

引用格式:张先恩. 十大措施合力探索合成生物学发展“深圳模式”. 中国科学院院刊, 2024, 39(9): 1574-1582, doi: 10.16418/j.issn.1000-3045.20240910001.

Zhang X E. Ten measures to jointly explore Shenzhen model of synthetic biology development. Bulletin of Chinese Academy of Sciences, 2024, 39(9): 1574-1582, doi: 10.16418/j.issn.1000-3045.20240910001. (in Chinese)

# 十大措施合力探索 合成生物学发展“深圳模式”

张先恩

1 深圳理工大学 深圳 518107

2 中国科学院生物物理研究所 北京 100101

**摘要** 合成生物学驱动的生物技术迭代提升和生物制造变革发展,正在绘制未来生物经济宏图。围绕这一战略目标,我国许多地区积极行动,在推动合成生物产业化进程方面创造了很多经验。其中,深圳与国家有关部门联动,采取了系列措施,初步打造了合成生物学及其产业的良好生态和创新链条。文章将这些措施归纳为三大板块、十大措施,涉及新型科研机构与创新基地建设、成果转化载体与产业落地、教育与创新人才培养3个方面的相关措施,其成功实施可能成为发展新质生产力的一个“深圳模式”。

**关键词** 合成生物学, 生物制造, 新型研发机构, 生物设施, 生物产业园, 人才, 深圳模式

DOI 10.16418/j.issn.1000-3045.20240910001

CSTR 32128.14.CASbulletin.20240910001

合成生物学(synthetic biology)以生物科学为基础,会聚化学、物理、信息等学科,并借助工程学原理,设计改造天然生物体系,或合成新的生物体系,为生命科学提供新的研究范式(造物致知)。其能促进生物技术迭代提升和生物制造变革发展(造物致用),因此又被称为工程生物学(engineering biology)、新兴生物技术(emerging biotechnology),其赋能应用涉及生物医药、生物化工、节能减排、生

物能源、生物农业、食品保健、环境治理、生物材料、生物电子与生物信息工程等。

鉴于合成生物学的科学意义和应用价值,主要发达经济体纷纷将其列入国家战略。中国学者近期发布的《合成生物学路线图2030》<sup>[1]</sup>和《合成生物学发展战略2035》<sup>[2]</sup>从不同角度论述了合成生物学的内涵、学科框架、发展目标、技术路径、应用前景、治理原则和战略部署思路。美国《国家生物技术与生物制造

修改稿收到日期:2024年9月17日

宏图》明确其目标的实现将依靠“合成生物学与人工智能的突破”<sup>①</sup>。麦肯锡2020年报告预测，未来10—20年，全球生物经济规模将达2万—4万亿美元，其中生物改造(modifying biology)的贡献率随时间推移将达30%—70%<sup>②</sup>。

从“973”计划和“863”计划前期布局，到“十三五”和“十四五”重点专项的系统性支持，使中国合成生物学研究进入世界第一方阵。在中国合成生物学创新版图上，深圳是一颗新星，她以其一贯的改革发展与创新驱动风格，显现蓬勃生机，与上海、天津、北京等先行城市共同形成各具特色的合成生物学重镇。

本文将国家各部委、中国科学院、广东省和深圳市等关于深圳市合成生物学发展的举措概括为“十大措施组合拳”，合力打造了从原创性研究到产业发展的上下游协同全过程创新生态链，探索了合成生物学发展的“深圳模式”。笔者本人有幸成为其中一位见证者。

