

## Life's Autopoiesis: Cognitive Scientist Francisco Varela

Wei Chen, Benyu Guo

Psychology Department, Nanjing Normal University, Nanjing  
Email:anti-monist@163.com; antimonist@yahoo.cn

**Abstract:** Francisco Varela is a famous Chilean cognitive scientist. In the early 1970's, Varela and Humberto R. Maturana cosponsored the famous "theory of autopoiesis". This paper, based on the retrospection and analyzing of the origin, connotation and relevant evidence of the theory of autopoiesis, revealed its essence: "living system is autopoietic", "living is cognition" and "living is sense-making", and also appreciated the significance of theory of autopoiesis on realizing the essence of life, division of living system and non-living system, as well as driving the development of cognitive science.

**Keywords:** Varela; Living System; Autopoiesis; Living is Cognition; Living is Sense-making

## 生命的自创生：认知科学家弗朗西斯科·瓦雷拉

陈 巍, 郭本禹

南京师范大学心理学系, 南京, 210097  
Email:anti-monist@163.com; antimonist@yahoo.cn

**摘 要:** 弗朗西斯科·瓦雷拉是智利著名认知科学家。20 世纪 70 年代初他与亨伯特·马图拉纳提出了著名的自创生理论。通过回溯并分析自创生理论的由来、内涵与证据, 揭示了该理论的精髓: “生命系统是自创生的”、“活着即是认知”与“活着即是意义的生成”, 并考察了其在认识生命本质与运作规律、区分生命系统与非生命系统、推动认知科学发展等方面的意义。

**关键词:** 瓦雷拉; 生命系统; 自创生; 活着即是认知; 活着即是意义的生成

### 1. 引言

2005 年, 美国 *Science* 杂志提出了 25 个“天问”, 其中之一便是生命何来。然而, 若要询问生命何来, 首先需要明确的便是何谓生命? 在认知科学界, 有关生命本质的问题多少有些“声名狼藉”的意味: 迄今为止并不存在一个广泛被接受的生命共同定义。究其原因或许可以追溯至当代生物学根基的达尔文主义。达尔文的物种进化理论主要关注视角在于生命群体与环境适应过程中的演化, 而有关生命个体自身的本质则相对处于被忽视的地位<sup>[1]</sup>。明格斯(J.

Mingers)总结了以下几种对于生命个体的定义: 一是活力论(vitalism), 用某种超自然的力量来解释生命的特征。二是系统理论(system theory), 用反馈、动态平衡、开放系统等词汇来阐释生物体纯机械的行为。三是陈述一系列生命特征的列表, 说明任何生命都必须具有这些特征, 比如繁殖能力、信息处理能力和氨基酸等<sup>[2]</sup>。虽然这三种进路中有关生命的某些特征经常被提到: 自组织(self-organization)、涌现(emergence)、自治(autonomy)、生长、发育、繁殖、适应、反应、进化和新陈代谢, 但这些特征是否都是生命的本质尚且存在争议。比如, 我们可以看到一些生物学家将繁殖和进化从列表中省略了; 而在另一些主要关注人工生命(artificial life)的生物学研究的学者那里, 则将新陈代谢省略或相当程度上淡化了<sup>[3]</sup>。更为重要的是, 上述三种进路都没有阐释清楚生命的本质特征, 仅仅

基金项目: 2010 年教育部人文社会科学研究一般项目“现象学对认知科学的意义”(10YJC720052); 南京师范大学 2010 年优秀博士学位论文培养项目(2010bs0018); 江苏省 2010 年度普通高校研究生科研创新计划项目“从神经元到交互主体性: 意识经验的神经现象学研究”(CX10B\_085R)

是在观察者立场上用描述方式对生命现象进行阐释。但任何生命体都是一个具有自我同一性(self-identity)的个体，从第一人称的角度看，它独立地与环境进行不断的相互作用，并且开辟它自身的意义世界。正是基于这种认识，在 20 世纪 70 年代初一项理解生命本质的全新学说——自创生理论(Autopoiesis)应运而生，而提出者之一就是智利著名认知科学家弗朗西斯科·瓦雷拉(Francisco Varela)。

