

·自然哲学·

文章编号: 1000-8934(2001)07-0001-05

人工生命: 探索新的生命形式

李 建 会

(北京师范大学 哲学系, 北京 100875)

摘要: 人工生命研究展示自然生命系统特征的人工系统。人工生命的目标是探寻与特殊基质无关的生命系统的原理, 在“生命如其所能”的广阔图景中, 探索以碳为基础的现实生命的替代品。人工生命的核心观念产生于本世纪中叶, 但因为人工生命要求高性能的计算, 该领域只是到了 80 年代末和 90 年代初才获得了可见的成就。人工生命概念提出以后, 立刻成为继混沌理论之后探索复杂性的一个新的研究领域。人工生命不仅对传统生物学提出了挑战, 而且也对我们最根本的社会、道德、哲学等的观点提出了挑战。

关键词: 人工生命; 人工生命的学科历史; 生命游戏; 混沌的边缘; 新生命形式

中图分类号: Q1-0

文献标识码: A

生命是什么? 它是如何起源的? 我们可以创造生命吗? 这些是人们一直在探索并试图回答的问题。20 世纪 60 年代, 人们破译了遗传密码, 70 年代遗传工程有了重大突破, 80 年代人类又计划测定人类基因组的碱基序列。很自然, 生物学研究接下来的一个重要目标就是用人工的方法创造出生命。当然, 以现有的生命物质为基础是人工生命合成的一条重要途径, 然而, 在生命起源的机理尚未清楚之前, 这样的合成的前景并不乐观。那么, 我们有没有其他方法人工创造出生命呢? 计算机科学的发展为我们提供了一条新的研究思路, 即我们可以尝试在计算机或其他媒质中创造出新形式的生命。这就是 80 年代末 90 年代初在国际上兴起的一股探索用非有机物质创造新的生命形式的研究热潮。这种拟议中的新的生命形式被称为“人工生命”。人工生命概念一提出, 立刻得到世界各地学者的热烈响应, 吸引了众多学者参与到这一新兴的研究领域中。人工生命的研究进展一度成为《科学》(Science) 杂志和《科学美国人》杂志报道的热点。人工生命不仅对传统生物学提出了挑战, 而且也对我们最根本的社会、道德、哲学等的观点提出了挑战。

收稿日期: 2001-03-28

作者简介: 李建会(1964-), 河南南阳人, 北京大学科学与社会研究中心博士生, 北京师范大学哲学系科学技术哲学教研室主任, 副教授, 主要从事生命科学哲学的研究。

1 人工生命研究的兴起

(1) 生物形态发生和自我繁殖的逻辑 人工生命和人工智能是两门相近的学科。虽然它们的目标不同, 发展先后也不一样, 但它们智慧的种子几乎都是在相同的时代由相同的人播种的。它们共同的智力先驱就是阿兰·图灵和约翰·冯诺伊曼。

阿兰·图灵是人工科学的第一个先驱。他在 20 世纪 50 年代早期发表了一篇蕴意深刻的论形态发生(生物学形态发育)的数学论文(1952)。在这篇论文中, 他提出了人工生命的一些萌芽思想。他证明相对简单的化学过程可以从均质组织产生出新的秩序。两种或更多的化学物质以不同的速率扩散可以产生不同密度的“波纹”, 这如果是在一个胚胎或生长的有机体中, 很可能以后产生重复的结构, 比如腺毛、叶芽、分节等。扩散波纹可以在一维、二维或三维中产生有序的细胞分化。在三维空间中, 它们比如可以产生原肠胚, 其中, 球形的均质细胞发育出一个空心(最终变为管状)。就像图灵自己所强调的那样, 进一步发展他的思想需要更好的计算机, 而他自己只有很原始的计算机帮助, 所以, 他的论文尽管对