## 1 新型科研机构与创新基地

### 1.1 措施之一：中国科学院深圳先进技术研究院合成生物学研究所——深圳创新沃土中的一粒种子

2014年，中国科学院深圳先进技术研究院（以下简称“深圳先进院”）组建了合成生物学工程研究中心。这是一粒优良的种子，在深圳这片创新沃土上迅

速生根发芽并茁壮成长。3年后，该中心发展成为深圳先进院的第七个研究所——合成生物学研究所（以下简称“合成生物所”），时任中国科学院院长白春礼、广东省科技厅厅长王瑞军和深圳市副市长艾学峰等一行为之揭牌<sup>③</sup>。这是一个成建制的合成生物学研究机构，方向定位在合成生物学与生命健康，与中国科学院在上海和天津的相关机构差异化布局。合成生物所在其狭窄过道的墙上写着极具深圳特色的建所立言——“与其期待未来，不如自己创造”。在中国科学院及深圳先进院和深圳市政府等多方支持下，合成生物所凝聚了一批高素质青年学者，大多来自“常青藤”学校等世界名校和科研机构，他们组建了合成生物进化、合成基因组学、合成生物化学、合成微生物组学、合成免疫学、材料合成生物学、细胞与基因线路设计等多个研究中心。目前，合成生物所已经发展成为深圳先进院的一个大规模研究所，达1200余人（含研究生），研究组长（PI）平均年龄39岁。这批年轻学者不断探向无人区，承担了系列重大任务，包括深圳市合成生物研究重大科技基础设施、深圳合成生物学创新研究院、中国科学院定量合成生物学重点实验室、国家生物制造产业创新中心、合成生物“楼上创新、楼下创业”模式探索等。在科研方面也产出了系列重要成果，其中，2023年发表《细胞》(Cell)、《自然》(Nature)和《科学》(Science)期刊及其子刊论文42篇。“二氧化碳变‘粮’、‘油’”<sup>[3]</sup>和“人体免疫系统发育图谱绘制”<sup>[4]</sup>两项成果相继入选

① The White House Office of Science and Technology Policy. Bold goals for U.S. biotechnology and biomanufacturing: Harnessing research and development to further societal goals. (2023-03-01)[2024-09-18]. <https://www.whitehouse.gov/wp-content/uploads/2023/03/Bold-Goals-for-U.S.-Biotechnology-and-Biomanufacturing-Harnessing-Research-and-Development-To-Further-Societal-Goals-FINAL.pdf>.

② McKinsey Global Institute. The bio revolution: Innovations transforming economies, societies, and our lives. (2020-05-13)[2024-09-18]. <https://www.mckinsey.com/industries/life-sciences/our-insights/the-bio-revolution-innovations-transforming-economies-societies-and-our-lives>.

③ 中美合成生物学院士高端论坛暨深圳先进院合成生物学研究所(筹)成立揭牌仪式举行. (2017-12-02)[2024-9-19]. [https://www.cas.cn/sygz/201712/t20171204\\_4625573.shtml](https://www.cas.cn/sygz/201712/t20171204_4625573.shtml).

2022年和2023年国内十大科技新闻。多项原创性成果被投资人看好，进入初创企业阶段。短短数年，年轻的合成生物所提交了一张靓丽的成绩单。

## 1.2 措施之二：部-市联动支持合成生物学研究——国家重点研发计划管理的新模式探索

为加强合成生物学的基础研究，经科学技术部、深圳市人民政府双方协商，“十三五”期间，深圳市政府出资5亿元，加强国家重点研发计划合成生物学重点专项的研究，这一措施在“十四五”时期继续实施。该举措被称为“部-市联动”机制，其积极意义有3个方面：①鼓励和调动了地方政府投资支持基础研究，能实实在在增加基础研究投入，有一定示范效应；②考虑了深圳合成生物研究特色和产业发展需求，允许深圳按专项实施方案总体要求提出深圳更急需的指南方向；③鼓励全国科学家参与，甚至领衔组织深圳方面提出的研究需求，从而加强了跨区域合作。从“十三五”实施的情况来看，这种举措取得明显效果。

## 1.3 措施之三：深圳合成生物学创新研究院——新型科研机构的范式

深圳高新技术产业是全国的一面旗帜，随着全球科技竞争不断向基础研究前移，2018年底，深圳发布了《深圳市关于加强基础科学研究的实施办法》（深府规〔2018〕25号，以下简称“实施办法”），2019年1月1日起施行。其中提出实施“科技设施强基工程”，包括“规划建设重大科技基础设施集群”和“推进基础研究机构建设”，合成生物学创新研究院（以下简称“合成院”）便是其中的基础研究机构之一。研究院于2019年5月20日揭牌，是由深圳市人民政府投资支持，依托深圳先进院牵头建设的非法人专业科研机构。与重大科技基础设施一样，合成院主体

建设机构是深圳先进院合成生物所，共建单位是深圳市第二人民医院（以下简称“深圳二院”）和华大生命科学研究院（以下简称“华大”）。深圳二院在国内率先承担了国家“973”计划医学合成生物学项目，并在膀胱癌诊疗研究中取得突出进展；华大则在基因组序列分析、合成与组装方面经验十分丰富。

