

特约评述

DOI: 10.12211/2096-8280.2024-039

人类世中对合成生物学的哲学反思

唐兴华¹, 陆钱能², 胡翌霖³¹ 中国地质大学(北京)马克思主义学院, 北京 100083; ² 电子科技大学马克思主义学院, 四川 成都 611731;³ 清华大学科学史系, 北京 100084)

摘要: 合成生物学作为21世纪改变生命领域的科学, 其所具有的跨学科性、打破人工与自然的界限、强调人的作用和技术对我们生存方式的塑造等, 是我们所处的人类世所面临的共同挑战。首先, 作为顺应人类世呼声的合成生物学, 打破自然与人工界限, 实现二者融合, 在更深层的“生命”领域体现了技术对我们的塑造。其次, 合成生命打破传统意义上的学科划分, 成为不同学科的研究对象, 促使多学科交叉和融合, 而合成生命具有的开放性和合成生物学发展的生成性, 则决定了合成生物学面向未来的特性, 改变了人类世中技术研究的方向。最后, 技术哲学所关注的“大问题”和“小问题”在合成生物学这里实现了统一。合成生物学既有“大问题”也有“小问题”, 对合成生物学的研究既要关注一般性的大问题, 又要关注其产生的具体的小问题。总之, 合成生物学作为人类世中的技术形态, 对其涵义和特征进行哲学反思, 有助于从新的理论范式下理解合成生物学。

关键词: 人类世; 合成生物学; 自然与人工; 学科交叉; 面向未来; “大问题”与“小问题”

中图分类号: Q81 文献标志码: A

Philosophical reflections on synthetic biology in the Anthropocene

TANG Xinghua¹, LU Qianneng², HU Yilin³

(¹School of Marxism, China University of Geosciences, Beijing 100083, China; ²School of Marxism, University of Electronic Science and Technology of China, Chengdu 611731, Sichuan, China; ³Department of the History of Science, Tsinghua University, Beijing 100084, China)

Abstract: Synthetic biology, as a science transforming life science in the 21st century, is interdisciplinary in nature, breaking boundaries, emphasizing human roles, and shaping our way of living through technology, presenting common challenges in the Anthropocene era we live in. As a technology of the Anthropocene, synthetic biology blurs the line between nature and artificiality, merging the two and demonstrating the profound impact of technology on life itself. Synthetic life not only obscures the boundary between nature and artificiality but also transcends traditional disciplinary divisions, becoming a research object across various fields, thereby promoting interdisciplinary collaboration and integration. In this process, the openness of synthetic life and the generative nature of synthetic

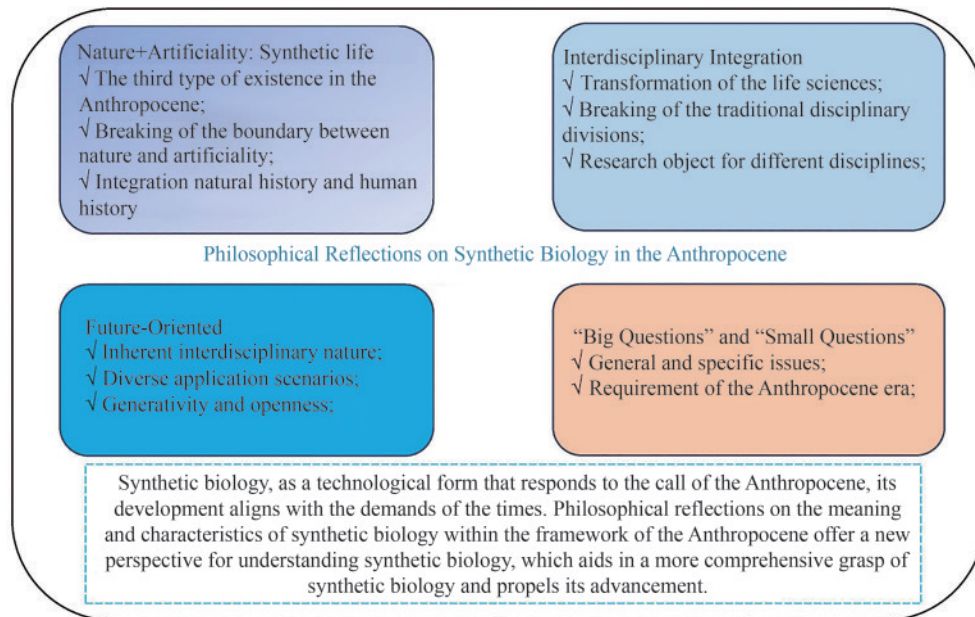
收稿日期: 2024-04-28 修回日期: 2024-09-23

基金项目: 国家重点研发计划(2018YFA0902400)

引用本文: 唐兴华, 陆钱能, 胡翌霖. 人类世中对合成生物学的哲学反思[J]. 合成生物学, 2025, 6(1): 203-212

Citation: TANG Xinghua, LU Qianneng, HU Yilin. Philosophical reflections on synthetic biology in the Anthropocene [J]. Synthetic Biology Journal, 2025, 6(1): 203-212

biology determine its future-oriented characteristics, altering the direction of technological research in the Anthropocene. Finally, the “big questions” and “small questions” that the philosophy of technology concerns about are unified in synthetic biology. Synthetic biology encompasses both general issues and its specific developments and applications. In summary, philosophical reflections on synthetic biology as a technological platform in the Anthropocene contribute to a deeper understanding of synthetic biology within a new theoretical framework.



