

非生物进化与生物进化的统一性

段 勇 李真芳

(中国农业大学 工学院 北京 100083)

摘 要 生物的自然选择原理可以推广到非生物领域,任何一种结构的物质能够在自然界中存在的条件都是这种物质产生的速度大于等于被破坏的速度。自然条件下能实现自复制的比较大分子物质结构的出现是生命产生的充分必要条件。生物的结构明显比非生物复杂得多,原因在于生物的自复制导致的数量突变使生物产生的速度大于等于被破坏的速度。非生物的结构复杂到一定程度就不能再进一步复杂化了,而大分子物质有了自复制功能以后,这个进程就又可以继续了。

关键词 广义进化;系统理论;进化的统一性;自复制

中图分类号 B029

文献标识码 A

文章编号 1671-4970(2007)02-0001-04

生物从最简单的生命形式开始逐渐进化,经历了一个从简单到复杂,从低级到高级,种类由少到多的进化过程。非生物也有一个进化过程,从宇宙大爆炸开始,先产生了各种基本粒子,然后逐渐形成其他物质,物质的结构也是从简单发展到复杂,种类由少到多,而且还伴随着一个从无序到有序的过程。虽然生物和非生物的演化方向是具体而复杂的,但我们可以而且需要专门研究演化之中的进化过程和规律。

现在对演化—进化现象的研究,已不只是在天体、地质、生物、社会和思维等各个具体领域内分门别类地进行,人们已开始寻找各种演化—进化现象共同的条件、机制和规律。广义进化领域研究的重要意义已经得到普遍的认同,但研究成果还不多。

广义进化的过程可以划分为3个阶段:非生物进化阶段、生物进化阶段、人的意识和社会组织进化阶段。下面我们要探讨非生物进化与生物进化的相互关系问题,但首先需要研究一下自然选择原理。自然选择原理是生物进化的重要规律,那么它是否也适用于非生物呢?

一、自然选择原理的推广

达尔文的自然选择原理可以整理为4个事实和两个推论:

事实一 生活资源是有限的;

事实二 生物繁殖力过剩;

推论一 生物后代的绝大部分必须灭亡(生存斗

争);

事实三 生物后代之间存在可遗传的变异;

事实四 不同的变异可以有不同的生存能力和繁殖能力;

推论二 劣势的变异将逐渐被淘汰,优势的变异获得生存并留下后代(自然选择)^[1]。

但对自然选择的这种理解有3个问题:第一,“什么叫优势?什么叫劣势?”需要有严格的定义。第二,在推论二的推导过程中隐含着一个大前提:任何一种生物能够在自然界中生存的条件都是这种生物繁殖的速度大于等于死亡的速度。第三,自然选择和生存斗争是相互独立的两个事实,生存斗争不是自然选择的前提条件。在历史上的某些时段,资源相对宽裕时,不存在生物后代的绝大部分必须灭亡的情况,自然环境仍然会对生物进行选择。只不过这时自然选择作用的结果可能不是使生物进化,劣势的生物也能生存。

所以生物的自然选择原理应改为:

大前提 任何一种生物能够在自然界中生存的条件都是这种生物繁殖的速度大于等于死亡的速度。

小前提 生物后代之间存在可遗传的变异;有些变异使生物繁殖的速度大于其他生物,称为具有较强的繁殖能力;有些变异使生物死亡的速度小于其他生物,称为具有较强的生存能力。具有较强的繁殖能力和较强的生存能力的变异都是优势变异,相反的变异则是劣势变异。

结论 劣势的变异容易被淘汰,优势的变异容易

生存并留下后代。

生存斗争与自然选择相结合的结果是生物进化。即以自然选择原理的结论为前提,与生存斗争原理相结合,推出生物进化原理。

大前提:劣势的变异容易被淘汰,优势的变异容易生存并留下后代。

小前提:生物后代的绝大部分必须灭亡(生存斗争)。

结论:劣势的变异必然逐渐被淘汰,优势的变异可获得生存并留下后代。

这样修改之后,我们发现生物的自然选择原理的大前提可以推广到非生物领域。不同种类的非生物也在不断产生和不断被破坏。有些非生物总能大量产生,如冰、铁锈等,有些非生物结构很难被破坏,如沙粒、惰性气体等,所以这些物质我们很容易见到。但也有很多非生物产生的速度慢,结构被破坏的速度快,例如钠、钾等金属在空气中会迅速被氧化,所以这些物质我们在自然界中很难见到。再如石油,我们现在能见到石油是因为古代几乎没有人开采和利用石油,石油虽然产生的速度慢,但被破坏的速度也很慢。现在人类大量开采和使用,石油将很快被用完,那时我们的后代就看不到石油这种结构的物质了。

