

澳大利亚联邦科学与工业研究组织

合成生物学国家进展报告

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
2024年4月

澳大利亚联邦科学与工业研究组织

合成生物学国家进展报告

编者按: 2024 年 2 月, 澳大利亚联邦科学与工业研究组织 (CSIRO) 与 Main Sequence Ventures 联合发布《合成生物学国家进展报告》(Synthetic Biology National Progress Report)。报告预测, 到 2040 年, 合成生物学将助力澳大利亚打造每年价值高达 300 亿美元的行业, 并创造超过 50,000 个新的就业机会。这份新报告是对澳大利亚 2021 年发布的国家合成生物学路线图的更新, 旨在分析该路线图中提出的 10 项建议以及澳大利亚近几年取得的进展, 并对各项建议的实施情况进行了评级, 为未来的发展方向提供重要参考。

2021 年, 澳大利亚联邦科学与工业研究组织 (CSIRO) 发布《国家合成生物学路线图》, 旨在提升公众对现有国家能力的认识, 概述了战略增长机遇, 并提出了相关建议。该路线图强调了合成生物学对澳大利亚生物经济的重要性, 并指出需要国家的协调支持来推动其应用的工业化、规模化和商业化。

自路线图发布以来, 澳大利亚已经投入了大量资金发展国家的合成生物学能力。这份进展报告重点展示了澳大利亚合成生物学生态系统在过去 3 年的发展成果, 讨论了研究和产业的重大进展, 更新了路线图中对 2040 年国家市场规模的分析。报告再次强调, 需要抓住发展国家合成生物学能力的机遇。在适当的支持和投资下, 预计到 2040 年, 这一能力将支撑澳大利亚每年高达 300 亿美元的行业收入, 并创造超过 5 万个新的工作岗位。本报告基于公开可获得的信息进行的研究, 并通过案例研究突显了合成生物学在澳大利亚日益增长的潜力和广泛应用。

1. 近期的研究和转化活动

在过去 3 年中, 澳大利亚持续支持合成生物学研发生态系统的建设, 共计投入了 4450 万美元的研究资助, 同时还建立了研究转化和商业化支持计划。

国家研究资助计划, 例如, 澳大利亚研究理事会 (ARC) 和国家卫生与医学研究理事会 (NHMRC), 已经为与合成生物学直接相关的研究项目资助了 2970 万美元的资金 (图 1)。此外, 还有额外的 1480 万美元用于支持更广泛的生物技

术研究。ARC 还单独资助了多个卓越中心、培训中心和发展中心，以推动合成生物学研究、开发和转化活动。例如，澳大利亚合成生物学卓越中心（2021 年获 7,000 万美元，为期 7 年）（案例 1）、澳大利亚数字生物工艺发展中心（2021 年获 500 万美元）。

在 2023 年的研究资助中，环境与清洁技术以及独立研究领域获得了更多的资金支持，独立研究指的是那些能够跨多个行业应用的研究活动。相比之下，2018-2020 年，与合成生物学直接相关的资助中，85%授予了农业和食品领域。资金分配向更平衡方向转变的趋势可以看出，农业和食品研究与应用相对成熟，正在逐步实现商业化（图 2），现在的资助随着新应用的探索在各个行业将分布得更加均衡。

过去 3 年中，澳大利亚还建立和扩大了多项倡议，以支持合成生物学研究的转化和商业化（表 2）。这些活动包括政府在专门的转化和商业化计划中的投资，以及合成生物学特定孵化器和加速器的增加（案例 2 和 3）。研究得转化还得到了联邦和州政府在基础设施和合作计划方面的战略投资支持，从而促成了联合研究和产业合作伙伴关系的建立（案例 4）。

