

生命的定义和生命起源的充分必要条件

段 勇

(中国农业大学 工学院,北京 100083)

摘 要 现有的对生命起源和本质的各种论述以及生命的各种定义都没有找到生命起源的充分必要条件。自然条件下能实现自复制的比较稳定的大分子物质结构才是生命产生的充分必要条件,自复制能够解决生命的复杂结构产生的概率问题。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理引导的退化的世界观。

关键词 科学技术哲学 生命定义 系统理论 生命起源 自复制

中图分类号 B029

文献标识码 A

文章编号 1671-4970(2006)04-0013-04

生命是什么?如何揭开生命起源之谜?这是古今中外学者普遍关注的问题,是21世纪人类要解答的四大起源问题(宇宙的起源、地球的起源、生命的起源和人类的起源)之一。亚里士多德、康德、恩格斯等都曾提出过自己的看法。

一、生命的功能定义

现有的对生命的定义主要有两种:一种是主要从生命的性质和功能来定义,可以叫做功能定义;另外一种是从生物的特有结构来定义,可以叫做结构定义。功能定义也有两种,一种认为生命是多种性质的集合,所以又称“集合定义”;另一种强调少数几种或一种性质为生命的本质性质,可以叫做“根本性质定义”。

“集合定义”往往是通过列举生命的一系列特征来定义生命。比如:新陈代谢、生长、发育、遗传、进化、应激性、自稳态、自组织,等等。

但在生物的这些特性中,显然有很多特性不是普遍的,不是形成生命的必要条件。所以这样的罗列无法找到生命的本质特征。

根本性质定义目前主要有4种:

1. 新陈代谢说

新陈代谢说认为活的生命的一个基本的表现就是其体内一直在进行着物质代谢和能量代谢。20世纪40年代,薛定鄂把这种新陈代谢观点作了进一步发展,提出了负熵说生命定义。到了70年代,这种负熵说被发展成为自创生说。

但这些定义都有明显的缺陷,因为很多非生物也

有新陈代谢和产生负熵的功能,例如内燃机也要不断吸入新鲜空气和燃料,排出废气并对外做功。所以新陈代谢和产生负熵不是生命产生的充分必要条件。

另外,在生命产生的过程中,必然伴随着能量转化和利用,但这不是最重要的。非生物也会利用能量,所以研究生命的起源和本质的关键问题,不是生物消耗了多少能量,而是生物如何利用能量形成复杂结构。

2. 灵活适应说

灵活适应的生命概念是由美国里德学院的哲学教授马克贝多(Mark Bedau)提出来的。贝多认为: X 是生命当且仅当:① X 是灵活适应系统;② X 以恰当的方式与灵活适应系统相联系^{[1]30-32}。

这个定义的缺陷是,没有说明如何判断一个系统是不是灵活适应系统。死亡了的生物和灭绝了的生物是不是灵活适应系统呢?而且没有说明繁殖是不是灵活适应的充分条件。

3. 信息说

李建会认为:“信息定义强调的是,生命在生长和繁殖过程中信息的传递作用。一个实体如果具有冯·诺伊曼式的自我复制或繁殖的能力,那么这个实体就是有生命的。”^{[1]35}

但他没有把繁殖与生物复杂结构产生的原因结合起来,没有用繁殖去解决目的论的问题,而把传递信息当成鉴别生命的主要依据。很多非生物都能传递信息,所以把能否传递信息当成鉴别生命的主要依据是错误的。

4. 繁殖说

进化生物化学家梅纳德·史密斯(J. Maynard Smith)曾说过 我们应该把任何具有繁殖、遗传和变异属性的实体群体当作是活的^{[1]37}。

梅纳德·史密斯的定义实际上已经把主要内容都说清楚了。但持这种观点的人很少。梅纳德·史密斯虽然很有名,但他的观点也没有引起很多人的注意。好像没有一本与生物学有关的教科书采用他的定义,更不被认为是生命之谜的最后答案。贝多的理论是在梅纳德·史密斯的基础上发展来的,但贝多只继承了他的适应的思想,而把最核心的思想抛弃了。

梅纳德·史密斯的定义本身也有缺陷。他没有强调生物数量的突变作用,没有把这看做是生物适应环境的关键环节。而且,梅纳德·史密斯没有明确地把他的观点用于解释生命的起源,他主要关心进化的问题。

