



美国联邦的生物经济格局

生物技术、合成生物学和工程生物学相关机遇

中国科学院上海营养与健康研究所

上海生命科学信息中心

上海市生物工程学会

2022年3月

美国联邦的生物经济格局

生物技术、合成生物学和工程生物学相关机遇

编者按： Lewis-Burke Associates LLC 是为美国政府提供咨询服务的机构，2021 年 7 月，该机构发布题为《美国联邦的生物经济格局：与生物技术、合成生物学和工程生物学相关的机遇》（The Federal Bioeconomy Landscape: Opportunities Related to Biotechnology, Synthetic Biology, and Engineering Biology）的报告。报告分析了美国联邦政府发展未来生物经济的优先事项，总结了联邦政府各部门（国防部、能源部、国家科学基金、国立卫生研究院、农业部等）在生物技术和合成/工程生物学领域的一些举措。

美国联邦政府对合成生物学、工程生物学和生物技术等相关领域的研发投入历年来都是采取分散的方式，各机构对生物经济及其组成部分有各自的定义和标准，这使得捕捉生物经济的广度及其相关的各个技术领域具有挑战性。奥巴马和特朗普政府都认识到联邦政府在国家生物经济方面协调努力的必要性，并通过白宫科技政策办公室（OSTP）为促进和保护生物经济组织的活动，这些活动主要包括：

- ◇ 2012 年 4 月，奥巴马政府发布国家生物经济蓝图，旨在指导联邦机构相互合作、与私营部门合作，以促进经济增长、创造就业机会、改善公共卫生、推进清洁能源技术发展等。“蓝图”为美国制定了战略目标，以实现充满活力的生物经济，强调了生命科学和物理科学交叉领域的基础研究和技术开发、技术转让、监管、劳动力发展和公私合作伙伴关系的重要性。
- ◇ 2019 年 10 月，特朗普政府主办了美国生物经济峰会，联邦官员与私营部门的生物经济专家齐聚一堂，讨论美国在全球生物经济中的领导地位，以及与生物经济相关领域面临的挑战与优先事项。峰会强调了生物技术可以帮助建立生物经济的“未来产业”，并指出劳动力、数据和基础设施、跨部门合作以及监管创新对于维持和加强生物经济都至关重要。

此外，多个智库或社会团体也在讨论生物经济以及其重要研究方向。2019 年，美国工程生物学研究联盟（EBRC）发布了题为《工程生物学：下一代生物经济的研究路线图》的战略研究报告，概述了技术主题（工程 DNA、生物分子工程、宿主工程、数据科学）以及生物经济的应用领域（工业、健康和医药、食品和农业、环境生物技术、能源）。随后，2020 年，美国国家科学院、工程院和医学院发布了一份《维护生物经济》的报告，并得到美国国家情报总监办公室（ODNI）的支持。报告研究了如何定义、衡量和预测美国的生物经济，以及如何衡量美国在全球生物经济中的领导地位，并就生物经济的定义达成共识：

“美国生物经济是由生命科学和生物技术的研究和创新驱动的经济活动，并由工程、计算和信息科学的技术进步所推动。”

1. 拜登政府的生物经济优先事项

目前，拜登政府的首要任务是从健康和经济的角度解决持续的 COVID-19 大流行、促进种族平等和应对气候变化。生物技术和合成/工程生物学与应对气候危机、改善公共卫生尤其相关，未来几年，联邦政府对于这些领域相关的生物技术投资可能会增加。拜登政府也可能将公平视角应用于生物技术和生物经济的进步，采取措施确保生物技术衍生产品和服务不仅可以供所有人使用，并且制造此类产品的过程不会对弱势群体造成伤害。

由于该领域的去中心化性质，很难计算出 2022 财年和前几年联邦对生物技术和合成/工程生物学投资的确切水平。此外，与其他新兴技术领域不同，联邦政府不提供年度总支出的估算。然而，拜登政府在其 2022 财年预算申请中强调的多个学科和技术优先事项都涉及生物技术，或将助力美国生物经济的发展。下面是一些关键信息。

- ◇ 拜登政府提议建立两个新的高级研究项目机构，一个专注于健康和生物医学（ARPA-H），一个专注于气候（ARPA-C）。两者都将投资突破性技术，很可能包括合成生物学和工程生物学等领域的技术，并有可能随时调整各自的重点领域。
- ◇ 美国国家科学基金（NSF）将生物技术拟议为新的技术、创新和伙伴关系的重点领域。

