基因在所有的脊椎动物和绝大部分无脊椎动物中都存在，调控的机理也相似。这表明它可能是最古老的基因之一，在最早的动物祖先中就已存在。

Hox 基因的突变，在胚胎早期引起的变化不大，但随着组织、器官的分化定型，突变的影响逐步被放大，导致身体结构发生重大的改变，使身体结构变得多姿多彩。

澄江动物群充分证实了寒武纪生命大爆发的存在，也为“间断平衡”理论提供了新的依据。事实上，在漫长的地球生命进化史上，既有缓慢的渐进演化，也有剧烈的跃进演化，是渐进与跃进并存的演化过程。因此，澄江动物群的发现真实地揭示了地球生命进化中所呈现的大辐射的壮丽景观，大大丰富了达尔文生物进化论。

澄江动物群无愧于世界文化遗产的瑰宝，是中国奉献给全人类的宝贵财富。