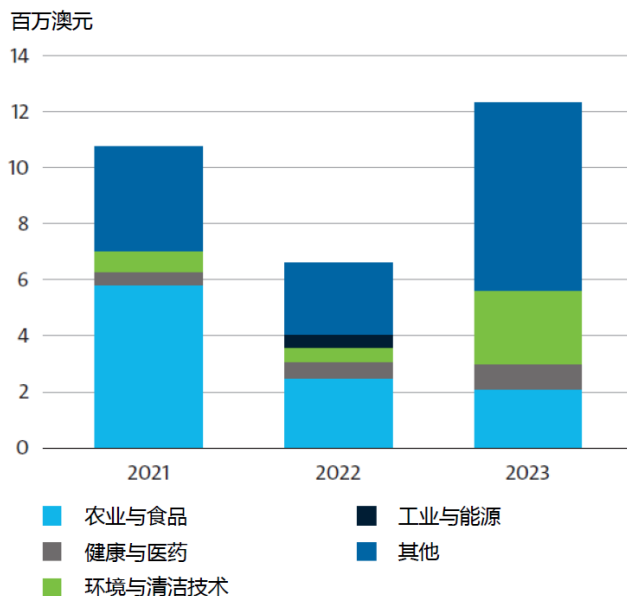


图 1 澳大利亚每年用于直接相关的合成生物学研究的资金（2021–2023）

2. 近期的行业活动

合成生物学能力的加速增强为澳大利亚产业带来了持续加强，过去 3 年吸

引了超过 3.63 亿美元的资本投资，其中农业和食品应用仍然占据澳大利亚合成生物学初创企业和资本的最大份额。

自 2021 年初以来，澳大利亚至少创立了 16 家新的合成生物学企业，延续了 2018 年以来的快速增长趋势（图 2）。这些新企业中的大多数都是由大学和研究机构孵化，新企业也受益于澳大利亚各地日益增多的孵化器和加速器计划。大多数新兴企业专注于两个应用市场：农业与食品、健康与医药。此外，环境和清洁技术领域的活动也在增加。

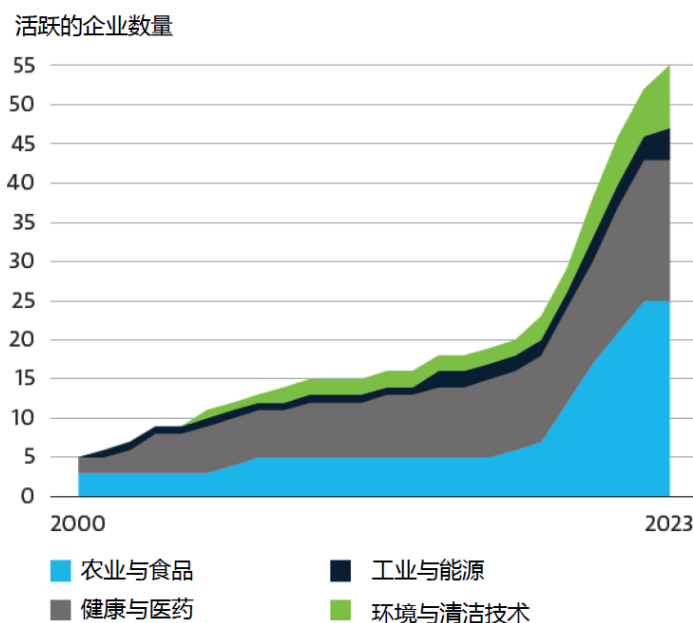


图 2 澳大利亚活跃的合成生物学企业数量

2021 年以来，澳大利亚成熟的初创企业的规模持续扩大，吸引了本地和国际投资者的关注（案例 5-7），这些企业国内的成功扩展不仅促使它们进入国际市场，还获得了更多国际合作机会。此外，澳大利亚的企业也在积极与国外合成生物学企业合作，帮助这些企业进入澳大利亚市场并实现商业规模的扩大。例如，澳大利亚的 Woodside Energy 公司与美国的 LanzaTech 公司已经达成了战略合作。

与此同时，一些成熟的澳大利亚初创企业已经积极寻求海外扩张。例如，2022 年，Change Foods 与 KEZAD 集团签署协议，计划在阿布扎比建设商业制造厂，以更广泛地向中东和亚太地区分销其产品。2023 年，该企业将研发中心从昆士兰科技大学迁至硅谷，以进一步拓展其全球影响力。另一家企业 PYC Therapeutics 也在 2021 年将业务迁至美国，并更加专注于临床阶段的发展。

