

## 化学原料

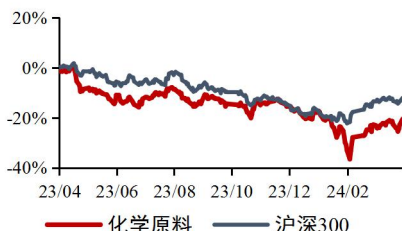
## 合成生物产业深度报告之一 领先大市-B(维持)

## 工程化合成万物，生物经济颠覆性力量

2024年4月2日

行业研究/行业深度分析

## 化学原料板块近一年市场表现



资料来源：最闻

首选股票	评级
688639.SH 华恒生物	买入-B
688065.SH 凯赛生物	增持-B

## 相关报告：

【山证化学原料】自主化、可持续、新应用三大驱动，自下而上把握结构性机会-山西证券新材料 2024 年度策略 2024.1.12

【山证化学原料】2024 年聚乳酸进口税率将由 3%提升至 6.5%-山西证券新材料周报（231225-1229） 2024.1.5

## 分析师：

冀泳洁 博士

执业登记编码：S0760523120002

邮箱：jiyongjie@sxzq.com

## 研究助理：

王锐

邮箱：wangrui1@sxzq.com

## 投资要点：

➢ 工程化合成生物，提高生物产品竞争力。合成生物制造按照特定目标对生物体理性设计、改造乃至从头重新合成生物体系，通过生物学的工程化来造福人类。CB Insights 预测 2024 年全球合成生物学市场规模或达到 189 亿美元，2019-2024 年期间 CAGR 或为 28.8%，麦肯锡预测 2025 年合成生物学产生的全球经济影响将达到 1000 亿美元。

➢ 合成生物制造相比传统化学工程三大优势：1) 原料可再生，反应条件温和，有效降低排放。2) 工艺优化潜力大，降本空间显著。3) 技术平台性强，研发经验和设备可迁移，拓品空间广阔。

➢ 合成生物仍处于发展早期，未来两大驱动因素：1) 欧盟碳关税造成“绿色贸易壁垒”，生物基材料渗透率有望提升。CBAM 与欧盟内外碳排放成本差额及碳排放量挂钩，未来 CBAM 将提升欧盟外地区出口至欧盟的成本，生物基材料凭借低碳减排优势，渗透率有望提升；2) 非粮化路线力图解决碳源隐忧。长期看，以粮食为碳源的合成生物制造面临“与人争粮”隐忧，生物质资源利用技术将逐步转向非粮生物质技术。

➢ 他山之石：虽较国外技术与应用开发有差距，但中国企业仍大有可为。虽然我国企业在 DBTL 循环和应用开发等领域与国外企业存在差距，但依托发酵工程与分离纯化技术的优势、底层技术的追赶以及市场应用的持续开发，我们认为国内企业在合成生物制造领域具备赶超机会。我们复盘全球首家产品型上市公司 Amyris 和首家平台型上市公司 Ginkgo，得到以下结论：

1) Amyris 破产之鉴：a) 选品决定下游市场的进入难度，成本领先为产业化必需条件。b) “To B”和“To C”商业模式差异大，企业切换面临应用开发风险。

2) Ginkgo 成长之思：平台型是合成生物产业长期必经之路，但短期业绩受规模效应约束。平台型企业须通过并购投资拓展自身平台能力，通过扩张项目数量以降低成本。后发中国企业选择与科研机构合作是降低短期经营风险的选择之一。

## 投资建议：

➢ 合成生物学产业投资逻辑：短期看选品，长期看平台，首选具备平台化能力的产品型公司。当前合成生物学底层技术仍有较大的进步空间，产业仍处于生命周期早期，产品型公司更易成长。短期角度看，选品能力将对产品型公司的短期财务业绩产生关键性影响。我们认为优秀的选品应具备“下游应用成熟”及“成本领先”两大特征，以解决真实的商业需求：



**下游应用成熟：**1) 潜在市场规模广阔；2) 需求具备确定性，市场成本教育低。**成本领先：**技术落地概率高，相比现存替代产品具备成本优势。

长期看，平台化能力决定了合成生物企业的研发延伸和产品拓展空间，具备扎实研发能力、自动化、AI化的合成生物学研发平台是持续成长的根本，因此“强劲的研发能力”和“丰富的储备品类”也较为关键。在此背景下，我们建议关注华恒生物（买入-B）、凯赛生物（增持-B）、梅花生物、圣泉集团、嘉必优、莱茵生物、无锡晶海、蓝晓科技。

**风险提示：**行业发展不及预期的风险；研发失败的风险；选品壁垒较低导致行业竞争加剧及商业化不及预期的风险；原材料价格波动风险；下游需求不及预期风险。

## 目录

1. 产业分析：工程化合成万物，提高生物产品竞争力.....	7
1.1 DBTL 循环是生物制造开发关键，底层技术进步推动成本大幅降低.....	7
1.2 产业链分析：市场空间广阔，政策及资本高度关注.....	10
1.3 合成生物制造减碳降本，技术迁移性强，拓品空间大.....	15
2. 未来驱动：全球低碳化加速产品渗透，非粮基工艺开发解决原料隐忧.....	19
2.1 欧盟碳关税构成“绿色贸易壁垒”，生物基材料渗透率有望提升.....	19
2.2 非粮化路线力图解决长期碳源隐忧.....	23
3. 他山之石：中国企业大有可为，寻找具备平台化能力的产品型公司.....	28
3.1 Amyris 破产之鉴：大宗品须具备成本优势，消费品关注转型风险.....	28
3.2 Ginkgo 成长之思：平台型企业领先者，以“骑士定律”对标“摩尔定律”，商业模式待验证.....	34
3.3 投资建议：推荐具备平台化能力的产品型公司，关注在合成生物学与生物基材料领域探索的公司.....	38
3.3.1 华恒生物：突破厌氧发酵法产业化，平台化能力推动生物基新品持续涌现.....	41
3.3.2 凯赛生物：全球长链二元酸龙头，生物基尼龙产业再启航.....	43
3.3.3 关注合成生物学及生物基材料领域布局及探索的公司.....	45
4. 风险提示.....	46
4.1 行业风险提示.....	46
4.2 公司风险提示.....	47

## 图表目录

图 1： 合成生物制造步骤.....	8
图 2： 细胞氧化还原力的平衡使得厌氧发酵法低能耗和高转化效率优势得以凸显.....	9
图 3： 2017-2020 年上半年期间，华恒生物 L-丙氨酸生产成本持续优化.....	9
图 4： 合成生物学“读、改、写”技术持续迭代.....	9



图 5: 测序技术的进化使得基因数据库序列数激增.....	10
图 6: 基因测序成本下降幅度超越了摩尔定律.....	10
图 7: 合成生物学产业链及部分相关企业.....	11
图 8: 全球合成生物学 2001-2021 年论文、专利及企业融资情况.....	12
图 9: 2024 年全球合成生物学市场规模增长至 189 亿美元, 2019-2024 年 CAGR 或为 28.8%.....	14
图 10: 与化学法相比, 部分生物基化学品每吨的二氧化碳减排量.....	16
图 11: PE 及三种可降解塑料价格.....	17
图 12: 戊二胺与丰富的二元酸产品类型可合成多种生物基尼龙产品.....	19
图 13: 正式实施阶段的 CBAM 征收方式.....	21
图 14: CBAM 逐步实施期间内, 欧盟碳排放交易体系下的免费配额将在 2026-2024 年内逐步取消.....	21
图 15: CBAM 过渡期覆盖行业情况及正式期对应收费.....	21
图 16: 中国、越南等生产型发展中国家的单位 GDP 二氧化碳排放量较发达国家偏高.....	22
图 17: 2022 年全球材料、生物基燃料以及生物基塑料分别占农业用地面积的 2.187%、4.126%和 0.017% (用地单位: 亿公顷) .....	24
图 18: 生物质资源利用三代技术的区别.....	25
图 19: 木质纤维素综合利用产业链.....	26
图 20: 圣泉集团以秸秆等为原料打造合成树脂产业链.....	28
图 21: Amyris 重大发展节点.....	29
图 22: Amyris 产品关系.....	29
图 23: Amyris 法尼烯生物燃料生产流程.....	31
图 24: 2015 年 Amyris 法尼烯成本下降至 2.51 美元/升.....	31
图 25: Amyris 法尼烯成本较柴油缺乏竞争力.....	31
图 26: Amyris 认为其“Lab to Market”模式更适合“to C”产品.....	32



图 27: Amyris Lab to Market 是典型的合成生物学平台, 产品矩阵“to C”, 分自有品牌和材料成分两条品线	33
图 28: Amyris 2023 年以来收入环比承压	33
图 29: Amyris 现金流持续承压	33
图 30: Ginkgo 商业模式: 生物铸造厂+代码库+AI+生物安全	34
图 31: 骑士法则: Ginkgo 进行单位成本优化的三种策略	35
图 32: Ginkgo 客户拓展策略	36
图 33: Ginkgo 2023Q1-Q3 营收同比下降 43%	37
图 34: Ginkgo 近年来持续处于亏损状态	37
图 35: 华恒生物搭建了酶法和发酵法双平台的生产工艺, 部分产品实现上下游综合利用	41
图 36: MGDA 相比其他螯合剂优势显著	42
图 37: MGDA 需求有望快速增长	42
图 38: 我国饲料添加剂行业产值规模情况	43
图 39: L-缬氨酸需求量持续提升	43
图 40: 凯赛生物产业链	44
图 41: 凯赛生物泰纶®和 ECOSENT®下游应用	45
表 1: 我国各部门持续推出合成生物学产业发展政策及法规	12
表 2: 部分化工领域的合成生物学商业化应用情况	14
表 3: 生物发酵法制备长链二元酸具备常温常压, 产物品种丰富等显著优势	18
表 4: CBAM 立法时间点	20
表 5: 当前中国向欧盟出口的 CBAM 产品占比整体较低	23
表 6: 武汉睿嘉康的运动发酵单胞菌在非粮原料生产大宗醇酸领域应用具备六大优势	27



表 7: 2012 年 Amyris 对于法尼烯下游市场空间及潜在客户的分析.....	30
表 8: Ginkgo 预测 Foundry 业务将给公司带来可观的短期代工收入和长期项目落地收入.....	35
表 9: Ginkgo 对于未来新增项目及营收的预测较为乐观.....	37
表 10: 中国合成生物学企业相比海外企业盈利能力优秀.....	38
表 11: 合成生物学产业链难点、壁垒与海内外对比.....	39

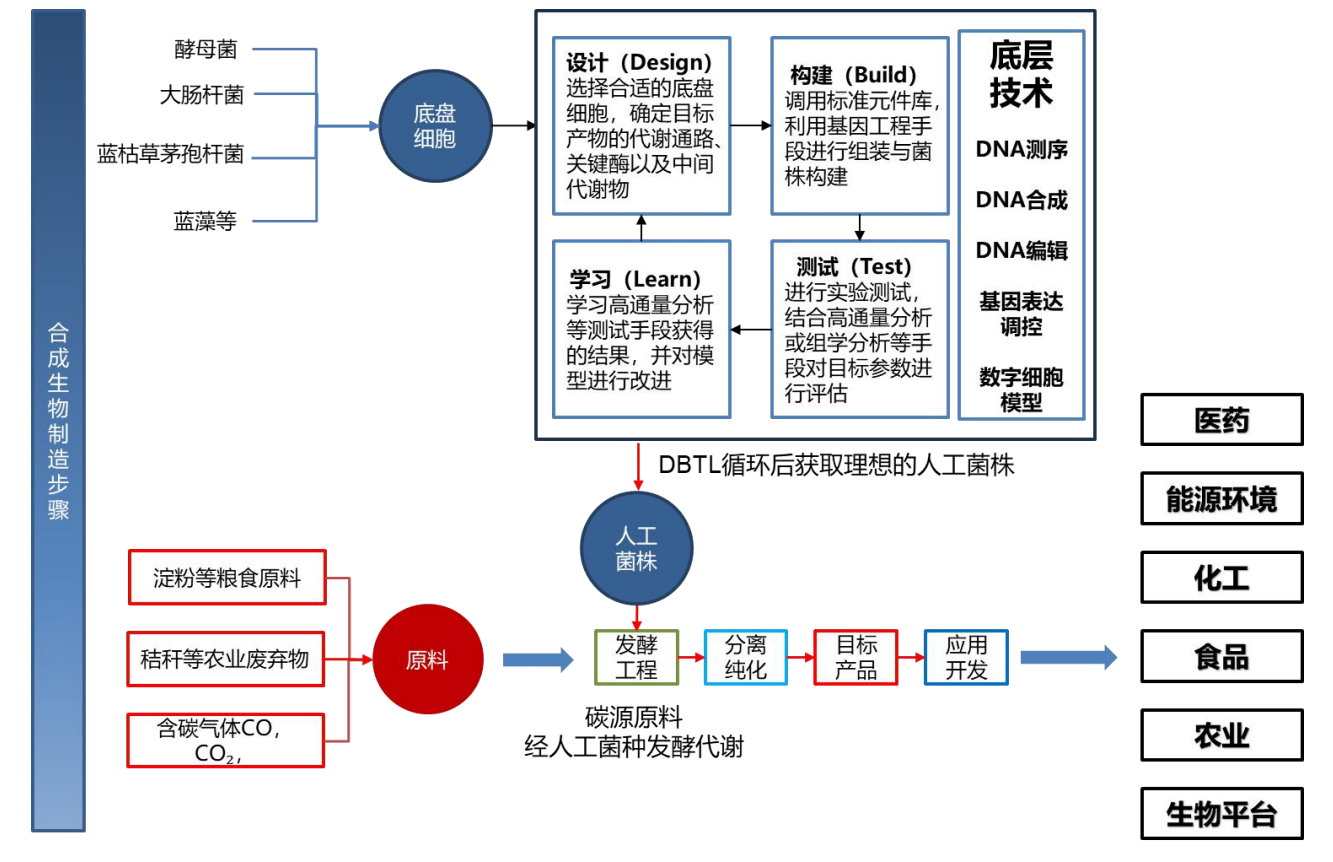
## 1. 产业分析：工程化合成万物，提高生物产品竞争力

### 1.1 DBTL 循环是生物制造开发关键，底层技术进步推动成本大幅降低

**合成生物学：工程化理念的生物制造。**合成生物制造本质是在工程学思想指导下，按照特定目标对生物体理性设计、改造乃至从头重新合成生物体系，通过生物学的工程化来造福人类。过去人类主要通过筛选和诱变育种的方式获得高产菌种，然而作为一种“以时间或人力换水平”的非理性策略，效率较低。近年来，基因测序、基因编辑、基因合成等关键底层技术的快速进步和成本不断降低，显著提升了对 DNA、RNA、蛋白质和细胞表型的设计和改造能力，合成生物制造得到了快速发展，人类已可通过工程化手段构建微生物工厂，生产所需的产物。

**合成生物学的流程围绕 DBTL (Design-Build-Test-Learn) 循环持续迭代，其目的是持续提升微生物性能，以打破最终产物的生产瓶颈。**微生物代谢及其控制是非线性的复杂网络系统，细胞依靠其精巧的基因线路以及严格的调控机制来维持各项代谢活动的稳定，然而目前人类仍然缺乏对于系统运作的完整信息，因此优化代谢网络往往需要进行持续迭代优化，目前的通用模式为 DBTL。**Design (设计)：**首先，根据所需要的最终产物，研究者选择合适的底盘细胞，确定目标产物的代谢通路、关键酶以及中间代谢物等。**Build (构建)：**调用标准元件库，利用基因工程手段进行组装与菌株构建。**Test (测试)：**进行实验测试，结合高通量分析或组学分析等手段对目标参数进行评估，主要分为两方面：1) 外源或全新设计的代谢途径引入后，微生物系统的鲁棒性表现如何，能否在外界干扰下保持表型稳定；2) 底盘细胞能不能适应新的合成途径，进而生产目标产物。**Learn (学习)：**学习高通量分析等测试手段获得的结果，并对模型进行改进。获得性能优异的菌种之后，基于发酵工程技术，对以淀粉为代表的众多发酵底物进行发酵和分离纯化，得到目标产物。

图 1：合成生物制造步骤



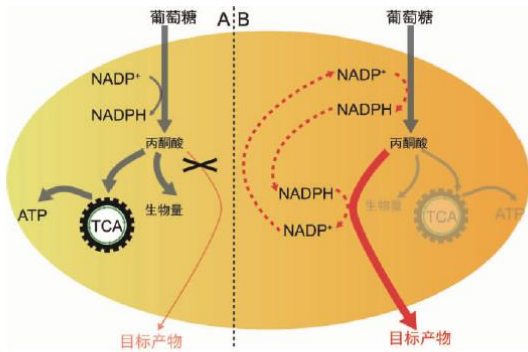
资料来源：关于安徽华恒生物科技股份有限公司向特定对象发行股票申请文件的第二轮审核问询函的回复（豁免版），山西证券研究所整理

DBTL 阶段的菌种性能将显著影响后续的发酵难度和分离纯化成本。以华恒生物为例，厌氧发酵法 L-丙氨酸可将生产成本降低 50%。目前好氧发酵在发酵工程中占据着主流发酵地位，但是好氧发酵过程中，由于相当多的能量进入三羧酸循环消耗掉，且有一部分物质用于细胞合成，这部分能量和物质都未进入产品生产，降低了物质利用效率和产品转化率。在厌氧发酵中，三羧酸循环基本没有活性，消耗的能量较少；且在厌氧发酵中细胞量较少，进入细胞合成的物质流较少，底物利用率和产品转化率较高。然而，厌氧发酵法的瓶颈在于，微生物经由厌氧发酵时由于不经过三羧酸循环，细胞几乎不利用氧气，容易造成还原力无法循环而失衡，阻碍菌体生长。中国科学院天津工业生物技术研究所张学礼团队创制的厌氧生产 L-丙氨酸技术通过重新设计大肠杆菌代谢网络，实现平衡胞内还原力，获得在厌氧型发酵下高效合成 L-丙氨酸。该基因工程菌株可以实现一步发酵合成 L-丙氨酸，发酵过程不产生二氧化碳排放，产品转化



率提升到 90%，生产成本下降 50%。

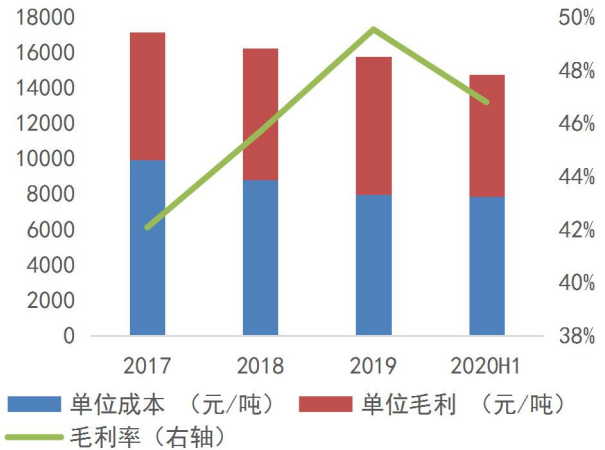
图 2：细胞氧化还原力的平衡使得厌氧发酵法低能耗和高转化效率优势得以凸显



A: 细胞生长时不积累目标产物。B: 目标产物生产时与还原力平衡

资料来源：《新一代发酵工程技术：任务与挑战》周景文等，山西证券研究所

图 3：2017-2020 年上半年期间，华恒生物 L-丙氨酸生产成本持续优化



资料来源：华恒生物招股说明书，山西证券研究所

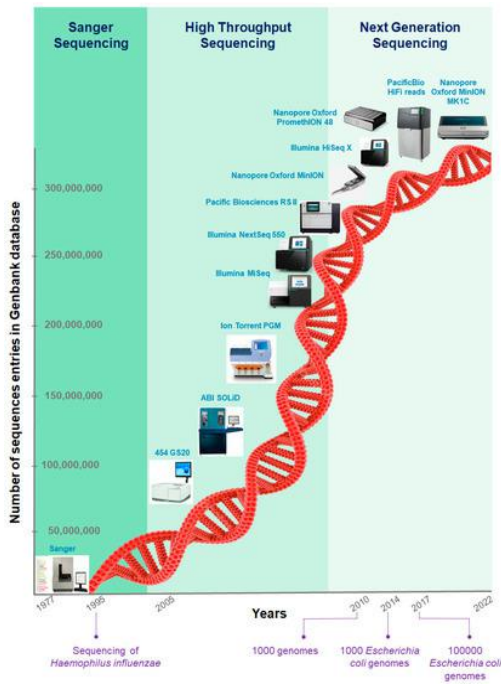
底层技术的迭代发展推动了合成生物学研发成本的大幅降低。根据亿欧智库，人类基因组测序完成以后，基因测序的成本下降速度超过摩尔定律；第三代基因编辑技术——CRISPR/Cas9 的诞生相较于前两代技术，操作过程较为简单，因此也得以迅速普及；基因合成的技术也在不断提升，随着 DNA 合成成本的下降、组装和移植技术的不断改进，人们开始逐步具备对全基因组进行从头设计与合成的能力。“读、改、写”领域技术的持续迭代有望推动合成生物学研发成本的大幅降低。