## 2. 自创生理论的由来

1946 年 9 月 7 日，弗朗西斯科·瓦雷拉出生于智利的重要港口城市塔尔卡瓦诺(Talcahuano)。之后举家迁往首都圣地亚哥，并在圣地亚哥的德国学园接受了深厚的古典教育，这些教育使他在文学、艺术、哲学和科学上终身受益。大学期间他师从著名神经生物学家亨伯特·马图拉纳(Humberto R. Maturana)，并于 1967 年获得了智利大学生物学硕士学位。根据瓦雷拉津津乐道的那个故事，当他还是大学生时，一天他突然闯入马图拉纳的办公室，激情满怀地宣称，他想要“研究心智在宇宙中的作用”。马图拉纳回答说：“我的孩子，你来对地方了。”<sup>[4]</sup>1968 年，瓦雷拉获得哈佛大学奖学金继续深造，并在细胞生物学家基斯·波特(Keith Porter)与 1981 年诺贝尔生理学或医学奖获得者托斯腾·威塞尔(Torsten Wiesel)教授的共同指导下完成了题为“昆虫视网膜：复眼中的信息加工”(Insect retinas: information processing in the compound eye)的博士论文，并获得生物学博士学位。此后，他拒绝了哈佛大学以及另一所美国大学的邀请，毅然选择了在 1970 年的 9 月 2 日回到智利并就任智利大学的助理教授，在那里他与恩师马图拉纳开创了富有成效的合作。马图拉纳早年因为研究青蛙视觉的神经生理学而成名。在多年生物学教学过程中他发现，学生们最爱问的问题是“当生命系统起源的时候具有什么特征？从生命产生到现在的过程中，生命的什么东西保持了不变？”<sup>[5]</sup>先前对于青蛙视觉的研究让他发现，对颜色视觉的研究并不在于神经系统映射了怎样一个颜色世界，而在于在颜色视觉产生时神经系统的参与。这两个看似不相关的问题——一个是生命的组织是什么；另一个是在颜色知觉现象中发生

了什么——却引起了马图拉纳的思索。如果说先前的进路是将神经系统中的活动和生物体外部物理刺激相联系，那么新的进路可不可以尝试将神经系统中的活动与主体的颜色体验相联系？与此相关，我们在探索生命的本质的时候，能不能摆脱外部的视角，而从生命体本身的存在特质来描述？马图拉纳迫切地觉得需要一个新名词来表达这种想法。于是，1971 年瓦雷拉与马图拉纳发明了“自创生”(Autopoiesis)这个术语<sup>[6]</sup>。借此他们提供了一种对生物体的界定并给予了一种有关其复杂本质的解释。这些独具原创性的观点在他们后来颇具影响力的著作《自创生与认知：生命的实现》(Autopoiesis and cognition: the realization of the living, 1976)中得到发展(本书被翻译成了许多种语言)。

## 3. 自创生理论的内涵

自创生理论直面的问题就是“何谓生命？”(what is life?)。该理论尝试在超越所有生物体(living organisms)差异性前提下界定一个关于生命与非生命形式之间区别的共同的特征。自创生理论并不关注于生命起源本身(即非生命向生命的过渡)，其根本兴趣也不在于人工生命，而是基于对现存细胞如何工作进行直接的观察，并聚焦于与生命相联系的不同过程，比如与环境、进化与“认知”(cognition)有关的互动<sup>[7]</sup>。

瓦雷拉认为“生命系统的本领在于不管外界波动如何影响它们都能维系其同一性”<sup>[8]</sup>。那么其是如何做到这一点的呢？马图拉纳和瓦雷拉首先将目光聚焦到了一个最小化的生命系统——活体细胞(living cell)之上。传统生物学早已证明细胞是由细胞膜包围而成的各种结构组成，包括核酸、线粒体、溶酶体以及它内部产生的各种各样的复杂分子。这些结构发生着持续的化学相互作用，但对于细胞膜而言，这种相互作用就是它与外部介质的关系，因此细胞实际上是一种动态的、包含着相当复杂性的化学网络。那么类似细胞这样的主动、动态、鲜活的生命系统区别于一般非生命系统的一般特征究竟是什么？例如一个食品也包含了大量复杂的组件，并且也通过相互作用的生产来形成一个组织整体，它们与生命系统的区别是

