

“澄江动物群”与达尔文的进化论

孙毅霖

(上海交通大学人文学院, 上海 200030)

摘要: 澄江动物群化石所揭示的寒武纪生命大爆发,对达尔文渐进连续的进化论提出了质疑。文章试图依据古生物学的发现以及世纪之交现代分子生物学研究的最新成果,解释寒武纪澄江动物群大爆发的成因和机制。

关键词: 澄江动物群;寒武纪大爆发;达尔文进化论

中图分类号: N031;Q111

文献标识码: A

文章编号: 1003 - 5680(2005)03 - 0031 - 03

刚刚获得 2003 年度国家自然科学奖一等奖的科研项目“澄江动物群与寒武纪大爆发”,通过对澄江动物群化石的发现和研究,在世界上首次揭示了:“寒武纪大爆发”的整体轮廓,证实几乎所有的动物祖先都曾经站在同一起跑线上。这无疑是对达尔文渐进连续的进化论发出了质疑。自 1859 年达尔文《物种起源》出版后,虽然有过几次颇为激烈的争论,但不到 10 年,大多数生物学家不再怀疑生物进化的发生,社会公众普遍接受了达尔文的物竞天择理论。然而,就是这个曾被恩格斯评价为“已经把问题解答得令人再满意没有了”的生物进化学说,在今天,却遇到了澄江动物群所揭示的寒武纪生命大爆发之谜的挑战。

一 澄江动物群与寒武纪生命大爆发

寒武纪是地球生命史上最早有明显动物化石记录的地质年代,距今 5.45 亿年 - 5.0 亿年。古生物学家认为,35 亿年前,海洋里出现了生命,不过,它们仅仅是一些单细胞菌藻类低等生物,到了寒武纪时代,多细胞动物突发性地出现在海洋里,其种类突然大幅度增加,形成所谓的“寒武纪生命大爆发”。

1909 年 7 月,美国史密森自然博物馆馆长、古生物学家维尔考特(Walcott)去加拿大度假,在经过布尔杰斯山时,他的马蹄被一块石头绊了一下,他发现这是一块生活在距今 5.15 亿年前的生物化石。从此,每年夏天,维尔考特都要带着家人去挖掘,一共找到 6 万多块 5.15 亿年前寒武纪时期海生无脊椎动物的化石,多种海洋动物的化石群在寒武纪中期突然大量出现,引起了世人的关注。布尔杰斯山被联合国

列为科学遗址,成了全世界古生物学家注目的地方。不过,直到 20 世纪 80 年代,古生物学家发现的寒武纪生物化石大部分还是海洋三叶虫等较低等的无脊椎动物。

从 1984 年 7 月起,中国科学院南京地质古生物研究所研究员陈均远、云南大学教授侯先光和西北大学教授舒德干,先后在距离昆明 62 公里的澄江帽天山页岩中,发掘出上万块不同体形的动物化石,这些动物化石从海绵、水母、腔肠、蠕形、节肢、腕足,到最早的半脊索动物(云南虫),共 38 个门类 120 多种动物,首次栩栩如生地再现了寒武纪早期海洋生命世界的真实景观和现生动物的原始特征。其年代比加拿大布尔杰斯山化石群还早 1500 万年。澄江化石不仅覆盖了当今动物界大多数门类,而且还包括许多现今已经灭绝无法归入现有门类的形状“古怪”的动物。除了种类繁多之外,澄江古生物化石群保存特别精美,不仅动物的骨骼、肢体、触毛等微细分支清楚可见外,连软组织的标本,如水母的口部、肠脏、神经、脑等都保存了下来,甚至连残存在胃肠中的食物都清晰可辨。

澄江化石的发现为人类认识和研究地球早期生命提供了不可多得的“窗口”,也使寒武纪生物大爆发事件再度成为科学界的热门话题。通过对澄江动物群的近 20 年的研究,侯先光、陈均远、舒德干等科学家认为,澄江动物群的地质时代正处于“寒武纪大爆发”时期,它让人们如实看到 5.3 亿年前动物群的真实面貌,各种各样的动物迅速起源于“寒武纪大爆发”时期,现在生活在地球上的各个动物门类几乎都已出现,而不是经过长时间的演化慢慢变来的。澄江动物群的发现为寒武纪生命大爆发提供了翔实的科学依据,并对达尔

