

## 特约评述

DOI: 10.12211/2096-8280.2024-087

## 合成生物学研发竞争态势对比分析

吴晓燕<sup>1</sup>, 宋琪<sup>1</sup>, 许睿<sup>1</sup>, 丁陈君<sup>1</sup>, 陈方<sup>1</sup>, 郭勃<sup>2</sup>, 张波<sup>2</sup>( <sup>1</sup> 中国科学院成都文献情报中心, 四川 成都 610299; <sup>2</sup> 中国科学院青岛生物能源与过程研究所, 山东 青岛 266101)

**摘要:** 作为全球科技战略发展的重点领域, 合成生物学正受到各主要经济体的战略性重视。本文从政策规划、基础研究、技术创新及产业化等多个维度, 系统分析了美国、欧洲和中国在合成生物学领域的竞争态势。结果表明, 美国在该领域具有显著优势, 特别是在基础研究方面拥有大量关键底层技术成果与知识产权。欧洲凭借其独特的区域协同创新模式和产学研深度融合机制, 在科研成果转化方面取得显著成效。中国虽然近期在合成生物学领域投入力度持续加大, 但在高水平研究产出、高价值专利创造及科技成果转化效率等方面与欧美国家相比仍有待提升。值得指出, 在一些特殊领域(体外合成生物学)以及重大应用(如二氧化碳合成淀粉、纤维素变淀粉等)方面, 中国已经取得领先地位。基于上述分析, 本文建议从完善政策顶层设计、提升企业创新主体地位、突破关键底层技术、优化知识产权布局以及健全产业生态体系等方面着手, 推动我国合成生物学产业的高质量发展。

**关键词:** 合成生物学; 合成生物技术; 生物制造; 生物经济; 文献计量分析

**中图分类号:** Q81 **文献标志码:** A

## A comparative analysis of global research and development competition in synthetic biology

WU Xiaoyan<sup>1</sup>, SONG Qi<sup>1</sup>, XU Rui<sup>1</sup>, DING Chenjun<sup>1</sup>, CHEN Fang<sup>1</sup>, GUO Qing<sup>2</sup>, ZHANG Bo<sup>2</sup>( <sup>1</sup>National Science Library (Chengdu), Chinese Academy of Sciences, Chengdu 610299, Sichuan, China; <sup>2</sup>Qingdao Institute of Bioenergy and Bioprocess Technology, Chinese Academy of Sciences, Qingdao 266101, Shandong, China)

**Abstract:** Synthetic biology is an advanced interdisciplinary field that merges biology, engineering, and technology, emerging as a strategic focus for major economies globally. This study offers a detailed comparative assessment of synthetic biology research and development in the United States, Europe, and China. Through systematic analysis of policy infrastructure, research achievements, technological advancements, and industrial applications, we have identified distinct competitive patterns across these regions. Our findings show that the United States maintains a clear leadership position, particularly in fundamental research, with significant technological capabilities and intellectual

收稿日期: 2024-12-02 修回日期: 2025-05-23

基金项目: 山东省合成生物技术产业发展战略研究(202202SDZD05); 2024年中国科学院文献情报能力建设专项项目“科技领域态势分析与服务”(E4290425)

引用本文: 吴晓燕, 宋琪, 许睿, 丁陈君, 陈方, 郭勃, 张波. 合成生物学研发竞争态势对比分析[J]. 合成生物学, 2025, 6(4): 940-955

Citation: WU Xiaoyan, SONG Qi, XU Rui, DING Chenjun, CHEN Fang, GUO Qing, ZHANG Bo. A comparative analysis of global research and development competition in synthetic biology[J]. Synthetic Biology Journal, 2025, 6(4): 940-955

property assets. Europe has built an effective regional innovation ecosystem, achieving notable success in research commercialization through integrated collaboration among academic, research, and industrial sectors. While China has made substantial recent investments in synthetic biology, there remain opportunities to enhance high-impact research output, valuable patent development, and technology transfer efficiency compared to Western nations. Notably, China has achieved a leading position in specific areas (cell-free synthetic biology) and major applications (such as CO<sub>2</sub>-to-starch synthesis and cellulose-to-starch conversion). Based on the above analysis, this paper recommends promoting the high-quality development of China's synthetic biology industry through five key approaches: improving top-level policy design, strengthening enterprises' role as primary innovators, achieving breakthroughs in core technologies, optimizing intellectual property strategy, and enhancing the industrial ecosystem. These recommendations aim to promote the sustainable development of China's synthetic biology sector. This study provides valuable strategic guidance for decision-makers, researchers, and industry stakeholders, aiding them in navigating the global competitive landscape and making informed decisions regarding the development of synthetic biology.

Molecular engineering	DNA molecular technology	RNA molecular technology	Gene editing and regulation technology	Protein and enzyme engineering	Glyco-engineering and glyco-modification	
Cell engineering	Cell-free system design and assembly	Chassis cell design and construction	Digital cell model	Artificial synthetic cell		
Multicellular engineering	Organoid technology	Tissue engineering	Complex organ manufacturing	Multi-organ bionic systems	Embryoid	Xenogeneic chimera and humanized animal constructino
Biological system engineering	Fermentation engineering	Bioreactor	Biofoundry			
Community engineering	Microbiome technology	Microbial community function control	Interspecies communication regulation			
Analytical characterization and omics	Bio-imaging	Sequencing technology	Omics technology	Biosensing		

Legend: China's proportion of global publications (CNS papers counted as 3)



**Keywords:** synthetic biology; synbio technology; bio-manufacturing; biobased economy; bibliometric analysis

合成生物学是21世纪初兴起的一门交叉学科，结合了生物学、工程学、物理学、化学和计算机科学等多学科的知识和技术，通过工程化设计，对生物体进行有目的的设计、改造和重新构建<sup>[1]</sup>。这一领域不仅涉及科学研究，还包括技术应用，具有重要的科学和技术价值，被广泛认为是前瞻性和颠覆性的技术领域，能够引领产业技术变革，推动生产方式和社会模式的深刻变化。利用合成

生物技术和生物质等可持续资源，可以生产能源<sup>[2]</sup>、材料<sup>[3]</sup>、化工产品<sup>[4-5]</sup>、药物<sup>[6-7]</sup>和食品<sup>[8]</sup>等，引领新的产业模式和经济形态。这种绿色加工方式不仅减少了对化石资源的依赖，显著降低温室气体排放，还能降低化学品生产成本和有毒化学助剂的使用，成为协调经济与环境目标、提升绿色指数的最佳选择<sup>[9]</sup>。

合成生物学已成为全球科技战略的关键领域，

美国、欧盟各国、英国和日本等在国家层面高度重视其研究与产业化。这些国家不仅在政策上给予支持，还在资金投入、人才培养和国际合作等方面做出了大量努力，以确保在这一前沿科技领域占据领先地位。我国将合成生物学视为生物经济的核心技术，并在国家规划中强调其重要性，出台了一系列鼓励创新和产业发展的政策。本文通过详细分析全球合成生物学政策规划、科学研究的进展、技术创新突破及产业化进程，多角度深入解析全球合成生物学发展现状和竞争态势，并结合我国实际情况为促进相关领域发展提出若干建议。

### 1 国家战略竞争态势

合成生物学所具有的革命式、颠覆式创新潜

力，已经成为世界各国必争的科技战略高地，从而引发新一轮科技与产业的国际竞争。欧美等主要经济体为抢占生物经济领域的竞争优势和领先地位，纷纷加强前瞻谋划和战略部署，不断更新和发布相关的研究和技术路线图，加大投入并持续支持新的研究项目，建立合成生物学研究中心和平台设施等（图1）。美国作为合成生物学的发源地，对于该领域的长期关注、战略布局和持续投入使得其合成生物学产业在全球处于领先地位<sup>[10-16]</sup>。美国政府和私人企业在研究资金和资源上的投入，使得美国的合成生物学研究始终处于领先地位，吸引了大量的国际人才和合作项目。欧盟很早就参与这个快速增长的赛道，重视顶层设计和战略规划，通过一系列政策和资助项目，支持合成生物学的研究和应用<sup>[17-18]</sup>。英国不仅是全球第一个发布合成生物学路线图的国家，同时也通过建设多学科网络中心、建立社区、技术市场化，