- ◇ 国防部（DOD）、能源部（DOE）、国家标准与技术研究院（NIST）的研发活动中都增加了对生物技术的投资。

除了在年度拨款法案中对联邦机构的支持，拜登总统还在他提出的美国就业计划中强调了对生物技术等“未来产业”的持续关注，该计划将促进美国的基础设施现代化、刺激气候行动、加强劳动力和教育，提升美国的全球竞争力。如果国会通过，计划将向 NSF 拨款 500 亿美元用于支持生物技术等新兴技术领域为重点的协作与转化研究。美国就业计划还将为联邦机构提供 300 亿美元用于包括生物技术在内的未来工业。

拜登总统通过选择科学顾问和白宫科技政策办公室（OSTP）主任，表达了其对生物科学和生物经济的兴趣。除了首次将 OSTP 主任提升为内阁级别外，拜登总统还选择了遗传学家与数学家 Eric Lander 博士担任这一职务。这是首次由生命科学背景的科学家担任 OSTP 主任，强调了政府对生命、生物医学，以及生物技术和合成生物学的重视。拜登总统 2021 年 1 月给 Eric Lander 博士的信中，特别强调了合成生物学是美国保持经济繁荣和领导地位的新兴技术之一。

2. 国会的关注点

美国众议院和参议院拨款委员会正在起草和推进 2022 财年拨款法案，其中包括对生物技术、合成生物学和工程生物学的投资。撰写本报告时，众议院拨款委员会已推进了 2022 财年的全部 12 项法案。总体而言，众议院法案普遍支持拜登政府提出的资助提案，包括增加对 NSF、DOE、NIST 和 NIH 等联邦机构生物技术领域的资助。参议院尚未提出任何 2022 财年拨款法案。尽管国会在继续就 2022 财年最终拨款进行谈判，但与美国生物经济相关领域的前景仍然充满希望，因为这些领域在解决美国全球科学竞争力、公共卫生和气候变化方面已经证明了其巨大的潜力。

除拨款外，参议院于 2021 年 6 月通过《生物经济研究与发展法案》，并将其作为《2021 年美国创新与竞争法案》（USICA）的一部分。众议院还于 2021 年 7 月重新提出了生物经济法案，并计划在 2021 年晚些时候推进。这两项生物经济法案非常相似，关键条款包括：

- ◇ 通过 OSTP 启动国家工程生物学研究与开发计划，加强和扩大国家在这一领域的优势，包括特别推进研究与开发、先进生物制造，培养未来的

生物经济劳动力，以及支持在伦理、法律、环境、安全、安保和社会问题等方面的研究；

- ◇ 支持为生物经济相关研究工作创建数据库和工具；
- ◇ 扩大公私合作伙伴关系以及对下一代研究人员的教育和培训；
- ◇ 为生物经济相关工作的主要联邦机构提供研发指导，包括 NSF、NIST、DOE、DOD、NIH、NASA、USDA、FDA 和 EPA；
- ◇ 指导国家科学院评估与工程生物学相关的伦理、法律、环境、安全、安保和社会问题。

国会可能会在 2021 年底通过一项生物经济法案，建立为期 10 年的倡议，帮助维持美国生物经济的领导地位，类似于之前在量子科学技术和人工智能方面的立法。

3. 联邦各机构的相关支持

以下介绍美国主要联邦机构在生物经济相关的研究重点、资助机会和其他主要行动。

3.1 国防部

国防部（DOD）负责研究与工程的副部长办公室（OUSD(R&E)）指出，生物技术是国防现代化的优先事项。国防部寻求生物技术支持的新能力，包括材料和系统工程、军事医学、作战人员性能、化学和生物防御，以及传感/通信/控制方面的进步。过去一年中，OUSD(R&E)发布了多个资助机会，支持生物技术领域的工作：

- ◇ 2020 年 12 月，国防部发布国防教育计划（NDEP）的资助公告（FOA），寻求在实施科学、技术、工程与数学（STEM）、生物技术，以及公民教育上的创新应用。三个重点领域之一包括生物技术的推广和劳动力发展。
- ◇ 2020 年，国防部宣布向生物工业制造与设计生态系统（BioMADE）提供 8700 万美元、为期 7 年的资金支持，这是一个由 EBRC 创建的非营利组织，旨在促进可持续和可靠的生物工业制造技术。国防部还支持了先进再生制造研究所（ARMI），其使命是“使工程组织和相关技术的大规模制造切实可行，造福现有行业并发展新行业”。