【收稿日期】 2004 - 06 - 28

【作者简介】 孙毅霖(1951 -),男,上海交通大学科学史与科学哲学系副系主任,副教授,硕士生导师。

文渐进连续的进化论提出了质疑。

达尔文在“物竞天择、适者生存”的进化论中,有两个重要的思想,一是认为“物种并非永久不变”,在地球漫长的历史中,“新的物种缓慢地在连续的间隔时间内出现”^[1],达尔文推崇“自然界不产生飞跃”的观点,把进化看成是一个稳定、渐变、连续的过程;二是认为“一切动物和植物都是从某一种原始类型传下来的。在它们胚胎中,同源构造上,我们都有明显的证据,可以证明每一界面里的一切成员都是从单独一个祖先传下来的。”^[2]按照达尔文进化论的观点,在数10种门类的寒武纪动物化石之间,应该有数目极大的过渡环节和中间门类;在寒武纪之下的地层中应当有相当多的不同等级的多细胞生物的化石。

可是,当时人们还不曾在寒武纪以前的地层中找到任何化石。寒武纪生命大爆发的问题令达尔文感到困惑,他在《物种起源》的最后一版中写道,“为什么整群的近似物种好像是突然出现在连续的地质诸阶段之中呢?虽然我们现在知道,生物早在寒武纪最下层沉积以前的一个无可计算的极古时期就在这个地球上出现了,但是为什么我们在这个系统之下没有发现巨大的地层含有寒武纪化石的祖先遗骸呢?因为,按照这个学说,这样的地层一定在世界历史上的这等古老的和完全未知的时代里,已经沉淀于某处了。”^[3]达尔文还提到,“世界上现存生物和绝灭生物之间以及各个连续时期内绝灭物种和更加古老物种之间,都有无数连结的连锁已经绝灭,按照这一学说来看,为什么在每一地质层中没有填满这等连锁类型呢?为什么化石遗物的每一次采集没有为生物类型的逐级过渡和变化提供明显的证据呢?”^[4]

在达尔文时代,没有发现数目极大的连锁类型的动物化石,也没有发现任何前寒武纪的生物化石。最早的在地球上出现动物的证据就是寒武纪突然爆发的多门类动物,这么多的生命形态在同一时期产生,而且具有最初的复杂性,人们有理由对达尔文渐进连续的生物进化论提出质疑。

二 瓮安动物群的发现

如何解释寒武纪生命大爆发现象?如何解释极大数目的中间类型的化石缺乏问题?达尔文在流露出“自然界好像故意隐藏证据,不让我们多发现过渡性中间型”^[5]的无奈之余,进行了积极的辩解,他在《物种起源》第十五章的“复述和结论”中写道:“地质学这门高尚的科学,由于地质记录的极端不完全,而损失了光辉,埋藏着生物遗骸的地壳不应被看作是一个很充实的博物馆,它所收藏的只是偶然的、片断的、贫乏的物品而已。

我只能根据地质纪录比大多数地质学家所相信的更加不完全这一假说来回答上述的问题和异议。一切博物馆内的标本数目与肯定曾经生存过的无数物种的无数世代比较起来,是绝不足道的。

关于寒武纪地质层以下缺乏富含化石的地层一点,我只能说我们的大陆和海洋在长久时期内虽然保持了几乎像现在那样的相对位置,但是我们没有理由去假设永远都是这样的;所以比现在已知的任何地质层更古老的地质层可能还埋

藏在大洋之下。”^[6]

达尔文的解释是合乎理性的,但更多的是一种猜测,是一种思辨,按照达尔文的思维逻辑,随着地质考古的不断发现,真正完整的化石记录一定会显示演变的存在,从而证明寒武纪生命不是“爆发”出来的,是“进化”而来的,并证明寒武纪生物群与其他时期生物一样存在着同一祖先。

在达尔文时代,地质学虽然有了长足的进步,但全世界还有很多化石床没能仔细地搜索过,以致未能发现任何前寒武纪的化石。在达尔文以后的120多年,古生物学家在澳大利亚的埃迪卡拉山(Ediacara Hill),加拿大纽芬兰的错误点(Mistake Point)、俄罗斯的白海海岸和纳米比亚等世界各地三十多个地方搜索了数以万吨计的化石。最先在澳大利亚发现的埃迪卡拉生物化石群,是一些大型多细胞生物在岩石中留下来的印模。形状与现代水母、海鳃、蠕虫和节肢动物有点相像,但它们没有口、肛门和消化道等器官的分化,以柄状物固着在海底上生活。现在还没有人能说清楚这些神秘的生物究竟是动物还是植物。是不是寒武纪动物的直接祖先?

