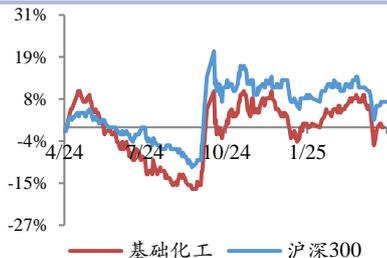


以生物造万物，构建 AI+新质生产力新业态 ——合成生物深度系列报告之一

行业评级：增持

报告日期：2025-04-21

行业指数与沪深 300 走势比较



分析师：王强峰

执业证书号：S0010522110002

电话：13621792701

邮箱：wangqf@hazq.com

分析师：刘天其

执业证书号：S0010524080003

电话：17321190296

邮箱：liutq@hazq.com

相关报告

1.合成生物学周报：科技部发布重点新材料研发与科技专项通知，中科院发布合成生物 AI 大语言模型 2025-04-20

主要观点：

● 合成生物学是生产力转型升级新方向

合成生物学是一门基于工程化的设计理念，结合生物学、化学、医学、农学、工程学、计算机与数据科学等交叉学科技术，旨在设计和构建新的生物系统，以实现特定的功能，其本质是让细胞为人类工作生产想要的物质。合成生物学和发酵工程的区别在于是否对细胞进行定向性干预，大幅提升微生物细胞工厂效率。目前合成生物学可合成的大宗化学品仅几十种，在整体基础化学品中的占比还非常有限，还无法颠覆性替代传统化工，但在部分领域有比较好的应用场景，具有战略与商业角度的优势，生物制造未来提升空间巨大。

● AI 赋能上游+政策推动落地，合成生物学东风将至

当前，国际合成生物学优势力量主要分布在美、欧等地，其政策对我国来说具备一定参考意义，国内也正以省市为单位进行政策端布局、提供路线指导与各类支持，随着生物制造产业落地的需求不断变强，新的纲领性文件有望出现，进一步指导行业发展、完成合成生物学产业的健康价值循环。另一方面，通过机器学习模型和算法，AI 可以在短时间内分析大量数据并对生物系统进行建模、仿真，从而快速评估设计方案和实验条件、预测与优化研发结果，减少实验的盲目性和重复性，随着国内 AI 技术不断发展，其将为合成生物学的研究提供有力支持。

● 三层产业链核心壁垒各不相同，国内投资机会丰富

全球合成生物学产业正处在高速发展期，合成生物学产业链环环相扣。对于合成生物学这类技术含量高的创新生产力行业，专利虽然重要，却难以概括合成生物学全部产业的核心壁垒。上游工具层企业聚焦于使能技术开发、核心壁垒在于技术带来的专业优势；中游平台层企业提供赋能型技术平台，核心资产集中于生物铸造厂、代码库、集合了多种知识的全工作流程生物实验室及细胞编程所需的数据库等物理及数字生物资产；下游应用企业则为各垂直行业带来创新产品，在此过程中把控大规模生产的成本、批间差及良品率等，是应用层企业的核心技术。相关企业【凯赛生物】【华恒生物】【梅花生物】【巨子生物】【嘉必优】【中粮科技】【蔚蓝生物】【川宁生物】等。

● 风险提示

产业化进程不及预期的风险；
菌种及配方泄露的风险；
法律诉讼的风险；
生物安全的风险；

道德伦理的风险；
下游认证不及预期的风险。

正文目录

1 合成生物学的发展脉络	6
1.1 合成生物学与传统发酵工程、基因编辑技术的区别	6
1.2 应用前景：部分替代传统化工+创造新增长空间	9
1.3 政策驱动+AI 赋能：合成生物学迎来新发展阶段	13
2 国家政策支持以及国内外差距（双碳政策）	16
2.1 海外政策情况	16
2.2 国内政策情况及展望	18
3 合成生物学产业链：应用层、平台层、工具层	20
4 合成生物的投资机会	23
4.1 关注技术突破的核心单品公司	23
4.1.1 凯赛生物：生物基新材料落地放量，投资 AI 技术平台赋能研发	23
4.1.2 华恒生物：生物法丙氨酸领军者	24
4.1.3 蓝晶微生物：领先的生物法功能分子和 PHA 新材料制造商	26
4.1.4 巨子生物：重组胶原蛋白领军者	27
4.1.5 帝斯曼：传统化工转型生物制造典范	28
4.1.6 华熙生物：透明质酸微生物发酵技术全球领先	29
4.1.7 嘉必优：发酵精细调控技术落地生物基产品	30
4.2 关注传统发酵企业的转型升级	30
4.2.1 梅花生物：氨基酸领军企业	31
4.2.2 中粮科技：玉米深加工企业转型	31
4.3 投资生物制造上游工具企业	33
4.3.1 弈柯莱生物科技：生物医药技术平台“研发+市场”双驱动	33
4.3.2 BOTA BIO：细胞铸造厂技术平台	34
4.3.3 微构工场：细胞工厂技术	35
4.4 逐渐发展的生物制造中游平台层企业	36
4.4.1 蔚蓝生物：酶制剂研发平台	36
4.4.2 川宁生物：抗生素发酵技术平台	36
4.5 相关公司估值	37
风险提示：	37

图表目录

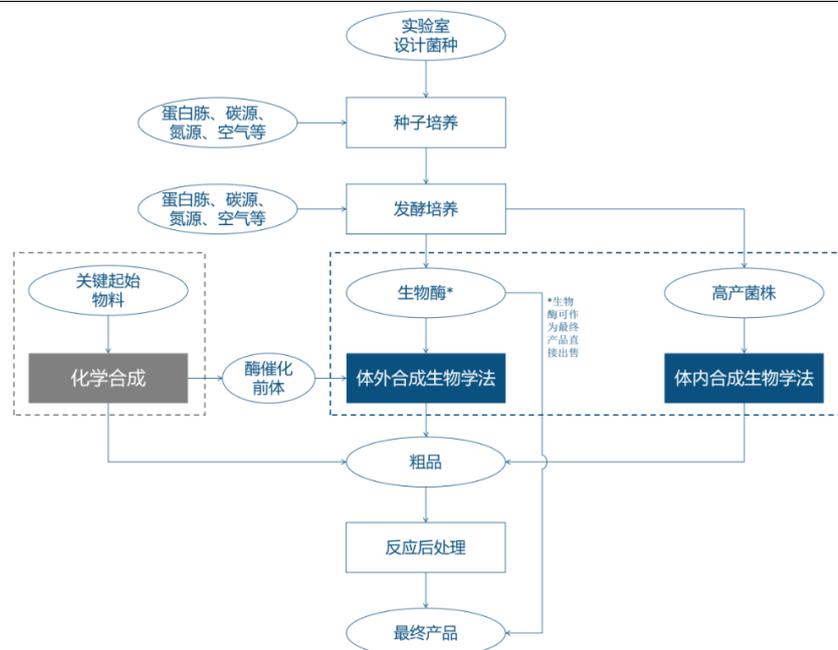
图表 1 生物制造的三种路径.....	6
图表 2 正向工程自顶向下路线构建微生物底盘细胞.....	7
图表 3 合成生物学可通过正向工程创造拥有新功能的菌种.....	7
图表 4 合成生物学技术链.....	8
图表 5 合成生物学发展使微生物细胞工厂效率大幅提升.....	8
图表 6 基因编辑技术应用于创制底盘细胞过程中的第二环节.....	9
图表 7 合成生物学与化工生产对比.....	9
图表 8 以异植物醇的合成路线为例：生物法从原子角度可替代化工法.....	10
图表 9 基因测序成本降低体现了奈特定律.....	11
图表 10 海内外化工企业积极布局合成生物学领域.....	11
图表 11 预计 2028 年全球合成生物学市场规模近 500 亿美元.....	12
图表 12 合成生物技术将在不同行业逐步完成工业化落地.....	13
图表 13 合成生物学发展历程.....	14
图表 14 合成生物学上游“设计-构建-测试-学习 (DBTL)”阶段中相关技术的中外差距.....	15
图表 15 AI 可以赋能合成生物学技术发展的各个环节.....	15
图表 16 近年来部分国家经济战略中的合成生物学.....	16
图表 17 美国《生物安全法案》企图以立法手段限制中国生物制造企业市场布局.....	17
图表 18 国内政策从三个层面推动合成生物学产业发展.....	19
图表 19 各省市积极出台系列政策支持发展.....	19
图表 20 合成生物学产业链各层核心壁垒.....	21
图表 21 企业图谱.....	22
图表 22 凯赛生物掌握优化生产所需的核心合成生物学技术.....	23
图表 23 凯赛生物研发支出保持较高占比.....	24
图表 24 凯赛生物毛利率净利率相对稳定.....	24
图表 25 华恒生物产品布局丰富.....	25
图表 26 华恒生物厌氧发酵 L-丙氨酸节能环保.....	26
图表 27 华恒生物厌氧发酵缬氨酸收率更高.....	26
图表 28 蓝晶微生物掌握多项 PHA 生产相关专利.....	27
图表 29 合成生物学技术平台赋能公司产品研发.....	27
图表 30 帝斯曼通过生物科技实现新产品突破.....	28
图表 31 法尼烯法 VE 工艺反应步骤简洁且环保.....	29
图表 32 公司采用微生物发酵技术生产的透明质酸质量参数全球领先.....	29
图表 33 嘉必优研发支出持续增长.....	30
图表 34 嘉必优拥有完善的研发架构.....	30
图表 35 梅花生物通过合成生物技术规模化生产多种氨基酸.....	31
图表 36 中粮科技董事会硕博占比九成 重视技术转型.....	32
图表 37 2021 年弈柯莱已具备多项医药类产品产能.....	33
图表 38 弈柯莱依照合成生物学研发逻辑建立 4 个实验室技术创新平台.....	34
图表 39 BOTA BIO 融资历程.....	35
图表 40 微构工场从技术平台向产品落地拓展.....	35
图表 41 公司纤维素酶产品可为纺织行业降本.....	36
图表 42 公司在菌种筛选及优化领域拥有数项国内领先技术成果.....	37

图表 43 相关公司估值.....37

1 合成生物学的发展脉络

合成生物学是一门基于工程化的设计理念，结合生物学、化学、医学、农学、工程学、计算机与数据科学等交叉学科技术，旨在设计和构建新的生物系统，以实现特定的功能。合成生物学本质是让细胞为人类工作生产想要的物质，秉持系统生物学“自上而下”的“分析”理念设计细胞工厂，结合“自下而上”的“建造”理念构建细胞工厂，形成闭环的正向工程。针对特定需求，合成生物学将运用微生物细胞工厂构建技术、微生物高效合成化学品的代谢调控机制、无细胞合成技术等主要技术工具，设计构建元器件或模块，通过这些元器件对现有自然生物体系进行改造和优化，或者设计合成全新可控运行的人工生物体系，最终满足需求。在实际生产路径上，合成生物学工艺主要包括以生物酶催化为核心的体外合成生物学法、以微生物细胞工厂为核心的体内合成生物学法，以及利用合成生物学技术优化部分原路径的化学合成法。

图表 1 生物制造的三种路径

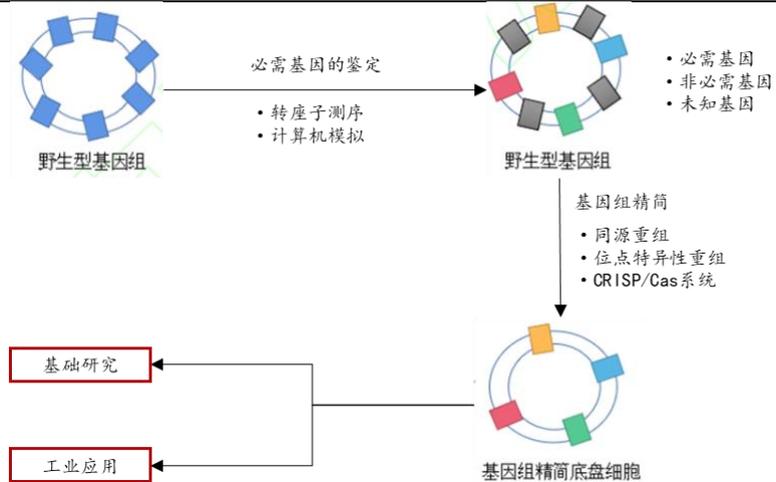


资料来源：奕柯莱招股书、华安证券研究所

1.1 合成生物学与传统发酵工程、基因编辑技术的区别

合成生物学和发酵工程的区别在于合成生物学可以对细胞进行定向性干预，将被动筛选转为主动设计，大幅提升细胞工厂代谢效率、更高效地生产目标物质。发酵反应是通过微生物（或动植物细胞）进行大规模的生长培养，使之发生化学变化和生理变化，从而产生和积累大量所需要的代谢产物的过程。与传统的微生物发酵相比，合成生物学技术加入后的进步之处在于它可以使代谢过程从反向工程优化到正向工程，不再培养大量菌种并筛选、以期获得高效生产细胞工厂，而是从需求入手，通过对代谢路径的重塑和工程化，直接改造细胞工厂，使底盘生物实现其特定的生物学功能。

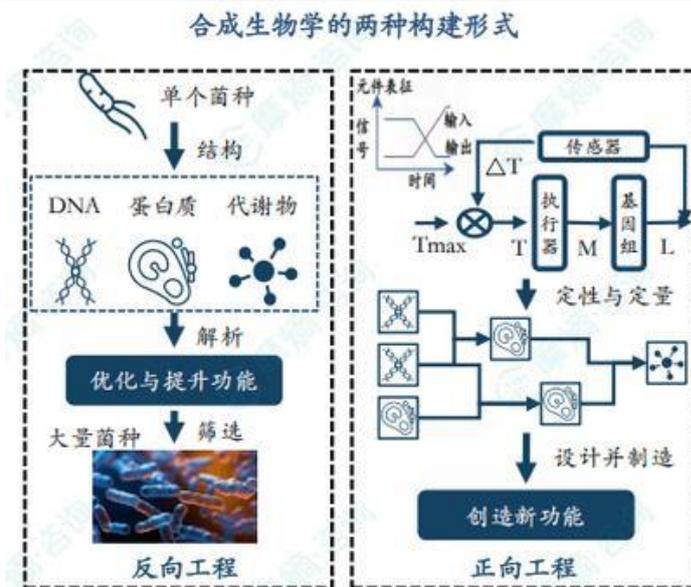
图表 2 正向工程自顶向下路线构建微生物底盘细胞



资料来源：《基于合成生物学微生物底盘细胞构建与优化的研究进展》孙天丽等，华安证券研究所

合成生物学为传统发酵提供了工程化、模块化、标准化的工具，提高了传统发酵的能力圈。在传统的发酵过程中，人们对细胞的认识比较有限、通过细胞功能确定生产产品，后续产品优化则主要来源于对菌种进行改造或大量筛选，进而研究 DNA、蛋白和代谢物对提升产品性能的影响。合成生物学出现后，人们可以对生物元件进行定性和定量，以此为基础重新组装元件，创造新功能。合成生物学的引入大大提高了传统发酵的能力圈，不仅可以利用相对简单的方法提高产品的质量 and 生产效率，还能生产原本不能生产或原本效率低下的产品。