Keywords: Anthropocene; synthetic biology; nature and artificiality; interdisciplinary; future-oriented; “big questions” and “small questions”

人类世（Anthropocene）是一个复杂的多学科概念。自2000年保罗·克鲁岑（Paul Crutzen）在墨西哥奎纳瓦卡（Cuernavaca）参加地球系统研讨会时提出这一概念后，人类世受到多领域学者的关注。人类世意味着人类成为塑造地球状态的主要力量，能够和风力、太阳能等自然营力相媲美。克鲁岑在和尤金·斯多默（Eugene Stoermer）共同撰写的论文^[1]中强调：“在接下来的几千年里，甚至几百万年时间里，人类将会是一股影响地质的重要势力（a major geological force）。所以，我们应该称当前的地质时代为‘人类世’，因为它强调了人类在地质活动和生态环境中的核心作用。”他们强调了人类对地球改变的迅速性、深刻性和不可逆转性，认为人类在与技术的互动下，将持续对地球系统造成影响，甚至在未来几万年之内仍是主要的地质推动力。

2024年3月4日，第四纪地层学国际小组委员会（SQS）投票否决了将人类世看作地球地质时间表中的官方时代。这主要是因为如果将人类世看作不同于“全新世”的时代，就必须找到能够证明这一新时代的“金钉子”（Golden Spike）[作为地质学术语，“金钉子”是定义和划分两个不同年代（时代）的地层学上的标志，证明了地质年代的转换]。但目前对于将何处作为人类世的“金钉子”还有较大的争议。因而，SQS投票否决将人类世作为地球历史的新纪元。地质学家对人类世的否定是基于地质学层面的证据，否认将其看作一个地质时代。但他们并未否认我们生活环境的变化，也没有对人类世的概念进行否定。人类世强调人类对整个世界的塑造能力，这意味着人类世作为一个概念凸显了之前存在的各种状态。从而有利于我们在面对变化的过程中更新我们的思

考方式和行动的哲学基础。人类在全球层面对地球的塑造是事实，无论是地球的哪个圈层，都受到人类活动的深刻影响。这些影响和变化均表明，我们的生存环境发生了改变。这种改变的另一层涵义在于，人类世挑战了传统的划分方式，打破了界限，提倡跨学科、跨领域以及跨越行动者的固定区分。尤其打破了自然和人工的界限，为重新理解人、技术与自然的涵义带来启发，有助于我们重新构建三者的平衡状态。“人类世是一个可塑的概念，它提高了人们对地球环境问题严重性的迫切认识，激励人们采取行动，并提供了一个总括术语，使代表不同背景和领域的人们能够合作解决紧迫的地球问题。”^[2]

人类世凸显了变化和多样可能性，打破了人、技术与自然的边界，在整个地球层面将人类、非人类行动者联结起来，改变了不同行动者的关系和行动方式。此外，人类世强调了技术的作用，随着技术对人和非人行动者的塑造，决定了我们的存在样态和行动方式。合成生物学在生命领域动摇自然和人工的界限，创造能够融合二者的新型存在方式，在更深层意义上塑造了生命和存在者的样态，成为顺应人类世呼声的技术形式。本文试图对合成生物学创造的人类世中第三类存在（合成生命）进行分析，从而得出：人类世的合成生物学打破自然与人工的界限，将二者进行融合。此外，合成生物学创造的合成生命进一步促进学科交叉融合，打破了传统上学科的划分。再次，合成生物学在发展的过程中保持开放性和生成性，以未来为导向。最后，合成生物学的发展既蕴含总体性的一般问题，又蕴含具体领域的具体问题，因而，对其研究要兼顾“大问题”和“小问题”。

1 顺应人类世呼声的合成生物学：融合人工与自然

人类世伴随着技术而到来，并将继续在新的层面推动技术的发展。可以说人类世是一种技术现象，技术成为人类世的显著特征和核心概念。强调技术在人类世中的作用，并不仅仅将技术看

作是人类创造的人工物，与自然物进行区别。而是说，人类世是一种涉及人、技术和自然一体关系的更为复杂和整体的现象。人类世意味着具体技术和使具体技术得以可能的整体存在，人与其所生活的世界都处在整体的技术化过程中。“经过几个世纪的发展，技术不仅作为器具处于辅助的地位，更是转变为一个前所未有的历史事件。”^[3]人类世的技术既造成形而上学的思维方式的变化，也能够具体领域进行应用；既具有地方性，又能够在更广的范围内进行多学科交叉、多领域的联结。

人类世的技术是涉及多领域的“会聚”技术，是融合自然与人工、社会与生态的技术发展形态。这不仅在本体论层面蕴含“会聚”理念，融合人与自然的状况，更是在具体存在物上融合了人工与自然，创造了新的存在：自然人工物。我们必须承认自然人工物的独立性和不确定性。其中，最为典型的就合成生物学创造的合成生命，合成生命打破界限，融合自然和人工。这意味着在最“深层”的生命领域的融合。合成生命一方面具有人工设计性，是由科学家按照想要实现的目标设计实现的，它的根据和目的外在于其自身；另一方面，合成生命具有自然性，能够按照自然的逻辑进行生长。在改造乃至重新构造生命体方面，合成生物学强调构建自然界不存在的东西，赋予合成生命体新的功能，从而打破了生命与非生命、自然与非自然的界限^[4]。这不仅在本体论层面更新了我们对于生命的理解，更是在实际层面创造出人类世中新的存在形态。合成生物学的崛起，颠覆了生物学以发现描述和定性分析为主的传统研究范式，为生命科学提供了崭新的“会聚”研究思想^[5]。