图 4：合成生物学“读、改、写”技术持续迭代



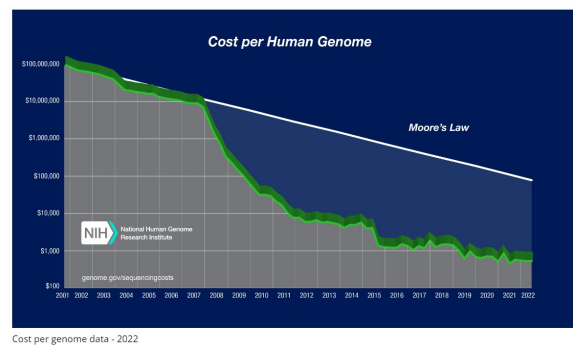
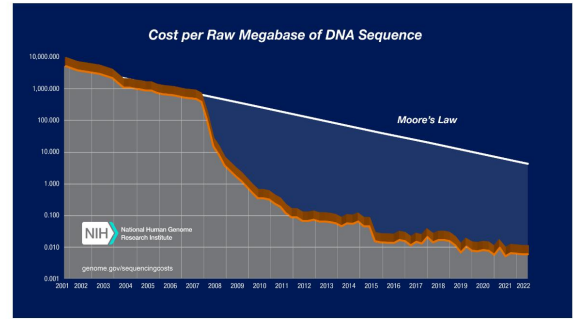
资料来源：亿欧智库，《基因组的“读-改-写”技术》，山西证券研究所

图 5：测序技术的进化使得基因数据库序列数激增



资料来源：《第三代测序在临床细菌研究中的应用和挑战》，山西证券研究所

图 6：基因测序成本下降幅度超越了摩尔定律



资料来源：National Human Genome Research Institute, 《DNA Sequencing Costs: Data》，山西证券研究所

## 1.2 产业链分析：市场空间广阔，政策及资本高度关注

按照我们在图一中对于合成生物制造流程的解释，我们将合成生物制造产业链划分为微生物菌株构建（DBTL 循环）、发酵工程、分离纯化和应用开发四个环节，而参与企业可分为上游工具层、中游平台层和下游应用层三类。

DBTL 循环作为合成生物制造的基础，包含了上游工具层和中游平台层的企业。上游工具层企业主要提供合成生物学底层的技术和原料，包括 DNA 测序、DNA 合成、基因编辑、细胞培养基以及菌株。目前市场将不参与具体产品的后端商业化开发，通过整合工具层企业技术，搭建合成生物学自动化平台以实现 DBTL 循环，以为下游客户代工、参股或授权费的形式获得收入的企业称为平台型（平台层）企业。对于平台型企业而言，提升代工项目数量和质量，积累合成生物学微生物库，构筑强大的自动化技术壁垒是主要的发展策略。

应用层企业也称为产品型企业，专注于合成生物学产品的商业化。产品型合成生物学企业通常涵盖了发酵工程、分离纯化和应用开发三大环节，但不一定必须具备上游开发合成生物学平台的能力，部分企业可通过外包或合作的模式获取生产代谢产物的菌种或酶。产品型企业通过以合成生物学产品商业化落地的方式而获得收入，因此须投资建设发酵工厂，解决分离纯化环节难题，寻找产品下游客户及销售渠道，甚至主导合成生物学产品的下游应用开发。

图 7：合成生物学产业链及部分相关企业

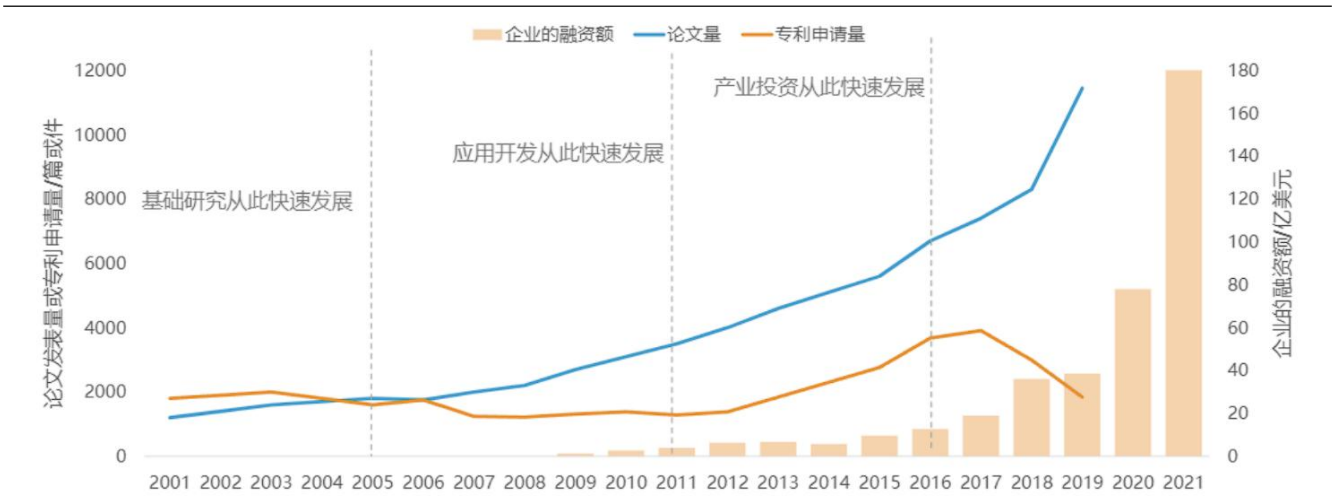
应用层：开发垂直产品或服务									
医疗健康		化工能源		食品饮料		农业技术		信息技术	
药物合成	<b>国外企业：</b> Vedanta、Prokarium、Azitra、Antheia、Tepha <b>国内企业：</b> 川宁生物、金城医药	精细化工品	<b>国外企业：</b> Amyris、Genomatica、Lygos、Novvi、C16 Biosciences <b>国内企业：</b> 凯赛生物、华恒生物、梅花生物、蓝晶微生物、华熙生物、巨子生物、福瑞达、锦波生物	肉类和乳制品	<b>国外企业：</b> Beyond Meat、Impossible Food、Perfect Day <b>国内企业：</b> 金斯瑞（百斯杰）、嘉必优、莱茵生物	作物育种	<b>国外企业：</b> Pivot Bio、Agrivida <b>国内企业：</b> 蔚蓝生物	DNA存储	<b>国外企业：</b> Twist Bioscience、Catalog <b>国内企业：</b> 中科碳元
微生物疗法		工业酶		调味/添加剂		饲料生产			
基因治疗		生物基材料		饮品饮料		农药/废料			
RNA药物		生物能源							
		美容护肤							
平台层：生物体设计与自动化平台									
生物设计软件		高通量、自动化实验设备		云端生物铸造厂		微流控		大数据与机器学习	
<b>国外企业：</b> Ginkgo bioworks, Zymergen, Amyris, Benchling、Synthace <b>国内企业：</b> 恩和生物、欣贝莱生物、态创生物、酶赛生物、惠利生物、衍进科技、小熊猫生物、元腾生物、森瑞斯									
工具层：使能技术和基础材料									
DNA合成	DNA测序	基因编辑 (CRISPR-Cas9)		元件库	工具酶/酶工程		模式底盘生物库		
<b>国外企业：</b> DNA Script、Synthego <b>国内企业：</b> 华大智造、擎科生物、博雅辑因、智峪生科、分子之心、迪赢生物、伯科生物、中合基因、芯宿科技、安序源									

资料来源：《2022 年中国合成生物学产业发展报告》，前瞻产业研究院，创业邦研究中心，百斯杰生物，Founder Park，Deep Tech 深科技，智药局，山西证券研究所

合成生物学基础研究推进，产业资本加速投资，各国政府高度重视，2024 年我国政府工作报告强调生物制造为经济增长新引擎。根据《从全球专利分析看合成生物学技术发展趋势》及亿欧智库统计，2016-2021 年期间，全球合成生物学领域企业融资额由不足 20 亿美元提升至 180 亿美元，合成生物学企业融资额的快速提升主要得益于合成生物学领域基础研究的持续发展，2019 年全年合成生物学领域相关论文的数量已超过 1 万篇。近年来全球各国陆续出台一系列的合成生物扶持政策，包括建设合成生物学研究中心、进行项目资助，目前英美等国政府

进度较快。我国政府也高度重视合成生物学的发展，2008 年香山科学会议首次探讨了合成生物学背景、进展和展望，并连续多年开展了合成生物学专题学术讨论，2022 年《“十四五”生物经济发展规划》明确将合成生物学列为重点发展方向。2024 年的政府工作报告中强调，“积极培育新兴产业和未来产业……积极打造生物制造、商业航天、低空经济等新增长引擎。”

图 8：全球合成生物学 2001-2021 年论文、专利及企业融资情况



资料来源：《从全球专利分析看合成生物学技术发展趋势》陈大明，亿欧智库，山西证券研究所

表 1：我国各部门持续推出合成生物学产业发展政策及法规

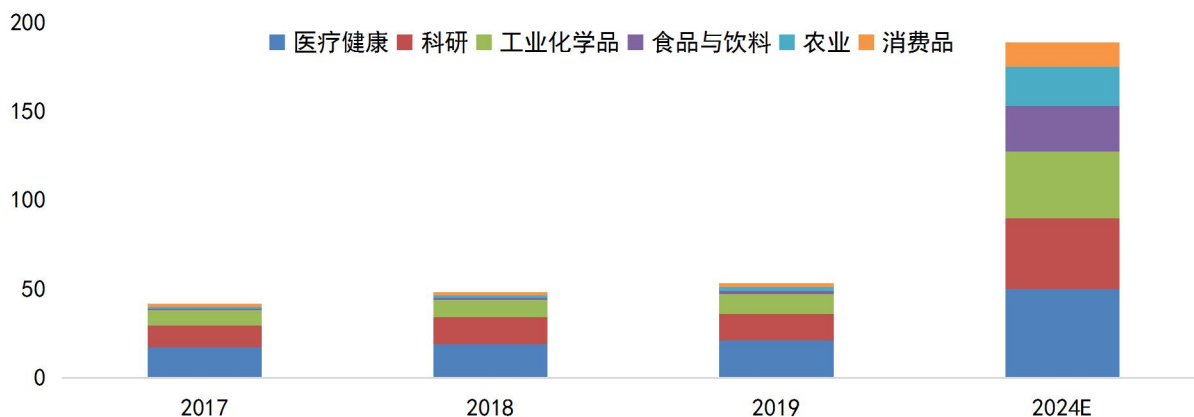
发布时间	发布部门	政策名称	重点内容解读
2024 年 2 月	工业和信息化部等七部门	《工业和信息化部等七部门关于加快推动制造业绿色发展的指导意见》	前瞻布局绿色低碳领域未来产业。聚焦“双碳”目标下能源革命和产业变革需求，谋划布局氢能、储能、生物制造、碳捕集利用与封存（CCUS）等未来能源和未来制造产业发展。发挥生物制造选择性强、生产效率高、废弃物少等环境友好优势，聚焦轻工发酵、医药、化工、农业与食品等领域，建立生物制造核心菌种与关键酶创制技术体系。聚焦 CCUS 技术全生命周期能效提升和成本降低，开展 CCUS 与工业流程耦合、二氧化碳生物转化利用等技术研发及示范。
2023 年 12 月	工业和信息化部等八部门	《关于加快传统制造业转型升级的指导意见》	为了推动传统制造业的转型升级，需要大力发展生物制造，为了实现这一目标，需要加强核心菌种，高性能酶制剂等底层技术和创新能力，提升分离纯化等先进技术装备的水平。
2023 年 7 月	农村农业部	《农业“火花技术”发现，评估与培育实施办法（暂行）》	将合成生物学领域列入农业“火花技术”，推进高水平农业科技自立自强，发挥农业科技支撑引领作用，牢固树立科学首创精神，鼓励自由探索，加快建立农业“火花技术”的发现、评估和培育机制

发布时间	发布部门	政策名称	重点内容解读
2022年8月	科技部等九部门	《科技支撑碳达峰碳中和实施方案（2022—2030年）》	在新型绿色氢能技术领域，研究基于合成生物学、太阳能直接制氢等绿氢制备技术。前沿储能技术。研究固态锂离子、钠离子电池等更低成本、更安全、更长寿命、更高能量效率、不受资源约束的前沿储能技术。
2022年8月	工业和信息化部、国家发展改革委、生态环境部	《工业领域碳达峰实施方案》	确保工业领域二氧化碳排放在2030年前达峰，构建有利于碳减排的产业布局。围绕新一代信息技术、生物技术、新能源、新材料、高端装备、新能源汽车、绿色环保以及航空航天、海洋装备等战略性新兴产业，打造低碳转型效果明显的先进制造业集群。推动低碳原料替代；鼓励有条件的地区利用可再生能源制氢，优化煤化工、合成氨、甲醇等原料结构；支持发展生物化工，推动石化原料多元化；鼓励依法依规进口再生原料。
2022年5月	国家发展改革委	《“十四五”生物经济发展规划》	加快发展高通量基因测序技术，推动以单分子测序为标志的新一代测序技术创新，不断提高基因测序效率、降低测序成本。加强微流控、高灵敏等生物检测技术研发。
2018年1月	科技部	“合成生物学”重点专项2018年度项目申报指南	专项设置“人工基因组合成与高版本底盘细胞”“人工元器件与基因线路”“人工细胞合成代谢与复杂生物系统”以及“使能技术体系与生物安全评估”等4项主要任务

资料来源：工业和信息化部，农业农村部，科技部，发展改革委，山西证券研究所

2024年全球合成生物学市场规模有望达到189亿美元，2019-2024年期间CAGR或为28.8%，麦肯锡预测2025年合成生物学经济影响达到1000亿美元。根据CB Insights数据，2019年全球合成生物学产业市场规模约为53亿美元，其中医疗健康、科研、工业化学品、食品饮料、农业和消费品分别占全球合成生物学市场份额的39.7%、27.9%、20.9%、4.0%、3.5%以及4.1%。到2024年，医疗健康、科研、工业化学品、食品饮料、农业和消费品六大板块的市场规模或将增长至50.22亿美元、39.61亿美元、37.47亿美元、25.75亿美元、22.33亿美元、13.46亿美元，对应的复合增长率分别为18.9%、21.7%、27.5%、64.6%、64.2%以及43.9%。此外，麦肯锡预测到2025年合成生物学与生物制造的经济影响将达到1000亿美元。

图 9：2024 年全球合成生物学市场规模增长至 189 亿美元，2019-2024 年 CAGR 或为 28.8%



资料来源：CB Insights，贝壳社《合成生物学：当之无愧的生命科学利器（下）》，山西证券研究所

合成生物学在化工领域已展现出替代潜力，生物基塑料、生物基材料和生物能源为当前主要的发展方向。1,3 丙二醇（PDO）为最早应用合成生物学方法生产的生物基材料之一。在生物法工艺发明以前，杜邦及德固赛采用丙烯醛水合氢化法生产，首先通过丙烯醛的水化反应生成 3-羟基丙醛，随后通过加氢反应合成出 1,3-丙二醇，但丙烯醛水合氢化法的工艺缺陷在于丙烯醛获取困难、丙烯醛的剧毒性质以及产物质量相对较低。2003 年，杜邦通过工程菌将玉米水解产生的葡萄糖转化为 1,3-丙二醇，凭借原料易得、反应条件温和、环境友好等优势实现了对化学法的替代，并由此获得了美国总统绿色化学奖，并于 2006 年实现生产。2009 年，BioAmber 公司以小麦为底物，利用大肠杆菌成功实现了由葡萄糖生产丁二酸（也称琥珀酸）。2011 年，美国 Genomatica 公司积极从甘蔗、甜菜、玉米及其他植物中提取糖类原料，利用大肠杆菌推进 1,4-丁二醇生产的工业化进程。生物塑料的案例之一为凯赛生物，凯赛生物已经实现了生物法长链二元酸及生物基聚酰胺的量产。生物能源方面，Amyris 以甘蔗为底物生产生物法尼烯，Gevo 实现了纤维素异丁醇的生产，并且可以转化为异丁烯和石蜡基煤油。帝斯曼、科莱恩、杜邦等企业持续在纤维素乙醇的应用进行探索。

表 2：部分化工领域的合成生物学商业化应用情况

产物	宿主	原料	公司
琥珀酸	大肠杆菌	玉米糖	BioAmber
	大肠杆菌	蔗糖	Myriant（现名 GCInnovationAmerica）
	克鲁斯假丝酵母		-

	酿酒酵母	淀粉、糖类	Reverdia
	巴斯夫产琥珀酸菌	甘油、糖类	Succinity
1,4-丁二醇	大肠杆菌	糖类	Genomatica 和 DuPontTate & Lyle
1,3-丙二醇	大肠杆菌	糖类	DuPontTate & Lyle
聚羟基链烷酸酯 (PHA)	大肠杆菌	糖类	Metabolix (现名 Yeild10 science)
3-羟基丙酸	大肠杆菌	葡萄糖、木糖	OPXbio & Dow Chemical
	未报道	未报道	Perstorp
乙醇	酿酒酵母	蔗糖、玉米糖、木质纤维素	-
	运动发酵单胞菌		-
	马克斯克鲁维酵母		-
异丁醇	酿酒酵母	糖类	Gevo、Butalco、Butamax
法尼烯	酿酒酵母	蔗糖	Amyris
青蒿素(半合成)	酿酒酵母	葡萄糖	Amyris
L-丙氨酸	大肠杆菌	葡萄糖	华恒生物
L-缬氨酸	大肠杆菌	葡萄糖	华恒生物