图表 3 合成生物学可通过正向工程创造拥有新功能的菌种



资料来源：摩熵咨询，华安证券研究所

合成生物学的主要工具包括微生物细胞工厂构建技术、微生物高效合成化学品的代谢调控机制、无细胞合成技术。微生物细胞工厂（microbial cell factories, MCFs）是绿色生物制造的核心环节，也是合成生物学重要的产业化工具。利用微生物强大且多样的生化反应网络，通过对代谢路径的重塑和工

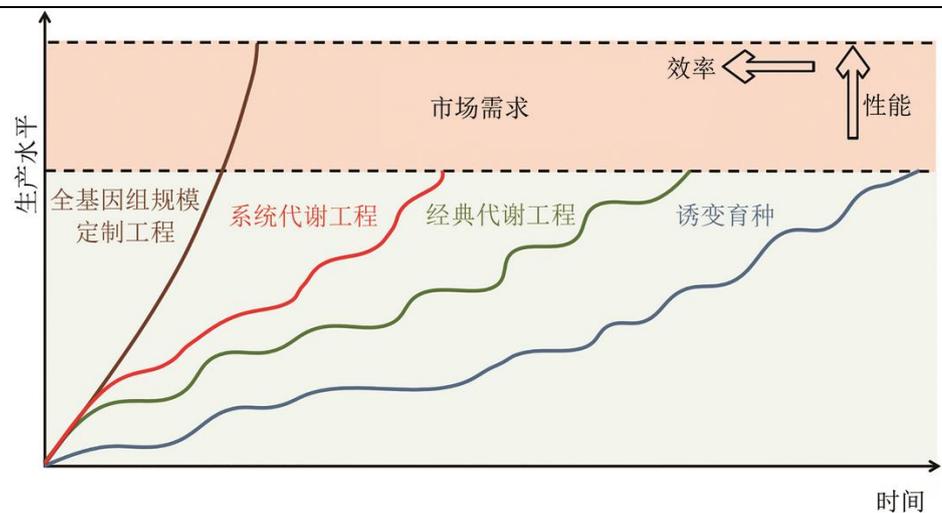
程化，可以将微生物细胞改造为能够以低价值可再生资源为原料生产各类产品的微生物细胞工厂，使底盘生物实现其特定的生物学功能。利用合成生物学方法对自然界中微生物进行改造可以提高其利用可再生生物质资源合成不同化学品的能力。也正因为这一特性，微生物细胞工厂适用于生产细胞代谢工程中的各类物质。

图表 4 合成生物学技术链



资料来源：求实药社，华安证券研究所

图表 5 合成生物学发展使微生物细胞工厂效率大幅提升

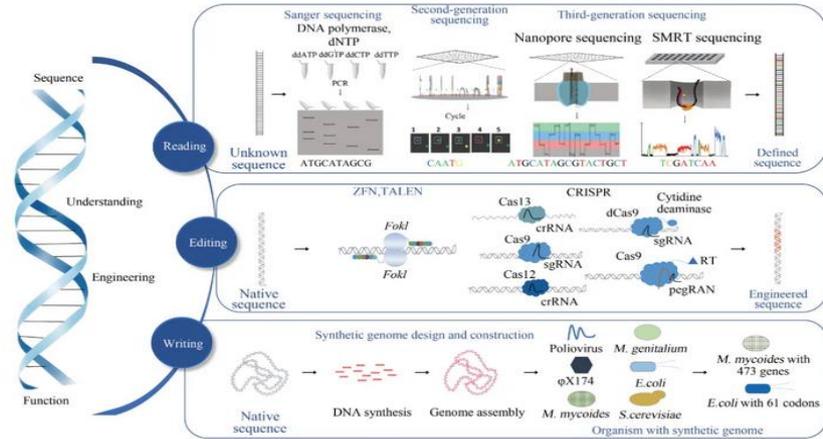


资料来源：《微生物细胞工厂的设计构建：从诱变育种到全基因组定制化创制》袁姚梦等，华安证券研究所

合成生物学与基因编辑技术包含范围不同，基因编辑技术是合成生物学改造微生物过程中使用到的技术工具之一。在生物化工产业链中，微生物细胞工厂是主要的反应单元。在改造或创制这些微生物的过程中，需要对底盘生物基因组进行“读-改-写”，使用基因“测序-编辑-合成”技术，精简、插入或重构底盘生物基因组。传统的基因编辑方法如同源重组，存在打靶效率低、操作时间长和操作繁琐等问题。为了解决这些问题，基因编辑技术从第一代锌指核酸酶(ZFN)、第二代转录激活样效应因子核酸酶(TAL effector)发展到目前的第三代 CRISPR-Cas 技术。目前广泛使用的 CRISPR-Cas 技术具有效率高、操作

快捷、效果准确等优点，是目前基因编辑的主流技术，已在多种生物体系中得到广泛应用。CRISPR 技术的出现，大大提高了基因组编辑的效率，同时降低了成本，使合成生物学的盈利成为可能。

图表 6 基因编辑技术应用于创制底盘细胞过程中的第二环节



资料来源：《基因组的“读-改-写”技术》王会等，华安证券研究所

1.2 应用前景：部分替代传统化工+创造新增长空间

生物制造是传统化工的有机补充，一方面可以替代部分长流程传统生产路径，另一方面也为部分优化到极限的化学工程法打开新的研究方向，使进一步降本增效变为可能；此外，合成生物学作为新技术也在各个领域有创新性的应用场景，亟待探索。广义上而言，合成生物学产业可被界定为以生物材料替代化石基材料、以生物技术路线替代传统化工技术路线的科技产业，是传统化工的有机补充。目前化学工程法中许多产品的工业放大装置、降本已经到达极限，市场空间平稳增长，产业急需高效低成本优质产品。未来，低碳低成本是工业发展的重要方向，合成生物学高效、低能耗、低碳、产品优质、原料可循环再生的优势符合这一趋势。目前生物制造还无法颠覆性替代传统化工，但在部分场景可以替代传统化工，尤其是一些集约程度高的长流程化学流程以及在生物代谢中能找到对应路径的产品。

图表 7 合成生物学与化工生产对比

	合成生物学	化学工程
核心技术	生物合成途径规模化解析、元件库建设、高通量组装和优化、人造系统的调试	化学催化过程、生产工艺包
原料来源	淀粉、纤维素、二氧化碳等可再生碳资源，具有情节、高效、可再生等特点	石油、煤等不可再生化石资源
反应条件	常温常压，反应条件温和	多需高温高压，反应条件严苛
技术壁垒	实验室验证阶段到产业化放大阶段技术瓶颈众多，一般需要经历漫长的研究探索和生产实践	技术发展相对成熟，新增技术较少，主要聚焦于现有技术的优化
技术特点	降低工业过程能耗、物耗，减少废物排放与空气、水、及土壤污	能耗较高，二氧化碳、废水等污染物排放量大，对环境的影响程

	染，以及大幅度降低生产成本	度更高
涉及学科	生物学、生物信息学、计算机科学、化学、材料学等多学科的交叉融合	化学、化学工程学、材料学等

资料来源：观研报告网、华安证券研究所

从微观的原子层面来看，生物制造有能力覆盖以化石资源为基础的传统工业制造产业产品，进行替代。天然生物有 300 万种分子或新材料尚待发掘，从小分子聚合物到生物大分子再到细胞和生物材料。据麦肯锡（McKinsey）统计，生物制造的产品可以覆盖 70% 化学制造的产品；据波士顿咨询（BCG）预测，到 21 世纪末，生物制造将应用于全球 1/3 的制造业，有望创造 30 万亿美元的经济价值。根据政府“十四五”生物经济发展规划系列解读二，生物制造产业是生物经济重点发展方向，未来十年间 35% 的石油化工、煤化工产品将被生物制造产品替代。

图表 8 以异植物醇的合成路线为例：生物法从原子角度可替代化工法

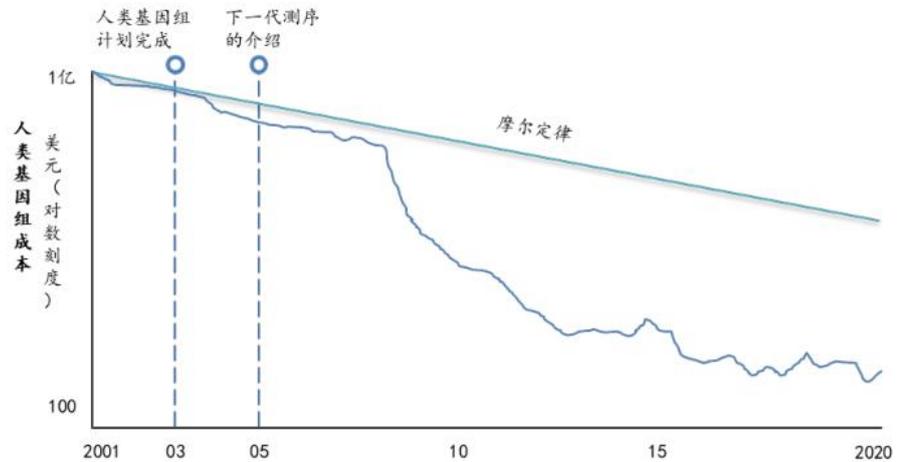
	路径名称	原料	中间体	反应方式
化学法	甲基庚酮路径	异戊醛、乙炔	甲基庚酮 (C ₈ H ₁₆ O)	以异戊醛为原料和乙炔反应合成甲基庚酮，在经过中间体二氢芳樟醇、二氢香叶基丙酮和二氢法尼基丙酮等各个中间体后，最终得到异植物醇
	甲基庚烯酮路径	丙酮、异丁烯、甲醛（巴斯夫法）/乙炔、丙酮（罗氏法）/异戊二烯、丙酮（异戊二烯法）	甲基庚烯酮 (C ₈ H ₁₄ O)、芳樟醇 (C ₁₀ H ₁₈ O)	以丙酮为原料，经甲基庚烯酮合成芳樟醇，经过加碳、还原得到异植物醇
生物法	法尼烯路径	糖类、乙醇	法尼烯 (C ₁₅ H ₂₄)	通过选择合适的菌种，提取出菌种发酵液，再纯化分离得到目标产物法尼烯，该化合物再通过氢化，羟基化的方法得到异植物醇。

资料来源：《维生素 E 合成路线研究进展》王子强等、华安证券研究所

实际生产中，相比化工生产，生物制造在战略与商业角度均具备优势，其原料易得、可循环，降本空间大，符合环保的经济发展方向。原料方面，生物制造的优势体现在易得与环保的特点上。传统化工生产依赖于石油、煤炭，不可再生且价格波动大，而且我国石油依赖进口，相较于生物制造的原料而言更不易得。而生物制造可使用清洁的生物质甚至 CO₂ 作为碳源，包括秸秆、玉米、高炉废气等。通过将碳源转化为糖、将糖作为生物基平台的原料基础，可以从源头解决生物制造原料和自给问题，最终产品会涵盖大宗、基础、精细、食品等领域，对目前部分传统生产体系实现大幅提升。据《中国合成生物产业白皮书 2024》，生物制造当前可实现平均节能减排 30%–50%，并具备未来达到 50%–70% 的潜力。成本方面，如同摩尔定律之于集成电路，合成生物学的“奈特定律”提出：每隔一段周期，技术的叠加会促使生物合成效率的提升、合成成本的下降。通过对菌种不断进行优化筛选，每年的副反应都会减少、转化率提升，产品生产成本降低，最终实现产品溢价。从更加长远的、环保发展战略的角度来看，生物制造过程中排出的有害物质少，推动生物制造发展也可以降低人们生产生活中对于石油基物质的依赖，缩小传统行业生产现状与未来

社会发展需求在资源攫取、生产效率、安全性以及环保等方面的巨大落差，实现更多领域的可持续发展。

图表 9 基因测序成本降低体现了奈特定律



资料来源：《中国合成生物产业白皮书 2024》，华安证券研究所

在实际产业落地过程中，当前化工企业纷纷布局合成生物学，产业转型升级在全球范围内已在进行中。在化工领域，合成生物学在生物基化学品的合成、生物材料、生物能源、现代农业、环境治理等领域有广泛的应用前景。近年来，合成生物学的技术进步不仅使一批合成生物学企业（例如：Ginkgo、Beam、Genomatica 等）得以成长，也令许多以传统化工、医药产品开发为主的企业（例如：BASF、Dupont 等）也将目光投向合成生物学，发展生物化工，开发出一系列生物基产品。目前合成生物学可合成的大宗化学品仅几十种，在整体基础化学品中的占比还非常有限，提升空间巨大。中短期内，产业内聚焦产品开发推广的应用层公司有望通过替代化学法更快实现生产盈利；而以技术研发、服务为主的平台层、工具层公司将在合成生物学行业生态建立起来后，通过更高效专业地为大量代工企业服务获利。

图表 10 海内外化工企业积极布局合成生物学领域

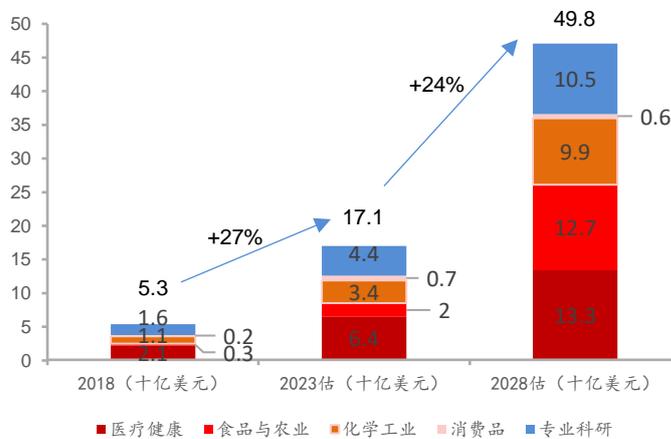
	企业	布局合成生物学举措
国外	巴斯夫	自研自产生物基琥珀酸、1,4-丁二醇及下游的四氢呋喃；投资合成生物公司恩和生物
	杜邦	合成生物学工艺商业化生产 1,4-丁二醇；自研自产 1,3-丙二醇（PDO）并将 PDO 聚合成的 Sorona 聚合物材料用于地毯及服装行业；与 ADM 公司合作，共同开发新型可再生材料生物基呋喃二羧酸甲酯
	住友化学	与 Zymogen 公司合作共同生产聚酰亚胺薄膜 Hyaline；投资合成生物学新兴企业 Conagen
国内	梅花集团	2011 年与国内科研机构合作开展合成生物高性能菌种开发工作，重新设计系列氨基酸菌种，大幅提升谷氨酸、赖氨酸和苏氨酸的生产转化率
	首钢集团	2011 年与 LanzaTech 成立合资公司，用合成生物学技术改良乙醇梭菌，用一氧化碳生产蛋白，创造了工业化条件下一步生物合成蛋白质收率 85% 的世界纪录

	万华化学	2020 年与天津科技大学成立合成生物学联合研究院，推动乳酸单体生物合成技术升级及关联技术研发
	中国石化	2021 年联手新和成探索生物合成蛋氨酸
	安琪酵母	2021 年和森瑞斯生物科技成立合资公司，推动以合成生物技术为基础的开发工业大麻和新材料橡胶的生产中试及其产业化项目