大量的资本投资[包括风险投资 (VC)、孵化器和加速器计划资金, 以及来自国内外的商业补助]使合成生物学领域能够持续为澳大利亚工业的整体增长做出贡献 (图 3)。过去 3 年, 17 家澳大利亚初创合成生物学企业 (占有所有活跃企业的 31%) 共筹集了约 3.63 亿美元的资金。由于大多数澳大利亚合成生物学企业仍处于初创阶段, 大部分资金是通过早期阶段的 VC 和种子资金轮筹集的。资本资金的分配主要支持农业与食品领域的公司 (过去 3 年达到了 2.9 亿美元), 这也符合澳大利亚初创企业数量的趋势。

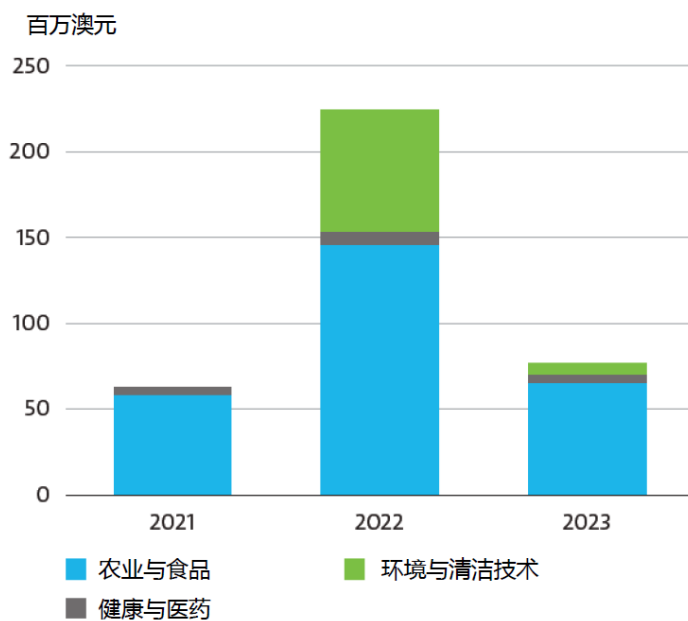


图 3 澳大利亚合成生物学企业筹集的资本资金

3. 澳大利亚的经济机遇

通过适当的投资和支持, 到 2040 年, 合成生物学产业有望支撑每年 2960 亿美元的收入和新创造 51,950 个工作岗位。与 2021 年路线图的估算相比, 合成生物学的全球总潜在收入、国家潜在收入和国家潜在就业机会都有所增加 (表 1)。

表 1 更新的经济分析结果

	农业与食品	健康与医药	其他	共计
2040 年全球潜在收入	2658 亿美元	2384 亿美元	2627 亿美元	7669 亿美元
2040 年澳大利亚潜在收入	120 亿美元	72 亿美元	105 亿美元	2960 亿美元
2040 年澳大利亚潜在就业机会	20,980	12,540	18,430	51,950

农业与食品：此前估计，到 2040 年，澳大利亚农业与食品领域的国家收入和就业岗位可能达到 193 亿美元和 31,210 个工作岗位。尽管农业与食品应用的预期国家收入降至 120 亿美元，就业潜力降至 20,980 个工作岗位，但该领域仍然是澳大利亚最大、最成熟的应用领域，全球年增长预期最高。

健康与医药：该领域国家收入仍然与先前估计的 72 亿美元相同，到 2040 年的就业潜力从 11,720 个增长到 12,540 个工作岗位。

其他领域：此前估计，到 2040 年，其他领域的国家收入和就业岗位可能达到 7 亿美元和 1,140 个工作岗位。更新后的估算已经明显增加，预计国家收入将达到 105 亿美元，就业潜力将达到 18,430 个工作岗位。

4. 对标路线图建议的近期进展

2021 年的路线图提出了 10 项建议，表 2 总结了路线图发布以来针对这些建议的关键投资和活动，相关进展被评为强、中、低 3 个等级。评级重点考虑了针对每个建议的投资金额，以及相关活动是否具体针对合成生物学领域等。总体而言，在支持研究转化、孵化新企业和发展共享基础设施等方面都取得了显著的进展。这些进展得益于联邦和州政府推动和支持。然而，吸引国际企业和加强国际合作方面的活动较少。