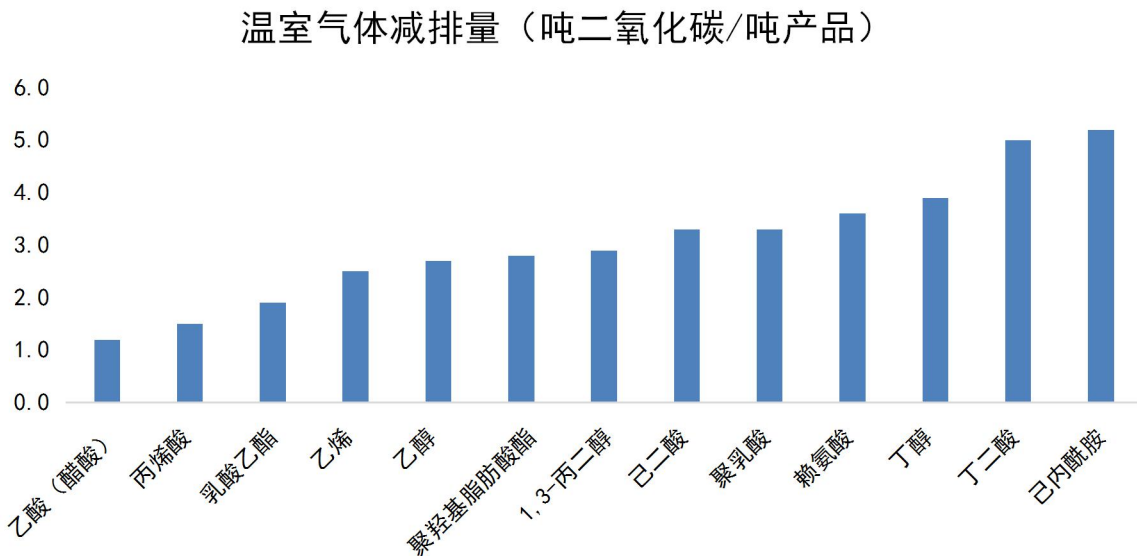
资料来源：《微生物细胞工厂的设计构建：从诱变育种到全基因组定制化创制》，《通过减轻工程化大肠杆菌中甘油通量，提高从葡萄糖和木糖生产 3-羟基丙酸》，上海工业生物技术研发中心，《2022 年全球角鲨烷(烯)行业调研及前景分析》，恒州博智，《绿色化学手段合成青蒿素》，X-MOL，《L-丙氨酸厌氧发酵关键技术及产业化》，《生产 L-缬氨酸的重组大肠杆菌及其应用》，山西证券研究所

### 1.3 合成生物制造减碳降本，技术迁移性强，拓品空间大

合成生物制造相比传统化工三大优势：

其一，合成生物制造原材料可再生，制造过程中反应条件温和，有效降低碳排放。首先，就材料端而言，传统化学合成法通常以原油和煤炭等化石能源的加工品为原材料，而合成生物学以糖类和纤维素等可再生的生物质为原材料，生物质在光合作用中可吸收二氧化碳。其次，就生产过程而言，生物制造过程通常在常温常压条件下进行，能耗低且产生污染相对较少，也能够显著削减生产过程中的碳排放。根据《Bio-based Chemicals A 2020 Update》一文的测算，与化学法相比，以乙酸和丙烯酸等为代表的 13 种生物基化学品每吨二氧化碳减排量可高达 1.2-5.2 吨。

图 10：与化学法相比，部分生物基化学品每吨的二氧化碳减排量

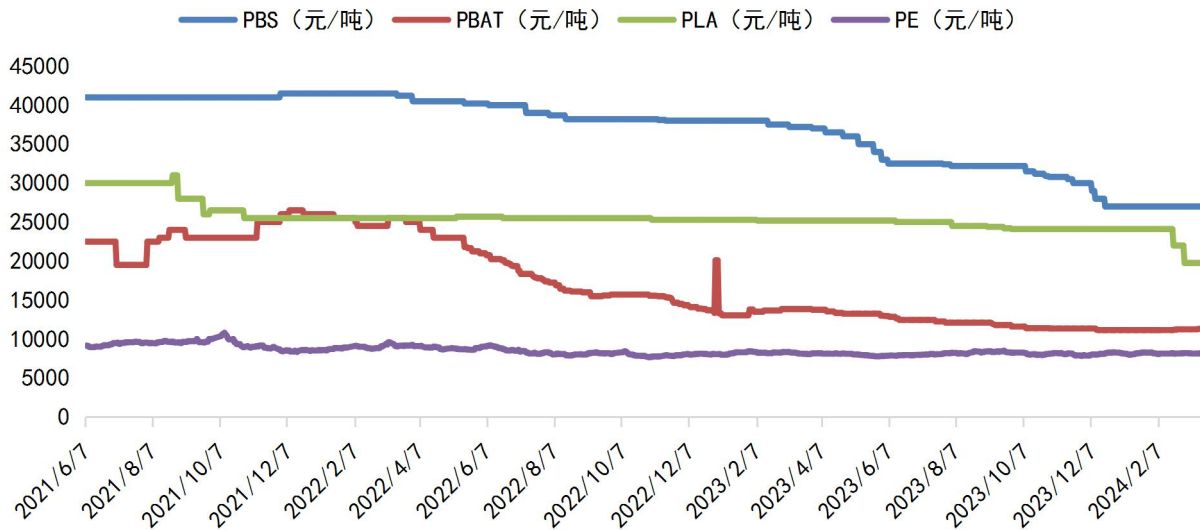


资料来源：《Bio-based Chemicals A 2020 Update》，山西证券研究所

其二，生物制造相对化学工艺能耗成本降低，且菌种能够实现迭代优化，因此部分精细化学品仍具备显著的降本空间。以丁二酸为例，丁二酸是一种优秀的平台化合物，在化工、材料、医药、食品领域有着广泛的用途，被美国能源部列为未来 12 种最有价值的平台化合物之一，可以衍生出众多下游产品，如 1,4-丁二醇、四氢呋喃、N-甲基吡咯烷酮、2-吡啶烷酮。丁二酸和 1,4-丁二醇聚合得到的 PBS（聚丁二酸丁二醇酯）是一种性能优良的生物全降解塑料。丁二酸远期市场潜力超过 270 万吨，大约有 250 种可以用苯为原料生产的化工产品都可以通过丁二酸为原料生产。一旦实现丁二酸的大规模生产，就可以部分取代石油化工产品苯。基于顺酐为原料的石油化工路线丁二酸工艺复杂，且常需高温高压，能耗物耗较高，同时化学合成还会造成严重的环境污染。张学礼团队通过理性改造和进化代谢技术提高丁二酸生产能力，设计的丁二酸合成途径使丁二酸的糖酸转化率接近理论最大值，生物法生产丁二酸单吨成本约 1 万元，相比化学法的 1.4 万元降低约 29%，丁二酸成本的大幅下降有望推动可降解塑料 PBS 的商业化进程。



图 11: PE 及三种可降解塑料价格



资料来源: Wind, 百川盈孚, 山西证券研究所

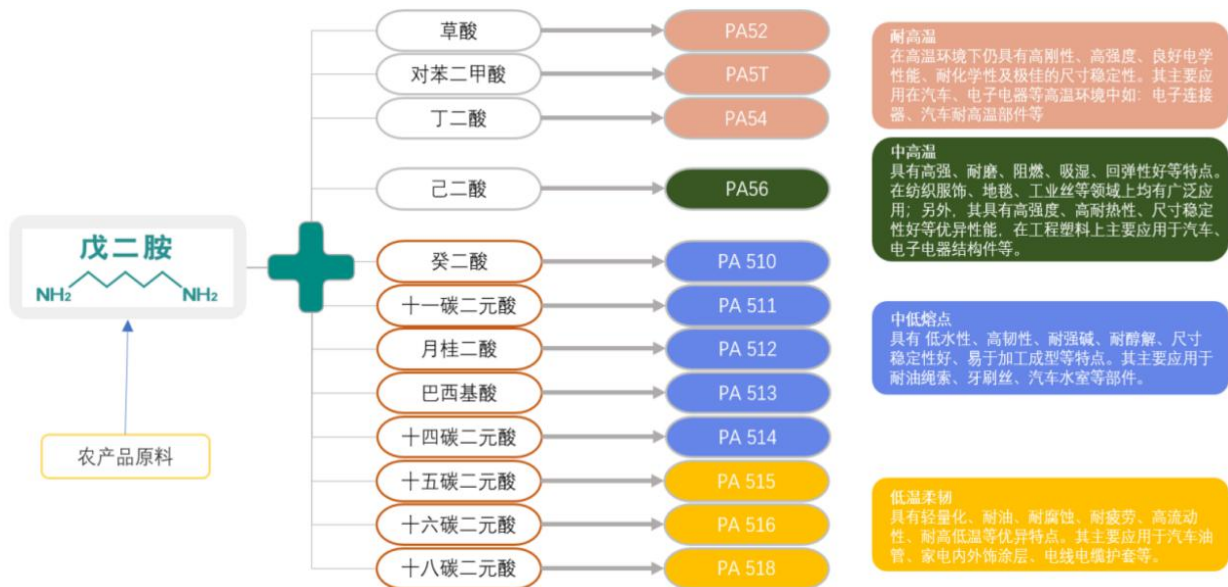
其三, 合成生物制造研发经验和设备可共用, 拓品空间广阔。以凯赛生物的二元酸为例, 长链二元酸是合成香料、尼龙工程塑料、热熔胶、树脂、耐寒性增塑剂、医药和农药等的重要原料, 其中十二碳二元酸 (DC12) 和十四碳二元酸 (DC14) 分别是合成高级尼龙工程塑料尼龙 1212 和尼龙 1414 等的重要原料。十二碳以上的长链二元酸在自然界中并不存在, 化学法合成路线长, 反应需要高温高压, 对催化剂要求比较苛刻, 因此在工业规模上的长链二元酸品种较少, 只有十二碳长链二元酸等少数品种, 且收率较低, 目前没有经济可行的合成方法, 因此利用微生物的特异性转化能力, 在常温常压下转化正烷烃或脂肪酸生成相应的长链二元酸成为新的方向。凯赛生物的生物法生产长链二元酸的重要优点在于可以使用相同的微生物、相同设备以及培养基, 通过提供不同底物的方案生产各种不同碳链长度的长链二元酸, 而化学合成法仅能生产单一二元酸, 因此既降低了不同长链二元酸的生产成本, 也有效的拓宽了产品品类。依托丰富的长链二元酸品种以及生物基戊二胺技术, 公司可生产从尼龙 510 到尼龙 518 等长链尼龙产品。

表 3：生物发酵法制备长链二元酸具备常温常压，产物品种丰富等显著优势

方法	制备方法	应用实例
植物油裂解	以植物油中的不饱和脂肪酸为原料，经氧化热裂解制取长链二元酸	DC10：蓖麻籽油裂解得到
		DC13：菜籽油中提取出甘油芥酸酯后用臭氧氧化裂解制取
		DC15：蒜头果油中提取出脑神经酸，再裂解制取
化学合成法	正构烷烃直接氧化制取	烷烃发生断裂得不到相应链长的单一二元酸
	以低碳链的二元酸为原料，通过脂化、还原、溴化、氰化和腈的水解等一系列化学反应步骤，合成多 2 个或 3 个碳原子的二元酸	DC10：己二酸为原料生产癸二酸
		DC10~18：壬二酸或癸二酸作原料，采用碳链加长的方法合成
	用环状化合物氧化或经其它化学反应合成部分长链二元酸	DC10：以钨盐或铁为催化剂，在乙醇等醇溶剂中，常压下 40~60℃，将环戊烯用空气氧化制得环戊酮，然后再经氧化、二聚合成
DC12：以钨盐或铁为催化剂，在甲醇等溶剂中，以环己酮为原料通过过氧化氢氧化		
二烯烃氧化或经其它化学反应合成部分长链二元酸	DC12：以丁二烯为原料，再经过 9 个复杂的反应步骤	
生物发酵法	在常温常压下，以丰富的石油资源为原料，微生物发酵，将烷烃或一元酸转化为二元酸	DC10~18：氧化石油中各种正构烷烃两端的 2 个甲基，一步加上 4 个氧原子，生成相应链长的各种长链二元酸

资料来源：《长链二元酸的制备与精制研究进展》刘雅等，山西证券研究所

图 12：戊二胺与丰富的二元酸产品类型可合成多种生物基尼龙产品



资料来源：凯赛生物招股说明书，山西证券研究所

## 2. 未来驱动：全球低碳化加速产品渗透，非粮基工艺开发解决原料隐忧

### 2.1 欧盟碳关税构成“绿色贸易壁垒”，生物基材料渗透率有望提升

碳边境调节机制（Carbon Border Adjustment Mechanism, CBAM）是欧盟希望使用碳关税逐步替代免费配额，解决气候政策不对称，使欧盟内外“碳平价”的手段。CBAM 是欧盟在权衡自身贸易竞争力和碳中和目标后的政策产物。2007 年，法国前总统希拉克为应对美国选择不签署《京都议定书》和后《京都议定书》的状况，首次提出了征收产品碳关税。2021 年 7 月，欧盟为了实现“Fit for 55”目标（到 2030 年，欧盟温室气体净排放量较 1990 年至少减少 55%；到 2050 年实现碳中和），公布了减排一揽子计划，引入了有关欧盟碳市场（EU ETS）的改进措施，其中首次公布《建立碳边境调节机制》的提案细则，表明欧盟将通过征收碳关税来实现全球碳减排的目标。欧盟碳排放权交易系统（EU ETS）在其成立之初便面临了欧盟工业部门对于“碳泄漏”风险的担忧。如果欧盟境内企业的碳排放成本高昂，则有动力选择将生

产转移到碳成本较低的境外国家，这将会对欧盟制造业发展和贸易格局形成冲击。因此在欧盟碳市场成立早期的 2005 至 2012 年期间，欧盟碳市场的配额绝大部分免费发放，但这导致碳市场未能起到激励减排的作用。根据妙盈研究院，2021 年以后，欧洲碳市场开始采取配额有偿拍卖机制，所有企业所需的配额都需要拍卖所得，其中能源行业没有任何的免费配额，需要全部通过拍卖获得；制造业的免费配额比例逐年下降，企业的实际生产成本或将持续上升。基于欧盟在全球商品消费市场中的重要地位，欧盟选择对进口商品进行同样的碳约束，为此欧盟制订碳边境调节机制（CBAM）。2022 年 6 月 22 日欧洲议会通过了议会版的 CBAM 方案。2023 年 10 月起，欧盟正式开始 CBAM 过渡期试运行阶段，计划于 2026 年 1 月起正式开征碳关税。

表 4：CBAM 立法时间点

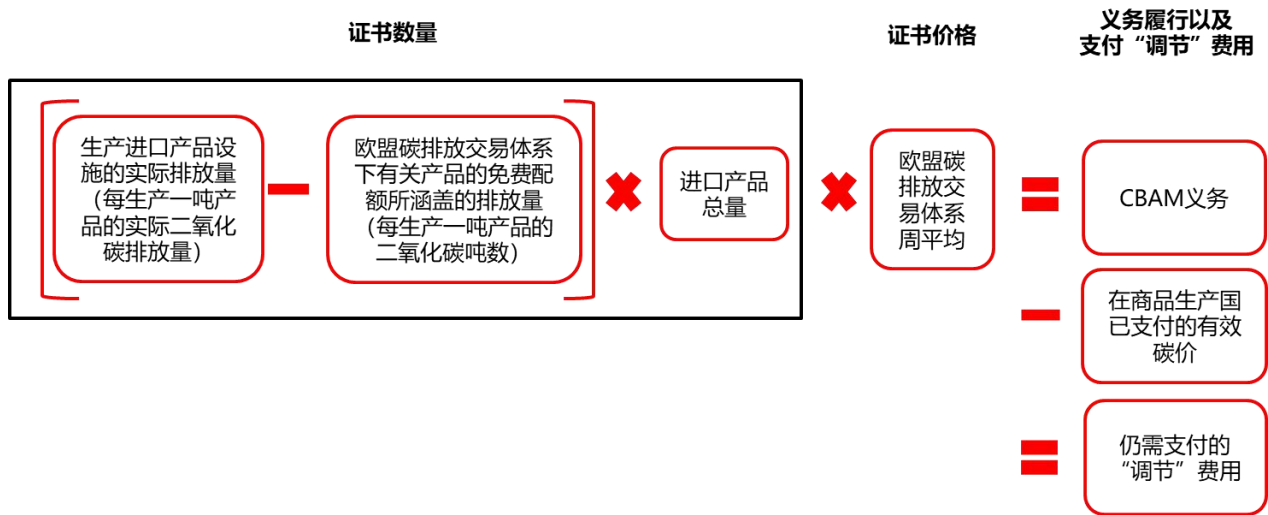
时间	事件
2019.12	《欧洲绿色新政》提出 CBAM 计划
2020.03	欧盟委员会提交 CBAM 影响评估报告
2020.09	欧盟委员会将 CBAM 纳入 2021 年立法提案
2021.03	欧洲议会投票通过设立 CBAM 决议
2021.07	欧盟委员会公布 CBAM 提案细则
2022.06	欧洲议会表决通过 CBAM 法案修正案
2023.04	欧洲议会和欧盟理事会先后通过 CBAM 法案
2023.10	CBAM 进入三年过渡期
2026.1	正式实施，届时欧盟进口商需购买与在欧盟碳价规则下生产商品应付碳价等值的碳证书

资料来源：江苏贸促，山西证券研究所

**CBAM 征收方式：**过渡期无需缴纳，正式期碳税=碳排放量×欧盟与进口产品碳排放成本差额。在过渡期期间，相关行业的进口商品仅限于报关义务以及提供产品相关碳排放数据和情况，无需真实缴纳关税。过渡期结束后，欧盟将于 2026 年 1 月 1 日开始以电子许可证的方式进行征收碳关税，单位碳排放所需缴纳的税额等于欧盟企业碳排放成本和进口产品碳排放成本的差额。在碳排放量的计算方面，现阶段主要核算产品的直接碳排放。基于“碳泄漏”风险和碳排放量较高的选择标准，现阶段 CBAM 适用于以下六大类进口到欧盟的商品：钢铁、铝、氢、水泥、化肥、电力，未来间接排放也可能被纳入碳关税征收范围。此外，欧盟还可能将塑料制品等其他存在碳泄漏风险的产品纳入 CBAM。由于欧盟实行碳排放交易制度多年，部分企业拥有部分免费碳排放额度，在 2026 年过渡期结束以后，欧盟计划逐步减少分配给本土企业的免费排放配额，并于 2034 年完全取消。基于公平原则，在计算进口产品碳关税时按照相

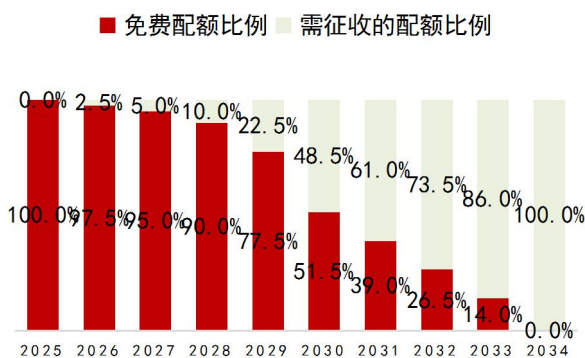
应比例对其碳排放进行扣除，进口产品在生产国已经支付的碳排放成本也可以予以抵扣。

图 13：正式实施阶段的 CBAM 征收方式



资料来源：生物质能观察《欧盟碳边境调节机制（CBAM）法案实施细则解析及未来发展判断》，山西证券研究所

图 14：CBAM 逐步实施期间内，欧盟碳排放交易体系下的免费配额将在 2026-2024 年内逐步取消



资料来源：中国欧盟商会，欧盟委员会（European Commission），山西证券研究所

图 15：CBAM 过渡期覆盖行业情况及正式期对应收费

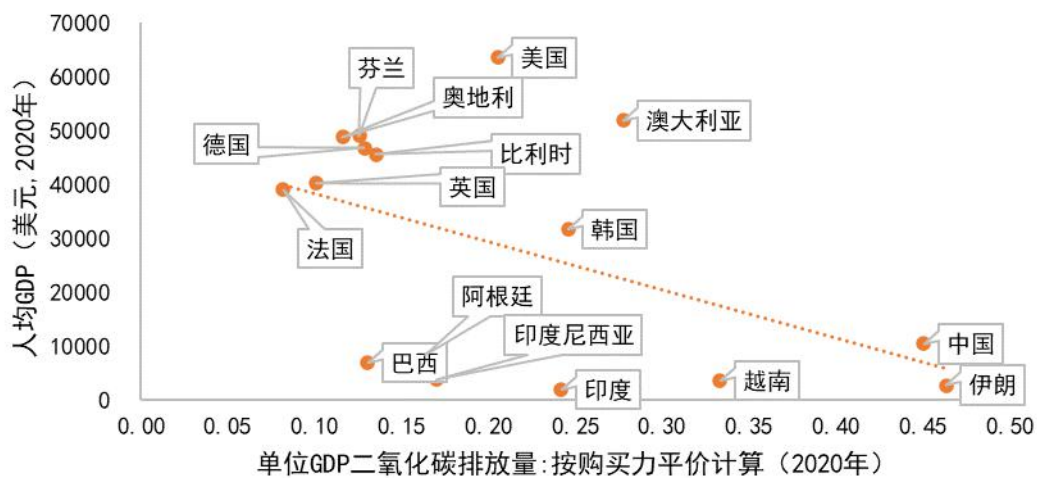
行业	钢铁	铝	氢	水泥	化肥	电力
需报告气体	CO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub> 、PFCs	CO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub> 、N <sub>2</sub> O	CO <sub>2</sub>
过渡期报告	直接排放+间接排放					
正式期报告	直接排放+间接排放					
正式期收费	仅直接排放			直接排放+间接排放		