资料来源：《中国合成生物产业白皮书 2024》、华安证券研究所

合成生物学产业发展不仅将替代部分传统发酵、传统化工工业行业应用场景，也会创造新的发展空间。合成生物学产业在过去五年经历了高速增长，据 McKinsey 数据，合成生物学市场规模从 2018 年的 53 亿美元增长到 2023 年的超过 170 亿美元，平均年增长率达 27%，预计全球合成生物学市场在可见的未来仍将保持较快发展势头，将在 2028 年成长为体量达近 500 亿美元的全球型市场。

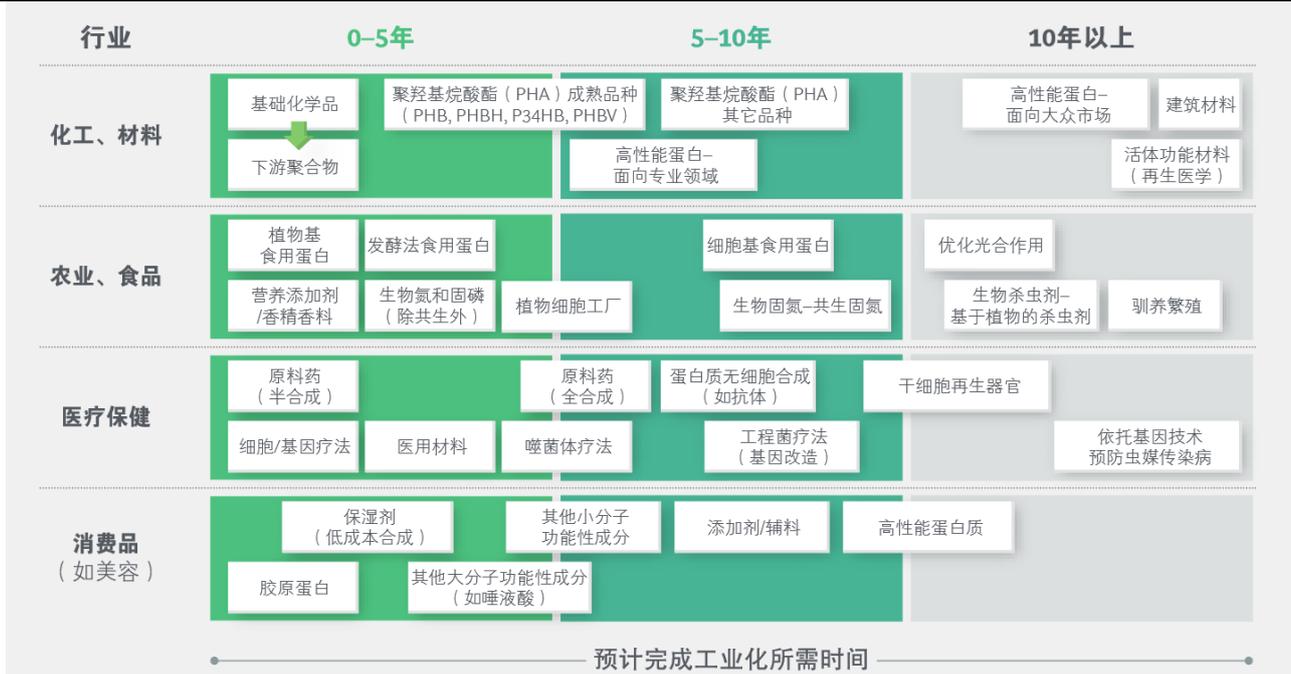
图表 11 预计 2028 年全球合成生物学市场规模近 500 亿美元



资料来源：《中国合成生物产业白皮书 2024》、华安证券研究所

合成生物技术将在不同行业逐步完成工业化落地，应用场景逐渐打开。据《中国合成生物产业白皮书 2024》，近五年内，生物制造工业化成果将主要围绕各大领域中先发探索话题的散点突破，如化学和材料中的部分基础化学品及聚合物，农业和食品中的少数食品添加剂、植物蛋白及发酵蛋白作为替代蛋白，医疗保健中创新细胞和基因疗法、部分原料药合成，以及消费品中的部分功能性小分子和重组胶原蛋白技术等；五至十年内，生物制造将围绕各大领域的应用进一步拓展，并实现部分全新子品类的技术突破和规模化生产，如材料领域的高性能蛋白、食品领域的细胞培养蛋白、农业领域的共生固氮技术、医药领域的工程菌疗法等；超过十年的远期来看，合成生物学一方面有望在热门应用领域和目前科研尚处早期/技术瓶颈较大的话题上实现工业化跑通，如活体功能材料、光合作用优化、器官再生等，另一方面，也预期将在生物质燃料、环保等新领域进一步发挥作用。

图表 12 合成生物技术将在不同行业逐步完成工业化落地



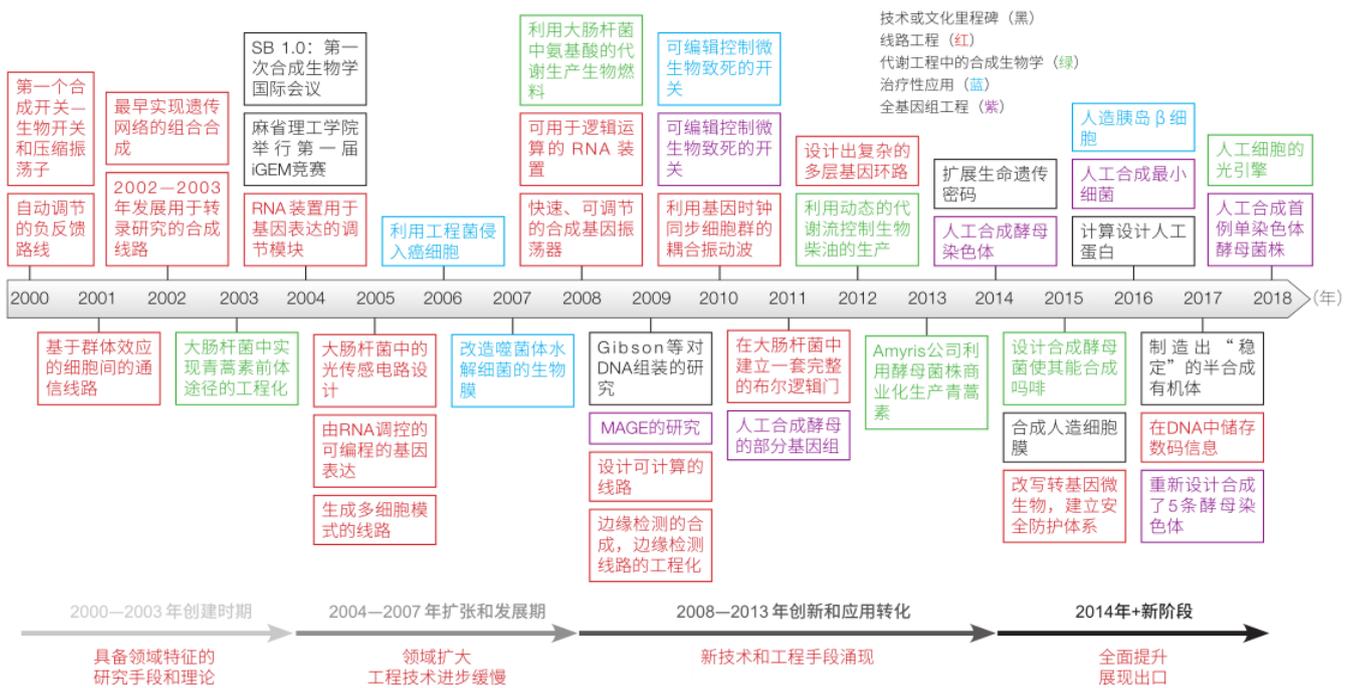
资料来源：《中国合成生物学产业白皮书 2024》、华安证券研究所

1.3 政策驱动+AI 赋能：合成生物学迎来新发展阶段

合成生物学的发展随着人类对基因认知的不断深入、基因技术的不断发展、各学科交叉融合，走向应用开发与商业化的新发展阶段。科学家尝试将生物学与工程学、物理科学、计算机科学、人工智能等理论相结合，合成生物学应运而生，被视为继 DNA 双螺旋结构发现和人类基因组测序计划之后的第三次生物技术革命，赋能传统工业制造产业，解决人类所面临的一系列环境问题。我国在“十三五”科技创新战略规划中，已将合成生物技术列为战略性前瞻性重点发展方向。麦肯锡全球研究院 (Mc-Kinsey Global Institute) 发布的研究报告将合成生物学列入未来十二大颠覆性技术之一的“下一代基因组学”之中。

21 世纪以来，合成生物学领域的基础研究、应用开发、产业投资相继进入快速发展期。其发展大体经历了四个阶段：（1）创建时期（2000—2003 年）：产生具备领域特征的研究手段和理论，特别是基因线路工程的建立及其在代谢工程中的成功运用。（2）扩张和发展期（2004—2007 年）：应用领域有扩大趋势，但工程技术进步比较缓慢。（3）快速创新和应用转化期（2008—2013 年）：涌现出的新技术和工程手段使合成生物学研究与应用领域大为拓展，特别是人工合成基因组的能力提升到了接近 Mb（染色体长度）的水平，而基因组编辑技术出现前所未有的突破。（4）发展新阶段（2014 年后）：工程化平台的建设和生物大数据的开源应用相结合，全面推动合成生物学技术创新以及相关应用的开发和商业化。

图表 13 合成生物学发展历程

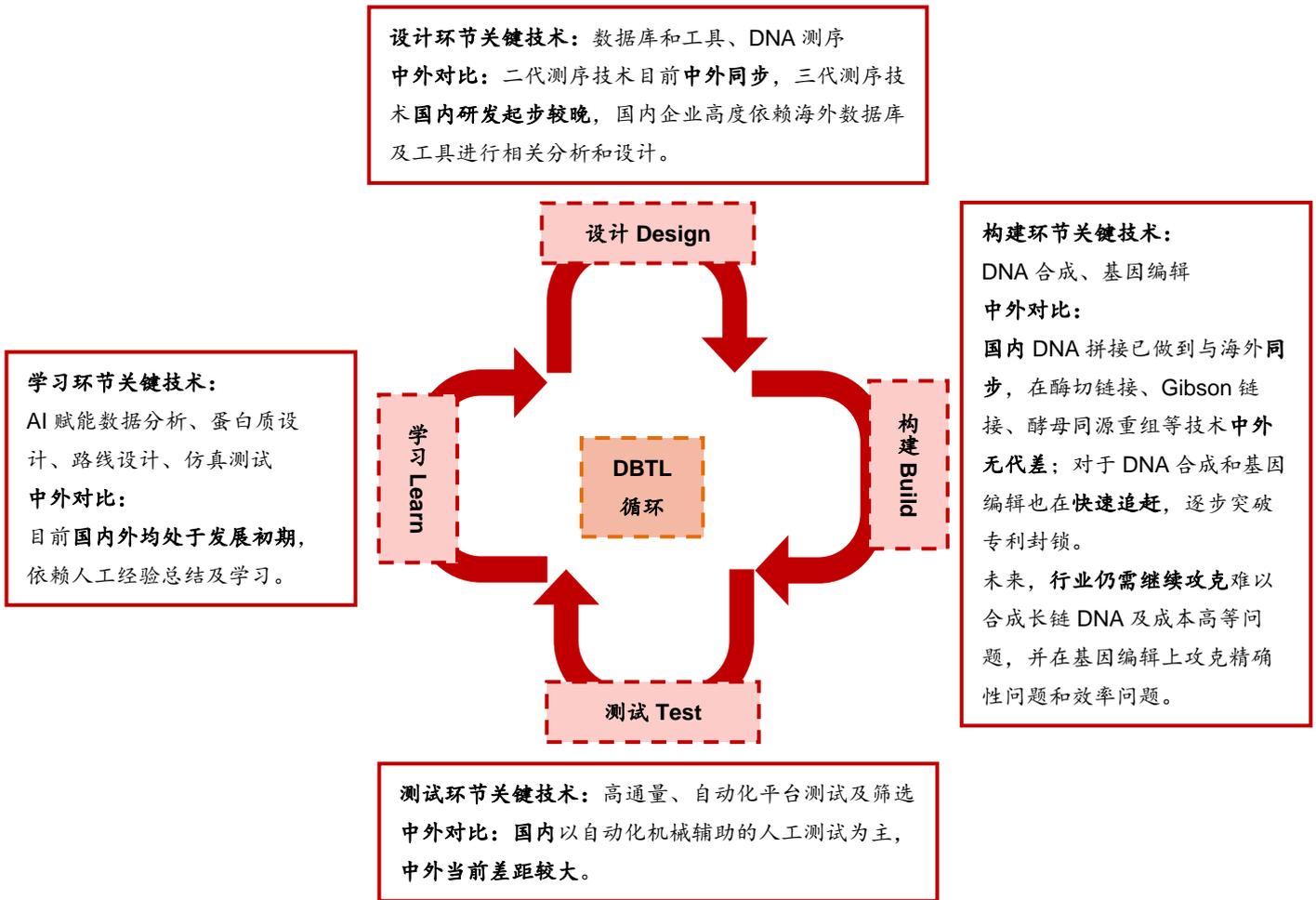


资料来源：《合成生物学：开启生命科学“会聚”研究新时代》赵国屏等、华安证券研究所

国内合成生物学产业目前处于部分龙头企业自发商业化获得成功、政策支持落地将近的关键时期，虽然相对海外市场起步较晚、技术方面有待积累，但在政策扶持加码、市场需求拉动、技术不断进步的推动下，国内合成生物学产业将不断开发应用场景，迎来新发展阶段。在合成生物学发展的大背景下，不同国家的生物制造产业发展呈现相似历程：技术突破—部分企业自发商业化—政策支持—建立生物制造市场。近年来，国内合成生物学公司融资加速、多家企业完成上市，产业进入快速成长期；生物制造相关政策频发，各主要省份均在加紧布局合成生物学产业集群，科研院所的发展也呈现出多点开花的态势；科技与产业的结合吸引了大量国际及国内资本对于本赛道的关注，而资本的注入正不断加速技术从实验室走向市场的进程。为成功实现商业化、促进行业发展，除了必要的政策端发力、创造机会为更多厂商提供加入市场的帮助扶持外，基础研究的持续积累不可或缺，为市场提供源源不断的新技术。

据《2024 中国合成生物产业白皮书》，在上游技术方面，国内仍有多项技术亟待追赶。合成生物学技术发展可视为 4 个阶段循环、推动技术螺旋式进步。设计 (Design) 是合成生物学 DBTL 策略的基础，即在前期已有知识的基础上遵循一定的规则，利用现有的标准化生物元件对基因、代谢通路或基因组进行理性设计。构建 (Build) 过程包括 DNA 合成、大片段组装以及基因编辑。测试 (Test) 是以高效、准确和经济的检测方法从实验室中存在大量的突变体或候选目标中选择最佳生物元件及组合，以及对合成生物学 DBTL 整个闭环的试错性检测，高效验证 DBTL 过程并快速积累数据和经验。学习 (Learn) 涉及数据收集整理、数据分析、结果可视化和建模分析等，为下一个循环改进设计提供指导。当前组学数据大量积累以及过程检测数据剧增，专用的公共数据库为数据的收集整理提供了极大的便利。