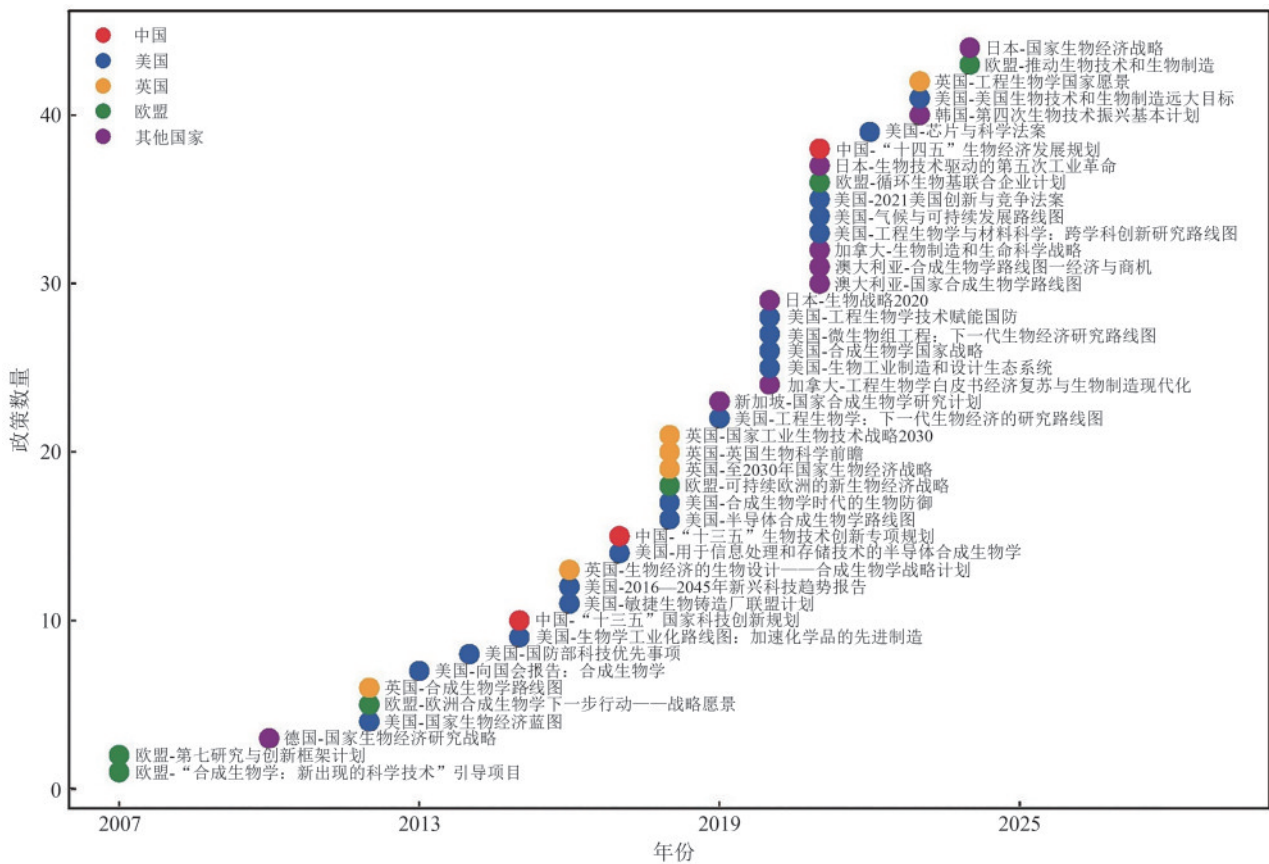


图1 全球合成生物学重要政策演变

(数据来源：根据公开资料整理)

Fig. 1 Global synthetic biology policies

(Data source: Compiled from publicly available materials)

推动了合成生物学的全面发展，在国际上占据了该领域的领导地位<sup>[19]</sup>。英国政府与学术机构和企业紧密合作，共同推动技术创新和产业化进程<sup>[20-22]</sup>。日本在近年来发布了多项国家生物经济战略，加大合成生物学投资力度<sup>[23]</sup>。日本政府通过资助研究项目和建设研究设施，积极推动合成生物学的研究与应用。澳大利亚政府对合成生物学的关注度很高，特别是在高通量合成生物学设施方面进行了大量布局<sup>[24]</sup>。新加坡也设立了国家合成生物学研究的专项计划，通过一系列政策和资助项目，支持合成生物学的研究和应用，推动该领域的发展和国际合作<sup>[25]</sup>。

我国较早关注合成生物学领域，2008年召开香山会议进行专题讨论，2011年通过国家重点基础研究发展计划支持相关项目，同年举办中、英、美“三国六院”会议，推动中国合成生物学步入正常发展轨道，实现“与鹰共翔”<sup>[26-27]</sup>。2018年，国家启动重点研发计划“合成生物学”重点专项，聚焦重大科学问题，突破基础难题，构建实用性人工生物体系。科技部通过《“十三五”生物技术创新专项规划》<sup>[28]</sup>和《国家技术创新中心建设工作指引》<sup>[29]</sup>，提出生物技术领域的宏伟发展目标，特别强调了合成生物学在颠覆性创新中的潜力。国家发展和改革委员会在《“十四五”生物经济发展规划》<sup>[30]</sup>中，进一步明确合成生物学作为我国经济转型的新动力，提出研发新型食品和推动食品工业升级的目标。《绿色低碳先进技术示范工程实施方案》<sup>[31]</sup>将合成生物技术应用列为实现碳达峰和碳中和目标的重点方向之一。据不完全统计，在“十四五”规划期间，全国有28个地区已制定支持合成生物产业发展的政策，其中15个地区落实了专门的合成生物产业专项政策，为推动合成生物技术创新和产业转化奠定了实质性基础。

纵观整个合成生物学政策演变，未来政策发展将呈现4个主要趋势：①各国将进一步加大研究设施建设和项目资助力度，通过政府与私营部门的协同投入，推动该领域实现持续突破和快速发展；②各国将加强多部门战略协同，通过国家层面的统筹规划和部门协作机制，确保政策系统化实施；③各国将更加注重跨领域融合创新。从生

物经济、材料科学到气候变化应对，政策支持将更加强调合成生物学的跨领域应用；④各国将深化产学研合作，推进产业化进程，聚焦研究设施建设和产业化发展，通过政府与企业协同推动技术创新和市场应用。

## 2 研发创新竞争态势

本节选取了核酸合成、基因设计、基因编辑、DNA合成、DNA组装、合成基因网络、基因开关、基因振荡器、蛋白质分子机器、多酶分子机器、蛋白质设计、生物元件设计、合成细胞、人工细胞、细胞重组、细胞重编程、类器官等关键技术<sup>[32-34]</sup>，结合IPC分类号、合成生物学相关研究机构和企业等信息构建检索策略，在Web of Science数据库和incoPat专利数据库中检索了近20年（2005—2024年）的相关论文和专利。利用Python、Excel等数据分析工具进行数据处理，经过数据清洗和查重，最终获得合成生物学SCI论文272 082篇和发明专利107 783项（简单同族合并）。

### 2.1 基于论文计量的全球研究竞争态势分析

整体来看（图2），全球合成生物学领域论文呈现稳步上升趋势，发展前景广阔。该领域的主要发文国家包括美国、中国、印度、德国、日本和英国。中国发展最为迅速，自2008年开始呈快速增长态势，并于2018年超越美国成为全球发文量最多的国家，目前处于全球领先地位。美国作为该领域的先行者，早期发文量优势明显，保持长期稳定发展，但近年来增速放缓，呈平稳趋势。印度在2015年后开始加速发展，增长势头强劲，并在2023年超越美国，成为仅次于中国的全球第二大发文国。德国、日本和英国则保持相对平稳增长的态势。

如图3所示，美国在关键底层技术方面遥遥领先于其他国家，在医药健康、化工材料等应用领域也保持较强竞争力。中国的合成生物学研究主要集中在技术应用方面，在化工材料领域具有明显优势，在医药健康领域与美国并驾齐驱，同时在能源环保和农业食品领域也处于领先地位。印