表 2 2021 年以来依据路线图建议开展的相关活动评估

主题：通过有针对性的投资和生物孵化器计划支持研究成果转化并培育新业务	
路线图建议	
1 优先转化能够最快证明商业可行性的应用	2 建立生物孵化器，支持合成生物学初创企业发展
相关活动	
<p>● 强：在推动转化支持方面取得了相当大的进展，主要是由优先考虑研究商业化和投资基础设施的联邦和州政府项目推动：</p> <ul style="list-style-type: none"> • 澳大利亚政府：ARC 资助和奖学金计划（持续进行） • 澳大利亚政府：工业增长计划（2023，3.92 亿澳元） • 澳大利亚政府：ARC 工业转型研究计划-数字生物工艺发展中心（2021，500 万澳元） • 澳大利亚政府：开拓者大学计划-食品与饮料加速器（2022，5000 万澳元） • 澳大利亚政府：开拓者大学计划-回收和清洁能源商业化中心（2022，5000 万澳元） • 澳大利亚政府：NCRIS 计划-澳大利亚基因铸造厂 	<p>● 中等：只有一个专门针对合成生物学的加速器项目：UNSW Founders Program Bio10x（2022）。在更广泛的深科技领域也取得了进展，因为公共和私营部门已经建立了孵化器和可负担共同工作的实验室空间，以接受与合成生物学相关的初创企业。但由于规模、成熟度和接受标准等原因，对这些设施的访问仍然有限。这些项目包括：</p> <ul style="list-style-type: none"> • Blackbird Foundry（2022） • Co-Labs（2021） • CSIRO 创新成长计划（持续进行） • CSIRO Kick-Start（持续进行）

<p>(2021, 830 万澳元)</p> <ul style="list-style-type: none"> • 澳大利亚政府: NCRIS 计划-澳大利亚生物平台 (2023, 5500 万澳元) • Breakthrough Victoria: 与 CSL 有限公司、沃尔特和伊丽莎白·霍尔研究所、墨尔本大学合作的 Jumar 生物孵化器 (2023, 6500 万澳元) • 新南威尔士州政府: 合成生物学和生物制造的新兴产业基础设施基金 (2022, 600 万澳元) • 昆士兰州政府: 生物未来产业合作伙伴计划 (2021, 3.5 亿澳元) • 维多利亚州政府: mRNA 维多利亚研究激活计划 (2022, 2100 万澳元) • 维多利亚州政府: mRNA 维多利亚研究加速基金 (2023, 2500 万澳元) 	<ul style="list-style-type: none"> • CSIRO ON 计划 (持续进行) • Jumar 生物孵化器 (2023) • Tadpole Bio (持续进行) • 悉尼科技大学 (UTS) 深绿生物技术中心创新挑战 (2021)
<p>主题: 发展共享基础设施以实现合成生物学应用的开发和演示</p>	
<p>路线图建议</p>	
<p>3 支持国家生命铸造厂规模和能力的发展</p>	<p>4 开发经认证可用于转基因生物的试点和示范规模的生物制造设施</p>
<p>相关活动</p>	
<ul style="list-style-type: none"> ● 强: 政府进一步的投资现有的生物铸造厂设施, 支持现有国家生物铸造厂的规模和能力发展, 以及建了第三个国家生物铸造厂, 包括: <ul style="list-style-type: none"> • BPA 和昆士兰大学支持在澳大利亚生物工程与纳米技术研究所成立 IDEA Bio 作为国家生物铸造厂 (2022, 250 万澳元) • CSIRO 支持 CSIRO 生物铸造厂 (2022) • NCRIS 支持澳大利亚基因铸造厂 (与 BPA 合作) 扩展业务, 促进更好的接入并支持初创企业的转化项目 (2022, 830 万澳元) • 新南威尔士州政府 EIIIF 支持澳大利亚基因铸造厂 (2022, 350 万澳元) 	<ul style="list-style-type: none"> ● 中等: GMO 认证生物制造设施的数量增加, 并且针对某些应用和初创企业的流程进行了扩大规模。例如: <ul style="list-style-type: none"> • BASE mRNA 设施: 得到昆士兰大学和治疗创新澳大利亚 (NCRIS) 的支持 (2021) • Cauldron 精密发酵设施 (2023) • Cauldron 和波士顿生物工艺合作伙伴关系 (2023) • QUT 麦凯可再生生物商品试验工厂 (MRBPP) 的扩建 (2023 年额外资金) • Samara Eco 无限循环设施和研发中心 (2023)
<p>主题: 吸引国际企业和人才, 建立临界规模并加强国际合作</p>	
<p>路线图建议</p>	
<p>5 吸引国际企业在澳大利亚的商业运营</p>	<p>6 吸引领先的国际研究人员并加强国际研究合作</p>
<p>相关活动</p>	
<ul style="list-style-type: none"> ● 低: 尽管有一些吸引企业进入澳大利亚的努力, 但在这一领域取得的成果有限: <ul style="list-style-type: none"> • 澳大利亚贸易和投资委员会 (Austrade): 全球澳大利亚计划 (2021) • Ginkgo Bioworks 在澳大利亚的扩张得到 mRNA 维多利亚研究激活计划的支持 (2022) • LanzaTech 和 Woodside 的战略合作 (2022) 	<ul style="list-style-type: none"> ● 中等: 澳大利亚的大学和一些成熟的初创企业已成功吸引了国际人才。澳大利亚也正在参与一系列全球讨论和论坛, 促进研究合作, 同时也致力于加强国际合作: <ul style="list-style-type: none"> • 全球生物铸造厂联盟: 澳大利亚基因铸造厂、澳大利亚生物工程与纳米技术研究所和 CSIRO 生物铸造厂 (持续活动)