图表 14 合成生物学上游“设计-构建-测试-学习 (DBTL)”阶段中相关技术的中外差距



资料来源：《合成生物学时代基于非模式细菌的工业底盘细胞研究现状与展望》杨永富，耿碧男，宋皓月等、《中国合成生物学产业白皮书 2024》、华安证券研究所

近年来全球范围内合成生物学学科迅猛发展，人工智能 (AI) 的突破显著提高了合成生物学的底层研发效率，可以在短时间内分析大量数据并对生物系统进行建模、仿真，将在技术发展的 4 个环节赋能生物制造。AI 技术可以应用于合成生物学技术开发领域，利用计算机的大数据迭代和数据库测算，在模拟软件中实现数据分析、蛋白质设计、路线设计、仿真测试等，比如对功能蛋白、功能大分子的功能特性的测试、筛选，可以显著减少前期研发步骤、筛选转化率更高的有效菌种、降低研发成本。目前人工智能 (AI) 技术的合成生物学应用在国内尚处发展初期，依赖人工经验总结及学习。其中，数据分析、蛋白质结构预测及设计等尚未实现智能化，但海外在预测算法准确度、数据积累、不依赖注释预测算法等领域较为领先；在路线设计、仿真测试等合成生物学领域特有需求的技术开发方面，全球均未突破。

图表 15 AI 可以赋能合成生物学技术发展的各个环节

环节		应用	赋能点
Design	底盘细胞基因设计	人工智能技术通过结合已知的生物物理、机器学习和强化学习模型，预测基因结构对主体的影响，辅助基因线路设计；基于序列的模型和图卷积神经网络也得到了应用，用于将生物知识纳入深度学习模型、从蛋白质与蛋白质相互作用网络中预测蛋白质	人工智能应用于开发综合模型，减少需要进行的实验/设计的次数。

		的功能、或识别蛋白质的潜在结合位点、基因的表达和新的生物结构的设计。	
Build	代谢工程	人工智能已应用于几乎所有阶段，例如人工神经网络已被用于预测翻译起始位点，注释蛋白质功能，预测合成途径，优化多个外源基因的表达水平，预测调控元件的强度，预测 CRISPR 的指导效果等。	人工智能最有希望被应用于流程放大，这是该领域的一个重大瓶颈，以及下游处理（例如从发酵液中系统提取所产生的分子）。
Test&Learn	实验自动化	在帮助自动化实验室工作和推荐实验设计方面，人工智能不局限于 DBTL 周期的“学习”阶段。实验自动化帮助获得训练人工智能算法所需的高质量、大容量、低偏差数据，使得可预测的生物工程成为可能，从而获得快速迭代通过 DBTL 周期的能力。	人工智能用于减少生成实验室数据的障碍。

资料来源：《Artificial Intelligence for Synthetic Biology: The opportunities and challenges of adapting and applying AI principles to synbio.》Mohammed Eslami 等、华安证券研究所

2 国家政策支持以及国内外差距（双碳政策）

生物制造被视作新质生产力重要的新赛道和新业态，合成生物学的行业发展前景从原本的“碳中和”逻辑，逐步转变为“国内产业升级、发展优质新生产力的方向”，更加广阔。国家层面，自 2022 年《“十四五”生物经济发展规划》提出生物制造在 25 年应当成为“高质量发展的强劲动力”起，政策端的支持一以贯之。在部署 2024 年政府工作任务时，李强总理表示：国家要积极培育新兴产业和未来产业，加快创新药等产业发展，积极打造生物制造、商业航天、低空经济等新增长引擎，制定未来产业发展规划，开辟生命科学等新赛道，创建一批未来产业先导区。在 2024 年 4 月 26 日的中关村论坛年会上，北京化工大学校长、中国工程院院士谭天伟提到——目前由发改委牵头，工信部和科技部等国家部委正在联合研制国家生物技术和生物制造行动计划，并且有望在近期出台合成生物学国家级政策，“生物制造+”是其中的关键内容，有望进一步加快生物制造产业化落地。

2.1 海外政策情况

当前，国际合成生物学优势力量主要分布在美国、欧洲等地，相关国家先后将合成生物学发展定为重点发展产业，通过政策文件为生物制造产业提供助力。政策支持主要可分为：顶层设计中的指导类政策，具体落实中的规范类政策，设立研究中心、建设基础设施或提供资金等的支持类政策。

图表 16 近年来部分国家经济战略中的合成生物学

发布国家	时间	政策行动	类型	主要内容
美国	2022	《国家生物技术和生物制造计划》	规范类、支持类	分别从 11 个方面提出支持生物制造的具体政策，包括：扩大国内卫生、能源、农业和工业部门生物制造能力，鼓励生物基产品采购等，为合成生物学发展明确了技术路径；发布 20 亿美元投资计划，资助内容设计生物工业制造基础设施，生物制造在医药、能源、材料等行业应用，生物基产品市场化等

	2023	《美国生物技术和生物制造的明确目标》	指导类	白宫科学和技术政策办公室（OSTP）提出在20年内用生物基替代品取代塑料和商业聚合物，取代90%以上的塑料；通过合成生物学等方式扩大细胞疗法规模，并将制造成本降低10倍；在7年内减少农业甲烷排放30%等
英国	2021	《英国生命科学战略：构建生命科学生态系统》	指导类	英国已在合成生物学领域投资约4500万英镑，并希望计划一个独立小组制定相关技术路线图，为建立世界领先的合成生物学产业所需的行动提供建议
澳大利亚	2021	《国家合成生物学路线图：确定澳大利亚的商业和经济机会》	指导类	制定了2021—2040年推进国家合成生物学应用的远景规划：未来短期（2021-2025年）要提升合成生物学的应用能力，并论证其商业可行性；中期（2025-2030年）要推动合成生物学初步实现商业化发展，建立群聚效应；长期（2030-2040年）要重点发展由市场决定的合成生物学优先应用方向，实现相关产业的规模化增长的发展路线图。报告指出，合成生物学或将成为澳大利亚经济发展重要驱动力，可帮助澳大利亚建立具有成本效益的国内制造能力，增强供应链韧性，并保护国家免受新兴传染病或生物恐怖主义等生物威胁。
韩国	2022	《第五次科技总体规划/国家战略技术培育计划》	指导类	扩大合成生物学、数字生物技术等先进生物技术的研发；在12项关键技术之外，将合成生物学等列为未来有希望的技术领域；推出“国家合成生物学计划”，预期未来10年内促进30%的制造业向生物产业转型

资料来源：《基于产业视角的合成生物学发展态势研究》张拓宇等、《合成生物学赋能生物经济高质量发展的对策研究——以浙江为例》劳慧敏等、政府官方网站、华安证券研究所

另一方面，海外政策也影响着全球生物制造市场，直接或间接地影响国内合成生物学企业下游需求。美国《生物安全法》以美国国家安全为由，企图以立法手段干预正常市场秩序，限制中国生物制造企业出口，从而扩大美国本土公司在基因测序领域的垄断态势。截至2024年12月7日，美国参众两院推动《生物安全法案》进入2025财年NDAA以期尽快完成立法程序的意图受阻，但法案是否会落地、以何种形式对合成生物学企业产生影响，仍具有不确定性。基于市场对美国生物医药行业或将减少对国内供应链依赖的恐慌，这项法案自诞生以来已数次导致国内CRO板块股价异动。此种妨碍公平竞争的法律法规将促使中国政府加速国内生物制造市场拓展、配合供给端国产替代，进一步完成合成生物学产业完整、健康的价值循环。

图表 17 美国《生物安全法案》企图以立法手段限制中国生物制造企业市场布局

时间	事件	内容	影响
2022年9月	拜登政府签发关于生物制造的行政命令	该命令禁止美方对该以药明康德、药明生物、华大集团、华大智造等为首的中国生物技术公司进行投资，禁止美方购买此类公司的生物技术设备。	法案目的在于保持美国生物经济生物科技和生物制造的全球领先地位、为本国民众提供充足的工作机会； 美国生物医药企业对与中国合作的信心下降，9月13日国内CRO板块股价大跌，康龙化成跌超14%，凯莱英、药明康德跌停，博腾股份跌超9%，泰格医药盘中最高

			<p>跌超 9%，中证医疗指数跌逾 2%。</p> <p>3月7日，药明系股价开盘大跌，截至上午收盘，药明康德 A 股跌停、H 股跌超 15%，药明生物 H 股跌超 20%；法案草案引入八年豁免期，这意味着在法案生效后的第一阶段豁免期内，相关中国企业仍可以接收来自美国药企的新订单。但在第一阶段豁免期结束之后，直到 2032 年，这些企业将不再被允许接收新的订单，但仍可继续执行已签订的订单，鉴于法案通过和实施的不确定性，美方企业可能不与中国的生物制造企业签署新合同。</p>
<p>2023 年 3 月 6 日、5 月 15 日</p>	<p>参议院、众议院通过《生物安全法案》草案</p>	<p>新增长达八年的缓冲期条款，明确要求美国公司在 2032 年 1 月之前结束与药明康德、药明生物、华大集团、华大智造等中国生物科技公司的合作。</p>	
<p>2023 年 6 月</p>	<p>纳入 NAAD（《2025 国防授权法案》）未获得众议院规则委员会批准，《生物安全法案》目前不会进入众议院的 2025 国防授权法案的立法议程，其后续立法路径仍有待明确</p>	<p>这是该项法案能够被快速走流程和获得签署生效的一种尝试。</p>	<p>若通过，该法案将以国家安全为由限制美国生命科学公司与“与中国政府或其他指定外国政府有关系”的生物技术公司签订合同。</p>
<p>2024 年 12 月</p>	<p>《2025 财年国防授权法案》(NDAA)最终协议文本公布</p>	<p>美国国会参众两院军事委员会公布了《2025 财年国防授权法案》(NDAA)最终协议文本，该版本兼顾了众议院以及参议院两方的提案。NDAA 最新版本显示，生物安全法案未被列入其中。</p>	<p>生物安全法案试图“搭便车”进入 NDAA 的这条路径已受阻。</p>

资料来源：每日经济新闻、界面新闻、21 世纪经济报道、国科农研院、同花顺、华安证券研究所

2.2 国内政策情况及展望

国内以省市为单位进行布局、政策端提供路线指导与各类支持，随着生物制造产业落地的需求不断变强，新的纲领性文件有望出现、进一步指导行业发展。海外政策先在战略上明确合成生物学的重要性，政策落地过程中通过基础设施建设、设立研究机构及资金补助等方式支持企业，并不断弥补规范类文件的缺失。目前国内政策已充分强调合成生物学作为新质生产力的重要地位，处于政策落地阶段。省市层面上的措施是以上游技术研发为导向，形成以深圳、天津、上海为代表的三大合成生物学研发阵营，再从研发端向应用端转化。部分省市响应国家号召进行具体落实布局、形成合成生物学核心城市，体现了中国治理实践中的特色机制“政策试点”。在企业层面上，通过招商局以“具体问题具体分析”的方式连接企业与下游客户，打造低碳行业示范项目，辅助合

成生物学产品落地、实现下游应用市场的具体拓展。通过总结目前的实践经验，形成国内合成生物学行业的更加详细的纲领性文件，未来体系化的辅助项目如基础设施与补助资金项目等也会逐步完善。

图表 18 国内政策从三个层面推动合成生物学产业发展

层面	类型	举例
国家层面	指导类	2022 年 5 月发布的《“十四五”生物经济发展规划》做出战略部署，瞄准合成生物学等领域实施国家重大科技项目和重点研发计划，推动合成生物学技术创新。 2024 年 12 月 17 日，工信部编制了《生物制造中试服务平台培育指南（征求意见稿）》，拟在生物制造领域开展中试服务平台培育和遴选工作，并分期分批公布培育名单。其中囊括，技术设备条件、公共基础条件、服务能力和资质、以及知识产权保护等 4 大章节，每个章节又进行了细分，涉及若干领域，一系列仪器、设备等。
省市层面	指导类/支持类	2023 年 9 月发布的《上海市加快合成生物创新策源打造高端生物制造产业集群行动方案(2023-2025 年)》对上海市的合成生物学行业发展给予指导，要求充分发挥本市合成生物领域顶尖人才集聚、科研底蕴深厚、产业基础扎实、供应链配套齐全等发展优势,加快推进上海合成生物技术创新与产业化应用,全力打造高端生物制造产业集群。开发面向基因编辑、合成与组装、线路设计与构建等具有自主知识产权的关键技术,组建 5 个以上合成生物功能型平台。
企业层面	支持类	2023 年 6 月，凯赛生物发布公告，拟定增 66 亿元引入招商局作为间接股东，同时双方达成业务合作协议、联合布局生物基复合材料建设基地、孵化下游各类应用。 2024 年 5 月，合肥市政府、招商局创新科技集团、凯赛生物三方在“科大硅谷”中安创谷全球路演中心举行的“合肥市生物制造产业发展大会”上达成战略合作、顺利完成协议签约，合作项目定址合肥。

资料来源：前瞻产业研究院、政府官方网站、华安证券研究所

合成生物学政策制定的难点在于政策的适用对象较难定义，包括企业、技术等。作为前沿创新产业中涉及学科多、产品范围广的行业，与光伏、新能源汽车等行业相比，合成生物学的相关定义更为困难，其定义关系到哪些企业可以享受减税或补贴等政府支持。新技术、新产品的临床应用和市场准入也需要兼具创新与审慎的指导和监督，以及合成生物学发展中的伦理问题，最终使国内合成生物学产业获得量化、标准化的长期发展。

图表 19 各省市积极出台系列政策支持发展

时间	地区	政策名称	相关内容
2025 年 3 月 7 日	苏州市	《苏州工业园区加快推动生物制造产业发展行动计划（2025-2027 年）》	报告指出将重点发展生物医药、食品、生物基材料、生物制造设备方向；同时引导生物医药及大健康产业发展资金向生物制造领域倾斜。
2025 年 2 月 11 日	湖南省	《关于支持常德市合成生物制造产业高质量发展的若干措施》	内容指出要将常德市合成生物制造产业纳入全省重点产业规划予以重点支持，推动合成生物制造产业项目、技术、成果向常德市集聚，重点支持酶制剂、医药中间体及制药原料、动植保药物及制剂、医美原料及制剂、生物基材料领域发展。
2024 年 12	杭州市	杭州市未来产业培育行动	发挥杭州数字经济产业优势，围绕五大产业生态圈