资料来源：江苏贸促，山西证券研究所

CBAM 的实施构成“绿色贸易壁垒”，欧盟体外地区出口欧盟成本将提升。CBAM 形成了

事实上的“绿色贸易壁垒”，这有利于避免欧洲企业在国际竞争中由于更高的碳排放成本而处于劣势地位。现阶段 CBAM 只豁免已加入欧盟排放交易体系的非欧盟国家，或者与欧盟碳市场挂钩的国家，而且这些国家必须对商品实际征收碳价。提案并未给予发展中国家和最不发达国家特殊待遇。对于中国和越南等生产型发展中国家，由于二氧化碳排放强度较发达国家更高，因此未来产品出口成本将进一步提升。

图 16：中国、越南等生产型发展中国家的单位 GDP 二氧化碳排放量较发达国家偏高



资料来源：Wind，山西证券研究所

在过渡期内，六大碳排放密集型行业面临一定冲击，2026年后行业覆盖将扩大。目前碳关税的涵盖范围包括钢铁、水泥、铝、化肥、电力、氢气共六个行业，覆盖标准考虑三方面因素：

- 1) 上述行业碳泄漏风险高；
- 2) 上述行业产生了 EU ETS 覆盖行业超过 45%的温室气体排放；
- 3) 实际的实施可行性。

短期内 CBAM 对中国产品出口的影响较小，但长期影响将扩大，生物基材料的原料优势及合成生物制造的减排优势将转化为成本优势。2022 年，我国出口至欧盟的钢铁和铝金额分别为 169.1 亿美元和 53.7 亿美元，化肥和水泥出口额为 3.5 亿美元、0.1 亿美元，但上述 CBAM 产品的出口总金额仅占我国对欧盟出口商品总额的 4%。然而，欧委会正考虑逐步扩大 CBAM 的覆盖行业和范围，并纳入间接排放等因素，长期看随着免费配额的逐渐削减，出口成本将进

一步提升。对于钢铁而言，根据李涛等人测算，如果按生铁价格每吨 3180 元计算，随着免费配额削减速度的逐年加快，预计 2026 年以后生铁出口欧盟的单吨成本提升幅度将由 3.8% 上升至 2034 年的 35%。对于铝而言，根据安泰科数据，若只考虑直接排放，CBAM 调节税使欧盟铝商品进口成本增加约 4%；若纳入间接排放，进口成本则提升 13%。

我国推进《碳排放交易管理暂行条例》，加快构建碳排放基本制度框架。2024 年 1 月我国国务院总理签署国务院令，公布《碳排放权交易管理暂行条例》，自 2024 年 5 月 1 日起实施。该条例是通过市场机制控制和减少二氧化碳温室气体排放、助力积极稳妥推进双碳目标的重要政策工具。《条例》明确了监督管理机制，国务院生态环境主管部门建立全国碳排放权交易市场管理平台，加强对碳排放配额分配、清缴以及重点排放单位温室气体排放情况等的全过程监督管理，积极推进碳排放权交易管理基本制度框架的构建。除欧盟 CBAM 及我国，美国清洁竞争法案和 G7 国家气候俱乐部均有可能推出碳关税相关的政策。我们认为生物材料及合成生物技术凭借低碳减排优势，在全球双碳政策的推动下渗透率有望进一步提升。

表 5：当前中国向欧盟出口的 CBAM 产品占比整体较低

2022 年出口金额（亿美元）	钢铁	钢铁制品	钢铁合计	铝及铝制品	化肥	水泥	合计
中国对欧盟	51.8	117.2	169.1	53.7	3.5	0.1	226.5
中国对全球	757.0	1080.9	1837.9	419.0	112.9	1.9	
欧盟占比	6.8%	10.8%	9.2%	12.8%	3.1%	6.3%	
中国向欧盟出口总额							5615.4
CBAM 产品占比							4.0%

资料来源：Wind，海关总署，国家统计局，炜衡律师事务所，山西证券研究所（注：人民币美元汇率按 7.2 计算，人民币欧元汇率按 7.735 计算）

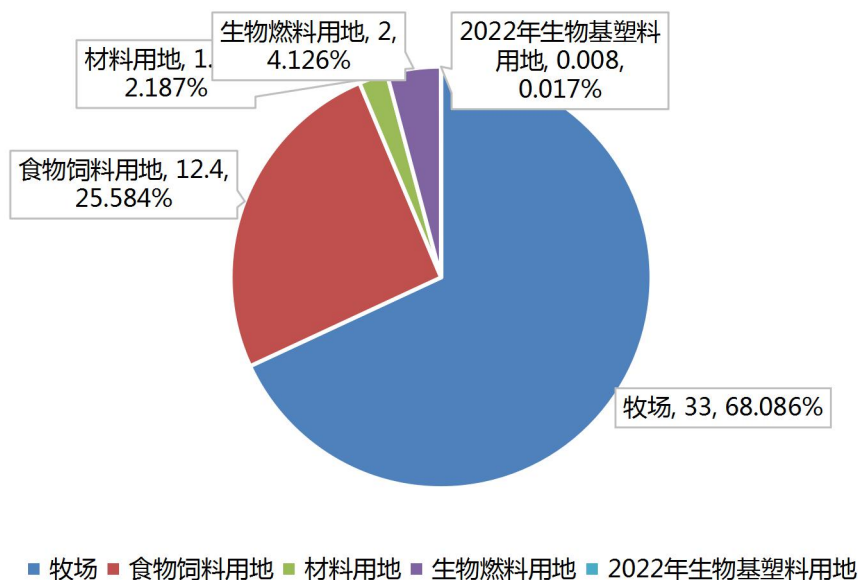
## 2.2 非粮化路线力图解决长期碳源隐忧

以粮食为碳源的合成生物制造长期或面临“与人争粮”问题。短期来看，生物基塑料和精细化工品由于产品体量相对较小，因此对玉米等粮食作物的消耗相对较低。根据欧洲生物基塑料会议测算，2022 年全球生物基塑料产能为 221.7 万吨，所需作物使用的农业用地面积约为 80 万公顷，仅占全球的 0.017%；预计到 2027 年产能将提升至 629.1 万吨，所需作物使用的农业用地面积占比提升至 0.058%，短期看对农业用地影响较小。生物燃料作物耗用的农业用地

面积约 2 亿公顷，占全球农业用地面积的 4.13%，因此生物燃料的商业化和粮食作物的生产形成了竞争关系。目前，在燃料乙醇得到广泛应用的美国、巴西以及欧盟地区，生物乙醇主要以酿酒酵母为底盘，通过对大宗糖原料的发酵炼制而获取，而作为发酵原料的糖则主要通过对玉米和甘蔗等富糖生物物质的处理而制备，也称为“第一代生物燃料”技术体系。从 2000 年开始，我国陆续颁布了至少 11 项相关政策，强调粮食库存动态监管，严格控制以玉米为原料的燃料乙醇加工。

探索以非粮生物物质为原料的合成生物学产业化发展是长期必经之路。2023 年 1 月，工业和信息化部等六部门联合印发《加快非粮生物基材料创新发展三年行动方案》，《行动方案》提出突破非粮生物物质高效利用关键技术、推进技术放大和应用示范、强化渗透能力拓展应用领域、培育龙头企业和特色产业基地、强化产业支撑体系建设等 5 大任务；到 2025 年，非粮生物基材料产业基本形成自主创新能力强、产品体系不断丰富、绿色循环低碳的创新发展生态，非粮生物物质原料利用和应用技术基本成熟，部分非粮生物基产品竞争力与化石基产品相当，高质量、可持续的供给和消费体系初步建立。

图 17：2022 年全球材料、生物基燃料以及生物基塑料分别占农业用地面积的 2.187%、4.126%和 0.017%（用地单位：亿公顷）

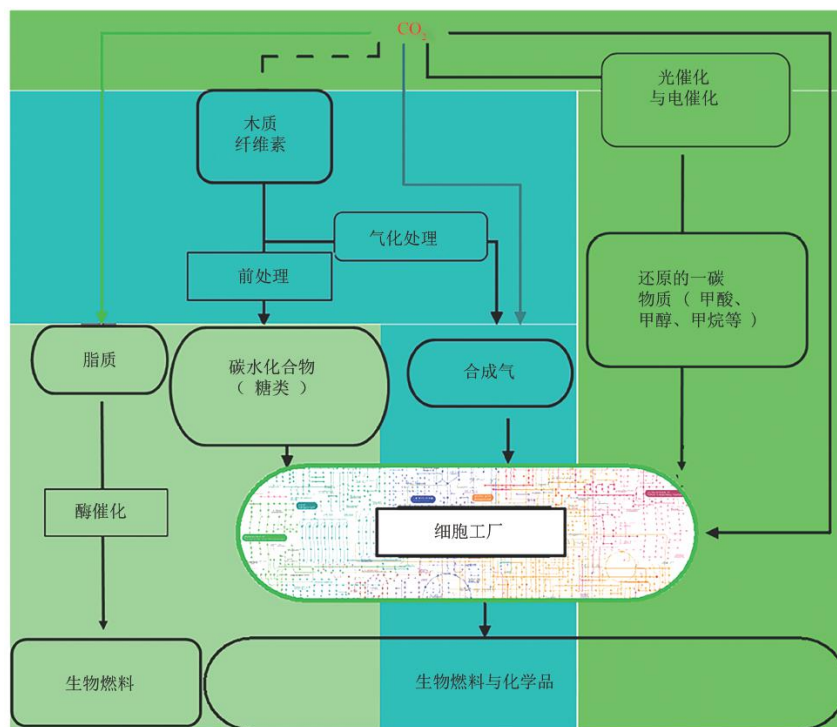


资料来源：生物基塑料市场发展更新 2022，European Bioplastics (2022)，FAO Stats (2020)，nova-institute (2022)，institute for Bioplastics and Biocomposites (2019)，University of Virginia (2016)，山西证券研究所



生物质资源利用三代技术差异：第一代利用粮食作物，第二代利用非粮生物质，第三代利用二氧化碳。物质资源利用根据原材料和利用方式的区别，可以划分为三个代际技术：第一代开发技术以粮食作物、糖类为原料，是当前阶段主要的生物质开发手段（下图浅绿色区域）。第二代开发技术以非粮生物质为原料，主要包括木薯等淀粉类经济作物、木质纤维素(农作物秸秆、林业废弃物、薪炭林、木体油料林、灌木林)、有机生活垃圾、畜禽粪污、生活污水污泥等（下图蓝色区域）。第三代技术旨在利用大气中的 CO<sub>2</sub>和可再生能源，例如光、废水中的无机化合物、光伏电池和风能等可持续资源产生的电能来进行生物生产（下图深绿色区域）。

图 18：生物质资源利用三代技术的区别

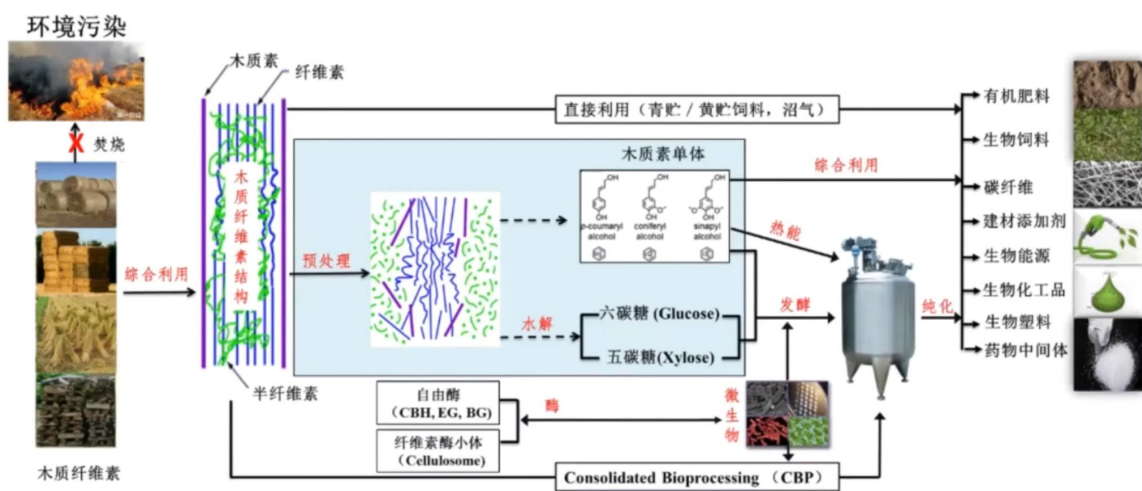


资料来源：《微生物利用二氧化碳合成燃料及化学品——第三代生物炼制》，合成生物学期刊，山西证券研究所

非粮生物质产业化的难点众多，规模化收储、高效糖化、菌株开发及分离纯化有待突破。首先，秸秆等非粮原料集中收储的机械化程度有显著的提升空间。其次，非粮原料，特别是木质纤维素，原料较为复杂，主要成分包括纤维素、半纤维素和木质素，经过预处理与酶解产生的水解液中抑制物成分多、含量高，抑制工业菌株的生长和发酵生产，目前常用的工业菌株对抑制物耐受性较差，尤其是可高效利用木质纤维素水解液的菌株匮乏，导致五碳糖和六碳糖共

利用难。目前主要的解决方法是对木质纤维素中的纤维素、半纤维素、木质素进行剥离，减少预处理过程中抑制物的浓度，或去除水解液中的抑制物，从而提高菌株对水解液糖的利用率。但当前的处理方法步骤繁琐、效率低，且会增加额外成本。因此，筛选和构建能够在抑制物存在下高效利用水解液混合糖（五碳糖与六碳糖）的高产稳产工业菌株是解决当前非粮大宗化工产品生产经济性的关键之一。另外，非粮原料生产的产物可能产生副产物，生产效率有所降低，下游分离纯化成本提升。面对非粮生物质开发问题，目前学术界与产业界均在积极寻找解决方案。

图 19：木质纤维素综合利用产业链



资料来源：材视，《Development of Zymomonas mobilis for Sustainable Biofuels and Bioplastics》，湖北大学杨世辉团队，山西证券研究所

**华恒生物与睿嘉康：探索运动发酵单胞菌在非粮原料生产大宗醇酸领域应用。**2023年8月，根据《华恒生物关于向参股公司增资暨关联交易的公告》显示，华恒生物对武汉睿嘉康增资，增资完成后持有睿嘉康11.0345%的股权。武汉睿嘉康创始人杨世辉先生长期从事合成生物学、代谢工程及绿色生物制造研究。睿嘉康主要针对非粮厌氧有机醇酸管线的生物燃料、生物材料进行布局与研究，以具有诸多工业发酵优势的运动发酵单胞菌为底盘细胞，在其系统生物学及合成生物学等领域取得了开创性成果，开发完善了具有自主知识产权的基因编辑、生物元件筛选鉴定及菌株基因型与表型关联分析等系统与合成生物学工具平台体系与数据库，成功设计构建生产生物质燃料乙醇、异丁醇、乳酸、PHB等多种生物燃料与生物材料的工业菌株，实现对农业秸秆、水华藻体、废弃淀粉等多样化非粮废弃生物质原料的利用。睿嘉康拥有的运

动发酵单胞菌，解决了非粮原料复杂成分中弱酸、糠醛及酚醛类抑制物限制常用工业菌株生长和发酵的行业痛点，突破了非粮原料生产大宗化学品的瓶颈，部分产品将进入中试阶段。目前华恒生物正与睿嘉康洽谈非粮废弃生物质为原料的大宗醇酸产品合成生物制造技术研发合作事宜，未来华恒生物有望通过整合睿嘉康工业菌株改造技术丰富产品矩阵，并推动非粮生物质产业化。

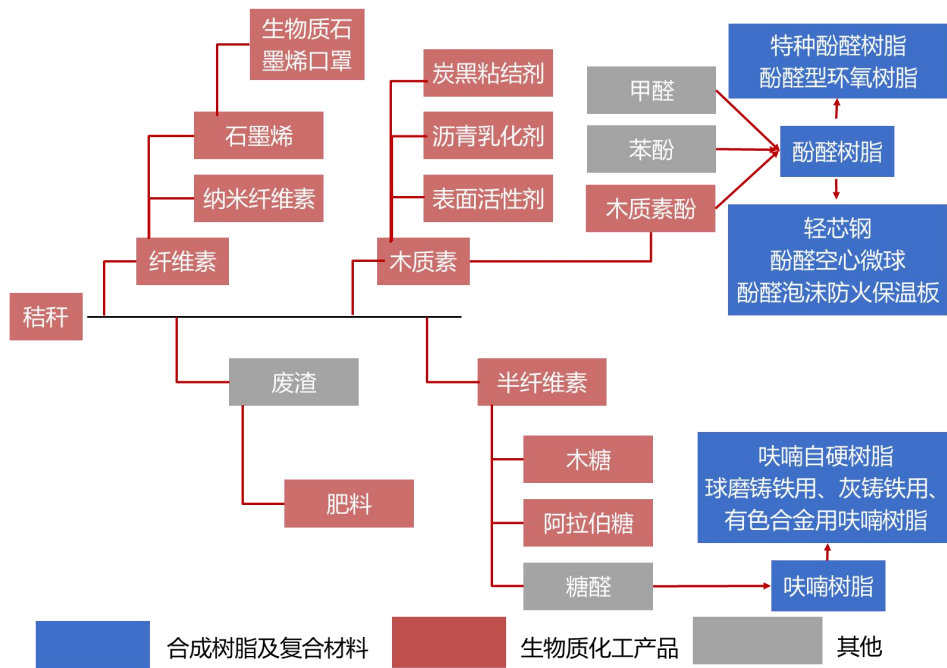
表 6：武汉睿嘉康的运动发酵单胞菌在非粮原料生产大宗醇酸领域应用具备六大优势

优势	介绍
厌氧发酵	菌株为兼性厌氧菌，厌氧发酵无需通氧，比好氧发酵节省 30%~50% 成本；同时不需要严格厌氧菌发酵所需要的复杂氧气控制设备，减少固定资产投入及维护成本。
耐受酸性	菌株耐受酸性 pH，可以直接利用酸性的酶解液发酵，酶解液及发酵罐无需灭菌，无需添加碱性化合物调节 pH，同时避免杂菌污染，降低成本。
代谢简单	基因组小，代谢简单，是目前唯一已知可在厌氧条件下通过 ED 途径代谢生产乙醇的微生物，乙醇得率高，发酵结束几乎无副产物，下游分离纯化简单，成本低。
无噬菌体侵染	减少批量生产中噬菌体污染倒罐的风险。
多倍体菌株	基因组稳定，菌株性能不退化。
自主知识产权	开发了一系列该非模式工业菌株的生物元件挖掘鉴定及基因编辑改造工具体系，建立了菌株特异的生物元件库、组学分析流程及数据库、文献数据库等在内的一站式数据库。