生命是一个古老和神秘的概念。一直以来，生命被看作是上帝创造或者是由于自然的原因进化而来。我们只能分析生命，不能创造生命。人类世的到来，促使我们在新的层面上认识生命。合成生物学主张“建物致知”，力图从头开始创造生命。合成生物学借助工程学思想，对生命体进行“自下而上”的探索，改变了生命研究的范式，推动其向“标准化”和“定量设

计”方面发展。“合成生物学是在工程科学‘自下而上’理念的指导下，以创建特定结构功能的工程化生命或实现生命过程的工程化为导向，综合系统、合成、定量、计算与理论科学的手段，以‘设计-构建-测试-学习’的迭代研究原理认识生命的理论架构与方法体系。”^[5]这改变了认识生命的方式，由分析理解生命推进到设计建构生命。这种有目的有计划的对生命的创造意味着自然与人工界限的打破，同样，也意味着技术在更根本的层面塑造我们的身体和生命，塑造我们的存在方式。

不可否认的是，自然与人工的界限早在人类世到来之前就已经被动摇，人类可以在各个领域创造出媲美或超越自然的事物，自然与人工的边界早已模糊。但唯有生命领域，这一传统的界线仍然比较顽固。伴随着合成生物学的发展，传统的自然与人工相对立的观念被彻底打破，以至于混而不分。合成生物学是在最“深层”的生命领域融合了人工与自然。生命不仅可以是“人工制造的”，而且还可以因为外在的目的而被人为定制。人造生命体既包含自我生成的特性，也由外在的意志决定其功能或目标。这种介于自然与人工之间的合成生命，既有内在原则，又有外在目的，可谓是“介于机器和生物之间的一种混合实体，它既有生物的特性，又有机器的特性，它既要符合自然规律，也要符合人工目的。”^[6]

随着人类世的到来，人类对基因、生命以及生态系统不断进行着前所未有的、大规模的以及深层次的干预。自然与人工在生命领域的一体交融关系恰恰是顺应人类世的呼声，是人类世的关键。合成生命作为第三类存在者成为人类世的新型存在样态。合成生物学所体现出来的跨学科领域的“会聚”特性符合人类世的要求，与人类世到来是相一致的。因而，合成生命作为人类世的第三类存在者，能够体现出它的“自然+人工”的特性，是人类世在生命领域的新发展。合成生命所具有的“自然+人工”特性更是作为多科学的研究对象，进一步促进不同学科和领域的交叉融合。

2 合成生物学促进不同学科和领域的交叉融合

一般而言，自然与技术被看作是两个具有不同研究对象和研究方法的概念，自然指的是能够自我生成的非人工创造的存在，如森林、岩石和花朵等。技术则指的是非自我生成而由人所创造的人工物（技术对象）。自然是内含自我目的的存在，技术则是目的在人的物体。因而，古希腊时期就对二者进行区分。亚里士多德确立了自然物的地位，他认为自然物自身蕴含着合法性基础和根源，能够自我涌现；而人工物的目的外在于其自身，不能够自我生成。“凡存在的事物有的是由于自然而存在，有的则是由于别的原因而存在。”^[7]因而，自然物优于人工物。合成生物学打破了自然与人工的界限，在新的层面上实现了自然与人工的融合。合成生物学的研究对象不是自然，也不是人工物，而是自然人工物。

人类世到来促使合成生命作为具体存在物的新存在形式出现，这种新的存在形式超越传统自然与技术的类别，而是将二者融合在一起。例如，“‘自然技术化’将越来越多传统上归属于人工物的特征引入到自然生命中，如被设计或具有精确的功能。这些新的实体无法被明确归类为自然或技术领域，它们是混合体，即这两个领域的特征不可分割地混合在一起的实体：自然变成了技术。”^[8]无论是人造树，还是人造昆虫，都是作为新的生命形式，作为自然人工物的存在状态融合了自然与技术。这种新的存在属于新的类别，对这一存在的研究不再是单独某一学科领域的任务。新的自然人工物不仅在本体论层面引起关注，更是在伦理学领域引发革命。当然，这并不意味着我们要放弃自然和技术这种划分，而是要放弃自然和技术孤立存在的状态。人工生命既是技术哲学家关注的对象，也是生态学者考量的对象，他们关注的对象有所交织和重叠。人类世呈现的事实打破了学科的界限，自然人工物成为多学科关注的对象，这也从研究对象角度呼吁不同学科的合作。如今，通过合成生物学理念和技术，工程化的新的发光生物系统已较为成熟。发光的兔子、发光的蘑菇等等，都是自然和人工结合的最好证

明。LightBio公司将生物发光蘑菇 (*Neonothopanus nambi*) 的一组基因插入矮牵牛中, 创造出“萤火虫牵牛花” (The Firefly Petunia), 并于2023年9月正式通过了美国农业部 (USDA) 动植物卫生检验局 (APHIS) 的审查, 允许在美国种植和繁殖^[9-10]。

