

生命真的可以合成吗

——贝塔朗菲与合成生物学的隔空对话

●唐兴华

当科学家宣布“人造细胞”诞生、当基因可以像电路一样被设计与组装,一个古老的问题被重新推到聚光灯下:生命,真的可以被“合成”吗?这个问题表面上需要实验室研究和工程图纸设计,背后却涉及我们如何理解“什么是生命”这一最根本的哲学命题。

要回应“什么是生命、生命可以被合成吗”这个问题,我们需要从系统生物学的创始人路德维希·冯·贝塔朗菲那里寻找答案。早在20世纪上半叶,他就在《生命问题:现代生物学思想评价》(以下简称《生命问题》)和《一般系统论:基础、发展和应用》(以下简称《一般系统论》)两部经典中,对生命的问题进行了深刻思考。

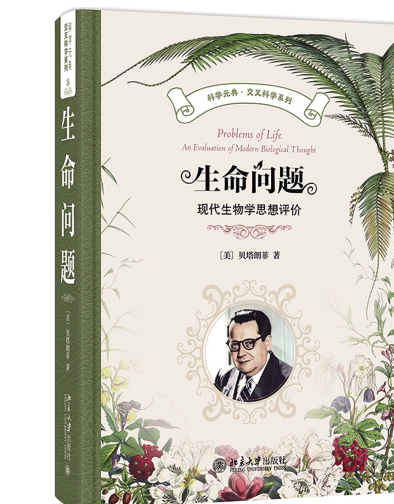
2025年北京大学出版社将这两本书纳入“科学元典”系列重新翻译出版,新译本不仅在术语上更贴近原意,还把原本的“译者前言”扩展为“导读”,细致梳理了机体论与一般系统论的思想。重读这位先驱的思想会发现,经典思想像一座灯塔,为智能时代的生命科学发展照亮前路、校准方向。

生命问题的传统抉择: 机械论与活力论交锋

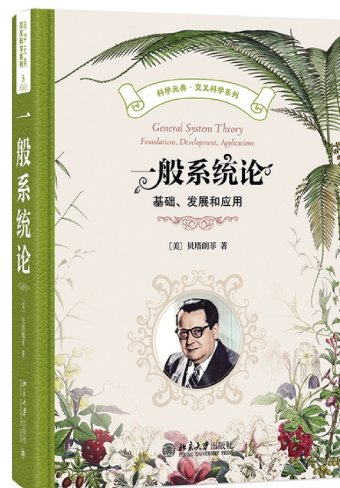
在贝塔朗菲之前,机械论与活力论作为生物学领域长期激烈争论的生命观,都走入了死胡同。

机械论把生命视为一台机器,认为只要将它拆成微小的零件——细胞、分子、原子,再用物理化学规律加以解释,就能掌握生命的全部秘密。机械论用简单还原观点将生命现象看作孤立的因果链条,将生命看作各基本单元“累加”的结果。活力论不否认生命是各个基本单元的总和,看到了生命的整体性。但活力论的问题是把这种“超越部分之和”的整体性归因于一种神秘的“活力”或“灵魂”,设想它们由一位神秘的工程师在控制并补充其养分,忽视了生命现象的科学解释。

贝塔朗菲敏锐地指出,这两种看似对立的思想其实都有一个隐含前提:生命无非是各个部分的“加和”。机械论否认部分之上还有“什么”,活力论则把“什



《生命问题:现代生物学思想评价》,[美]贝塔朗菲著,吴晓江译,北京大学出版社2025年1月出版,定价:69元



《一般系统论:基础、发展和应用》,[美]贝塔朗菲著,魏宏森、林康义等译,北京大学出版社2025年11月出版,定价:88元

么”推给科学之外的神秘力量。它们都忽视了一件至关重要的事情——对部分与部分之间关系的科学分析。

将生命看作系统的机体论

为破解这一困局,贝塔朗菲在《生命问题》中提出了“机体论”。机体论生命观为现代生命科学的发展提供了新的研究范式,亦是创建一般系统论的理论起点。在贝塔朗菲看来,生命是一个有组织的系统,各个部分不是孤立运作的,而是在相互作用和关联中共同构成了整体。有机体作为一个整体,会“涌现”出任何一个单独部分所不具备的性质,存在各部分之和所不具备的功能。