所以非生物长期存在的条件与生物类似,就是产生的速度大于等于被破坏的速度。

因此自然选择原理的大前提可以扩展为一个适用于生物和非生物的共同的自然选择原理:任何一种结构的物质能够在自然界中长期存在的条件都是这种物质产生的速度大于等于其结构被破坏的速度。

二、生物为什么能具有异常复杂的结构

复杂性可定义为系统可能状态数目的对数^{[2] 21-30}。生物的结构明显比非生物复杂得多,虽然不是所有的生物都比非生物复杂,但还是很容易找到一个区分生物和非生物的复杂性的大致界限。那么非生物的结构为什么远没有生物那样复杂呢?

非生物曾经出现过的结构形式一定比现存的结构形式多得多,比现有的非生物复杂得多的非生物应该也出现过。但多数复杂非生物结构的产生速度慢,被破坏的速度快,所以很多结构在现实世界中不存在。任何物质产生和被破坏的速度都取决于自身的性质和环境条件,非生物中的复杂物质的性质使它们容易被破坏。而且,结构越复杂的物质,就越不容易产生,越容易被破坏。所以非生物中没有像生物那样复杂的结构。

那么生物中为什么有那么复杂的结构呢?比较

高级的生物有再生、免疫等维持结构稳定的功能,但也有很多生物没有这些功能。那么,这些生物靠什么维持自身结构持续大量的存在呢?

弗里德里希·克拉默(Friedrich Cramer)把生命科学和系统论结合起来进行研究,在《混沌与秩序》一书中,他也提出了这样的问题,他认为生命系统中的高度有序是一种极不概然的状态。

例如:生物学家已经了解了大肠杆菌的遗传信息的数量和分子结构,因此可以计算出这样的遗传规划在生命蓝图中有多少种可能的安排方式,实际的大肠杆菌的分子结构只是这些众多可能的安排方式之一。由纯粹偶然性导致正确结果的可能性是 $1/10^{240}$ 。即使有一台智能机器能够对这些无尽的可能性以每秒一个的速度进行正确性检验,所需时间仍大大超过了自大爆炸以来的宇宙年龄(10^{17})。宇宙年龄与仅通过偶然性涌现秩序所需的时间相比,是微不足道的^{[2] 285}。

所以克拉默断定,要在纯粹偶然性中产生出实际的大肠杆菌的分子结构是不可能的。如果生命是从一系列随机事件中产生的,那么现在就根本不会有生命存在。

克拉默的这个结论让人感到,生命的产生只有依靠某个威力无比的神仙,才能把这个概率提高到现实的水平,让理论与现实相符合。但这又违背了文艺复兴以来的科学精神。怎么办呢?生命之谜就这样一直困扰着人类的智慧。

但值得庆幸的是,有一位神仙能被科学接受,它的名字叫正反馈。正反馈有多大的神通呢,从印度的一个古老传说中可见一斑。

舍罕王打算重赏象棋发明人宰相西萨·班·达依尔。这位聪明的大臣跪在国王面前说:“陛下,请您在这张棋盘的第一个小格内,赏给我一粒麦子,在第二个小格内给两粒,第三格内给四粒,就这样下去,每一小格内都比前一小格加一倍。”

“爱卿,你所求的并不多啊。”国王命令如数付给达依尔。

计数麦粒的工作开始了。一袋又一袋的麦子被扛到国王面前来。国王很快就看出,即便拿全印度的粮食,也兑现不了他对达依尔的诺言。

原来,所需麦粒总数是:

$$1 + 2 + 2^2 + 2^3 + 2^4 + \dots + 2^{63} = 2^{64} - 1 \\ = 18\,446\,744\,073\,709\,551\,615$$

如果造一个仓库来放这些麦子,仓库高4 m,宽10 m,那么仓库的长度就等于地球到太阳距离的两倍。而要生产这么多的麦子,全世界要2000年。

在这个例子中,麦粒的数量随棋格数的增长而

急剧增长,形成突变。而产生突变的原因就是正反馈,因为增长量越大,基数就越大,基数越大,增长量越多。

正反馈有这么大的神通,克拉默教授的难题还不能解决吗?