合成院秉承合成生物学“造物致知，造物致用”的理念，一方面聚焦人工生命体系的理解，开展合成生物学基本原理、共性方法研究；另一方面着重加强合成生物学医学转化应用研究。除了对优势团队提供相对稳定的支持外，还通过设立开放课题、人才交流等方式促进深港地区的科研合作和学术交流。同时，与重大科技基础设施“二位一体”同步建设，推动国内外合成生物学研究的深层次、宽领域、全方位的国际合作，努力在深圳催生“合成生物产业”与“自动高端生物仪器国产化”两条全新的产业链。

合成院作为一个新型研究机构，有较好的保障性支持，全员聘用，合理评估。数年来，在国家部委、中国科学院和深圳市各级政府的支持下，研究院已初步建成“五位一体”、多主体合作、多要素联动的综合创新生态模式。深圳先进院创始院长樊建平表示，“合成院的建成为合成生物科研与产业化注入新的活力，并将为深圳的科技产业创新建设、创新驱动发展作出更大的贡献”<sup>④</sup>。

## 1.4 措施之四：定量合成生物学重点实验室——理论探索的前沿阵地

复杂生命系统的理性设计充满挑战，合成生物学的发展需要对生命功能跨层次原理进行定量解析。2017年，合成生物所组建定量合成生物研究中心，并于2年后获批组建中国科学院定量工程生物学重点实验室。2021年，在“定量合成生物学”香山科学会

<sup>④</sup> 深圳市合成生物学创新研究院揭牌. (2019-05-21)[2024-09-18]. [http://sztqb.sznews.com/PC/content/201905/21/content\\_656345.html](http://sztqb.sznews.com/PC/content/201905/21/content_656345.html).

议（第S64次）上，专家们认为，生命体系从生物大分子、生物分子机器、亚细胞结构、细胞、组织器官、个体等各个层次过渡态上发生生物学功能“涌现”的定量规律，是我们探讨建立合成生物学理论构架的核心。整合定量生物学、系统生物学、合成生物学、机器学习与人工智能，发展定量合成生物学将有望解决复杂生命系统的理性设计难题<sup>[1,5,6]</sup>。

按照全国重点实验室重组工作安排，在中国科学院支持下，深圳先进院合成生物所以定量合成生物学为主攻方向，在原中国科学院定量工程生物学重点实验室的基础上组建了定量合成生物学重点实验室。该实验室按“定量解析、合成重构”的研究思路，聚焦复杂生物系统形成过程的基本原理、合成生物系统的理性设计原理等重要科学问题开展工作。实验室牵头承担中国科学院战略性先导科技专项（B类）“人工合成单细胞”任务，挑战人工合成细胞、探索细胞起源这个生命科学终极命题之一。通过研究功能“涌现”原理，建立定量合成生物学理论（造物致知），从而更好地指导细胞等复杂生命体系的设计，为功能定制化服务，实现高效率“造物致用”。

单细胞的人工合成这一生命科学的重大命题长期以来受到科学界关注。2024年4月，深圳先进院合成生物所牵头联合日本、韩国、新加坡等6个国家25所高校及科研机构，发起了“合成细胞-亚洲”合作计划（SynCell Asia）；并正在积极推动发起“合成细胞-全球”合作计划（SynCell Global），在当前复杂多变的国际形势下，为继续深化国际合作和学术交流进行了积极的探索。

### 1.5 措施之五：合成生物研究重大科技基础设施——合成生物学之重器

合成生物学的要素是根据需求对生命体系进行设

计。鉴于生命体系的极端复杂性，依据现代生命科学知识和技术还难以做到“理性设计”。学者们提出“设计—构建—测试—学习”（DBTL）模式，解读为高通量试错系统，也称为“生物铸造厂”（biofoundry），由计算机、自动化设施、细胞和基因操作系统、检测分析系统和数据分析处理系统组成。通过高通量多轮DBTL循环迭代，不断逼近工程目标。