<ul style="list-style-type: none"> • 研究与发展税收激励计划 (2021 更新) • Sanofi、昆士兰州政府、昆士兰大学和格里菲斯大学的转化科学中心合作伙伴关系 (2022) 	<ul style="list-style-type: none"> • 合成生物学澳大利亚 (SBA): SBA-SINERGY 联合活动 (2022、2023) • SBA 国际会议 (2023) • 参与酵母 2.0 计划 (持续活动) • 全球合成生物学未来理事会成员 (2021) • 四方临界和新兴技术工作组 (2021)
主题: 加强基础生态系统的推动, 包括领导力、治理、技能和协作	
路线图建议	
7 成立国家生物经济领导委员会, 为政府战略提供建议	8 维持合成生物学应用的安全和公平管理
相关活动	
<p>● 低: 尚未建立。研究机构正在领导协调和倡导活动, 合成生物学也被纳入政府政策和战略计划中:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 澳大利亚政府关键技术政策协调办公室: 关键技术讨论文件 (健康与农业) (2023) • 澳大利亚政府教育部: 国家创新与科学议程 (2022) • 澳大利亚政府教育部: 国家研究基础设施路线图和战略框架以及研究基础设施投资计划 (2021) • 澳大利亚政府卫生部: 澳大利亚健康和医药战略计划中的生物技术 (2022) • 昆士兰大学和国际合作伙伴大学发起的全球生物经济联盟 (2021) • 新南威尔士州政府: 20 年新南威尔士州研究与发展路线图 (2022) • 昆士兰州政府: 昆士兰州生物未来 10 年路线图和行动计划 (2022 更新) 	<p>这项建议需要进行磋商以便进行全面评估 (超出本报告范围), 澳大利亚已有一些治理活动:</p> <ul style="list-style-type: none"> • CSIRO 发布《澳大利亚合成生物学的访问与利益分享: 风险管理工具》(2023) • 澳大利亚政府基因技术监管办公室 (OGTR) 关于国际协调和监管的持续活动, 以及与合成生物学应用的立法和治理的维护和相关监管活动
9 投资用于提高经济、数字、社会科学以及生物物理科学的基础技能	10 开发和加强地方产业-研究合作, 建设能力、共享知识并增加就业途径
相关活动	
<p>● 中等: 一些大学在本科和研究生阶段引入相关课程或专业, 培养基础合成生物学技能:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 澳大利亚国立大学 (ANU): ANU 合成生物挑战团队项目 (本科) • 迪肯大学: 合成生物学 (本科) • 弗林德斯大学: 生物工程/合成生物学和人类疾病生物学 (硕士) • 格里菲斯大学: 法律与合成生物学 (本科/硕士/法学博士) • 昆士兰大学: 合成生物学和工业生物技术 (本科/硕士) • 西澳大利亚大学: 合成生物学: 解决全球挑战 (硕士) 	<p>● 中等: 除了促进研究和产业合作的项目 (建议 1 和 2) 外, 政府还通过研究资助和项目支持合作活动:</p> <ul style="list-style-type: none"> • ARC 合成生物学卓越中心 (2021, 3500 万美元) • ARC 合成生物学卓越中心: 研究人员/专家目录 (FRED) 计划 (2023) • ARC 太空植物卓越中心 (2021, 3500 万美元) • ARC 自然和农业植物卓越中心 (2021, 3500 万美元) • ARC 细胞系统数学分析卓越中心 (2022, 3500 万美元) • ARC 数字生物过程开发中心 (2021, 500 万美元) • ARC 促进澳大利亚生物活性物质发展的培训中心 (2021, 500 万美元) • CSIRO 先进工程生物学 FSP (2022, 2500 万美元)