月 31 日		计划 (2025—2026)	建设, 优先推动通用人工智能、低空经济、人形机器人、类脑智能、合成生物等五大风口潜力产业快速成长, 积极谋划布局前沿领域产业。在合成生物领域, 要加快基因编辑、蛋白质设计、仿生及分子靶向医药、干细胞与再生医学和高通量多组学筛选等技术的研发及产业化。
2024 年 9 月 14 日	北京市	《北京市加快合成生物制造产业创新发展行动计划 (2024-2026 年)》	以中关村先行先试改革和北京“两区”政策优势为支撑, 在创新研发、准入监管、市场应用等关键环节争取一批改革举措先行示范, 带动京津冀经济圈逐步形成全产业链生态
2024 年 7 月 18 日	浙江省	《钱塘区支持合成生物产业高质量发展若干政策意见》	构建钱塘区合成生物学产业生态, 强化科技创新, 优化资源配置, 进一步完善合成生物产业生态体系
2024 年 5 月 26 日	安徽省	《合肥市推进生物制造产业高质量发展行动方案 (2024-2026)》	以效率提升、性能优化、环保降碳等领域应用需求为牵引, 突出企业为主体和产学研联动、技术创新和产业应用协同, 以示范应用带动技术迭代
2023 年 12 月 23 日	北京市	《北京昌平区支持生物制造产业高质量发展的若干措施(试行征求意见稿)》	推进生物制造产业园建设、推进生物制造产业园建设、提升生物制造产业创新能级、激发生物制造企业创新活力、加速生物制造产业项目落地、布局生物制造产业服务平台、构建生物制造金融服务体系、培育生物制造产业人才梯队、支持生物制造应用场景建设、优化生物制造产业发展环境
2023 年 11 月 6 日	江苏省	《省政府关于加快培育发展未来产业的指导意见》	优先发展的 10 个成长型未来产业中, “细胞和基因技术”、“合成生物”、“零碳负碳”均涉及合成生物学上下游不同领域
2023 年 9 月 27 日	上海市	《上海市加快合成生物创新策源打造高端生物制造产业集群行动方案(2023-2025 年)》	充分发挥本市合成生物领域顶尖人才集聚、科研底蕴深厚、产业基础扎实、供应链配套齐全等发展优势, 加快推进上海合成生物技术创新与产业化应用, 全力打造高端生物制造产业集群。开发面向基因编辑、合成与组装、线路设计与构建等具有自主知识产权的关键技术, 组建 5 个以上合成生物功能型平台。

资料来源: 政府官方网站、synbio 深波、华安证券研究所

3 合成生物学产业链: 应用层、平台层、工具层

全球合成生物学产业正处在高速发展期, 合成生物学产业链环环相扣: 上游工具层企业聚焦于使能技术开发, 中游平台层企业提供赋能型技术平台, 下游应用企业为各垂直行业带来创新产品。对于合成生物学这一高技术含量的创新生产力行业, 专利虽然重要, 却难以概括其全部产业的核心壁垒。生物制造产业内涵丰富, 不同产业链阶段的公司战略侧重不同、具备不同的核心壁垒。

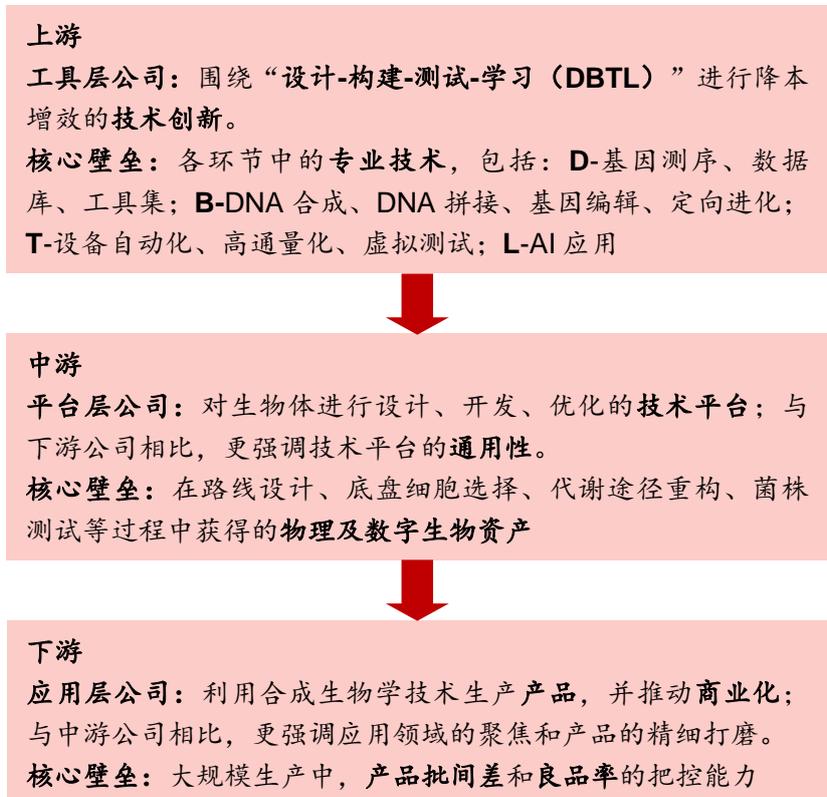
工具层企业的核心资产在于其技术带来的专业优势。工具层企业聚焦使能技术的开发, 各企业通常聚焦繁多技术中的某一技术领域如二代合成、三代测序、新一代基因编辑工具、仿真测试、自动化/高通量设备等, 关注底层技术颠覆及提效降本。目前工具层企业较难实现快速规模增长, 多通过与产品层公

司合作、提供生物解决方案，从而实现技术落地获利，但在合成生物学行业生态建立完全后，工具层企业将发挥自身技术优势、更高效、专业地为大量企业提供技术服务获利。

平台型公司的核心资产集中于生物铸造厂与代码库，集合了多种知识的全工作流程生物实验室及细胞编程所需的数据库等物理及数字生物资产。平台层企业关注对生物系统及生物体进行设计、改造的技术平台，核心技术为路径开发，注重合成路线的选择以及技术上跑通（如底盘细胞选择及改造、培养条件优化、纯化方法开发等），与下游产品层企业相比，平台层企业更强调技术平台的通用性，潜在具备 CRO 属性。目前有很多创业公司投身于合成生物学技术平台建设工作，主要利用计算机的大数据迭代和数据库测算，在模拟软件中实现对功能蛋白、功能大分子的功能特性的测试、筛选，减少前期研发步骤、降低研发成本、筛选转化率更高的有效菌种。

应用层企业则涉及人类衣食住行方方面面的应用开发和产品落地，其核心技术在于大规模生产的成本、批间差及良品率等的把控。应用层企业是距离投资者消费者最近的，在医疗健康、食品饮料、能源环境、农业农药、化工新材料、消费品等领域都有广泛应用。原先需通过天然物质提取或化学合成的产品，现在可以通过细胞代谢更为快捷、高效、低成本地生产，从而实现产品的大规模应用，比如国内化工新材料方面的生物法二元酸、生物基尼龙、生物法 PDO 等产品已经逐步开始大规模产业化、扩大下游应用。与中游企业相比，下游企业更强调应用领域的聚焦、产品的精细打磨及商业化放量，在大规模生产方面具备潜在 CDMO 属性。

图表 20 合成生物学产业链各层核心壁垒



资料来源：《中国合成生物学产业白皮书 2024》、华安证券研究所

平台层与应用层企业之间并无明确界限。在海外，很多上市公司着力产品开发的同时也关注相应平台层工具及技术储备，进行中下游一体化布局，有助于企业形成完整产业链，在这方面国内企业尚有追赶空间。此外，国外的平台公司拥有自己的基因代码库和菌株数据库，已开始实验性用于生物元件、代谢通路和基因组的设计。国内企业还需累积自有细胞菌种库，并通过拓展生物元件库和代谢网络等来拓展数据库的数据深度和广度，同时进一步积累人工智能数据累积及算法训练。优势在于一旦平台建立成功，随着公司在平台上执行更多的细胞程序，代码库将继续积累生物资产、对未来的实验设计产生指导作用，提升细胞程序设计效率。

对于应用层企业来说，完善的技术是企业脱颖而出的根本，却不是关键。专利可以加强企业竞争力，形成技术优势，但技术本身不足以构成生物制造企业商业化护城河：如同化工产业中的催化剂，合成生物学的菌种设计、优化属于企业核心技术机密，但同时做相关主题研究的企业实验室及学术中心数量繁多，从中选择具备商业化潜力的菌种、技术，并通过企业的工业化能力实现技术落地、商业价值变现，才是应用层企业与平台层、技术层以及其他行业企业的最大能力壁垒。技术开发过程固然有其不可替代的作用，但产品落地更加艰难，在生物制造行业逐步迈入快速发展阶段的今天，能否在多如繁星的技术中找到合适的一种、并令产品安全渡过小试、中试、商业推广阶段，最终带向大众生活，将成为企业能否迈入生物制造行业的门槛。

图表 21 企业图谱

产品类型	上游-工具层	中游-平台层	下游-产品层
生物医药	弈柯莱、Bota Bio 恩和生物、华大基因、贝瑞基因、楚天科技、诺禾致源	川宁生物、蔚蓝生物、溢多利、凯莱英、慕恩生物、丽珠集团、苑东生物、普洛药业、健康元、诺唯赞、Ginkgo&Zymergen、Beam、Codexis、Novozymes	雅本化学、华东医药、浙江震元、翰宇药业、广济药业、浙江医药、金城医药、康弘药业、亿帆医药、鲁抗医药、爱博医疗、华北制药、科伦药业、百济神州、富祥药业
农业		绿氨生物	平潭发展、Pivot Bio
食品与健康		杜邦、帝斯曼	金丹科技、嘉必优、润科生物、安琪酵母、双汇发展、莲花健康、金字火腿、梅花生物、亚香股份、保龄宝、双塔食品、祖名股份
消费个护			巨子生物、华熙生物、锦波生物
高性能材料	Genomatica、微构工场		凯赛生物、蓝晶微生物、圣泉集团、华峰化学、苏州龙杰、东方盛宏、中粮科技、Carbios、Bolt Threads
大宗化学品			华恒生物、元利科技、山东赫达、新和成、Lygos
生物能源	Lanzatech		Gevo

资料来源：企业官网，华安证券研究所整理

处于不同细分领域的合成生物学产品具备各不相同的商业化难度，产品层企业需在前期的资金、时间投入与后期收获中权衡。新型农业、化学品和生物高分子聚合物等新材料以及生物太阳能、电池、燃料等新型能源市场空间大，

但技术成熟周期更长、需要大量前期投入，相比而言，在现有技术基础上进行改进或通过生物合成路线更高效低能耗生产的产品，如食品添加剂、植物蛋白等，更易打开市场、商业化推广成本低，但替代空间较前者有限。

4 合成生物的投资机会

根据企业在产业链的上中下游方位与发展历程，合成生物学公司可分为：实现核心单品技术突破与商业化的公司，转型升级布局合成生物学的传统发酵公司，以及专精上游合成生物学技术的工具型与平台型公司。合成生物学未来将进入快速发展期，产业链投资速度继续加快，产品产业化也将提速。

4.1 关注技术突破的核心单品公司

未来合成生物机会更多在于产品端，无论从产业链上游向下游布局还是方向相反，产品选择都是产品层公司的核心重点。产品未来定位既要看目前市场空间和竞争格局，也要看公司或行业的技术水平，需要时间来研究挖掘。国内企业目前集中于产品层、关注于实现某一产品相关技术突破，从而实现对市场内产品的替代或开拓新市场。

4.1.1 凯赛生物：生物基新材料落地放量，投资 AI 技术平台赋能研发

凯赛生物围绕生物制造制定发展战略，具有核心产品长链二元酸、戊二胺及生物基尼龙产品，是生物制造替代化工产品的范例。凯赛生物通过对发酵菌种在基因工程层面的改造，获取了具有产业化价值的用于生物法长链二元酸系列产品和生物基戊二胺产品生物转化的高效菌种，从而通过生物法的方法生产长链二元酸。凯赛生物可以工业化量产 DC10~18，而化学法生产长链二元酸反应条件苛刻、步骤多、收率低、成本高、污染严重，以英威达为代表的传统化学法长链二元酸（主要为 DC12 月桂二酸）自 2015 年底开始逐步退出市场，凯赛生物的生物发酵法实现了对化学法的替代。以生物制造方法生产的长链二元酸系列产品由于经济性及绿色环保优势突出，逐步主导市场。公司以生物合成技术为杠杆，撬动了以英威达为代表的化学合成在业界的垄断地位。

图表 22 凯赛生物掌握优化生产所需的核心合成生物学技术

核心技术	功能	合成生物学对生产的优化
开发微生物代谢途径和构建高效工程菌	对生物体基因组特定目标基因进行改造和修饰、改造微生物代谢途径，从而构建高效的工程菌	公司通过该核心技术研发实现对发酵菌种在基因工程层面的改造，降低产品发酵转化成本、获取了具有产业化价值的高效菌种
微生物代谢调控和微生物高效转化技术	是微生物发酵过程自动化、智能化控制系统，提升生物转化效率、辅助工业化放大，实现生物制造过程的智能高效运行	公司通过该核心技术实现了生物法系列产品在生物制造发酵设备设计和生产过程中的稳定控制，使产业化放大成为可能。
生物转化/发酵体系的分离	公司的该项核心技术为系统化的分离纯化平台，可高效、低成本地将产品中	“从复杂的生物发酵体系中得到高质量产品”是生物制造大规模产业化实践的重要技术瓶颈；

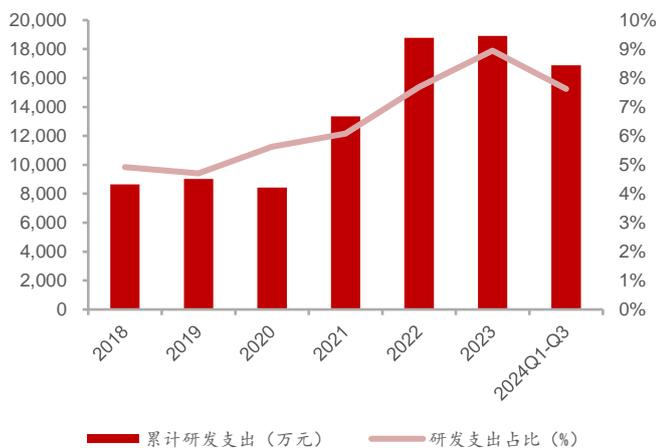
纯化技术	的关键杂质控制在极低水平（ppm 级），使长链二元酸收率达到 98% 以上	公司掌握的多种提取纯化方法实现了生物制造高效去杂质、实现了生物法系列产品、的高效分离提纯。
聚合工艺及其下游应用开发技术	公司通过小试、中试和放大生产的研究，以及应用领域的高通量开发和评价系统，更加高效研究各种原料的组合得到的不同性能的聚合产品	使得公司能够与市场更加接近；对公司实现生物基聚酰胺产业化具有重要作用。

资料来源：公司招股说明书、华安证券研究所

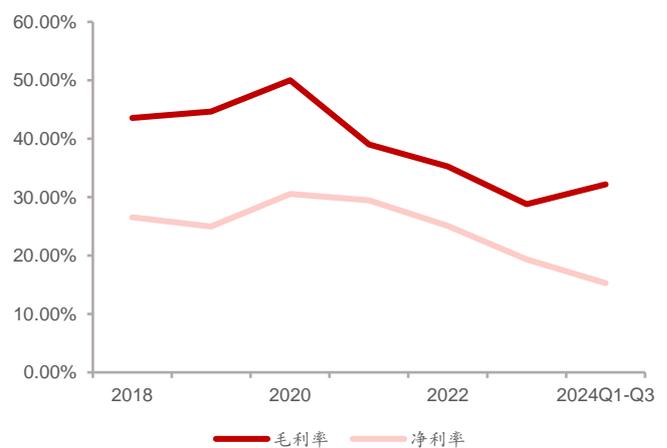
在长链二元酸基础上，凯赛进一步布局生物基聚酰胺改性全系列产品，目前亟待产品落地、开拓下游市场。凯赛生物基聚酰胺产品涵盖通用聚酰胺、高温聚酰胺、长碳链聚酰胺等，可满足新能源汽车、电子电气等行业在新材料上的开发需求。公司与招商局的合作落地将推进生物基聚酰胺系列产品下游应用开发，加速生物基材料替代石化产品进程与产能放量。目前公司生物基聚酰胺产品在工程塑料、纺丝、交运物流、建筑材料、新能源等领域开发了大量客户，有望在交运物流、新能源装备、建筑等领域的大场景中实现“以热塑替代热固、以塑代铝、以塑代钢”。