- ◇ 2021 年 3 月，国防部发布两项提案请求(RFP)，旨在传统黑人大学(HBCU)或少数族裔服务机构(MSI)建立各自的材料科学和生物技术卓越中心。
- ◇ 2022 财年，陆军申请 2000 万美元用于应用研究和 5000 万美元用于利用生物技术建立新的弹性供应链(T-BRSC)计划。该计划将探索和展示新型生物技术工艺和材料如何解决军队供应链的脆弱性和需求。

国防部高级研究计划局

国防部高级研究计划局(DARPA)的生物技术办公室(BTO)旨在“开发确保生物安全、生物安保，生物硬件、数据和信息的生物网络安全，以及保护生物经济的新技术和方法。”BTO通过广泛机构公告(Broad Agency Announcement, BAA)寻求和接受研究提案，主要包括(但不限于)“抗击流行病，创新生理干预、人类表现和作战人员准备，以及对不断变化的生态和环境的深入探索，提高美国对相应变化的应对能力和复原力。”

DARPA在2022财年已申请约4700万美元用于5个新的生物技术相关计划，包括环境微生物作为生物工程资源(EMBER)、仿生海岸防护、生物网络安全(BCS)、下一代战斗伤亡护理、分布式获取关键生物治疗药物。

国防部的以下组织也在支持生物技术/合成生物学的研究

- ◇ 海军研究作战人员性能办公室。该部门“通过生物工程和生物机器人系统、医疗技术、改进人力、人员、培训和系统设计来提高作战人员的效力和效率。”
- ◇ 人类与工程系统部。该部门的使命是“指导、规划、促进和鼓励与海军需求有关的认知科学、计算神经科学、生物科学和仿生技术、生理学和生物物理学、免疫学、社会/组织科学、培训、人为因素等。”
- ◇ 作战人员保护和应用部。该部门的任务是“开展研究和技术示范项目，旨在维护海军和海军陆战队人员在训练、日常作战、特种作战和战争期间的生存、健康和表现。”
- ◇ 空军科学研究办公室：化学和生物科学。该部门的任务是“负责化学与生物科学领域的研究活动，支持基础化学、生物学、力学和生物物理学研究，为空军提供新的选择，提高性能和操作灵活性。”
- ◇ 陆军研究办公室(ARO)：物理科学。该部门的任务是“重点发现、理解和利用物理、化学和生物现象的基础研究。研究具有基础性，但从长

远看，这一领域的发现有望在传感、通信、保护、伤口愈合、电力/能量存储和发电，以及材料方面，使陆军系统性能远远超出当前限制，带来革命性的能力。”

- ◇ ARO 生命科学部。该部门的任务是开展“生物相关学科，包括合成生物学、生物材料、生物/生物界面和生物效应等基础研究。”

3.2 能源部

2021 财年，美国能源部（DOE）斥资 7 亿美元支持生物技术研发，以满足交通、工业和农业的脱碳工作。能源部的投资主要用于生物工程和生物加工技术的基础科学和工具开发，改造微生物和植物用于生产生物燃料和生物产品，以及提高生物能源作物、残渣和土壤固碳的能力。能源部支持生物技术的主要项目包括：

- ◇ **生物与环境研究（BER）计划中的生物系统科学**：这个 4 亿美元的计划支持生物技术方法开发，例如基因组测序、蛋白质组学、代谢组学、结构生物学、高分辨率成像及表征，以及将信息集成到计算模型中，以促进对 DOE 任务目标生物系统的预测性理解。其中，生物系统设计研究是关键，探索基因组途径设计、新的安全基因编辑技术和多基因堆叠技术，以设计植物和微生物的新功能。BER 还支持微生物组研究，以提高对环境中植物和土壤微生物群落功能基因组机制的理解。这些信息有助于了解植物和微生物如何影响环境中碳、营养物质和污染物的循环，建立更可持续的生态系统。BER 还投资人工智能和机器学习，大型数据集分析以帮助发现新的途径以及对生物系统功能的关键见解。BER 目前支持了 4 个生物能源研究中心（每年 1 亿美元），以可持续地从可再生植物生物质中生产一系列生物能源和生物产品。BER 还投资了新的量子设备，用于成像生物过程，并以非破坏性的方式对细胞代谢过程进行可视化。
- ◇ **基础能源科学（BES）中的生物科学**：能源部出资 2.28 亿美元支持生物化学、化学和生物物理学领域的研究，研究植物和微生物的能量捕获、转换和储存。研究重点包括自然光合作用中光捕获和能量载体的产生和运输机制，对控制能量和分子转换的氧化还原和活性位点蛋白质化学的分子水平的理解，以及生产生物分子的合成途径的生化和生物物理原理。BES 还支持生物分子材料研究，创建稳健、可扩展、与能源相关的材料，