二、生命的结构定义和分子生物学的局限

多数功能定义都没有深究生命现象产生的原因,而只停留在对现象的分析上。新陈代谢是一种现象,灵活适应和信息传递也都是现象。作为定义也许是可以的,但要探寻生命的本质,必须探寻这些现象产生的原因。

系统论的基本出发点是系统的结构决定功能。生物具有与非生物不同的功能,原因在于生物具有与非生物不同的结构。

19 世纪,恩格斯主要从大分子的角度定义生命。他说:“生命是蛋白体的存在方式,这种存在方式本质上就在于这些蛋白体的化学组成部分的不断的自我更新。”^[2]

20 世纪 50 年代以后,DNA 双螺旋结构的发现及其遗传功能的研究进展改变了人们关于生命的本质是蛋白质的看法。开始把生命的分子基础看做是具有自我复制和携带有遗传信息的核酸。

本来分子生物学可以帮助人们理解生命的本质。然而,在分子生物学革命之后的很长一段时间,主流哲学家和生物学家们似于完全忽视了生命本质的问题。从 20 世纪 50 年代以后,生物学家和哲学家几乎大都避而不谈这个问题。生物学家往往感到这个问题太“哲学”,因而把它当作是一个哲学问题,而不是一个科学问题。而另一方面,哲学家可能感到这个问题“太科学”,因此把它主要看作是一个科学问题,而不是一个哲学问题^{[1]19}。

由此可见,分子生物学并没有像很多人预想的那样,为我们揭示生命的本质。为什么会这样呢?

分子生物学有两个缺陷 ①分子生物学只能告诉

我们现有生命是如何产生的,即在原始地球的特定环境下,通过化学进化的方式产生生命。但是,离开原始地球的环境,离开化学进化的方式一定就不能产生生命吗?这是分子生物学无法回答的问题。也就是说,分子生物学不能说明这种方式是不是生命产生的必要条件。②分子生物学主要使用分析的方法,对现有生物的结构进行分析,用现有生物的结构去解释现有生物的功能,综合的方法使用得比较少。而要说明生物的本质主要是使用综合的方法,而且是必须针对所有的生物和非生物进行综合。首先找到所有生物的共性和所有非生物的共性,然后比较它们的差异,这样才能找到生命的本质,从而给生命下一个确切的定义。而且在所有的生物中既要包括见过的生物,也要包括没见过的生物,既要包括已经存在的生物,也要包括可能存在的生物。所以生物学家觉得这个问题太哲学,不是他们要研究的问题。

三、国内外系统科学的有关研究进展

既然分子生物学不能解决这个问题,我们就必须求助于其他学科。令人高兴的是系统科学在这方面已经取得了很大进展。不过,还没有确切地给出生命本质的答案。

耗散结构理论注意到系统处于非平衡态时可以通过消耗能量产生秩序。但耗散结构理论没有注意到无论是系统处于非平衡态还是消耗能量都只是产生秩序的必要条件,而不是充分条件。

郑维敏认为:“繁殖是物种求生存发展的推动力,它是一种正反馈。”其他系统中的自增强、自催化、自组织等都是正反馈作用,是促使事物演化的原因。^[3]但他没有说生命的起源是不是正反馈的结果。对生物如何通过正反馈形成自组织也没有详细的论述。

艾根提出的超循环理论是生命科学的重大突破,国内外学者都将其奉为经典。但学术界似乎并不认为艾根已经给出了生命之谜的最终答案。如弗里德里希·克拉默认为艾根的超循环理论虽然重要,但“不是对进化的解释”^{[4]127}。

胡皓对自组织产生的机理作了详细论述。他指出类似“三分子模型”(2X + Y = 3X)的正反馈作用使系统产生了质上的协同效应和量上的放大效应。由于这类互为因果的相互作用的连锁进行,一个原先只是局部范围的涨落,在一个相对很短的时间间隔内,被迅速放大到整体范围,形成一个新的有序结构。这类正反馈类型的相互作用,是系统进化在子系统这一层次上的微观机制^[5]。但胡皓没有把这种微观机制用在对生命起源的解释上。

可以说,系统科学的成果距离揭示生命的本质只有一步之遥,但现在还没有人捅破这层窗户纸。

四、生命起源的充分必要条件

生命物质之所以具有新陈代谢、生长、发育、遗传、进化、应激性等功能,而非生物没有这些功能,是因为生物具有与非生物不同的结构。碳、氮、氢、氧等物质可以构成生物,也可以构成非生物,它们之间的区别完全是结构差别造成的。所以,探寻生命的本质,关键是要研究生物的那些特定的结构为什么能够产生和持续存在。