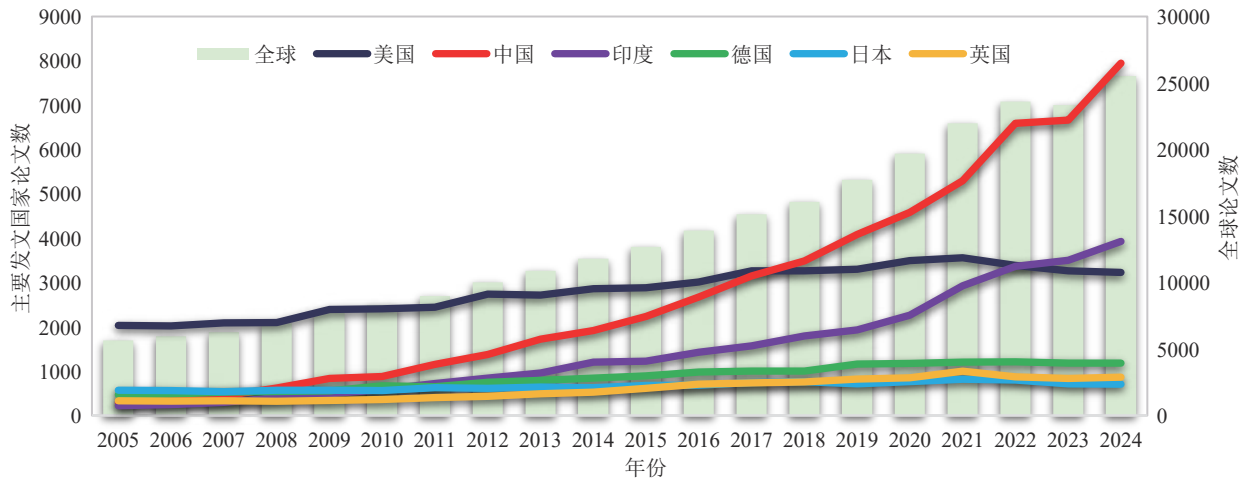


图2 全球合成生物学发文年度趋势

Fig. 2 Global publication trends

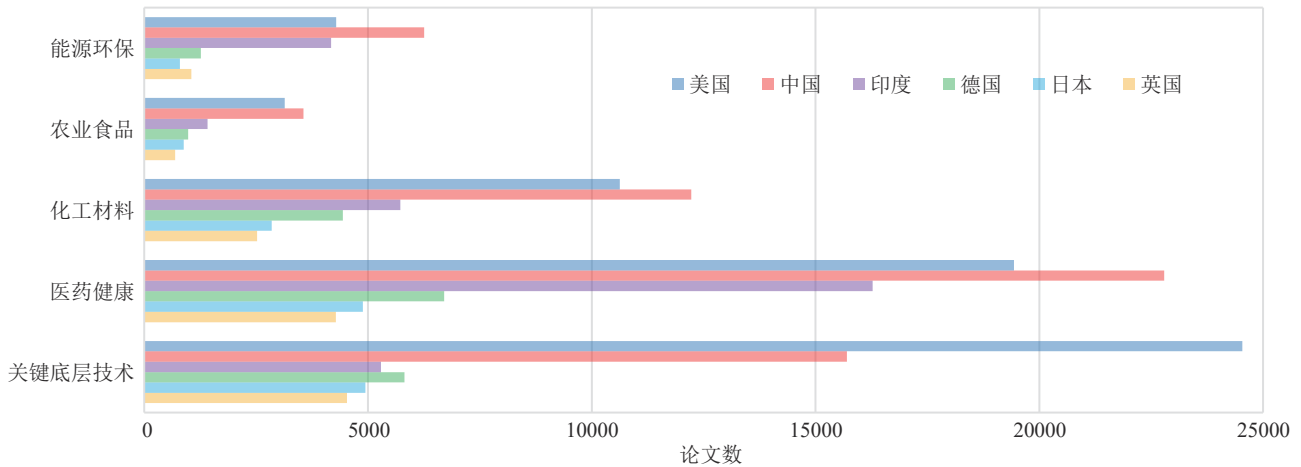


图3 全球主要发文国家子领域分布

Fig. 3 Global distribution of sub-fields by country

度在医药健康领域表现突出，位居中美之后。德国、日本和英国虽然在各个领域都有所涉足，但与中美相比仍存在显著差距。

对中美研究论文的质量和影响力分析显示(表1)，美国在关键底层技术方面保持显著优势，其发文总量、CNS等顶级期刊发文数及论文平均被引用次数均明显高于中国。在应用研究方面，中国的论文总量居于领先地位，并呈现多元化发展态势，在医药健康、化工材料、能源环保和农业食品等领域都具有数量优势。但在论文质量和学术影响力方面，与美国相比仍有明显差距。

本节内容基于领域专家<sup>[1, 35]</sup>对合成生物学关键底层技术的理解，结合陈大明等<sup>[36]</sup>梳理的合成生物技术知识图谱，并参考论文检索结果的主题

聚类结果，总结并梳理出了如图4所示的关键底层技术矩阵。该矩阵通过分析中国在全球的发文量占比(CNS论文计为3篇)，识别我国在全球竞争中的优劣势。数据显示，我国在多个关键底层技术领域仍有较大发展空间。在分子工程领域，需要加强RNA分子技术(尤其是设计与递送)以及蛋白质与酶设计与改造能力。在细胞工程方面，底盘细胞构建及数字细胞模型的研发能力亟待突破，这些短板可能制约工程细胞的产业化进程。值得注意的是，我国在无细胞体系设计与组装以及人工合成细胞领域已取得重要突破，特别是在二氧化碳合成淀粉技术方面的开创性成果，为我国在体外合成生物学领域实现弯道超车奠定了坚实基础。在多细胞工程领域，类器官构建、器官

表1 中美合成生物学研究影响力对比

Table 1 China-US research impact in synthetic biology

项目	美国/中国	全球/中国	
关键底层技术	总发文量	1.56	5.35
	篇均被引	1.99	—
	高被引论文数	1.53	3.42
	CNS 顶刊发文量	8.29	10.86
	CNS 顶刊被引次数	15.59	18.86
	CNS 顶刊篇均被引	1.88	1.80
医药健康	总发文量	0.82	4.96
	篇均被引	2.09	—
	高被引论文数	1.13	3.94
	CNS 顶刊发文量	12.67	17.33
	CNS 顶刊被引次数	12.39	17.59
	CNS 顶刊篇均被引	0.98	1.01
化工材料	总发文量	0.88	4.67
	篇均被引	2.07	1.36
	高被引论文数	0.84	3.29
	CNS 顶刊发文量	10.70	14.30
	CNS 顶刊被引次数	12.85	16.56
	CNS 顶刊篇均被引	1.20	1.16
农业食品	总发文量	0.90	4.67
	篇均被引	1.78	1.26
	高被引论文数	0.91	3.57
	CNS 顶刊发文量	1.79	1.55
	CNS 顶刊被引次数	4.00 <sup>①</sup>	8.00 <sup>①</sup>
能源环保	总发文量	0.64	4.41
	篇均被引	2.04	1.24
	高被引论文数	0.89	4.22
	CNS 顶刊发文量	1.72	1.35
	CNS 顶刊被引次数	12.00 <sup>①</sup>	16.00 <sup>①</sup>

①中国发文量为0，数值为发文量。

①The number of publications in China is 0, and the value represents the number of publications.

分子工程	DNA 分子技术	RNA 分子技术	基因编辑与调控技术	蛋白与酶工程技术	糖工程与糖修饰	
细胞工程	无细胞体系设计与组装	底盘细胞设计与构建	数字细胞模型	人工合成细胞		
多细胞工程	类器官	组织工程	复杂器官制造	多器官仿生系统	类胚胎	异种嵌合与人源化动物构建
生物系统功能	发酵工程	生物反应器	生物工厂			
群落工程	微生物组技术	微生物群落功能控制	物种间通信调控			
分析表征组学	生物成像	测序技术	组学技术	生物传感		

图例：中国发文量全球占比（CNS 论文记作 3 篇）

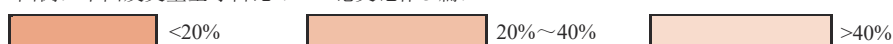


图4 中国关键底层技术竞争力矩阵

Fig. 4 China's technology competitiveness matrix

芯片和多器官仿生等技术有待深化发展，同时需要加强微生物群落功能调控和物种间通信调控研究。凭借出色的工程化能力，我国在生物系统工程领域已确立全球领先优势，在发酵工程、生物反应器和生物铸造厂的研究方面具有明显优势。在分析表征方面，虽然生物成像技术仍需提升，但我国在测序和生物传感技术方面已展现出显著实力。

### 2.2 基于专利计量的全球创新竞争态势分析

如图5所示，全球合成生物学专利申请量整体呈上升趋势。2005—2020年期间，年申请量保持在4000项左右的稳定水平，而2021年开始出现大幅增长，这主要归因于中国专利申请的增长。中

国的专利申请呈显著上升趋势，并于2015年超越美国成为申请数量最多的国家。尽管美国和日本在该领域布局较早，但其专利申请量呈下降趋势。与此同时，韩国的专利申请量稳步增长，而德国、法国和英国则保持稳定。