此外, 作为人类世的技术形式, 合成生物学在一定程度上融合了自然历史和人类历史。自然物的技术化和技术物的自然化同步进行, 二者相互融合。合成生物学发展使得人能够直接创造生态系统中不存在的物种, 这些物种同时具有自然性和人工性, 能够直接参与塑造生态系统。合成生物学让我们掌握了编辑基因, 进而合成新物种的能力。这不仅能够使物种消失, 更有能力产生新物种。这在一定程度上能够创造地球上不存在的新物种或者决定物种的演化方向。合成生物学也可以恢复已经消失的物种, 比如侏罗纪的恐龙、更新世猛犸象等, 从而将消失的物种带回我们的世界中。人类能够掌握地球上物种的基因, 并能够根据计划创造新的物种。“CRISPER使得我们有能力迅速并且不可逆地改变地球的生物圈, 按人类的意志改写任何生物的基因。”^[11] 通过合成生物学, 能够创造出新的物种和存在, 这些物种和存在要在现有的生态系统中找到合适的位置, 这一过程既是自然物的技术化, 也是技术物在生态系统的自然化。通过创造的新物种, 能够塑造生态系统。因而, 自然物和技术物实际上是处于相互作用的一体状态中。

人类世呈现的跨学科性以及打破自然和人工的边界, 模糊了传统学科研究对象的界限, 从而模糊传统划分的学科界限。这对于研究自然的学者和关注技术的学者而言, 创造了一个交叉的领域和研究对象。合成生物学创造的自然人工物正是在这一意义上实现了技术与自然的交融。研究对象的跨学科促成技术哲学和自然研究实现了统一。自然研究者不仅要关注自然物的存在状态, 更是要对合成生物学创造的新物种在环境中产生的影响进行探索。这一过程似乎强化了人类的力量。人类成为主宰这一切的“神”。实际上, 人在合成生物学发展中的作用与在人类世中的地位是一致的。虽然人类世和合成生物学都强调人的力量, 但人类只是生态系统维持稳定的一员。即便

随着科技的发展, 人类力量得到增强, 人能够打破生态系统的稳定态, 更能建立生态系统的新稳态。这不是人被“神”化的证明, 而是意味着人要更多地承担责任。人并不是拥有自由权力, 随心所欲地设计创造生命。正如合成生物学看似是人拥有主动权力去合成和创造生命, 实际上人无法对合成生命在环境中的应用进行精准预测。想要促使合成生物和天然生物和平共处并非是一件简单的事情, 我们的行为也可能会对生态系统产生无法预料的后果。因而, 我们有责任尽早考虑合成新物种的潜在后果, 确保维持生态系统的稳定状态。当前, 为减轻合成生物对自然生物的潜在影响, 阻止合成生物遗传信息在自然环境中的转移和适应, 科学家已经采取了一系列技术措施, 比如: 创建正交化合成生物元件、添加DNA水印或条形码、安装“自毁”开关等^[12-13]。

合成生物学作为学科交叉的结果, 进一步促进了学科交叉研究。合成生命作为自然人工物成为技术学家、伦理学家、自然科学家等共同关注的对象。为了合成生命在生态系统中找到合适的位置, 环境学者正在重新思考“环境”和“自然”的涵义。此外, 合成生命在生态系统中存在, 必然会影响到生态系统的稳定状态。人类世中的生态系统不再是不受人干预和影响的孤立状态, 反而在深层次与技术融合。因而, 合成生物学作为人类世的技术, 更加促进自然与人工边界的打破和不同学科的交叉融合。这种交叉和融合并非一蹴而就, 而是在发展中形成的。因而, 合成生命的不确定性, 合成生物学发展过程中的开放性, 决定了人类世中的合成生物学面向未来的特性, 奠定了我们合成生物学研究的基调。

3 面向未来的、具有不确定性的合成生物学研究

合成生物学作为人类世中的典型技术形态, 涉及领域广泛, 是多领域合作交叉的结果。在这一过程中, 合成生物学必然要面临多元情景和变化, 具有很多的不确定性。无论是其应用的过程还是可能产生的结果, 都面临着诸多的变化, 尤

其是在社会的应用过程中产生的不确定性。合成生物学也处在不停的发展中，无论是对基因的处理、剪辑还是合成生物学与不同领域技术的结合等，如目前已经出现了合成生物学和人工智能“会聚”的相关技术。未来，可能将人工智能应用在生物部件设计中，将其与生物制造厂结合，实现设计-构建-测试-学习（DBTL）周期的自动化^[14-15]。

合成生物学在应用到社会的过程中，涉及不同领域和诸多行动者的参与，涉及范围广泛，任何小的变化都会对技术的发展产生影响。这意味着合成生物学具有开放性和未来属性。我们必须对其所涉及的问题全面关注，谨慎思考，从而避免合成生物学技术发展过程中产生的不确定性和在社会应用中的不确定性。合成生物学作为发展中的技术，必然是基于已有学科和历史背景，但这些已有的研究和经验并不能够给新的技术发展以准确的指导。因而，对于正在发展中的合成生物学而言，需要在发展中持续观察和研究。合成生物学不是处于一个完成的状态，而是一直在发展。这就意味着合成生物学作为人类世中的技术形态，是以历史为鉴，但不会面向历史，而是基于当下的发展，面向未来，以未来为导向不断进行研究和推进。合成生物学总是不停地面临着新问题、新挑战。据估计，到2050年，地球人口将增加约20亿，全球粮食产量需增加70%才能满足人类需求，现行的农业模式不仅在增长速度上难以企及此目标，更在生态可持续性方面显露出其固有的局限性^[16]。通过合成生物学，可以提高植物养分利用效率同时减少肥料需求，从而有可能缓解人类的粮食危机^[17]。合成植物的培育与种植，预示着一场农业生产方式的革命，必将对自然生态系统产生深远的影响。在这一过程中，我们必须审慎地权衡技术进步与生存环境的关系，确保在追求粮食安全的同时，不以牺牲环境的长期健康为代价。