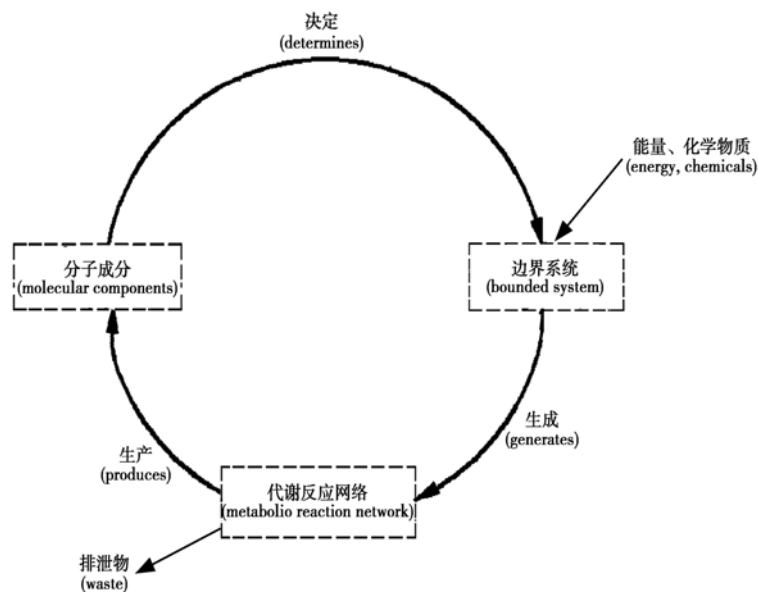
什么呢？显然这无法归因于细胞正在执行一个更大的多细胞体生物的某种特定功能或者目的，所以该细胞才是活的。因为无论单细胞生命是否属于更大的多细胞生命体的一部分，它本身就可以通过自己的方式而存活下去。这种细胞由自己生产，并不停地生产着自己，除此之外再无他物的特征被瓦雷拉与马图拉纳称之为“自创生”(Autopoiesis)，这一术语取自希腊语(αὐτοποίησης)，意指自我生产。生命系统是自创生的(autopoietic)，因为它们将那些能够产生必要组件，并能够持续发展的过程组织了起来<sup>[2]</sup>。一个细胞的活动如图1所示<sup>[9]</sup>。

与之相对的，马图拉纳与瓦雷拉将那些并不能自我产生的系统被称为它生产的(allopoietic)，例如，一座山脉或者一块钻石；而将人造的系统称为他创生(heteropoietic)，如食品工厂。从表面上看，食品工厂与细胞确有许多相似之处，但一方面它产生的产品是被运到其他地方使用的，另一方面产生和维护食品工厂的是人而不是食品工厂系统自身。因此，它不是“自我产生”(self-producing)的<sup>[2]</sup>。

马图拉纳和瓦雷拉将自创生系统定义为：……组

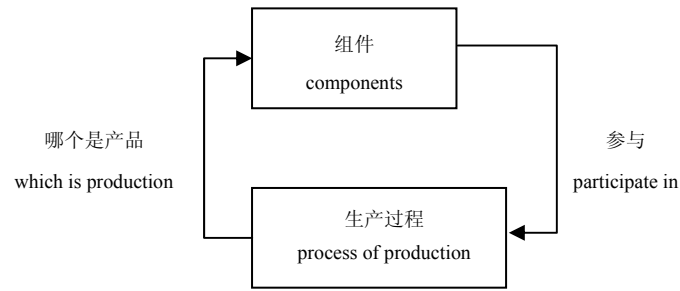
件的生产过程的网络(转化和破坏)，它生产这样的组件：(1)通过它们之间的相互作用和持续转换来更新过程的网络(关系)，它们本身也是该网络形成的；而且，(2)它们在空间中构造出了有形个体的它，在这种空间中它们(组件)通过指定实现这样一种网络的拓扑结构的方式而存在<sup>[5]</sup>。也正是因为一个自创生系统不是根据它们的组件，甚至也不是它们组件的属性，而是根据它们的组织过程来定义的，其中至关重要是“过程以及通过组件而实现的过程之间的关系”<sup>[5]</sup>，所以，马图拉纳和瓦雷拉所提出的关于新陈代谢的生物化学问题与其他多数研究者提出的问题有着微妙的区别<sup>[3]</sup>。例如，他们坚持生命起源的问题——第一个细胞的形成——不应该关注于分子，而应该关注于关系，这些关系是分子彼此之间可能具有的。