特定的结构并不一定是由蛋白质和核酸组成。在生命起源的过程中,是先有蛋白质,还是先有RNA?这个问题曾有过激烈争论。其实不管是蛋白质还是RNA可能都不是生命产生的必要条件,机器人也已经具有很多生物的特点,所以必须脱离这些物质形式去寻找生命物质结构的本质特征。

现在我们设想有某种物质具有生命的功能,那么不管它是不是由蛋白质和核酸构成,它一定具有一种特定的与周围的非生物不同的结构。

我们知道,自然界中的任何物质都会与周围的其他物质发生相互作用,包括碰撞、传热等物理作用和各种化学反应,这些相互作用可以改变物质的结构。一旦那种生物的物质结构发生了变化,它很可能就不再具有生命功能了。因此,在各种环境破坏下,生物的结构必须持续存在,生命的各种功能才能持续存在。

一般来说,结构越复杂的物质越容易被破坏。我们所说的生物一般是指由大分子构成的物质系统,多数生物的结构都极其复杂,与非生物相比复杂得多。那么为什么生物能保持稳定的结构呢?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地存在呢?

其实,每时每刻都有大量生物死亡,但与非生物不同的是,每时每刻都有大量的生物个体产生。繁殖的结果是数量的指数增长,指数增长的结果是一场突变,如果条件许可,它们的数量将达到天文数字。如果你不好想象这种突变的剧烈程度,你就想想原子弹爆炸,因为原子弹爆炸也是正反馈导致的突变。还有蝗灾、鼠患等等。

由于生物的数量能呈指数增长,生物可以大量存在,即使条件很恶劣,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,即非平衡态的结构便能持续存在。因此,生物结构能持续存在的主要原因是数量的指数增长。而产生指数增长的

原因是自复制。

一旦某种大分子物质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,那么这种结构的数量就有可能产生突变,这样一来这种结构就一定能长期大量稳定地存在。

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。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功能得以产生,从而呈现出一个绚丽缤纷的生命世界。

所以生物产生的充分条件可归结为 ①某种大分子物质的结构使它在自然条件下具有自复制的功能 ②这种结构在自然条件下比较稳定,能通过指数增长实现数量的突变。

所谓“生物适应环境”,就是指生物在某种环境下比较稳定,被破坏的速度明显低于自复制的速度,能通过指数增长实现数量的突变。

满足这些条件的物质系统就一定是生命,不管它是由蛋白质还是由核酸组成,也不管它是否为其他生命过程传递信息,甚至不管它能不能进行新陈代谢。

生物的功能虽然有很多,如新陈代谢、生长、发育、遗传、进化、应激性等,但不是每一种生物都具有所有这些功能。在这些功能中,只有自然条件下的自复制或称繁殖是所有生物都具有的功能。最简单的生物可以没有新陈代谢和生长、发育等功能,但没有繁殖功能的生物是不存在的。所以自然条件下的自复制是一切生物产生的必要条件。机器人的结构再复杂也不是生命,因为它不能自复制。

可见,在自然条件下能实现自复制的比较大稳定的大分子物质结构既是一切生物产生的充分条件,又是一切生物产生的必要条件。所以这才真正是一切生物产生的充分必要条件。

由此便可引出生命的定义:生命就是一种具有特殊结构的大分子物质,这种结构使它具有在自然条件下通过自复制等正反馈运动维持自身结构存在的功能。

依靠自身的功能,保持自身结构存在的能力就叫生命力。非生物也能长期稳定地存在,但那主要不是依靠自身的功能,而是依靠环境形成的。

五、地球生物的起源和进化

在原始地球环境中,由于已经能够产生很多大分子物质,所以具有自复制功能的大分子物质就已经具备了产生的条件。不管这种物质是由核酸还是由氨基酸构成,只要产生了某个具有自复制功能的大分子物质,那么生命的历史便正式翻开了第一页。

如果条件许可,这种物质的数量就会像原子弹爆炸一样呈指数增长。从此,任何外部力量都很难再消灭这种结构。也就是说这种物质的生命力会越来越充分地显示出来。而这种结构的大量存在,也就意味着进化的历史不可逆转地开始了。