从技术领域分布来看（图6），美国在关键底层技术、农业食品和能源环保领域的专利技术处于领先地位，而中国则在医药健康和化工材料领域占据专利数量优势。日本在各应用领域的专利数量稳居第三，德国、法国和英国专利申请数量与前三名存在显著差距。从子领域领先机构的分布来看（表2），美国拥有7家领先机构，中国有3家，日本和德国各有2家，波兰、法国、韩国、英国、瑞士、荷兰和丹麦各有1家。值得注意的是，国外以企业为主要申请主体，而中国则主要由高

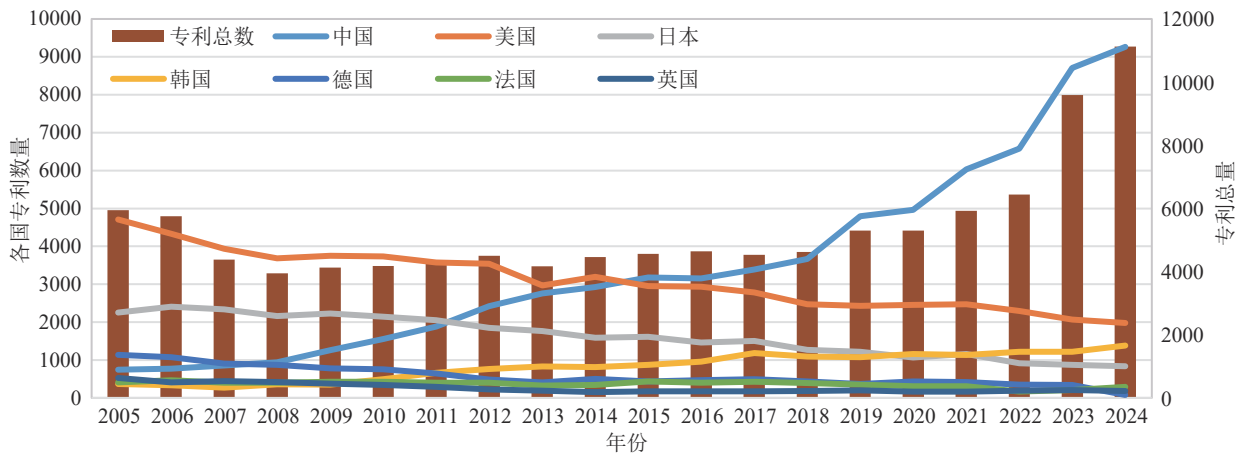


图5 全球专利申请年度趋势

Fig. 5 Global patent filing trends

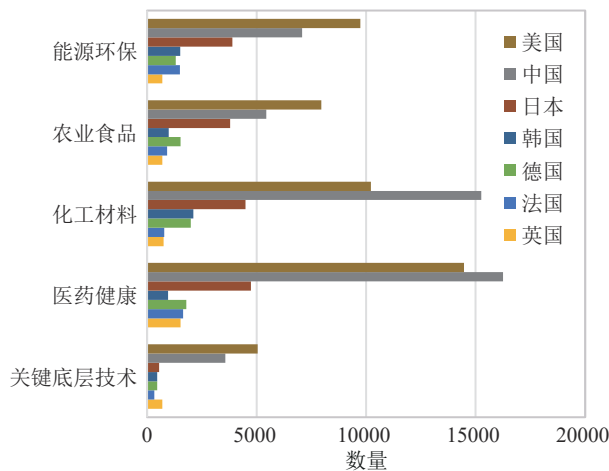


图6 主要来源国家专利子领域分布

Fig. 6 Patent sub-field distribution by major source countries

表2 全球主要专利申请机构

Table 2 Major patent applicants

项目	序号	专利申请机构	专利数量
关键底层技术	1	江南大学	307
	2	美国哈佛大学	163
	3	美国桑加莫治疗公司	113
	4	美国加州大学	96
	5	美国英拜奥斯公司	93
项目	序号	专利申请机构	专利数量
医药健康	1	美国基因泰克公司	220
	2	美国加利福尼亚大学	149
	3	法国巴斯德研究所	142
	4	英国葛兰素史克生物制品公司	141
	5	瑞士诺华公司	140
项目	序号	专利申请机构	专利数量
化工材料	1	韩国希杰第一制糖公司	535
	2	波兰弗罗茨瓦夫环境与生命科学大学	221
	3	日本味之素株式会社	202
	4	德国赢创德固赛公司	180
	5	美国基因泰克公司	161
项目	序号	专利申请机构	专利数量
农业食品	1	荷兰帝斯曼知识产权有限公司	282
	2	江南大学	163
	3	德国巴斯夫植物科学	149
	4	日本三得利控股公司	123
	5	美国孟山都科技有限公司	122
项目	序号	专利申请机构	专利数量
能源环保	1	江南大学	438
	2	丹麦诺维信	269
	3	南京工业大学	216
	4	清华大学	209
	5	美国 xyleco	194

校和研究所主导。

高价值专利的通用型评价指标体系涵盖了多个方面，包括文本撰写质量、权利稳定性、可维权性、技术重要性、运营成果价值、市场应用价值、专利有效期以及专利同族状况等<sup>[37]</sup>。本文选取了简单同族数量超过3、维持年限超过10年、发生过转让的专利作为评价专利价值的关键指标。此外，合享价值度综合了技术稳定性、技术先进性、保护范围层面的20多个技术指标，被用于专利价值的评估工具<sup>[38]</sup>。在国际比较中，美国在上述4个评价指标上均显著领先，日本紧随其后，位列第二梯队，而中国则处于追赶态势，与美国之

间存在显著的数量级差异，见表3。

海外专利因其高成本、严格审查标准和重要市场价值，是衡量企业创新能力和国际竞争力的关键指标。世界知识产权局（WIPO）受理的专利数据显示（表4），美国的专利合作条约（Patent Cooperation Treaty, PCT）专利占比最高，超过20%，其他国家的PCT占比在17%~18%之间，而中国仅为5%。在海外专利布局方面，英国、法国和德国表现突出，海外专利占比超过80%；美国和日本的占比超过60%，而中国仅为5%。其中，美国、欧洲和日本是最受欢迎的目标市场，中国市场也颇受关注。就中国市场而言（表5），美国和日本是主要的技术输出国，各应用领域的专利申请均达上百件。

表3 主要来源国家高价值专利对比

Table 3 High-value patent comparison by country

国家	合享价值度为10的专利	转让专利	维持年限超过10年的专利	简单同族数量大于3的专利
中国	2937	4482	5603	3391
美国	11783	11493	17069	19750
日本	3988	4107	7721	8128
韩国	1749	1103	2553	2477
德国	1530	1657	1891	3423
法国	879	846	1140	1813
英国	830	710	890	1861

表4 主要来源国家海外专利布局情况

Table 4 Overseas patent distribution by country

国家	PCT专利		主要受理地区(占比)
	占比	海外专利占比	
中国	5.75%	5.27%	美国(45.27%)、日本(13.66%)、EPO(11.11%)
美国	21.77%	61.13%	EPO(15.25%)、日本(15.03%)、加拿大(10.72%)
日本	18.42%	60.93%	美国(27.09%)、EPO(17.04%)、德国(11.67%)
韩国	16.88%	49.63%	美国(24.89%)、日本(13.98%)、中国(13.33%)
德国	18.78%	86.41%	美国(26.07%)、EPO(18.47%)、西班牙(9.35%)
法国	18.91%	87.06%	美国(24.06%)、EPO(15.60%)、德国(9.67%)
英国	17.23%	95.72%	美国(26.78%)、日本(12.05%)、EPO(10.19%)

分析PCT专利申请人数据表明（图7），美国、日本、中国和韩国是主要专利来源国。其中，我国申请人专利布局主要集中于农业食品领域的技术创新，而在其他领域的布局相对有限。在提交超过30项PCT专利的37个申请机构中，美国占11个、日本10个，韩国4个，德国、法国和丹麦

表5 在华专利海外输入情况

Table 5 Patents entering China

国家	关键底层技术	医药健康	化工材料	农业食品	能源环保
美国	85	200	161	111	188
日本	15	150	162	135	116
韩国	15	28	81	22	38
德国	10	40	67	25	25
荷兰	8	31	25	45	53
法国	5	21	17	25	47
瑞士	7	28	16	31	18
丹麦	3	17	17	29	20
英国	16	24	12	8	18
加拿大	2	15	5	6	14

各占2个，而中国仅有江南大学提交了相关国际专利申请（图7）。

解析各国关键底层技术专利布局（图8），主要集中在元器件构建、底盘细胞构建、基因编辑系统和DNA测序合成与组装领域。美国在所有关键底层技术领域占据优势，尤其是底盘细胞构