分析生物学是一个重大的贡献,但并没有立刻产生作为一门计算学科的人工生命。

冯诺伊曼也是人工科学先驱。20 世纪 40 年代和 50 年代,他在数字计算机设计和人工智能领域做了很多开创性的工作。与图灵一样,他也试图用计算的方法揭示出生命最本质的方面。但与图灵关注生物的形态发生不同,他则试图描述生物自我繁殖的逻辑形式。在发现 DNA 和遗传密码好几年之前,他已认识到,任何自我繁殖系统的遗传物质,无论是自然的还是人工的,都必须具有两个不同的基本功能:一方面,它必须起到计算机程序的作用,是一种在繁衍下一代过程中能够运行的算法;另一方面,它必须起到被动数据的作用,是一个能够复制和传到下一代的描述。为了避免当时电子管计算机技术的限制,他提出了细胞自动机(简称 CA)的设想:把一个长方形平面分成很多个网格,每一个格点表示一个细胞或系统的基元,每一个细胞都是一个很简单、很抽象的自动机,每个自动机每次处于一种状态,下一次的状态由它周围细胞的状态、它自身的状态以及事先定义好的一组简单规则决定。冯诺伊曼证明,确实有一种能够自我繁殖的细胞自动机存在,虽然它复杂到了当时的计算机都不能模拟的程度。冯诺伊曼的这项工作表明:一旦我们把自我繁衍看作是生命独特的特征,机器也能做到这一点。

冯诺伊曼的人工生命观念,与图灵关于形态发生的观念一样,被研究者忽视了许多年。这些人主要把他们的注意力集中在人工智能、系统理论和其它一些研究上,因为这些领域的内容在早期计算技术的帮助下可以得到发展。而探讨图灵和冯诺伊曼的人工生命研究的进一步含义则需要相当的计算能力,由于当时没有这样的计算能力,它的发展不可避免地受到了限制^[1]。

(2)“生命游戏”和“混沌的边缘” 冯诺伊曼未完成的工作,在他去世多年后由康韦(John Conway)、沃弗拉姆(Stephen Wolfram)和兰顿(Chris Langton)等人进一步发展。1970 年,剑桥大学的约翰·康韦编制了一个名为“生命”的游戏程序,该程序由几条简单的规则控制,这几条简单的规则的组合就可以使细胞自动机产生无法预测的延伸、变形和停止等复杂的模式。这一意想不到的结果吸引了一大批计算机科学家研究“生命”程序的特点。最后终于证明细胞自动机与图灵机等价。也就是说,给定

适当的初始条件,细胞自动机可以模拟任何一种计算机。因此,康韦不无自信地说,“在足够大的规模上,你将真正看到活的配置。真正的生命,无论什么理性的定义你愿意给予它。演化,复制,为了领土而斗争,变得越来越聪明,撰写学术上的 Ph. D 论文。毫无疑问,在一个足够大的板子上,在我心里有这种事物将发生”^[2]。

80 年代,斯蒂芬·沃弗拉姆对细胞自动机(CA)做了全面的研究(1984)。他将细胞自动机分成四种类型:类型 I, CA 演化到一个均质的状态;类型 II, CA 演化到周期性循环的模式;类型 III, CA 的行为变成混沌,没有明显的周期性呈现,并且后续的模式表现为随机的,随着时间的变化,没有内在的或持续的结构;类型 IV, CA 的行为呈现出没有明显周期的复杂模式,但是,展现出局域化的和持续的结构,特别是,其中有些结构具有通过 CA 的网格传播的能力^[3]。

类型 I 和 II 的 CA 产生的行为,在生物学的模型建构中显得太平淡而失去了研究兴趣。虽然种类 III 的 CA 产生了丰富的模式,但是,那里没有突现的行为,就是说,没有连贯、持久的、超出单一细胞层次的结构出现。在类型 IV 的 CA 中,我们确实发现了突现的行为:从纯粹局部相互作用的规则中突现出秩序。

为什么有些细胞自动机能够产生很有意义的结构,而另外一些却不能呢?这个问题吸引了当时还在读研究生的克里斯·兰顿。兰顿定义了一个参数 λ 作为细胞自动机活动性的一个测量。 λ 的值越高,细胞自动机的细胞转换为活的状态的概率也就越高,反之,细胞自动机转为活的状态的概率就越低。兰顿用不同的 λ 值做了一系列试验,结果发现,沃弗拉姆的四类细胞自动机倾向于完全落入参数 λ 的某些确定范围。他发现,当 $0 < \lambda < 0.2$ 时,类型 I 的细胞自动机发生;当 $0.2 < \lambda < 0.4$ 时,类型 II 和类型 IV 的细胞自动机发生;当 $0.4 < \lambda < 1.0$ 时,类型 III 的细胞自动机发生。这就是说,当活动水平非常低时,细胞自动机倾向于收敛到单一的、稳定的模式;如果活动性非常高,无组织的、混沌的行为就会发生;只有对于中间层次的活动性,局域化的结构和周期的行为(类型 II 和类型 IV)发生。类型 II 和类型 IV 的差别是,类型 II 中的局域化的、周期性的结构并不在空间中移动,而类型 IV 的局域化的结构可以通过网格传播。兰顿推测,在类型 IV 中,传播结构的存在意味着