以及催化科学和太阳能光化学，为构建仿生、生物混合和仿生系统奠定基础。

- ◇ **高级能源研究计划署 (ARPA-E)**：过去几年，ARPA-E 投资 4700 万美元支持了 3 个生物技术项目，包括确保清洁能源关键材料稳健供应的生物技术、农业资源和管理中可再生运输燃料的监测和分析系统 (SMARTFARM)，以及用于生物经济的能源和碳优化合成 (ECOSynBio)。
- ◇ **能源效率和可再生能源办公室 (EERE) 中的生物能源技术办公室**：能源部出资 5700 万美元用于开发生物工程技术，以优化微生物中燃料、化学品和材料的生产。该项目支持的 Agile BioFoundry 是由 7 个能源部国家实验室组成的联盟，该联盟利用设计-构建-测试-学习循环，目标是将新生物衍生分子推向市场的时间和成本减少 50%。该项目还支持生物工程（包括酶水解、发酵、下游分离和催化），以及塑料解构和升级循环的生物学方法（包括优化新型酶）。

2022 财年，能源部还计划在生物技术方面进行额外的资金募集，主要包括：

- ◇ 支持新型聚合物升级回收方法的先进制造研究 (1000 万美元)。BER 更关注生物设计和合成生物学方法的新扩展，设计新的植物和微生物衍生聚合物，这些聚合物可以推动新生物技术在资源回收和再循环中的应用。
- ◇ 陆地系统碳封存的生物系统设计 (1000 万美元)。支持在植物和微生物中进行有机/无机/混合材料的可编程生产和/或解构，目标是了解控制土壤-微生物-植物与控制碳周转的环境相互作用的关键分子过程。
- ◇ 可编程生物材料和生物催化剂 (1000 万美元)，包括研究生化过程和结构使其作为具有所需功能和特性的仿生、生物混合和仿生系统的基础。
- ◇ ARPA-E 尚未制定 2022 财年的筹资申请，但正在探索新的筹资机会，重点是生物燃料的传感、分析和表型组学，合成生物学用于关键材料的研究，以及提高生物转化平台碳效率的新技术。

3.3 国家科学基金

根据国家科学基金 (NSF) 的预算申请，2022 财年计划投资 3.8226 亿美元用于生物技术研究，包括数据、工具、基础设施、劳动力能力和创新等，比 2021 财年的资金增加了 25%。NSF 计划在各个部门广泛支持生物技术领域的活动，

包括“基因组学、蛋白质组学、合成生物学、化学生物学、生物信息学、计算生物学、数据分析、结构生物学、生物物理学、组织工程和新型生物材料的开发、生物探针、生物基微电子学和生物制造”。NSF 还将支持教育和培训活动，以确保采用对社会负责的新兴生物技术。同时，NSF 拥有许多支持生物技术奖项的大型资助机会。NSF 在生物技术领域也有一系列长期资助机会，包括科技中心（STC）和生物整合研究所（BII）。

NSF 的生物科学部（BIO）、工程部（ENG）以及数学和物理科学部（MPS）在过去几年中对生物技术的投资最多。MPS 咨询委员会还成立了合成生物学小组委员会，为该领域的未来活动提供建议。

- ◇ BIO 在网站上有关于生物技术活动的总结。现有和未来的生物整合研究所，以及 Rules of Life Big Idea 支持的项目也将在推进生物技术的活动中发挥重要作用。
- ◇ MPS 支持了一系列计划，包括：生物技术分子基础（MFB）、生物材料（BMAT）、用于信息存储和检索的半导体合成生物学（SemiSynBio-II）、数学生物学、NSF/NIH 联合支持的生物和数学科学接口（DMS/NIGMS）、NSF-Simons 复杂生物系统数学研究中心（MathBioSys），以及人工智能和高级数据科学（SCH）时代的智慧健康和生物医学研究。
- ◇ ENG 通过化学、生物工程、环境和运输系统（CBET）部门内的工程生物学和健康集群支持生物技术活动。ENG 支持的生物技术计划还包括：设计超越进化界限的合成细胞（设计细胞）；化学、生物工程、环境和运输系统中的环境融合（ECO-CBET）；通过定向分化编码（RECODE）实现的可再生细胞和类器官。