建、基因编辑系统、元器件构建、DNA测序合成与组装。中国专注于DNA测序和合成技术、代谢工程改造和高通量平台。英国重点发展底盘细胞和元器件构建，德国则聚焦底盘细胞构建、DNA测序合成与组装，以及非天然编码与合成生物体系。

### 3 科研成果转化竞争态势

科研成果转化是衡量一个国家创新能力和产业竞争力的关键指标。合成生物学作为21世纪最具颠覆性的前沿科技领域之一，其科研成果转化效率直接影响着国家在生物经济领域的战略主动权。高效的科研成果转化不仅能够加速创新技术的产业化应用，推动生物经济发展，还能够促进产业结构优化升级，创造新的经济增长点。在国际竞争日益激烈的形势下，建立完善的科研成果

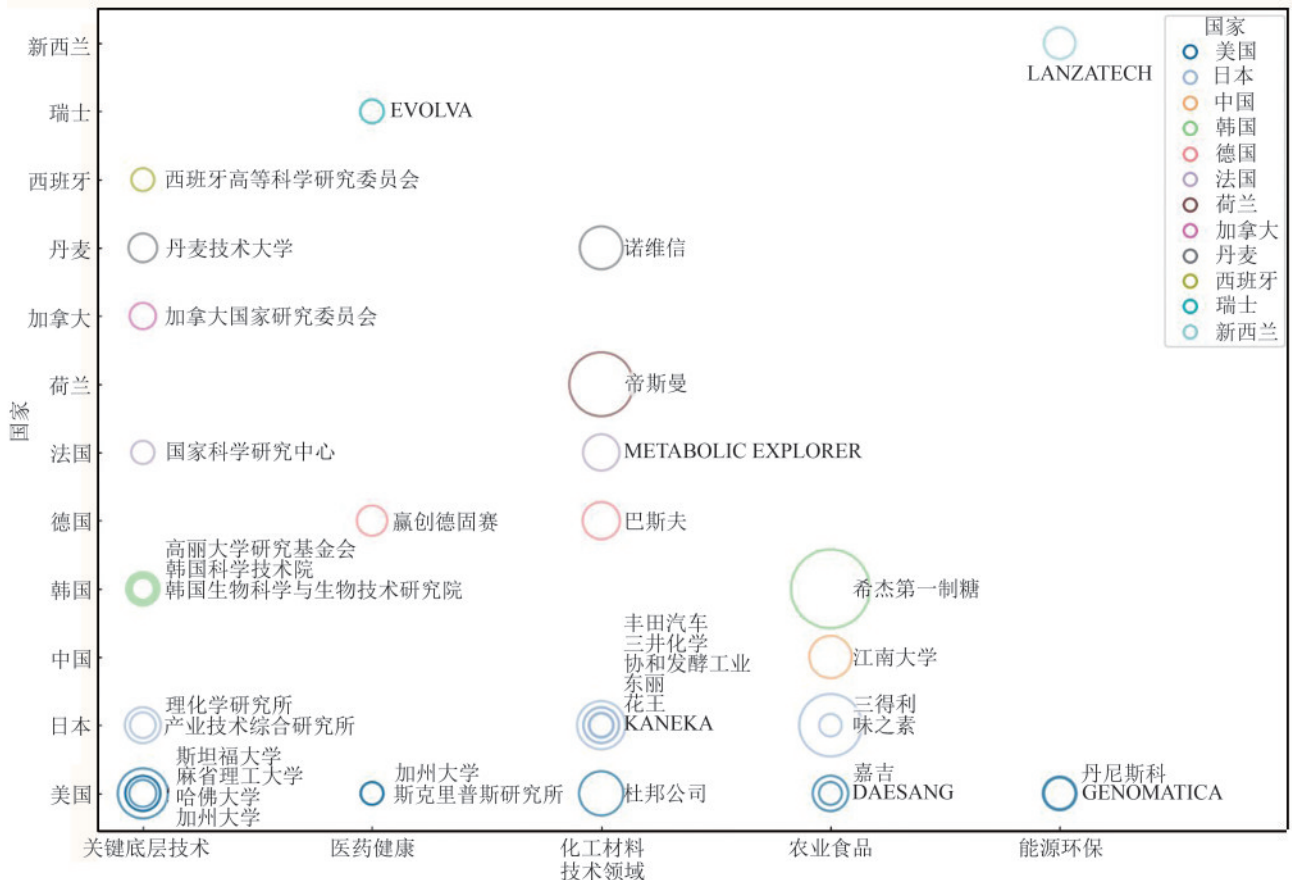


图7 PCT专利主要专利申请人

Fig. 7 Major PCT patent applicants



图8 主要国家PCT专利关键底层技术分布

Fig. 8 PCT patent core technology distribution by country

转化体系，打通从实验室到市场的创新链条，对于提升国家竞争力、实现生物技术自主创新具有重要的战略意义。

美国建立了多层次、系统化的科技成果转化体系，在合成生物学科成果转化方面处于领先地位。该体系包含以下几个关键要素：①拥有强大的科研基础设施，如美国能源部的敏捷生物工厂（Agile BioFoundry, ABF）等先进实验平台，为基础研究和技术开发提供支持；②建立了完善的中试体系，通过生物工业制造和设计生态系统（BioMADE）等项目构建产学研合作网络，推动技术从实验室向工业化规模转化；③形成了活跃的创业生态，美国加利福尼亚定量生物科学研究所（QB3）和IndieBio等孵化器为初创企业提供实验室空间、技术指导 and 融资对接等全方位支持；④获得持续的政府支持，美国能源部、国防部等机构通过项目资助和政策引导，推动合成生物技术实现商业化。

欧洲以可持续发展和环境友好为核心理念，为合成生物学科成果转化提供良好的孵化环境。在基础设施建设方面，欧洲生物基地中试工厂

（BBEPP）等专业中试平台为技术放大和产业化提供重要支撑。在区域协同创新层面，欧盟通过跨国合作项目和资金支持，促进成员国间的技术交流，并通过Pilots4U项目整合欧洲中试平台资源。在产学研融合方面，英国过程创新研究中心（CPI）、德国弗劳恩霍夫化学-生物技术过程中心（Fraunhofer Center for Chemical-Biotechnological Processes）等研究机构与高校和企业紧密合作，有效推动技术转化。此外，英国合成生物学创新知识中心（SynbiCITE）等孵化器和荷兰代尔夫特生物技术园区等科技园区为创业企业提供全方位支持。在政策层面，欧盟统一制定生物技术发展战略和标准体系，为产业发展奠定了坚实的制度基础。

我国正在积极推进合成生物学科成果转化工作。我国在基础研究和技术开发能力建设方面已经取得显著提升，已建有20多个国家级合成生物学相关重点实验室和研究平台<sup>[39]</sup>，又专门设立合成生物研究重大科技基础设施（深圳）、国家合成生物技术创新中心（天津）等重要平台（表6）。但我国在科技成果转化方面还面临诸多挑战：

表6 全球合成生物学产业代表性平台设施<sup>[40]</sup>Table 6 Representative platform facilities of the global synthetic biology industry<sup>[40]</sup>

分类	中国	国外
技术创新平台	合成生物研究重大科技基础设施(深圳) 国家合成生物技术创新中心(天津) 上海合成生物学创新中心	美国敏捷生物工厂厂(Agile BioFoundry, ABF) 英国过程创新研究中心心(The Centre for Process Innovation, CPI) 丹麦诺和诺德基金会生物可持续发展中心(The Novo Nordisk Foundation Center for Biosustainability, DTU Biosustain)
中试放大平台	天津华熙生物平台 江苏华泰疫苗平台 北京千升级中试基地 深圳合成生物产业园	美国生物工业制造和设计生态系统(BioMADE) 欧盟Pilots4U 英国生物试点项目(BioPilots UK)
产业孵化平台	中关村生命科学园孵化器 滨海新区生物制造谷 上海徐汇基地 成都天河园孵化基地	英国合成生物学创新知识中心(SynbiCITE) 荷兰代尔夫特生物技术园区(Biotech Campus Delft) 美国IndieBio

(1) 知识产权运营管理机制不完善, 专业服务平台稀缺

2022年, 我国在天津成立了首个合成生物产业知识产权运营中心, 实施从实验室技术创新到产业化应用的知识产权穿透式管理, 已发布二氧化碳人工合成淀粉、酶促DNA合成等329项专利成果清单, 并设立产业基金体系推动技术转化, 服务合成生物企业120多家, 技术合同金额达24.6亿元<sup>[41]</sup>。尽管如此, 我国专业知识产权服务平台的数量仍显不足, 知识产权孵化效果有待继续优化。