投资入股 AI 蛋白质设计平台公司“分子之心”赋能研发，从核心产品出发，实现“基因工程——菌种培养——生物发酵——分离纯化——化学合成——应用开发”全产业链布局。公司核心产品长链二元酸市占率稳定；生物法癸二酸产能逐步释放，贡献增量；生物法戊二胺的可再生碳含量为 100%、符合碳减排需求，公司将对已有生产线持续优化菌种和生产工艺。公司作为一体化布局的合成生物学企业，同样重视上游专利积累、研发支出常年保持较高占比，抓住合成生物学技术前沿，在 2023 年 1 月战略入股 AI 蛋白质设计平台公司“分子之心”，实现了对 AI 蛋白质结构预测、设计技术领域的深度布局。

图表 23 凯赛生物研发支出保持较高占比



图表 24 凯赛生物毛利率净利率相对稳定



资料来源：iFinD、华安证券研究所

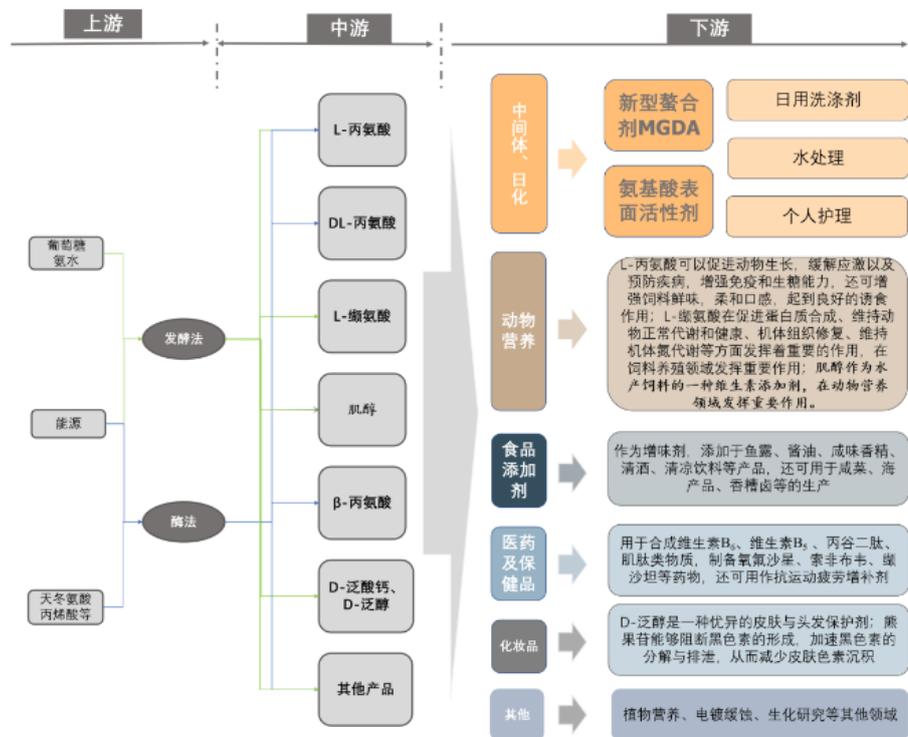
资料来源：iFinD、华安证券研究所

4.1.2 华恒生物：生物法丙氨酸领军者

华恒生物的生物制造技术工艺升级和迭代能力突出，是目前全球范围内规模最大的丙氨酸系列产品生产企业之一，同时基于合成生物学技术持续拓展新产品，进军新材料等领域。公司主要产品包括氨基酸系列产品（丙氨酸系列、L-缬氨酸、异亮氨酸、色氨酸、精氨酸）、维生素系列产品（D-泛酸钙、D-泛醇、肌醇）、生物基新材料单体（1,3-丙二醇、丁二酸）和其他产品（苹果酸、熊果苷）等，可广泛应用于中间体、动物营养、日化护理、功能食品与营养、植物营养等众多领域。经过多年的创新发展，公司已经成为全球领先的生物基产品制造企业。

公司核心产品丙氨酸及缬氨酸采用厌氧发酵法技术生产，收率更高且环境友好。传统化学法合成丙氨酸存在产品质量差，合成路线长，收率低，成本高，环境污染重等缺点，目前基本被淘汰。酶催化法解决了化学法的高污染、低产率问题，是目前工业上主流方法，工艺以L-天冬氨酸为原料，通过L-天冬氨酸-β-脱羧酶转化成L-丙氨酸。而华恒生物使用厌氧发酵法技术生产丙氨酸，以可再生葡萄糖为原料代替了传统的石油基原料，具有更加明显成本优势，原材料端支出受周期影响小，更加稳定，且发酵过程无需通入空气、无二氧化碳排放、发酵控制技术简洁高效，生产效率及毛利更高。公司采用酶法生产的β-丙氨酸制备D-泛酸钙，基于公司现有核心产品丙氨酸的技术与成本优势基础上开发衍生物新产品，形成了自有业务的上下游产业链优势，生产成本更低。缬氨酸响应当前政策对食品安全的强调，下游主要应用于动物饲料、替代玉米、豆粕等提供动物必要氨基酸，随着国内非粮生物质开发需求增加、缬氨酸的需求也将持续扩大、属于增量市场，成长优势显著。

图表 25 华恒生物产品布局丰富



资料来源：华恒生物 2022 年度向特定对象发行 A 股股票证券募集说明书（申报稿）（2023 年度数据更新版）、华安证券研究所

图表 26 华恒生物厌氧发酵 L-丙氨酸节能环保

图表 27 华恒生物厌氧发酵缬氨酸收率更高

项目	公司技术	同行业其他技术	
技术名称	厌氧发酵法	好氧发酵法	酶法
工艺步骤	①以可再生葡萄糖为原料 ②发酵过程无需通入空气 ③无二氧化碳排放 ④细胞工厂	①以可再生葡萄糖为原料 ②发酵过程需要通入空气 ③有二氧化碳排放 ④细胞工厂	①以石油基产物为原料 ②有二氧化碳排放, 1 摩尔产物对应生产 1 摩尔二氧化碳 ③生物酶
技术指标	①发酵周期 ≤ 40h ②产品含量 ≥ 99.0% ③转化率 ≥ 95%	①发酵周期 ≤ 48h ②产品含量 ≥ 98.5% ③转化率 ≥ 90%	①转化率 ≤ 67% ②产品含量 ≥ 99.0%

项目	公司技术	同行业其他技术
技术名称	厌氧发酵法	好氧发酵法
工艺步骤	①以可再生葡萄糖为原料 ②发酵过程无需通入空气 ③无二氧化碳排放 ④发酵控制技术简洁高效	①高通气量发酵 ②发酵控制工艺繁琐、培养基组成复杂
技术指标	①产物浓度 > 100g/L ②时空产率 > 2g/L/h ③糖酸转化率 > 50%	①产物浓度 ≈ 75g/L ②时空产率 ≈ 1.2g/L/h ③糖酸转化率 ≈ 45%

资料来源：华恒生物 2022 年定增募集说明书、华安证券研究所

资料来源：华恒生物 2022 年定增募集说明书、华安证券研究所

4.1.3 蓝晶微生物：领先的生物法功能分子和 PHA 新材料制造商

蓝晶微生物(Bluepha)是一家基于合成生物技术从事分子与材料创新的企业，致力于设计、开发、制造和销售新型生物基分子和材料，核心产品为自然环境中可自发完全降解的生物材料 PHA。公司核心产品 PHA 是一种天然存在的生物基材料，由微生物利用油脂或者淀粉生成，具有优异的气体阻隔性、耐热性等材料物理性能，能够在所有自然与人工条件下生物降解，包括在海洋环境中。公司基于 PHA 材料开发多种下游应用，包括：海洋降解 PHA 板材，纯生物基 PHA 纤维，回收膜材&PHA 膜材，应用于医疗、纺织、食品包装等领域，为实现“碳中和”并减少塑料污染提供独特的解决方案。与其他可降解塑料相比，PHA 优势在于全域降解，与回收塑料相比，PHA 天然存在且全生物基，是对回收塑料的有机补充。蓝晶 PHA 通过 USDA 生物基认证及德国 TUV 认证，为开拓海外市场打下良好基础，蓝晶微生物是全球为数不多可规模化量产 PHA 的材料商。蓝晶微生物年产 5,000 吨“超级工厂”现已建成投产，目前正在推进二期工程的建设，将形成总计年产 25,000 吨的 PHA 供应。

在研发主营 PHA 产品基础、形成自身在生物基新材料市场上的核心优势外，蓝晶微生物积极向合成生物学上中游拓展，依托自身核心技术开发国际领先的专业研发平台，具备生物基高分子材料的全链条研发和生产能力。目前，公司已组建了一支由机器人、软件开发、机械电气、大数据和合成生物学等不同领域资深科学家和工程师组成的跨学科团队，开发合成生物学研发平台 SynBio OS，现已部署柔性自动化实验平台(BlueArk)、超高通量发酵平台(AutoFarm)和智慧云端数据系统(CyberFarm)三部分，利用自研专有研发平台 SynBio OS，通过高通量筛选和全数字化技术得到的蓝晶微生物专有微生物细胞，实现特定 PHA 的定向快速生产。预计 SynBio OS 能够将蓝晶微生物的单个产品完整研发周期在现有基础上再缩短 70%，减少人为错误并提升研发速度，将试验产生的高维数据用于反馈指导微生物菌株的设计和优化、提供超越经验限制的放大工艺设计方案，令新产品从实验室原型到中试完成仅需 2 个月。

图表 28 蓝晶微生物掌握多项 PHA 生产相关专利

申请号	发明名称	申请日	公开（公告）日
CN201710413338.3	一种启动子库以及利用其在细菌中构建不同强度表达系统的方法	20170605	20181211
CN201710486320.6	一种精细调控共聚物中 4-羟基丁酸组成比例的基因盒及其应用	20170623	20190101
CN201710832790.3	一种无灭菌发酵生产聚羟基脂肪酸酯的方法	20170915	20190322
CN201710840777.2	一种制备聚羟基脂肪酸酯（PHA）的方法	20170915	20190322
CN201711445256.3	一种在盐单胞菌中快速基因编辑的载体组合及其应用	20171227	20190705
CN201810074387.3	一种重组盐单胞菌以及利用其生产 P(3HB-co-4HB)的方法	20180125	20190802

资料来源：国家知识产权局、华安证券研究所

4.1.4 巨子生物：重组胶原蛋白领军者

巨子生物以专有合成生物学技术为核心，设计开发核心产品基因重组胶原蛋白，其相比天然提取产品更加安全。公司核心产品胶原蛋白是一种生物性高分子物质，对维护细胞、组织、器官的正常生理功能和损伤修复有重要的作用，也可用于食品、化妆品、医疗器械等领域，主要分为生物源提取和重组基因工程法两大制备途径。

图表 29 合成生物学技术平台赋能公司产品研发



资料来源：公司招股说明书、华安证券研究所

重组胶原蛋白的底层技术即为合成生物学技术。重组胶原蛋白是以生物体内胶原蛋白的氨基酸序列为模板，对其进行合理的设计、酶切和拼接后借助合成生物学技术转入到以大肠杆菌、毕赤酵母菌为主的工程细胞内，并利用工程细胞的快速生产能力制备获得的胶原蛋白。公司采用重组基因工程法，使用基因工程技术令工程细胞表达从而生产胶原蛋白，大幅度降低了外来蛋白引起免疫反应的风险。重组胶原蛋白的发展有助于提升合成生物学整体产业链的竞争力，延伸合成生物学的下游应用领域

4.1.5 帝斯曼：传统化工转型生物制造典范

帝斯曼是全球领先的食物添加剂和营养品原料生产商，从化学合成成功转型生物科技企业，通过合成生物学技术实现产能升级。食品添加剂和配料生物科技行业属于多学科交叉的技术密集型行业，产品系列多、工艺技术路径多样，技术壁垒和工艺涉及到各个方面和环节，其流程中核心技术和工艺包括菌种选育、发酵工艺优化、分离纯化和提取工艺优化等。在生产工艺方面，帝斯曼先在食品与营养健康板块重点布局合成生物学方法，相比化学合成法和天然产物提取法，公司认为合成生物学方法更可持续、成本更低，且具有质量一致性和可靠性。据公司官网，2021 年约 50%的营养添加剂收入为生物基生产或者来自直接从自然界提取的原料。

转型过程中，公司加强技术层面上的专利布局，推动环保低能耗的合成生物学技术替代现有化学合成技术。公司 2017 年与合成生物学公司 Amyris 达成协议，将对 Amyris 进行股权投资。同时，双方将更加聚焦发展在全球健康和营养市场产品的研发合作，包括维生素和其它营养添加剂。维生素 E 工艺的变革是帝斯曼布局合成生物学技术的重要成果之一，该路线绿色环保，成本低，对原有的化工法假紫罗兰酮工艺和芳樟醇工艺造成冲击，使维生素 E 行业进入了快速发展阶段。2019 年帝斯曼与能特科技合作，在国内就维生素 E 及其中间体业务组建合资公司益曼特，以生物基法尼烯合成异植物醇的半生物发酵工艺替代旧的全化工合成工艺。

图表 30 帝斯曼通过生物科技实现新产品突破

产品	技术和优势
低糖甜味剂 EverSweet	甜菊糖苷为基础开发的零卡路里天然甜味剂，发酵法实现大规模生产。由帝斯曼和嘉吉合资研发，已经获得美国 FDA 批准，以及加拿大、墨西哥、巴西、澳大利亚、新西兰等国家批准。
天然色素类胡萝卜素	传统生产类胡萝卜素的方法产量低且产生高废，帝斯曼通过生物科技实现布拉霉菌发酵法大规模生产高价值天然 β -胡萝卜素。
母乳低聚糖 HMO	传统方法会导致大量高废产生，帝斯曼通过生物科技开发出结构上与母乳相同的低聚糖，实现低成本、环境友好的方式生产 HMO。
维生素 B2 (核黄素)	传统的化学合成法需要七步生产核黄素，帝斯曼利用微生物实现一步法发酵生产维生素 B2。
低糖甜味剂 EverSweet	甜菊糖苷为基础开发的零卡路里天然甜味剂，发酵法实现大规模生产。由帝斯曼和嘉吉合资研发，已经获得美国 FDA 批准，以及加拿大、墨西哥、巴西、澳大利亚、新西兰等国家批准。