2022 财年，NSF 计划对基础研究（包括上面强调的项目）进行新的投资；计算和物理基础设施领域包括人工智能和机器学习以及中型设施；概念验证开发；以及教育和劳动力发展。生物技术将成为 2022 财年 NSF 研究培训（NR T）计划的重点领域之一。新的转化、创新和伙伴关系（TIP）理事会将支持“以使用为灵感、以解决方案为导向的研究和创新”，并将生物技术作为优先领域之一。在 TIP 中，NSF 在 2021 年 9 月征集新的区域创新加速器（RIA）。RIA 将在 10 年内提供 1 亿美元资金培育新的创新生态系统。NSF 还支持了“生物经济创新：促进转化和合作伙伴关系”的研讨会，其中包括 5 个生物技术相关主题，旨在帮助

确定 NSF 未来优先事项：（1）可持续地养活地球；（2）无浪费的世界：循环生物经济；（3）迈向更健康的星球：从分子到生态系统；（4）缓解气候变化的生物；（5）生物经济生态系统和社会。

3.4 国家标准与技术研究院

国家标准与技术研究院（NIST）在生物经济中的作用主要是支持新兴生物技术的测量科学、验证数据和标准开发等。根据 OSTP 的建议，NIST 的任务是推进“通过生物技术、组学、生物安全和数据分析等，推动医疗保健药品、制造业和农业等多个领域的经济增长”的研发。NIST 也是美国的国家计量研究所，为国内外生物技术供应链的国际测量标准提供可参考材料。

截至 2020 年 2 月，NIST 支持生物经济方面的投资总额为 3050 万美元，包括在工程生物学、生物制造和再生医学方面的研究工作。NIST 材料测量实验室主要通过生物系统与生物材料部、生物分子测量部支持生物经济相关的工作。

NIST 还通过其制造创新机构（例如美国制造）来支持生物经济，在技术、供应链和劳动力发展方面的公私合作来促进先进制造业。以下机构有助于 NIST 在生物经济中发挥作用：

- ✧ **国家生物制药创新研究所（NIIMBL）**：NIIMBL 由 NIST 出资支持，旨在“加速生物制药创新，制定能够实现更高效和快速制造能力的标准，教育和培训世界领先的生物制药制造领域人才，从根本上推动美国的行业竞争力。”
- ✧ **BioFabUSA/先进再生制造研究所（ARMI）**：BioFabUSA 由 DOD 支持，旨在支持“大规模制造工程组织和与组织相关的技术。”
- ✧ **生物工业制造与设计生态系统（BioMADE）**：BioMADE 是国防部支持的研究所，重点关注推进可持续和可靠的生物工业制造技术。其工作包括生物工业制造应用，例如：化学品、溶剂、洗涤剂、试剂、塑料、电子薄膜、织物、聚合物、农产品（如原料）、作物保护解决方案、食品添加剂、香料和香精等。

在 2022 财年预算申请中，NIST 与生物经济相关的资金从 1400 万美元增加到 3400 万美元，资金将主要用于“开发工程生物学的的能力，推进生物制造工艺和技术，以及人工智能与生物数据融合创新的新测量技术。” NIST 表示，增加对工程生物学的投资将有助于开发“传染病的快速检测方法、疫苗和疗法的评估”，

以及“减轻两用和新兴生物技术带来的生物安全风险。”2022 财年，在众议院商业、司法、科学和相关机构的法案中，NIST 将增加 850 万美元用于支持“美国生物经济”的发展。

3.5 国立卫生研究院

国立卫生研究院（NIH）中与生物经济最直接相关的领域是合成生物学。美国国家生物医学成像与生物工程研究所（NIBIB）是资助和协调合成生物学研究的主要机构，从 2017 年首次与国家癌症研究所（NCI）、国家补充和综合健康中心（NCCIH）联合发布了资助公告，征求关于合成生物学创新工具和技术开发，以及它们在生物医学研究和人类健康中应用的研究建议。截至到 2021 年初，NIH 通过该公告资助了近 1000 万美元的研究。