合成生物学作为顺应人类世的技术形态，会加速技术化的过程，促使人类世向更加技术化的时代发展。正如合成生物学的发展一样，加速技术化给我们带来的是一个更加不确定的未来，一个难以精准预测的时代。在这个时代，以往的经验总结和生存样态都可能会面临着失效。当然，历史经验的可能失效并不是否认历史性维度，而

是指我们要将历史经验和知识的发生形式融合在未来中，以未来的可能性为指向，对当下生活状态进行分析。过去，我们从未产生一个可以人造生命的时代，也从来没有做到将已经消失的物种复活。因而，过去的经验并不能完全指导我们的行动，我们必须在发展的过程中不断探索未来的发展模式，甚至提前描绘未来的可能形态，提前预想合成生命诞生后会遭遇怎样的问题，从而更加谨慎小心地推动技术的发展。这需要多领域学者的合作交流以及具备极强的敏锐性和感受力。这不仅对科学家，也对研究技术的哲学家、伦理学家提出要求，即：我们要面向未来进行思考，以“未来性”为指向，对合成生物学发展进行前瞻性思考，对我们在更加技术化的人类世中的生存经验进行前瞻性建构。

合成生物学作为“会聚”技术，更易与其他技术协同或延伸自身的技术内涵。相比其他生命科学领域，合成生物学具有更多的不确定性、不稳定性和不可控性，人工设计与改造赋予了合成生物超越自然生命体的特殊能力，加上其自我繁衍并遗传进化的能力，可能产生巨大的风险。从合成生物学技术的能力而言，其可以修饰人体微生物菌群、修饰人体免疫系统，甚至直接修饰人类基因组^[18]。从合成生物学的特性来说，对于合成病原体而言，无论是监测还是准备特效药，都有很大局限。对于新的合成病原体如果疾病监测和实验室基础设施不能发现、识别和确定其特征，疫苗、药物等目前可用的治疗方式也失去效果，现有系统便很难限制其传播，从而导致伤亡范围增加。由此，对这些风险的评估和防范必须未雨绸缪、面向未来。

合成生物学目前存在的技术只是将一个合成基因组放在活细胞中，并不能够全新地合成一个生命体，但随着技术不断迭代，这一天或许很快到来。然而，未来人工创造的生命是否会扩展生命的定义，是否拥有道德地位，以及恢复消失的动物植物是否会对生态环境造成影响等都是需要思考的问题。合成生物学面向未来的属性要求我们必须对可能产生的问题预先讨论，这也意味着，我们不再能够像之前一样，事先允许技术在社会中应用，然后再考虑应用的后果。这就需要不同领域

专家和学者的通力合作，尤其要发挥技术哲学家和技术伦理学家的作用，强调人类世技术哲学的规范作用、反思作用和预判作用。正如生命伦理学家雷瑞鹏^[19]所言：“对于像合成生物学那样的新兴技术的创新、研发和应用，必须‘伦理先行’。在科学家采取行动，启动研发时，必须先制订暂时性的伦理规范。这种规范是暂时性的，因为制订这些规范时我们缺乏充分的信息，而且新兴技术具有不确定性，我们可以随着科研的发展，及时进行评估，修订我们的规范。”只有我们对可能产生的问题进行充分且合理的思考论证，我们才能做好充分准备以应对诸多突如其来的变化和挑战，从而实现更好的发展。技术哲学家孙周兴^[20]也强调，人类世的技术哲学必须由未来筹划与可能性期望牵引和发动起来的当下当代之思。我们不能再将目光局限在过去，而是要着眼未来，由未来可能性为指向，对当下的生存状态进行分析。

无论是面向未来还是面向当下，都不能否认的是，对合成生物学的思考，既要关注一般性的“大问题”，又要关注其产生的具体的“小问题”，兼顾二者。合成生物学不仅在本体论层面上对我们理解生命的本质、自然和人工界限的划分等一般性问题思考带来启发，激发我们从本体论层面反思新时代的生命意义和人的责任，理性认识人类世中的生命状态和关系，更是在具体问题层面推动不同领域中合成生物学的研究和发展，从而实现将具体问题的思考与一般性本质问题的探索结合起来。这给研究合成生物学的学者带来启发。

4 兼具“大问题”和“小问题”的合成生物学

人类世具有的不断打破自然与人工边界的特性，在合成生物学这里得以体现。合成生物学作为人类世中的技术形态，既要看到合成生物学发展对一般性的本质问题的冲击，也要关注合成生物学在具体领域应用中出现的具体性问题，将二者结合起来进行思考。合成生物学发展既对一般性的本质问题带来冲击，又能够根据具体的场景

进行应用。合成生命作为生命的新形式，不仅将关注的视角限定在具体的技术发展状态以及构建生命的过程中，讨论在具体领域中合成生物学的发展和应用。更是要关注合成生命作为新的存在样态对生命的本质带来的冲击，这意味着自然和人工的融合以及技术在新的层面上塑造和影响人的生存，重新定义自然的概念、合成社会的道德地位等。因而，对人类世的合成生物学进行哲学思考，既要思考技术发展过程中蕴含的“大问题”，也要关注具体技术应用过程中遇到的“小问题”，实现二者的结合。