2016年底，几位学者向时任深圳市市长许勤致信，建议在深圳建设合成生物研究重大科技基础设施（以下简称“大设施”），主要理由是：大设施对合成生物学研究至关重要，深圳适合布局新兴交叉学科；深圳信息技术和制造技术实力雄厚，生命科学发展也很快，有建设该大设施的能力；这类设施已经在国家相关部门的考虑中，以深圳的速度，可以先行先试，积累经验；大设施在深圳建成后，将通过开放共享，为全社会合成生物学研发作出贡献。2017年2月，深圳市即启动大设施论证工作。经过3年多的设计、规划、论证，2020年获得正式批准建设<sup>⑤</sup>，设备投资总概算为7亿多元（不含基建），建筑面积3万多平方米，位于深圳市光明科学城启动区，深圳先进院为建设牵头单位，华大和深圳二院参与共建。目前，大设施已经基本建成并进入调试阶段。它是一个针对人工生命体智能化设计及自动化铸造的基础大平台，用于生物元器件、复杂细胞网络、人工细胞等多维度生物体系的合成、组装、植入、激活与测试。它还将打造一个用户的“云端实验室”和运营者的“智能实验室”二位一体的合成生物研究平台，对学术界和产业界开放。大设施有40个功能岛，可以独立运行或串、并联运行。它是我国首个将软件控制、硬件集成和合成生物学应用进行系统整合的大型合成生物研究基础设施，也是目前全球最大的“生物铸造厂”。

⑤ 合成生物研究重大科技基础设施项目获批复进入正式建设阶段. (2020-08-18)[2024-09-18]. <https://isynbio.siat.ac.cn/view.php?id=242>.

合成生物学大设施是典型的IT（信息）、BT（生物）结合模式，其效率可用一组数据说明：美国伊利诺伊大学香槟分校的合成生物设施每天可建造多达1 000个特定序列蛋白，每个造价不到3美元，成本仅为人工制造的3%；英国爱丁堡合成生物设施每周可处理2 000多个DNA组装反应，产量是人作业的20倍。在此背景下，国际合成生物设施联盟（Global Biofoundry Alliance, GBA）于2019年应运而生，深圳先进院作为发起单位之一<sup>[7]</sup>。GBA汇聚了全球顶尖的合成生物设施机构，致力于设施间的协作沟通和经验交流及人员培训，共同应对技术难题，制定统一标准，为大设施的全球合作、人类携手解决科学难题提供一种积极的范式，是全球合成生物学发展中的重要里程碑。

## 2 成果转化载体与产业落地

### 2.1 措施之六：深圳市八大未来产业及科技重大专项——加速合成生物学产业化的重拳

在深圳市科技创新“十四五”规划中，列出20个战略性新兴产业集群和合成生物等8项未来产业。2022年6月，深圳市又发布了《深圳市人民政府关于发展壮大战略性新兴产业集群和培育发展未来产业的意见》，被称为“20+8”产业集群2.0版，解读为“‘战新’已兴，‘未来’已来”，即战略性新兴产业已经兴起，未来产业也已经出现<sup>⑥</sup>。

为落实上述规划，深圳市科技创新局在科技重大专项中设立了合成生物学板块，每年1亿元，采取“揭榜挂帅”方式，重点资助合成生物产业核心竞争力、核心技术、仪器和重大装备。专项鼓励企业联合科研单位和高校联合申报，支持强度为200万—1 000

万，实施周期为2—5年；采用公开竞争和中期评估式、赛马式、里程碑式等考核方式；其中大部分为深圳市政府与光明区政府联合支持（“市-区联动”项目）。2024年项目指南可以归纳为3大板块：①使能技术——如基因编辑技术、底盘细胞技术、DNA打印技术、仪器分析技术、自动化与智能细胞培养等；②医药产品——如活性多肽、噬菌体药物、核酸药物、寡糖药物、细胞药物、微生态制剂、细胞疗法、疾病检测、类器官等；③生物农业——如养殖技术、贝类育种、植物天然产物、海洋藻类功能油脂、水稻性状改良、高密度农业育种。其他还有城市有机垃圾生物转化、二氧化碳绿色转化等。

### 2.2 措施之七：“楼上创新、楼下创业”综合体——构建合成生物创新创业生态链的探索

光明区是深圳市设立的一个功能新区，是一个生态型高新技术产业新城，2023年光明区战略性新兴产业增加值占地区生产总值比重57.8%。其中，绿色低碳产业和生物医药产业增加值分别增长50.6%和14.4%，高于其他行业<sup>⑦</sup>。深圳市光明科学城启动之时，光明区政府即调拨了一栋8层楼宇，在深圳市发展和改革委员会支持下成立深圳首个产业创新中心——深圳市工程生物产业创新中心（以下简称“创新中心”）。就是在这栋楼上，合成生物所探索了“楼上创新、楼下创业”综合体模式。大楼里有两种人，“穿白大褂”的科学家和“穿西装”的企业家。科学家在“楼上”开展原始创新活动，进行核心技术攻关；“楼下”是产业孵化空间，为初创企业提供拎包入住的共享实验平台及智库支撑。科学家和企业家在同一栋楼的电梯间、轻食间、健身房里就可以交流思想、碰撞火花，既有效解决了初创企业缺乏设施和技