此外，按照马图拉纳最初的设想“生命系统是认知系统，活着作为一个过程是认知的过程”<sup>[10]</sup>。这一论述对所有活的生物体均是适用的(即便是没有神经系统的生物)。因此，自创生理论的第二个内涵是“活着即是认知”(living is cognition)。然而，这一设想却陷入到生物学界的斯库拉与卡律布狄斯(Scylla and Charybdis)



注：活细胞尤为重要的一个特征是由细胞内部网络反应而创建的边界(boundary)，即细胞膜。细胞膜起到一个半透膜的作用：外部物质和能量可以通过细胞膜的筛选而进出，而这一切都是由细胞的生命活动决定的。细胞膜是新陈代谢活动的条件，同时细胞膜又是由新陈代谢过程生成的，这里存在着一个循环因果关系。反应的网络带来了一系列的巨大转变，但是在自我平衡状态下，所有消失了的物质又通过内部装置而再次获得。因此，细胞(以及由此推测而来的生命)可以被视为一个关注于自我维系的工厂。

Figure 1. The schema of lived cell  
图1. 一个细胞活动的图式



注：这个自创生系统是根据它的生产过程(组织过程)来定义的，而不是根据它的组件及其属性。

Figure 2. The relationship of components and process of production in an autopoietic system  
图 2. 一个自创生系统中组件与生产过程的关系

之两难险境中：要么认为生命系统的自创生是一种被动的适应(adaptation)，要么其就暗含了一种目的论(teleology)的预设。这两种观点在当代生物学中都是备受质疑的。

瓦雷拉修正了马图拉纳的观点，他认为“活着是意义生成”(living is sense-making)。以有自动力的细菌在有倾斜度的含糖食物中向上游动的情况为例。这些细胞会不停地旋转运动直到它们到达一定的位置，使自身增大并暴露于糖中。这时它们会向前游，向上倾斜，朝向糖最密集的区域。之所以会发生这一行为是因为细菌能够在它们所处的环境中通过自身薄膜中的分子感受器感知糖的集中度，并且它们能够通过旋转它们像螺旋桨一样相互配合的鞭毛继续向前运动。这些细菌是自创生的。它们也具体表达了动态的感觉运动环(dynamic sensorimotor loop)：它们运动的方式(旋转或向前运动)取决于它们所感知的情况，它们感知的内容则取决于它们如何运动。此外，感觉运动环既表示了同时又服从于系统的自治。于是，每一个感觉运动的相互作用和每一个环境的可辨别的特征便具体化或者反映了细菌的视角。例如，尽管糖是物理化学环境中真实且当前的状态，但它作为食物的地位时则不是这种状态。因此糖是营养物便不是固有的糖分子的结构，而是一个与细菌的新陈代谢相联系的特性。糖作为食物具有意义和价值，但前提是在生物体本身进入其存在的环境下<sup>[10]</sup>。

因此，瓦雷拉总结认为：生物体的自创生，这是世界或微环境(niche)与物理化学环境相比所拥有的“意义盈余”(surplus of significance)。活着不是简单的认知过程；它也是意义生成的激活过程，是将意义和价值引入存在的激活过程。世界以这种方式成为效