资料来源：《中国合成生物学产业白皮书 2024》，华安证券研究所

图表 31 法尼烯法 VE 工艺反应步骤简洁且环保

		流程图
化学法	甲基庚酮路径	
	甲基庚烯酮路径	
生物法	法尼烯法	

资料来源：《维生素 E 合成路线研究进展》王子强等，华安证券研究所

4.1.6 华熙生物：透明质酸微生物发酵技术全球领先

华熙生物是全球领先的、以透明质酸微生物发酵生产技术为核心的高新技术企业，透明质酸产业化规模位居国际前列。公司建立了从原料到医疗终端产品、功能性护肤品及功能性食品的全产业链业务体系，服务于全球的医药、化妆品、食品制造企业、医疗机构及终端用户，向国内外提供资质齐、规格全、分子量范围广的透明质酸原料产品及其他生物活性物质。截至 2024H1，公司具备透明质酸钠产能 770 吨，产业化规模居国际前列。

公司将合成生物学作为底层技术支撑和核心战略方向，通过合成生物技术生产透明质酸、麦角硫因等产品，成本降低、效率提高。微生物发酵法生产透明质酸技术是公司首席科学家郭学平博士及其团队在国内首创，替代了传统的动物提取法，实现透明质酸的规模化生产，改变了透明质酸在医药、食品、化妆品等多个领域的应用格局。公司也积极引进 AI 和机器学习技术，结合高通量筛选技术，在合成生物学领域实现菌株设计、构建和性状筛选、数据分析和生物系统建模、下游工艺开发优化的高效运转，以此提高项目开发转化效率和产品质量。

图表 32 公司采用微生物发酵技术生产的透明质酸质量参数全球领先

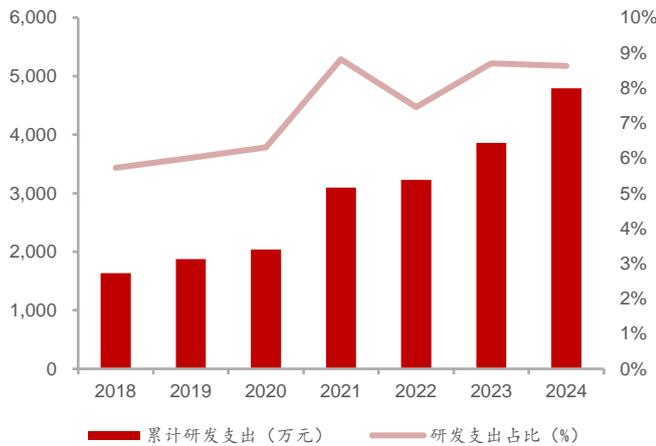
项目	欧洲药典	日本药典	国家药品标准 (2011 年)	公司产品实测值
蛋白质核算	≤0.3%	≤0.05%	/	未检出
内毒素 (注: 1IU/mg=1EU/mg)	<0.05 IU/mg (眼内、关节内制剂)	/	<0.05 EU/mg (骨科注射用)	<0.0025 EU/mg

资料来源：公司公告，华安证券研究所

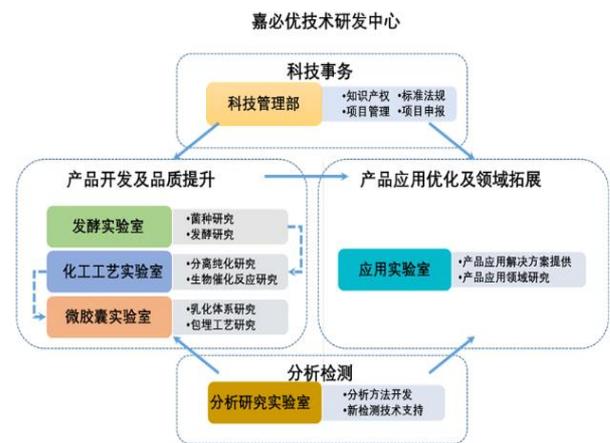
4.1.7 嘉必优：发酵精细调控技术落地生物基产品

嘉必优主要产品为 ARA 和藻油 DHA，下游应用领域主要为婴幼儿配方奶粉、健康食品等。公司以通过离子束生物工程选育获得的高山被孢霉菌种为基础，开发了微生物发酵生产 ARA 的产业化技术，打破了国外技术垄断，填补了国内空白，该产品技术被科技部认定为“国际领先，国内首创”。DHA 方面，公司采用等离子诱变育种技术，筛选出高产裂殖壶菌和双鞭甲藻菌种，通过微生物发酵技术，在密闭、洁净、可控的环境中培育。菌种在生长过程中体内合成 DHA 油脂，公司通过提取、精炼等工艺最终获得藻油 DHA 产品。

图表 33 嘉必优研发支出持续增长



图表 34 嘉必优拥有完善的研发架构



资料来源：iFinD、华安证券研究所

资料来源：嘉必优招股说明书、华安证券研究所

嘉必优从下游产品层向中游平台层布局，逐渐形成了以工业菌种定向选育、发酵精细调控、高效分离纯化制备等生物制造技术为基础的领先性平台化技术。公司拥有完善的研发架构，基于核心技术，公司在前端研发、工程化、产业化三个层面不断创新，建立了一系列技术产业链转化平台。2024 年公司将基于 AI 发展，建设并完善合成生物学技术平台、完成武汉合成生物创新中心项目建设工程，与各个研发中心形成联动互补，发挥公司产业化能力，打造高效合成生物产业生态，提升研发成果转化能力。

4.2 关注传统发酵企业的转型升级

中国生物发酵产业协会名誉理事长石维忱在中国食品报 2024 年 2 月 26 日采访中表示：“原料对于行业发展限制已经日益凸显，要利用非粮原料、生物质原料以及采用合成生物学的技术，来解决一些难题。”目前，生物发酵产品大多数是应用于传统领域的低值化大宗产品，缺少用于医药、健康防护等领域的高端产品，不能适应市场变化的需求。

合成生物学技术可以加速实现营养化学品的产业化。以维生素为例，中国工程院院士郑裕国指出，我国维生素市场规模不断扩大，合成生物学技术的崛起与进步给维生素产业的发展带来了新的机遇。郑裕国介绍，维生素生产主要以化学法和生物发酵法为主，在合成生物学技术快速发展的推动下，呈现从化学法向绿色低碳生物法发展的趋势。随着合成生物学技术的进一步升级与工程化应用，多个品种的维生素有望实现对原有生产路线的替代。

生物制造和传统发酵相比胜在对菌种培养实现主动控制。合成生物学可以有意识的根据需求自上而下设计细胞工厂，实现低成本、高转化率。传统发酵法产品工艺成熟、有成熟工业体系，相比而言，合成生物学目前还有很多制约因素。但随着更多成熟企业从发酵技术切入合成生物学市场进行布局，合成生物学在传统发酵领域如食品添加剂、营养产品等领域将带来新的生产力、完成降本增效，企业也可以利用原有主业的优势，包括上游阶段原材料供应链、中游发酵技术积累、下游客户锚定成果，在新生物制造市场中形成先发优势。

4.2.1 梅花生物：氨基酸领军企业

梅花生物主要产品包括苏氨酸、赖氨酸、缬氨酸、味精等，公司掌握厌氧发酵制缬氨酸技术，通过合成生物学优化传统发酵路径，显著提高生产效率。2023 年公司与外部科研机构合作研发的缬氨酸厌氧发酵技术落地，通过合成生物学技术进行菌种构建、底盘细胞基因组编辑，显著提升了微生物菌种的代谢效率。与传统工艺相比，经过编辑的细胞工厂使生产流程更为简化，且具有更高的生产效率和优良的产品品质，同时对环境的影响也显著降低。

传统发酵行业完整的产业链、配套设施及多年的深耕经验，使得公司更易于快速转型合成生物学企业。公司利用内蒙古通过基地原年产 10 万吨发酵制品苏氨酸技术改造项目现有的发酵、提取厂房及设备改造缬氨酸，技改后年产饲料级缬氨酸 2.1 万吨，体现了发酵企业相比其他行业公司在转型合成生物学企业的道路上具备的基础建设、生产设备优势。

图表 35 梅花生物通过合成生物技术规模化生产多种氨基酸

主要产品	现有产能 (万吨/年)	在建产能 (万吨/年)
赖氨酸	100	60
苏氨酸	50	-
缬氨酸	3.5	
谷氨酸及谷氨酸钠 (味精)	100	50
呈味核苷酸二钠	1.2	-
维生素 B2	0.1	-
黄原胶	7.5	1.5
有机肥料	110	-

资料来源：公司公告，华安证券研究所

公司持续引进科研专业人才，加大研发投入，并重产品应用与技术支撑平台建设，将建设从基因组编辑到产品落地的全链条合成生物学产业。梅花生物从 2010 年开始进行合成生物学相关研究，2023 年引进来自国内外著名院校的近四十位专业技术人才，专业背景涵盖基因编辑、代谢途径设计、发酵工程、酶催化和人工智能等多个合成生物学相关的前沿领域，搭建实验室团队，建成包括代谢途径设计、基因编辑与菌株构建、酶工程改造、产品应用开发、精密发酵在内的高水平支撑平台，完成了合成生物学全产业链的科研力量布局。公司团队拥有新一代基因组测序仪等先进设备，形成公司自己的菌种改造基因数据库，并且能快速表征高通量筛选获得细胞的产物谱和基因型，用于指导设计新一代的合成生物学菌株。

4.2.2 中粮科技：玉米深加工企业转型

中粮科技 PHA 产品采用陈国强团队合成生物学技术，通过基因工程构造新菌种、优化工艺路线，实现降本。中粮科技是国内规模、技术领先的大型玉米深加工企业，主要经营领域包括食品及食品原料、生物能源和生物可降解材料（聚乳酸（PLA）、聚羟基脂肪酸酯（PHA））等。在 PHA 的微生物合成过程中，生产成本主要集中在发酵底物的消耗和灭菌过程的能源消耗上。传统微生物发酵生产是在无菌环境中进行的，无菌化处理过程导致成本较高，而公司独立董事、清华大学陈国强教授及其团队利用合成生物学和代谢工程学方法，构建了更加符合规模化生产的工程菌株和技术体系，由于无需灭菌过程，能够降低设施、能源消耗和材料成本，并且可以实现连续发酵。2022 年 5 月公司年产 1000 吨 PHA 装置建设项目一次性投料试车成功，该 PHA 中试装置是国内收条全自动化和高标准化的全流程生产装置。

图表 36 中粮科技董事会硕博占比九成 重视技术转型

姓名	职务	任职日期	学历	个人简历
江国金	董事长	2024-04-02	硕士	北京轻工业学院机械工程系机械设计与制造专业工学学士，中欧国际工商学院工商管理专业，工商管理硕士。现任中粮集团有限公司行业资深总经理，中粮生物科技股份有限公司第八届董事会董事。
张念春	独立董事	2024-02-19	硕士	华东师范大学英语学士，人民大学法学院法律硕士。北京大成律师事务所高级合伙人。商务谈判专家，资深涉外律师。擅长跨境投资、并购重组、国际贸易、重大疑难争议解决等领域法律服务。
李世辉	独立董事	2019-08-26	博士	管理学博士，现任中南大学会计学教授，中南大学商学院会计研究中心副主任，中南大学国家一流本科专业“双万计划”会计学专业建设负责人，兼任中粮生物科技股份有限公司、京沪高速铁路股份有限公司独立董事。
陈国强	独立董事	2021-08-27	博士	华南理工大学学士，奥地利格拉茨工业大学博士，英国诺丁汉大学、加拿大阿尔伯达大学博士后。973“合成生物学”项目以及国家重大专项项目首席科学家、清华大学合成与系统生物学中心主任、英国曼彻斯特大学兼职讲座教授。现任清华大学教授，国际国内学术期刊《生物工程学报》《合成生物学》《Journal of Biotechnology》《Microbial Cell Factories》《Biotechnology Journal》和《Synthetic and Systems Biotechnology》副主编。
张德国	董事	2013-08-28	硕士	研究生学历。现任中粮生物科技股份有限公司董事、副总经理兼安徽生化管理公司总经理。
张鸿飞	董事	2024-01-02	硕士	中国政法大学国际经济法专业法学学士，清华大学法学硕士、工商管理硕士。2024 年 1 月起任中粮生物科技股份有限公司董事。2024 年 2 月起任中粮集团有限公司法律合规部总监。
江国金	董事	2024-03-28	硕士	北京轻工业学院机械工程系机械设计与制造专业工学学士，中欧国际工商学院工商管理专业，工商管理硕士。现任中粮集团有限公司行业资深总经理，中粮生物科技股份有限公司第八届董事会董事。
王尚文	董事	2021-08-27	本科	本科学历。曾任株洲市总工会经济工作部副部长。深圳市宝库企业管理顾问有限公司企业文化顾问师。现任深圳市宝库企业管理顾问有限公司企业管理顾问师，独立开发了可适应不同企业的不同需求的“互联网大数据战略管理系统”。
石碧	董事	2019-08-26	博士	博士，四川大学轻纺与食品学院教授、博士生导师。教育部高等学校教学指导委员会轻工类专业教学指导委员会主任，“长江学

				者”特聘教授。中粮生物科技股份有限公司第七届董事会董事。
郑合山	董事	2024-02-19	硕士	任中粮集团专业化公司专职董事。

资料来源：企业官网、iFind、华安证券研究所

传统发酵型企业易受到原料及盈利不足限制，转型需求增加。2023年，我国玉米深加工行业玉米加工能力达到1.2亿吨，实际玉米加工量约7,600万吨，行业以大宗同质化产品为主，平均开工率约为63%，同比略有上涨，但受制于产能过剩和需求低迷，行业盈利能力同比大幅减弱。整体看来，行业进入了发展期后期，淀粉、乙醇、淀粉糖等产能严重过剩，仍需加快整合进程，进一步提高行业集中度，减少无序竞争和低水平重复建设，促进行业健康发展。

4.3 投资生物制造上游工具企业

工具层企业聚焦合成生物学技术的开发，核心在于扩展技术应用范围。比如基因测序技术过去主要围绕动物及人体，现在则将相关测序、编辑技术的应用拓展，在农业的转基因种子、化工的工业酶改进等领域实现应用，未来工具层应用场景更加广泛。

4.3.1 弈柯莱生物科技：生物医药技术平台“研发+市场”双驱动

弈柯莱以合成生物学技术为核心，同时具备多数产品“自主研发—产业化生产—市场开发与销售”的全流程独立业务能力。公司是一家致力于将生物合成技术应用于规模化生产的平台型企业，但在当前国内合成生物学市场不够完善的情况下，中上游企业需要通过产品销售、技术授权及转让等方式实现自主研发成果的产业化及商业化转换。公司坚持“研发+市场”双驱动战略，技术方面，建有实验室研发相关以及与产业化生产相关的合成生物学技术创新平台，产业化生产方面，业务综合了化学药品生产、医药中间体的研发、生产、销售为一体。公司目前已成功实现10余项产品的产业化，产品管线覆盖了生物医药、绿色农业、营养健康等多个领域。

图表 37 2021 年弈柯莱已具备多项医药类产品产能

产品	产能 (吨)	产量 (吨)	销量 (吨)	产能利用率	产销率
西他列汀中间体	196	77.28	77.74	39.43%	100.60%
度鲁特韦中间体	269	204.82	191.88	76.14%	93.68%
依巴斯汀原料药	3	1.66	1.66	55.33%	100.00%
NMN 原料	100	9.97	9.45	9.97%	94.78%
手性酯	50	50.92	48.48	101.84%	95.21%
R-3-羟基丁酸乙酯	360	337.58	371.13	93.77%	109.94%