资料来源：生物基能源与材料，生物基生态《武汉睿嘉康：非粮大宗醇酸合成生物制造引领者》，山西证券研究所

**圣泉集团：掌握生物质精炼一体化技术，全球生物质秸秆绿色节能综合利用引领者。**圣泉集团是全球领先的合成树脂产品供应商，酚醛树脂、呋喃树脂产销量位于国内首位，世界前列。公司自 1979 年建厂就涉足生物质产业，研发的“圣泉法”生物质精炼一体化技术入选国家发改委《绿色技术推广目录》（2020 年）。该技术绿色环保、高效节能，系统性解决了秸秆中纤维素、半纤维素、木质素三大组分难以高效分离的全球性难题，实现了高值化利用，可产出上百种产品：纤维素部分，生产纳米纤维素、纸浆、生物质模塑餐具等；半纤维素部分，既可生产糠醛，又可生产木糖、L-阿拉伯糖；木质素部分，可生产生物质树脂炭、硬碳负极材料、染料分散剂、沥青乳化剂、航空煤油等；剩余部分可生产有机钾肥。该项技术产业化有望打破长期以来对化石原料的依赖和国外垄断，真正将秸秆“吃干榨净”，致力于实现生物质化工、石油化工、煤化工的并驾齐驱。

图 20：圣泉集团以秸秆等为原料打造合成树脂产业链



资料来源：圣泉集团招股说明书，山西证券研究所

### 3. 他山之石：中国企业大有可为，寻找具备平台化能力的产品型公司

为分析合成生物学企业发展路径，我们对 Amyris 和 Ginkgo 两家海外公司予以复盘。Amyris 是全球首家合成生物学产品型上市公司，而 Ginkgo 是全球首家平台型合成生物学上市公司，两家公司均属于专注于合成生物学领域的企业，其发展经历和面临的困境值得研究。

#### 3.1 Amyris 破产之鉴：大宗品须具备成本优势，消费品关注转型风险

合成生物第一股 Amyris 破产，合成生物赛道“技术领先≠成长性”。Amyris 于 2003 年由加州大学伯克利分校的顶尖科学家 Jay Keasling 联合多位科学家创立，以利用合成生物学技术生产青蒿素以及其他萜类化合物闻名。2003 年，Amyris 在盖茨基金会的资助之下培育出了能够产生青蒿酸（Artemisinic acid，合成青蒿素的重要前体）的酵母菌株，实现了使用生物法合成青蒿素，并在 2008 年将技术转让给了制药巨头赛诺菲。2010 年 Amyris 在纳斯达克上市。

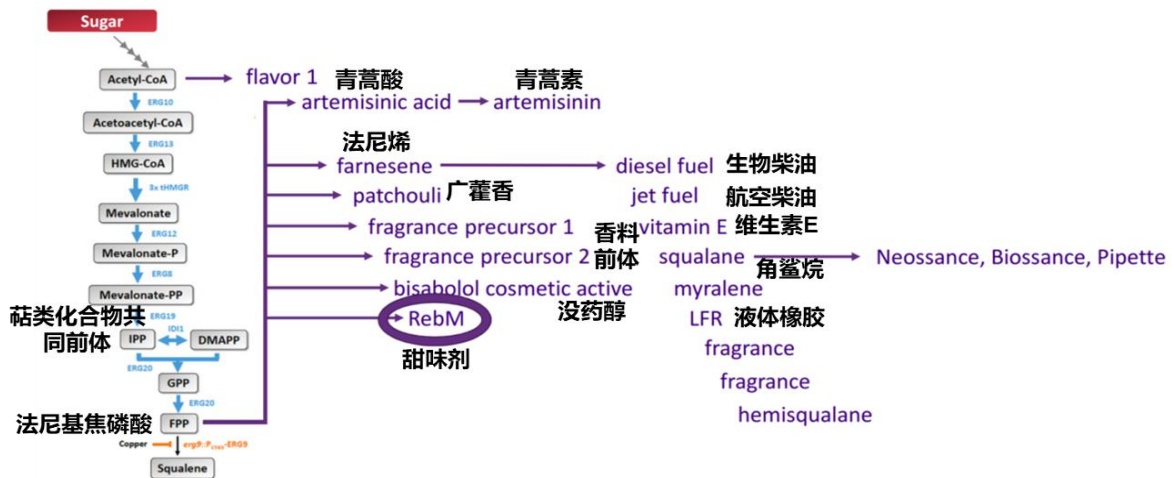
2023年8月10日，Amyris公司宣布在美国申请破产，并计划出售其消费品牌，以改善公司的流动资金状况。

图 21: Amyris 重大发展节点



资料来源: FBeauty 未来迹, 虎嗅 APP, 植提桥, 山西证券研究所

图 22: Amyris 产品关系



资料来源: Amyris Technology Roadmap & Product Pipeline, 山西证券研究所

### Amyris 破产给予合成生物学产业发展的重要经验：

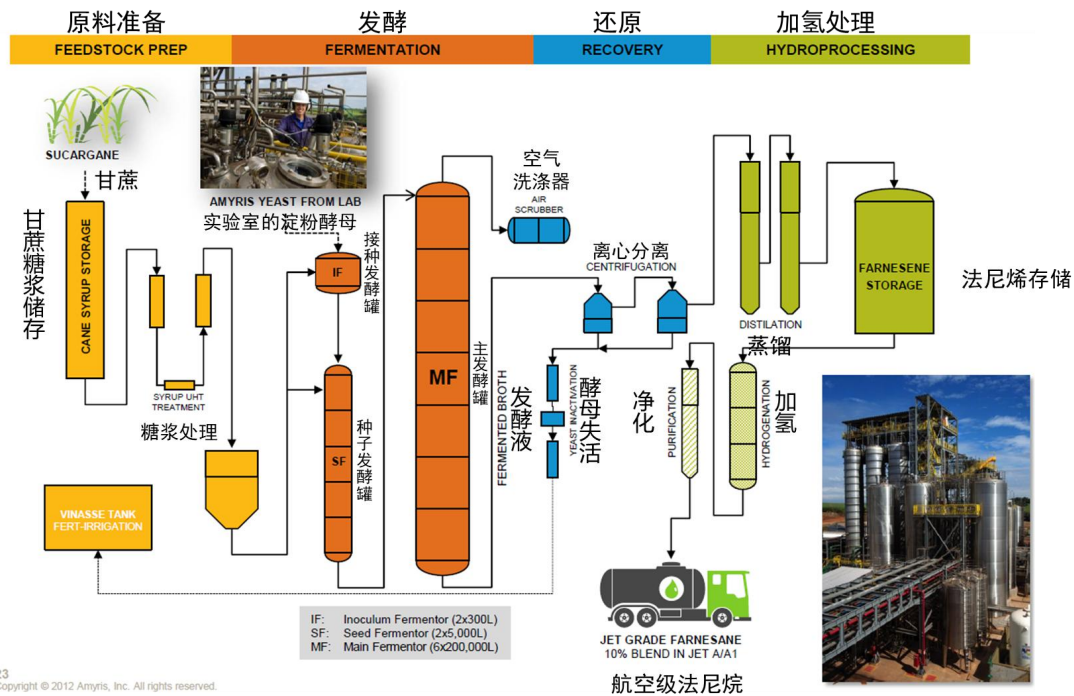
其一，选品决定下游市场进入难度，成本领先为产业化必需条件。在将青蒿酸技术转让给赛诺菲之后，Amyris 将选品转为法尼烯。根据 2012 年 Amyris 对于法尼烯市场空间的测算，全球航空燃料和生物柴油的潜在市场空间分别高达 2120 亿美元和 1.6 万亿美元，而精细化学品领域市场空间则相对较小，用于保湿剂的角鲨烷市场空间约为 40 亿美元，香料香精约为 90 亿美元，高性能材料约为 180 亿美元。考虑到燃料领域的广阔市场，Amyris 进军生物燃料领域。Amyris 开发出利用酿酒酵母生产的平台化合物法尼烯，法尼烯进行氢化反应后可生成法尼烷。通用电气和奔驰测试曾 Amyris 的生物燃料，性能表现与传统燃料接近一致。Amyris 预期到 2012 年将生产 4000-5000 万升法尼烯，并投建 1.5 亿升法尼烯生物燃料工厂，然而 Amyris 低估了实验室和工业级别发酵罐的环境差异，量产建设进度显著低于预期。2011 年，美国迎来页岩油革命，石油价格下滑至 0.82-1.06 美元/升，而 Amyris 生物燃料售价为 7.8 美元/升，虽然到 2015 年其平均成本下降至 2.51 美元/升，但仍然缺乏竞争力。2012 年 2 月，Amyris 宣布放弃拓展生物燃料业务，无限期推迟产能建设，未来停止产量预测指引，专注于高价值的消费者产品，由合资公司运营维持。同期美国另一家纤维素燃料企业 Range Fuels 也宣布破产。2015 年 6 月，Amyris 与道达尔同意重组航空燃料合资企业，将其持有的 25% 股份出售给道达尔。

表 7：2012 年 Amyris 对于法尼烯下游市场空间及潜在客户的分析

品类名称	2012 年潜在市场空间（亿美元）	潜在下游客户
保湿剂（角鲨烷、半角鲨烷）	40	法国赛比克、日光化学株式会社、Centerchem Inc.、dowell c&l、laserson
香料香精	90	株式会社高砂制作所、奇华顿、美国国际香精香料公司、芬美意
弹性体、合成橡胶、塑料添加剂	180	科桑公司、novvi
汽车和工业润滑油	400	米其林、可乐丽
大宗聚合物、涂料、粘合剂、聚烯烃	1230	-
航空燃料	2120	梅赛德斯奔驰、波音公司、大众、道达尔、康明斯、德国曼集团
柴油	16000	

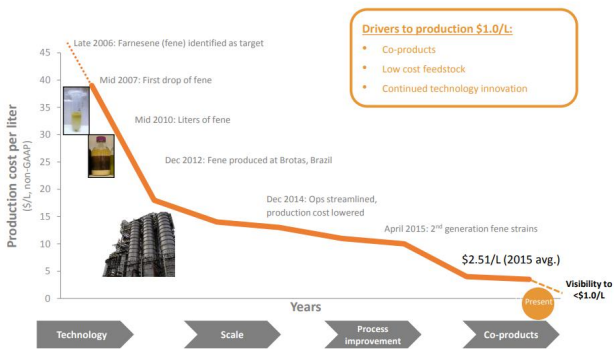
资料来源：Amyris，山西证券研究所

图 23: Amyris 法尼烯生物燃料生产流程



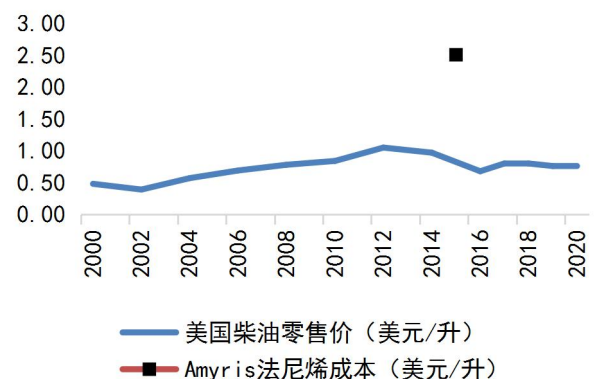
资料来源: Amyris, 山西证券研究所

图 24: 2015 年 Amyris 法尼烯成本下降至 2.51 美元/升



资料来源: Amyris LD Micro conference presentation, 山西证券研究所

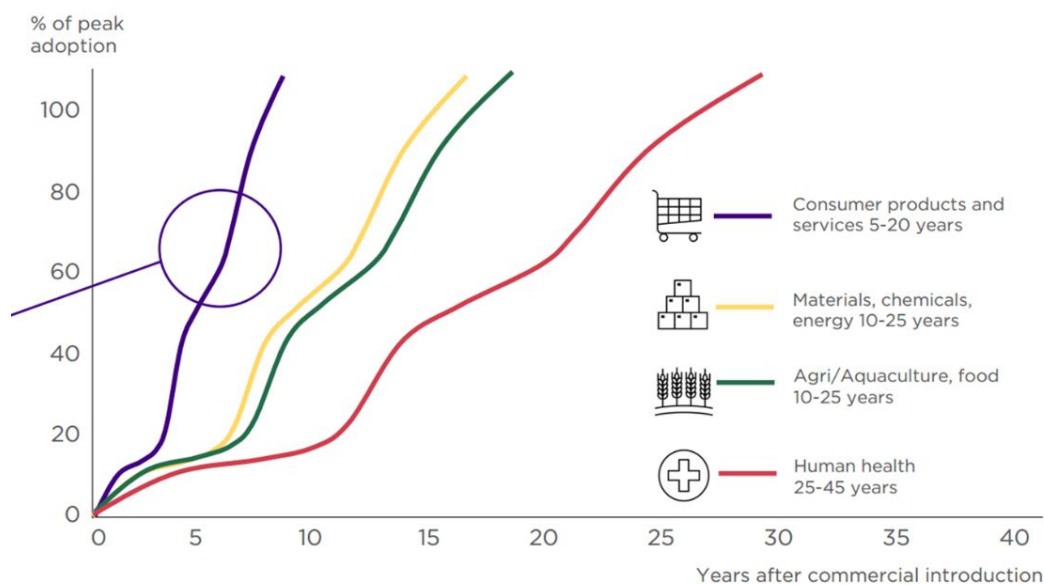
图 25: Amyris 法尼烯成本较柴油缺乏竞争力



资料来源: Wind, Amyris LD Micro conference presentation, 山西证券研究所

其二，“To B”和“To C”商业模式差异大，切换面临应用开发风险。在生物燃料领域失败后，Amyris 吸取经验，全面转向“To C”的精细化学品，可能基于其“量小利多”、市场接受度更快以及资本开支更低优势。Amyris 推出了包括以角鲨烷为代表的十余种产品，其中法尼烯通过催化加氢等步骤后可获得角鲨烷（Squalane）。角鲨烷具备良好的润滑性、稳定和抗氧化性，对人类皮肤具有极佳的亲和力。Amyris 进军消费者领域的主要策略是收购名人品牌。长期看，名人品牌较难有效占据市场份额，例如擅长与知名美妆网络红人合作的彩妆巨头 Morphe 与 2023 年 1 月关闭了其在美国的所有实体店。Amyris 作为跨界转型“To C”存在挑战。2021 年 3 月，Amyris 收购了前 Calvin Klein 创意总监 Francisco Costa 打造的清洁美容和健康品牌 Costa Brazil，2023 年 1 月推出了与演员 Tia Mowry 联名的产品 4U by Tia。然而。2023 年 2 月，Amyris 将角鲨烷出售给奇华顿，交易价值约 5 亿美元。2023 年 8 月，Amyris 宣布破产。

图 26: Amyris 认为其“Lab to Market”模式更适合“to C”产品



资料来源: Amyris《Lab-to-Market, Delivering Disruptive Health and Beauty Products》, McKinsey Global Institute analysis, 山西证券研究所

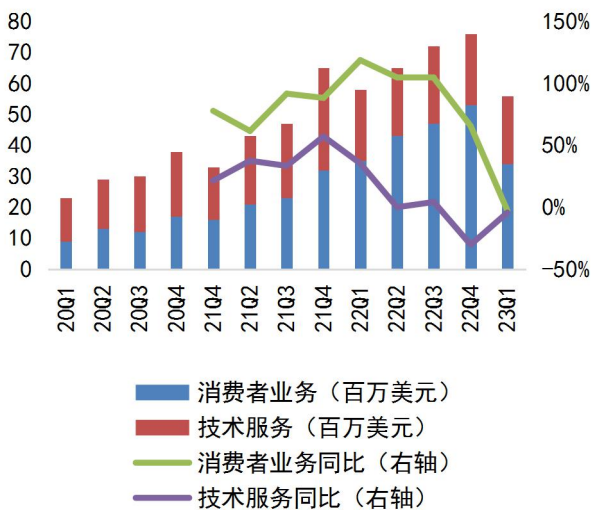


图 27: Amyris Lab to Market 是典型的合成生物学平台，产品矩阵 “to C”，分自有品牌和材料成分两条产品线



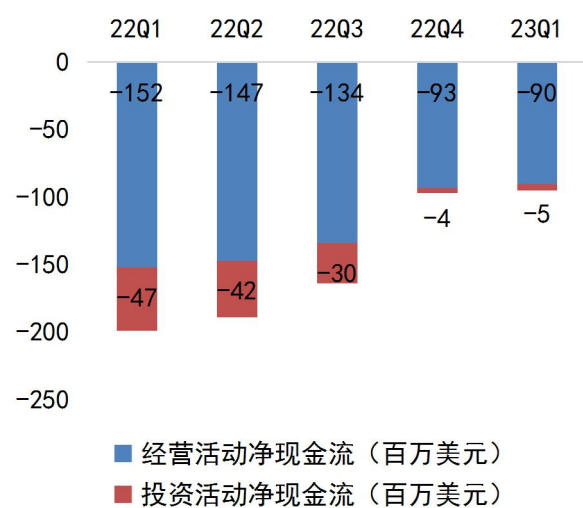
资料来源：Amyris，山西证券研究所

图 28: Amyris 2023 年以来收入环比承压



资料来源：Amyris，山西证券研究所

图 29: Amyris 现金流持续承压

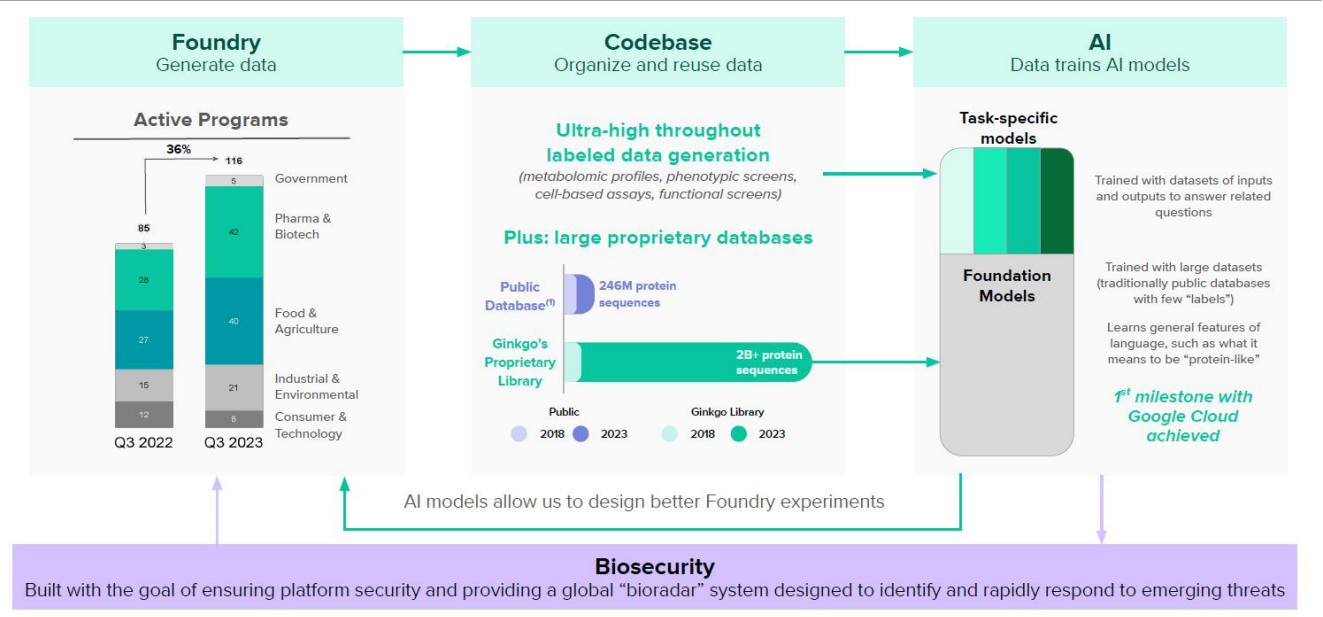


资料来源：Amyris，山西证券研究所

### 3.2 Ginkgo 成长之思：平台型企业领先者，以“骑士定律”对标“摩尔定律”，商业模式待验证

Ginkgo 是全球知名的合成生物学平台型企业，核心资产为 Codebase 与 Foundry。Ginkgo 成立于 2008 年，由麻省理工学院合成生物学领域专家 Tom Knight 教授等人创立，2021 年于纽交所上市。Ginkgo 通过 Codebase（代码库）为客户提供微生物设计服务，并通过 Foundry（生物铸造厂）自动化放大微生物的生产流程，客户群体涉及医药、生物基工业以及农业领域的知名企业及初创公司。生物医药创业项目通常专注于较为细分的研究领域，为此创业团队需要招聘众多相关领域的研究人员，并进行持续的投资，且面临较高的不确定性。而依托代码库，Ginkgo 可以为客户提供新项目启动所需的基因设计方案。之后，客户向 Ginkgo 支付使用 Foundry 的费用，其中一部分以项目付款的形式体现，而另一部分可能会以 Milestone（里程碑收入）、Royalty（授权费）或 Equity（股权）的形式支付。根据 Ginkgo 测算，每个合成生物学项目的平均代工成本预计为 400 万美元，收入预计为 500 万美元，未来商业化落地后的平均净现值预计为 1500 万美元，因此项目付款的代工毛利率约为 20%，但如果考虑未来项目下游价值的净现值，其整体毛利率可高达 80%。