局域化的周期性结构和传播性的周期结构之间可能有任意复杂的相互作用^[4]。

兰顿因此把类型Ⅳ的CA看作是表达了部分发展了的混沌行为，并因此把具有这种行为状态的CA称为处于“混沌边缘”的CA。在混沌的边缘，既有足够的稳定性来存储信息，又有足够的流动性来传递信息，这种稳定性和流动性使得计算成为可能。在此基础上，兰顿作了一个更为大胆的假设，认为生命或者智能就起源于混沌的边缘。兰顿构造了一些具体的第四类CA，它们非常像“真实的”生命的一些方面。例如，在 $\lambda = 0.218$ 的一个模拟中，两个相互作用的物种形成一种“催化周期”，其中两个物种都图谋维护彼此的群体水平。

为了能够用计算机进一步探索生命的规律，兰顿认识到应当有一门专门的研究领域或学科来做这方面的工作。这个新的研究领域或学科，兰顿把它命名为“人工生命”。

2 人工生命的基本思想

兰顿关于“混沌的边缘”和人工生命的想法得到了美国洛斯阿拉莫斯非线性研究中心的多伊恩·法默(J. Doyne Farmer)的赞赏，在他的支持下，兰顿筹备并主持了1987年9月的第一次国际人工生命会议。会议得到了广泛的反响，150多名来自世界各地从事相关研究的学者、科学记者参加了会议。这次会议的成功召开标志着人工生命这个崭新的研究领域的正式诞生。提交的会议论文经过严格的同行评议，以《人工生命》为题出版。兰顿把参加人工生命研讨会的人们的思想提炼成该书的前言和长达47页的概论，在这些文字中，他为人工生命的主要思想撰写了一份清晰的宣言^[5]。

人工生命的思想主要包括以下一些观念：

(1)人工生命所用的研究方法是集成的方法
人工生命不是用分析的方法，即不是用分析解剖现有生命的物种、生物体、器官、细胞、细胞器的方法来理解生命，而是用综合集成的方法，即在人工系统中将简单的零部件组合在一起使之产生似生命的行为的方法来研究生命。传统的生物学研究一直强调根据生命的最小部分分析生命并解释它们，而人工生命研究试图在计算机或其它媒介中合成似生命的过程和行为。

(2)人工生命是关于一切可能生命形式的生物

学 人工生命并不特别关心我们知道的地球上的特殊的以水和碳为基础的生命，这种生命是“如吾所识的生命”(life-as-we-know-it)，是传统的生物学的主题。人工生命研究的则是“如其所能的生命”(life-as-it-could-be)。因为生物学仅仅是建立在一种实例，即地球上的生命的基础上的，因此它在经验上太受限制而有助于创立真正普遍的理论。这里，一种新的思路就是人工生命。我们像我们这样出现，并不是必然的，这仅仅是因为原先地球上存在的那些物质和进化的结果。然而，进化可能建立在更普遍的规律之上，但这些规律我们可能还没有认识到。所以，今天的生物学仅仅是实际生命的生物学。我们只有在“生命如其所能”的广泛内容中考察“生命如吾所识”，才会真正理解生物的本质。因此，生物学必须成为任何可能生命形式的生物学。

(3)生命的本质在于形式而不在于具体的物质
不管实际的生命还是可能的生命都不由它们所构成的具体物质决定。生命当然离不开物质，但是生命的本质并不在于具体的物质。生命是一个过程，恰恰是这一过程的形式而不是物质才是生命的本质。人们因此可以忽略物质，从它当中抽象出控制生命的逻辑。如果我们能够在另外一种物质中获得相同的逻辑，我们就可以创造出不同材料的另外一种生命。因此，生命在根本上与具体的媒质无关。

(4)人工生命中的“人工”是指它的组成部分，即硅片、计算规则等是人工的，但它们的行并不是人工的。硅片、计算规则等是由人设计和规定的，人工生命展示的行为则是人工生命自己产生的。