(2) 中试放大平台建设方面, 现有设施尚未满足产业发展需求

目前全国生物相关的中试平台数量已超过200个, 但主要以企业专有平台为主, 公共服务平台供给不足。2024年华熙生物建成的大型中试转化平台虽有64条生产线, 但主要服务于自身生物活性物质生产, 跨领域服务能力有限<sup>[42]</sup>。此外, 中试平台呈现明显区域分布差异: 华东地区(如上海、浙江)和华北地区(如天津、山东)占主导, 而中西部仅有成都、武汉布局相关中试平台, 目前跨区域共享机制尚未形成。

(3) 产业生态建设方面, 专业孵化器数量尚显不足, 创新技术资源配置仍需优化

根据工业和信息化部火炬高技术产业开发中心2018—2022年的数据, 在1953家国家级科技企业孵化器中, 生物科学相关的仅有56个。截至2022年, 尽管我国拥有超过200家生物医药产业园

区, 但这些园区主要服务于医疗器械和制药领域<sup>[43]</sup>, 且资源主要集中在抗体药物、疫苗等成熟产品上, 对于mRNA等创新药、天然产物、生物农业、未来食品等领域的支持力度仍需加强。

## 4 我国合成生物学发展面临的主要问题

### 4.1 战略定位与政策协调有待完善

合成生物学作为未来产业, 应坚持“市场主导、国家引导”的基本原则。政府应发挥战略引导和政策支持作用, 推动关键底层技术突破和产业化发展。目前, 我国在合成生物学领域的政策框架和长期规划仍需完善, 尤其需要加强跨部门、跨领域的协调机制。随着行业快速发展, 制定专门的国家级战略规划将有助于激发市场活力, 提升产业创新能力和国际竞争力。通过借鉴美国、欧盟各国的经验, 我国可进一步优化政策支持体系, 构建更加开放、高效的创新生态。

### 4.2 技术创新待推进

我国合成生物学基础研究呈现良好发展态势, 然而在若干关键底层技术领域仍面临挑战。虽然科研产出持续增长且涌现诸多高质量原创成果, 但在生物分子元件设计、工程细胞创制及数字细胞模型等核心领域与国际领先水平相比尚存差距。鉴于美国已通过《商业管制清单》与《关键和新

兴技术清单》对合成生物关键底层技术和设备实施管控，并限制中国研究人员访问重要数据库，这使得我国在合成生物学关键底层技术方面面临自主可控的压力，产业链和供应链存在潜在风险。有鉴于此，我国需要系统性强化前沿技术研发布局并加大创新投入，着力提升关键底层技术的自主创新能力。

### 4.3 专利布局待优化

我国在合成生物学领域的专利布局逐步扩大，但国际化进程有待推进。高价值专利比重有提升空间，关键底层技术领域的专利储备仍需加强，特别是在元器件构造、底盘细胞构建和基因编辑系统等底层技术方面。知识产权管理机制尚不完善，专利的维护、运营和转化体系需要进一步优化。同时需要审慎应对国际技术壁垒，建立战略性知识产权保护措施。

### 4.4 科研与市场衔接需加强

我国合成生物学科技成果主要来自高校和科研机构，这些成果虽具有较高学术价值，但往往缺乏系统性思维和产业化视角，大多数研究源于学科内部技术问题，而非实际市场需求，造成科技成果呈现“碎片化”特征，难以形成完整的产业化方案。产业化并非简单的线性过程，而是一个跨学科重构的过程——这如同搭建精密机器，需要从市场需求出发，通过逆向思维整合各个技术模块，最终形成完整的创新体系。企业作为把握市场需求的主力军，具有敏锐的市场洞察力和灵活的创新机制。然而，与欧美国家相比，我国企业在合成生物学领域的创新主导作用仍需加强。企业在研发创新和产业化过程中参与度不足，尤其是底层技术研发投入有限，企业与科研机构的协同机制和产学研合作需要完善提升，在高端应用和关键底层技术方面与国际领先水平仍有差距。

### 4.5 产业生态有待完善

我国合成生物学领域虽然已建立部分创新平台和产业园区，但产业转化效率仍需提升。主要

挑战包括：技术转移和知识产权交易平台建设有待加强，科技成果市场化通道仍需完善；中试设施的规模和区域布局需要优化，以更好地支持企业技术放大和产业化需求；专业孵化平台数量不足，对新兴技术领域的支持力度需要加大；此外，现有的合成生物产业集群主要依靠政府引导形成地理空间聚集，但与区域特色资源优势的协同度不足，产业集群间的协作网络体系尚未完全成熟。

## 5 我国合成生物学未来发展建议

生物制造已成为当前全球科技竞争的制高点，其中合成生物学作为推动生物制造的关键底层技术，是世界主要科技发达国家的战略必争领域。对照国内产业发展需求和国际科技竞争要求，我国合成生物学领域的创新能力还未能完全匹配。针对上述现状，提出以下发展建议：

### (1) 完善顶层布局与政策体系

建议制定专项国家级战略规划，明确界定合成生物学在国家生物安全和生物制造体系中的战略地位。在总结《“十四五”生物经济发展规划》实施经验的基础上，结合当前形势，科学制定“十五五”合成生物学发展指导方针，为产业发展提供政策保障。建立由国内外权威专家组成的技术预见团队，系统评估发展路径、关键技术、重要里程碑及潜在风险，并通过白皮书形式向行业发布指导意见。完善政策框架体系，构建覆盖基础研究、技术创新及产业化应用的全链条支持政策。加强部门间协作，优化科学技术部、工业和信息化部、发展和改革委员会等部门在研发、中试转化和产业培育方面的协调机制。指导地方依据生物资源特点制定差异化发展战略，实现国家顶层设计与地方创新的有机结合，促进产业协调发展。

### (2) 系统推进关键底层技术突破

为提升我国在合成生物学领域的核心竞争力，建议系统性推进研发资助工作，重点布局以下战略方向：以核酸设计和蛋白调控为重点开展前沿技术研究，构建多层次、多功能的生物元件库体系；大力发展数字细胞建模技术，整合多组学数

据和人工智能算法,搭建新一代智能化细胞工程平台;在无细胞体系构建和人工合成细胞等优势领域,加大投入力度,打造具有国际影响力的创新平台;针对类器官工程、器官芯片研发和多器官仿生系统等前沿领域,加强战略部署和资源投入,缩小与国际先进水平的差距;推进生物系统与群落建模预测技术创新,开发先进计算模拟工具和智能控制方法,实现复杂生物系统和群落的精准调控与优化;重视生物成像等高端科研仪器设备制造,通过自主创新和产学研协同,实现关键核心技术和重要设备的国产化突破。同时,建议建立常态化的技术评估与预见机制,科学制定攻关路线图,配套相应保障措施。通过建立持续稳定的财政支持体系和科学的绩效评估机制,切实激励科研人员产出高质量创新成果。

### (3) 建立知识产权全链条管理体系

积极优化合成生物学领域的知识产权管理体系。制定科学严谨的知识产权发展指南及技术突破路线图,系统性指导企业与研究机构在基因元件设计、底盘细胞构建、基因编辑系统及高通量平台等底层技术领域实现突破。加强高价值专利在国际市场的战略布局,重点布局美国、欧盟、日本等主要成熟市场,同时积极探索新兴市场机会。推行精细化的专利管理与评估机制,合理配置资源,确保高价值专利比例持续提升。建立科学完善的技术成果管理制度,实施富有吸引力的激励方案,有效调动科研人员的创新与转化积极性。推动企业间建立协同联盟,实现专利信息与法律资源的高效共享,共同提升知识产权竞争实力。

### (4) 明确和强化企业科技创新主体地位

科技创新体系必须明确并持续强化企业作为创新主体的核心地位。要充分发挥科技领军企业的示范带动作用,积极支持和鼓励中小企业和民营企业参与科技创新,为企业牵头或参与国家重大科技项目提供必要支持和保障。同时,要着力构建企业与高校、科研机构之间的紧密合作关系,建立长期稳定的协同创新机制。通过面向产业实际需求共同凝练关键科技问题、联合开展技术攻关、协同培养创新人才等方式,切实推动以企业为主导的产学研深度融合,形