随着合成生物学领域的扩展，NIH 对该领域的支持与日俱增。2020 年秋季新发布的合成生物学在生物医学领域应用的特别关注通知，有 5 个研究所和中心开始资助该领域，分别是：国家人类基因组研究所（NHGRI）、国家老龄化研究所（NIA）、国家过敏和传染病研究所（NIAID）、国家儿童健康与人类发育研究所（NICHD）和国家综合医学研究所（NIGMS）。自 2017 年以来，特别关注通知的总体目标已经扩大，其目标旨在：

- ✧ 开发控制和重新编程生物系统的工具和技术；
- ✧ 应用合成生物学方法开发生物医学技术；
- ✧ 增加对与人类健康相关的合成生物学基本概念的理解；
- ✧ 通过合成生物学方法的应用获得基础生物学知识。

表 1 总结了参与的研究所和中心对合成生物学的支持。

表 1 NIH 相关研究所/中心支持的合成生物学研究方向

研究所/中心	支持的合成生物学研究方向（示例）
国家生物医学成像与生物工程研究所	<ul style="list-style-type: none"> • 在生物和仿生系统中实施调节和决策策略的工程生物线路 • 用于治疗 and 诊断应用的工程细胞和组织 • 用于生物控制的传感器、处理器、执行器和其他模块 • 进行分析检测的生物传感器及用于成像的造影剂和探针
国家癌症研究所	<ul style="list-style-type: none"> • 开发与癌症研究和癌症管理相关的新型合成生物学方法和工具 • 使用合成生物学方法开发新的细胞、组织和基于动物的模型系统，用于研究癌症发展、进展和/或对治疗反应的基本机制 • 利用合成生物学方法开发和评估与人类癌症相关的新型诊断、预防和治

	疗方法
国家补充和综合健康中心	<ul style="list-style-type: none"> • 使用合成生物学工具识别植物天然产物生物合成的基因簇或途径 • 利用合成生物学工具提高植物基产品的生产 • 通过合成生物学工具组装生物合成机器，优化植物天然产物在异源宿主的产量 • 合成微生物组和益生菌，用于感知宿主与肠道微生物组的相互作用并改善人类健康
国家人类基因组研究所	<ul style="list-style-type: none"> • 合成基因组工具和方法用于研究全基因组的功能 • 利用合成工具和设备进行高通量的功能基因组分析 • 设计和合成特定序列核酸分子的新方法和工具
国家老龄化研究所	<ul style="list-style-type: none"> • 为实验动物或人类衍生的类器官和细胞培养系统开发老龄化特征的生物合成模型 • 开发用于调控和重新编程老化系统以加速/延迟衰老的工具和技术 • 应用合成生物学方法开发生物医学技术，以跟踪临床前研究中基于老年科学的干预措施 • 开发适用于老龄人群多种疾病的合成生物学工具和技术 • 应用合成生物学方法对老化和/或病患的神经系统进行重编程和重编写
国家过敏和传染病研究所	<ul style="list-style-type: none"> • 基于新的细胞、组织和基于动物的模型系统等基础研究，更好地了解传染病和免疫紊乱的复杂性和/或此类疾病/紊乱中的免疫反应 • 设计和开发新型传感器、疗法、抗体或疫苗的工具和技术，以克服传染病诊断、预防、治疗和根除/治愈等方面的障碍 • 用于精确检测、靶向和治疗广泛的传染病和免疫疾病的转化和临床研究，包括重塑疾病微环境
国家儿童健康与人类发育研究所	<ul style="list-style-type: none"> • 在动物模型系统中使用合成生物学工具和方法进行胚胎发育过程的系统和定量研究 • 工程化动物、人类多能细胞和类器官，推进出生缺陷研究 • 开发用于体内测量对胚胎形态发生至关重要的生物物理参数的合成生物学工具 • 开发内源性组织再生研究的合成生物学工具 • 利用合成生物学方法和工具开发诊断、预后、预测或治疗性合成生物标志物，用于 NICHD 关注的人群 • 开发与构建合成生物体，将有效载荷递送至目标组织或细胞进行疾病治疗
国家综合医学	<ul style="list-style-type: none"> • 建立用于发现、开发或制造生物材料的体内或无细胞方法