价(valence)、吸引(attraction)和排斥(repulsion)、接近(approach)和规避(escape)的所在。

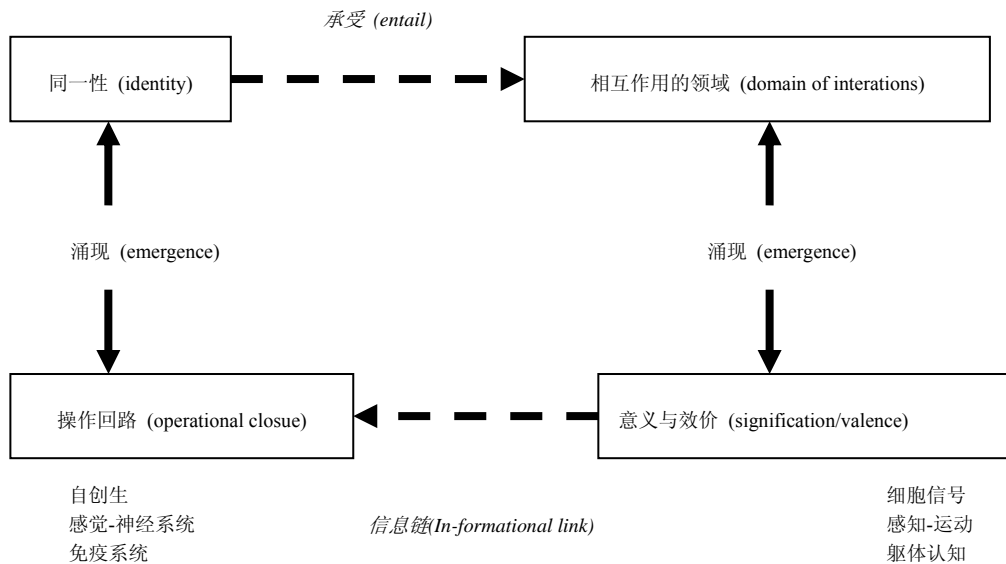
瓦雷拉去世后，他的生前好友、同事认知科学家汤普森(E. Thompson)诠释并扩展了瓦雷拉有关“活着即是意义生成”的自创生理论，主要包含以下五个方面：1) 生命 = 自创生(Life = autopoiesis)。其标准有三，(a)边界，包含(b)分子反应网络(c)产生及再生自身及其边界(对于最小的生命组织而言是必要的也是充分的)。2) 自创生承担自我的涌现(Autopoiesis entails emergence of a self)。一个物理的自创生系统，通过其操作回路的特性，产生以活着的身体(living body)为形式的独立个体或自我，即生物体。3) 自我的涌现承担世界的涌现(Emergence of a self entails emergence of a world)。自我的涌现同时必然导致涌现出那个专属于自我的相互作用的相关领域，即客观世界(Umwelt)。4) 自我和世界的涌现 = 意义生成(Emergence of self and world = sense-making)。生物体的世界是组成环境的意义。这个世界是意义和效价的所在，也是所有生物体活动的结果。5) 意义生成 = 认知(知觉/活动) (Sense-making = cognition [perception/action])。在有生命力的感觉运动(sensorimotor)引导下的最小意义中，意义生成等同于认知。这种引导指向并服从于意义和效价。意义和效价并非预先存在于“那里”，而是由活的生物体生成(enacted)或组成的。活着即是承担着意义生成，而意义生成等同于认知<sup>[10]</sup>。反过来说，正如哲学家比博尔(M. Bitbol)与生物学家路易兹(P. Luisi)总结的“一个认知最小化并且自创生的系统就是一个生命系统”<sup>[11]</sup>。至此，瓦雷拉诠释与深化了自创生理论，使其超越了被动适应与目的论预设的两难。以上观点可以用如下的图3<sup>[10]</sup>进行表

示。

#### 4. 自创生理论的意义

自创生理论一经提出就遭遇毁誉参半的评价：消极的评价是该理论实在难以理解，这部分归因于瓦雷拉与马图拉纳过多使用了哲学化的语言，这导致了自创生理论略显晦涩聱牙；而积极的评价是这标志着一种生命科学向系统生物学(Systems Biology)转换的时代精神(Zeitgeist)，系统生物学是一个强调将完整系统的复杂性视为自组织单元(self-organized unity)的全新学科视角<sup>[7]</sup>。而伴随实验细胞模型领域内研究工作的加速发展，对抵御艾滋病病毒过程中免疫系统(immune system)<sup>[12]</sup>的自治网络理论(autonomous network theory)的探索以及生物体与环境共演化的自创生-自然漂移学说(autopoiesis-natural drift)<sup>[13]</sup>的深化使得自创生理论再一次引起生物学界的广泛关注。更为重要的是，作为一种认识生命与非生命系统疆界所在以及对“活”的复杂系统的自组织与涌现规律的认识论视角，自创生理论的影响力波及范围很快超越了生物学的范畴进而扩散至社会学、人工智能乃至哲学领域，