机体论并非否认部分的作用,而是强调整体不等于部分之和,强调生命的独特性和整体性。正如细胞不是分子的堆积,个体也并非器官的简单加总。正是这种整体性,使得生物系统呈现出协调、动态、调节、自我维持和修复的特征。

在贝塔朗菲看来,活的有机体具有几个无法被还原的特征:整体性,即部分之和不等于整体;动态性,即生命是物质和能量持续流动的状态;开放性,即必须不断与环境交换才能维持自身;等级性,即高层级会涌现出低层级所不具备的新性质;目的性,即自我调节存在于系统本身,而非外部神秘力量驱使。机体论在方法论上既承认对生命的“还原分析”,又强调“整体涌现”,是系统研究方法“还

成为可被设计、检验和拓展的对象。从这个意义上说,合成生物学并不是对机体论的终结,而是机体论思想在当代的回响。

当生命可以被合成, 我们更需要回到经典

生命真的可以合成吗?合成生物学未来能走向何处,该如何走?这是合成生物学的问题,更是生命科学的挑战。

贝塔朗菲的机体论和系统论为我们理解这些问题提供了借鉴意义。在方法论上,合成生物学的“拆分+整合”融合发展了贝塔朗菲的“还原+系统”。而在本体论层面上,合成生物学丰富了生命的涵义,打破了自然与人工界限,将二者结合起来。合成生命的基因序列是人工设计的,但它一旦被“激活”,就能按照生命本身的规律自主生长、代谢、繁殖。

合成生物学告诉我们,生命可以被设计;而机体论提醒我们,被设计的生命依然会涌现出超越设计者预期的复杂性,这种复杂性更值得我们重视。在技术飞速发展的时代,贝塔朗菲留给我们最重要的遗产,也许正是这份对生命整体性的敬畏,在承认技术创造力的同时,使我们看到生命的复杂性和“涌现”,从整体理解生命。贝塔朗菲对生命的理解和对生命的分析方法,被系统生物学和合成生物学所继承发展。

在人工智能、大数据和合成生物学并行发展的今天,一般系统论的现实意义反而更加突出。贝塔朗菲指出,当今世界,我们面临一个相互依赖的地球共同体,这一全球系统是人、技术与环境高度耦合、深度互嵌的复杂系统,地球在新的意义上成为一个相互依赖、不可分割的整体。这也正是我们生活的“人类世”。

在合成生物学不断推进、“人类世”加速到来的今天,重读《生命问题》和《一般系统论》,不仅是回望思想史的源头,更为我们走入新生命纪元,准备了一份必要的哲学行装。越是先进的技术,越呼唤经典思想的烛照,这或许正是贝塔朗菲与合成生物学这场“隔空对话”留给我们最珍贵的启示。

(作者单位:中国地质大学(北京))

原+系统”的综合运用。

贝塔朗菲不仅用系统的视角看待生命,更敏锐地发现生物学、物理学、心理学以及社会学领域都能用系统进行解释。这种思维方式从系统的角度揭示了事物、对象之间相互联系和相互作用共同本质和内在规律性。

合成生物学: 贝塔朗菲思想的当代回响

合成生物学将复杂的生命体拆分成可研究、可设计的基本单元,用零件合成出复杂生命。乍一看,貌似是机械论的胜利,遵循“拆分”的思路,但其实不然。“拆分”只是合成生物学的一个环节,并不能仅通过“拆分”和“还原”就完成对生命的认识。合成生物学的“整合”发生在瞬间,当被设计好的元件按特定的目的重新组合成回路,新的生命体涌现出零件本身所不具备的整体功能,自然界不存在的人工生命体就出来了。

“拆分+整合”的方法,将定量设计和整体研究结合起来,这是贝塔朗菲“线性分析和整体互动”的“还原+系统”研究方法的延续。

此外,合成生物学还以一种贝塔朗菲未曾料到的方式回应了他的整体论。合成生物学借助“硅细胞”模拟、人工基因组合成等实验手段,让整体的相互作用网络一步步可视化、可计算、可重构。“生命的关系网络”不再是哲学口号,而