⑥ 深圳市人民政府关于发展壮大战略性新兴产业集群和培育发展未来产业的意见. (2022-06-28)[2024-09-08]. [https://www.sz.gov.cn/zfgb/2022/gb1248/content/post\\_9918806.html](https://www.sz.gov.cn/zfgb/2022/gb1248/content/post_9918806.html).

⑦ 光明区统计局. 深圳市光明区2023年国民经济和社会发展统计公报. (2024-05-21)[2024-09-18]. [https://www.szgm.gov.cn/xxgk/tjj/xxgk/tjxx/tjgb/content/post\\_11300737.html](https://www.szgm.gov.cn/xxgk/tjj/xxgk/tjxx/tjgb/content/post_11300737.html).

术平台瓶颈，又极大缩短了原始创新到产业转化的周期。通过“楼上”与“楼下”的紧密链接，形成“科研—转化—产业”的全链条企业培育经验，加速成果转化。合成生物所材料合成生物学研究中心主任钟超研究员率领实验室首批迁入“楼上”，并在楼下创立了柏垠生物公司，成为合成生物材料赛道值得关注的初创企业。目前，创新中心已组织10多批次企业遴选，成功汇聚50多家合成生物初创公司。与许多地方的科技产业孵化器相比，这栋楼宇的规模显然太小，但它创造的模式对于提高成果转化率具有十分积极的意义。2021年，这一经验被国家发展和改革委员会写入在全国推广的47条“深圳经验”<sup>⑧</sup>。

“楼上创新、楼下创业”综合体模式犹如一支火种，迅速点燃深圳合成生物产业。深圳市光明区出台全国首个合成生物产业专项政策，连续4届主办了合成生物产业大会，打造了以合成生物学为特色的专业产业园区，已开园的一期、二期建筑面积共计20余万平方米<sup>⑨</sup>。深圳市新成立的合成生物企业约80%落户在光明区，现已集集成合成生物企业100余家，总估值约300亿元。此外，深圳先后组建了专注于合成生物产业的天使基金和产业引导基金，都注册在光明区。同时，光明区与软银中国、松禾资本等国内10余家投融资机构建立联动机制，共同开展合成生物企业的投资培育工作。推动中国银行、杭州银行、兴业银行等金融机构推出“合成生物贷”，初创合成生物企业授信额度从100万元提升至1000万元，累计贷款额度超亿元。由此，一个深度融合“基础研究+技术攻关+成果产业化+科技金融+人才支撑”的合成生物产业全过

程创新生态链已逐步形成，正朝着打造具有行业影响力的合成生物产业高地方向迈进。

### 2.3 措施之八：国家生物制造产业创新中心——六大中试转化平台补齐产业转化最后一块拼图

然而，包括合成生物产业在内的未来产业，普遍面临的一个痛点是缺乏小试、中试转化平台，这是一个瓶颈环节。

2023年7月，国家发展和改革委员会批复同意深圳先进院牵头组建国家生物制造产业创新中心（以下简称“国创中心”）。国创中心联合国家开发投资集团有限公司、招商局投资发展有限公司、深业集团有限公司、深圳市光明科学城产业发展集团有限公司、华熙生物科技股份有限公司、深圳市朗坤环境集团股份有限公司、广东省广新创新研究院有限公司、安徽华恒生物科技股份有限公司等产业链上下游优势单位合作共建。国创中心建设地点位于深圳市光明科学城合成生物产业园内，于2024年7月正式启动建设，将建设生产工艺高通量开发、跨尺度生物多模态验证、大规模载体制备与质控、生物信息计算支撑、中试放大及药品生产质量管理规范（GMP）、自动化生物制造等六大平台，承担合成生物学及生物制造的概念验证、中试放大和价值放大的任务，概括起来就是为“从1到10”提供先进的平台<sup>⑩</sup>。

国创中心由国立科研机构联动央企、国企和龙头民营企业共同打造，并将与同处于光明科学城的合成生物研究大设施、深圳市工程生物产业创新中心、深圳合成生物研究院和深圳理工大学合成生物学院等科教、产教平台联动，实现从原创突破到产业发展的

⑧ 中华人民共和国国家发展和改革委员会. 国家发展改革委关于推广借鉴深圳经济特区创新举措和经验做法的通知. (2021-07-29)[2024-09-18]. [https://www.ndrc.gov.cn/xwdt/tzgg/202107/t20210729\\_1292066.html](https://www.ndrc.gov.cn/xwdt/tzgg/202107/t20210729_1292066.html).