对技术的“大问题”和“小问题”的讨论一直是技术哲学家关注的重点。经典技术哲学家关注一般性的技术问题，将技术看作一种包罗万象的现象或力量。经典技术哲学关注的是形而上学的总体性问题，也就是技术本质问题。对于合成生物学而言，一般性问题就是对生命的定义和概念带来的冲击，模糊了界限等问题。对这些问题的关注为我们理解本质问题提供了宽阔的视野和深刻的洞见。尤其是技术发展所带来的社会问题，合成生命的伦理问题，生命本质以及合成生命的道德地位、责任义务等问题，是我们必须要面对的重要问题。对合成生物学本质问题的关注有助于我们以当下为基点，面向未来，从问题角度对所遭遇的问题提供一个改变的视角。

而强调经验转向的技术哲学家认为对技术的形而上学思考无法对技术的具体使用提供指导。他们认为，具体技术在其特定背景下的运行机制以及与人的具体互动等问题在不同领域有不同的表现，无法对它们进行一般性的分析。因而，只能打开技术黑箱，推动学科范式和研究领域的转变。但是，经验转向之后的技术哲学对具体问题和局部的关注，拒绝从宽广的视角关注技术发展状态以及未来对技术思考的方式，会使得论证失去更广阔的视野。尤其是人类世的到来，体现了全球的大视野，需要从整体对技术的发展和地球的状态进行探讨。从“大问题”的视角探讨合成生物学并不会在意具体的对生物部件改造和组装的过程，也不会在意合成生物学在农业、工业以及医疗应用中引发的问题。尤其是无法对在不同领域中改造或者构造基因，促使它实现我们设定

的目标这样的问题进行解答。无论是原理驱动、自下而上设计，还是人工智能（AI）辅助，合成生物系统的合理设计都需要使用定量方法具体地解决一系列“小问题”^[21]。

人类世的到来，将我们从具体情境中思考问题拉到更广阔的地球视野中。人类世的技术是能够从根本层面改变人类生存状态的宇宙论技术。同样地，人类世技术也是需要更多人参与的全民技术。这意味着我们不能仅仅局限于具体的技术内部进行思考，更要在更宽广的背景中分析问题。但这种大视角的考量也离不开对具体问题的分析。在人类世中，技术的发展状况和具有的特性要求我们既要关注形而上学的技术思考，又要关注具体的技术问题，致力于一般技术问题和具体技术问题相结合，保持二者的张力。一般技术研究和具体技术研究侧重的方面不同，但二者缺一不可。我们不能抛弃任何一方，用一方去替代另外一方。彼得·莱文斯（Pieter Lemmens）主张在人类世中恢复这两种方法。2018年1月在荷兰奈梅亨的拉德布德大学召开的研讨会主题为“再次站在十字路口的技术哲学”，就是重点讨论人类世的技术哲学的发展方向以及将两种方法结合的可能性^[22]。

在人类世，必须既兼顾对合成生物学带来的一般问题的探索，又要对其在具体的应用中的问题进行关注。若只关注一般的问题，无法对合成生物学在不同领域（工业、农业和医药）的发展给予明确指导。如在双碳背景下，经合成生物学技术改造的生物质能源日益受到关注。通过物质代谢、能量代谢等方面的改造，可将藻类、酵母等微生物开发用于生物燃料高效生产，但由于微生物的高传播特性，更易致敏，且可能具致病性或毒性，造成多种人类健康风险^[23-24]。关于这一问题的探讨与合成生物学在其他领域中发挥作用和产生风险有所不同，需要具体问题具体分析。底盘细胞选择、蛋白调控通路等都是需要在具体情境下具体讨论的问题。而与之相关的风险评估与降低、管理措施与法律政策制定等都是超越具体场景的一般问题的关注。不过，对一般问题的讨论，只能总体上影响具体操作的理念，并不能直接指导具体操作。这也是经验哲学家从形而上学分析转向具体问题研究的原因。经验转向哲学家

唐·伊德（Don Ihde）^[25]，在《技术与生活世界》一书中从具体经验出发总结了人与技术的四种关系，关注人与技术的具体打交道方式。伊德认为我们应该远离一般技术哲学的探讨，转向对具体技术哲学的研究。这也是布瑞^[26]在面对经典技术哲学时的批评，他认为经典技术哲学难以对未来提供建设性建议。

对具体技术的研究有助于分析具体现象，在技术的具体应用层面产生贡献。但问题在于只对具体技术使用等相关问题进行分析，容易忽视大的社会批判维度和总体的思考，呈现出“只见树木，不见森林”的窘境。比如，合成生物学除了要对具体发展中的问题进行解决，还要对其合法性问题、模糊边界问题以及在新的层面凸显技术的强力问题等进行解释。在反对合成生物学的论证中，诉诸自然和扮演上帝是其中影响最为广泛的，若不能采取有效的伦理论证对其进行反驳，会极大影响合成生物学本身的正当性，不仅会影响合成生物学研究的进展，也会影响公众对合成生物学产品的接受程度^[27-28]。在支持和反驳论证的过程中，会对生命、自然等概念进行深入阐述，从而逐渐形成人类世的生命和自然观，在哲学分析的基础上助力合成生物学等现代尖端生物技术健康发展。

人类世意味着视野的扩大，人类世的技术都是关涉所有人的技术。合成生物学不仅关乎我们时代所有人的生存问题，更是关乎我们的后代，关乎整个地球层面的技术。合成生物学既要关注对社会和我们存在产生的根本性的改变，也要关注其在具体应用中的具体作用。“人类世这一新的条件使得我们必须将地球或地球系统（earth or rather the earth system）视为所有人类活动的最终可能条件。”^[22]人类世显示出技术或技术化的人是一种地球力量，是决定生物圈未来走向的关键力量，这既涉及技术化的人的生存问题，又涉及技术对地球整体的影响问题^[22]。人类世给我们带来的启发就是重新转换我们的视野，要将更宏观的视野和具体的讨论结合起来。合成生命的存在状态和伦理纬度等就是宏观的视野，具体对基因片段的编辑和改变其功能就是微观视野。