并衍生出社会自创生(Social Autopoiesis)<sup>[11]</sup>、计算自创生(Computational Autopoiesis)<sup>[6]</sup>。其中最引人注目的是在自创生理论的基础上，瓦雷拉提出了“心智(mind)从自创生的生命系统中涌现出来”的“生成认知”(enactive cognition)思想，这间接地催生了以具身的(embodied)、情境的(Situated)为导向的第二代认知科学(second generation of cognitive science)。最近，哈钦斯(E. Hutchins)在《认知生态学》(Cognitive Ecology)一文中将瓦雷拉与马图拉纳的自创生理论视为“心智生态学”(ecology of mind)的源头性工作，而后者则是过去30年来认知科学的三股重要思潮之一<sup>[14]</sup>。瓦雷拉在自创生理论方面的贡献也为他获得了许多重要荣誉：由阿尔弗雷德·P·斯隆基金赞助的神经科学奖(The Neuroscience Award from the Alfred P. Sloan Foundation, 1976-1978)；曼纽尔·诺列加美洲科学奖(Manual Noriega InterAmerican Science Award, 1986)；古根海姆美洲亚历山大·冯·洪堡奖(生物学)(the Guggenheim Inter American Alexander von Humboldt Prize for Biological Sciences, 1986)；法国天主教科学家基金(the Chaire Scientifique of the Fondation de France, 1986-1991)。



注：涌现体现在一个自创生系统的同一性、操作回路、相互作用的领域以及意义与效价动态关系中。系统的同一性通过承受的方式决定了一个生命系统与外界环境发生相互作用。操作回路是生命与意义创生的物理载体。在生命系统中最具代表的自创生子系统是感觉、神经系统与免疫系统，而细胞信号等意义与效价以信息链的方式决定了这些系统的自创生特征。

Figure 3. The development of autopoiesis theory by Thompson  
图3. 汤普森对自创生理论的拓展

今年是弗朗西斯科·瓦雷拉逝世十周年，我们深情地缅怀“作为一个科学家，他的才华横溢与原创精神；作为一个普通人，他的热情、极富感染力的好脾气、理想主义，以及他对生命的绝对渴望……” [6]

### 参考文献 (References)

- [1] P. Luigiluisi. About various definitions of life. *Origins of life and evolution of the biosphere*, 1998, 28(4-6): 613-622.
- [2] J. Mingers. *Self-producing systems: implications and applications of autopoiesis*. New York: Plenum Press, 1995, 9.
- [3] M. A. Boden. *Autopoiesis and life*. *Cognitive Science Quarterly*, 2000, 1: 117-145.
- [4] F. Varela, E. Thompson, E. Rosch著, 李恒威, 李恒熙, 王球, 于霞译. *具身心智: 人类经验与认知科学*[M]. 杭州: 浙江大学出版社, 2010, 附录.
- [5] H. Maturana, F. Varela. *Autopoiesis and cognition: the realization of the living*. Dordrecht: D. Reidel Publishing. Co., 1980: xii, 75, 79.
- [6] B. McMullin. Thirty years of computational autopoiesis: a review. *Artificial Life Journal*, 2004, 10(3): 277-296.
- [7] P. L. Luisi. Autopoiesis: a review and reappraisal. *Naturwissenschaften*, 2003, 90(2): 49-59.
- [8] D. Rudrauf, A. Lutz, and D. Cosmelli, et al. From autopoiesis to neurophenomenology: Francisco Varela's exploration of the biophysics of being. *Biological Research*, 2003, 36(1): 27-65.
- [9] E. Thompson. *Mind in life: biology, phenomenology, and the sciences of mind*. Cambridge, MA: The MIT Press, 2007: 101.
- [10] E. Thompson. Life and mind: From autopoiesis to neurophenomenology. A tribute to Francisco Varela. *Phenomenology and the Cognitive Sciences*, 2004, 3(4): 381-398.
- [11] M. Bitbol, P. L. Luisi. Autopoiesis with or without cognition: defining life at its edge. *Journal of the Royal Society Interface*, 2004, 1(1): 99-107.
- [12] A. I. Tauber. *The immune self: theory or metaphor?*. New York and Cambridge: Cambridge University Press, 1994: 195.
- [13] E. Schultz. Resolving the anti-antievolutionism dilemma: a brief for relational evolutionary thinking in anthropology. *American Anthropologist*, 2009, 111(2): 224-237.
- [14] E. Hutchins. Cognitive ecology. *Topics in Cognitive Science*, 2010, 2(3): 705-715.