⑨ 卫光生命科学园（二期）开园. (2023-10-30)[2024-09-18]. [https://www.szgm.gov.cn/szgm/132104/kjcx/252743/content/post\\_10921992.html](https://www.szgm.gov.cn/szgm/132104/kjcx/252743/content/post_10921992.html).

⑩ 国家生物制造产业创新中心启动建设. (2024-07-15)[2024-09-18]. <http://finance.people.com.cn/n1/2024/0715/c1004-40277761.html>.

上下游协同，加速形成合成生物制造产业全过程创新生态链，支撑打造生物制造产业创新高地。

### 3 教育与创新人才培养

#### 3.1 措施之九：深圳理工大学合成生物学院——后备人才基地

2024年5月，经过多年筹建的深圳理工大学（以下简称“深圳理工”）获得教育部批准成立，定位于“新型研究型大学”。合成生物学院（以下简称“学院”）是深圳理工创校六大学院之一，以合成生物学为建制，与合成生物所共建共享、融合发展。学院践行深圳理工“科教融汇、产教融合”的办校理念和国家“强基”“新工科”等人才培养措施，以生物科学为基础，合成生物学和交叉科学为特色，依托国际水平的师资队伍、先进的教学设施、合成生物所和重点实验室的各研究中心、合成生物学大设施、国家生物制造创新中心等国际一流平台，以及合成生物产业园，精心设计了学术轨、工程轨和创业轨“三轨”发展的“本—硕—博”一体化学生培养方案。学生可以根据自己的志向和特点，经过通识课和专业课学习之后，在丰富的选修课中进行选修学习、在先进的实验室参加科研活动、随企业导师到企业实践等。学院设立的长远发展目标是成为国家生物科学、合成生物学和生物技术人才培养中心、创新源头和成果溢出中心，以及生命科学的科学普及和文化遗产基地。

#### 3.2 措施之十：合成生物学创新赛——青年学生创新的舞台

美国麻省理工学院创办了著名的合成生物学大赛——国际基因工程机器大赛（International Genetic Engineering Machine Competition, iGEM），已经成功举办20年，全球学生趋之若鹜。中国学生从2006年开始参加，参赛队伍逐年增加，目前已达到约150支。他们成绩优秀，稳定获得40%以上的金牌，偶尔也获得总冠军奖。

鉴于合成生物学快速发展，急需更多的高素质后备人才，而且竞赛这种形式也是高等教育中一种生动活泼的形式，经过深入调研和充分准备，我们于2022年启动了合成生物学创新赛（SynBio Challenges）（以下简称“创新赛”）。创新赛由20多所高校和科研单位及相关机构的学者联合发起，中国生物工程学会合成生物学分会主办，深圳理工大学合成生物学院、深圳先进院合成生物所、深圳市合成生物学协会等机构联合承办，每年举办1次。

创新赛获得了广大师生的热情支持。第一届（2022年）尽管仍处于新冠病毒疫情中，还是有20多支队伍到现场参赛，令人鼓舞的是，网上点击观摩达到220万次。线上线下观看的不仅有学生，而且还有学者和企业家。第二届（2023年）和第三届（2024年）参赛队伍数持续翻番，达147支。赛场气氛活跃，充分体现了年轻学生的特点，大家汇聚一堂，赛出了成绩，赛出了精神，赛出了友谊。这项活动对培养学生的探索精神、创造精神和团队精神十分有益。

合成生物学创新赛，纯属于公益性，对学生不收取任何费用。主办方对参赛的学生们说，中国不缺会读书、会考试的学生，但更需要的是创新精神。学生通过参赛活动，感受创新氛围、培养创新意识的意识，恰恰能够弥补这种缺憾。而且，大家所设计和创造的合成生物功能体系，若有很好的产业化价值，即使辍学创业，他日可能成为类似乔·布斯、比尔·盖茨的角色，实现人类社会价值，也是值得鼓励的。