非生物和低等生物的新的复杂结构是由相对简单的物质与环境之间相互作用或简单物质之间相互作用产生的。这些相互作用是随机的、偶然的,产生新的复杂结构的概率很低。如果简单物质的数量增多了,复杂物质产生的概率就能提高。

与非生物不同的是,生物能够大量繁殖。繁殖是一种正反馈,结果是数量的指数增长(在环境条件允许的情况下)。就像麦粒的数量一样,增长量越大,基数就越大,基数越大,增长量越多。而且这种过程不只进行了64个格,而是进行了几十亿年。即使大肠杆菌每 10^6 (约12天)才繁殖一次,那么要达到 10^{240} 的数量也用不了30年。

生物产生之前,原始地球上只有小分子非生物和数量极少的大分子非生物,而一旦某种大分子非生物在自然条件下具有最简单的自复制的功能,而且它的结构在自然条件下比较稳定(即被破坏的速度明显小于自复制的速度),这种结构的物质就会大量涌现,这种结构便很难被全部破坏。这也就意味着生命产生了。

自复制这种功能的产生可以说是偶然的,因为非生物在进化中会增加哪些结构和功能主要取决于环境。但也可以说是必然的,因为在漫长的非生物进化过程中,增加了很多新结构和新功能,其中有些功能在我们看来也许比自复制功能更难以产生。

由于有了自复制的功能,生物产生的速度极大地提高了,生命就可以长期大量稳定地存在。所以自然条件下具有自复制功能的比较稳定的大分子物质结构的出现是生命产生的充分条件。自复制也是生命产生的必要条件,计算机再复杂也不是生命,因为它不能自复制。而一旦这种结构能长期大量稳定地存在,就可以在这种结构的基础上不断进化。相对简单的物质数量的增多,是复杂物质产生概率提高的原因。自复制可以使相对简单的物质的数量达到天文数字,那么复杂物质产生的概率就可以从 $1/10^{240}$ 变成1了。经过几十亿年的进化之后,就会产生出众多复杂多样的新结构。这些新结构将使得任何复杂多样的新功能得以产生,从而呈现出一个绚丽缤纷的生命世界。

神创论者在反对进化论时最爱用这样一个比喻:靠随机事件产生生命就像大风刮过工场,把一堆散落的零件组装成一架飞机。

其实,旋风组装飞机是完全可能的,而且是必然的。因为旋风不只刮了一次,而是刮了几十亿年。散落的零件也不是一堆,而是无数堆。而且最重要的是,当某一堆零件出现了一点秩序之后,很快通过自复制产生无数堆同样有序的零件。有序的程度逐渐积累,最后旋风就可以把飞机组装成功了。自然界虽然没有出现飞机,但比飞机精致的飞行动物却出现了很多种。达尔文也很重视过度繁殖的作用,但是,达尔文只看到它是生物进化的必要条件,而没有用它解释生物的起源,没有把它当作是生物与非生物的本质区别,更没有从系统论的角度审视自复制的理论意义。

三、进化的世界观战胜退化的世界观

克拉默的第二个疑问是:生命系统中的高级可以维持吗?或者换句话说,如何解释生命系统中多种多样的秩序。热力学第二定律可以简洁而通俗地表述为:“万物皆走向衰退。”水往低处流是显而易见的。这似乎暗示着所有生命系统终将崩溃,而所有高度有序的结构也终将土崩瓦解,腐烂分化。能量低的系统位于势谷中,就像河流总是沿着地势中最低处,即河床流动。这样的系统处于平衡状态。不表现出任何变化的趋势,如果我们将它们移开,它们会再次回到最低处回复平衡。而生命像是在登山,一旦到达山顶,这位徒步旅行者就要沿着一条狭窄、危险的山脊前行,如果他不小或筋疲力尽,就可能绊倒,落入深渊,粉身碎骨。而实际上几十亿年中生命总能泰然自若地,在山脊上稳步前进,始终远离平衡态,这又如何解释呢?克拉默想到了耗散结构理论,但他并没有说清楚用耗散结构理论如何解释生命的特技表演。

我们应该看到,任何一种生物的死亡率都是很高的,人类在各种灾难面前也显得那么脆弱,每时每刻都有无数生命跌入这个概率的深渊。

但生物的自复制功能使新的个体不断产生。由于生物的数量有可能呈指数增长,生物可以大量存在,即使条件再恶劣,也总有一定数量的生物存活,所以生物的特定结构便能持续存在,即非平衡态的结构能持续存在。因此,生物结构能持续存在的主要原因是数量的指数增长,指数增长使生物这种结构的物质产生的速度大于等于其结构被破坏的速度。而产生指数增长的原因是自复制,即生命能抵制热力学第二定律的法宝是自复制。有了正反馈,进化的世界观才能成立,才能战胜热力学第二定律引导的退化的世界观。

因此,我们总能看到山脊上有生命的身影。如

果你把山脊上的生命当作一个前赴后继的战斗群体 ,而且是一个数量极其庞大的群体 ,你就能理解这种惊险表演为什么能好戏不断了。如果你把山脊上的生命只当成一个个体 ,那你就肯定无法理解它的离奇本领了。