2021 年的路线图展望了一个繁荣的澳大利亚生物经济，到 2040 年，合成生物学将推动新的就业岗位和经济增长，提升关键行业的竞争力，并解决重要的环境和健康挑战。为实现这一愿景，需要建立和持续推动十项建议的活动，旨在为构建强大的合成生物学生态系统奠定基础。

尽管澳大利亚在研发和转化等方面给予了大力支持，基础设施方面也取得了显著进展，但在吸引人才和国际合作、加强合成生物学领导力、治理和技能方面的活动还相对较少。为了确保投资的有效性和实现 2040 年愿景的价值方向，需要及时评估单项投资和活动的成效。本报告表明，澳大利亚正在稳步迈向这一未来，但还需进一步努力。因此，持续且全国性的协调合成生物学投资，对加速澳大利亚日益成熟的生物经济的商业成功，以及产生实际影响至关重要。


附录：案例研究

1. ARC 合成生物学卓越中心

2021 年，澳大利亚合成生物学卓越中心由麦考瑞大学牵头成立，获得了 ARC 以及工业和学术合作伙伴共同提供的 5,000 万美
元资金，为期 7 年。该中心汇聚了澳大利亚 9 所大学与生物技术初创企业、政府部门、国际大学和研究机构、中型到大型企业以及行业机构，共同构建了紧密的合作伙伴关系。自成立以来的 3 年里，已经成功孵化出 7 家初创公司。中心的研究团队还开展了一系列合成生物学研究活动。同时，该中心还参与了全球研究合作项目——酵母 2.0 计划，成功设计并构建了合成的单一酵母染色体 SynXIV。

2. 开拓者大学计划

2022 年，澳大利亚教育部启动“开拓者大学计划”（Trailblazer Universities Program），旨在建立新的研究能力并推动商业化成果。该计划已经建立了两个合成生物学相关的项目。

食品与饮料加速器（FaBA）是一项总额 1.6 亿美
元的计划，由昆士兰大学牵头，与昆士兰科技大学、南昆士兰大学以及 UniQuest 合作，开拓者投资为此计划注入了 5,000 万美元。FaBA 计划将建立新的研究能力，推动商业化进程，并为食品饮料制造业提供行业参与机会，重点关注智能生产和生物制造创新，包括基于合成生物学的创新研究。

回收利用与清洁能源商业化中心 (REACH) 是一项总额 3.8 亿美元的计划, 其中包括 5,000 万美元的开拓者投资, 其总部设在迪肯大学未来经济园区。REACH 正在建设澳大利亚最大的回收利用与清洁能源先进制造生态系统, 并利用合成生物学技术将有机废物转化为更高价值的产品。