值得一提的是,1997年8月31日,陈均远和台湾新竹清华大学的细胞生物学家李家维教授等在中国贵州省瓮安县的地层中发现了5.8亿年前远古动物的卵、胚胎、幼虫和成体动物化石。1998年2月,陈均远和李家维分别在美国《科学》杂志和英国《自然》杂志公布了在贵州瓮安发现的5.8亿年前多细胞动物和胚胎化石。美国《华盛顿邮报》发表专评,称这一发现“意外地打开了通向地球生命一个神奇而关键历史时期的窗口……新的发现打开了寻找古老动物化石纪录的新途径,好像蒙在眼前的重雾突然消散了……”^[7]

此后,我国科学家对瓮安动物化石群展开了一系列研究并获得了许多重要发现,包括腔肠动物成体化石和胚胎化石以及一块可能是两侧对称动物胚胎化石等。对于这一块可能是两侧对称动物胚胎的化石,从2003年11月起经多国专家长时间论证,才被确定为全球发现的第一块两侧对称动物胚胎的化石。在此之前,两侧对称动物化石的最早记录是在寒武纪地层中发现的。而瓮安动物化石群中发现的两侧对称动物化石,则把两侧对称动物的历史前推到寒武纪之前4000万年——也就是距今5.8亿年前。

然而,一块化石并不能证明问题。从1998年之后,陈均远等专家开始了对同类化石的寻找,经过6年多夜以继日的努力,陈均远和他的研究小组从贵州瓮安前寒武纪采集的5万多块化石中,总共“淘”到10块保存精致的两侧对称动物化石。

由于当前所发现的这类两侧对称动物的化石很小,体长仅0.2毫米,它所生存的时间又非常特殊,相当于地球上严冬刚刚过去、早春悄然而至的瞬间,于是陈均远就将其命名为“小春虫”(意思是小型的春天动物,拉丁文学名:Vernanimalcula),并冠以化石产地——贵州。我们知道,动物的进化大概经历了三个主要阶段:从躯体的不对称到辐射对称,再到两侧对称,只有进化到两侧对称阶段,才可能形成复杂的神经系统和器官结构,使动物的运动机能大大提高,因此两

侧对称是从低级动物通向包括人类在内的高级动物的至关重要的一环,“小春虫”正好验证了这一历史性转折。

瓮安动物化石群的发现在科学界激起了很大波澜,一方面,它弥补了达尔文生前没有发现寒武纪前动物化石的缺憾;另一方面,它说明早在寒武纪前四千万年,地球上就已经存在具有两侧对称、内脏系统发展得相对完备的多细胞动物,这无疑有助于破解“寒武纪生命大爆发”之谜。不过,仍有两大问题尚待解决:一是瓮安动物与寒武纪生物虽然相距四千万年,但相对于地质纪年来说却是短暂的,还没有发现任何证据表明寒武纪 38 门同时出现的生物是从瓮安动物渐变进化而来。二是从瓮安这些多细胞生物到寒武纪动物还缺少大量的中间型化石,还存在一段地质空白。

美国芝加哥自然历史博物馆通过各种渠道,收藏了已知化石物种的百分之二十,主持该馆化石研究的罗伯教授得出的结论是,“自从达尔文时代,生物化石学进展神速,现有的资料比他的时代丰富得多,但是,化石的证据还是依然故我。我们现在的中间型,实在比达尔文时代的数目还少,因为很多经过详细审定的中间物地位都被推翻。”^[8]有一种被称为甲状虫的化石,原被认为是节肢动物和环节虫之间的连结环,但后来发现,甲状虫与其祖先节肢动物三叶虫在寒武纪同时存在,故只能判断为各有不同的祖先,从而失去了中间连结环的地位。

可以说,在达尔文以后 120 多年的时间里,世界各地广泛的地质探索所发现的化石整体,仍然无法解释 1859 年《物种起源》中不能解释的问题,用美国哈佛大学古生物学家古尔德(Gould)的话来说,“绝大多数生物化石的历史都包含两个与渐进式的进化论有冲突的特点,①稳定性,多数物种在地球上生存期间,并没有发生任何进化或退化的现象,它们在地质记录中出现和消失时的外形几乎一样,形态的变化通常有限,而且没有方向性。②突然出现,任何新物种,都不是由其祖先类型,经过稳定的转变产生出来的,物种是一下子出现的,并且已经完全成型。”^[9]

为此,一直坚持达尔文进化论的古尔德抛弃了渐变的思想,提出了进化的“间断平衡”概念,他认为整个生物体在其历史上经常处于平衡状态,但只要在一始祖分布地域的边缘有一小组的个体与主流之间产生了分隔,就能使这种稳状态发生偶然的间断,很快形成新种,并且不留下任何化石的痕迹,因为化石主要是从大群体中的动物遗留下来的,这样新种就好像在化石记录中突然出现,然后渐渐分布到整个始祖种群占领的地区。

“间断平衡”的进化论,可以克服化石记录不完备的缺陷,可以解释在化石记录中为什么物种的稳定性和物种的突然出现是更普遍的现象。但是,“间断平衡”的进化论也有不足,它难以解释为什么寒武纪生命会同时突然出现?