资料来源：弈柯莱招股说明书，华安证券研究所

弈柯莱有丰富的技术积累及生物数据资产，构成平台型企业的核心壁垒。公司建立了丰富的生物工程资源库（酶、基因元件和底盘细胞）与合成生物学技术创新平台，现已掌握高性能酶开发、生物合成途径构建、微生物功能细胞设计和规模化合成生物绿色制造共4项核心技术，在生物合成、高性能细胞工厂设计创制以及产品规模化生产上积累了丰富经验。

图表 38 弈柯莱依照合成生物学研发逻辑建立 4 个实验室技术创新平台

创新平台	功能
智能设计	作为核心技术理念贯穿于公司全部研发流程，集成了高性能硬件与公司自行设计的软件算法，能完成大数据采集分析、根据生化反应性质直接从数据库中模拟挖掘酶，日均能完成 1 万条以上酶序列分析、预测及模拟筛选
酶工程	建立配备一系列自动化设备的酶工程平台，具备大规模制造和筛选实体酶突变体的能力，辅助实体酶库筛选，从具有明确反应活性的初始酶出发寻找同源酶，相比数据库模拟挖掘具有更高的成功率，日均可完成约 1 万个酶促反应的实体筛选以挑选出其中具有较高催化活性的酶突变体
基因工程	具备 Gibson 组装、PCR-Targeting、TAR 克隆等基因装配技术，能够针对上游酶工程平台开发出酶的催化活性匹配不同强度的转录翻译元件，通过基因的高效拼接组装出生物合成途径库，并将经过设计的合成途径导入工程菌株中，之后利用菌落挑选机器人、液体工作站、高通量发酵平台和超高效液相色谱等快速筛选系统和自动化设备完成重组菌株的筛选。公司目前日均可对约 2,000 个重组菌株进行筛选以获得具有最佳合成效率的生物合成途径
细胞铸造	依靠细胞构筑技术，根据目标产品生物合成需求，筛选、构筑出不同的底盘细胞，具体需要研发人员通过代谢组学分析底盘细胞的代谢流和能量通量，使用基因编辑技术如 CRISPR 对底盘细胞原有代谢网络进行优化或重构，使人工设计出的生物合成途径与微生物底盘细胞实现最佳匹配，构建高性能的微生物细胞工厂

资料来源：弈柯莱招股说明书、华安证券研究所

4.3.2 Bota Bio：细胞铸造厂技术平台

Bota Bio（恩和生物）是国内合成生物学领域的初创公司，作为上游技术层企业，通过与多家行业内公司建立合作、实现技术商业化落地。公司的核心团队均来自 Amyris、GinkgoBioworks、Codexis 等国际顶尖生物合成公司，具有深厚的产业背景。2022 年 8 月 25 日，Bota Bio 与 Medichem——专注药物活性成分（API）及成品制剂（FDF）工艺开发与制造的综合型制药公司——正式宣布开启商业开发合作，共同推进两个高价值 API 项目。Bota 负责开发新型酶，以高效催化和可持续化的生产方式，最大程度地降低生产过程中对昂贵试剂和中间体的需求。Medichem 将在西班牙和马尔他的工厂负责 API 的研发、扩产、制造以及市场运营。2023 年 8 月，Bota Bio 与安捷伦签订战略合作协议，双方将进一步加强多形式、多层次的资源共享及技术交流，共同探索合成生物领域上下游新兴技术开发与应用。

BotaBio 核心技术在于自主研发的一体化数字平台 Bota Freeway，将先进的数字工具与实验室自动化相融合，加速模型推导的猜想得到验证、推动实验室的成果尽快转化为高性能产品。公司具有结合生物信息计算和机器学习的标准化自动化高通量实验操作平台，搭建了酶工程、菌株工程和发酵工艺工程平台、涵盖生物催化、生物转化和生物全合成三大技术路径。除了技术资产外，公司 LEAP 研发中心的重视车间也拥有 2x 1,000L + 4x 500L 发酵容量的自动

化中试管线，结合模块化的下游纯化单元操作，可覆盖不同种类产品生产工艺开发，为大规模工业生产落地提供参考。

图表 39 Bota Bio 融资历程

时间	融资事件
2020 年 9 月	完成种子轮融资和 1500 美元的 A 轮融资。
2021 年 3 月	第三轮融资由巴斯夫风险投资公司 (BVC) 发起，此次化工第一巨头巴斯夫的投资不仅体现了生物制造行业的价值和潜力，更是对于 BotaBio 技术实力的认可与证明。
2021 年 7 月	在 B 轮融资中完成超额认购，最终筹集了超过 1 亿美元，本轮融资由红杉资本中国基金领投，招银国际资本及前轮投资人经纬中国、源码资本、夏尔巴投资、五源资本等跟投。至此，Bota Bio 的融资总额超 1.45 亿美元。

资料来源：36 氪、界面新闻、DeepTech 深科技、华安证券研究所

4.3.3 微构工场：细胞工厂技术

公司核心技术在于利用前沿的“下一代工业生物技术”平台建设“超级细胞工厂”，使用生长在特殊环境中的极端微生物作为底盘细胞，建立开放、无灭菌的连续发酵生产体系。公司创始人陈国强教授长期从事“生物合成 PHA 材料及其下一代工业生物技术”的研究，开发的技术已经在数家公司用于大规模生产 PHA，且由于无需灭菌，生产过程可以连续发酵，操作简单、流程标准化，提高了生产效率。公司围绕嗜盐微生物成功进行一系列合成生物学的创新研发和生产，包括：生物降解材料 PHA（聚羟基脂肪酸酯）、医药中间体四氢嘧啶、尼龙 56 前体戊二胺等多种高附加值产品。通过嗜盐微生物的改造和工程化应用，公司构建了“低碳+智造”绿色生产模型，进行“平台+产品”双矩阵发展。

公司具备多管线量产能力，可进行生物降解材料 PHA、医药中间体四氢嘧啶、尼龙 56 前体戊二胺等多种高附加值产品研发和生产，体现上游企业向中游布局产生的 CDMO 属性。目前，搭载了全新一代数字孪生引擎的微构工场合成生物学智能生产示范线，已在北京中德产业园正式投产；位于湖北宜昌的年产万吨级生产基地正在建设中。微构工场还计划在 5 年内建立覆盖全国的 3-5 个大型生产基地。

图表 40 微构工场从技术平台向产品落地拓展

时间	事件
2003 年	微构工场开发 PHA 生产技术
2009 年	从新疆艾丁湖获得极端细菌 Halomonas
2014 年	实验室完成开放式发酵生产 PHB 和 PHBV，陆续完成不同吨数的中试发酵工艺研究
2021 年	微构工场在北京成立，同年获得红杉资本 5000 万元天使轮投资；完成 200 吨发酵罐工艺调试

2022 年	公司与清华大学宣布，成功联合构建了一种能够耐受碱性环境，并生产赖氨酸、戊二胺的工程菌株，量产高透明度可降解材料成为可能
	获得来自中国国有企业混合所有制改革基金、红杉资本的 2.5 亿元投资
	与恩格拜、同杰良、华北制药达成合作，推进合成生物学在污水处理和新材料纺织领域的发展以及医药小分子开发

资料来源：企业官网，华安证券研究所

4.4 逐渐发展的生物制造中游平台层企业

平台层企业的核心价值在于提供成型、模式化的研发生产服务，构建通用性强的技术实验平台、基因代码库和菌株数据库。中游企业应用上游技术并开发下游销售的生物制造产品，但当前国内中下游企业的分界并不明显，许多中游企业会有意识地触及终端客户，而下游企业则会通过投入资金、引入人才、建立企业实验室等方式积极向中游延伸，增强自身研发能力。未来随着合成生物学市场更加成熟、各环节的分工更加明确，市场运转效率将会提高，集中资源深耕专业领域的企业将能够发挥自身深度专业化优势。

4.4.1 蔚蓝生物：酶制剂研发平台

蔚蓝生物是以酶制剂、微生态制剂的生产、研发和销售为主营业务的生物科技公司。公司的主要产品包括酶制剂，如饲料酶、工业酶、食品酶、生物催化用酶等；微生态制剂，如畜禽微生态、水产微生态、植物微生态、食品益生菌、环境微生物等；动物保健品，如生物制品、中兽药、兽用化药。

公司作为平台层企业，坚持“技术驱动发展”战略，持续加大新产品的研发投入和开发力度。公司构建了木霉、酵母、黑曲霉、芽孢四大高效蛋白质表达系统及对应的规模化发酵体系，搭建高通量筛选工作站，并建立了通用型的高通量基因筛选大数据模型与蛋白质工程改造等核心体系，大幅提高了酶制剂的催化效率和工业应用属性，提升了生物产业技术创新能力。

图表 41 公司纤维素酶产品可为纺织行业降本

项目名称	传统工艺	酶工艺
助剂成本	380 元	700 元
水	40 吨	20 吨
电	200 度	120 度
蒸汽	4 吨	2
能源成本	1140 元	534 元
总成本	1520 元	1234 元

资料来源：公司公告，华安证券研究所

4.4.2 川宁生物：抗生素发酵技术平台

川宁生物为科伦药业的抗生素中间体生产基地，于 2022 年单独分拆上市，其核心技术主要包括生物发酵、过滤提取以及和环保处理缓解的相关技术。公

司从事生物发酵产业化，并以合成生物学研究为核心，专注保健品及化妆品原料、生物农药、生物可降解材料等产品的研发、生产和销售业务。公司核心技术产品包括硫氰酸红霉素、青霉素类抗生素、头孢类抗生素等。

公司持续研发、推动业态创新，充分发挥生物发酵领域技术优势，以打造稳定高效的抗生素发酵技术平台。自成立以来，公司以生物发酵技术产业化为指导，以先进抗生素中间体生产发酵技术的开发与应用为业务基础，对整个生物发酵生产环节进行了信息化、集成化改造，2018年公司抗生素中间体整个生产项目入选工信部智能制造新模式应用项目。此外，公司也建立了菌种选育的基因编辑体系，引入人工智能手段研发菌种，实现菌种的优化选育。

图表 42 公司在菌种筛选及优化领域拥有数项国内领先技术成果

技术核心	成果
微生物异源表达	通过对现有生产相关酶的菌种进行了异源表达，提高了酶活性，降低了生产成本
微生物代谢途径改造	通过基因工程手段对现有生产硫氰酸红霉素的放线菌菌种的代谢途径进行改造，菌种传代稳定，生产产量得到提高
抗生素生物合成基因簇改造	通过同源重组单交换/双交换技术对现有放线菌菌种的合成基因进行改造，使发酵过程中发酵液组分转化率显著提升

资料来源：公司公告，华安证券研究所

4.5 相关公司估值

图表 43 相关公司估值

证券代码	证券简称	净利润（一致预期，亿元）			EPS（一致预期）			PE*		
		2024E	2025E	2026E	2024E	2025E	2026E	2024E	2025E	2026E
688065.SH	凯赛生物	4.84	6.77	8.72	0.83	1.16	1.50	65.11	46.49	36.07
688639.SH	华恒生物	2.46	3.98	5.43	1.03	1.65	2.25	26.74	16.62	12.19
688089.SH	嘉必优	1.22	1.50	1.79	0.72	0.89	1.06	33.52	27.28	22.86
600873.SH	梅花生物	29.36	32.02	34.86	1.03	1.12	1.22	10.58	9.70	8.92
603739.SH	蔚蓝生物	0.67	1.08	1.42	0.27	0.43	0.56	48.81	30.65	23.54
301301.SZ	川宁生物	14.17	16.79	19.06	0.64	0.76	0.86	18.45	15.56	13.72

资料来源：iFinD，华安证券研究所

*：采用 2025 年 4 月 18 日收盘价为基础计算

风险提示：

- 产业化进程不及预期的风险；
- 菌种及配方泄露的风险；
- 法律诉讼的风险；
- 生物安全的风险；
- 道德伦理的风险；
- 下游认证不及预期的风险。

重要声明

分析师声明

本报告署名分析师具有中国证券业协会授予的证券投资咨询执业资格，以勤勉的执业态度、专业审慎的研究方法，使用合法合规的信息，独立、客观地出具本报告，本报告所采用的数据和信息均来自市场公开信息，本人对这些信息的准确性或完整性不做任何保证，也不保证所包含的信息和建议不会发生任何变更。报告中的信息和意见仅供参考。本人过去不曾与、现在不与、未来也将不会因本报告中的具体推荐意见或观点而直接或间接接收任何形式的补偿，分析结论不受任何第三方的授意或影响，特此声明。

免责声明

华安证券股份有限公司经中国证券监督管理委员会批准，已具备证券投资咨询业务资格。本报告由华安证券股份有限公司在中华人民共和国（不包括香港、澳门、台湾）提供。本报告中的信息均来源于合规渠道，华安证券研究所力求准确、可靠，但对这些信息的准确性及完整性均不做任何保证。在任何情况下，本报告中的信息或表述的意见均不构成对任何人的投资建议。在任何情况下，本公司、本公司员工或者关联机构不承诺投资者一定获利，不与投资者分享投资收益，也不对任何人因使用本报告中的任何内容所引致的任何损失负任何责任。投资者务必注意，其据此做出的任何投资决策与本公司、本公司员工或者关联机构无关。华安证券及其所属关联机构可能会持有报告中提到的公司所发行的证券并进行交易，还可能为这些公司提供投资银行服务或其他服务。

本报告仅向特定客户传送，未经华安证券研究所书面授权，本研究报告的任何部分均不得以任何方式制作任何形式的拷贝、复印件或复制品，或再次分发给任何其他人，或以任何侵犯本公司版权的其他方式使用。如欲引用或转载本文内容，务必联络华安证券研究所并获得许可，并需注明出处为华安证券研究所，且不得对本文进行有悖原意的引用和删改。如未经本公司授权，私自转载或者转发本报告，所引起的一切后果及法律责任由私自转载或转发者承担。本公司并保留追究其法律责任的权利。

投资评级说明

以本报告发布之日起 6 个月内，证券（或行业指数）相对于同期相关证券市场代表性指数的涨跌幅作为基准，

A 股以沪深 300 指数为基准；新三板市场以三板成指（针对协议转让标的）或三板做市指数（针对做市转让标的）为基准；香港市场以恒生指数为基准；美国市场以纳斯达克指数或标普 500 指数为基准。定义如下：

行业评级体系

- 增持—未来 6 个月的投资收益率领先市场基准指数 5% 以上；
- 中性—未来 6 个月的投资收益率与市场基准指数的变动幅度相差 -5% 至 5%；
- 减持—未来 6 个月的投资收益率落后市场基准指数 5% 以上；

公司评级体系

- 买入—未来 6-12 个月的投资收益率领先市场基准指数 15% 以上；
- 增持—未来 6-12 个月的投资收益率领先市场基准指数 5% 至 15%；
- 中性—未来 6-12 个月的投资收益率与市场基准指数的变动幅度相差 -5% 至 5%；
- 减持—未来 6-12 个月的投资收益率落后市场基准指数 5% 至；
- 卖出—未来 6-12 个月的投资收益率落后市场基准指数 15% 以上；
- 无评级—因无法获取必要的资料，或者公司面临无法预见结果的重大不确定性事件，或者其他原因，致使无法给出明确的投资评级。