人类世意味着自然与人工界限的打破，技术在深层次上参与到对人与自然的塑造。合成生物

学是顺应人类世呼声的技术形式，合成生命成为人类世的存在。人类世技术的关照范围和深度呈现出“地球转向”。这不仅意味着技术的应用范围和深度的变化，更是意味着对技术的思考要兼顾一般性和具体性。人类世中技术哲学的这种转向改变了之前的游戏规则，它迫使技术哲学家借助整体的视野从根本上重新考虑和评估技术^[29]。这种转向不意味着要抛弃对具体技术的分析，相反是要呼吁一种整体和具体相结合的视角。合成生物学创建的合成生命作为融合自然与人工的存在，既在整体的层面上对生命的状态和本质造成冲击，有助于我们重新反思何为生命、自然与人工的界限等问题；又对具体的技术发展以及对基因的处理问题进行关注和阐释，有助于推动具体技术的完善。合成生物学作为生命领域的技术发展形式，需要我们兼顾“大问题”与“小问题”，即将对“大问题”的思考蕴含在对具体“小问题”的研究中，通过“小问题”得以呈现，同时对“小问题”的探索不能离开“大问题”的视野，从而实现二者的辩证统一。

5 结 论

合成生物学不仅作为一门新兴技术和新兴学科对我们的生活造成影响，更重要的是，它在生命的基础层面打破了自然与人工的界限，重新定义了生命和我们存在的方式，将技术对人的塑造和影响扩展到更深的层面。因而，合成生物学不同于以往的技术形式，而是顺应人类世呼声的技术形式。人类世所强调的打破人工与自然的界限、跨学科合作研究，强调人的作用和技术对我们生存方式的塑造等，都在合成生物学这一领域得以体现。因而我们将合成生物学视为人类世技术，从哲学的角度对它进行分析，强调其具有的学科交叉特性，并且更进一步地促进与其他学科的交叉和融合。

合成生命打破了自然与人工，也打破传统意义上的学科划分，成为不同学科的研究对象，为多学科的交叉融合提供契机。合成生命的开放性和合成生物学的发展意味着它不是一成不变的，而是发展中的科学，具有开放性和生成性，因而，合成生物学具有面向未来的属性，这对于我们生活在人类世中改变研究方向而言具有重要意义。

最后，合成生物学研究将技术哲学经典话题“大问题”和“小问题”结合起来，既要关注合成生物学带来的一般性问题的讨论，又要关注其在具体领域中的应用和可能产生的问题，为技术哲学的未来研究提供启发。将合成生物学看作人类世的技术形式，从哲学的视野对其具有的特性进行分析有助于我们从新的范式下理解合成生物学，从而推动其更好地发展和落实。同时，通过对合成生物学的分析和探索，也有助于人类世中技术哲学的发展，给哲学研究范式转变带来启发。

参 考 文 献

- [1] CRUTZEN P J, STOERMER E F. The “Anthropocene” [J]. *IGBP Newsletter*, 2000(41): 17-18.
- [2] VALTONEN A, RANTALA O. Introduction: reimagining ways of talking about the Anthropocene [M/OL]// VALTONEN A, RANTALA O, FARAH P D. *Ethics and politics of space for the Anthropocene*. Cheltenham: Edward Elgar Publishing, 2020: 1-15[2024-04-01]. <https://www.elgaronline.com/edcollbook/edcoll/9781839108693/9781839108693.xml>.
- [3] CERA A, CENTER P D. The technocene or technology as (neo)environment[J]. *Techné: Research in Philosophy and Technology*, 2017, 21(2/3): 243-281.
- [4] 雷瑞鹏, 冀朋. 合成生物学的知识伦理问题初探[J]. *自然辩证法通讯*, 2019, 41(2): 101-107.
LEI R P, JI P. A preliminary research on the problem of the ethics of knowledge of synthetic biology[J]. *Journal of Dialectics of Nature*, 2019, 41(2): 101-107.
- [5] 中国学科及前沿领域发展战略研究(2021—2035)项目组. 合成生物学2035发展战略[M]. 北京: 科学出版社, 2023: 1.
China Discipline and Frontier Field Development Strategy Research (2021—2035) Project Group. *Synthetic biology development strategy 2035*[M]. Beijing: Science Press, 2023: 1.
- [6] 冀朋. 合成生物学的哲学基础问题研究[D]. 武汉: 华中科技大学, 2021: 139.
JI P. *Research on the philosophical foundations of synthetic biology*[D]. Wuhan: Huazhong University of Science and Technology, 2021: 139.
- [7] 亚里士多德. 物理学[M]. 张竹明, 译. 北京: 商务印书馆, 1982: 43.
Aristotle. *Physics*[M]. Translated by ZHANG Z M. Beijing: The Commercial Press, 1982: 43.
- [8] HOLY-LUCZAJ M, BLOK V. How to deal with hybrids in the anthropocene? Towards a philosophy of technology and environmental philosophy 2.0[J]. *Environmental Values*, 2019, 28(3): 325-345.
- [9] FLEISS A, SARKISYAN K S. A brief review of