(5)自下而上的建构
人工生命的合成的实现，最好的方法是通过以计算机为基础的被成为“自下而上编程”的信息处理原则来进行：在底层定义许多小的单元和几条关系到它们内部的、完全是局部的相互作用的简单规则，从这种相互作用中产生出连贯的“全体”行为，这种行为不是根据特殊规则预先编好的。自下而上的编程与人工智能(AI)中主导的编程原则是完全不同的。在人工智能中，人们试图根据从上到下的编程手段建构智力机器；总体的行为是先验地通过把它分解成严格定义的子序列编程的，子序列依次又被分成子程序，子程序……直到程序自己的机器语言。人工生命中的自下而上的方法则相反，它模仿或模拟自然中自我组织的过程，力图从简单的局部控制出发，让行为从底层浮现出来。

按兰顿的说法,生命也许确实是某种生化机器,但要启动这台机器,不是把生命注入这台机器,而是将这台机器的各个部分组织起来,让它们产生互动,从而使其具有“生命”。

(6)并行处理 经典的计算机信息处理过程是接续发生的,在人工智能中可以发现类似的“一个时间单元一个逻辑步骤”的思维;而在人工生命中,信息处理原则是基于发生在实际生命中的大量并行处理过程的。在实际生命中,大脑的神经细胞彼此并行工作,不用等待它们的相邻细胞“完成工作”;在一个鸟群中,是很多鸟的个体在飞行方向上的小的变化给予鸟群动态特征的。

(7)突现是人工生命的突出特征 人工生命并不像人们在设计汽车或机器人那样在平庸的意义上是预先设计好的。人工生命最有趣的例子是展示出“突现”的行为。“突现”一词用来指称在复杂的(非线性的)形态中许多相对简单单元彼此相互作用时产生出来的引人注目的整体特性。在人工生命中,系统的表现型不能从它的基因型中推导出来。这里,基因型是指系统运作的简单规则,比如,康韦“生命”游戏中的两个规则;表现型是指系统的整体突现行为,比如“滑翔机”在生命格子中沿对角线方向往下扭动。用计算机的语言来说,正是自下而上的方法,允许在上层水平突现出新的不可预言的现象,这种现象对生命系统来说是关键的。

(8)真正“活的”人工生命总有一天会诞生 在兰顿的人工生命“宣言”中,他虽然非常谨慎地避免宣称人工生命研究人员所研究的实体“真正”是活的,但是,如果生命真的只是组织问题,那么组织完善的实体,无论它是由什么做的,都应当是活的。因此,兰顿确信,“真正的”人工生命总有一天会诞生,而且会很快地诞生。

3 人工生命研究的新进展

自从 1987 年兰顿提出人工生命的概念以来,人工生命研究已走过了 13 年的历程。人工生命的独立研究领域的地位已被国际学术界所承认。在 1994 年创刊并在世界著名学府麻省理工学院出版的国际刊物《人工生命》(Artificial Life),是该研究领域的权威刊物。网络上的人工生命资源非常丰富,人工生命的网上园地 Zooland 曾在《科学》杂志上得到专门的报道。

到目前为止,人工生命学术界举办了 7 次里程碑式的国际学术会议,这几次人工生命会议构成了该学科发展轨迹在时间维上的重要坐标点。

人工生命的这 7 次学术会议简要评述如下:

(1)“人工生命——关于生命系统合成与模拟的跨学科研讨会”,本次会议于 1987 年 9 月在美国新墨西哥的洛斯阿拉莫斯举行。这次会议一般被简称为“ALIFE I”。本次会议的论文集共收录了 24 篇论文,内容主要分布在:人工生命研究的理论、生命现象的仿真、细胞自动机(简称 CA)、遗传算法、进化仿真等 5 个方面。兰顿发表了题为“人工生命”的开拓性论文,他在文中提出了人工生命的概念,并讨论了它作为一门新兴的研究领域或学科存在的意义。兰顿被公认为人工生命研究的创立者。这次会议标志着人工生命研究领域的诞生。

(2)“人工生命 II——人工生命研讨会”,本次会议于 1990 年 2 月在美国新墨西哥的圣菲举行,简称 ALIFE II。该会议论文集共收录了 31 篇论文,内容分为概貌、自组织、进化动力学、开发、学习与进化、计算、哲学与突现、未来等 8 部分。其中兰顿的“混沌边缘的生命”、约翰·科赞(John Koza)的“遗传进化和计算机程序的共进化”属于经典之作。