成创新要素高效流动、各方优势充分发挥的创新生态体系。

### (5) 坚持“国家引导、市场主导”推动创新生态建设

在创新体制建设中,要坚持“国家引导、市场主导”的基本原则,通过政策引导与市场机制双轮驱动创新发展。以市场需求为导向,构建全国性创新网络体系,整合科研院所、高校及企业资源,促进区域间协同创新。支持国家大学科技园设立合成生物学验证中心和技术转移机构,建设完整的技术验证平台体系,实现从实验室到产业化的顺畅衔接。完善专业化技术转移和知识产权交易服务体系,引进专业技术经理人才,提升成果转化效率。设立合成生物产业引导基金,重点支持初创企业,通过创新创业大赛发掘优质项目。在重点区域规划建设众创空间和科技企业孵化器,打造产业先导区,通过政策支持和服务保障,发挥创新平台和产业园区的集聚效应。

## 参 考 文 献

- [1] “中国学科及前沿领域发展战略研究(2021—2035)”项目组. 中国合成生物学2035发展战略[M]. 北京: 科学出版社, 2023. Research Group of “China’s Discipline and Frontier Field Development Strategy (2021—2035)”. China’s synthetic biology development strategy 2035[M]. Beijing: Science Press, 2023.
- [2] RABINOVITCH-DEERE C A, OLIVER J W K, RODRIGUEZ G M, et al. Synthetic biology and metabolic engineering approaches to produce biofuels[J]. Chemical Reviews, 2013, 113(7): 4611-4632.
- [3] MEZZINA M P, MANOLI M T, PRIETO M A, et al. Engineering native and synthetic pathways in *Pseudomonas putida* for the production of tailored polyhydroxyalkanoates[J]. Biotechnology Journal, 2021, 16(3): 2000165.
- [4] SMANSKI M J, ZHOU H, CLAESEN J, et al. Synthetic biology to access and expand nature’s chemical diversity[J]. Nature Reviews Microbiology, 2016, 14(3): 135-149.
- [5] CRAVENS A, PAYNE J, SMOLKE C D. Synthetic biology strategies for microbial biosynthesis of plant natural products [J]. Nature Communications, 2019, 10: 2142.
- [6] GALANIE S, THODEY K, TRENCHARD I J, et al. Complete

- biosynthesis of opioids in yeast[J]. *Science*, 2015, 349(6252): 1095-1100.
- [7] CUBILLOS-RUIZ A, GUO T X, SOKOLOVSKA A, et al. Engineering living therapeutics with synthetic biology[J]. *Nature Reviews Drug Discovery*, 2021, 20(12): 941-960.
- [8] KE J, WANG B, YOSHIKUNI Y. Microbiome engineering: synthetic biology of plant-associated microbiomes in sustainable agriculture[J]. *Trends in Biotechnology*, 2021, 39(3): 244-261.
- [9] GUPTA A, LEE S G, SUNG B H, et al. Advancing biofoundry development: strategies and challenges[J]. *Biotechnology and Bioprocess Engineering*, 2024, 29(5): 771-778.
- [10] Engineering Biology | EBRC Research Roadmap[EB/OL]. [2025-01-20]. <https://roadmap.ebrc.org/2019-roadmap/>.
- [11] LEE E D, AURAND E R, FRIEDMAN D C, et al. Engineering microbiomes-looking ahead[J]. *ACS Synthetic Biology*, 2020, 9(12): 3181-3183.
- [12] Engineering Biology & Materials Science | EBRC Research Roadmap[EB/OL]. [2025-01-20]. <https://roadmap.ebrc.org/2021-roadmap-materials/>.
- [13] The United States innovation and competition act of 2021 [EB/OL]. (2021-06) [2025-01-20]. <https://www.democrats.senate.gov/imo/media/doc/USICA%20Summary%205.18.21.pdf>.
- [14] NSF 17-557: Semiconductor synthetic biology for information processing and storage technologies (SemiSynBio) | NSF-National Science Foundation[EB/OL]. [2025-01-20]. <https://new.nsf.gov/funding/opportunities/semisynbio-semiconductor-synthetic-biology-information-processing/505397/nsf17-557/solicitation>.
- [15] FACT SHEET: The United States announces new investments and resources to advance president Biden's national biotechnology and biomanufacturing initiative[EB/OL]. (2022-09-14)[2025-01-20]. <https://bidenwhitehouse.archives.gov/briefing-room/statements-releases/2022/09/14/fact-sheet-the-united-states-announces-new-investments-and-resources-to-advance-president-bidens-national-biotechnology-and-biomanufacturing-initiative/>.
- [16] FACT SHEET: Biden-Harris administration announces new bold goals and priorities to advance American biotechnology and biomanufacturing | OSTP[EB/OL]. (2023-03-22)[2025-01-20]. <https://bidenwhitehouse.archives.gov/ostp/news-updates/2023/03/22/fact-sheet-biden-harris-administration-announces-new-bold-goals-and-priorities-to-advance-american-biotechnology-and-biomanufacturing/>.
- [17] TESSY Achievements and future perspectives in synthetic biology[EB/OL]. (2008-12-1)[2025-01-20]. <https://publica-rest.fraunhofer.de/server/api/core/bitstreams/daa5268e-e26c-4d97-826e-2e1e90d2813b/content>.
- [18] Computational models of cell factories for a sustainable future [EB/OL]. (2021-05-14) [2025-01-20]. <https://ec.europa.eu/info/funding-tenders/opportunities/portal/screen/opportunities/horizon-results-platform/31543>
- [19] UK Synthetic Biology Roadmap coordination Group. A synthetic biology roadmap for the UK[EB/OL]. (2012-07) [2025-01-20]. [https://kclpure.kcl.ac.uk/ws/portalfiles/portal/8789550/tsb\\_syntheticbiologyroadmap.pdf](https://kclpure.kcl.ac.uk/ws/portalfiles/portal/8789550/tsb_syntheticbiologyroadmap.pdf).
- [20] MOLLOY J. UK synthetic biology strategic plan 2016 launched: biodesign for the bioeconomy[EB/OL]. (2016-02-24) [2025-01-20]. <https://www.engbio.cam.ac.uk/news/synbio-strategic-plan-2016>.
- [21] National vision for engineering biology[EB/OL]. [2025-01-20]. <https://www.gov.uk/government/publications/national-vision-for-engineering-biology>.
- [22] UK Government announces £100 Million fund for AI in life sciences and healthcare[EB/OL]. [2025-01-20]. <https://www.htworld.co.uk/news/uk-government-to-invest-100m-in-ai-for-healthcare-and-life-sciences/>.
- [23] 合成生物学が切り拓く技術領域と適用分野—日本における微生物発酵の歴史と知見をいかした新産業創出の可能性[EB/OL]. (2022-09) [2025-01-20]. [https://www.mitsui.com/mgssi/ja/report/detail/\\_icsFiles/afieldfile/2022/10/11/2209p\\_abe.pdf](https://www.mitsui.com/mgssi/ja/report/detail/_icsFiles/afieldfile/2022/10/11/2209p_abe.pdf).  
The technological domains and application fields opened up by synthetic biology—the possibility of creating new industries utilizing the history and insights of microbial fermentation in Japan[EB/OL]. (2022-09) [2025-01-20]. [https://www.mitsui.com/mgssi/ja/report/detail/\\_icsFiles/afieldfile/2022/10/11/2209p\\_abe.pdf](https://www.mitsui.com/mgssi/ja/report/detail/_icsFiles/afieldfile/2022/10/11/2209p_abe.pdf).
- [24] Australia's synthetic biology roadmap[EB/OL]. (2021-08) [2025-01-20]. <https://www.csiro.au/en/work-with-us/services/consultancy-strategic-advice-services/csiro-futures/future-industries/synthetic-biology-roadmap>.
- [25] NUS SynCTI cofounds the Global BioFoundry Alliance[EB/OL]. (2019-06-27) [2025-01-20]. <https://news.nus.edu.sg/nus-syncti-cofounds-the-global-biofoundry-alliance/>.
- [26] 张先恩. 中国合成生物学发展回顾与展望[J]. *中国科学: 生命科学*, 2019, 49(12): 1543-1572.  
ZHANG X E. Synthetic biology in China: review and prospects