图 30：Ginkgo 商业模式：生物铸造厂+代码库+AI+生物安全



资料来源：Ginkgo 23Q3 Earnings Slides，山西证券研究所

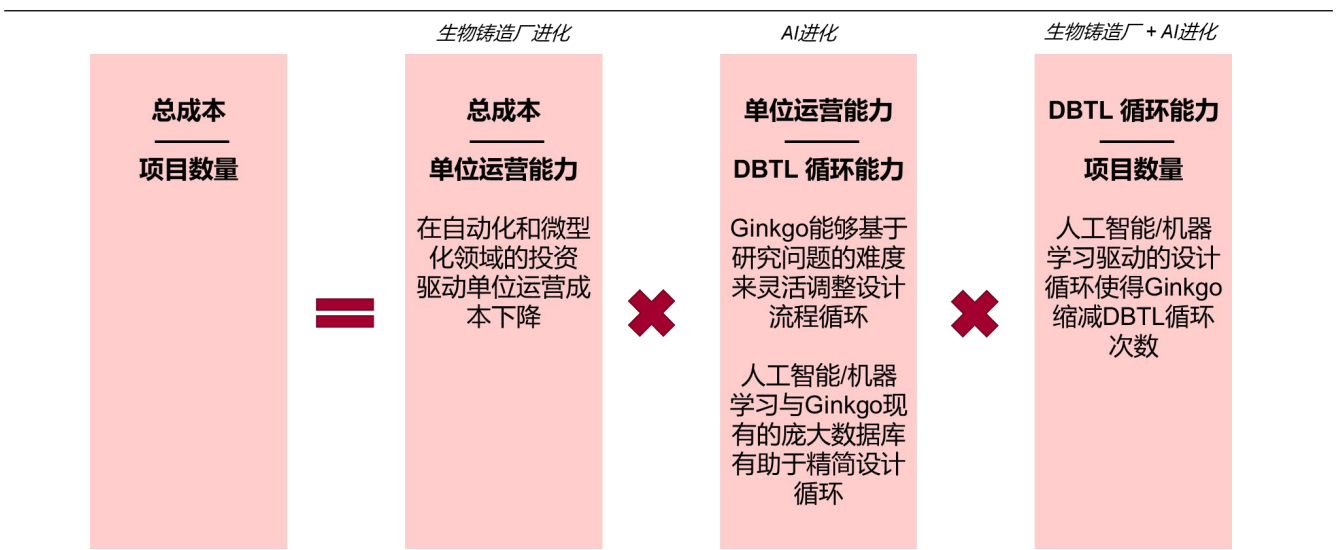
表 8：Ginkgo 预测 Foundry 业务将给公司带来可观的短期代工收入和长期项目落地收入

项目	数据
每个合成生物学项目未来落地后的平均净现值（百万美元）	15
每个合成生物学项目短期平均代工收入（百万美元）	5
每个合成生物学项目短期平均代工成本（百万美元）	4
代工业务预计毛利率	20%
项目整体预计毛利率	80%

资料来源：Ginkgo Investor Day 2021，山西证券研究所

骑士法则（Knight’s Law）是合成生物学平台型模式的增长逻辑，扩大项目数量+提升自动化能力为具体手段。骑士定律（Knight’s Law）是以 Ginkgo 创始人 Tom Knight 为名的定律。类比半导体领域的摩尔定律，骑士定律认为对自动化的投资将持续降低合成生物学实验成本，并增加可以测试的生物体设计数量。因此，Foundry 业务模式若要跑通，则需要扩大项目数量，并提升自动化能力以降低单位成本。

图 31：骑士法则：Ginkgo 进行单位成本优化的三种策略

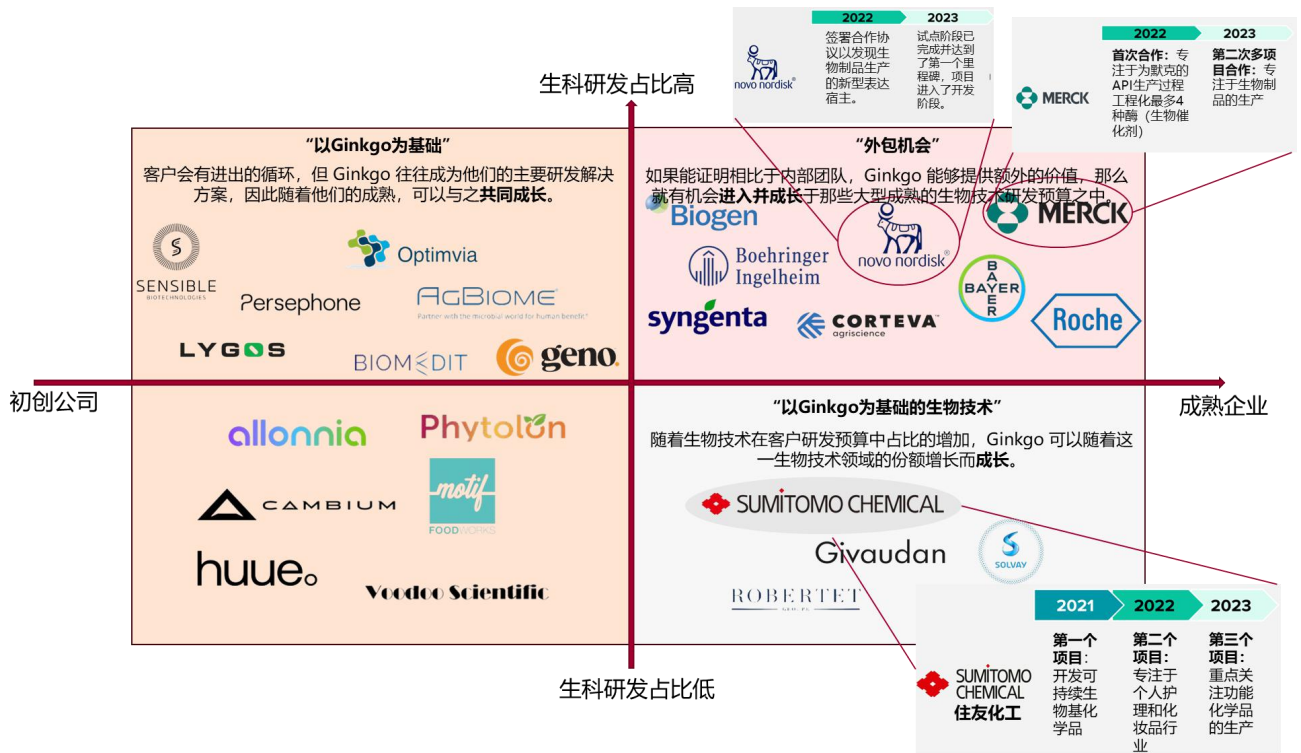


资料来源：Ginkgo 23Q3 Earnings Slides，山西证券研究所

**Ginkgo 的客户拓展策略：**与初创企业共成长，为医药巨头提供外包，为非医药巨头提供合成生物技术。按照生命科学研发占总研发比例情况和公司发展程度，Ginkgo 将自身客户分为四个象限（如下图所示）。对于初创公司而言，Ginkgo 的目标是成为客户的研发支撑，即“以 Ginkgo 为基础”，并于客户共同成长。对于生命科学研发占比较低的大企业而言，Ginkgo 的目标是提供完整的合成生物学技术方案，打造“以 Ginkgo 为基础的生物技术”。对于大型生物医

药企业而言，Ginkgo 定位与提供合成生物学外包技术服务。通过以上的客户拓展策略，Ginkgo 统计每年回头客在新项目总数的占比超过三分之一。

图 32：Ginkgo 客户拓展策略



资料来源：Ginkgo 23Q2 Earnings Slides，山西证券研究所

从财务状况看，Ginkgo 的平台型模式的长期前景向好，但规模效应当前仍未显现，生物安全板块大幅下滑影响业绩。截止 2023 年第三季度，Ginkgo 已经实现了 6 个项目的商业化落地，其中 5 个项目获取了授权费收入，一个项目获取了股权转让收入。目前 Ginkgo 仍有 15 个项目处于商业化进程中，其中 10 个项目将以股权转让的形式获取收入，5 个项目以授权费形式获取收入。根据 23Q3 Earnings Slides，Ginkgo 预计 2023 年公司实现营收 2.5-2.6 亿美元，预计同比下滑 46-48%。其中生物安全板块预计实现营收 1.1 亿美元，同比下滑 67%；细胞工程板块预计实现营收 1.45-1.5 亿美元，同比增长 37-42%。生物安全板块前景的不确定性将对公司业绩产生较大影响。另一方面，虽然细胞工程业务取得增长，但合成生物学平台的规模效应仍未显现，仍处于投入阶段，2023 年前三季度 Ginkgo 研发费用为 3.41 亿美元，同比上升 67%，管理费用为 2.27 亿美元，同比上升 5%。前三季度 Ginkgo 扣非后归母净利润为 6.8 亿美元，同比收窄 66.96%。在 2021 年的投资者日活动中，Ginkgo 曾预测到 2023 年细胞工程将实现收入

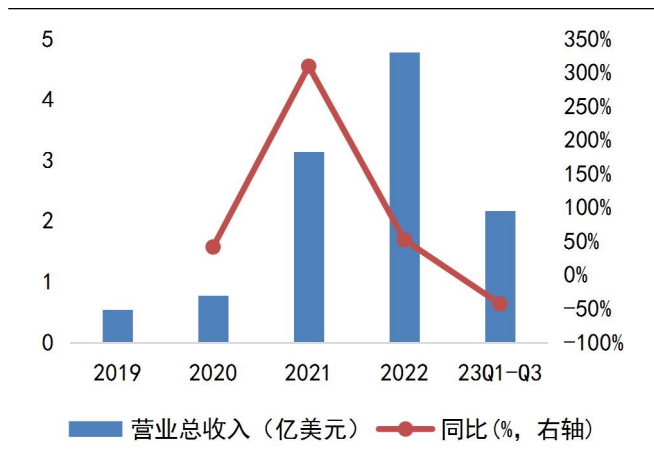
3.41 亿美元，到 2025 年实现收入 11 亿美元，目前实际收入距此前预期有较大差距。

表 9：Ginkgo 对于未来新增项目及营收的预测较为乐观

	2020	2021	2022	2023E (23Q3 预测)	2023E (2021 年投资者日预测)	2024E (2021 年投资者日预测)	2025E (2021 年投资者日预测)
新项目数量 (个)	18	31	59	80-85	136	268	508
YoY		72%	90%	36-44%			
收入 (百万美元)							
细胞工程	59	113	144	145-150	341	628	1099
代工收入	59	86	106	145-150			
YoY		46%	23%	37-42%			
授权费及股权收入	1	27	38	4			
YoY		2600%	41%	-89%			
生物安全	17	201	334	110			
YoY		1082%	66%	-67%			
收入合计	77	314	478	250-260			

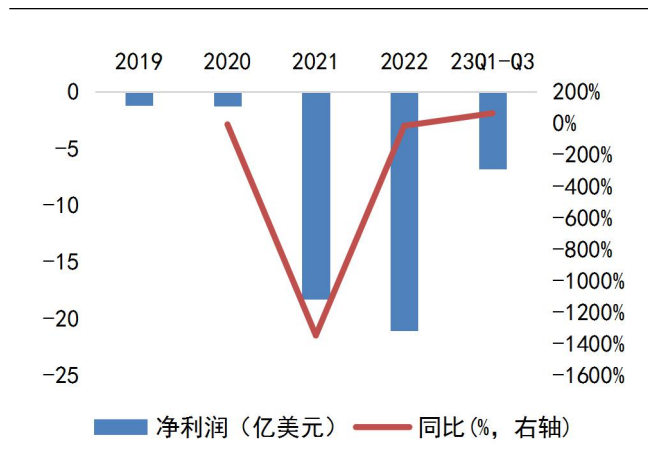
资料来源：Ginkgo 23Q3 Earnings Slides, Ginkgo Investor Day 2021, 山西证券研究所

图 33：Ginkgo 2023Q1-Q3 营收同比下降 43%



资料来源：Wind, 山西证券研究所

图 34：Ginkgo 近年来持续处于亏损状态



资料来源：Wind, 山西证券研究所

### 3.3 投资建议：推荐具备平台化能力的产品型公司，关注在合成生物学与生物基材料领域探索的公司

**Amyris 破产对国内企业的启示：Amyris 凭借技术和资本的先发优势实现了较早发展，但其商业成果的转化效果不佳，这说明成功的选品是短期成长的关键。**

**Amyris 给予国内合成生物学企业选品的第一条经验：选品决定了进入下游市场的难度，成本领先为产业化的必需条件。**Amyris 在 DBTL 循环领域具备技术优势，先选择进入潜在市场空间广阔的生物燃料法尼烯产品，但低估了后端放大发酵的技术难度，导致无法和石化能源直接进行成本竞争。

**Amyris 给予国内合成生物学企业选品的第二条经验：“To B”和“To C”商业模式差异大，企业切换面临应用开发风险。**Amyris 切换“To C”赛道后主打名人品牌和天然成分，但经验不足导致了成效不佳，自营品牌陆续出售，并宣布破产。与化工、农业等领域相比，日化等“To C”领域的合成生物学产品市场空间相对较小，附加值较高，但行业壁垒更在于下游应用开发，例如政策监管、销售渠道和配方设计，对原材料成本的敏感度相对较低。国内华熙生物、锦波生物、巨子生物等企业长期专注于日化领域的全产业链开发；华恒生物和凯赛生物等专注于精细化学品开发，避免了 Amyris 跨领域转型的困境，维持了较好的盈利水平。

**Ginkgo 之思：平台型是合成生物产业长期必经之路，但短期业绩受规模效应约束。**我们认为搭建先进的合成生物学自动化平台是合成生物学发展的长期必经之路。但放眼全球，目前平台型合成生物学企业发展面临着较大的挑战。平台型合成生物学企业须通过并购投资拓展自身平台能力，而又需要通过扩张项目数量以降低成本。对于后发的中国企业而言，选择和科研机构合作以获取菌种技术是降低短期经营风险的选择之一，也是目前中国企业的主要选择，例如华恒生物、凯赛生物及无锡晶海等公司的部分产品选择了使用科研院所的原始或改进菌株。

表 10：中国合成生物学企业相比海外企业盈利能力优秀

地区	业务特点	公司简称	代码	主营产品	总市值(亿元)	营收(亿元)	净利润(亿元)	净利率(%)
中国	重视产品商业化落地及成本优势，盈利能力优秀	华恒生物	688639.SH	氨基酸、生物基新材料	173.39	14.11	3.2	23%
		凯赛生物	688065.SH	长链二元酸，生物基尼龙	268.53	24.16	5.5	25%
		华熙生物	688363.SH	透明质酸	290.21	62.82	9.7	15%

		锦波生物	832982.BJ	功能蛋白	162.39	3.83	1.1	28%
		巨子生物	2367.HK	重组胶原蛋白	320.62	23.75	10.0	42%
海外	重视合成生物学平台搭建，以原料研发和生产为主，目前处于亏损阶段	TWIST BIOSCIENCE	TWST.O	DNA 合成平台	155.96	14.45	-15.5	-107%
		GINKGO BIOWORKS	DNA.N	合成生物学平台	183.39	33.27	-146.6	-441%
		CODEXIS	CDXS.O	工业酶制剂	18.27	9.65	-2.3	-24%

资料来源：Wind，山西证券研究所（财务指标采用 2022 年全年数据）

海外合成生物学经验值得借鉴，技术及应用开发虽有差距，但我国企业具备赶超机会。

从合成生物学产业链各环节看：

- 1) 当前合成生物学 DTBL 循环的研发难度仍然较高，中外技术存在明显差距，但国内科研机构及企业正努力追赶。从 Amyris 的案例看，我们认为，仅在 DBTL 循环具备优势并不一定意味着商业化的成功，若在发酵工程、分离纯化和应用开发环节存在短板，同样面临失败风险。
- 2) 在发酵工程和分离纯化环节，我国已具备全球最大的发酵工程产能以及最庞大的化工产业，生产经验丰富，具备合成生物产品落地的能力。
- 3) 在应用开发层面，海外企业在产品配方、客户渠道资源、动物实验等方面具备扎实积累，目前国内企业仍有较大差距；但落脚到最终选品层面，国内企业已涌现出成功案例，例如凯赛生物长链二元酸、华恒生物 L-丙氨酸与缬氨酸。这些成功的案例通常具备两个特征，其一，选择了相对成熟的下游应用，这意味着产品的潜在市场规模相对较大，且需求具备确定性，市场成本教育低。其二，成本领先：公司技术的落地概率大，相比现存替代产品具备明显的成本优势。

总结来看，虽然我国企业在 DBTL 循环和应用开发等领域与国外企业存在差距，但依托发酵工程与分离纯化技术的优势、底层技术的持续追赶以及选品领域的成功经验，国内企业在合成生物制造领域具备赶超机会。

表 11：合成生物学产业链难点、壁垒与海内外对比

环节	行业难点及壁垒	海内外比较
微生物菌株构建 (DBTL 循环)	代谢通路设计具备高壁垒。 1) 外源或全新设计的代谢途径引入后，微生物系统的鲁棒性表现如何，能否在外界干扰下保持	存在差距，逐步追赶。过去氨基酸、抗生素、酵母优良菌种以国外构建为主。 元件库：NCBI（美国国家生物技术信息中心）、

环节	行业难点及壁垒	海内外比较
	表型稳定。 2) 底盘细胞能否适应新的合成途径，进而生产目标产物。	Amyris、Zymergen 具备元件库，诺维信、杰能科等构建酶库。中科院微生物所、南海所、内蒙古大学等建立各种微生物菌种资源库和数据库。 基因测序、合成和编辑工具与海外存在差距。基因测序、高通量筛选等仪器设备大多数依赖进口。 研究内容方面，海外创新性更强。
发酵工程	实验室摇瓶、小试、中试发酵罐的菌种环境差异大，面临的 pH、溶氧、补料控制、搅拌方式等不尽相同，需要在菌株开发和工艺优化阶段前置考虑。不同量产规模的原料、辅料、水电能耗、人工和折旧等方面的经济成本也不同。	设计逻辑与传统发酵工程类似。中国发酵工程成熟，全球超过 65%的氨基酸、80%的抗生素在中国发酵生产。
分离纯化	生物发酵过程副产物等杂质众多，分离纯化系统设计有一定难度。	中国化工产业体量庞大，相关原料制造成熟度较高，分离纯化方案丰富。
应用开发	监管评估、市场准入、应用方案设计、配方设计、销售渠道积累。	海外企业在市场研究、配方设计、客户资源、人体和动物实验具备先发优势。