(3)“人工生命 III——人工生命研讨会”,1992 年 6 月在美国新墨西哥的圣菲举行,简称为 ALIFE III。本次会议的论文集共收录了 26 篇论文,内容除涉及遗传算法、进化仿真、突现行为、适应度概貌图、群体动力学和混沌机制等人工生命经典内容之外,还讨论了机器人规划应用问题。科赞的“人工生命:自我复制的自发突现与进化的自改进计算机程序”堪称杰作,从遗传编程算法方面探讨了在人工生命研究中关键的突现机理。

(4)“人工生命 IV——第四届国际生命系统合成与模拟研讨会”,1994 年 7 月在美国麻省理工学院举行,简称为 ALIFE IV。本次会议的论文集共收录了 56 篇论文,内容分为特邀报告、长文和短文 3 个部分,它覆盖了协同进化、遗传算子、进化与其它方法(如神经网络等)的综合、AL 算法、关于混沌边缘和分岔的研究、AL 建模、学习能力、进化动力学、细胞自动机、DNA 非均衡学说研究、人工生命在字符识别、机器人等方面的应用等较为广泛的内容。

(5)“人工生命 V——第五届国际生命系统合成与模拟研讨会”,1996 年 5 月 16—18,在日本古城奈

良举行，来自世界各地的 500 多名学者参加了会议。这是人工生命首次在亚洲召开的国际会议。人工生命概念刚提出，就引起日本学者的关注，第一次人工生命国际会议就有日本学者参加。这次会议在日本的召开，标志着日本成为亚洲人工生命研究的一个中心。

(6)“人工生命 VI——第六届国际人工生命研讨会”，1998 年 6 月 26—29 在美国洛杉矶加利福尼亚大学举行。这次会议的主题是“生命和计算：变化着的边界”。本次会议收到大约 100 篇提交的论文，其中 39 篇作为完整论文在这次会议的论文集中得到介绍。有 9 篇论文被认为是人工生命的新的高质量工作。这次会议主要的论文涉及的是计算的分子和细胞生物学。会议提供了许多新的关于发育过程、细胞分化机理和免疫反应模型制造的新见解。这些论文把人工生命扩展到令人兴奋的新方向。

(7)“人工生命 VII——回顾过去，展望未来”，于 2000 年 8 月 1—6 日在美国波特兰的里德学院举行。本次会议的主题是：“回顾过去，展望未来”。具体讨论的问题有以下几个方面：生命的起源、自组织和自复制问题，包括人工化学进化、自催化系统、虚拟新陈代谢等；发育和分化问题，包括人工的和自然的形态发生、多细胞分化与生物进化、基因调节网络等；进化和适应动力学问题，包括人工进化生态学、可进化性及其对生物组织的影响、进化计算等；机器人和智能主体，包括进化机器人、自主适应机器人和软件智能体等；通讯、协作和集体行为，包括实现集体行为、通讯和协作的进化、语言系统、社会系统、经济系统和社会—技术系统等；人工生命技术和方法的应用，包括工业和商业的应用、可进化硬件、自修复硬件和分子计算、金融和经济学、计算机游戏、医疗应用、教育应用等；认识论和方法论基础问题，包括人工生命的本体论、认识论以及伦理和社会影响等。

除了这些会议之外，一些地区性的国际会议也不断地被组织。“欧洲人工生命会议”（European Conference on Artificial Life, 简称 ECAL）已连续举办 5 次会议，每次会议都有论文集出版。ECAL 是国际人工生命研究的一个重要论坛。

人工生命被认为是走向 21 世纪的科学。兰顿的老师法默在题为“人工生命：即将来临的进化”的演讲中曾这样说到：“随着人工生命的出现，我们也许会成为第一个能够创造我们自己后代的生物”，

“作为创造者，我们的失败会诞生冷漠无情、充满敌意的生物，而我们的成功则会创造风采夺人、智慧非凡的生物。这种生物的知识 and 智慧将远远超过我们。当未来具有意识的生命回顾这个时代时，我们最瞩目的成就很可能不在于我们本身，而在于我们创造的生命。人工生命是我们人类潜在的最美好的创造。”^[9]当然，许多人可能不像法默这么乐观，但人工生命在 21 世纪肯定会有重大的突破则是毫无疑问的。