REACH
Recycling and Clean Energy
Commercialisation Hub

3. 新南威尔士大学创始人计划 Bio10x

南威尔士大学 (UNSW) 创始人计划于 2022 年启动 Bio10x, 旨在填补研究者构想与初创企业创建之间的鸿沟, 特别是针对合成生物学领域。该计划对澳大利亚各地的初创企业开放, 并由 UNSW 创始人、投资基金 Main Sequence Ventures (MSV)、UNSW RNA 研究所和 UNSW 生物技术与生物分子科学学院联合提供支持。参与的初创企业将通过未来股权简易协议获得 14 万美元的投资, 其中 UNSW 提供 2 万美元, MSV 提供 12 万美元。表现优异的初创企业还有机会获得 MSV 的额外投资。此外, 该计划还提供长达 6 个月免费使用权, 可享用 UNSW 大学设施、服务和实验室。通过与 Bioplatfroms Australia (BPA) 和澳大利亚基因铸造厂的合作, Bio10x 还提供价值高达 3 万美元的服务和澳大利亚设施的使用权。至今, Bio10x 已支持了来自澳大利亚各地的 9 家企业, 其中 Bio10x 项目组 1 的一家企业已经从澳大利亚和其他国际投资者那里筹集了超过 1500 万美元的资金。



4. IDEA Bio

2021 年, 昆士兰大学 (UQ) 建立了先进生物制造集成设计环境 (IDEA Bio), 这是由国家协作研究基础设施战略 (NCRIS) 和 BPA 资助的两个生物铸造厂之一。该设施从 NCRIS 获得了 220 万美元, 并得到了昆士兰政府和昆士兰大学的配套捐款。IDEA Bio 专门从事仪器化生物反应器中菌株的深度分子特性表征, 力求全面了解细胞以增强菌株设计。其主要目标是在模拟规模化条件的受控环境中评估菌株, 确保其在实验室和大规模环境中都表现一致。此外, IDEA Bio 还与澳大利亚及国际公司和研究机构合作, 推动燃料、化学品和食品新工艺的开发。



5. Cauldron

总部位于新南威尔士州奥兰治的 Cauldron 公司主要提供生物生产和发酵服

务，致力于协助发酵技术公司开发可持续的食品、饲料、纤维和燃料。该公司计划建立亚太地区最大的精密发酵设施网络，以推动新产品和成分的开发和商业化。为了支持这一目标，2023 年，Cauldron 筹集了 1050 万美元，用于扩建其现有试验工厂、建设国家生产网络，并启动精密发酵的全球商业规模能力建设。此次融资由 MSV 和香港的 Horizons Ventures 领导的融资超额认购，成为澳大利亚女性创立的初创企业中规模最大的种子轮融资之一。此外，Cauldron 与 Boston Bioprocess 合作，以加速 Cauldrons 发酵技术的工业规模生产。同时，Cauldron 还从昆士兰政府获得了 50 万美元的资助，用于在麦凯进行一项可行性研究，计划建设一个价值 3 亿美元的全球领先未来食品生物中心，这也是昆士兰州十年生物未来路线图和行动计划的重要组成部分。



6. HydGene Renewables

HydGene Renewables 源自从麦考瑞大学的一个分拆公司，主要利用工程微生物现场从可再生植物材料和生物质废物中生产氢气。该公司 2021 年获得澳大利亚政府商业研究和创新倡议提供的 100 万美元，用于开发将农场生物质废物转化为氢气的概念验证过程。HydGene 参与了 CSIRO ON 计划和 AgriFutures evokeAG 初创企业网络计划，为其首次种子投资轮提供了公司建设支持。2023 年，HydGene 从由英国生物技术风险投资公司 Agronomics 牵头的国际财团筹集了 600 万美元的种子资金。其他投资者还包括澳大利亚清洁能源金融公司 (CEFC)、Understorey Ventures 和 NOAB Ventures。这些资金将助力其扩大生物催化剂技术的生产规模并扩展团队。



7. Samsara Eco

Samsara Eco 成立于 2021 年，旨在利用合成生物学，为时尚、汽车和包装 3 个关键领域的塑料废物的回收开发相关能力。2022 年 3 月，Samsara Eco 筹集了 600 万美元，由 CEFC、Woolworths 集团的 W23 风险投资和增长基金以及 MSV 支持。2022 年 11 月，Samsara Eco 在 A 轮融资中筹集了 5,400 万美元，用于在新南威尔士州杰拉邦贝拉的 Poplars 创新园区内建立澳大利亚首个无限回收设施和研发中心。该设施预计将于 2024 年底正式启用，将致力于加速 Samsara Eco 的研究并扩大其商业化技术的适用范围。