资料来源：36 氪，生物基能源与材料，《中科院陶勇教授：合成生物学研发创业，应深入市场寻找需求》，过程工程学报《生物基材料核心单体分离纯化技术研究进展》，山西证券研究所

**合成生物学产业投资逻辑：短期看选品，长期看平台，首选具备平台化能力的产品型公司。**考虑到当前合成生物学产业的底层技术仍有较大的进步空间，产业发展阶段仍处于早期，我们认为选择合成生物学标的须重点关注**短期选品能力**以及**长期平台优势**。

从短期角度看，选品能力将对产品型合成生物学公司的短期财务业绩产生关键性的影响，我们认为优秀的选品应具备“下游应用成熟”及“成本领先”两大特征，以解决真实的商业需求。**下游应用成熟**：1) 潜在市场规模广阔；2) 需求具备确定性，市场成本教育低。**成本领先**：技术落地概率高，相比现存替代产品具备成本优势。

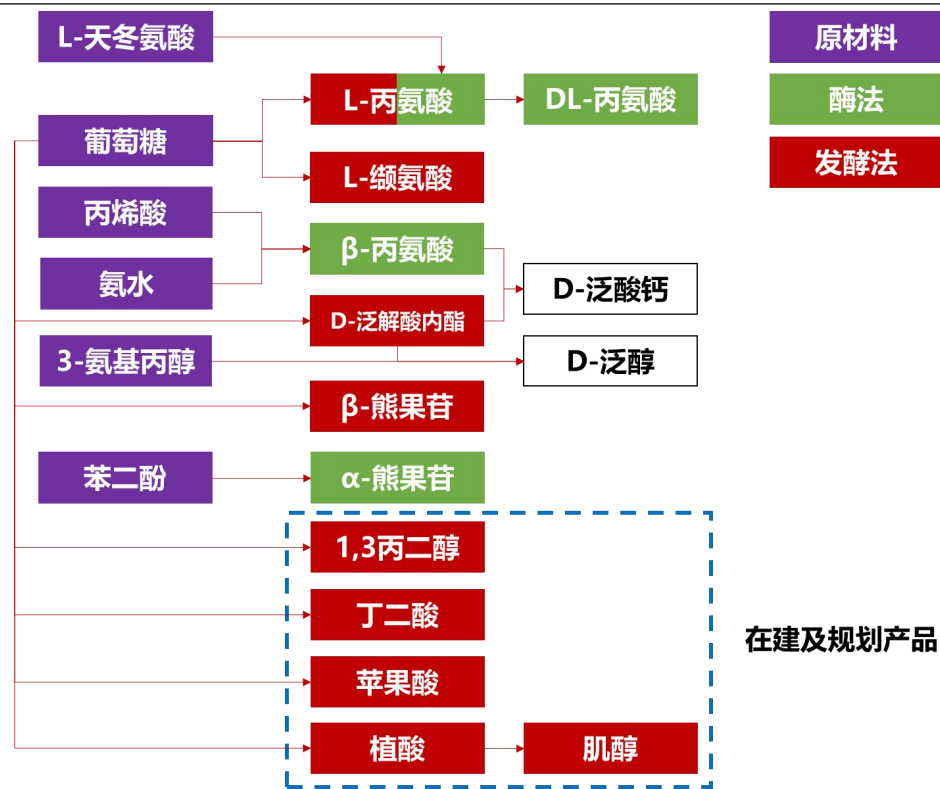
长期看，平台化能力决定了合成生物企业的研发延伸和产品拓展空间，具备扎实研发能力，自动化及 AI 化的合成生物学研发平台是持续成长的根本，因此“强劲的研发能力”和“丰富的储备品类”也较为关键。生物制造的发展是大势所趋，合成生物作为低碳、降本的技术在生物制造中的渗透率将持续提升，在此背景下，我们建议关注华恒生物（买入-B），凯赛生物（增持-B）、圣泉集团、嘉必优、梅花生物、莱茵生物、无锡晶海、蓝晓科技。



### 3.3.1 华恒生物：突破厌氧发酵法产业化，平台化能力推动生物基新品持续涌现

突破厌氧发酵法产业化，成就 L-丙氨酸及缬氨酸市场领先地位。基于合成生物制造，公司实现了全球首次厌氧发酵法规模化生产 L-丙氨酸，2021 年于科创板上市，并推动了 L-缬氨酸厌氧发酵法技术的产业化。技术优势及产业趋势推动公司快速成长，2019-2022 年期间公司营收复合增长率高达 42.4%，归母净利润增长率高达 36.3%。2023 年全年，公司实现营收 19.4 亿元，同比增长 37%，归母净利润 4.5 亿元（扣非 4.4 亿元），同比增长 41%（扣非同比增长 45%）

图 35：华恒生物搭建了酶法和发酵法双平台的生产工艺，部分产品实现上下游综合利用



资料来源：华恒生物首次公开发行股票并在科创板上市招股说明书，2022 年度向特定对象发行 A 股股票证券募集说明书（申报稿），关于签订技术许可合同暨关联交易的公告，向特定对象发行股票申请文件的审核问询函的回复（豁免版）（修订稿），山西证券研究所

MGDA 性能优异及市场发展拉动 L-丙氨酸需求，华恒生物依托厌氧发酵法成就龙头地位。L-丙氨酸下游应用广泛，是合成新型绿色螯合剂 MGDA 的主要原料，占总需求的 50%以上。2016-2023 年期间全球丙氨酸需求复合增长率为 12.83%，2023 年需求或为 8.1 万吨，其中 L-

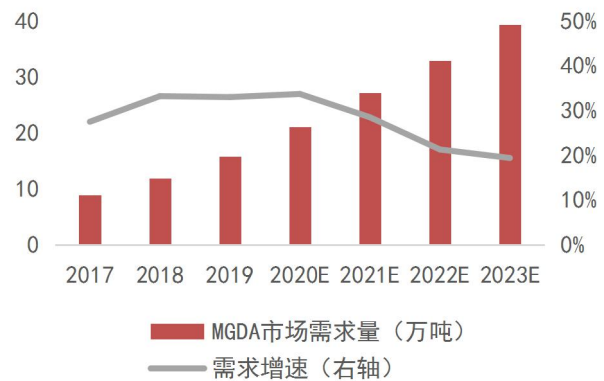
丙氨酸占比近八成。受益于对传统整合剂的替代、国内洗碗机渗透率提升以及 MGDA 在日化等下游领域应用的扩张，L-丙氨酸需求有望持续增长。2012 年公司实现了全球首次万吨级的厌氧发酵 L-丙氨酸商业化生产，2022 年全球市占率已超 60%。公司依托厌氧发酵法技术优势有望维持龙头地位。

图 36: MGDA 相比其他整合剂优势显著

	螯合能力	生物降解能力	生物毒性	对人体与环境友好
MGDA	✓	✓	✓	✓
EDTA	✓	×	✓	×
NTA	✓	✓	×	×
磷酸盐类	✓	×	×	×
有机磷酸盐	×	×	×	×

资料来源：华恒生物招股说明书，中国洗涤用品工业杂志《工业与公共设施清洁》，山西证券研究所

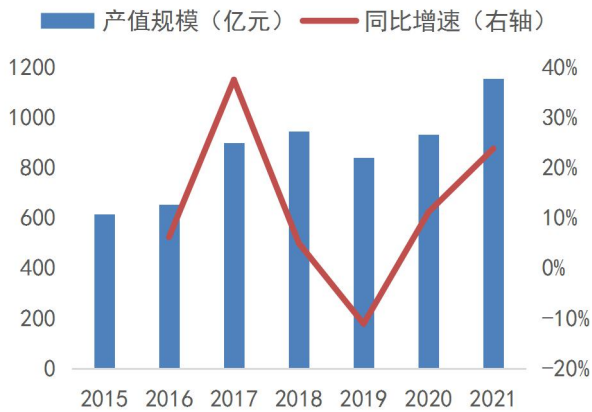
图 37: MGDA 需求有望快速增长



资料来源：华恒生物招股说明书，中国生物发酵产业协会，山西证券研究所

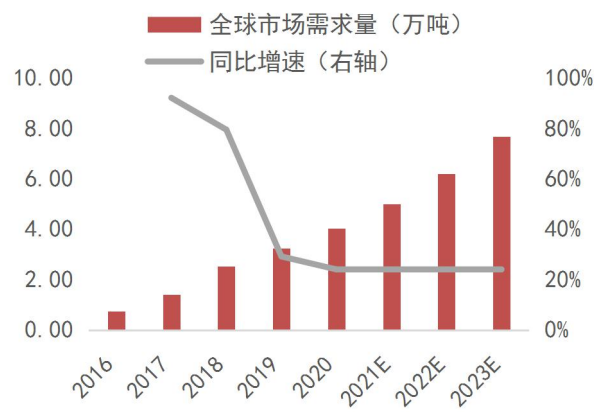
**L-缬氨酸：**受益于豆粕减量替代的小品种氨基酸，2020-2023 年期间 CAGR 为 24%，厌氧发酵法成本优势显著。L-缬氨酸作为三种支链氨基酸之一，在促进蛋白质合成、维持动物正常代谢和健康、机体组织修复、维持机体氮代谢等方面发挥着重要的作用，被广泛应用于饲料、医药、食品行业，主要用做饲料添加剂。2023 年 4 月，农业农村部印发《饲用豆粕减量替代三年行动方案》，提出了豆粕减量替代的目标和方法，明确要求三年后饲料中豆粕用量占比至少降低 1.5%。张相鑫等人的研究显示，低蛋白日粮中添加 L-缬氨酸可提高仔猪生产性能。在豆粕减量 and 低蛋白日粮推广的背景下，L-缬氨酸需求有望持续增长。根据公司招股说明书，全球缬氨酸需求量从 2016 年的 0.73 万吨增长到 2019 年的 3.25 万吨，年复合增长率高达 65%，预计 2020 年至 2023 年，全球市场将以约 24% 的年复合增长率保持增长态势，则 2023 年全球需求约为 7.68 万吨。2020 年，华恒生物开始 L-缬氨酸产业化生产，以厌氧发酵法生产 L-缬氨酸，其技术与 L-丙氨酸生产以及产业化过程中对设备的选型要求较为一致，可以有效共用原有生产工艺流程和技术经验。

图 38：我国饲料添加剂行业产值规模情况



资料来源：华恒生物 2022 年度向特定对象发行 A 股股票募集说明书（申报稿），中国饲料工业协会，山西证券研究所

图 39：L-缬氨酸需求量持续提升



资料来源：华恒生物首次公开发行股票并在科创板上市招股说明书，中国生物发酵产业协会，山西证券研究所

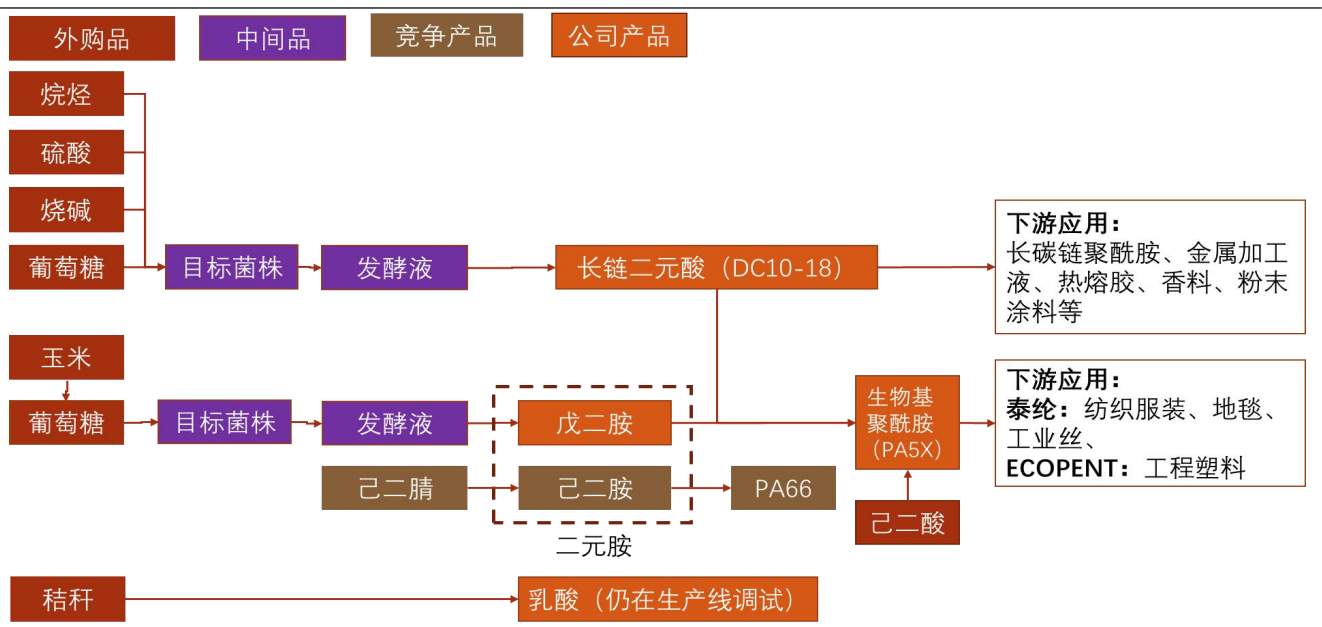
生物基新品持续涌现，平台化能力与成长性得以验证。**丁二酸**：相比化工合成法纯度高污染小，有望受益于可降解塑料 PBS 需求增长，公司预测满产可贡献营收 22.4 亿元。**1,3-丙二醇 (PDO)**：PTT 纤维主要原材料，有望对涤纶等纤维形成替代，公司入局有望加速国产替代。**苹果酸**：增量需求广阔的酸味剂，公司已完成食品安全认证，公司预测满产贡献营收 7.9 亿元。**肌醇**：生物体所需维生素 B 族之一，发酵法成本优势显著。**非粮生物基材料**：公司持有武汉睿嘉康约 11% 股权，武汉睿嘉康针对非粮厌氧有机醇酸管线的生物燃料及生物材料进行布局与研究，有望推动非粮生物质低成本糖化产业化发展。**高丝族氨基酸**：公司与关联方共同实施高丝族氨基酸产品中试平台建设，目前在小试中部分产品的发酵产量和转化率等指标已达到行业领先，有望突破量产瓶颈。

### 3.3.2 凯赛生物：全球长链二元酸龙头，生物基尼龙产业再启航

**凯赛生物**：全球代表性的合成生物制造公司，深耕生物法长链二元酸。凯赛生物深度参与了合成生物学全产业链的流程研发中，已在生物设计、基因修饰、发酵工程、分离纯化及商业化应用积累了核心技术。长链二元酸为合成生物学的成功商业化产品之一，主要作为单体用于合成高性能聚酰胺，也是麝香香料、油漆、涂料、润滑油、增塑剂、新医药和农药等

行业的重要原材料,预计 2023-2028 年期间全球市场 CAGR=7%。公司产品全球市占率约 80%,凭借性能和成本优势实现全球范围内对化学法的替代。

图 40: 凯赛生物产业链



资料来源：凯赛生物招股说明书，2022 年年报，山西证券研究所

低成本+性能潜力+碳减排优势，生物基尼龙市场潜力巨大，招商局入股有望加速生物基尼龙推广。公司实现了对生物基尼龙原材料戊二胺的全球首次规模化量产，并通过复合、改性等工艺持续发掘 PA5X 生物基尼龙在“以塑代钢、以塑代塑”等领域的应用场景，在新能源、运输和建筑等领域均有广阔的应用场景。2023 年 6 月 26 日，凯赛生物发布《关于公司与招商局集团有限公司签署〈业务合作协议〉暨涉及关联交易的公告》以及《2023 年度向特定对象发行 A 股股票预案》等公告。招商局集团将成为上市公司间接股东，并拟与公司开展系列生物基聚酰胺材料方面的战略合作，保障落实 2023、2024 和 2025 年采购生物基聚酰胺树脂的量分别为不低于 1 万吨、8 万吨和 20 万吨。依托招商局央企资源优势，公司生物基聚酰胺产业化进度或加速。

图 41：凯赛生物泰纶®和 ECOSENT®下游应用

**泰纶**

特性：吸湿性强、着色性强、阻燃性好、流动性强、绿色环保



**服用长丝**

内衣、瑜伽服、运动服、丝袜、泳衣、工装等



**工业丝**

安全气囊、轮胎帘子线、缝纫线、脱模布和帆布等



**服用短纤**

超细旦精纺、毛混纺、棉混纺等



**地毯丝**

商用地毯、家用地毯、艺术挂毯以及汽车、航空地毯等

**ECOPENT**

特性：收缩率低、氧指数高、加工性好、高流动性、绿色环保



**汽车及轨道交通**

内外饰、发动机周围、管路、高铁轨道扣件等



**电子电气**

家电、低压电器结构件等



**消费与工业品**

电动工具、齿轮、运动器材、日用品结构件等



**其他非改性**

扎带、薄膜等

资料来源：凯赛生物官网，山西证券研究所

### 3.3.3 关注合成生物学及生物基材料领域布局及探索的公司

**梅花生物：深耕氨基酸产业链的合成生物学公司。**公司组建菌种改造、工艺优化以及应用开发团队，擅长于计算机辅助菌种设计与氨基酸生产底盘细胞基因组编辑，并与公司发酵工艺与分离提取实验室无缝衔接，以择优迭代放大替代生产菌。

**嘉必优：打造合成生物学技术平台，开展全系列母乳低聚糖、虾青素、α-熊果苷、依克多因、EPA 等高附加值产品的开发。**截止 2023 年中报，公司 2'-FL 已提交法规申报；6'-SL 完成实验室小试研究；基于地衣芽孢杆菌的 α-熊果苷转化效率达到行业领先水平；依克多因细胞工厂构建完成，发酵工艺持续优化；通过多轮基因重排和定向进化，对酿酒酵母合成虾青素进行菌株优化，虾青素占菌体含量显著提升。

**圣泉集团：掌握生物质精炼一体化技术，全球生物质秸秆绿色节能综合利用引领者。**公司是全球领先的合成树脂产品供应商，酚醛树脂、呋喃树脂产销量位于国内首位，世界前列。公司研发的“圣泉法”生物质精炼一体化技术解决了秸秆中纤维素、半纤维素、木质素三大组

分难以高效分离的全球性难题，实现了高值化利用。该项技术产业化有望打破长期以来对化石原料的依赖和国外垄断，真正将秸秆“吃干榨净”，致力于实现生物质化工、石油化工、煤化工的并驾齐驱。

**莱茵生物：推动合成生物学在天然甜味剂领域产业化。**公司与江南大学签订了《天然甜味剂微生物合成制造关键技术开发合同》，快速推进天然甜味剂领域合成生物学相关技术开发、应用及产业化落地。

**无锡晶海：结合合成生物学技术布局高端高附加值领域氨基酸。**公司是从事氨基酸产品开发的专精特新“小巨人”，氨基酸原料药系列产品国内市场占有率超 30%。结合合成生物学等行业先进技术的发展趋势，公司未来主要围绕酮酸类氨基酸、D 型氨基酸、羟脯氨酸等新型氨基酸及衍生物展开新产品研发工作，加大在高端高附加值系列氨基酸板块的布局。