弗里德里希·克拉默教授在《混沌与秩序》一书中,提出生物的复杂结构产生的概率问题。大肠杆菌的遗传信息由纯粹偶然性导致正确结果的可能性是 10 的二百四十万次方分之一。所以克拉默断定,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^{[4]22}。

这样一来就只能求助于目的论了。产生这种观点的主要原因就在于,没有考虑到生物自复制导致的数量突变。这种突变可以很容易地达到 10 的二百四十万次方以上的数量级。

最初的生命是很简单的,完全是在原始地球环境中偶然产生的。由于简单所以产生的概率很大。当然这个过程也用了几亿年的时间。

最初的生命产生之后,马上就开始了进化的历程。进化由遗传因子的逐步变化形成,每一步变化都是物质之间相互作用的结果。这里所说的作用是广义的,包括物质之间一切形式的相互作用,例如高能辐射对基因的影响以及各种化学反应等。

相互作用的方式可以是随机的,但生物之间的相互作用以及生物与环境之间的相互作用不是在一组物质之间进行,而是在数量无比庞大的物质之间进行。而且这种过程进行了几十亿年。

这样一来简单物质反应产生复杂物质,复杂物质反应产生更复杂的物质,这样的反应进行的概率就大多了。由纯粹偶然性导致正确结果的可能性就不再是 10 的二百四十万次方分之一,而是 1 了。

有了正反馈,世界就可以不再走向衰退。各种结构复杂的物质就会逐渐产生,在这些复杂物质中比较稳定的即能适应环境的个体的数量很快就会急剧增长。所以在自然选择的作用下,生物一定会从简单向复杂,从低级向高级发展。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理引导的退化的世界观。

自复制是一种比较简单的正反馈,超循环是比较复杂的正反馈,生物世界中还存在很多其他形式的正反馈。但在生命起源时起作用的正反馈应该只有自复制,其他形式的正反馈只有当生物进化出比较复杂的结构之后才会产生。

在自然条件下能实现自复制的比较大分子物质结构是生命产生的充分必要条件,而这是不是生命的本质呢?可以说是,也可以说不是。任何

一个事物都有多重本质,不同的人从不同的角度去分析会有不同的观点。

不过仍然可以说找到了生命产生的充分必要条件,就在探索生命的本质方面取得了突破性的进展。

六、人工生命

自从 1987 年国际人工生命研讨会召开以来,人工生命的研究得到了快速发展,成果包括众多的人工生命的模型和有关方面的理论进展。

人工生命无非是一些计算机程序,这些程序如果设计得好,就能表现出一些生命的特征。人工生命的研究给我们一个启示,生命不依赖于碳、氢、氧等物质而存在的可能性是存在的。因此生命起源的化学进化方式不是生命起源的必要条件。

但是人工生命也和分子生物学一样,虽然轰轰烈烈,却最终在生命的定义和本质问题上没有为我们提供一个确切的答案。实践的发展虽然可以促进理论的进步,但不能代替理论的发展,而且还需要理论的指导。由于人工生命是人为制作的,所以人们可以人为地增加和减少一些属性,从而验证这些属性的充分必要性。如果人工生命的研究者意识到揭开生命之谜的关键是寻找生命产生的充分必要条件,那么他们就会去做这样的实验。通过这样的实验人们会发现,新陈代谢、生长、发育、进化、应激性、自稳态等功能都不是生命产生的充分必要条件。生命产生的充分必要条件只有一个,那就是自复制。

现有的人工生命中,无论是道金斯(Richard Dawkins)演示的生物形态程序(Biomorphs),还是托马斯·雷(Thomas Ray)的 Tierra 模型都与这个结论相一致。但要完全证实这个结论,还需要做进一步的实验。

另外,人工生命也不是真正的生命,因为它只能在人造环境下生存,而不能在自然环境中生存。只要一关电源,人工生命就“死了”。但只要有人工生存环境,人工生命就能表现出与自然生命相同的生命力。所以在忽略这一条件的前提下可以把人工生命当成真正的生命。

参考文献:

- [1] 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.
- [2] 马克思恩格斯选集:第三卷[M].北京:人民出版社,1972:120.
- [3] 郑维敏.正反馈[M].北京:清华大学出版社,1998:1-III.
- [4] 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.
- [5] 胡皓.自组织理论与社会发展研究[M].上海:上海科技教育出版社,2002:48-50.