4 人工生命对哲学的挑战

人工生命已取得的进展以及即将到来的进展，向我们提出了很多值得深思的问题。比如，生命的本质是什么？生命的本质真的只在形式而不在具体的物质吗？人工生命研究者说，生命就是一种计算或算法，那么，生命的计算观念与动力学观念的关系是什么？人工生命研究的一个重要工作原理是：生命可从简单的规则中突现出来，那么，简单性和复杂性的关系是什么？如何理解突现？人工生命研究者还主张，人工生命是比传统人工智能更有效的研究智能的手段，那么，人工生命与人工智能的关系是什么？生命和心灵的关系是什么？心灵必须建立在生命基础上吗？另外，人工生命还认为，我们可以把计算机病毒看作是一种较为低等的人工生命，那么，计算机病毒在何种意义上是生命？如果这个问题还只是一个技术性的问题的话，随着时间的发展，假如在 21 世纪某个时候我们具有了创造较为高等的人工生命和人工智能的能力，那么，我们就可能陷入到比计算机病毒是不是生命要大得多的问题中，比如，是否应当建立“人工世界”的伦理规则，以避免我们的造物会反过来毁灭我们自己。因此，兰顿说：“人工生命不仅是对科学或技术的一个挑战，也是对我们最根本的社会、道德、哲学和宗教信仰的挑战。就像哥白尼的太阳系理论一样，它将迫使我们重新审视我们在宇宙中所处的地位和我们在大自然中扮演的角色。”^[6]限于篇幅，人工生命提出的这些问题，我们只能在另外的文章中探讨。

参考文献

- [1] Boden, Margaret A. *The Philosophy of Artificial Life* [C]. Oxford University Press, 1996. 6.

（下转第 20 页）

较高而偶适概括的置信度较低,这使得前者容易得到归纳证据的支持和容易成为科学定律,而后者却不易得到归纳证据的支持和不太容易成为科学定律。这就是笔者对“新归纳之谜”的解决。

参考文献

[1] Nelson Goodman, **Fact Fiction and Forecast**[M].

Scientific Laws and Counterfactual Conditionals

——On The New Riddle of Induction

CHEN Xiao-ping

(Institute of Logic and Cognition Zhongshan University, Guangzhou 510275, China)

Abstract: Scientific laws and accidental generalizations are both universal propositions in natural language. How to differentiate between them? This is Goodman's 'new riddle of induction'. Goodman and Hempel and others have pointed out the differences between scientific laws and accidental generalizations as follows: 1. The former can support counterfactual conditionals but the latter can't. 2. The former can be supported by inductive evidences but the latter can't. In this paper, I will reveal the logic structures of scientific laws, accidental generalizations and counterfactual conditionals; and give a refined expression of the rule of enumerative induction and thereby advance a further solution of the new riddle of induction.

Key words: scientific law; counterfactual conditional; accidental generalization; lawlike hypotheses; the new riddle of induction

(本文责任编辑 马惠娣)

(上接第 5 页)

[2] Levy, Steven. **Artificial Life: A Report from the Frontier Where Computers Meet Biology**[M]. New York, Vintage Books, 1992. 58.

[3] Wolfram, S. "Universality and Complexity in Cellular Automata"[J]. **Physica D**, 1984(10): 1—35.

[4] Langton, C. G. "Studying Artificial Life with Cellular Automata"[J]. **Physica D**, 1986(10): 120—149.

[5] Langton, Christopher G. "Artificial Life", from **Artificial Life**[C]. Chris Langton, ed. SFI Studies in the Sciences of Complexity, Proc. Vol. VI. 1989.

Redwood City, CA: Addison—Wesley. Reprinted in Boden(1996).

[6] 沃尔德罗普. 复杂: 诞生于秩序和混沌边缘的科学[M]. 陈玲译. 北京: 三联书店, 1997. 399, 398.

[7] 李建会. 人工生命: 走向新的创世纪[J]. 二十一世纪(香港), 2001(2): 78—82.

[8] 刘健勤. 人工生命的理论及其应用[M]. 北京: 冶金工业出版社, 1997.

[9] Emmeche, Claus. **The Garden in the Machine: The Emerging Science of Artificial Life**[M]. Princeton University Press, 1994.

Artificial Life: The Quest for New Life Forms

LI Jian-hui

(Department of Philosophy, Beijing Normal University, Beijing 100875, China)

Abstract: Artificial life is the man-made system that exhibits behaviors characteristic of natural living systems. It is a new kind of life form. Though the core ideas of artificial life stemmed from Alan Turing and John von Neumann, the field did not get visible achievement until the end of 1980s. Artificial life raises many philosophical questions. Answering these questions can broaden our views of life and views of mind.

Key words: artificial life; new life form; history of artificial life research; philosophical challenge

(本文责任编辑 马惠娣)