三 现代分子生物学的解释

当寒武纪生命大爆发的原因不能用达尔文进化论作出科学解释时,有人就会推出万能的上帝及其神创论,就连美国旧金山大学生物系主任钱锺教授也坦诚,“不能排除一位

超自然神的存在。”^[10]这使寒武纪生命大爆发披上了某种神秘的色彩。好在现代分子生物学的发展,就这个问题给出了一个霍克斯(Hox)假说,以及一个以实验为依据的解释。

所谓霍克斯假说,就是指生物体内有一个叫霍克斯的基因,负责控制生物胚胎的形成,它们的数量和结构形式决定生命体的形态。它假设霍克斯基因数量太少时,生命体的形式处于迟钝状态,而当某些前寒武纪生命体中的霍克斯基因积聚到一个极限水平,便使寒武纪生命形态以极高的速度出现,从而发生大爆炸。这个假说试图从基因水平解释寒武纪生命大爆发的成因,有一定的科学性,但缺乏实验的验证。更重要的是,这个霍克斯假说无法解释为什么在寒武纪之后,生命体中的霍克斯基因的数量增加了,生命的多样性却非但没有扩大反而缩小了呢?所以,从某种程度上说,霍克斯假说是不自洽的。

1998 年 11 月,美国《自然》杂志介绍了一个由美国科学院院士、芝加哥大学教授琳达奎士特(Lindquist)和卢士福特(Rutherford)博士共同完成的分子生物学实验,在实验中,他们用果蝇作材料,发现了一个有趣的现象,只要果蝇的热休克蛋白 90(HSP90)正常,不论果蝇的 DNA 发生多少突变,也不会影响果蝇的外观形态,换句话说,正常功能的热休克蛋白 90(HSP90)能使果蝇群体在不影响其生存能力的情况下,积累很多的突变,并在稳定的环境条件下不显现这些突变。但是一旦 HSP90 的功能或表达水平受到影响时,比如用药物抑制 HSP90 的、或出现极端的环境条件,那么,已经存在于果蝇群体中的一些与形态有关的 DNA 突变就会表现出来,并造成其体形与上一代的差异,而且,经过几代后,就是恢复 HSP90 的正常功能,这些差异也能遗传下去。^[11]

琳达奎士特教授在解释这一现象的分子机制时认为,由于 HSP90 能够稳定参与信号传递,以及稳定参与细胞循环的蛋白质分子构象,使得这些蛋白质不在体内被分解,也使得发生在这些蛋白质上的突变不影响其功能,也就是说, HSP90 类蛋白的重要功能之一是使一个种群能积累很多 DNA 突变,而且不会一下子就表现在形态上,这些突变只有当环境条件发生很大变化时,才会在很短时间内演化出形态各异的许多生物体。

这个曾经多次在揭示遗传性状及其规律上做出贡献的果蝇,今天又在这个实验中提供了两条解开寒武纪生命大爆发之谜的重要线索。其一是,生物体内有一种热休克蛋白 90(HSP90),它具有累积很多 DNA 突变,并不即时在外观形态上进行表达的特殊功能;其二是,极端的环境条件是个重要的诱发因子,它可以改变热休克蛋白 90 的特异功能,一下子释放所累积的 DNA 突变,使各种不同形态的生物体几乎同时出现。

早在 20 世纪 80 年代,古生物学家就在寒武纪三叶虫首现层以下的样品中,发现了极高的铀异常,以后,在长江三峡的中部以及云南的澄江地区,通过对寒武纪底界地质样品的分析,也发现了铀异常。我们知道,铀异常是陨星撞击地球的可靠标志。这就是说,在寒武纪前期,地球曾频繁地受陨

星的撞击。过去,人们普遍认为,陨星撞击地球带来的是灾难和死亡,现在,我们可以认为,正是寒武纪前期频繁的陨星撞击这种极端的环境条件,成为一个重要的诱发因子,它改变了寒武纪前原生动物体内热休克蛋白 90 的特异功能,使之一下子释放所累积的 DNA 突变,形成所谓的寒武纪生命大爆发。

【参 考 文 献】

- [1][2][3][4][5][6]达尔文.物种起源[M].北京:商务印书馆,1997.98、173、531、530、530、531.
[7]转引自奇云.小春虫激起大波澜[N].上海:文汇报,2004

- 06 - 20.

- [8]戈弗雷. Scientists Confront Creationism[M]. 转引自 J. Philip. 审判达尔文[M]. 北京:中央编译出版社,1999. 208.
[9]Stephan. Jay Gould. 熊猫的拇指[M]. 北京:生活. 读者. 新知三联书店,1999. 196.
[10]钱锺. 动物大爆炸[Z]. <http://light.cef.org.tw/fhlrel/Subject/Science/explore.htm>.
[11] Ruthenfold SL & Lindquist S. HSP90 as a Capacitol For Mospological Evolution 1998 ,Nature p369、336~342.

(责任编辑 董 华)