**蓝晓科技：发酵液体系吸附分离材料有望受益于生物基材料放量。**目标产物的分离纯化是合成生物学产品生产效率的关键因素。公司开发出一系列用于发酵液体系分离纯化的吸附材料，有望受益于下游生物基材料放量增长。

## 4. 风险提示

### 4.1 行业风险提示

**行业发展不及预期的风险：**受全球经济复苏进程不确定性及美联储加息影响，合成生物学领域的投融资额有所下降，这将影响上游企业的技术研发和中下游企业的产品商业化推广进程。

**研发失败的风险：**合成生物学技术相比传统发酵技术难度更大，细胞工厂构建及体外酶促级联反应通路构建等技术路径的研发可能存在较高的失败风险。

**选品壁垒较低导致行业竞争加剧及商业化不及预期的风险：**对于产品型合成生物学企业而言，选品对于商业化成功至关重要，若企业选择了技术壁垒或商业模式壁垒较低的产品，则可能面临激烈的市场竞争。

**原材料价格波动风险：**如果相关产品原材料价格上涨，而公司却无法对应提升产品价格，则将影响相关企业的盈利能力。

**下游需求不及预期风险：**真实合理的商业需求是合成生物学的产业化面临的重大挑战。如果相关产品下游需求增速放缓或回落，将影响产品销售及公司盈利。

## 4.2 公司风险提示

### 华恒生物：

**原材料价格波动的风险：**公司主要原材料为淀粉、葡萄糖、L-天冬氨酸和氨水等，报告期内，公司的直接材料占主营业务成本的比例较高，为主营业务成本最为重要的组成部分，公司生产所用的主要原材料的采购价格呈现了一定波动，未来如果主要原材料价格出现上升而公司未能采取有效措施予以应对，将对公司的经营业绩带来不利影响。

**市场竞争风险：**报告期内，公司丙氨酸系列产品，目前行业内主要的生产企业包括丰原生化、烟台恒源等，同时亦存在部分企业涉及小规模开展 L-丙氨酸业务或正在建设相关生产线的情况，L-丙氨酸行业内新增产能的竞争将加剧，可能对公司业务造成不利影响。L-缬氨酸主要应用于饲料及保健品领域，主要生产企业为华恒生物、韩国希杰、梅花生物和宁夏伊品，四者全球拥有较大市场占有率，公司 L-缬氨酸的销售渠道有待进一步拓展，其市场份额有待提高。未来，若 L-缬氨酸行业竞争加剧以及下游市场需求下降，将对公司造成不利影响。

**下游需求增长不及预期：**公司现有产品 L-丙氨酸、L-缬氨酸目前产品下游需求增长较快。未来存在下游需求增长不及预期的风险。新产品丁二酸、1,3-丙二醇、苹果酸、肌醇等产品，同样也存在市场需求增长不及预期，行业新增产能消化不佳的风险。

**宏观环境风险：**当前国际贸易环境多变，中美贸易摩擦前景尚未真正明朗，俄乌局势持续，个别地区提高对中国产品进口的贸易壁垒或设置了其他不合理的限制，外部环境不确定因素增大，错综复杂的国际形势对中国经济的发展带来了挑战，虽然中国经济仍保持了稳健的发展态势，但未来的增长仍面临一定的不确定性。货币政策及汇率走势通常伴随国内外政治形势、全球经济环境的变化而改变，具有较大的不确定性。公司境外销售主要以美元及欧元计价结算，若未来人民币对美元、欧元汇率发生大幅波动，可能导致汇兑损失的产生，影响公司的盈利水平。

### 凯赛生物：

**产品需求不及预期的风险：**公司生物基聚酰胺应用于汽车零部件、纺织服装、新能源零部件、集装箱等行业，行业需求可能会受到宏观经济形势、行业政策、国际政治环境等因素影响，若客户对相应产品的需求发生变化，则公司业绩会受到影响。

**原材料价格大幅波动的风险：**公司原材料主要为烷烃和玉米，可能受到原油和农产品价格

波动的影响，若公司不能将原材料价格上涨的压力传导到下游客户，公司经营业绩将会受到影响。

**在建项目进度不及预期风险：**公司现有多个在建项目，包括年产 90 万吨生物基聚酰胺、年产 240 万吨玉米深加工、年产 500 万吨生物发酵液项目等，如果在建项目进度或投产不及预期，将会直接影响公司未来经营业绩。

**汇率变动风险：**公司出口占比较高，若人民币汇率大幅波动，将会影响公司汇兑损益，进而影响公司业绩。

**公司技术外泄或失密风险：**公司涉及知识产权侵权诉讼，公司作为起诉方，目前诉讼分别处于审理进度之中。

**定向增发失败风险：**《2023 年度向特定对象发行 A 股股票预案》向特定对象发行股票尚需获得上海证券交易所审核通过并经中国证监会作出同意注册决定后方可实施，呈报事项能否获得相关的批准或核准，以及公司就上述事项取得相关的批准和核准时间存在不确定性。

#### 嘉必优：

**原材料价格波动的风险：**公司生产所需的原材料主要是葡萄糖、酵母粉、乳糖、玉米糖浆等，多来源于农产品的加工。受全球经济政治不稳定因素影响，全球原材料价格近年来波动较大，若未来原材料持续涨价而公司未能采取有效措施予以应对，将对公司的经营业绩带来不利影响。

**海外客户拓展低于预期风险：**帝斯曼专利保护于 2023 年 6 月陆续到期，海外下游客户为保障预料供应安全，开始逐步增加供应商，公司有望凭借 ARA 为突破口开拓海外市场。但若在市场开拓中受到国际政治经济环境、行业政策等因素影响，客户对相应产品的需求发生变化，将对公司造成不利影响。

**出生率持续下滑风险：**公司下游婴配方奶粉市场景气程度与出生率息息相关，但当前居民生育意愿不断降低、新生人口数量持续减少，从而带动消费力水平降低。若未来出生率持续下滑且公司无法及时调整战略寻找新的市场机会，将对公司业绩造成不利影响。

**食品安全风险：**对于食品行业而言，食品安全及产品质量控制已经成为企业发展的重中之重。婴幼儿配方食品作为食品行业的皇冠，更是非常注重食品安全。近年来，世界各国时有发生食品安全和健康问题，给涉事企业、消费者都造成极大的负面影响。如果公司的产品质量控制措施不能适应规模增长以及外部环境变动带来的新形势，将可能会带来食品安全风险，引发



索赔、停产等风险事件，对于企业发展带来严重的不利影响。

**汇率风险：**公司境外产品销售收入占比较高，受国际环境的影响大。鉴于国际环境瞬息万变、不可预测，若人民币汇率未来大幅波动，将会影响公司汇兑损益，进而影响公司业绩。

**安全生产风险：**公司 ARA 产品提油和精炼等生产环节会使用到易燃易爆的溶剂，ARA、DHA 发酵环节会使用压力容器罐，对生产设施的质量、操作安全有较为严格的要求，若公司员工因操作不当、设备老化毁损、自然灾害等主观和客观因素，引发安全生产事故，公司将面临重大损失的风险。

#### 梅花生物：

**市场竞争加剧风险：**公司主要竞争对手包括阜丰生物、内蒙古伊品等。行业目前市场竞争格局相对稳定，但为扩大既有产品市场份额、获取新产品先发优势，行业内企业均积极推进纵向及横向布局，存在市场竞争加剧的可能。若未来市场竞争进一步加剧，且公司不能及时有效提升自身竞争实力，快速适应行业发展趋势，巩固在行业中优势竞争地位，则可能面临市场份额下降、盈利能力减弱的风险。

**原材料价格波动的风险：**公司主要原材料为玉米和煤炭，受国家宏观经济调控、市场供需、国际贸易往来等因素综合影响。公司会结合各生产基地所处地域环境、供应量及消耗情况，合理对原材料进行收储。但如果未来公司所需原材料受供需影响价格出现大幅波动且公司未能及时调整产品销售价格，将可能影响公司整体毛利率，对公司的经营业绩产生不利影响。

**宏观环境变化的风险：**公司产品下游应用领域主要集中在饲料养殖、食品加工等领域，若未来宏观环境发生重大变化，如整体经济增长放缓或停滞、突发重大公共卫生事件等，都将可能导致消费者消费预期下降，进而降低对产品的消费诉求，抑制产品的市场需求，从而影响公司的盈利能力和经营情况。

**汇率波动风险：**公司在海外地区的营业收入占总营业收入比例高，汇率波动将对公司的境外收入和盈利产生影响，若人民币兑美元汇率持续上升会提高境外销售产品的价格水平，降低竞争力，同时，公司的应收外币款项会产生汇兑损失，进而对经营业绩带来不利影响。

#### 圣泉集团：

**下游需求波动风险：**公司主营业务包括合成树脂及复合材料、生物质化工材料及相关产品，产品可应用于汽车、冶金、电子电器等终端装备制造制造业。公司所处行业及下游产业与宏观经济

形势存在较高关联度。若未来全球经济发生较大波动，我国的经济增速如持续放缓，对公司下游行业需求产生不利影响影响，将会对公司的经营状况造成不利影响。

**原材料价格波动：**公司的主要产品包括酚醛树脂和呋喃树脂等，主要原材料为苯酚和甲醛、糠醇等大宗产品，价格随市场变动而变化，未来如果上述原材料价格上涨，且公司产品价格调整幅度不及成本的变动幅度，将导致公司毛利率下降，对公司的日常生产经营成果造成较大的影响。

**在建项目进度不及预期风险：**公司现有多个在建项目，包括 PPO 项目、大庆生物质项目等，如果在建项目进度或投产不及预期，新产能对公司现金流、利润贡献延后，将会直接影响公司未来经营业绩。

**客户认证不及预期风险：**合成树脂及复合材料对下游产品表面粗糙度、尺寸精度、力学性能等方面起到重要作用。因此，下游企业对合成树脂供应商的产品质量、应用性能、供货稳定性和及时性等均具备严格的要求，公司电子酚醛树脂进入日立化成合格供应商名录耗时两年，进入生益科技耗时五年。若未来公司产品客户认证进度缓慢，将会使公司销量受到不利影响，进而影响公司的经营业绩。

**尚未取得部分不动产权证书风险：**目前公司部分土地及建筑物尚未取得不动产权证书，主要由于项目竣工验收尚未完成或近期完成，上述不动产权证书正在办理中。若未来与公司生产经营相关的房屋、建筑因未取得房屋产权证书而认定其需拆除或不宜继续使用，公司可能面临因产权手续不完善而影响正常经营的风险。

#### 莱茵生物：

**政策限制风险：**目前全球对工业大麻的监管政策和法规尚处于不断完善的时期，各个国家和地区政府对于工业大麻提取物应用于食品、饮料等领域具体政策的落地时间尚存在不确定性。并且由于我国对于食品安全监管的力度加大，导致产品检验成本的提升和检验周期的延长，可能对出口外向型企业的经营带来较大影响。若未来国内外相关政策发生不利变化，或将对公司工业大麻项目效益造成不利影响。

**原材料采购风险：**公司主要原材料为罗汉果、甜叶菊等天然植物，种植、采摘、收购具有周期性、区域性及季节性，原材料供应受地域限制、气候变化等多因素影响，未来原材料的供应价格和供应量具有的不可预测因素，若未来原材料的采购无法满足公司生产经营的需要，将对对公司绩产生直接影响。

**市场竞争加剧风险：**虽然植物提取行业作为新兴行业，市场集中度较为分散，细分品类较多，但晨光生物等行业内企业多基于自身业务进行纵向产业链布局，存在竞争加剧的可能。虽然公司在行业内位居龙头企业地位，但如果不能采取合适的措施进行产品开发、市场开拓等，无法应对市场激烈的竞争，将对公司的经营业绩带来不利影响。

**大客户订单不及预期风险：**近年来，公司前五大客户的销售占比逐年提高，公司在一定程度上对前五大客户存在依赖。若未来大客户受到宏观经济形势、行业政策、国际政治环境等因素影响对相应产品的需求减少，则公司业绩会受到较大影响。

**汇率风险：**随着公司生产规模的持续扩大和海外市场的不断拓展，未来公司出口业务将不断增加。若未来国家的外汇政策发生变化或人民币汇率水平发生较大波动，将会对本公司的业绩造成一定影响。

#### 无锡晶海：

**应用领域拓展不及预期风险：**公司主要从事氨基酸产品的研发、生产和销售，产品可应用于医药及保健品、食品及日化等领域，公司已在医药领域确立了一定的优势地位，并积极向食品、日化等应用领域拓展。若未来若医药领域市场需求和供给发生不利变动且公司食品、日化等领域拓展不如预期，将会对公司的成长性和盈利水平产生不利影响。

**境外销售风险：**公司境外收入占比较高，但近年来，中美贸易摩擦不断，公司出口至美国的部分产品包含在加征关税的产品清单当中，对公司美国地区的销售产生一定影响。如果未来国际政治形势、经济环境不断发生变化或海外各国对华贸易摩擦不断加剧，可能导致公司产品境外销售出现下滑，进而对公司整体经营业绩产生不利影响。

**土地房产权属瑕疵风险：**公司存在约 5700 平米无证房产，占公司房产面积的比例约为 21%，主要为宿舍、仓库等非生产经营主要环节用房，鉴于该部分建筑物缺少房产权利证书，未来可能会因无证房产而被拆除或无法继续使用，进而可能会对公司造成不利影响。

**项目效益不达预期风险：**公司募集 30993.06 万元资金用于高端高附加值关键系列氨基酸产业化建设项目。若未来募集资金不能及时到位、下游应用市场发生不利变化导致新增产能难以消化或产品价格大幅下降，或是募投项目生产工艺以及生产组织出现问题，均可能对项目的实施、预期收益和投资回报产生不利影响，进而对对公司整体经营业绩产生不利影响。

**信托产品不能兑付风险：**公司持有中融信托发行的信托产品 2000 万元，其中 1000 万元已于 2023 年 9 月 21 日到期，但公司尚未收到本金及投资收益。且鉴于目前中融信托的多款信托

产品已出现逾期兑付的情形，公司持有的信托产品的投资款项能够收回存在不确定性。若未来本息不能全部兑付的风险，将对公司本年度及期后的利润产生一定的不利影响。

#### **蓝晓科技：**

**经营规模扩张带来的管控风险：**公司持续进行产品研发，随着下游应用领域的持续扩张，公司经营和生产规模实现较快增长，未来公司存在组织模式和管理制度、内部约束引致的管理能力相对滞后于经营规模增长的风险。

**市场竞争风险：**吸附分离材料下游应用包括盐湖提锂、生物医药以及半导体等新兴领域，国内外厂商持续加大投入，下游市场可能逐渐竞争加剧。另外由于技术的进步和用户需求的不断变化，产品更新换代的速度也在不断加快，企业竞争压力增大。如果公司不能持续开发出新产品，有效提升产能，提高现有产品性能，满足不同新兴领域客户的需求，可能面临盈利能力下滑、市场占有率无法持续提高等风险。

**应收账款的回收风险：**公司业务处在快速发展阶段，客户范围及订单数量不断增加，均有可能导致客户结算周期延长，应收账款数量增加。

**下游应用领域变化的风险：**公司产品应用广泛，主要集中在金属资源、生命科学、水处理与超纯水、食品加工、节能环保、化工与催化等领域，如果下游主要应用领域出现重大不利变化，或者公司未来新产品、新技术的长期发展战略与国民经济新兴应用领域及市场需求不相符，将可能对公司整体经营业绩和成长性构成不利影响。

**核心技术人员流失、技术泄密的风险：**公司的核心技术涉及高分子材料、复合材料、食品工程、生物工程、精细化工、工业水处理、机械工程、自动化工程、计算机工程等多方面的综合知识，需要经过多年技术研究和工程经验的积累，因此复合型核心技术人员对于公司的重要性更加凸显。公司通过多年科技开发和生产实践，积累了丰富的技术成果，在材料合成、应用工艺、系统集成方面形成多项专利技术。如果公司出现核心技术人员流失、相关核心技术内控制度不能得到有效执行、出现重大疏忽、恶意串通、舞弊等行为而导致公司核心技术泄露，将影响公司的竞争优势，对公司产生不利影响。

**国际业务拓展风险：**随着公司全球化战略逐步推进，国际市场业务量占比迅速增大。如果相关国家或地区关于业务监管、外汇管理、资本流动管理或人员货物出入境管理等方面的法律、法规或政策发生对公司不利的变化，将会对公司的业务拓展产生不利影响。

### 分析师承诺：

本人已在中国证券业协会登记为证券分析师，本人承诺，以勤勉的职业态度，独立、客观地出具本报告。本人对证券研究报告的内容和观点负责，保证信息来源合法合规，研究方法专业审慎，分析结论具有合理依据。本报告清晰准确地反映本人的研究观点。本人不曾因，不因，也将不会因本报告中的具体推荐意见或观点直接或间接受到任何形式的补偿。本人承诺不利用自己的身份、地位或执业过程中所掌握的信息为自己或他人谋取私利。

### 投资评级的说明：

以报告发布日后的 6--12 个月内公司股价（或行业指数）相对同期基准指数的涨跌幅为基准。其中：A 股以沪深 300 指数为基准；新三板以三板成指或三板做市指数为基准；港股以恒生指数为基准；美股以纳斯达克综合指数或标普 500 指数为基准。

无评级：因无法获取必要的资料，或者公司面临无法预见的结果的重大不确定事件，或者其他原因，致使无法给出明确的投资评级。（新股覆盖、新三板覆盖报告及转债报告默认无评级）

### 评级体系：

#### ——公司评级

- 买入： 预计涨幅领先相对基准指数 15%以上；
- 增持： 预计涨幅领先相对基准指数介于 5%-15%之间；
- 中性： 预计涨幅领先相对基准指数介于-5%-5%之间；
- 减持： 预计涨幅落后相对基准指数介于-5%- -15%之间；
- 卖出： 预计涨幅落后相对基准指数-15%以上。

#### ——行业评级

- 领先大市： 预计涨幅超越相对基准指数 10%以上；
- 同步大市： 预计涨幅相对基准指数介于-10%-10%之间；
- 落后大市： 预计涨幅落后相对基准指数-10%以上。

#### ——风险评级

- A： 预计波动率小于等于相对基准指数；
- B： 预计波动率大于相对基准指数。

### 免责声明：

山西证券股份有限公司(以下简称“公司”)具备证券投资咨询业务资格。本报告是基于公司认为可靠的已公开信息，但公司不保证该等信息的准确性和完整性。入市有风险，投资需谨慎。在任何情况下，本报告中的信息或所表述的意见并不构成对任何人的投资建议。在任何情况下，公司不对任何人因使用本报告中的任何内容引致的损失负任何责任。本报告所载的资料、意见及推测仅反映发布当日的判断。在不同时期，公司可发出与本报告所载资料、意见及推测不一致的报告。公司或其关联机构在法律许可的情况下可能持有或交易本报告中提到的上市公司发行的证券或投资标的，还可能为或争取为这些公司提供投资银行或财务顾问服务。客户应当考虑到公司可能存在可能影响本报告客观性的利益冲突。公司在知晓范围内履行披露义务。本报告版权归公司所有。公司对本报告保留一切权利。未经公司事先书面授权，本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，或以任何侵犯公司版权的其他方式使用。否则，公司将保留随时追究其法律责任的权利。

依据《发布证券研究报告执业规范》规定特此声明，禁止公司员工将公司证券研究报告私自提供给未经公司授权的任何媒体或机构；禁止任何媒体或机构未经授权私自刊载或转发公司证券研究报告。刊载或转发公司证券研究报告的授权必须通过签署协议约定，且明确由被授权机构承担相关刊载或者转发责任。

依据《发布证券研究报告执业规范》规定特此提示公司证券研究业务客户不得将公司证券研究报告转发给他人，提示公司证券研究业务客户及公众投资者慎重使用公众媒体刊载的证券研究报告。

依据《证券期货经营机构及其工作人员廉洁从业规定》和《证券经营机构及其工作人员廉洁从业实施细则》规定特此告知公司证券研究业务客户遵守廉洁从业规定。

### 山西证券研究所：

#### 上海

上海市浦东新区滨江大道 5159 号陆家嘴滨江中心 N5 座 3 楼

#### 太原

太原市府西街 69 号国贸中心 A 座 28 层  
电话：0351-8686981  
<http://www.i618.com.cn>

#### 深圳

广东省深圳市福田区林创路新一代产业园 5 栋 17 层

#### 北京

北京市丰台区金泽西路 2 号院 1 号楼丽泽平安金融中心 A 座 25 层