另外 ,生存是进化的必要条件 ,但进化不是生存的
必要条件 ,不管生物能不能进化 ,只要能自复制生物就能生存。美国里德学院的哲学教授马克·贝多 (Mark Bedau)把灵活适应当成生物生存的必要条件^[3]是错误的。

四、非生物进化与生物进化的统一性

非生物结构的复杂化和生物结构的复杂化都是进化。所以 ,非生物的进化和生物的进化看似两个完全分隔的进程 ,其实它们是一个进程的两个阶段。它们都属于物质由简单到复杂 ,由低级到高级的一个统一的发展进程。

非生物的结构复杂到一定程度就不能再进一步复杂化了 ,由于大分子非生物不能自复制 ,所以进化的进程受到了限制。结构越复杂的物质 ,就越不容易产生 ,越容易被破坏。所以非生物中没有像生物那样复杂的结构。而大分子物质有了自复制功能以

后 ,这个进程就又可以继续了。因为这时能复制出数量无比庞大的大分子物质 ,这些物质与环境相互作用以及这些物质之间的相互作用 ,必然能产生更加复杂的物质。而更加复杂的物质产生后 ,又通过自复制使自身能长期大量地存在 ,这又为进一步复杂化提供了条件。

因此可以说生物进化只不过是生物进化过程在增加一个条件后的延续。就像一个人爬到了山顶 ,不能再往上走了 ,但这时天使送给了他一对翅膀 ,他就可以向更高的地方前进了。

在结构更复杂的同时 ,生物的有序度也在不断提高。如果没有有序度的提高 ,就不可能产生自复制的功能和其他生物功能。自然选择的标准与提高生物有序度的标准是一致的。

参考文献：

[1] 方舟子 .寻找生命的逻辑——生物学观念的发展[M].上海 :上海交通大学出版社 2005 32.
[2] 弗里德里希·克拉默 .混沌与秩序——生物系统的复杂结构[M].柯志阳 ,吴彤 ,译 .上海 :上海科技教育出版社 ,2000 .
[3] 李建会 .与真理为友 现代科学的哲学追思[M].上海 :上海科技教育出版社 2002 35.

· 简讯 ·

李岚清给河海大学师生讲“ 音乐· 艺术· 人生 ”

2007 年 4 月 9 日下午 ,原中共中央政治局常委、国务院副总理李岚清到河海大学作了一场题为“ 音乐· 艺术· 人生 ”的文化素质教育讲座。

在全场师生的热烈掌声中 ,李岚清开始了演讲。他说 ,河海大学是一所历史悠久的高等学府 ,张闻天读过书 ,茅以升当过校长 ,小平同志题写了校名 ,给我印象最深刻的就是 ,在我们国家 ,哪里有重要的水利工程 ,哪里就有河海人的贡献。现在都说 ,水的问题涉及可持续发展 ,我认为这样认识还不够 ,水还关系到可持续生存 ! 因此学校和师生们都肩负着重大使命。我相信学校会越办越好 ,学生们都将成为国家建设的栋梁之才 ,为中华复兴做出重要贡献。他接着以开阔的文化视野、丰富的人生阅历、深厚的艺术底蕴 ,为听众架起了一座通往音乐世界的桥梁 ,让更多的人理解音乐的真谛 ,增强艺术修养 ,进而感悟人生哲理。他讲述了李四光、钱学森、袁隆平、李政道、爱因斯坦等中外著名科学家的故事 ,阐述了音乐和艺术对科技、对创新的作用。伴随着演讲的进行 ,师生们演奏或演唱了《二泉映月》、《思乡曲》、《送别》等曲目 ,李岚清再一一给予讲评 ,并以浑厚的男中音亲自演唱了《教我如何不想他》 ,还穿插着回答了同学们的问题。活泼新颖的形式 ,丰富多彩的画面 ,美妙动情的音乐 ,生动幽默的语言 ,把讲座气氛推向一个个高潮 ,会堂里不时爆发出一阵阵发自内心的笑声和掌声。

演讲结束后 ,李岚清为学生代表签名 ,并向学校赠送了他写作的《李岚清教育访谈录》、《李岚清音乐笔谈》、《原来篆刻这么有趣》等书籍 ,校长张长宽接受了赠书。

讲座在全场大合唱《歌唱祖国》的歌声中圆满结束。为满足广大师生的愿望 ,学校还利用远程视频系统在校本部和常州、江宁校区进行了现场转播。

(本刊编辑部供稿)