- [J]. *Scientia Sinica (Vitae)*, 2019, 49(12): 1543-1572.
- [27] 刘陈立, 张先恩, 傅雄飞, 等. 合成生物学发展与展望[J]. 前进论坛, 2024(4): 57-62.  
LIU C L, ZHANG X E, FU X F, et al. Development and prospects of synthetic biology[J]. *Forward Forum*, 2024(4): 57-62.
- [28] 科技部关于印发《“十三五”生物技术创新专项规划》的通知[EB/OL]. [2024-08-13]. [https://most.gov.cn/xxgk/xinxifenlei/fdzdgknr/fgzc/gfxwj/gfxwj2017/201705/t20170517\\_132857.html](https://most.gov.cn/xxgk/xinxifenlei/fdzdgknr/fgzc/gfxwj/gfxwj2017/201705/t20170517_132857.html).  
Notice of the Ministry of Science and Technology on Issuing the “Special Plan for Biotechnology Innovation during the 13th Five-Year Plan” [EB/OL]. [2024-08-13]. [https://most.gov.cn/xxgk/xinxifenlei/fdzdgknr/fgzc/gfxwj/gfxwj2017/201705/t20170517\\_132857.html](https://most.gov.cn/xxgk/xinxifenlei/fdzdgknr/fgzc/gfxwj/gfxwj2017/201705/t20170517_132857.html).
- [29] 科技部关于印发国家技术创新中心建设工作指引的通告[EB/OL]. [2024-08-13]. [https://www.most.gov.cn/xxgk/xinxifenlei/fdzdgknr/fgzc/gfxwj/gfxwj2017/201711/t20171123\\_136430.html](https://www.most.gov.cn/xxgk/xinxifenlei/fdzdgknr/fgzc/gfxwj/gfxwj2017/201711/t20171123_136430.html).  
Notice of the Ministry of Science and Technology on Issuing the Guidelines for the Construction of National Technology Innovation Centers[EB/OL]. [2024-08-13]. [https://www.most.gov.cn/xxgk/xinxifenlei/fdzdgknr/fgzc/gfxwj/gfxwj2017/201711/t20171123\\_136430.html](https://www.most.gov.cn/xxgk/xinxifenlei/fdzdgknr/fgzc/gfxwj/gfxwj2017/201711/t20171123_136430.html).
- [30] 国家发展改革委关于印发《“十四五”生物经济发展规划》的通知[EB/OL]. [2024-08-13]. [https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2022-05/10/content\\_5689556.htm](https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2022-05/10/content_5689556.htm).  
Notice of the National Development and Reform Commission on Issuing the “14th Five Year Plan for the Development of Bioeconomy” [EB/OL]. [2024-08-13]. [https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2022-05/10/content\\_5689556.htm](https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2022-05/10/content_5689556.htm).
- [31] 国家发展改革委等部门关于印发《绿色低碳先进技术示范工程实施方案》的通知[EB/OL]. [2024-08-13]. [https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/202308/content\\_6899582.htm](https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/202308/content_6899582.htm).  
Notice from the National Development and Reform Commission and other departments on the issuance of the Implementation Plan for Green and Low Carbon Advanced Technology Demonstration Projects [EB/OL]. [2024-08-13]. [https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/202308/content\\_6899582.htm](https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/202308/content_6899582.htm).
- [32] 辛竹琳, 何微, 王晓梅, 等. 全球合成生物学专利发展格局及对中国的启示[J]. 农业展望, 2023, 19(7): 105-113.  
XIN Z L, HE W, WANG X M, et al. Landscape of synthetic biology based on global patents and its enlightenment to China [J]. *Agricultural Outlook*, 2023, 19(7): 105-113.
- [33] 江洪, 李晓南, 高倩. 合成生物学领域技术发展态势与研究进展[J]. 中国生物工程杂志, 2024, 44(5): 118-133.  
JIANG H, LI X N, GAO Q. Technology development trend and research progress of synthetic biology[J]. *China Biotechnology*, 2024, 44(5): 118-133.
- [34] 吴晓燕, 丁陈君, 陈方, 等. 合成生物学专利态势分析[J]. 科学观察, 2020, 15(1): 11-21.  
WU X Y, DING C J, CHEN F, et al. International patent analysis on synthetic biology[J]. *Science Focus*, 2020, 15(1): 11-21.
- [35] 合成生物学发展战略研究组. 合成生物学路线图-2030: 驱动下一代生物制造的引擎[M]. 北京: 科学出版社, 2024.  
Synthetic Biology Development Strategy Research Group. *Synthetic Biology Roadmap2023: Engine Driving Next-Generation Biomanufacturing*[M]. Beijing: Science Press, 2024.
- [36] 陈大明, 周光明, 刘晓, 等. 从全球专利分析看合成生物学技术发展趋势[J]. 合成生物学, 2020, 1(3): 372-384.  
CHEN D M, ZHOU G M, LIU X, et al. Analysis of global patents for the trend of synthetic biology inventions[J]. *Synthetic Biology Journal*, 2020, 1(3): 372-384.
- [37] 叶文力, 王建, 冯茜, 等. 我国高价值专利评估问题与指标模型构建[J]. 江苏科技信息, 2024, 41(14): 51-54, 84.  
YE W L, WANG J, FENG Q, et al. Evaluation issues and indicator model construction of high-value patents in China[J]. *Jiangsu Science and Technology Information*, 2024, 41(14): 51-54, 84.
- [38] 李凤侠. 基于简单专利族和BCP指数方法探讨专利“睡美人”的识别与分析[J]. 情报探索, 2021(3): 69-77.  
LI F X. Identification and analysis on “sleeping beauties” patents based on simple patent family and parameter free BCP index[J]. *Information Research*, 2021(3): 69-77.
- [39] 韩祺, 姜江, 汪琪琦, 等. 我国工业生物技术和产业的现状、差距与任务[J]. 生物工程学报, 2022, 38(11): 4035-4042.  
HAN Q, JIANG J, WANG Q Q, et al. The current situation and developmental trends of industrial biotechnology and biomanufacturing in China[J]. *Chinese Journal of Biotechnology*, 2022, 38(11): 4035-4042.
- [40] 吴晓燕, 陈方, 单耀莹, 等. 全球生物制造产业关键平台设施建设现状分析与思考[J]. 中国科学院院刊, 2025, 40(1): 116-126.  
WU X Y, CHEN F, SHAN Y Y, et al. Analysis and reflections on key platform facilities construction of global biomanufacturing industry[J]. *Bulletin of Chinese Academy of Sciences*, 2025, 40(1): 116-126.
- [41] 单晓冰. 中国合成生物产业知识产权运营中心28日在津揭牌[EB/OL]. [http://www.ce.cn/xwzx/gnsz/gdxw/202204/29/t20220429\\_37542205.shtml](http://www.ce.cn/xwzx/gnsz/gdxw/202204/29/t20220429_37542205.shtml).  
SHAN X B. China Synthetic Biology Industry Intellectual Property Operation Center was inaugurated in Tianjin on the

28th[EB/OL]. [http://www.ce.cn/xwzx/gnsz/gdxw/202204/29/t20220429\\_37542205.shtml](http://www.ce.cn/xwzx/gnsz/gdxw/202204/29/t20220429_37542205.shtml).

- [42] 万玉航. 全球最大的中试转化平台建成, 华熙生物引领生物制造走向 5.0 时代[EB/OL]. [https://tech.cnr.cn/techph/20240701/t20240701\\_526772386.shtml](https://tech.cnr.cn/techph/20240701/t20240701_526772386.shtml).

WAN Y H. The world's largest pilot-scale transformation platform has been built, leading the way for Huaxi Bio to usher in the 5.0 era of biomanufacturing[EB/OL]. [https://tech.cnr.cn/techph/20240701/t20240701\\_526772386.shtml](https://tech.cnr.cn/techph/20240701/t20240701_526772386.shtml).

- [43] 《2023 中国生物医药产业园区竞争力评价及分析报告》正式发布[EB/OL]. (2023-11-01)[2024-10-29]. <https://www.cncbd.org.cn/News/Detail/14325>.

The "2023 China Biomedical Industry Park Competitiveness Evaluation and Analysis Report" was officially released[EB/OL]. (2023-11-01) [2024-10-29]. <https://www.cncbd.org.cn/News/Detail/14325>.



**通讯作者:** 丁陈君(1981—),女,博士,副研究员。中国科学院成都文献情报中心生物科技战略研究中心副主任。长期致力于生物科技领域的科技战略、创新政策及战略情报研究,聚焦合成生物学等前沿技术领域发展趋势,为国家和企业战略决策提供关键依据,推动领域科技创新与战略布局。

E-mail: dingcj@clas.ac.cn



**第一作者:** 吴晓燕(1992—),女,助理研究员。专注于合成生物制造产业分析、市场与政策研究,对合成生物制造产业的发展动态、市场趋势和政策导向有深入研究,为推动合成生物制造产业的创新发展提供理论支持和政策建议。

E-mail: wuxy@clas.ac.cn