研究所	<ul style="list-style-type: none"> • 建立表征和测试复杂细胞和代谢过程（例如微生物组）的模型 • 开发更安全、更有效、更有针对性的早期递送策略，包括用于合成读取和控制目标分子释放的调控系统 • 单细胞水平的基因型-表型表征的合成报告系统 • 可靠和可重复地构建合成控制网络的基因组编辑工具 • 将生物医学基础和应用研究转化为新技术（例如，生物传感器）
-----	--

此外，NIH 也会发布与合成生物学主题相关的更具体的资助公告。近期，NIBIB 和 NCI 联合发布了一份针对癌症应用的工程生物学方法的征集。该计划从 2021 年 10 月开始通过 U01 合作协议资助，将“开发和应用新的合成生物学方法以应对癌症研究领域的挑战。项目必须定义一个重要的癌症研究问题，并通过合成生物学技术解决该问题。”

3.6 农业部

农业部（USDA）校外研究机构国家食品和农业研究所（NIFA）提供了许多研究机会，最引人注目的是竞争性农业和食品研究计划（AFRI）。AFRI 2022 财年预算申请为 7 亿美元。AFRI 的两项研究征集（RFA）预计未来 6 个月内公布：

- ✧ **可持续农业系统（SAS）**：2021 年 12 月获得 1000 万美元的 RFA，并有机会获得中型奖项，包括以下重点领域：
 - 气候智能型农业
 - 清洁能源和其他高价值生物基产品的来源
 - 营养安全
- ✧ **基础与应用科学**：2022 财年和 2023 财年的 RFA 预计将于 2022 年初发布，重点关注以下领域：
 - 减缓和适应气候变化
 - 人工智能和气候智能型农业的应用
 - 机器人、无人机系统、物理网络系统、大数据
 - 增加对植物和动物育种的投资
 - 新兴技术：基因编辑、机器学习、新产品生产
 - 生物安全、微生物组、抗菌素耐药性

3.7 国家航空航天局

国家航空航天局（NASA）科学任务理事会、生物和物理科学部门（BPS）支持极端条件下生物系统的研究，例如重力和辐射改变。科学家们利用这些数据为重要的科学发现和技术进步做出贡献，不仅使太空探索成为可能，而且使地球生命受益。2022 财年，NASA 预算申请为 BPS 提供 1.091 亿美元，用于“提供竞争性资助，开发关键设备和流程支持新实验，并与学术界、商业界和其他政府机构分享成果。”

BPS 在 2021 年第一季度通过空间和地球科学研究（ROSES）综合征集发布了年度资助机会。在 2022 财年，NASA 要求为 BPS 增加 3000 万美元，加速变革性科学，包括加速开发用于空间生物学应用的月球探索，将“在月球上进行生物研究，以促进地球上的技术进步并将技术转移到太空。”

NASA 先进探索系统（AES）正在开拓新方法，用于快速开发原型系统、展示关键能力，验证未来人类任务超越地球轨道的操作概念，包括合成生物学的应用。NASA Ames 研究中心的太空合成生物学（SynBio）项目正在开发可以通过生物制造按需生产有价值产品的技术，例如维生素和药物。BioNutrients 实验是 SynBio 项目的组成部分，将测试一种太空营养素的生产方法，该方法利用基因工程的面包酵母和可延长保质期的生长基质来生产特定的抗氧化剂，例如胡萝卜素和玉米黄质。NASA 的其他合成生物学研发活动还包括：

- ✧ SynBio 项目团队正在开发一种技术，该技术可将二氧化碳和水化学转化为有机化合物，这些有机化合物通过“喂养”微生物生物制造系统，制造食品、药品和塑料等产品。
- ✧ Ames 研究中心的真菌建筑项目正在设计原型技术，可以在月球、火星和其他不具有生命的地方“培育”栖息地，其主要构成部分是真菌和菌丝体。这项研究得到美国宇航局创新先进概念计划的支持。

NASA 还通过国际空间站国家实验室（ISSNL）支持生物技术研究。太空飞行研究表明，利用微重力可以更好地了解基础生物学和植物科学，加速医疗保健和医疗技术的进步。几家制药公司正在利用太空飞行对流体动力学的独特影响，寻求改进药物设计的蛋白质结晶的研究，通过改进诊断和药物输送系统推动精准医学的发展，利用微重力环境 3D 打印人体组织等。