### 4 结语

深圳与国家有关部门联动，通过系列措施，打造合成生物学及产业的良好生态和创新链条，探索发展新质生产力的路径，可能成为又一个“深圳模式”。它的发生发展不是偶然的，一个极具生命力的新兴学科嵌入到一个炙热的创新沃土，必然会枝繁叶茂。当前，在全球范围，合成生物学驱动的生物技术迭代提

升和生物制造变革发展，正在绘制未来生物经济宏图，深圳将成为其中一个高地。

**致谢** 感谢刘陈立、傅雄飞和审稿人对稿件提出的重要修改建议，感谢罗巍和李玉娟补充了部分内容，感谢袁海、司同、安一硕、易啸、周启君、高艺博等提供了相关资料！

### 参考文献

- 1 合成生物学发展战略研究组. 合成生物学路线图 2030. 北京: 科学出版社, 2024.  
Synthetic Biology Development Strategy Group. Synthetic Biology Roadmap 2030. Beijing: Science Press, 2024. (in Chinese)
- 2 中国学科及前沿领域发展战略研究项目组. 中国合成生物学发展战略(2021—2035年). 北京: 科学出版社, 2024.  
Research Project Team for the Development Strategy of Chinese Disciplines and Cutting-Edge Fields. Development Strategy of Synthetic Biology in China (2021-2035). Beijing: Science Press, 2024. (in Chinese)
- 3 Zheng T, Zhang M, Wu L, et al. Upcycling CO<sub>2</sub> into energy-rich long-chain compounds via electrochemical and metabolic engineering. *Nature Catalysis*, 2022, 5(5): 388-396.
- 4 Wang Z, Wu Z, Wang H, et al. An immune cell atlas reveals the dynamics of human macrophage specification during prenatal development. *Cell*, 2023, 186(20): 4454-4471.
- 5 罗楠, 赵国屏, 刘陈立. 合成生物学的科学问题. *生命科学*, 2021, 33(12): 1429-1435.  
Luo N, Zhao G, Liu C. Scientific questions for synthetic biology. *Chinese Bulletin of Life Sciences*. 2021, 33(12): 1429-1435. (in Chinese)
- 6 Luo N, Zhao G, Liu C. Quantitative synthetic biology. *Nature Reviews Bioengineering*, 2024, doi: 10.1038/s44222-024-00224-y.
- 7 Hillson N, Caddick M, Cai Y, et al. Building a global alliance of biofoundries. *Nature communications*, 2019, doi: 10.1038/s41467-019-10079-2.

## Ten measures to jointly explore Shenzhen model of synthetic biology development

ZHANG Xian-En

(1 Shenzhen University of Advanced Technology, Shenzhen 518107, China;

2 Institute of Biophysics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China)

**Abstract** The iteration of biotechnology and the transformative development of biomanufacturing driven by synthetic biology are drawing the blueprint for the future bioeconomy. Around this strategic goal, in the past 10 years, Shenzhen has collaborated with relevant national departments and has taken a series of measures to initially create a sound ecological and innovative chain for synthetic biology and bioindustry. This study summarizes these 10 measures into three major categories: the construction of new R&D institutions and innovation bases, the implementation of technology transformation carriers and synthetic biology industry park, and the measures to encourage students' innovative spirit. The successful implementation of these measures may provide a fresh Shenzhen model for developing new quality production force.

**Keywords** synthetic biology, biomanufacturing, new R&D institutions, biological facility, bioindustry park, talents, Shenzhen model

**张先恩** 深圳理工大学合成生物学院院长, 中国科学院生物物理研究所研究员。《中国科学院院刊》编委。曾任科学技术部基础研究司司长。主要从事合成生物学、生物传感、纳米生物学和分析生物技术交叉研究。E-mail: zhangxe@ibp.ac.cn

**ZHANG Xian-En** Dean of Faculty of Synthetic Biology, Shenzhen University of Advanced Technology and Professor of Institute of Biophysics, Chinese Academy of Sciences (CAS). Editorial Board Member of *Bulletin of Chinese Academy of Sciences*. Former Director General of the Department of Basic Research of the Ministry of Science and Technology. Dr. Zhang has been engaged in convergence research of synthetic biology, biosensors, nanobiology, and analytical biotechnology. E-mail: zhangxe@ibp.ac.cn

■ 责任编辑: 文彦杰