- bioluminescent systems (2019)[J]. *Current Genetics*, 2019, 65(4): 877-882.
- [10] BOURZAC K. Glow way! Bioluminescent houseplant hits US market for first time[J]. *Nature*, 2024, 626(8000): 701.
- [11] 詹尼佛·A.杜德娜, 塞缪尔·H.斯坦伯格. 破天机基因编辑及其控制演化的惊人力量[M]. 傅贺译, 袁端端校. 长沙: 湖南科学技术出版社, 2020: 116.
- DOUDNA J A, STERNBERG S H. A crack in creation: the power of gene editing and the future of controlling evolution [M]. Translated by FU H, edited by YUAN D D. Changsha: Hunan Science and Technology Press, 2020: 116.
- [12] HOFFMANN S A, DIGGANS J, DENSMORE D, et al. Safety by design: biosafety and biosecurity in the age of synthetic genomics[J]. *iScience*, 2023, 26(3): 106165.
- [13] STIRLING F, BITZAN L, O'KEEFE S, et al. Rational design of evolutionarily stable microbial kill switches[J]. *Molecular Cell*, 2017, 68(4): 686-697. e3.
- [14] KUMAR P, SINHA R, SHUKLA P. Artificial intelligence and synthetic biology approaches for human gut microbiome[J]. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 2022, 62(8): 2103-2121.
- [15] ZHANG X E, LIU C L, DAI J B, et al. Enabling technology and core theory of synthetic biology[J]. *Science China Life Sciences*, 2023, 66(8): 1742-1785.
- [16] ROELL M S, ZURBRIGGEN M D. The impact of synthetic biology for future agriculture and nutrition[J]. *Current Opinion in Biotechnology*, 2020, 61: 102-109.
- [17] Food and Agriculture Organization of the United Nations. The state of food security and nutrition in the world 2017: building resilience for peace and food security[EB/OL]. [2024-07-26]. <https://www.unicef.org/reports/state-food-security-and-nutrition-world-2017>.
- [18] National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. Biodefense in the age of synthetic biology[M/OL]. Washington, D C: The National Academies Press, 2018: 5 [2024-07-26]. <https://nap.nationalacademies.org/catalog/24890/biodefense-in-the-age-of-synthetic-biology>.
- [19] 雷瑞鹏, 邱仁宗. 合成生物学的伦理和治理问题[J]. *医学与哲学*, 2019, 40(19): 38-43.
- LEI R P, QIU R Z. Ethical and governance issues in synthetic biology[J]. *Medicine & Philosophy*, 2019, 40(19): 38-43.
- [20] 孙周兴. 人类世的哲学[M]. 北京: 商务印书馆, 2020: 69.
- SUN Z X. *Philosophy of the Anthropocene* [M]. Beijing: The Commercial Press, 2020: 69.
- [21] LUO N, ZHAO G P, LIU C L. Quantitative synthetic biology [J]. *Nature Reviews Bioengineering*, 2024, 2: 911-913.
- [22] LEMMENS P, VAN DEN EEDE Y. Rethinking technology in the Anthropocene: guest editors' introduction[J]. *Foundations of Science*, 2022, 27(1): 95-105.
- [23] 晏雄鹰, 王振, 姜吉芸, 等. 生物燃料高效生产微生物细胞工厂构建研究进展[J]. *合成生物学*, 2023, 4(6): 1082-1121.
- YAN X Y, WANG Z, LOU J Y, et al. Progress in the construction of microbial cell factories for efficient biofuel production[J]. *Synthetic Biology Journal*, 2023, 4(6): 1082-1121.
- [24] HEWETT J P, WOLFE A K, BERGMANN R A, et al. Human health and environmental risks posed by synthetic biology R&D for energy applications[J]. *Applied Biosafety*, 2016, 21(4): 177-184.
- [25] 唐·伊德. 让事物“说话”: 后现象学与技术科学[M]. 韩连庆, 译. 北京: 北京大学出版社, 2008: 28.
- IHDE D. *Let things speak: post-phenomenology and technoscience*[M]. Translated by HAN L Q. Beijing: Peking University Press, 2008: 28.
- [26] 菲利普·布瑞, 闫宏秀. 经验转向之后的技术哲学[J]. *洛阳师范学院学报*, 2013, 32(4): 9-17.
- BREY P, YAN H X. Technological philosophy after the empirical turn[J]. *Journal of Luoyang Normal University*, 2013, 32(4): 9-17.
- [27] 雷瑞鹏. 合成生物学研究和应用的伦理学论证: 对“诉诸自然”论证的批判[J]. *伦理学研究*, 2022(5): 111-118.
- LEI R P. Ethical arguments about the research and application of synthetic biology: criticism to the argument appealing to nature[J]. *Studies in Ethics*, 2022(5): 111-118.
- [28] GREGORY E K. Engineered microbes in industry and science: a new human relationship to nature?[M/OL]// GREGORY E K, THOMAS H M. *Synthetic biology and morality: artificial life and the bounds of nature*. Cambridge: The MIT Press, 2012: 22-42[2024-04-01]. <https://doi.org/10.7551/mitpress/9780262019392.003.0006>.
- [29] LEMMENS P, BLOK V, ZWIER J, et al. Toward a terrestrial turn in philosophy of technology[J]. *Techné: Research in Philosophy and Technology*, 2017, 21(2/3): 114-126.



通讯作者: 胡翌霖(1985—), 男, 副教授。研究方向为技术哲学、技术史。
E-mail: hyl510@gmail.com



第一作者: 唐兴华(1992—), 女, 讲师。研究方向为技术哲学、科学技术与社会。
E-mail: 1179225867@qq.com